

江门市银湖湾滨海新城核心区

气象灾害风险评估 与气候论证报告

广东省气象公共安全技术支持中心 主编

二〇一九年一月

江门市银湖湾滨海新城核心区

气象灾害风险评估 与气候论证报告

广东省气象公共安全技术支持中心 主编

二〇一九年一月



江门市银湖湾滨海新城核心区

气象灾害风险评估 与气候论证报告

工程建设单位：江门市新会区崖门镇人民政府

工程建设单位负责人：谭圣钳

工程建设单位联系人：黄荣晓

工程建设单位联系电话：0750-6450152

评价单位：广东省气象公共安全技术支持中心

评价单位法人代表：蔡占文

评价单位联系人：陈小丽

评价单位联系电话：020-39456395

项目组人员名单

项目负责人： 周文生

项目组成员： 张丽婉、陈小丽、尹 娜、庄燕洵、刘三梅、
黄国开、戴 巍、刘 敏、郑 璟、庞古乾、
唐力生、李文媛、刘蔚琴、伍红雨、梁敏妍、
李芷卉、柳 晔、刘 畅、董晓文

报告编制人： 张丽婉、陈小丽、庄燕洵、郑 璟、庞古乾、
唐力生、李文媛、刘蔚琴、李芷卉、柳 晔、
刘 畅、董晓文

报告审核人： 尹 娜、刘三梅、伍红雨、梁敏妍

技术负责人： 刘三梅、陈小丽、唐力生、郑 璟

报告编排表

| 名称 | 内容 | 编制人 |
|-----|----------------|-------------------------------|
| 第一章 | 评估说明 | 陈小丽、郑 璟 |
| 第二章 | 项目概况 | 陈小丽、梁敏妍 庞古乾 |
| 第三章 | 工程现场勘测 | 张丽婉、陈小丽 |
| 第四章 | 气象基础数据分析 | 刘蔚琴、柳 晔 李芷卉、郑 璟 唐力生、庞古乾 |
| 第五章 | 区域大气雷电环境评价 | 庄燕洵、陈小丽 |
| 第六章 | 暴雨灾害风险与评估 | 郑 璟、庞古乾 李文媛、梁敏妍 |
| 第七章 | 大风（含台风）灾害风险与评估 | 郑 璟、李文媛 梁敏妍 |
| 第八章 | 风暴潮灾害风险评估 | 庞古乾、唐力生 |
| 第九章 | 雷电灾害风险评估 | 陈小丽、庄燕洵 董晓文 |
| 第十章 | 评估结论 | 张丽婉、陈小丽 庞古乾、郑 璟 |

前 言

为了落实市委、市政府使江门从滨江城市走向滨海城市的战略部署，高起点谋划银湖湾滨海新城，推动加快融入粤港澳大湾区，2017年7月27日，银湖湾滨海新城开发建设领导小组正式成立。迄今为止，先后完成了《银湖湾滨海新城概念性规划》和新城建设用地、岸线等基础数据收集，核心区控制性规划完成初稿，纳入《广东省沿海经济带综合发展规划（2017~2030）》。

江门市银湖湾滨海新城位于江门市区南部，控制范围包括环银洲湖、黄茅海和虎跳门海岸的崖门镇、古井镇和沙堆镇部分区域，初步规划面积340平方公里。银湖湾滨海新城是江门东部重点片区，银湖湾滨海新城发展定位为粤港澳大湾区的产业服务平台、江门沿江出海的绿色智慧滨海新城。

滨海新城核心区位于滨海新城南部，是银湖湾滨海新城的重点建设区，主要为银湖湾的围垦区，北至古兜山麓，东侧和南侧以黄茅海为界，西至江门市区边界，规划面积约65平方公里。核心区规划定位为江门与港澳在高端服务、教育科研、文化创意、生活旅游等多方位合作的桥头堡和载体；为周边地区提供综合服务的江门绿色智慧滨海新城、新型城市示范区。

核心区所在区域属亚热带海洋性湿润气候区，雨量充足，暴雨、大风（含台风）、雷电和风暴潮等是影响当地的主要气象灾害或气象衍生灾害，为了避免和减轻高影响天气气候事件造成的损失，最大程度地减轻气象灾

害带来的不利影响，项目建设单位在核心区规划初期对气象灾害风险评估与气候论证工作高度重视。遵照国家、地方和部门的相关法律法规和规章要求，为准确把握本项目所处地域气候环境和各类气象灾害天气活动规律、合理有效的指导区域内工程相关设计、建设、运营管理，以减少或避免核心区内项目建设期和运营期因气象灾害及气象衍生灾害而引发的经济损失和人员伤亡，并指导建设期和运营期的气象灾害防护安全工作，江门市新会区崖门镇人民政府委托广东省气象公共安全技术支持中心对该项目开展气象灾害风险评估与气候论证。

根据《江门市银湖湾滨海新城核心区气象灾害风险评估与气候论证气象专业技术服务合同》要求，服务内容分为两部分。第一部分为基础数据采集和数据分析，完成现场勘察，统计分析近地面气象条件和极端气象条件，分析该区域雷电时空分布特征。第二部分为主要气象灾害风险评估，结合该区域规划和项目分布，分析和评估该地区气候灾害的类型、规模及危害程度，对主要的气候灾害包括暴雨、大风（含台风）、风暴潮和雷电等进行风险分析与评估，为该区域的规划设计和区域内项目的建设运营提供防灾减灾依据。

结合工作需求，发挥气象部门优势，广东省气象公共安全技术支持中心联合广东省气候中心组织技术骨干组成联合编制项目组。项目组严格执行国家和行业的现行技术标准或规范，以一贯负责的工作态度和严谨、细致的工作作风，积极配合项目建设方工作，根据项目建设单位提供的江门市银湖湾滨海新城概念规划，针对本项目工程的规划特点和功能布局，精心策划组织，制定了详细的技术服务和工作方案，有计划、分阶段开展本项目的气象灾害风险评估与气候论证工作，最终完成了《江门市银湖湾滨海新城核心区气象灾害风险评估与气候论证报告》的编制任务。

本报告分为十章，主要内容包括：论证说明、项目概况、工程现场勘测、气象基础数据分析、区域大气雷电环境评价、暴雨灾害风险与评估、

大风（含台风）灾害风险与评估、风暴潮灾害风险评估、雷电灾害风险评估和评估结论。本报告已通过专家评审，并根据评审意见进一步修改完善。

在本项目气象灾害风险评估与气候论证工作进程中，我们得到了江门市新会区崖门镇人民政府、江门市银湖湾滨海新城开发建设领导小组办公室、江门市气象局和广东省气候中心的大力支持，在此深表感谢！预祝江门市银湖湾滨海新城早日建成智慧新城、低碳新城和海绵新城！

江门市银湖湾滨海新城核心区
气象灾害风险评估与气候论证项目组

二〇一九年一月

目 录

第一章 评估说明

| | |
|--------------------------|---|
| 1.1 项目名称 | 1 |
| 1.2 委托单位 | 1 |
| 1.3 项目地点 | 1 |
| 1.4 项目规模 | 1 |
| 1.5 评估目的 | 2 |
| 1.6 评估原则 | 2 |
| 1.7 评估范围 | 2 |
| 1.8 气象站点选取及资料说明 | 3 |
| 1.9 评估依据和参考资料 | 5 |
| 1.9.1 法律法规、部门规章、规划 | 5 |
| 1.9.2 标准、规程、技术规范 | 6 |
| 1.9.3 技术资料 | 8 |
| 1.9.4 其他相关资料 | 8 |

第二章 项目概况

| | |
|------------------------|----|
| 2.1 项目背景 | 9 |
| 2.2 地理位置 | 9 |
| 2.3 区位优势 | 11 |
| 2.4 现有条件 | 13 |
| 2.4.1 自然条件 | 13 |
| 2.4.2 现状建设 | 13 |
| 2.4.3 交通 | 14 |
| 2.3.4 旅游 | 15 |
| 2.5 规划方案 | 16 |
| 2.5.1 银湖湾滨海新城 | 16 |
| 2.5.2 银湖湾滨海新城核心区 | 18 |

第三章 工程现场勘测

| | |
|------------------|----|
| 3.1 现场勘测说明 | 23 |
| 3.1.1 目的 | 23 |
| 3.1.2 内容 | 23 |
| 3.1.3 技术方法 | 24 |
| 3.2 地理环境 | 24 |
| 3.2.1 地理位置 | 24 |
| 3.2.2 地质特征 | 25 |

| | |
|------------------------|----|
| 3.3 现场勘察 | 25 |
| 3.3.1 核心区俯瞰图 | 26 |
| 3.3.2 基础设施 | 28 |
| 3.3.3 核心区内村庄 | 33 |
| 3.3.4 崖南工业区 | 37 |
| 3.3.5 周边设施 | 38 |
| 3.3.6 近期启动项目 | 41 |
| 3.4 基础数据采集 | 49 |
| 3.4.1 地理位置参数 | 49 |
| 3.4.2 土壤电阻率测量说明 | 50 |
| 3.4.3 土壤电阻率测量与分析 | 53 |

第四章 气象基础数据分析

| | |
|------------------------|----|
| 4.1 区域气候特征分析 | 70 |
| 4.1.1 气温 | 70 |
| 4.1.2 气压 | 73 |
| 4.1.3 降水 | 76 |
| 4.1.4 相对湿度 | 80 |
| 4.1.5 风 | 83 |
| 4.1.6 能见度 | 94 |
| 4.2 区域极端气象条件分析 | 97 |
| 4.2.1 气温极端值及高温日数 | 97 |

| | | |
|-------|--------------------|-----|
| 4.2.2 | 降水极端值及暴雨日数..... | 101 |
| 4.2.3 | 风速极端值及大风日数..... | 104 |
| 4.2.4 | 低能见度日数..... | 125 |
| 4.3 | 不同重现期风速计算..... | 127 |
| 4.3.1 | 站点资料分析..... | 127 |
| 4.3.2 | 不同重现期风速计算..... | 128 |
| 4.3.3 | 重现期风速计算结果使用建议..... | 135 |
| 4.4 | 暴雨强度公式计算..... | 135 |
| 4.4.1 | 原始资料处理..... | 136 |
| 4.4.2 | 暴雨强度公式拟合..... | 136 |
| 4.4.3 | 暴雨强度公式精度检验..... | 140 |

第五章 区域大气雷电环境评价

| | | |
|-------|-------------------------|-----|
| 5.1 | 雷暴日参数..... | 142 |
| 5.2 | 地闪密度空间分布..... | 144 |
| 5.2.1 | 项目所在区域地闪密度空间分布..... | 146 |
| 5.2.2 | 项目所在区域不同范围地闪密度分布情况..... | 146 |
| 5.2.3 | 启动区内主要设施地闪密度..... | 152 |
| 5.2.4 | 地闪密度空间分布距平分析..... | 157 |
| 5.3 | 地闪密度对比分析和变化趋势..... | 159 |
| 5.3.1 | 对比分析..... | 159 |
| 5.3.2 | 变化趋势..... | 159 |

| | | |
|-------|---------------------|-----|
| 5.4 | 雷电流累积概率分布 | 161 |
| 5.5 | 雷电流参数特征分析 | 163 |
| 5.5.1 | 平均雷电流年际变化 | 163 |
| 5.5.2 | 雷电流幅值分布 | 165 |
| 5.6 | 地闪密度月变化特征 | 166 |
| 5.7 | 地闪密度时变化特征 | 169 |
| 5.8 | 大气雷电环境特征总结与建议 | 171 |

第六章 暴雨灾害风险与评估

| | | |
|-------|--------------------|-----|
| 6.1 | 暴雨风险识别 | 173 |
| 6.1.1 | 资料与数据 | 173 |
| 6.1.2 | 暴雨特征分析 | 173 |
| 6.1.3 | 暴雨灾害典型案例 | 178 |
| 6.1.4 | 暴雨灾害风险源与隐患分析 | 183 |
| 6.2 | 暴雨灾害风险评估 | 184 |
| 6.2.1 | 暴雨灾害风险评估方法 | 185 |
| 6.2.2 | 暴雨发生的可能性评估 | 189 |
| 6.2.3 | 暴雨发生的后果损失评估 | 191 |
| 6.2.4 | 暴雨风险水平的确定 | 191 |
| 6.3 | 暴雨风险对策、措施与建议 | 193 |

第七章 大风（含台风）灾害风险与评估

| | |
|--------------------------|-----|
| 7.1 大风风险识别 | 196 |
| 7.1.1 大风特征分析 | 196 |
| 7.1.2 大风灾害典型案例 | 207 |
| 7.1.3 大风灾害风险源与隐患分析 | 212 |
| 7.2 大风灾害风险评估 | 213 |
| 7.2.1 大风发生的可能性评估 | 214 |
| 7.2.2 大风发生的后果损失评估 | 215 |
| 7.2.3 大风风险水平的确定 | 215 |
| 7.3 大风风险对策、措施与建议 | 217 |

第八章 风暴潮灾害风险评估

| | |
|---------------------------------------|-----|
| 8.1 潮汐特性分析 | 218 |
| 8.1.1 潮位站选取 | 218 |
| 8.1.2 三灶站风暴潮极值增水 | 221 |
| 8.1.3 三灶站重现期最高潮位及极值增水 | 226 |
| 8.1.4 强台风 0814（黑格比）导致三灶站风暴增水特点 | 229 |
| 8.1.5 0814（黑格比）与 9615（莎莉）风暴增水比较 | 230 |
| 8.2 江门滨海新城沿岸海域风暴潮增水数学模型 | 234 |
| 8.2.1 风暴潮增水数学模型 | 234 |
| 8.2.2 三灶站风暴潮增水后报检验 | 276 |
| 8.2.3 假想台风构建及其增水计算 | 290 |

| | |
|-----------------------------|-----|
| 8.3 江门滨海新城风暴潮风险评估对策与建议..... | 298 |
| 8.3.1 风暴潮灾害发生的可能性评估..... | 300 |
| 8.3.2 风暴潮灾害发生的后果损失评估..... | 300 |
| 8.3.3 风暴潮风险可接受水平的确定..... | 301 |
| 8.3.4 风暴潮风险对策、措施与建议..... | 301 |

第九章 雷电灾害风险评估

| | |
|-------------------------|-----|
| 9.1 雷电灾害分析..... | 302 |
| 9.1.1 雷电灾害特征..... | 302 |
| 9.1.2 雷电灾害典型案例..... | 311 |
| 9.1.3 雷电风险辨识..... | 323 |
| 9.2 区域雷电灾害风险评估..... | 327 |
| 9.2.1 广东省雷电风险区划..... | 327 |
| 9.2.2 主要方法..... | 329 |
| 9.2.3 致灾因子分析..... | 331 |
| 9.2.4 项目区域雷电灾害风险区划..... | 336 |
| 9.2.5 评估小结..... | 338 |
| 9.3 雷电风险控制措施..... | 340 |
| 9.3.1 总体要求..... | 340 |
| 9.3.2 各专业系统..... | 342 |
| 9.3.3 特殊构筑物..... | 347 |
| 9.3.4 游道..... | 352 |

| | |
|--------------------|-----|
| 9.3.5 观景平台 | 353 |
| 9.3.6 游乐园（场） | 353 |
| 9.3.7 水景设施 | 354 |

第十章 评估结论

| | |
|---------------------------|-----|
| 10.1 参证站选取 | 370 |
| 10.2 工程现场勘测 | 370 |
| 10.3 大气雷电环境评价 | 373 |
| 10.4 暴雨灾害风险与评估 | 374 |
| 10.5 暴雨强度公式计算 | 375 |
| 10.6 大风（含台风）灾害风险与评估 | 376 |
| 10.7 不同重现期风速计算 | 377 |
| 10.8 风暴潮灾害风险评估 | 377 |
| 10.9 雷电灾害风险评估 | 378 |

第一章 评估说明

1.1 项目名称

江门市银湖湾滨海新城核心区气象灾害风险评估与气候论证

1.2 委托单位

江门市新会区崖门镇人民政府

1.3 项目地点

江门市银湖湾滨海新城位于江门市新会区境内，距江门城区约 35 公里。银湖湾滨海新城核心区位于滨海新城南部。

1.4 项目规模

江门市银湖湾滨海新城控制范围包括环银洲湖、黄茅海和虎跳门海岸的崖门镇、古井镇和沙堆镇部分区域，初步规划面积 340 平方公里。

银湖湾滨海新城核心区位于滨海新城南部，主要为银湖湾的围垦区，北至古兜山麓，东侧和南侧以黄茅海为界，西至江门市区边界，规划面积约 65 平方公里。

1.5 评估目的

江门市银湖湾滨海新城核心区位于滨海新城南部，背山面海，规划面积约 65 平方公里，是滨海新城发展的重点区域，经济体量大。气象条件，特别是极端气象条件及气象灾害可能会对核心区造成严重影响。核心区区域内基础设施及重点工程设计需考虑工程区域的气温、降水、风速、风向等多种气象要素以及雷电、大风、暴雨、风暴潮等主要气象灾害，以保证滨海新城核心区安全和适宜的经济指标。

根据相关标准、规范，计算滨海新城核心区极端天气现象出现概率，并提出相关建议，为基础设施和工程可行性研究设计提供参考。

结合该区域规划和项目分布，分析和评估该地区气象灾害的类型、规模及危害程度，对主要的气象灾害包括暴雨、大风（含台风）、风暴潮和雷电等进行风险分析和评估，为该区域的规划设计和区域内项目的建设运行提供防灾减灾依据。

1.6 评估原则

根据本项目实际情况，坚持政策性、针对性、科学性和实用性相结合的原则。

1.7 评估范围

以委托方提供的《江门市银湖湾滨海新城概念规划》（以下简称概念规划）及相关资料图纸为工作基础，按照《江门市银湖湾滨海新城核心区气象灾害风险评估与气候论证气象专业技术服务合同》所约定内容，对江门市银湖湾滨海新城核心区进行气象灾害风险评估与气候论证。

1.8 气象站点选取及资料说明

开展气象灾害风险评估需要根据项目所在地的地理位置和环境特征，选择参证气象站和参考气象站，并对气象站资料完整性、代表性、一致性和可靠性进行分析或说明。

首先，综合考虑资料序列完整性、距离项目的远近程度以及地理环境相似性等因素，选取相关参证气象站和参考气象站。

其次，根据《地面气象观测规范》、《气象资料统计规定》以及《风电场气象观测及资料审核、订正技术规范》（QX/T74-2007）、《风电场风能资源评估方法》（GB/T 18710-2002），对所选观测站资料进行整理、分析。

银湖湾滨海新城所在区域周边有上川岛、台山、新会、中山、斗门等多个国家气象站，但距离在 30 千米范围以内的站点只有台山站和斗门站，其中台山站（区站号 59478）距银湖湾滨海新城约 26~30 千米，斗门站（区站号 59487）距银湖湾滨海新城约 20~25 千米。

台山站筹建于 1952 年 11 月，1953 年 2 月起正式开始气象观测，站址在台山县台城镇和平路宝光里二号；地理坐标为 $112^{\circ} 47' E$ ， $22^{\circ} 15' N$ ，观测场海拔高度为 13.1 米。1954 年 1 月迁站至台山县台城镇和平路山顶，地理坐标为 $112^{\circ} 47' E$ ， $22^{\circ} 15' N$ ，观测场海拔高度为 32.7 米（后重新测量高度为 33.1 米），属国家基本气象站。斗门站筹建于 1965 年 12 月，1966 年 8 月 1 日起正式开始气象观测，属国家一般站（国家二级站），原址位于斗门城区井岸镇月山，地理位置为 $22^{\circ} 13' N$ ， $113^{\circ} 17' E$ ，2007 年 1 月 1 日迁至斗门区白蕉镇连兴一路 251 号，新址的地理位置为 $113^{\circ} 18' E$ ， $22^{\circ} 14' N$ ，观测场海拔高度为 23.1 米，属国家一般气象站。

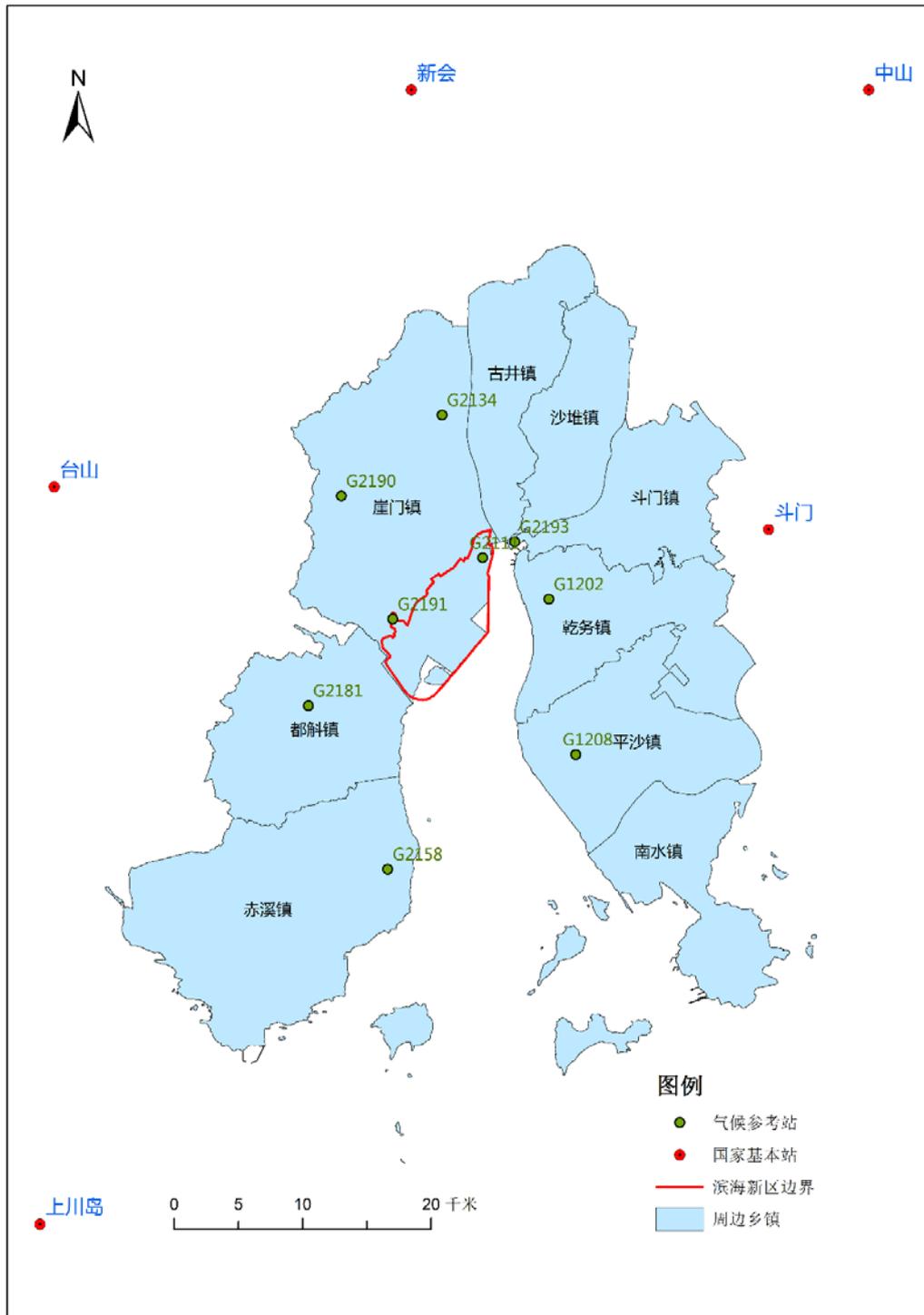


图 1.2-1 项目所在区域及周边气象站点分布图

台山和斗门国家基本气象站观测的气象要素包括：气温、气压、风速风向、降水、相对湿度、云量、能见度等，观测要素较为全面，观测资料序列完整性较高，站址一致性较好(台山站 1954~2017 年在同一站址观测，

斗门站 1966~2006 年在同一站址观测), 根据资料均一性评价标准, 台山站和斗门站平均气温、降水量、平均风速资料序列的均一性较好。因此, 本报告选取台山(区站号 59478)和斗门气象站(区站号 59487)作为参证气象站。

表 1.2-1 项目选取气候参考站点信息

| 编号 | 站号 | 站名 | 观测起始年月 |
|----|-------|------------------|---------|
| 1 | G2111 | 新会区崖门镇银湖湾 | 2003.01 |
| 2 | G2120 | 新会区古井镇崖海古战场 | 2015.11 |
| 3 | G2191 | 新会区崖门镇古兜山(东方红水库) | 2008.12 |
| 4 | G1202 | 珠海市斗门区乾务镇 | 2003.01 |
| 5 | G1208 | 珠海市金湾区平沙镇 | 2003.01 |
| 6 | G2134 | 新会区崖门镇迎宾南路 | 2007.01 |
| 7 | G2158 | 台山市赤溪镇曹冲村 | 2008.01 |
| 8 | G2181 | 台山市都斛镇古逻村 | 2008.12 |
| 9 | G2190 | 新会区崖门镇古兜林场 | 2008.12 |
| 10 | G2193 | 新会区沙堆镇红关村 | 2009.04 |

1.9 评估依据和参考资料

1.9.1 法律法规、部门规章、规划

- (1) 《中华人民共和国气象法》
- (2) 《气象灾害防御条例》(国务院令 第 570 号)
- (3) 《国家综合防灾减灾规划(2011—2015)》
- (4) 《国家气象灾害应急预案》

(5)《国务院办公厅关于进一步加强气象灾害防御工作的意见》(国办发〔2007〕49号)

(6)《国务院办公厅关于加强气象灾害监测预警及信息发布工作的意见》(国办发〔2011〕33号)

(7)《国务院关于印发清理规范投资项目报建审批事项实施方案的通知》(国发〔2016〕29号)

(8)《综合气象观测系统发展规划(2010—2015年)》(气发〔2009〕463号)

(9)《国家气象灾害防御规划(2009—2020年)》

(10)《广东省气象灾害防御条例》

(11)《广东省气象灾害防御规划(2011-2020年)》

(12)《广东省气象灾害防御重点单位气象安全管理办法》(粤府令第254号)

(13)《关于印发江门市气象灾害防御规定的通知》(江府[2010]18号)

(14)《印发江门市气象灾害应急预案的通知》(江府办[2011]109号)

1.9.2 标准、规程、技术规范

(1)《风险管理—风险评估技术》(GB/T 27921-2011)

(2)《风险管理原则与实施指南》(GB/T 24353-2009)

(3)《地面气候资料30年整编常规项目及其统计方法》(QX/T 22-2004)

(4)《接地系统的土壤电阻率、接地阻抗和地面电位测量导则 第1部分：常规测量》(GB/T 179410.1-2000)

(5)《气象资料分类与编码》(QX/T 102-2009)

(6)《气象要素分类与编码》(QX/T 133-2011)

- (7) 《气象数据集核心元数据》(QX/T 39-2005)
- (8) 《雷电防护 第 1 部分: 总则》(GB/T 21714.1-2015)
- (9) 《雷电防护 第 2 部分: 风险管理》(GB/T 21714.2-2015)
- (10) 《雷电防护 第 3 部分: 建筑物的物理损坏和生命危险》(GB/T 21714.3-2015)
- (11) 《雷电防护 第 4 部分: 建筑物内电气和电子系统》(GB/T 21714.4-2015)
- (12) 《海滨观测规范》(GB/T 14914—2006)
- (13) 《海洋学术语 物理海洋学》(GB/T 15920—2010)
- (14) 《海洋功能区划技术导则》(GB/T 17108—2006)
- (15) 《警戒潮位核定规范》(GB/T 17839—2011)
- (16) 《自然灾害管理基本术语》(GB/T 26376-2010)
- (17) 《核电厂工程水文技术规范》(GB/T 50663—2011)
- (18) 《海洋调查观测监测档案业务规范》 (HY/T 058—2010)
- (19) 《海港水文规范》(JTS145-2-2013)
- (20) 《自然灾害风险管理基本术语》(MZ/T 027—2011)
- (21) 《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012)
- (22) 《室外排水设计规范》(GB50014-2014)
- (23) 《公路桥梁抗风设计规范》(JTG/T D60-01-2004)
- (24) 《采暖通风与空气调节设计规范》(GB50019—2003)
- (25) 《建筑物防雷设计规范》(GB 50057-2010)
- (26) 《建筑物电子信息系统防雷技术规范》(GB 50343-2012)
- (27) 《旅游景区雷电灾害防御技术规范》(QX/T 264-2015)

(28)《建筑施工现场雷电安全技术规范》(QX/T 246-2014)

(29)《雷电灾害应急处置规范》(QX/T 245-2014)

1.9.3 技术资料

(1) 江门市气象灾情大事记(1961—2017), 江门市气象局

(2) 2000—2017年江门市气象灾害状况分析, 江门市气象局

(3) 江门市气候公报(2007—2017年), 江门市气象局

(4) 2012-2017 广东省雷电灾害典型实例汇编, 广东省防雷减灾管理
办公室

1.9.4 其他相关资料

(1)《江门市银湖湾滨海新城概念规划》

(2)《江门市银湖湾滨海新城城市设计及启动区控规》(节选)

(3)《江门市新会区崖门镇崖南烟管山地段、银湖湾五围地段控制性
详细规划——初步方案》

(4)《江门市地方志》

(5)《江门市气象志》

(6)《崖门镇志》第六稿

第二章 项目概况

2.1 项目背景

为了落实市委、市政府使江门从滨江城市走向滨海城市的战略部署，高起点谋划银湖湾滨海新城，推动加快融入粤港澳大湾区，2017年7月27日，银湖湾滨海新城开发建设领导小组正式成立，刘毅市长担任领导小组组长。

滨海新城成立后，先后完成了《银湖湾滨海新城概念性规划》和新城建设用地、岸线等基础数据收集，核心区控制性规划完成初稿，纳入《广东省沿海经济带综合发展规划（2017~2030）》。

未来，银湖湾滨海新城计划重点布局滨海休闲度假旅游、海田观光、海洋渔业和海洋科技服务业等产业，引入港澳优质的教育、医疗资源，建设国际化高端社区，积极发展教育培训和健康服务产业，成为延伸港澳现代服务业优势的后方服务平台以及与港澳配套的商务休闲旅游基地。

2.2 地理位置

银湖湾滨海新城位于江门市区南部，距江门城区约35公里，项目地理位置见图2.2-1。



图 2.2-1 银湖湾滨海新城和核心区

说明：1、图 2.2-1 中紫红线和红线内区域为江门市银湖湾滨海新城；

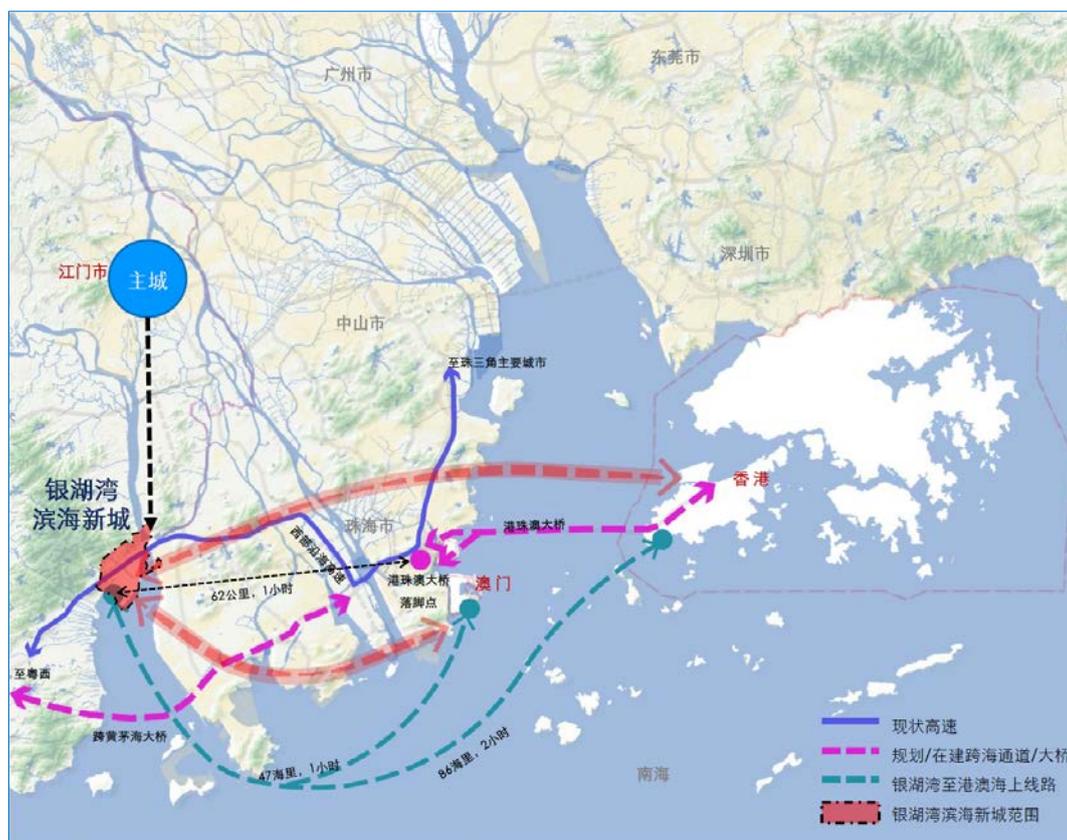
2、图 2.2-1 中红线内区域为江门市银湖湾滨海新城核心区。

银湖湾滨海新城控制范围包括环银洲湖、黄茅海和虎跳门海岸的崖门镇、古井镇和沙堆镇部分区域，面积约 340 平方公里。

银湖湾滨海新城核心区为重点建设区，位于滨海新城的南部。核心区主要为银湖湾的围垦区，北至古兜山麓，东侧和南侧以黄茅海为界，西至江门市区边界，规划面积约 65 平方公里。

2.3 区位优势

银湖湾滨海新城位于江门市区南部，距江门城区约 35 公里。银湖湾毗邻港澳地区，水路至香港 86 海里、澳门 47 海里，距港珠澳大桥珠海落脚点 62 公里。港珠澳大桥通车后，本片区将融入港澳一小时生活圈。银湖湾滨海新城以良好的区位、富裕的土地、优越的环境，将成为接受港澳辐射的桥头堡，港澳优质要素的承接地。



银湖湾滨海新城核心区属于围垦用地，现状建设量不多，背山（古兜山）面海（黄茅海），用地开发条件优越。银湖湾滨海新城内部包含崖门粤港澳产业合作示范区、古井珠西新材料集聚区、沙堆产业园三大园区。东侧的珠海分布有富山新城、高栏港等产业平台，滨海新城的位置可辐射相关园区。

因此，在“新海丝”战略下，银湖湾滨海新城所在的大广海湾由依托港口发展海洋产业逐渐转向承担着“对外开放、区域合作”的新职责，银湖湾滨海新城有机会成为江门与东盟、港澳等地区开展多元合作的重要载体。探索与港澳的多元合作，带动银湖湾滨海新城建设，为江门乃至大西南地区提供对接 21 世纪海上丝绸之路的切入点。

银湖湾滨海新城是落实广东省海洋战略的重要平台，是借助海洋实现对外开放和对内辐射双重通道的重要载体。规划建设银湖湾滨海新城，承担大广海湾的服务核心，可成为加快银洲湖先导区发展的重要抓手，形成新的增长极，带动大广海湾的发展。

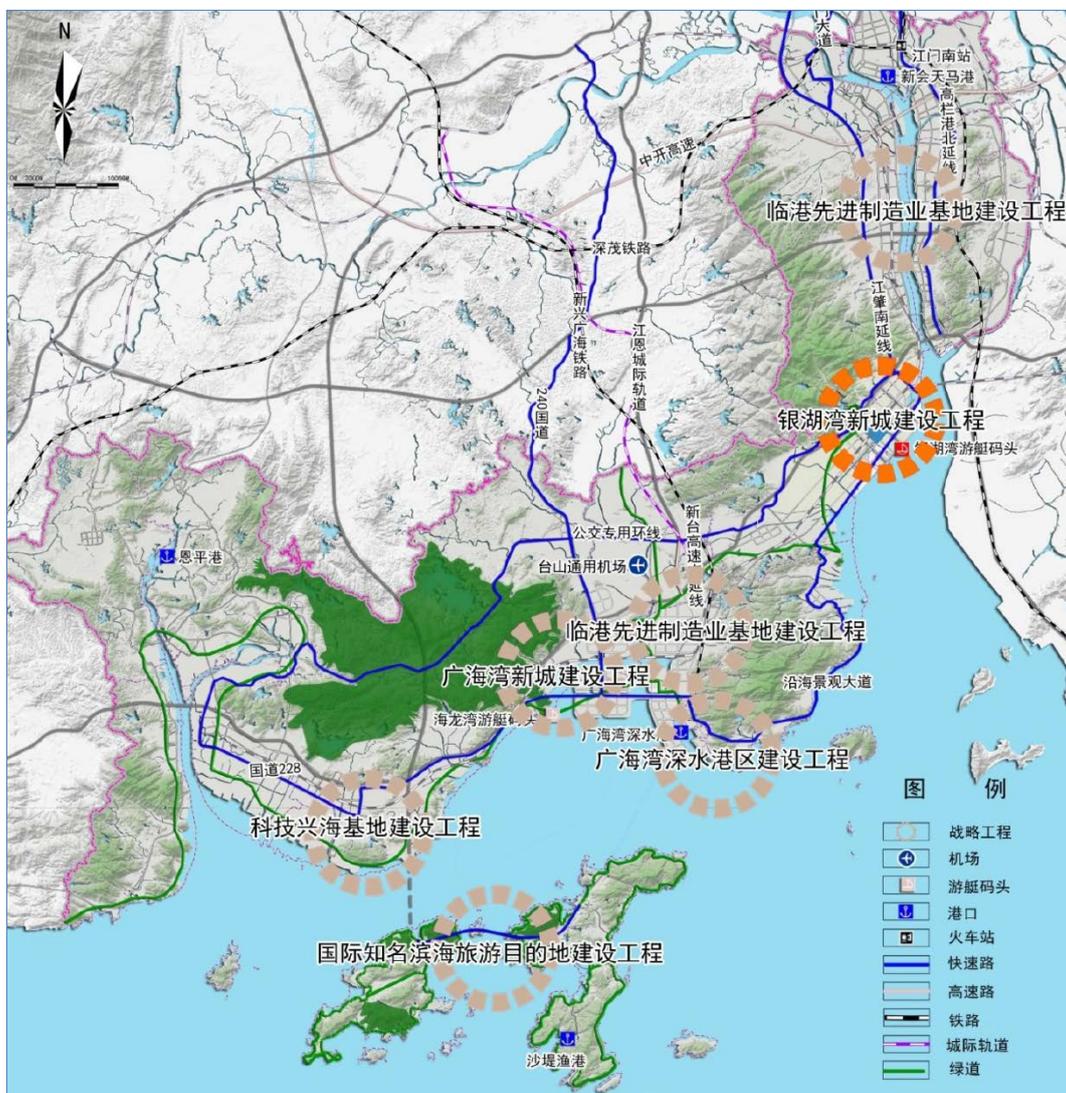


图 2.3-2 银湖湾滨海新城在大广海湾的位置

2.4 现有条件

2.4.1 自然条件

银湖湾滨海新城为山海格局，核心区北靠古兜山，南临黄茅海。古兜山由台山东南部的国营古兜山林场和新会西南部的国营古兜林场连片山地合并而成，总面积 17.35 万亩，2001 年 9 月古兜山被定位省级自然保护区。主峰“狮子头”海波 982 米，为保护区内最高峰。



图 2.4-1 山海格局
(虚线内为银湖湾滨海新城区域，以下同)

2.4.2 现状建设

银湖湾滨海新城内分布有 3 个镇，分别为崖门镇、古井镇和沙堆镇部分区域；分布有 10 个村。其中，核心区有 5 个村（或社区），分别为田边村，古斗村，梁黄屋村，崖南社区和交贝石村，见图 2.4-2。

银湖湾滨海新城内分布有多个工业区；核心区内目前仅有崖南工业区，见图 2.4-3。



图 2.4-2 村镇分布



图 2.4-3 工业分布

2.4.3 交通

银湖湾滨海新城现有一条高速和三条省道经过，分别为西部沿海高速、省道 271、省道 270 和省道 365，分别与阳江、江门中心城区和中山市连通。

其中省道 365 和西部沿海高速东西向穿过核心区北部。银湖湾滨海新城内分布有多个码头，其中崖门渔港在核心区东北角。



图 2.4-4 对外交通

2.3.4 旅游

江门是中国第一侨乡，有着悠久的历史传统文化，银湖湾滨海新城是江门出海口，附近有较多文化资源。银湖湾滨海新城内现有多个旅游景点，其中崖门渔港、古兜温泉和银湖湾湿地公园分布在核心区内。



图 2.4-5 旅游资源

2.5 规划方案

2.5.1 银湖湾滨海新城

银湖湾滨海新城是江门东部重点片区，银湖湾滨海新城发展定位：粤港澳大湾区的产业服务平台、江门沿江出海的绿色智慧滨海新城。借助港、澳对接世界的制度、经济、服务等优势，将银湖湾滨海新城打造成为粤港澳合作的综合服务核心，为珠江西岸及大西南地区对接国际提供生产性服务、生活性服务支点。

（1）对外高端服务功能

与港、澳合作共建自由、地稅的营商环境，为海上丝绸之路沿线城市及国家提供转口贸易、仓储物流、离岸金融等综合性服务；

（2）综合多元服务功能

完善新城生态居住、教育医疗、娱乐康体等综合服务功能，吸引港澳及其他地区人才、企业进驻，打造“低价高质”城市后花园；结合古兜温泉，大力发展温泉旅游产业，为珠三角乃至其他地区的人提供休闲度假场所。

（3）科技文化创新功能

香港江门共建高水平大学，加强与港澳科研教育合作，借力江门制造业基础，发挥创新成果转化、产业创新功能；加强与澳门在中西文化创意等领域的合作，大力发展以东西方文化、侨乡文化、崖门海战、宋元文化、忠义文化为特色的文化创意产业，打造具有文化底蕴的新城。

（4）海洋综合服务功能

加强海洋经济发展，大力发展港口物流业务咨询服务、涉海金融保险服务业、海洋信息服务业、海洋会展业等现代海洋服务业；依托澳门世界

旅游城市，加强与澳门在游艇旅游等方面合作，积极融入环澳大旅游圈，大力发展滨海休闲。

银湖湾滨海新城内有新城服务核心(核心区)、古井镇、崖门镇等乡镇，崖门粤澳（江门）产业合作示范区、古井珠西新材料集聚区、沙堆产业园区等产业园区。加强新城服务核心（核心区）与其他功能板块的协同互动，推动产城融合。

滨海新城规划形成“一心三园”的功能板块。一心，指绿色智慧滨海新城（即核心区）。三园，包括崖门粤澳产业合作示范区、古井珠西新材料集聚区、沙堆产业园三大园区。

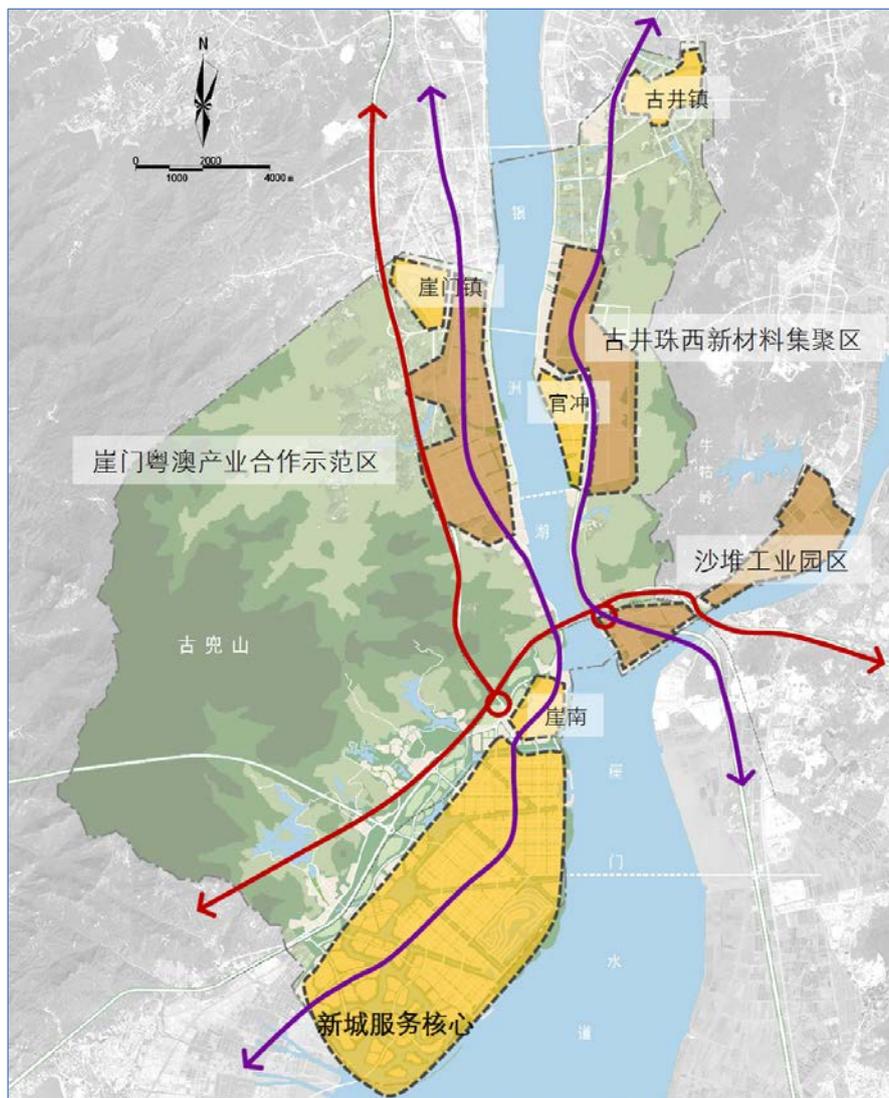


图 2.5-1 银湖湾滨海新城各功能区

新城服务核心（核心区）通过区域主干道加强与其他板块联系，一方面为产业园区提供金融科创等高端服务，另一方面为园区高层、已落户的工人家庭、高端人才等提供综合优质生活、教育、医疗服务。

表 2.4-1 银湖湾滨海新城功能定位、主导产业、用地规模和就业人口

| 园区名称 | 功能定位 | 主导产业 | 用地规模 | 就业人口 |
|--------------------|--|--|---------------|-------------|
| 崖门粤澳产业合作示范区 | 以环保产业为切入点，建设为跨境配套产业基地，引资引智创新基地、江澳金融合作高地。 | 以崖门电镀基地为载体，结合毗邻新会电厂的优势，以电厂作为公用工程岛，大力发展生态环保型和集约高效型的电镀产业，同时利用现有环保电镀项目延伸发展电子、汽车零部件、珠宝、钟表等上游高端制造业；以环保电镀基地为基础，大力建设环保产业园，引导澳葡青年在新一代生物技术、节能环保、新能源汽车、新材料、高端装备等战略新兴产业以及“互联网+工业和文化创意”上创新创业；整合澳门与新会两地的资源，大力发展中医药产业、健康产品产业等。 | 1342.19 公顷 | 5 万人 |
| 古井珠西新材料集聚区 | 银湖湾滨海新城重要的产业支撑平台服务珠西、辐射粤港澳的示范性园区。 | 以高端精细化工产业为核心，重点发展制药（含医药、农药），生物化工（含食品添加剂），化工新材料（含电子化学品、造纸化学品、石墨烯、纳米新材料等），现有产业的转型升级（以涂料、油墨为主）等产业。 | 1469.18 公顷 | 6 万人 |
| 沙堆产业园区 | 整合现有产业资源，积极应对广东省海洋战略，打造粤港澳临港产业合作示范园区。 | 整合沙堆及周边一带的船舶拆解和修造园区，以沙堆工业园为载体，推动传统渔船货船向特种船舶和高科技船舶的修理、改装和配套产品生产过渡，加大修船和游艇领域龙头企业的招商引资力度，发展高端产品和技术，带动江门全市的船舶产业整体水平提升。 | 706.09 公顷 | 4 万人 |
| 核心区 ⁽¹⁾ | 江门与港澳在高端服务、教育科研、文化创意、生活旅游等多方位合作的桥头堡和载体；为周边地区提供综合服务的江门绿色智慧滨海新城、新型城市示范区。 | 以与港澳合作为载体、以金融服务、港口贸易、高端咨询、信息会展等为主的高端服务产业；以生态居住、娱乐康体为主的综合服务产业；以教育科研、文化创意为主的文化创意产业；以海洋科研、滨海旅游、海洋信息服务等为主的海洋综合服务产业。 | 约 2940 公顷 | 30-35 万人 |

注（1）：核心区数据来源于《江门市银湖湾滨海新城城市设计及启动区控规》

2.5.2 银湖湾滨海新城核心区

银湖湾滨海新城核心区为重点建设区。核心区的功能定位为：江门与港澳在高端服务、教育科研、文化创意、生活旅游等多方位合作的桥头堡和载体；为周边地区提供综合服务的江门绿色智慧滨海新城、新型城市示

范区。核心区的主导产业为：高端服务产业、综合服务产业、文化创意产业和海洋综合服务产业。

根据《江门市银湖湾滨海新城概念规划》，核心区形成“三心、三轴、六片区”的空间结构。



图 2.5-2 核心区空间结构

三心：三个新城功能中心，包括粤港澳高端服务中心、科研教育中心和滨海休闲中心。

三轴：南北向的功能主轴贯通滨海新城，形成功能骨架，垂直与海岸的两条功能次轴，串联组团级服务中心。

六片区：包括粤港澳高端服务组团、科研教育创意组团、滨海宜居优质花园、海洋主题度假组团、宋元文化渔港小镇、临山休闲度假组团的六大功能组团。

具体功能项目包括粤港澳高端服务区、城轨站点服务区、滨水游艇住区、游艇会、粤港澳合作共建高校、科研自创区、宋元文化渔港小镇、滨海休闲服务区、宜居城市花园、滨水宜居住区、海洋主题公园、滨海休闲度假区、古兜温泉休闲度假区、山地旅游度假区、生态农田等功能。

表 2.5-1 核心区功能分区协调方案

| 功能分区名称 | 用地规模（公顷） | 人口规模（万人） |
|-----------|----------|----------|
| 宋元文化渔港小镇 | 375.74 | 6.44 |
| 粤港澳高端服务区 | 165.16 | 2.83 |
| 滨海宜居生活区 | 212.41 | 3.64 |
| 滨水游艇住区 | 288.43 | 4.94 |
| 科研自创区 | 134.81 | 2.31 |
| 粤港澳合作共建高校 | 89.83 | 1.54 |
| 华人华侨双创示范区 | 152.95 | 2.62 |
| 游艇会 | 237.36 | 4.07 |
| 滨海休闲服务区 | 242.52 | 4.16 |
| 海洋主题公园 | 289.82 | 4.97 |
| 古兜温泉休闲度假区 | 142.51 | 2.44 |
| 滨海休闲度假区 | 248.64 | 4.26 |
| 宜居城市花园 | 189.14 | 3.24 |
| 滨水宜居住区 | 449.63 | 7.71 |
| 山地旅游度假区 | 281.05 | 4.82 |

目前，滨海新城核心区内启动区范围约 19 平方公里，包含四大分区，具体范围如图 2.5-3 所示。



图 2.5-3 滨海新城核心区规划图

片区一：东至黄茅海，北至西部沿海高速，西至崖南高速收费站，南至新 365 省道，用地面积约 4.2 平方公里（6300 亩）；

片区二：东面、南面临黄茅海，西至工业大道，北至现状中兴大道，用地面积约 5.4 平方公里（8100 亩）；

片区三：东至中兴路，南至新 365 省道，西至古兜山休闲度假村，北至西部沿海高速，用地面积约 4.5 平方公里（6750 亩）；

连接区：主要沿新 365 省道范围，合计 4.9 平方公里（7350 亩）。

截至目前，滨海新城核心区内已有 7 个总投资超 200 亿元项目正在推进，其中总投资 70 亿元的“印象崖门·梦回大宋”项目已制定了控制性详细规划；碧海银湖项目（原名黄游艇休闲度假区）正在制定规划方案，一期

工程开工建设；“山河出海”项目已明确意向投资方，项目地块已制定了控制性详细规划；中科院新澳开物生物医药装备项目已完成土地平整，投资方正进行规划设计。御泉国际温泉酒店（原名华榕酒店）已完成设计方案，正按程序报批；麻阳线复线工程已具备通车条件，广东滨海景观公路崖门段已开展前期工作。

第三章 工程现场勘测

3.1 现场勘测说明

2018年5月至10月，项目组对江门市银湖湾滨海新城核心区进行地理位置采集，根据现场情况进行现场环境情况记录和地表土壤性状记录，为大气雷电环境评价和气象灾害风险评估提供基础资料。

3.1.1 目的

- 1) 勘测项目地理环境，提供影响项目所在地区气候环境以及雷暴活动的重要因素。
- 2) 为气象灾害风险评估提供可靠科学的土壤电阻率。

3.1.2 内容

- 1) 勘测江门市银湖湾滨海新城核心区所在地的地势、天然地物、人工地物的位置及地表形态，区内重要设施的地理坐标、周围环境以及人员分布等情况。
- 2) 勘测江门市银湖湾滨海新城核心区所在地周边的重要设施的地理坐标、周围环境以及人员分布等情况。
- 3) 测量江门市银湖湾滨海新城核心区近期启动建设项目的地理坐标、下垫层的土壤电阻率。

3.1.3 技术方法

1) 本项目使用 GARMIN eTrex 系列 VISTA HCX GPS 定位仪，在江门市银湖湾滨海新城核心区对拟建的大型项目所在地采集地理位置。

2) 本项目使用 GARMIN eTrex 系列 VISTA HCX GPS 定位仪，在江门市崖南镇辖区内的主要公共设施所在地采集地理位置。

3) 使用意大利产 HT-GEO-416 接地电阻测试仪，在江门市银湖湾滨海新城核心区对拟建的大型项目地理位置处进行土壤电阻率数据采集。

3.2 地理环境

3.2.1 地理位置

新会区地处北纬 22°5'15"至 22°35'01"和东经 112°46'55"至 113°15'43"之间，位于广东省中南部，珠江三角洲西南部，西江、潭江下游。东与中山市、东南与珠海市斗门区毗邻，南濒南海，西南与台山市、西与开平市、西北与鹤山市相接，北与蓬江区、江海区相连。地呈三角形，北阔南窄，东西相距 48.8 千米，南北相距 54.5 千米。

全区陆域总面积 1354.71 平方公里，约占江门市陆地总面积的 14%，下辖 1 个街道（圭峰会城街道）、1 个经济开发区和 10 个镇（大泽镇、司前镇、沙堆镇、古井镇、三江镇、崖门镇、双水镇、罗坑镇、大鳌镇、睦洲镇）。

银湖湾滨海新城位于大广海湾先导区江门市新会区境内，初步规划面积 340 平方公里，范围包括银湖湾区域和银洲湖部分区域，覆盖崖门、古井、沙堆三个镇。该区域生态环境良好，有连片可开发土地，交通条件便利，是珠三角不可多得的黄金发展宝地。



图 3.2-1 新会区（黄色边框）地理区位图

3.2.2 地质特征

新会地势自西北向东南倾斜。丘陵山地主要分布在区境西北、西南部，面积 882525 亩，占全区总面积的 35.84%，有圭峰山地、古兜山地、牛牯岭山地。其中古兜山主峰狮子头海拔 982 米，是全区最高峰。平原主要分布在区境东南、中南、中西部，显示海湾沉积特征，面积 107.19 万亩，占全区总面积的 43.53%，有海湾冲积平原、三角洲冲积平原、山谷冲积平原。全区水域面积 507930 亩，占全区总面积的 20.63%。

3.3 现场勘察

银湖湾滨海新城位于江门市区南部，距江门城区约 35 公里。控制范围包括环银洲湖、黄茅海和虎跳门海岸的崖门镇、古井镇和沙堆镇部分区域，面积约 340 平方公里。

重点建设区范围位于滨海新城的南部，主要为银湖湾的围垦区，北至古兜山麓，东侧和南侧以黄茅海为界，西至江门市区边界，规划面积约65平方公里。

3.3.1 核心区俯瞰图

2018年8月8日，项目组在江门市滨海新城开展了现场勘查工作，项目组利用无人机航拍了滨海新城核心区几个重要地点。



图 3.3-1 核心区西北（东方红水库、古兜温泉综合度假区）



图 3.3-2 核心区西侧海岸线（西南）



图 3.3-3 崖门渔港（东北）



图 3.3-4 核心区东侧海岸线（东南）

3.3.2 基础设施

3.3.2.1 市政设施

1) 东方红水库

东方红水库位于广东省新会区，城南 51 公里，古斗山东南麓。集水面积 38.6 平方公里，正常库容 2372 万立方米。

原以库址土名“石石达”为名。1971 年 7 月 1 日电站发电时，为纪念中国共产党诞辰，改称“东方红水库”。

银湖湾滨海新城核心区的生活用水由东方红水库供给。



图 3.3-5 东方红水库

2) 东方红水电站

东方红水电站位于广东省新会区，城南 51 公里，古斗山东南麓。1971 年 7 月 1 日电站开始发电。



图 3.3-6 东方红水电站

3) 崖南 110kV 变电站

110 千伏崖南变电站位于江门市新会区崖门镇，变电站主变容量达到 31.5+40MVA。



图 3.3-7 崖南 110kV 变电站

3.3.2.2 医疗卫生设施

1) 崖门医院（崖南分院）

崖门镇卫生院是一所一级甲等公立综合性医院，服务当地约 6 万人口，服务地域 206 平方公里；为当地人民群众提供医疗保健、公共卫生、医疗应急救治、突发公共卫生安全事故应急等服务。



图 3.3-8 崖门医院（崖南分院）

3.3.2.3 教育设施

1) 交贝石小学

交贝石小学是广东省江门市新会区一所全日制小学，已有六十多年历史。学校占地 11430 平方米，建筑面积 3460 平方米，生均建筑面积 7.02 平方米。全校有 12 个教学班，学生 600 多人，教职工 28 人。

学校现拥有了现代化的电脑室、多媒体室、语言室、音乐舞蹈室、实验室、美术室、手工劳作室、德育室和 250 多平方的体育室等多个功能室，使校园初具现代化学校的规模。



图 3.3-9 交贝石小学

2) 崖门镇田边小学

崖门镇田边小学座落在将军山下，创办于 1935 年，距今已有七十年的办学历史。学校占地面积 10950 平方米，建筑面积为 1350 平方米，教育教学设备设施日臻完善。



图 3.3-10 崖门镇田边小学

3) 崖门镇崖南初级中学

崖南初级中学创办于 1959 年，座落于广东省江门市新会区崖门镇红旗山下。2006 年 5 月迁往新校址--梁黄屋村。学校占地面积 21046 平方米，建筑面积 4148 平方米，现有教学班 12 个。



图 3.3-11 崖门镇崖南初级中学

3.3.2.4 通信设施

崖南镇内设有通信基站。



图 3.3-12 中国电信、联通通信基站

3.3.2.5 江门市新会（银湖湾）海洋气象综合探测基地

江门市新会（银湖湾）海洋气象综合探测基地设有地波雷达、闪电定位仪、台风监测仪、湿地生态监测站等综合探测系统以及气象科技与科普场馆。



图 3.3-13 江门市新会（银湖湾）海洋气象综合探测基地

3.3.3 核心区内村庄

3.3.3.1 田边村

田边村位于崖门镇南部，东隔崖门海口与珠海斗门区相望，南接银湖湾管委会，古斗村、崖南林场，西靠古兜山脉、北邻梁黄屋村，广东西部沿海高速公路在村前横穿而过，被定为革命老区。

村庄地处崖门海口西南，背山面海，地势东低西高，地质为沙丘冲积层，沙多泥少。村庄南北稍高，中部平坦，呈长方形状。蕴藏有锡、钨、铀等金属矿产和硅沙、花岗岩、稀土等非金属矿产。自然灾害主要为台风和热带风暴，发生时间多在每年4月至10月。四季雨水充足，水梨坑、鹅斗坑、水中桥坑由西向东通往崖门海口流入南海，遇百年或50年一遇大暴雨加台风潮涨，部分农田会水浸。



图 3.3-14 田边村

3.3.3.2 梁黄屋村

梁黄屋村位于崖门镇正南方 15 公里，东至烟管山隔崖门海口与珠海斗门区相望，南至银湖湾管委会新一围，西邻田边村，北接崖南林场红竹排（地名）。

村庄地处崖门出海口西面，背靠古兜山脉，地势东低西高，为半丘陵地区，土质沙多泥少。村庄呈长方形状，地势平坦。蕴藏有锡、钨、铀等金属矿产和硅砂、花岗岩、稀土等非金属矿产。自然灾害：多为台风和热带风暴，发生时间多在每年 4 月至 10 月。四季雨水充足，梁屋坑、大旺坑由西向东分别经村北、村南流入崖门海口进南海，少有水灾。



图 3.3-15 梁黄屋村

3.3.3.3 古斗村

古斗村位于新会区崖门镇西南边，东连银湖湾管委会、崖南林场，南面向崖门海口，西接台山金星农场，北依古兜山，近东方红水电站。村址设在古斗自然村。



图 3.3-16 古斗村

村庄地处崖门海口西北面，背靠古兜山，面临南海。村庄南、西、北面高，中间低，呈“兜”形。地质多为沙石。蕴藏锡、钨、铀等金属矿产和硅沙、花岗岩等非金属矿产。自然灾害主要有台风和热带风暴，发生时间多在每年4月至10月。四季雨水充足，水灾较少，古兜坑由西向东流入崖门海口。

3.3.3.4 崖南社区

崖南社区位于崖门镇南部，东隔崖门海口与珠海斗门区相望，南邻交贝石村、梁黄屋村，西依古兜山脉，北接甜水村。

辖区位于崖门海口西面，依山面海，地势西北高东南低，中部平坦向四周延伸至崖门海口边，地质沙多泥少。广东省八大文明渔港之一的崖门渔港（国家一级渔港），新港港池面积15.8万平方米；旧港（位于崖南码

头，即交贝石冲口）港池面积 2 万平方米；全社区海岸线 1 公里，是发展海洋建造业和海上旅游业的宝地。

自然灾害主要为台风和热带风暴，发生时间多在每年 4 月至 10 月。四季雨水充足，潮汐为四流水回转。小潮 1.5 米，大潮 2.5 米。交贝石冲由西往东横贯社区中部流入崖门海口进入南海；遇 50 年以上一遇大暴雨加台风海水潮涨，部分街道发生水浸。



图 3.3-17 崖南社区

3.3.3.5 交贝石村

交贝石村位于崖门镇南面 13 公里，地处珠江水系崖门出海口。东隔崖门海口与沙堆镇、珠海市斗门区相望，南连梁黄屋村，西依古兜山脉猪牯石山，北接崖南社区新渔湾村。



图 3.3-18 交贝石村

村庄地处崖门出海口西北，背靠古兜山脉，地势东低西高，为半丘陵地区，土质沙多泥少，村内地势平坦。蕴藏有锡、钨、铀等金属矿产和硅沙尧花岗岩等非金属矿产。自然灾害多为台风和热带风暴，发生时间多在每年4月至10月。四季雨水充足，交贝石冲由西北往东南方向经村旁流入崖门海口进南海，水患较少。

3.3.4 崖南工业区



图 3.3-19 崖南工业区

君悦花洒软管（新会）有限公司位于广东省江门市新会区崖门镇崖南工业区叁号，占地近2万平方米，具有现代化厂房和专用高精度的德国设备。君悦公司专业生产金属类、塑胶类和不锈钢类的各种型号不同规格的花洒软管和接驳喉管



图 3.3-20 在建君悦花洒软管（新会）有限公司2#车间

3.3.5 周边设施

3.3.5.1 广东桥梁博物馆

广东桥梁博物馆位于江门市新会区银洲湖崖门出海口西侧的苍山山腰上，是广东省唯一以桥梁为主题的博物馆。

博物馆占地面积 110 亩，建筑面积 3300 平方米，周围视野开阔，环境优美，崖门东岸巍峨的古炮台、雄伟壮观的崖门大桥都尽收眼底。

广东桥梁博物馆主体建筑楼高三层，建筑面积 3300 平方米，配套工程绿化休闲广场占地面积 8000 平方米，观景平台为仿古炮台建筑样式，面积 3000 平方米。



图 3.3-21 广东桥梁博物馆

3.3.5.2 崖门大桥

江门新会崖门大桥是广东西部沿海高速公路关键工程，是国内此类桥梁中主跨最大的桥梁，在亚洲排名第二。



图 3.3-22 崖门大桥

崖门大桥位于新会崖门入海口，沟通广东西部沿海高速公路，飞架崖门古战场。其雄伟英姿吸引了无数游客，成为新会著名旅游景点。

崖门大桥是跨越崖门水道的特大型双塔单索面斜拉桥，全长 1289.22 米，跨度全长 668 米，主跨 338 米，桥面宽 26.8 米，双向车道。净空高度 48 米，主塔高约 126 米。桥下可通航 5 万吨级船舶。

3.3.5.3 古兜温泉小镇（江门新会古兜温泉综合度假区）

古兜温泉小镇，其坐落于风光旖旎的古兜山下，靠山面海，拥有山、泉、湖、海于一体的自然风光资源和丰富的地下温泉资源。现已建成四大主题酒店：皇家 SPA 酒店、温泉别墅酒店、假日湖景酒店、古兜山海度假公寓酒店及五大功能项目配套：古兜温泉谷、山泉水世界、餐饮与国际会议中心、古兜财神缆车、泉天地商业街等服务设施。



图 3.3-23 古兜温泉小镇

3.3.5.4 崖门古炮台

崖门古炮台位于新会区古井镇崖门村崖门海口东边。建于清初，雍正后历代重修。炮台呈弧形，背山面海。炮位连绵伸展长达 180 米，组成级深 3.5 米、高 5.5 米的城墙状炮台。台基直下海边，基前垒石作防浪墙，基部用花岗岩砌筑，其上则用三合土夯筑。

炮台筑在主航道旁，为军事要塞。其地自北宋已设关戍守，明代已修炮台。据（乾隆六年版）《新会县志·兵房志》卷七载；崖门炮台三座；一崖门东炮台，周四十三丈，高一丈三尺；一崖门西炮台，周三十八丈，高一丈三尺；一虎跳门炮台，雍正十一年奉设，周三十六丈，高一丈五尺。

1989 年 6 月广东省人民政府公布为文物保护单位。



图 3.3-24 崖门古炮台

3.3.6 近期启动项目

近期启动项目有：

- 1) 木生缘神木文化园项目；
- 2) 碧海银湖项目；
- 3) 御泉国际温泉酒店项目；
- 4) 中科院生物医药装备项目；
- 5) 古兜温泉山河出海项目；
- 6) 大宋皇城旅游综合区项目；
- 7) 崖门游艇会项目；
- 8) 规划地段西南部海岸线。

3.3.6.1 木生缘神木文化园项目

新会木生缘神木文化园旅游度假区占地约 1500 亩，总投资额为 10 亿元。项目规划建设全国最大乌木博物馆。全国最大工厂化循环水养殖示范基地、院士工作站等等，建设分两期进行。首期工厂化循环水养殖示范基地已开工建设。



图 3.3-25 木生缘神木文化园项目

3.3.6.2 碧海银湖项目

项目位于银湖湾南部，占地面积 3500 亩（其中水面积 1500 亩），投资额为 120 亿元，主要建设度假酒店、游艇俱乐部、商务会展中心以及意大利风情小镇。技术人员首次到现场，项目尚未进行土地平整。



图 3.3-26 碧海银湖项目

3.3.6.3 御泉国际温泉酒店项目

项目位于银湖湾滨海新城中兴路南侧，银湖湾红树林公园相邻，紧靠古兜温泉度假村，占地约 30 亩，总投资为 3.5 亿元。项目充分利用周边丰富的自然资源，打造以湿地、海景为主题的温泉旅游度假居住社区。

技术人员首次到现场，项目尚未进行土地平整。



图 3.3-27 御泉国际温泉酒店项目

3.3.6.4 中科院生物医药装备项目

项目位于银湖湾新二围，占地 300 亩，投资 7.86 亿元。主要建设生物医药装备研发中心、会展中心和交易中心。

技术人员首次到现场，项目正在平整土地。



图 3.3-28 中科院生物医药装备项目

3.3.6.5 古兜温泉山河出海项目

项目整体开发思路是打造一个以渔海文化为纽带、湿地公园为依托的综合型湿地文化休闲旅游度假区，打通古兜温泉至黄茅海的内河河道，发展游船（游艇）出海项目，使其成为古兜温泉小镇的文娱新景区，完善古兜温泉小镇的配套。建设内容包括古渔村、大广海湾会展中心及酒店、体育集训基地、温泉体验公园、红树林探险道、湿地海洋温泉体验和汽车营地等。项目占地 300 亩，总投资为 13 亿元。

技术人员首次到现场，项目尚未进行土地平整。



图 3.3-29 古兜温泉山河出海项目

3.3.6.6 大宋皇城旅游综合区项目

项目位于崖门镇崖南片区，建设方向考虑借崖门海战这一历史大背景，重现大宋皇朝繁华景象，将整合崖南烟管山及周边商住用地，建造富有岭南特色的园林景致，配套历史体验区，高档商贸服务中心、商住小区、游艇会所等设施，打造集旅游、购物、商住为一体的商业聚集地。项目占地700亩，总投资为70亿元。

技术人员首次到现场，项目尚未进行土地平整。



图 3.3-30 大宋皇城旅游综合区

3.3.6.7 崖门游艇会

项目位于崖门渔港。崖门渔港是广东省八大文明渔港之一（国家一级渔港），新港港池面积 15.8 万平方米。现有机动渔船 300 多艘，盛产狮子头、银仓、石斑、鳗鱼及虾、蟹等优质水产品，年平均有 3.5 万多吨海产品供应各地市场。



图 3.3-31 崖门游艇会

3.3.6.8 规划地段西南部海岸线

规划地段西南部海岸线，目前项目尚未确定。



图 3.3-32 规划地段西南部海岸线

3.4 基础数据采集

项目组技术人员，于 2018 年 5 月至 10 月对江门市银湖湾滨海新城核心区的重要设施、周边设施，以及核心区近期启动建设项目进行了现场基础数据采集。

3.4.1 地理位置参数

项目组技术人员，于 2018 年 5 月至 10 月对江门市银湖湾滨海新城核心区进行地理位置测量，详见图 3.4-1。地理位置测量仪器使用 GARMIN eTrex 系列 VISTA HCX 手持式 GPS 定位仪。进行地理位置测量的项目如下：

- 1) 区内重要设施：市政设施、医疗卫生设施、教育设施、通信设施等。
- 2) 周边设施。
- 3) 核心区近期启动建设项目。

3.4.2 土壤电阻率测量说明

土壤电阻率是土壤的一种基本物理特性，是土壤在单位体积内的正方体相对两面间在一定电场作用下，对电流的导电能力。一般取 1m^3 的正方体土壤电阻值为该土的土壤电阻率，单位为 $\Omega\cdot\text{m}$ 。

3.4.2.1 测量目的

土壤电阻率的数值与土壤的结构，土质的紧密度、湿度、温度等，以及土壤中含有可溶性的电解质有关。它是防雷接地工程的重要参数，在设计、计算接地装置时首先应测量当地的土壤电阻率，并搞清土壤电阻率在地面横向以及垂直方向的变化规律，以用最小的投资达到最理想的设计效果。

3.4.2.2 测量方案

根据江门市银湖湾滨海新城核心区场地条件，按如下方案选择数据采集点进行土壤电阻率测量。

1) 测量江门市银湖湾滨海新城核心区的区内重要设施、周边设施、核心区近期启动建设项目等区域地理坐标，详见图 3.4-1。

2) 测量江门市银湖湾滨海新城核心区的江门市新会（银湖湾）海洋气象综合探测基地、木生缘神木文化园项目、碧海银湖项目、御泉国际温泉酒店项目、中科院生物医药装备项目、古兜温泉山河出海项目、大宋皇城旅游综合区项目、崖门游艇会项目、规划地段西南部海岸线的下垫层的土壤电阻率，详见图 3.4-2。



图 3.4-1 江门市银湖湾滨海新城核心区工程地理位置示意图

(说明：白色测点为区内重要设施、周边设施；蓝色测点核心区近期启动建设项目)



图 3.4-2 江门市银湖湾滨海新城核心区工程土壤电阻率测点示意图

3.4.2.3 测量方法

所用仪表为意大利产 HT-GEO-416 接地电阻测试仪，分别取接地极间距离 $a=1、2、3、4、5、6、7、8、9、10\text{m}$ 。

根据原理公式： $\rho=2\pi\cdot a\cdot R$ 计算出土壤电阻率。

其中：

a — 测量时仪表接地极间距，单位： m ；

R — 接地极接地电阻值，单位： Ω 。

土壤电阻率测试应避免在雨后或雪后立即进行，一般宜在连续天晴 3 天后或在干燥季节进行。同时根据工程地质条件，进行季节修正，本报告选取季节系数根据所在地土质确定。

根据现场土壤电阻率勘测资料和施工可操作性考虑，在土层浅层（极间距 1-5m）范围取平均值。

3.4.3 土壤电阻率测量与分析

本报告中所用的土壤电阻率数值来源于项目组技术人员，于 2018 年 5 月至 10 月对江门市银湖湾滨海新城核心区拟建的大型项目采集的数据。

采集前三天降雨不大，数据测量作业时无大雨，前期测量测试点场地土壤表层偏湿润，后期测量测试点场地土壤表层偏干燥。采集数据如表 3.4-1 至 3.4.9，测点位置和勘测照片见图 3.4-2 至 3.4-11。

同时根据工程地质条件和土壤表层湿润程度，进行季节修正，本报告选取季节系数根据所在地土质和土壤湿润程度确定。

3.4.3.1 江门市新会（银湖湾）海洋气象综合探测基地

技术人员首次到场勘测时，气象综合探测基地已建成并投入使用。基地内表土为回填土，含沙量大。土壤电阻率，在土层浅层（极间距 1~5m）为 $62.50\sim 486.00\ \Omega\cdot\text{m}$ ，在深层（极间距 6~10m）为 $13.33\sim 59.30\ \Omega\cdot\text{m}$ 。

气象综合探测基地视在土壤电阻率数据如表 3.4-1，气象综合探测基地现场勘测照片如图 3.4-3。

表 3.4-1 江门市新会(银湖湾)海洋气象综合探测基地视在土壤电阻率测量表(单位 $\Omega \cdot m$)

| 海洋气象综合探测基地 | 测量间距(m) | | | | | | | | | |
|------------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测点 1 | 486.00 | 335.00 | 282.00 | 143.20 | 88.00 | 48.00 | 31.90 | 22.60 | 19.71 | 13.33 |
| 测点 2 | 164.20 | 122.90 | 93.30 | 91.20 | 62.50 | 59.30 | 29.40 | 20.70 | 17.86 | 14.47 |



图 3.4-3 气象综合探测基地现场照片

3.4.3.2 木生缘神木文化园项目

项目选址主要是农田、沼泽地，技术人员首次到场勘测时，尚未进行土地平整。测点表土为回填土，含沙量大。土壤电阻率在土层浅层（极间距 1~5m）为 265.00 ~519.00 $\Omega \cdot m$ ，在深层(极间距 6~10m)为 93.10~218.00 $\Omega \cdot m$ 。

木生缘神木文化园项目视在土壤电阻率数据如表 3.4-2，木生缘神木文化园项目现场勘测照片见图 3.4-4。

表 3.4-2 木生缘神木文化园项目视在土壤电阻率测量表（单位 $\Omega \cdot m$ ）

| 木生缘神木文化园项目 | 测量间距(m) | | | | | | | | | |
|------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测点 1 | 400.00 | 480.00 | 486.00 | 356.00 | 283.00 | 217.00 | 196.10 | 158.60 | 126.50 | 102.00 |
| 测点 2 | 434.00 | 519.00 | 487.00 | 356.00 | 265.00 | 218.00 | 162.80 | 112.20 | 110.50 | 93.10 |



图 3.4-4 木生缘神木文化园项目勘测现场照片

3.4.3.3 碧海银湖项目

技术人员首次到场勘测时，碧海银湖项目场地正在平整土地。测点处主要是砂质粘土。土壤电阻率在土层浅层(极间距 1~5m)为 119.80 ~382.00 $\Omega\cdot m$ ，在深层（极间距 6~10m）为 73.10 ~244.00 $\Omega\cdot m$ 。

碧海银湖项目场地视在土壤电阻率数据如表 3.4-3，碧海银湖项目现场勘测照片如图 3.4-5。

表 3.4-3 碧海银湖项目视在土壤电阻率测量表（单位 $\Omega\cdot m$ ）

| 碧海银湖项目 | 测量间距(m) | | | | | | | | | |
|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测点 1 | 119.80 | 382.00 | 311.00 | 252.00 | 209.00 | 167.40 | 126.20 | 96.50 | 86.70 | 73.10 |
| 测点 2 | 268.00 | 296.00 | 334.00 | 300.00 | 309.00 | 244.00 | 171.90 | 150.70 | 136.90 | 104.10 |



图 3.4-5 碧海银湖项目现场勘测照片

3.4.3.4 御泉国际温泉酒店项目

技术人员首次到场勘测时，御泉国际温泉酒店项目尚未进行土地平整。测点表土为粘性土夹碎石块。土壤电阻率在土层浅层（极间距 1~5m）为 32.70~388.00 $\Omega\cdot m$ ，在深层（极间距 6~10m）为 9.99 ~84.00 $\Omega\cdot m$ 。视在土壤电阻率数据如表 3.4-4，御泉国际温泉酒店项目现场勘测照片如图 3.4-6。

表 3.4-4 御泉国际温泉酒店项目视在土壤电阻率测量表（单位 $\Omega\cdot m$ ）

| 御泉国际温泉酒店项目 | 测量间距(m) | | | | | | | | | |
|------------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测点 1 | 69.00 | 44.30 | 51.10 | 40.50 | 32.70 | 28.90 | 21.30 | 17.54 | 13.56 | 9.99 |
| 测点 2 | 388.00 | 167.40 | 163.00 | 152.60 | 107.10 | 84.00 | 63.30 | 49.20 | 33.50 | 24.60 |



图 3.4-6 御泉国际温泉酒店项目现场勘测照片

3.4.3.5 中科院生物医药装备项目

技术人员首次到场勘测时，中科院生物医药装备项目正在进行土地平整。测点表土为回填土，紫红色，褐黄色等杂色，松散，主要由粘性土夹碎石块组成，局部含砼块，未压实。土壤电阻率在土层浅层（极间距 1~5m）为 2.84 ~54.00 $\Omega\cdot m$ ，在深层（极间距 6~10m）为 1.37 ~3.46 $\Omega\cdot m$ 。视在土壤电阻率数据如表 3.4-5，现场勘测照片如图 3.4-7。

表 3.4-5 中科院生物医药装备项目视在土壤电阻率测量表（单位 $\Omega\cdot m$ ）

| 中科院生物 医药装备项目 | 测量间距(m) | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测点 1 | 10.66 | 8.81 | 5.24 | 4.16 | 3.29 | 1.37 | 3.25 | 3.19 | 3.33 | 3.46 |
| 测点 2 | 54.00 | 5.71 | 3.40 | 2.93 | 2.84 | 2.46 | 2.52 | 2.53 | 2.66 | 2.80 |



图 3.4- 7 中科院生物医药装备项目现场勘测照片

3.4.3.6 古兜温泉山河出海项目

古兜温泉山河出海项目选址处为古渔村、湿地公园，技术人员首次到场勘测时，项目尚未进行土地平整。测点处主要为粘性土。土壤电阻率在土层浅层（极间距 1~5m）为 21.40~85.60Ω•m，在深层（极间距 6~10m）为 4.90~12.83Ω•m。

古兜温泉山河出海项目视在土壤电阻率数据如表 3.4-6，古兜温泉山河出海项目现场勘测照片如图 3.4 - 8。

表 3.4-6 古兜温泉山河出海项目视在土壤电阻率测量表（单位 Ω•m）

| 古兜温泉山河出海项目 | 测量间距(m) | | | | | | | | | |
|------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测点 | 85.60 | 72.20 | 59.60 | 40.80 | 21.40 | 12.83 | 8.44 | 5.93 | 5.09 | 4.90 |



图 3.4 - 8 古兜温泉山河出海项目现场勘测照片

3.4.3.7 大宋皇城旅游综合区项目

大宋皇城旅游综合区项目选址地农田、沼泽地，技术人员首次到场勘测时，项目尚未进行土地平整。测点表土为粘性土。测点土壤电阻率在土层浅层（极间距 1~5m）为 21.20~172.20Ω·m，在深层（极间距 6~10m）为 10.47~26.20Ω·m。测点视在土壤电阻率数据如表 3.4-7，现场勘测照片如图 3.4 - 9。

表 3.4-7 大宋皇城旅游综合区项目视在土壤电阻率测量表（单位 Ω·m）

| 大宋皇城旅游综合区项目 | 测量间距(m) | | | | | | | | | |
|-------------|---------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测点 | 212.00 | 67.30 | 93.20 | 118.80 | 112.00 | 110.90 | 120.00 | 89.10 | 82.60 | 74.60 |



图 3.4-9 大宋皇城旅游综合区项目现场勘测照片

3.4.3.8 崖门游艇会

崖门游艇会项目位于崖门渔港。技术人员首次到场勘测时，项目尚未动工。测点的上覆土层为粘性土。测点的土壤电阻率在土层浅层（极间距 1~5m）为 84.80~181.20Ω·m，在深层（极间距 6~10m）为 45.40~105.00Ω·m。测点视在土壤电阻率数据如表 3.4-8，测点现场勘测照片如图 3.4- 10。

表 3.4-8 崖门游艇会视在土壤电阻率测量表（单位 Ω·m）

| 崖门游艇会 | 测量间距(m) | | | | | | | | | |
|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测点 | 90.60 | 70.30 | 68.80 | 52.90 | 42.40 | 52.50 | 51.30 | 29.40 | 24.10 | 22.70 |



图 3.4- 10 崖门游艇会现场勘测照片

3.4.3.9 规划地段西南部海岸线

技术人员首次到场勘测时，规划地段西南部海岸线尚未有确定的项目。测点的土覆土层为粘性土。测点的土壤电阻率在土层浅层（极间距 1~5m）为 87.20~168.10Ω•m，在深层（极间距 6~10m）为 49.60~121.10Ω•m。测点视在土壤电阻率数据如表 3.4-9，测点现场勘测照片如图 3.4-11。

表 3.4-9 规划地段西南部海岸线视在土壤电阻率测量表（单位 Ω•m）

| 规划地段西南部海岸线 | 测量间距(m) | | | | | | | | | |
|------------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测点 | 141.70 | 87.20 | 154.80 | 168.10 | 144.80 | 121.10 | 100.00 | 79.00 | 66.10 | 49.60 |



图 3.4-11 规划地段西南部海岸线现场勘测照片

3.4.3.10 土壤电阻率小结

土壤电阻率的数值与土壤的结构，土质的紧密程度、湿度、温度等有关。因此，实测的土壤电阻率要进行根据测量时的温、湿度进行季节修正。根据江门市银湖湾滨海新城核心区工程地质条件和测量时的温湿度状况，测点季节修正后的数据见表 3.4-10。

本次勘察江门市银湖湾滨海新城核心区现场共测量记录了 9 个项目共 14 组土壤电阻率数值，测试土壤电阻率数据汇总如表 3.4-10。

从数据中可知，在土层浅层（测量间距 1-5m），土壤电阻率值在 4.26 ~ 830.40 $\Omega \cdot m$ 之间均有测值，在土层深层（测量间距 6-10m）土壤电阻率值在 2.06 ~ 348.80 $\Omega \cdot m$ 之间同样均有测值。

银湖湾滨海新城核心区（重点建设区）范围位于滨海新城的南部，主要为银海湖湾的围垦区，主要是耕地、沼泽地、库塘、养殖等。围垦区表土为回填土，土壤电阻率值在土层浅层、深层分布无规律、极不均匀。

根据现场土壤电阻率勘测资料和施工可操作性考虑，在每个测点的土层浅层（极间距 1-5m）和深层（极间距 6-10m）分别取平均值，详见图 3.4-12、图 3.4-13。

表 3.4-10 江门市银湖湾滨海新城核心区土壤电阻率数据汇总表（单位Ω·m）

| 项 目 | 测点 | 电极间距 (m) | | | | | | | | | | 季节调节系数 |
|--------------------------|------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 土壤电阻率 (Ω·m) | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 江门市新会（银湖湾） 海洋气象综合探测基地 | 测点 1 | 777.60 | 536.00 | 451.20 | 229.12 | 140.80 | 76.80 | 51.04 | 36.16 | 31.54 | 21.33 | 1.6 |
| | 测点 2 | 262.72 | 196.64 | 149.28 | 145.92 | 100.00 | 94.88 | 47.04 | 33.12 | 28.58 | 23.15 | 1.6 |
| 木生缘神木文化园 | 测点 1 | 640.00 | 768.00 | 777.60 | 569.60 | 452.80 | 347.20 | 313.76 | 253.76 | 202.40 | 163.20 | 1.6 |
| | 测点 2 | 694.40 | 830.40 | 779.20 | 569.60 | 424.00 | 348.80 | 260.48 | 179.52 | 176.80 | 148.96 | 1.6 |
| 碧海银湖项目 | 测点 1 | 155.74 | 496.60 | 404.30 | 327.60 | 271.70 | 217.62 | 164.06 | 125.45 | 112.71 | 95.03 | 1.3 |
| | 测点 2 | 348.40 | 384.80 | 434.20 | 390.00 | 401.70 | 317.20 | 223.47 | 195.91 | 177.97 | 135.33 | 1.3 |
| 御泉国际温泉酒店项目 | 测点 1 | 207.00 | 132.90 | 153.30 | 121.50 | 98.10 | 86.70 | 63.90 | 52.62 | 40.68 | 29.97 | 3.0 |
| | 测点 2 | 504.40 | 217.62 | 211.90 | 198.38 | 139.23 | 109.20 | 82.29 | 63.96 | 43.55 | 31.98 | 1.3 |
| 中科院生物医药装备项目 | 测点 1 | 15.99 | 13.22 | 7.86 | 6.24 | 4.94 | 2.06 | 4.88 | 4.79 | 5.00 | 5.19 | 1.5 |
| | 测点 2 | 81.00 | 8.57 | 5.10 | 4.40 | 4.26 | 3.69 | 3.78 | 3.80 | 3.99 | 4.20 | 1.5 |
| 古兜温泉山河出海项目 | 测点 1 | 111.28 | 93.86 | 77.48 | 53.04 | 27.82 | 16.68 | 10.97 | 7.71 | 6.62 | 6.37 | 1.3 |
| 大宋皇城旅游综合区项目 | 测点 1 | 275.60 | 87.49 | 121.16 | 154.44 | 145.60 | 144.17 | 156.00 | 115.83 | 107.38 | 96.98 | 1.3 |
| 崖门游艇会 | 测点 1 | 181.20 | 140.60 | 137.60 | 105.80 | 84.80 | 105.00 | 102.60 | 58.80 | 48.20 | 45.40 | 2.0 |
| 西南部海岸线 | 测点 1 | 184.21 | 113.36 | 201.24 | 218.53 | 188.24 | 157.43 | 130.00 | 102.70 | 85.93 | 64.48 | 1.3 |

表 3.4-11 江门市银湖湾滨海新城核心区场地现场勘测汇总表

| 项 目 | 现场勘测 | 土壤电阻率变化曲线图表 |
|-----------------------------|---|---|
| <p>江门市新会（银湖湾）海洋气象综合探测基地</p> | <p>1) 气象综合探测基地已建成并投入使用。基地内表土为回填土，含沙量大。</p> <p>2) 土壤电阻率，在土层浅层为 100.00 ~777.60 $\Omega\cdot m$，在深层为 13.33~59.30 $\Omega\cdot m$。</p> <p>3) 土壤电阻率数值，在浅层土壤电阻率随所测土层深度增加而下降；深层土壤电阻率电阻率随所测土层深度增加而下降，数值不均匀。</p> | <p>海洋气象综合探测基地土壤电阻率测量图表 (单位$\Omega\cdot m$)</p> |
| <p>木生缘神木文化园项目</p> | <p>1) 项目选址主要是农田、沼泽地，技术人员首次到场勘测时，尚未进行土地平整。</p> <p>2) 测点表土为回填土，含沙量大。土壤电阻率在土层浅层为 424.00~830.40$\Omega\cdot m$，在深层为 148.96~348.80 $\Omega\cdot m$。</p> <p>3) 土壤电阻率数值，俩测点在浅层 2 米处土壤电阻率急速上升，随所测土层深度增加而下降；深层土壤电阻率电阻率随所测土层深度增加而下降，趋于平缓。</p> | <p>木生缘神木文化园项目土壤电阻率测量图表 (单位$\Omega\cdot m$)</p> |

续表 3.4-11

| 项 目 | 现场勘测 | 土壤电阻率变化曲线图表 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---|--|--------|-----------|-----------|---|--------|--------|---|--------|-----|---|-----|-----|---|-----|-----|---|-----|-----|---|-----|-----|---|-----|-----|---|-----|-----|---|-----|-----|----|-------|--------|
| <p>碧海银湖项目</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1) 技术人员首次到场勘测时，碧海银湖项目场地正在平整土地。 2) 测点处主要是砂质粘土。土壤电阻率在土层浅层为 155.74~496.60Ω·m，在深层为 95.03~317.20 Ω·m。 3) 土壤电阻率数值，测点 1 在浅层 2 米处土壤电阻率急速上升，后随所测土层深度增加而下降；俩测点在深层土壤电阻率随所测土层深度增加而下降，趋于稳定和一致。 | <p>碧海银湖项目土壤电阻率测量图表 (单位Ω·m)</p> <table border="1"> <caption>Estimated data for Bihai Yinhu project</caption> <thead> <tr> <th>深度 (m)</th> <th>测点1 (Ω·m)</th> <th>测点2 (Ω·m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>155.74</td><td>350</td></tr> <tr><td>2</td><td>496.60</td><td>400</td></tr> <tr><td>3</td><td>400</td><td>450</td></tr> <tr><td>4</td><td>350</td><td>400</td></tr> <tr><td>5</td><td>300</td><td>400</td></tr> <tr><td>6</td><td>250</td><td>350</td></tr> <tr><td>7</td><td>200</td><td>250</td></tr> <tr><td>8</td><td>150</td><td>200</td></tr> <tr><td>9</td><td>120</td><td>180</td></tr> <tr><td>10</td><td>95.03</td><td>150</td></tr> </tbody> </table> | 深度 (m) | 测点1 (Ω·m) | 测点2 (Ω·m) | 1 | 155.74 | 350 | 2 | 496.60 | 400 | 3 | 400 | 450 | 4 | 350 | 400 | 5 | 300 | 400 | 6 | 250 | 350 | 7 | 200 | 250 | 8 | 150 | 200 | 9 | 120 | 180 | 10 | 95.03 | 150 |
| 深度 (m) | 测点1 (Ω·m) | 测点2 (Ω·m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 155.74 | 350 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 496.60 | 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 400 | 450 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 350 | 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 300 | 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 250 | 350 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 200 | 250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 150 | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 120 | 180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 95.03 | 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>御泉国际温泉酒店项目</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1) 技术人员首次到场勘测时，御泉国际温泉酒店项目尚未进行土地平整。 2) 测点表土为粘性土夹碎石块。土壤电阻率在土层浅层为 98.10 ~504.40 Ω·m，在深层为 29.97 ~109.20 Ω·m。 3) 土壤电阻率数值，测点在浅层 2 米处土壤电阻率急速下降，后随所测土层深度增加而下降；在深层土壤电阻率随所测土层深度增加而下降，趋于平缓。 | <p>御泉国际温泉酒店项目土壤电阻率测量图表 (单位Ω·m)</p> <table border="1"> <caption>Estimated data for Yuquan International Hot Spring Hotel project</caption> <thead> <tr> <th>深度 (m)</th> <th>测点1 (Ω·m)</th> <th>测点2 (Ω·m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>200</td><td>504.40</td></tr> <tr><td>2</td><td>120</td><td>200</td></tr> <tr><td>3</td><td>150</td><td>200</td></tr> <tr><td>4</td><td>120</td><td>200</td></tr> <tr><td>5</td><td>100</td><td>150</td></tr> <tr><td>6</td><td>80</td><td>120</td></tr> <tr><td>7</td><td>60</td><td>100</td></tr> <tr><td>8</td><td>50</td><td>80</td></tr> <tr><td>9</td><td>40</td><td>60</td></tr> <tr><td>10</td><td>29.97</td><td>109.20</td></tr> </tbody> </table> | 深度 (m) | 测点1 (Ω·m) | 测点2 (Ω·m) | 1 | 200 | 504.40 | 2 | 120 | 200 | 3 | 150 | 200 | 4 | 120 | 200 | 5 | 100 | 150 | 6 | 80 | 120 | 7 | 60 | 100 | 8 | 50 | 80 | 9 | 40 | 60 | 10 | 29.97 | 109.20 |
| 深度 (m) | 测点1 (Ω·m) | 测点2 (Ω·m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 200 | 504.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 120 | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 150 | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 120 | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 100 | 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 80 | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 60 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 50 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 40 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 29.97 | 109.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

续表 3.4-11

| 项目 | 现场勘测 | 土壤电阻率变化曲线图表 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|--|--------|-----------|-----------|--------|-------|-------|---|-------|------|-------|------|-------|---|-------|------|-------|------|-------|---|------|------|------|------|------|---|------|------|---|------|------|----|------|------|
| <p>中科院生物医药装备项目</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1) 技术人员首次到场勘测时，中科院生物医药装备项目正在进行土地平整。 2) 测点表土为回填土，紫红色，褐黄色等杂色，松散，主要由粘性土夹碎石块组成，局部含砼块，未压实。土壤电阻率在土层浅层为 4.26~81.00 Ω·m，在深层为 2.06~3.46 Ω·m。 3) 土壤电阻率数值，测点 2 在浅层土壤电阻率急速下降，至 2 米随所测土层深度增加而下降并趋于平缓，深层数值趋于稳定。 | <p>中科院生物医药装备项目土壤电阻率测量图表 (单位Ω·m)</p> <table border="1"> <caption>Approximate data for Figure 3.4-11 (Top)</caption> <thead> <tr> <th>深度 (m)</th> <th>测点1 (Ω·m)</th> <th>测点2 (Ω·m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>15.00</td><td>81.00</td></tr> <tr><td>2</td><td>10.00</td><td>5.00</td></tr> <tr><td>3</td><td>8.00</td><td>4.00</td></tr> <tr><td>4</td><td>7.00</td><td>3.50</td></tr> <tr><td>5</td><td>6.00</td><td>3.00</td></tr> <tr><td>6</td><td>5.00</td><td>2.50</td></tr> <tr><td>7</td><td>5.00</td><td>2.50</td></tr> <tr><td>8</td><td>5.00</td><td>2.50</td></tr> <tr><td>9</td><td>5.00</td><td>2.50</td></tr> <tr><td>10</td><td>5.00</td><td>2.50</td></tr> </tbody> </table> | 深度 (m) | 测点1 (Ω·m) | 测点2 (Ω·m) | 1 | 15.00 | 81.00 | 2 | 10.00 | 5.00 | 3 | 8.00 | 4.00 | 4 | 7.00 | 3.50 | 5 | 6.00 | 3.00 | 6 | 5.00 | 2.50 | 7 | 5.00 | 2.50 | 8 | 5.00 | 2.50 | 9 | 5.00 | 2.50 | 10 | 5.00 | 2.50 |
| 深度 (m) | 测点1 (Ω·m) | 测点2 (Ω·m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 15.00 | 81.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 10.00 | 5.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 8.00 | 4.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 7.00 | 3.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 6.00 | 3.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 5.00 | 2.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 5.00 | 2.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 5.00 | 2.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 5.00 | 2.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 5.00 | 2.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>古兜温泉山河出海项目</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1) 古兜温泉山河出海项目选址处为古渔村、湿地公园，技术人员首次到场勘测时，项目尚未进行土地平整。 2) 测点处主要为粘性土。土壤电阻率在土层浅层为 27.82~111.28 Ω·m，在深层为 6.37~16.68 Ω·m。 3) 土壤电阻率数值较高，在土壤电阻率随所测土层深度增加而下降，到 6m 后后趋于平稳。 | <p>古兜温泉山河出海项目土壤电阻率测量图表 (单位Ω·m)</p> <table border="1"> <caption>Approximate data for Figure 3.4-11 (Bottom)</caption> <thead> <tr> <th>深度 (m)</th> <th>测点1 (Ω·m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>111.28</td></tr> <tr><td>2</td><td>80.00</td></tr> <tr><td>3</td><td>60.00</td></tr> <tr><td>4</td><td>45.00</td></tr> <tr><td>5</td><td>30.00</td></tr> <tr><td>6</td><td>20.00</td></tr> <tr><td>7</td><td>15.00</td></tr> <tr><td>8</td><td>10.00</td></tr> <tr><td>9</td><td>8.00</td></tr> <tr><td>10</td><td>6.37</td></tr> </tbody> </table> | 深度 (m) | 测点1 (Ω·m) | 1 | 111.28 | 2 | 80.00 | 3 | 60.00 | 4 | 45.00 | 5 | 30.00 | 6 | 20.00 | 7 | 15.00 | 8 | 10.00 | 9 | 8.00 | 10 | 6.37 | | | | | | | | | | | |
| 深度 (m) | 测点1 (Ω·m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 111.28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 80.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 60.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 45.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 30.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 20.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 15.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 10.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 8.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 6.37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

续表 3.4-11

| 项目 | 现场勘测 | 土壤电阻率变化曲线图表 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|---|----|-------------|---|--------|---|-------|---|------|---|--------|---|------|---|--------|---|------|---|------|---|------|----|-------|
| <p>大宋皇城旅游综合区项目</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1) 大宋皇城旅游综合区项目选址地农田、沼泽地，技术人员首次到场勘测时，项目尚未进行土地平整。 2) 测点表土为粘性土。测点土壤电阻率在土层浅层为 87.49~275.60 Ω·m，在深层为 96.98~156.00 Ω·m。 3) 土壤电阻率数值，表土数值略高，浅层土壤电阻率数值极不均匀，深层数值随所测土层深度增加而趋于平缓。 | <p>大宋皇城旅游综合区项目土壤电阻率测量图表 (单位Ω·m)</p> <table border="1"> <caption>大宋皇城旅游综合区项目土壤电阻率数据表</caption> <thead> <tr> <th>测点</th> <th>土壤电阻率 (Ω·m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>275.60</td></tr> <tr><td>2</td><td>87.49</td></tr> <tr><td>3</td><td>~120</td></tr> <tr><td>4</td><td>156.00</td></tr> <tr><td>5</td><td>~140</td></tr> <tr><td>6</td><td>~140</td></tr> <tr><td>7</td><td>~150</td></tr> <tr><td>8</td><td>~110</td></tr> <tr><td>9</td><td>~100</td></tr> <tr><td>10</td><td>96.98</td></tr> </tbody> </table> | 测点 | 土壤电阻率 (Ω·m) | 1 | 275.60 | 2 | 87.49 | 3 | ~120 | 4 | 156.00 | 5 | ~140 | 6 | ~140 | 7 | ~150 | 8 | ~110 | 9 | ~100 | 10 | 96.98 |
| 测点 | 土壤电阻率 (Ω·m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 275.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 87.49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | ~120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 156.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | ~140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | ~140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | ~150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | ~110 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | ~100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 96.98 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>崖门游艇会</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1) 崖门游艇会项目位于崖门渔港。技术人员首次到场勘测时，项目尚未动工。测点的上覆土层为粘性土。 2) 测点的土壤电阻率在土层浅层为 84.80~181.20 Ω·m，在深层为 45.40~105.00 Ω·m。 3) 土壤电阻率数值极不均匀，总体数值下降，深层数值随所测土层深度增加而趋于平缓。 | <p>崖门游艇会土壤电阻率测量图表 (单位Ω·m)</p> <table border="1"> <caption>崖门游艇会土壤电阻率数据表</caption> <thead> <tr> <th>测点</th> <th>土壤电阻率 (Ω·m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>181.20</td></tr> <tr><td>2</td><td>84.80</td></tr> <tr><td>3</td><td>~130</td></tr> <tr><td>4</td><td>~100</td></tr> <tr><td>5</td><td>~80</td></tr> <tr><td>6</td><td>105.00</td></tr> <tr><td>7</td><td>~100</td></tr> <tr><td>8</td><td>~60</td></tr> <tr><td>9</td><td>~50</td></tr> <tr><td>10</td><td>45.40</td></tr> </tbody> </table> | 测点 | 土壤电阻率 (Ω·m) | 1 | 181.20 | 2 | 84.80 | 3 | ~130 | 4 | ~100 | 5 | ~80 | 6 | 105.00 | 7 | ~100 | 8 | ~60 | 9 | ~50 | 10 | 45.40 |
| 测点 | 土壤电阻率 (Ω·m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 181.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 84.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | ~130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | ~100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | ~80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 105.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | ~100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | ~60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | ~50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 45.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

续表 3.4-11

| 项目 | 现场勘测 | 土壤电阻率变化曲线图表 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|---|----|----------------------------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|-------|----|-------|
| 西南部海岸线 | <p>1) 技术人员首次到场勘测时，规划地段西南部海岸线尚未有确定的项目。</p> <p>2) 测点的上覆土层为粘性土。测点的土壤电阻率在土层浅层为 113.36~218.53 $\Omega \cdot m$，在深层为 64.48~157.43 $\Omega \cdot m$。</p> <p>3) 土壤电阻率数值表面不均匀，随所测土层深度增加而下降，逐渐趋于平缓。</p> | <p>西南部海岸线土壤电阻率测量图表 (单位$\Omega \cdot m$)</p> <table border="1"> <caption>土壤电阻率测量数据表</caption> <thead> <tr> <th>测点</th> <th>土壤电阻率 ($\Omega \cdot m$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>180.00</td></tr> <tr><td>2</td><td>110.00</td></tr> <tr><td>3</td><td>200.00</td></tr> <tr><td>4</td><td>220.00</td></tr> <tr><td>5</td><td>180.00</td></tr> <tr><td>6</td><td>150.00</td></tr> <tr><td>7</td><td>120.00</td></tr> <tr><td>8</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>9</td><td>80.00</td></tr> <tr><td>10</td><td>60.00</td></tr> </tbody> </table> | 测点 | 土壤电阻率 ($\Omega \cdot m$) | 1 | 180.00 | 2 | 110.00 | 3 | 200.00 | 4 | 220.00 | 5 | 180.00 | 6 | 150.00 | 7 | 120.00 | 8 | 100.00 | 9 | 80.00 | 10 | 60.00 |
| 测点 | 土壤电阻率 ($\Omega \cdot m$) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 180.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 110.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 200.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 220.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 180.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 150.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 120.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 100.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 80.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 60.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

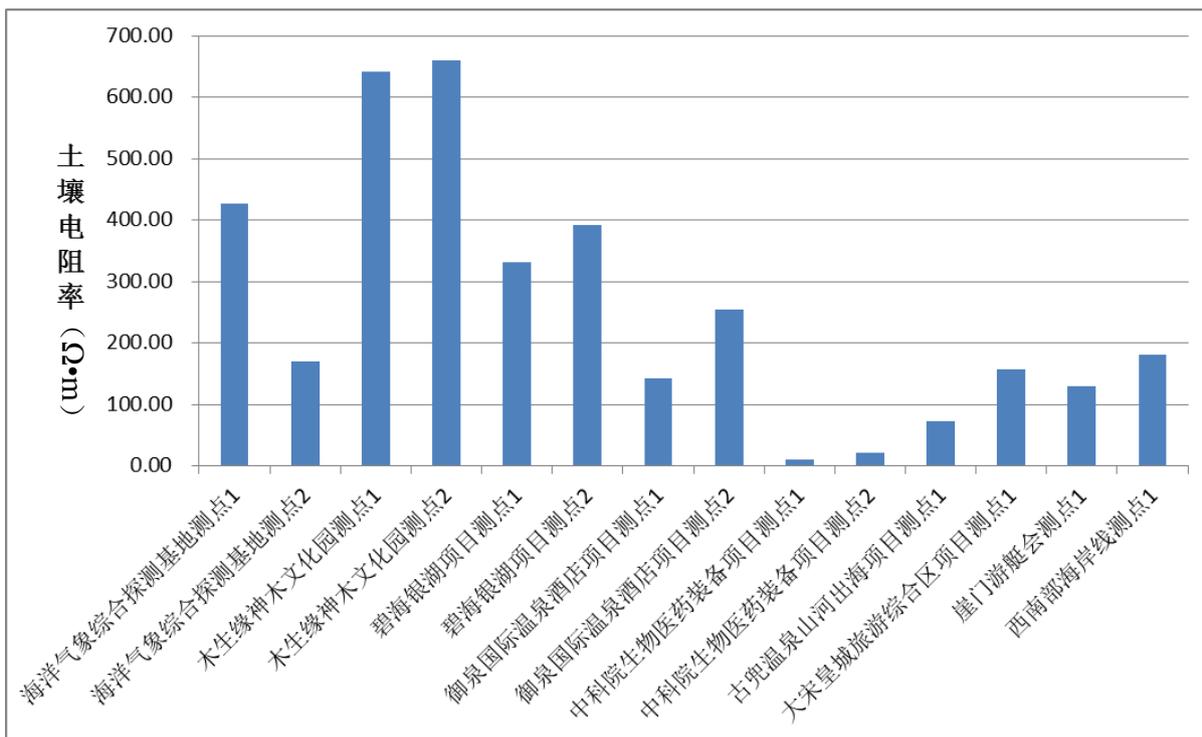


图 3.4-12 项目各测点浅层（极间距 1-5m）平均土壤电阻率变化曲线图

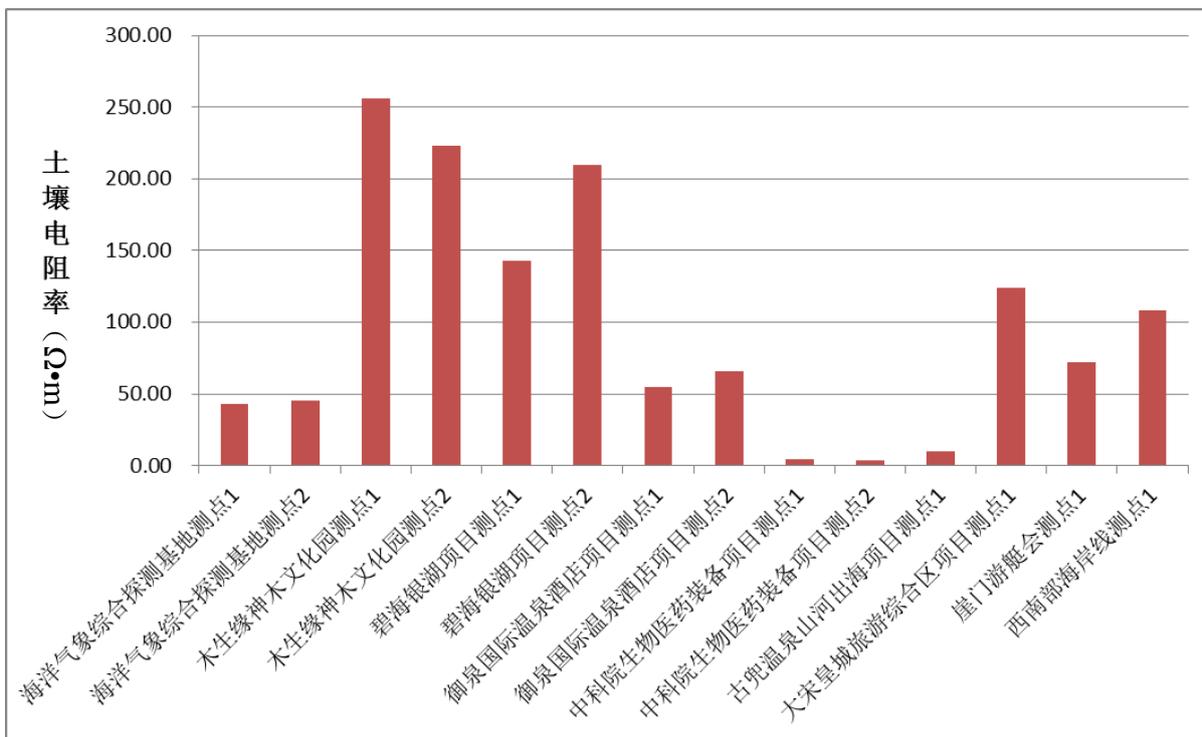


图 3.4-13 项目各测点浅层（极间距 6-10m）平均土壤电阻率变化曲线图

第四章 气象基础数据分析

4.1 区域气候特征分析

4.1.1 气温

4.1.1.1 斗门站

根据 1967-2017 年斗门气象站历史气温资料统计，斗门年平均气温为 22.4℃。各月平均气温介于 14.3℃~28.7℃(表 4.1-1)，其中 7 月最高(28.7℃)，1 月最低(14.3℃)(图 4.1-1)；各月平均最高气温介于 17.9℃~31.9℃(表 4.1-1)，其中 7 月最高(31.9℃)(图 4.1-1)；各月平均最低气温介于 11.7℃~26.2℃(表 4.1-1)，其中 1 月最低(11.7℃)(图 4.1-1)。

从 1967-2017 年的斗门平均气温逐年变化(图 4.1-2)可见，2015 年最高(23.9℃)，1984 年最低(21.2℃)，平均气温以 0.39℃/10 年的速率显著增加，特别是 1997 年后增温显著。

表 4.1-1 斗门气象站气温要素表(单位：℃)

| 月份 项目 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 年 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 平均气温 | 14.3 | 15.1 | 18.2 | 22.3 | 25.9 | 27.8 | 28.7 | 28.4 | 27.3 | 24.6 | 20.3 | 16.1 | 22.4 |
| 平均最高 | 17.9 | 18.4 | 21.3 | 25.3 | 28.9 | 30.7 | 31.9 | 31.8 | 30.7 | 28.2 | 24.1 | 19.9 | 27.6 |
| 平均最低 | 11.7 | 12.9 | 16.1 | 20.3 | 23.7 | 25.6 | 26.2 | 25.9 | 24.8 | 22 | 17.6 | 13.3 | 20 |

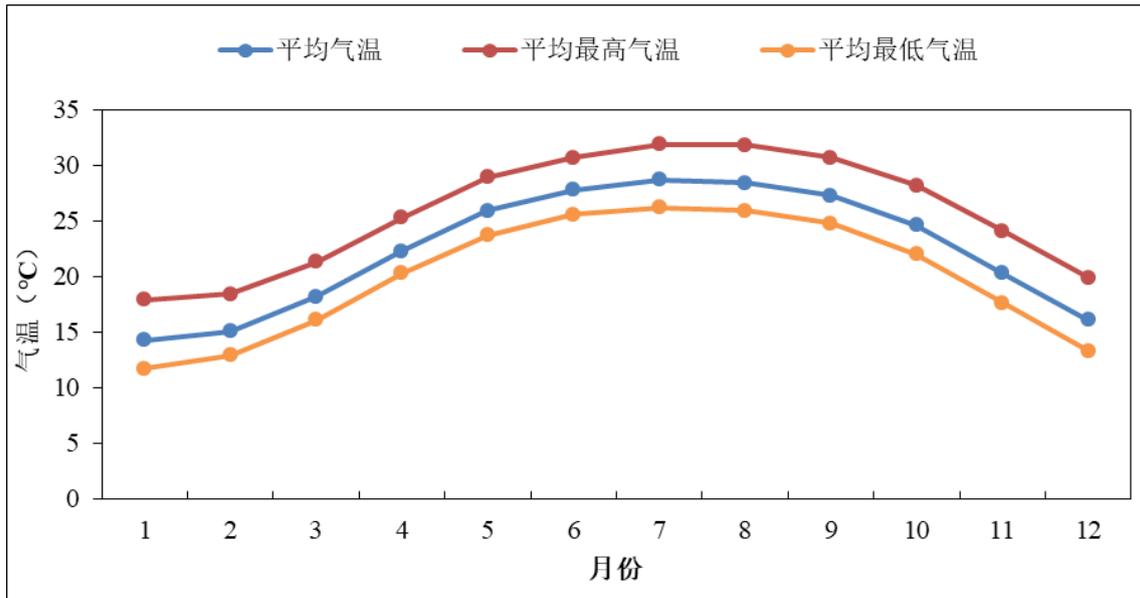


图 4.1-1 1967-2016 年斗门气象站各月平均气温变化

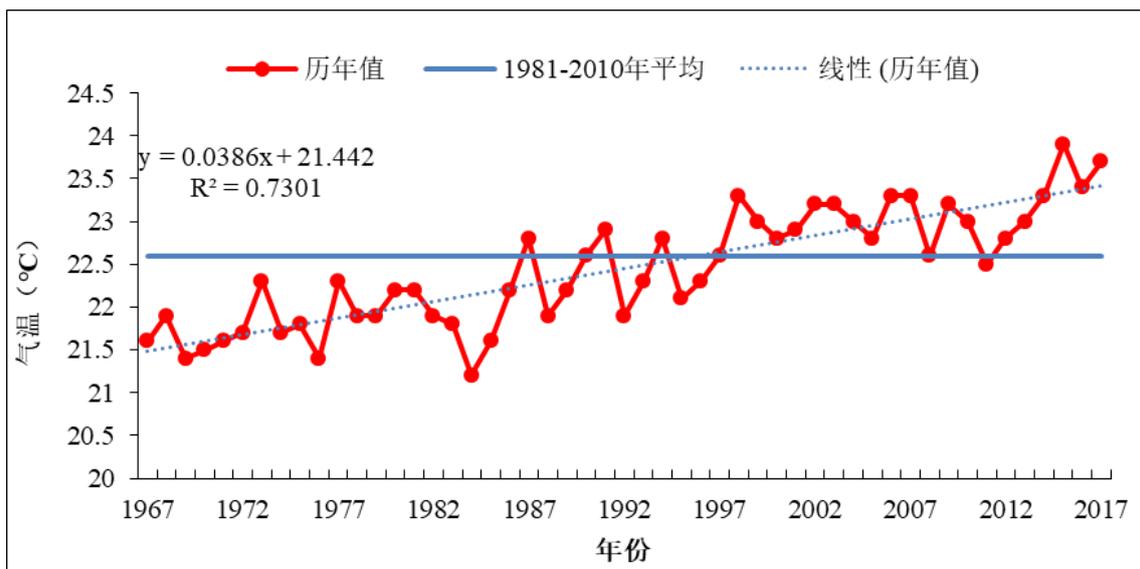


图 4.1-2 1967-2016 年斗门气象站逐年平均气温变化

4.1.1.2 台山站

根据 1953-2017 年台山气象站历史气温资料统计，台山年平均气温为 22.2℃。各月平均气温介于 13.9℃~28.3℃(表 4.1-2)，其中 7 月最高(28.3℃)，1 月、12 月最低(13.9℃)(图 4.1-3)；各月平均最高气温介于 18.5℃~32.3℃

(表 4.1-2)，其中 7 月最高 (2.3℃) (图 4.1-3)；各月平均最低气温介于 10.8℃~25.4℃ (表 4.1-2)，其中 1 月、12 月最低 (10.8℃) (图 4.1-3)。

从 1953-2017 年的台山平均气温逐年变化 (图 4.1-4) 可见，2015 年最高 (23.6℃)，1976 年、1984 年最低 (21.3℃)，平均气温以 0.2℃/10 年的速率显著增加，特别是 1997 年后增温显著。

表 4.1-2 台山气象站气温要素表 (单位：℃)

| 月份 项目 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 年 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 平均气温 | 13.9 | 15 | 18.4 | 22.5 | 25.9 | 27.5 | 28.3 | 28 | 26.8 | 24 | 19.8 | 15.6 | 13.9 |
| 平均最高 | 18.5 | 19.1 | 22.3 | 26.5 | 29.8 | 31.3 | 32.3 | 32.2 | 30.9 | 28.3 | 24.3 | 20.3 | 18.5 |
| 平均最低 | 10.8 | 12.2 | 15.7 | 19.8 | 23.1 | 24.8 | 25.4 | 25.1 | 24 | 20.8 | 16.5 | 12.2 | 10.8 |

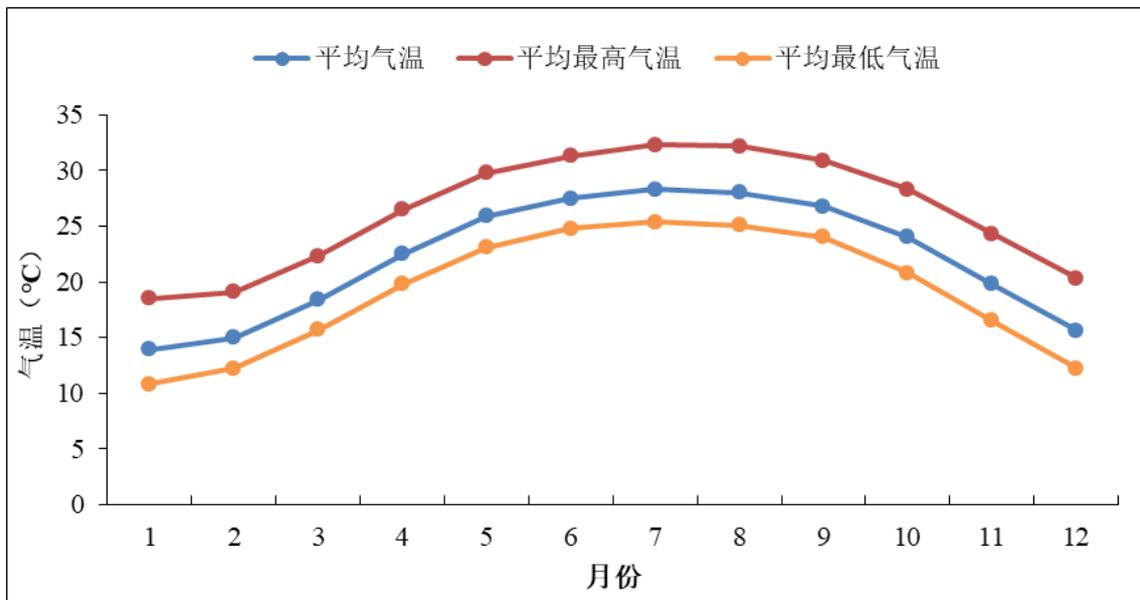


图 4.1-3 1953-2017 年台山气象站各月平均气温变化

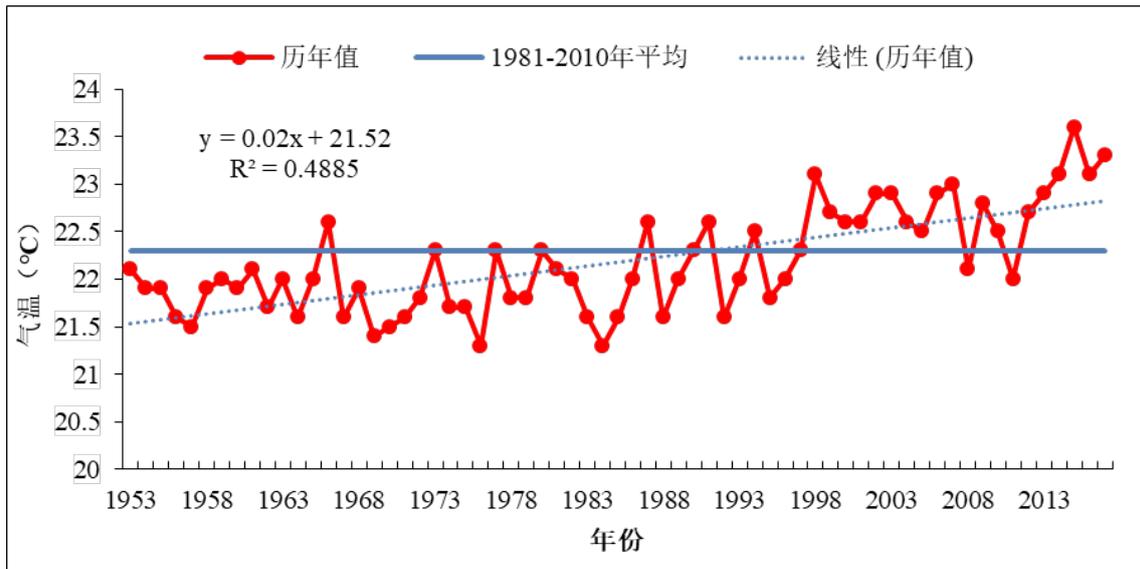


图 4.1-4 1953-2017 年台山气象站逐年平均气温变化

4.1.2 气压

4.1.2.1 斗门站

根据 1967-2017 年斗门气象站历史气压资料统计，斗门年平均气压为 1010.1hPa，各月的平均气压介于 1002.9hpa~1018.8hpa（表 4.1-3），呈抛物线走向，其中 2 月最高（1018.8hpa），8 月最低（1002.9hpa）（图 4.1-5）。

从 1967-2017 年的斗门平均气压逐年变化（图 4.1-6）可见，逐年平均气压 1983 年最高（1012.3hpa），2012 年最低（1008.8hpa）。平均气压以 0.4hpa/10 年的速率减少，特别是 1999 年后下降明显。

表 4.1-3 斗门气象站气压要素表（单位：hPa）

| 月份 项目 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 年 |
|----------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|
| 平均气压 | 1018.3 | 1008.8 | 1014 | 1010.7 | 1006.9 | 1003.7 | 1003.2 | 1002.9 | 1006.9 | 1012 | 1015.8 | 1018.4 | 1010.1 |

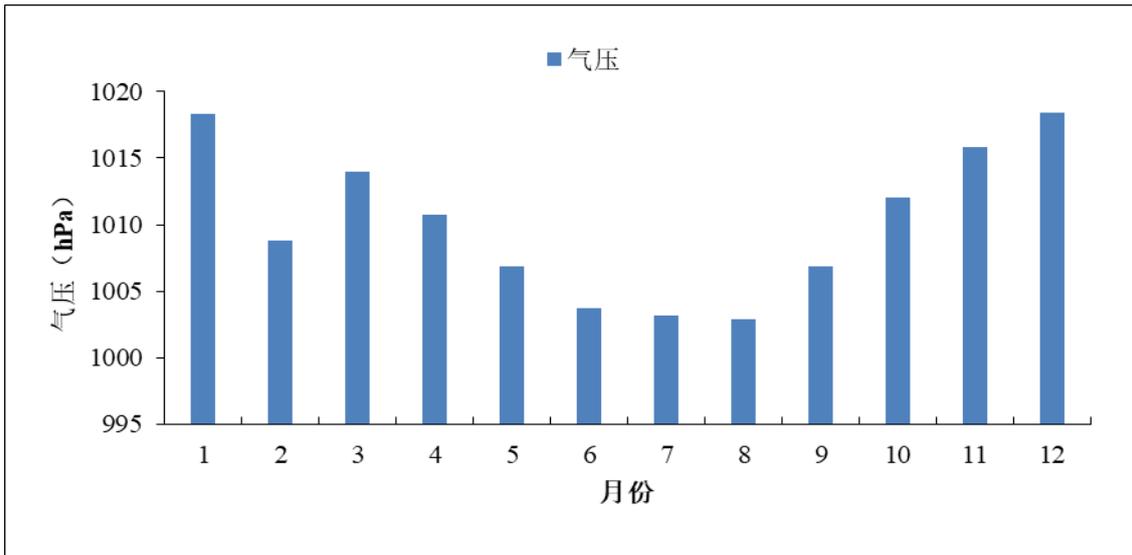


图 4.1-5 1967-2017 年斗门气象站各月平均气压变化

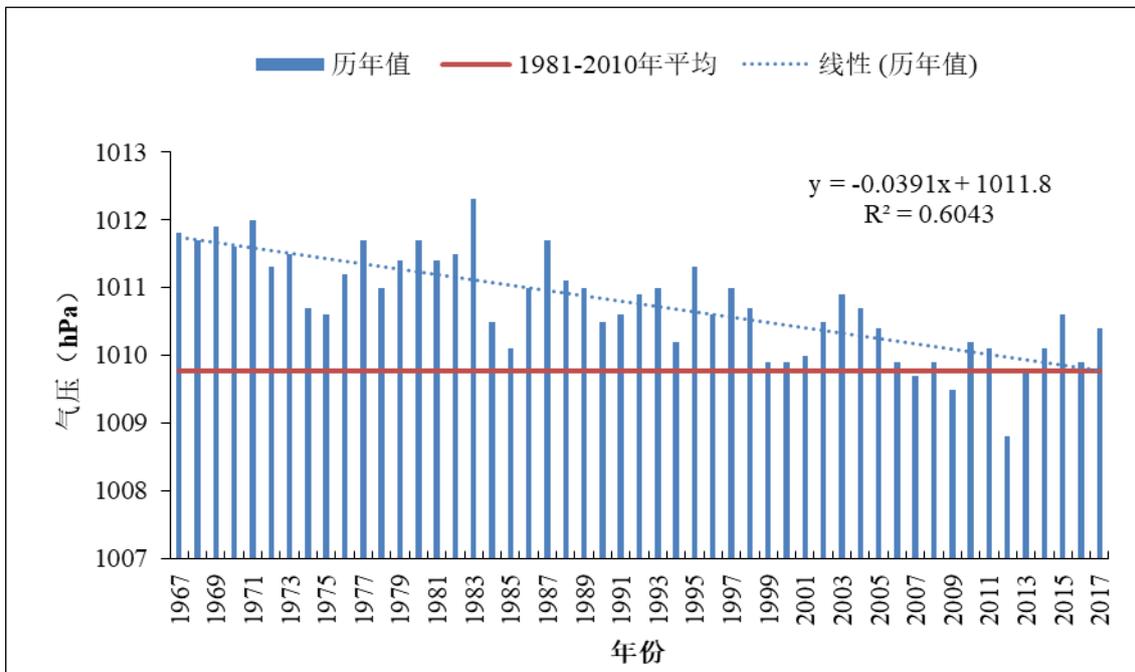


图 4.1-6 1967-2017 年斗门气象站逐年平均气压变化

4.1.2.2 台山站

根据 1954-2017 年台山气象站历史气压资料统计，台山年平均气压为 1009.1hPa，各月的平均气压介于 1001.4hpa~1016.8hpa（表 4.1-4），呈抛物线走向，其中 1 月、12 月最高(1016.8hpa)，8 月最低(1001.4hpa)(图 4.1-7)。

从 1954-2017 年的台山平均气压逐年变化（图 4.1-8）可见，逐年平均气压 1995 年最高（1010.2hpa），2012 年最低（1007.5hpa）。平均气压以 0.076hpa/10 年的速率减少，特别是 1999 年后下降明显。

表 4.1-4 台山气象站气压要素表（单位：hPa）

| 月份 项目 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 年 |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 平均气压 | 1016.8 | 1014.2 | 1012.3 | 1008.9 | 1005.1 | 1002 | 1001.5 | 1001.4 | 1005.1 | 1010.6 | 1014.3 | 1016.8 | 1009.1 |

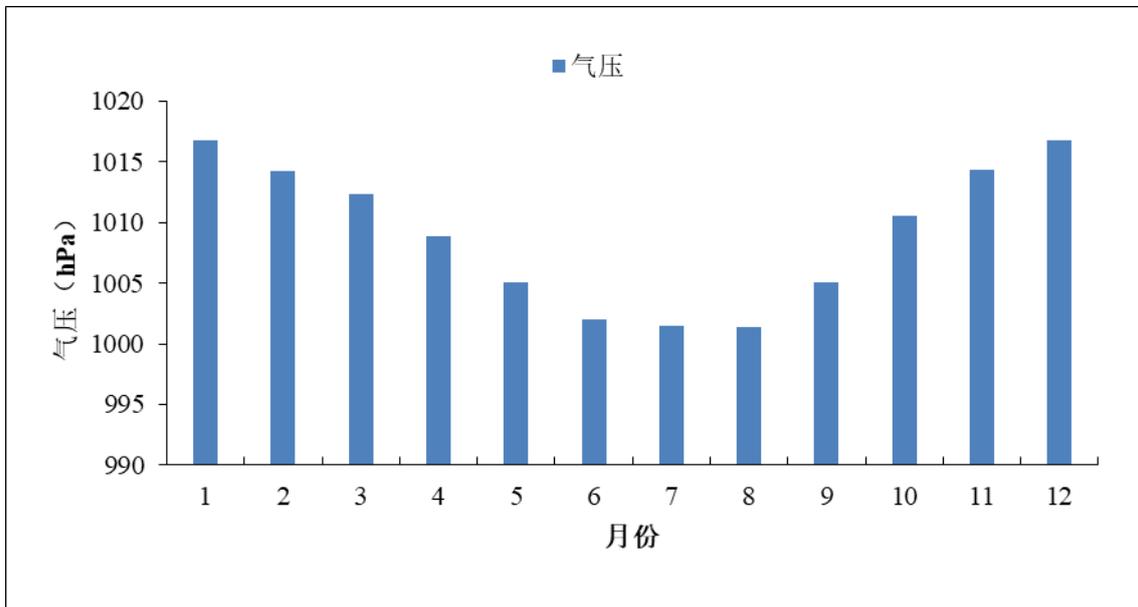


图 4.1-7 1954-2017 年台山气象站各月平均气压变化

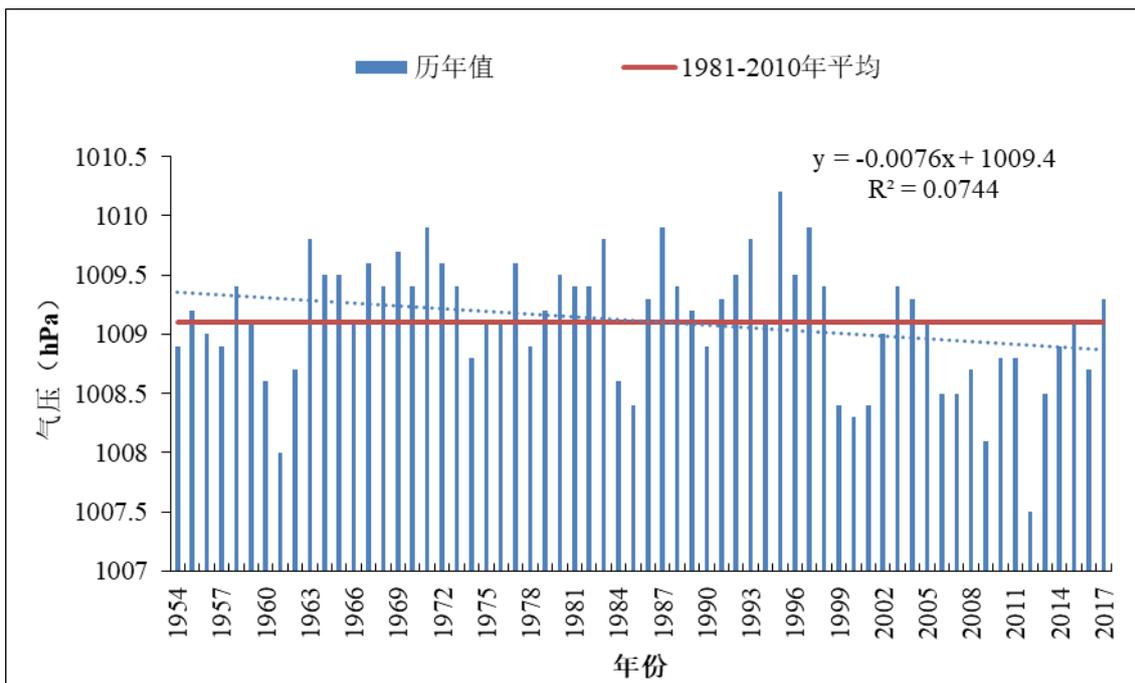


图 4.1-8 1954-2017 年台山气象站逐年平均气压变化

4.1.3 降水

4.1.3.1 斗门站

根据 1967-2017 年斗门气象站历史降水资料统计，斗门年平均降水量为 2270.3mm，各月的平均降水量介于 32.9mm~415.8mm（表 4.1-5），其中 6 月最多（415.8mm），8 月次之（374.2mm），12 月最少（32.9mm）（图 4.1-9）。汛期（4-9 月）降水量为 1923.1mm，占年降水量的 84.7%，其中前汛期（4-6 月）总共降水 975mm，占汛期降水量的 42.9%，后汛期（7-9 月）降水量 948.1mm，占汛期降水量的 41.8%。

从 1967-2017 年的斗门平均降水量逐年变化（图 4.1-10）可见，年降水量 1973 年最多（3379.6 mm），1967 年最少（1308.7 mm）。从 1967-2017 年的斗门年代平均降水变化（图 4.1-11）可见，平均降水量以 42mm/10 年的速率减少。

表 4.1-5 斗门气象站降水要素表 (单位: mm)

| 月份 项目 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 年 |
|----------|------|------|------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 平均降水 | 36.4 | 47.4 | 83.6 | 203.2 | 356 | 415.8 | 323.6 | 374.2 | 250.3 | 100.8 | 43.4 | 32.9 | 2270 |

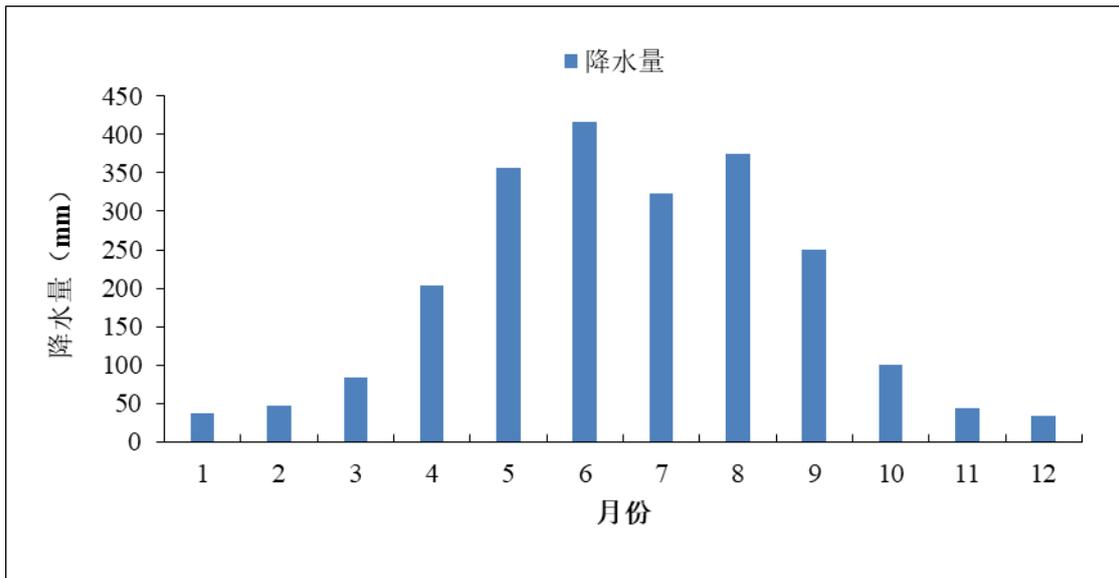


图 4.1-9 1967-2017 年斗门气象站各月平均降水量变化

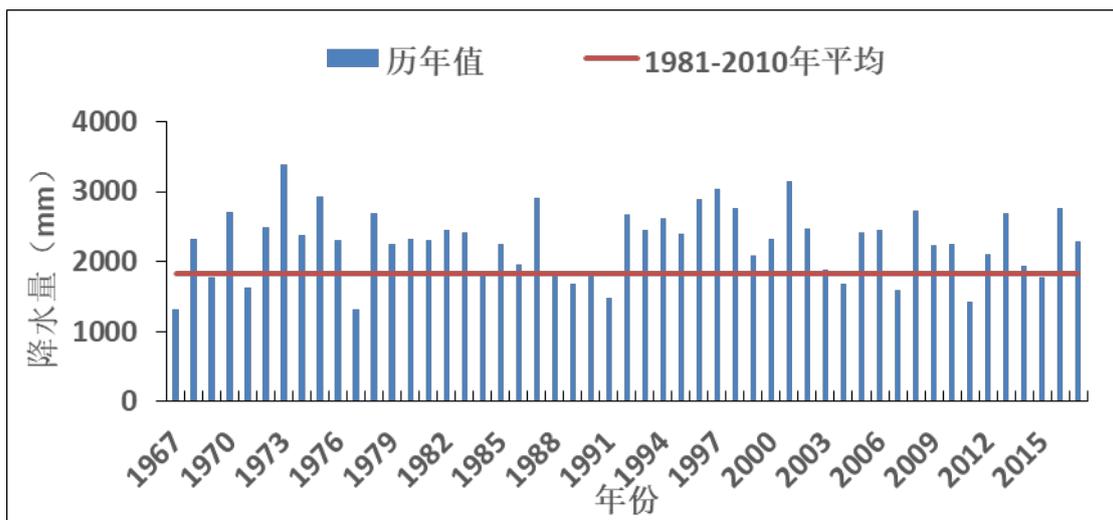


图 4.1-10 1967-2017 年斗门气象站逐年平均降水量变化

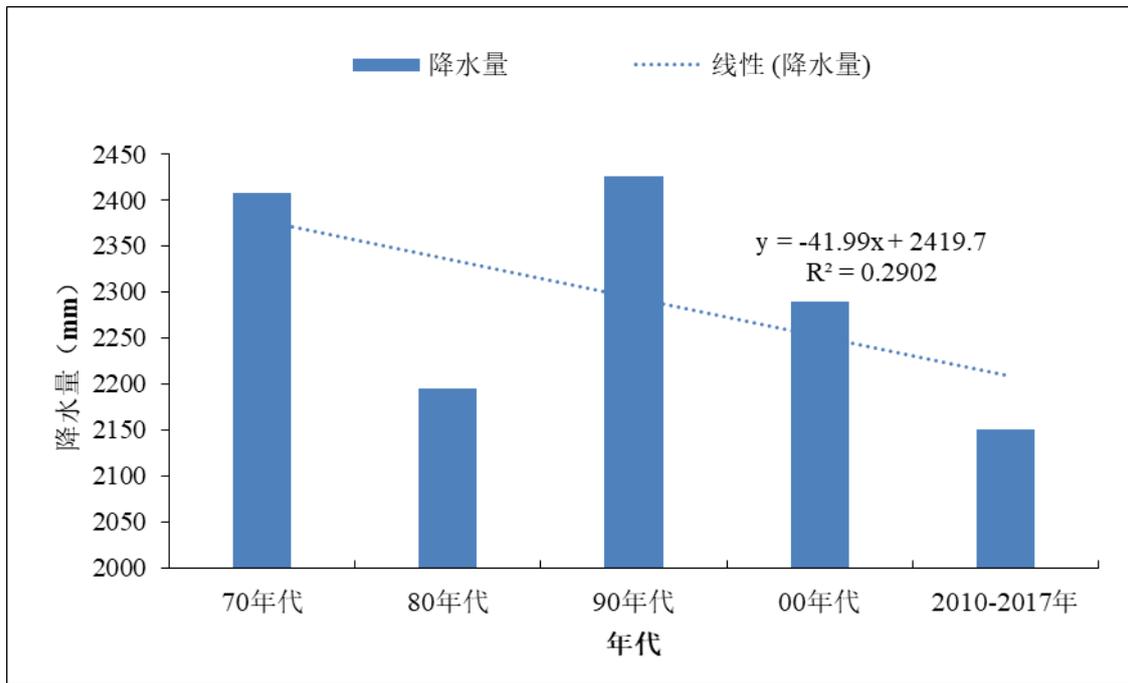


图 4.1-11 1970-2017 年斗门气象站年代平均降水量变化

4.1.3.2 台山站

根据 1953-2017 年台山气象站历史降水资料统计,台山年平均降水量为 1940.4mm, 各月的平均降水量介于 28.3mm~343.7mm (表 4.1-6), 其中 6 月最多(343.7mm), 8 月次之(317.3mm), 12 月最少(28.3mm)(图 4.1-12)。汛期(4-9 月)降水量为 1662mm, 占年降水量的 85.7%, 其中前汛期(4-6 月)总共降水 826.2mm, 占汛期降水量的 49.7%, 后汛期(7-9 月)降水量 835.8mm, 占汛期降水量的 50.2%。

从 1953-2017 年的台山平均降水量逐年变化(图 4.1-13)可见,年降水量 2001 年最多(2786.8mm), 1977 年最少(1043.8 mm)。从 1960-2017 年的台山年代平均降水变化(图 4.1-14)可见,平均降水量以 0.18mm/10 年的速率增加。

表 4.1-6 台山气象站降水要素表 (单位: mm)

| 月份 项目 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 年 |
|----------|------|------|------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|------|------|------|------|
| 平均降水 | 36.8 | 53.1 | 68.4 | 179.3 | 303.2 | 343.7 | 278 | 317.3 | 240.5 | 81.8 | 40.9 | 28.3 | 1940 |

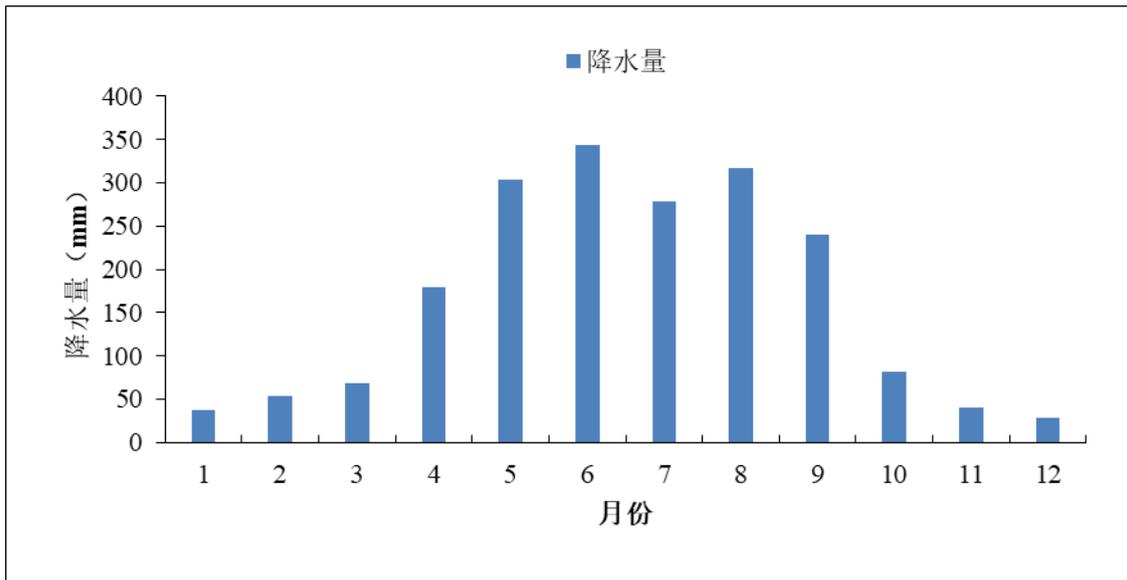


图 4.1-12 1953-2017 年台山气象站各月平均降水量变化

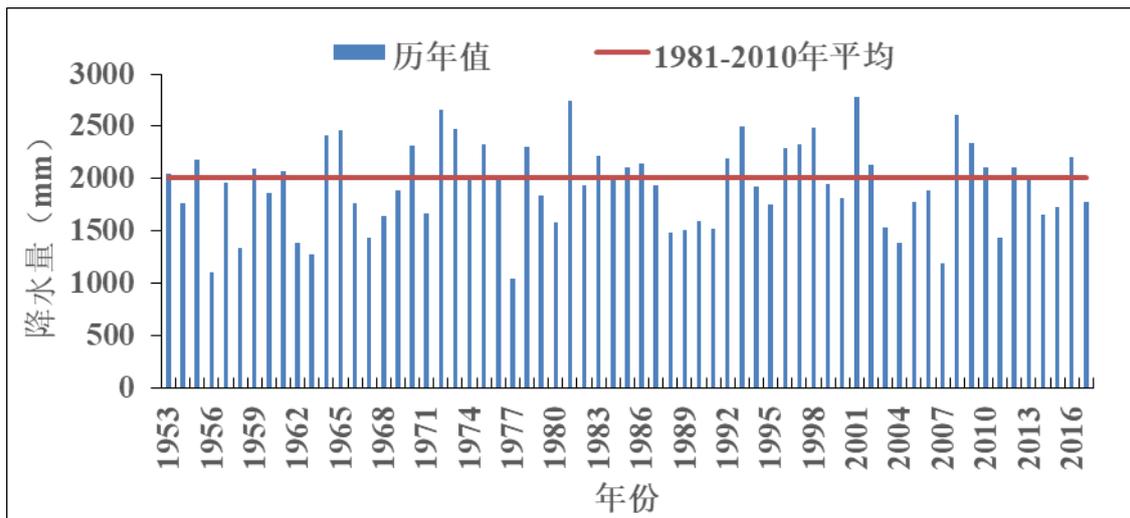


图 4.1-13 1953-2017 年台山气象站逐年平均降水量变化

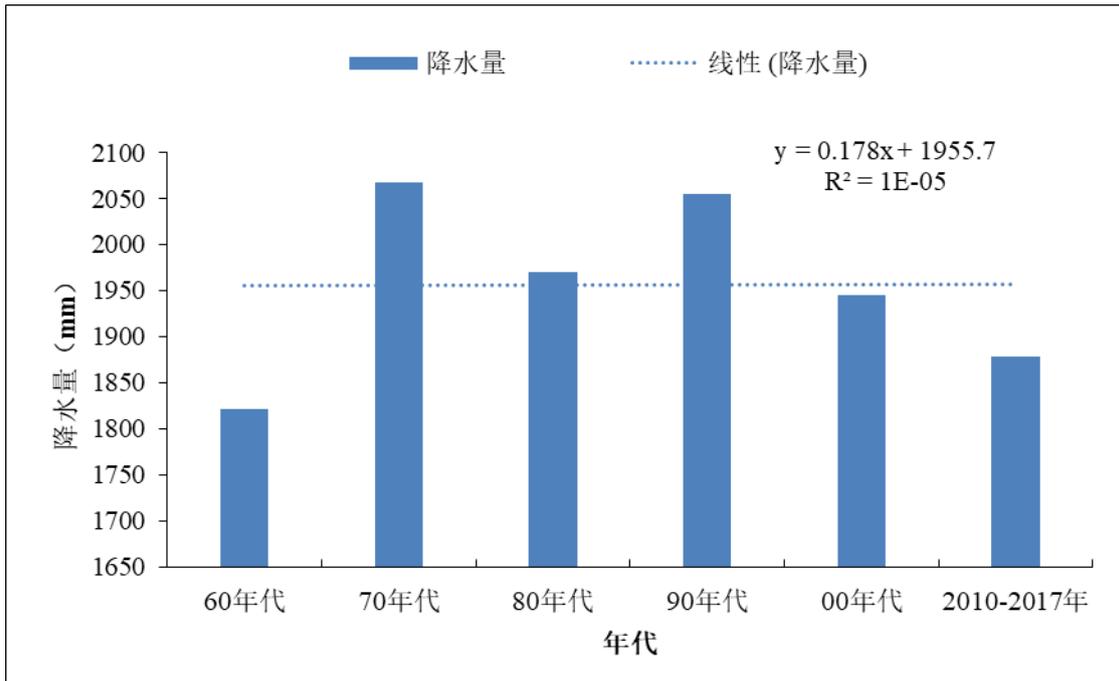


图 4.1-14 1960-2017 年台山气象站年代平均降水量变化

4.1.4 相对湿度

4.1.4.1 斗门站

根据 1967-2017 年斗门气象站历史相对湿度资料统计，斗门年平均相对湿度为 79.6%，各月的平均相对湿度介于 69.8%~85.3%（表 4.1-7），其中 4 月最高（85.3%），12 月最低（69.8%）（图 4.1-15）。

从 1967-2017 年的斗门平均相对湿度逐年变化（图 4.1-16）可见，逐年相对湿度 1975 年最高（83.8%），2011 年（71.1%）。

表 4.1-7 斗门气象站相对湿度要素表（单位：%）

| 月份 项目 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 年 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 平均湿度 | 74.8 | 80.8 | 84.5 | 85.3 | 84.4 | 84.3 | 81.6 | 82.5 | 79.9 | 74.9 | 72.1 | 69.8 | 79.6 |

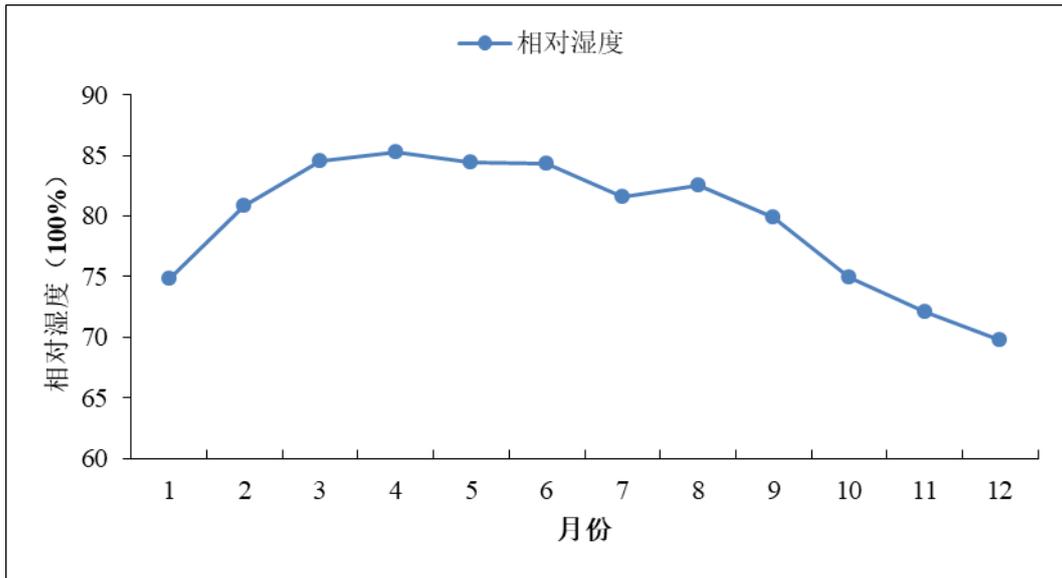


图 4.1-15 1967-2017 年斗门气象站各月平均相对湿度变化

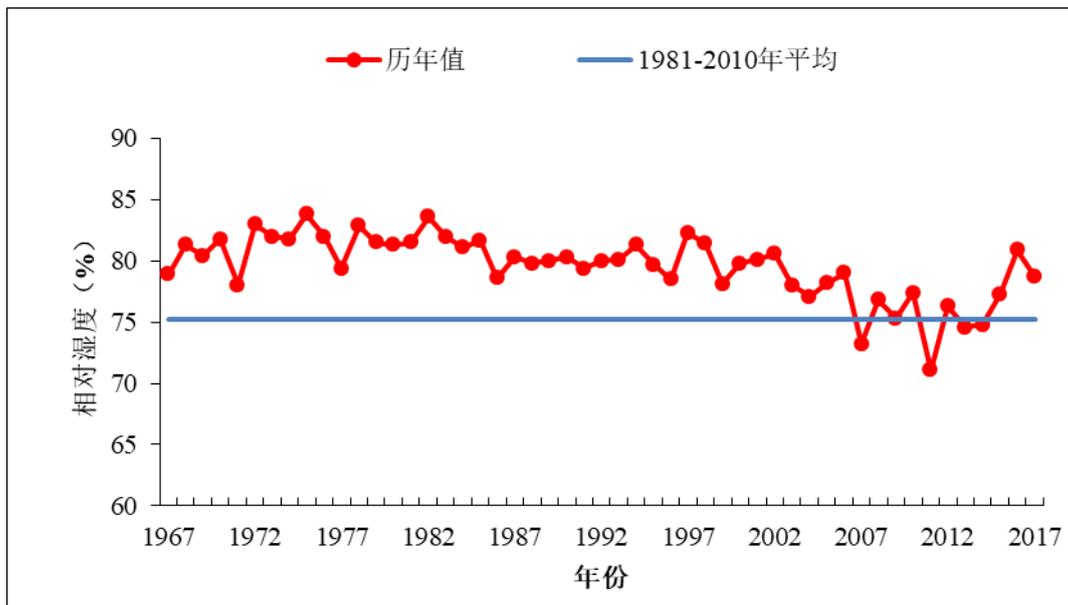


图 4.1-16 1967-2017 年斗门气象站逐年平均相对湿度变化

4.1.4.2 台山站

根据 1953-2017 年台山气象站历史相对湿度资料统计,台山年平均相对湿度为 79.2%, 各月的平均相对湿度介于 69.1%~84.4% (表 4.1-8), 其中 6 月最高 (84.4%), 12 月最低 (69.1%) (图 4.1-17)。

从 1953-2017 年的台山平均相对湿度逐年变化（图 4.1-18）可见，逐年相对湿度 1953 年最高（83.7%），2004 年（72.9%）。

表 4.1-8 台山气象站相对湿度要素表（单位：%）

| 月份 项目 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 年 |
|----------|----|----|------|----|------|------|------|------|------|----|------|------|------|
| 平均湿度 | 73 | 80 | 83.2 | 84 | 83.8 | 84.4 | 82.3 | 83.5 | 81.1 | 75 | 71.3 | 69.1 | 79.2 |

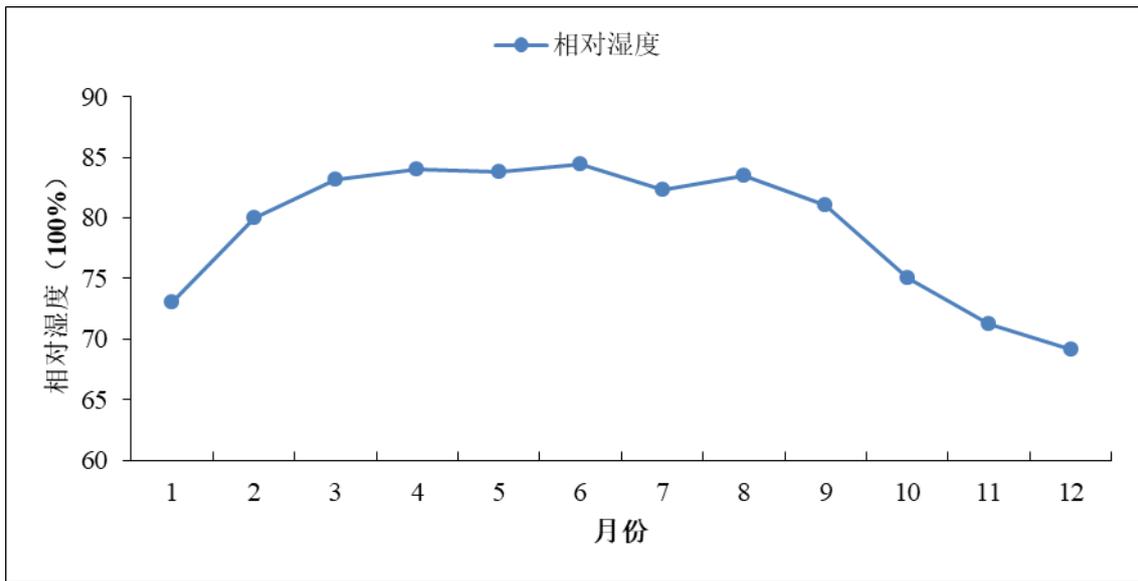


图 4.1-17 1953-2017 年台山气象站各月平均相对湿度变化

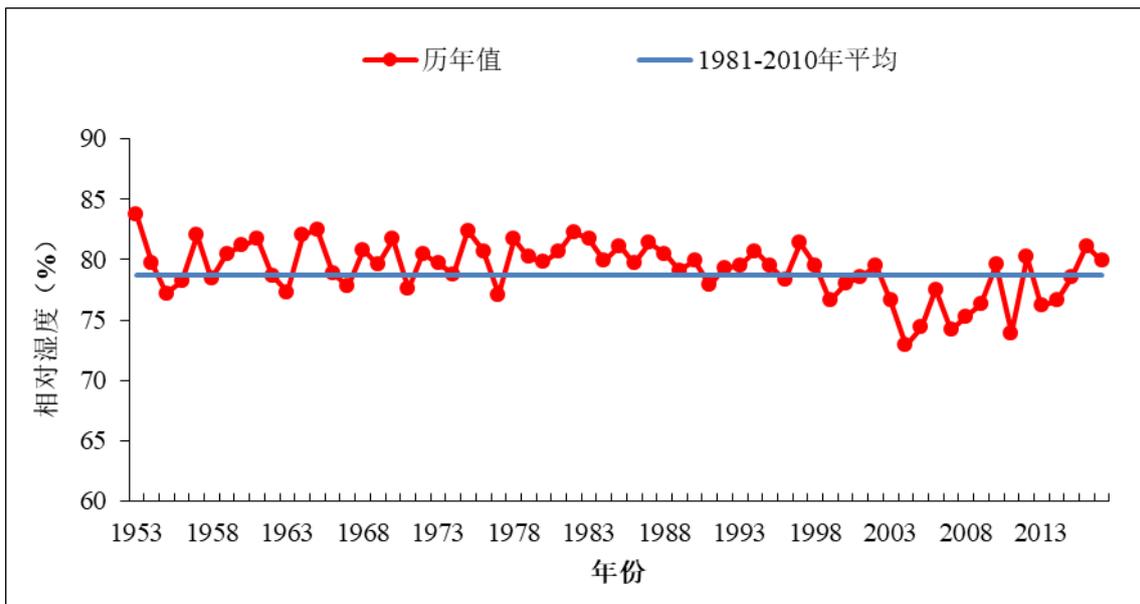


图 4.1-18 1953-2017 年台山气象站逐年平均相对湿度变化

4.1.5 风

4.1.5.1 斗门站

根据 1967-2017 年斗门气象站历史测风资料统计，斗门年平均风速为 3.1m/s，各月平均风速介于 2.5m/s~3.7m/s(表 4.1-9)，其中 1 月最大(3.7m/s)，8 月最低 (3.5m/s) (图 4.1-19)。

从 1967-2017 年的斗门平均风速逐年变化 (图 4.1-20) 可见，历年平均风速 1967 年最大 (2.9m/s)，1997 年最小 (1.9m/s)。

表 4.1-9 斗门气象站各月风况 (单位: m/s)

| 月份 项目 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 年 |
|----------|-----|-----|---|-----|-----|---|---|-----|-----|----|-----|-----|-----|
| 平均风速 | 3.7 | 3.5 | 3 | 2.9 | 2.8 | 3 | 3 | 2.5 | 2.7 | 3 | 3.4 | 3.5 | 3.7 |

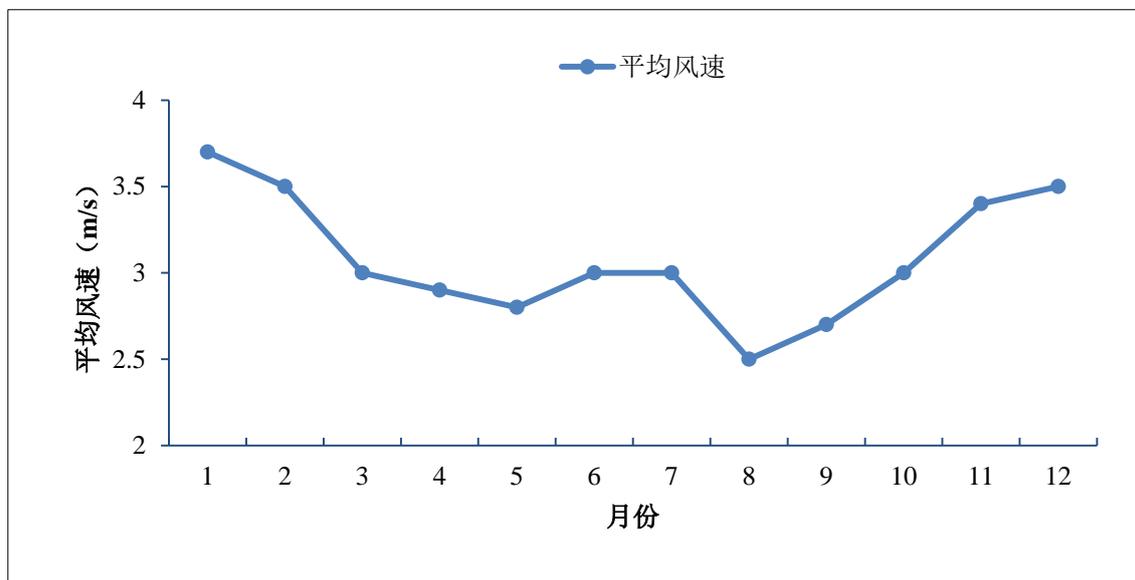


图 4.1-19 1967-2017 年斗门气象站多年各月平均风速变化

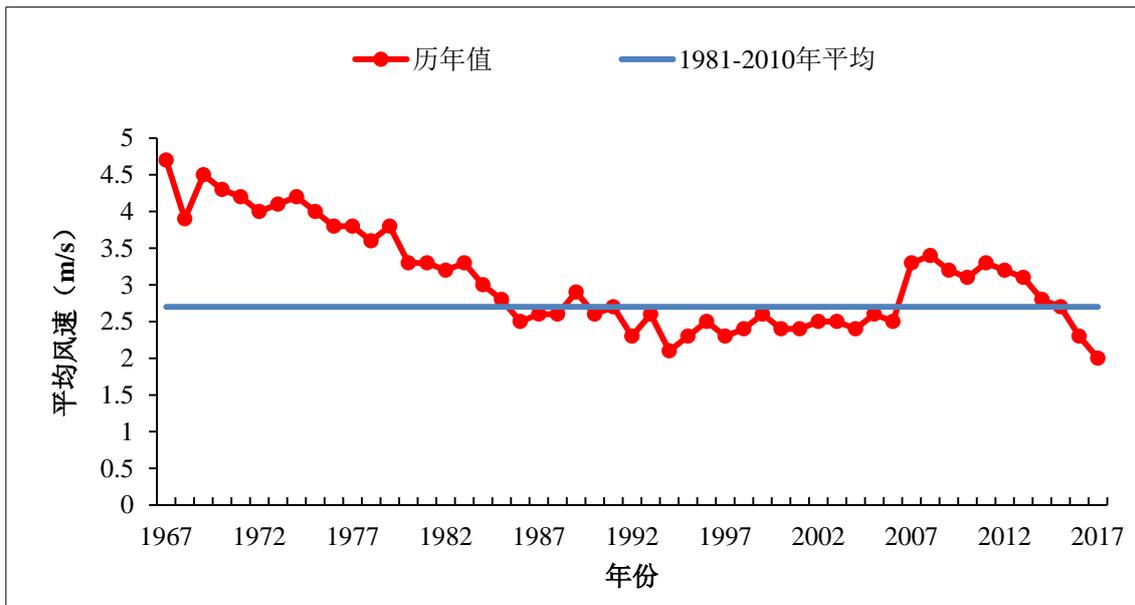


图 4.1-20 1967-2017 年斗门气象站逐年平均风速变化

1967-2017 年斗门（59487）自动气象站的主导风向为北风为主（图 4.1-21），风向的季节变化比较明显。春季以东南风和南风为主，夏季风向以南风为主，秋季风向以北风为主，冬季以北风和西北偏北风为主（图 4.1-23）。各月风向 1、2、3 月以北风和西北偏北风为主，4、5 月份以东南风和南风为主，6、7、8 月南风为主，9、10、11、12 月以北风为主，详见表 4.1-10 和图 4.1-22。

表 4.1-10 斗门气象站各月风向频率（单位：%）

| 月份 | N | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW |
|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|
| 1 月 | 30.4 | 2.9 | 1.9 | 1.4 | 2.7 | 2.7 | 6.6 | 3.1 | 3.1 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.6 | 2.2 | 10.0 | 27.4 |
| 2 月 | 22.3 | 3.3 | 2.3 | 2.0 | 4.1 | 4.7 | 12.0 | 6.8 | 6.3 | 3.1 | 1.6 | 1.0 | 1.4 | 1.9 | 8.0 | 19.3 |
| 3 月 | 18.4 | 3.9 | 2.6 | 2.2 | 4.3 | 6.1 | 14.5 | 9.0 | 9.5 | 3.9 | 2.2 | 1.1 | 1.4 | 1.9 | 6.7 | 12.3 |
| 4 月 | 9.5 | 2.6 | 2.2 | 2.1 | 5.4 | 7.1 | 17.9 | 9.8 | 16.0 | 7.7 | 4.1 | 0.8 | 1.0 | 0.9 | 4.2 | 8.5 |
| 5 月 | 7.9 | 2.4 | 2.6 | 2.7 | 6.3 | 6.7 | 15.2 | 9.6 | 17.4 | 11.4 | 5.3 | 1.3 | 1.2 | 1.3 | 3.2 | 5.5 |
| 6 月 | 3.8 | 1.6 | 2.0 | 1.9 | 4.2 | 4.7 | 10.7 | 7.7 | 23.7 | 18.1 | 12.4 | 2.1 | 1.4 | 1.2 | 2.2 | 2.4 |
| 7 月 | 3.4 | 1.7 | 2.5 | 2.3 | 5.4 | 4.8 | 10.3 | 7.8 | 18.8 | 15.9 | 15.1 | 2.7 | 2.6 | 1.8 | 2.7 | 2.2 |
| 8 月 | 6.8 | 3.5 | 3.5 | 2.8 | 5.9 | 4.7 | 8.4 | 6.3 | 12.7 | 12.1 | 12.6 | 3.7 | 3.3 | 2.8 | 4.8 | 6.0 |
| 9 月 | 17.5 | 5.1 | 5.8 | 4.4 | 7.3 | 6.6 | 10.1 | 4.7 | 5.4 | 4.3 | 4.9 | 2.0 | 2.2 | 2.7 | 5.5 | 11.5 |
| 10 月 | 26.3 | 7.3 | 5.5 | 4.0 | 6.1 | 4.8 | 9.1 | 3.7 | 3.7 | 2.1 | 2.2 | 1.0 | 1.9 | 2.8 | 5.9 | 13.6 |

续表 4.1-10

| 月份 | N | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW |
|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|
| 11月 | 31.6 | 6.2 | 3.6 | 2.3 | 4.1 | 3.6 | 6.0 | 2.8 | 3.2 | 1.3 | 1.4 | 0.8 | 1.6 | 2.4 | 9.3 | 19.7 |
| 12月 | 34.5 | 5.1 | 3.0 | 1.4 | 1.8 | 1.5 | 3.6 | 2.1 | 1.8 | 1.0 | 1.1 | 0.7 | 1.6 | 2.5 | 12.3 | 26.1 |
| 春季 | 11.9 | 3.0 | 2.5 | 2.3 | 5.4 | 6.6 | 15.8 | 9.5 | 14.3 | 7.7 | 3.9 | 1.1 | 1.2 | 1.4 | 4.7 | 8.8 |
| 夏季 | 4.6 | 2.2 | 2.7 | 2.4 | 5.2 | 4.7 | 9.8 | 7.2 | 18.4 | 15.4 | 13.4 | 2.8 | 2.4 | 2.0 | 3.2 | 3.5 |
| 秋季 | 25.2 | 6.2 | 5.0 | 3.6 | 5.9 | 5.0 | 8.4 | 3.7 | 4.1 | 2.6 | 2.8 | 1.3 | 1.9 | 2.6 | 6.9 | 14.9 |
| 冬季 | 29.3 | 3.8 | 2.4 | 1.6 | 2.8 | 2.9 | 7.2 | 3.9 | 3.6 | 1.8 | 1.3 | 1.0 | 1.5 | 2.2 | 10.2 | 24.4 |
| 全年 | 17.6 | 3.8 | 3.1 | 2.5 | 4.8 | 4.8 | 10.4 | 6.1 | 10.2 | 6.9 | 5.4 | 1.5 | 1.8 | 2.0 | 6.2 | 12.8 |

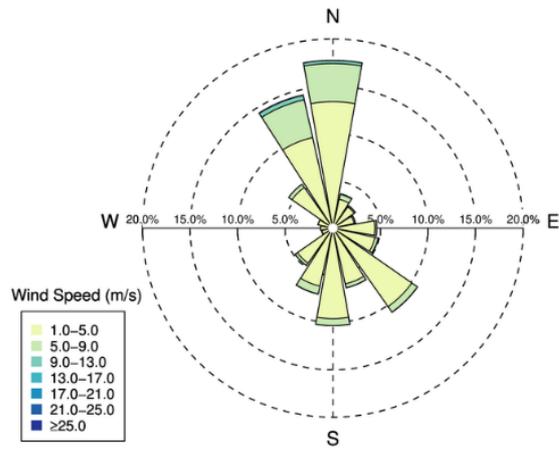
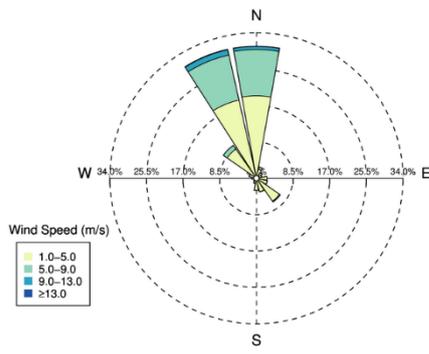
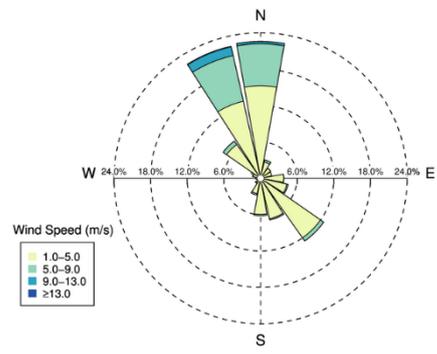


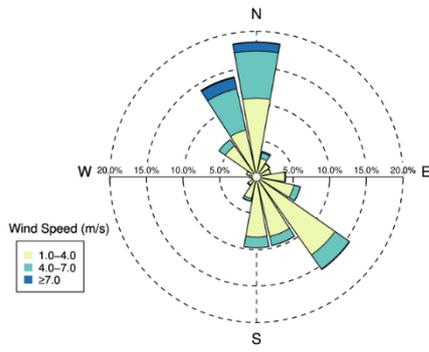
图 4.1-21 1967-2017 年斗门气象站年平均风速风向玫瑰图



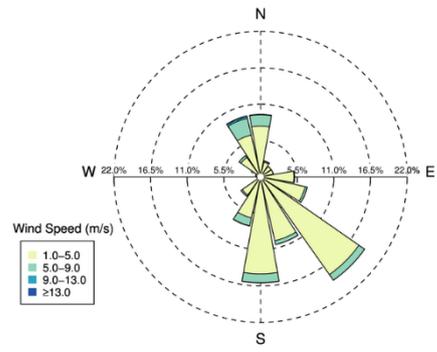
1月



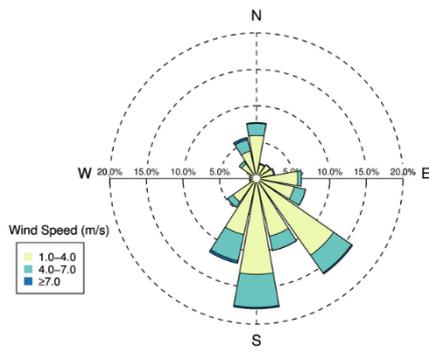
2月



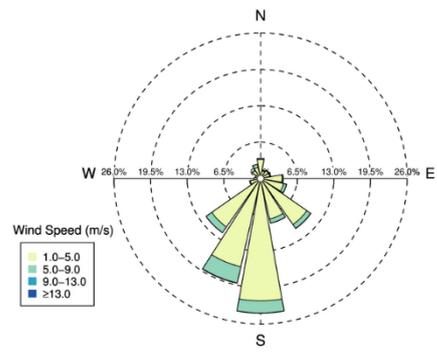
3月



4月



5月



6月

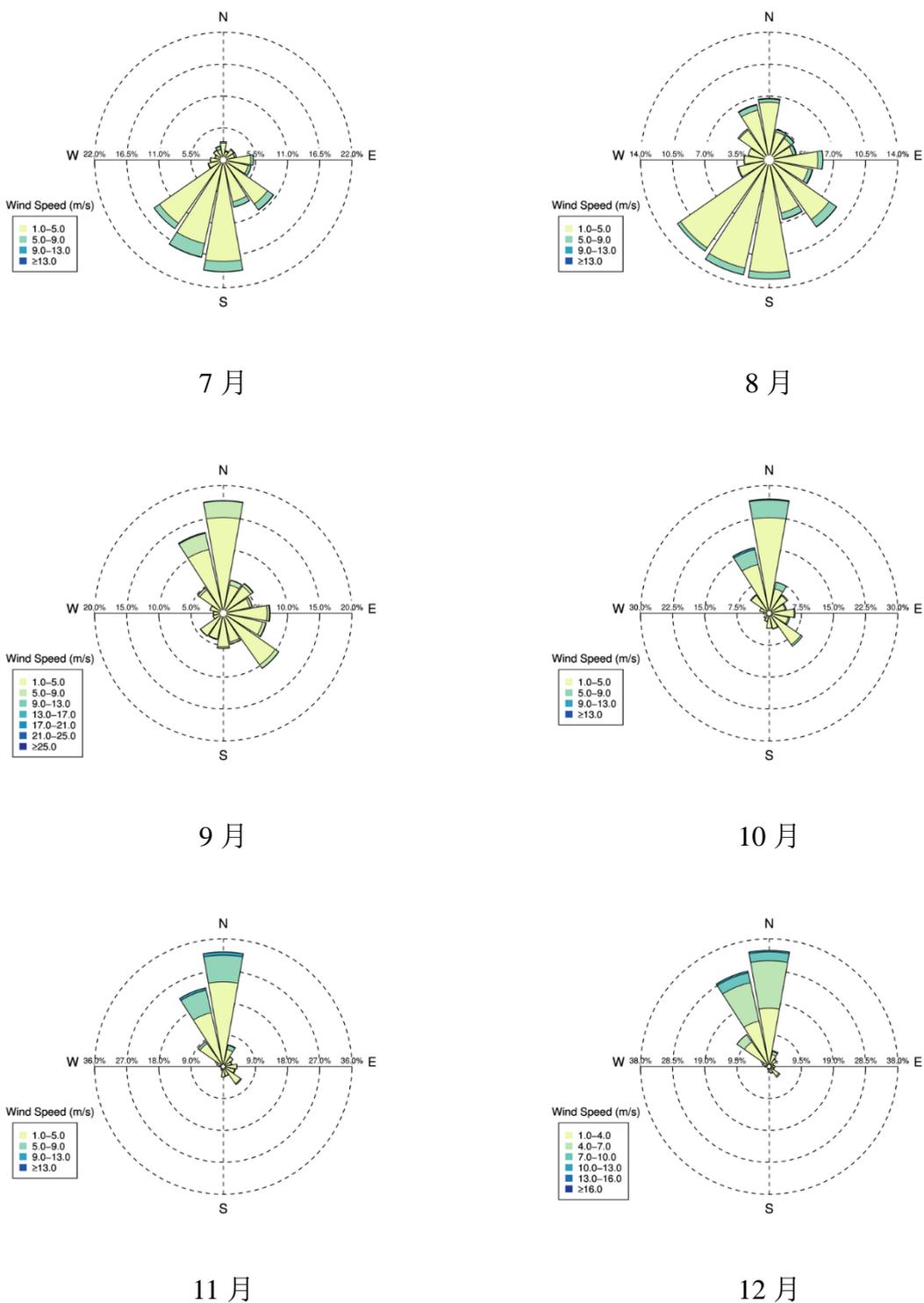


图 4.1-22 1967-2017 年斗门气象站各月平均风速风向玫瑰图

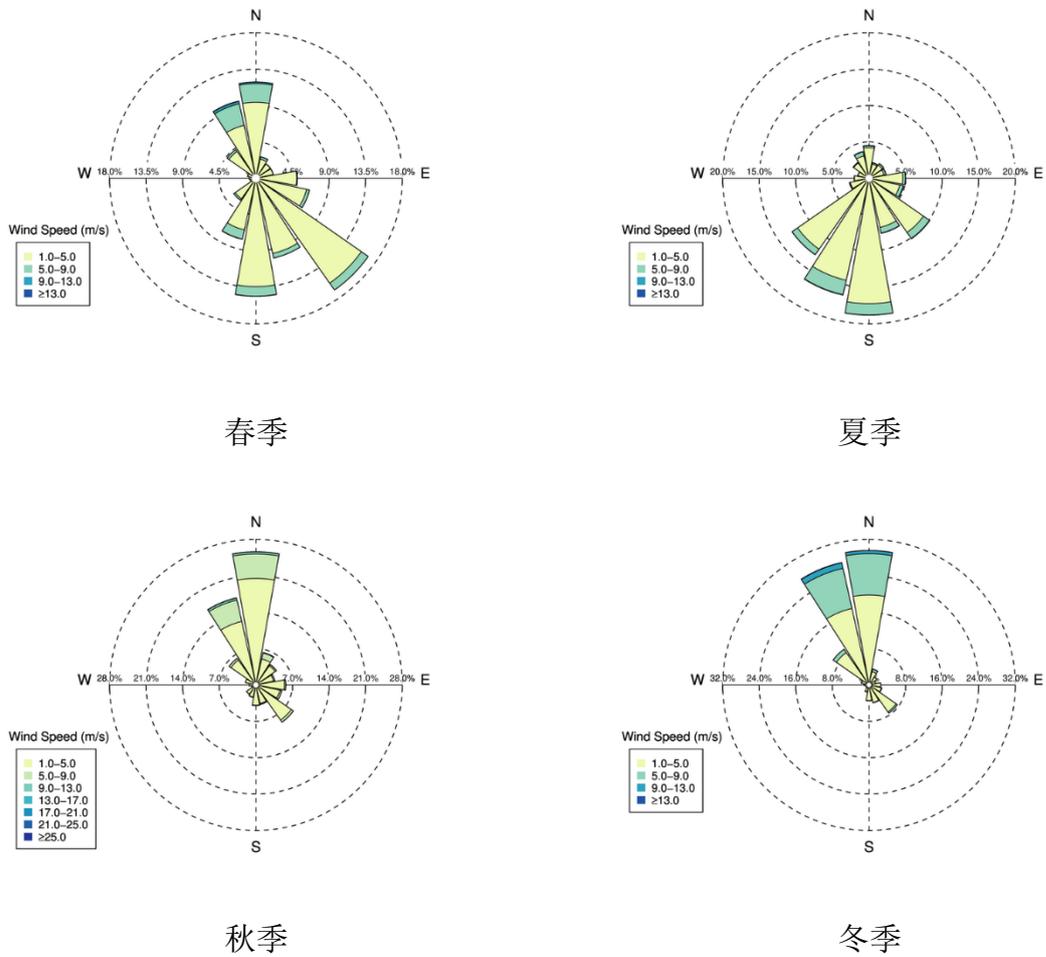


图 4.1-23 1967-2017 年斗门气象站各季节平均风速风向玫瑰图

4.1.5.2 台山站

根据 1953-2017 年台山气象站历史测风资料统计，台山年平均风速为 2.3m/s，各月平均风速介于 1.8m/s~2.8m/s(表 4.1-11)，其中 1 月最大(2.8m/s)，8 月最低 (1.8m/s) (图 4.1-24)。

从 1953-2017 年的台山平均风速逐年变化 (图 4.1-25) 可见，历年平均风速 1956 年和 1958 年最大 (3.0m/s)，2003 年和 3004 年最小 (1.8m/s)。

表 4.1-11 台山气象站各月风况 (单位: m/s)

| 月份 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 年 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|
| 平均风速 | 2.8 | 2.7 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 1.8 | 2 | 2.3 | 2.6 | 2.7 | 2.3 |

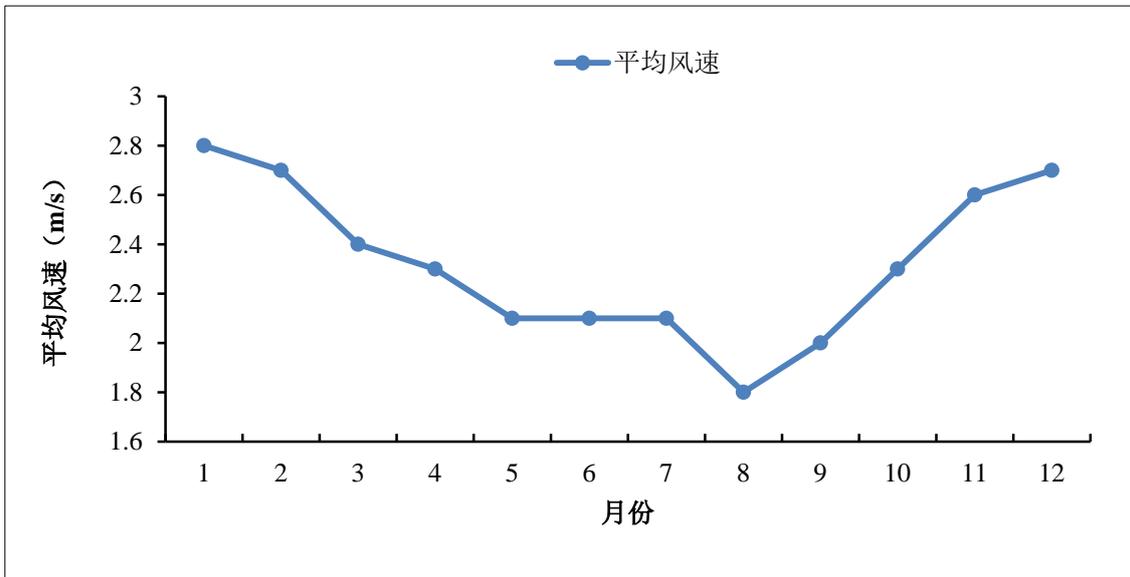


图 4.1-24 1953-2017 年台山气象站多年各月平均风速变化

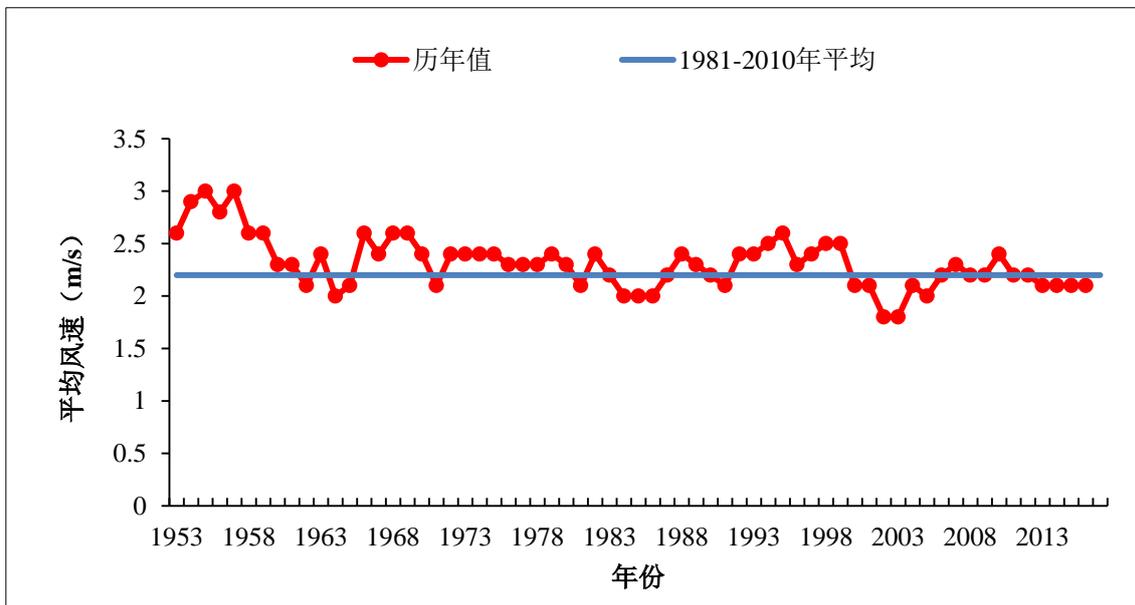


图 4.1-25 1953-2017 年台山气象站逐年平均风速变化

1953-2017 年台山 (59478) 自动气象站的主导风向为北风 (图 4.1-26), 风向的季节变化比较明显。春季以南风为主, 夏季风向以南风为主, 秋季

風向以北風和東北偏北風為主，冬季以北風為主（圖 4.1-28）。各月風向 1、2、3 月以北風和西北偏北風為主，4、5 月份以南風為主，6、7、8 月南風為主，9、10、11、12 月以北風和東北偏北風為主，詳見表 4.1-12 和圖 4.1-27。

表 4.1-12 台山氣象站各月風向頻率（單位：%）

| 月份 | N | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW |
|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 1 月 | 31.2 | 26.0 | 4.6 | 1.6 | 1.2 | 1.0 | 1.4 | 1.8 | 4.6 | 2.6 | 1.8 | 1.1 | 1.7 | 2.4 | 5.2 | 11.8 |
| 2 月 | 22.4 | 21.2 | 3.8 | 1.7 | 1.6 | 1.8 | 2.8 | 4.9 | 10.0 | 4.7 | 2.7 | 1.7 | 2.3 | 3.2 | 5.5 | 9.7 |
| 3 月 | 18.5 | 15.8 | 4.0 | 2.0 | 1.7 | 2.1 | 3.9 | 6.7 | 14.6 | 5.6 | 2.9 | 1.6 | 2.3 | 3.4 | 6.2 | 8.8 |
| 4 月 | 12.5 | 10.1 | 3.2 | 2.2 | 2.3 | 2.8 | 6.0 | 11.1 | 22.2 | 7.7 | 3.2 | 1.7 | 2.4 | 2.7 | 4.1 | 5.8 |
| 5 月 | 9.0 | 8.5 | 4.5 | 3.4 | 3.4 | 3.5 | 6.5 | 11.5 | 24.3 | 8.7 | 3.9 | 1.7 | 1.9 | 1.8 | 3.4 | 4.0 |
| 6 月 | 3.8 | 4.4 | 3.1 | 3.1 | 3.5 | 4.0 | 7.7 | 13.3 | 29.7 | 12.0 | 5.7 | 2.2 | 1.7 | 1.6 | 2.2 | 2.0 |
| 7 月 | 3.5 | 3.6 | 3.5 | 3.7 | 4.2 | 5.6 | 8.4 | 12.9 | 25.6 | 11.3 | 6.0 | 2.2 | 2.5 | 2.2 | 2.7 | 2.2 |
| 8 月 | 6.0 | 6.0 | 5.1 | 4.5 | 4.7 | 4.9 | 7.1 | 10.0 | 18.0 | 9.6 | 6.2 | 2.8 | 4.0 | 3.1 | 4.2 | 4.2 |
| 9 月 | 16.2 | 15.8 | 9.7 | 5.6 | 4.3 | 4.0 | 4.5 | 5.2 | 8.7 | 5.6 | 3.6 | 2.1 | 2.6 | 2.8 | 4.4 | 5.0 |
| 10 月 | 25.3 | 23.4 | 10.4 | 5.0 | 2.9 | 2.2 | 2.8 | 3.4 | 5.7 | 3.4 | 2.1 | 0.9 | 1.5 | 1.6 | 3.4 | 6.2 |
| 11 月 | 32.6 | 25.0 | 8.2 | 2.9 | 1.8 | 1.4 | 1.8 | 2.3 | 4.2 | 2.2 | 1.4 | 0.8 | 1.5 | 1.7 | 3.8 | 8.4 |
| 12 月 | 38.6 | 26.6 | 6.1 | 1.6 | 1.1 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 2.1 | 1.6 | 0.9 | 0.8 | 1.4 | 2.1 | 4.7 | 10.3 |
| 春季 | 13.4 | 11.5 | 3.9 | 2.5 | 2.4 | 2.8 | 5.5 | 9.8 | 20.3 | 7.3 | 3.3 | 1.7 | 2.2 | 2.6 | 4.6 | 6.2 |
| 夏季 | 4.5 | 4.7 | 3.9 | 3.8 | 4.2 | 4.8 | 7.7 | 12.1 | 24.4 | 10.9 | 6.0 | 2.4 | 2.7 | 2.3 | 3.0 | 2.8 |
| 秋季 | 24.7 | 21.4 | 9.5 | 4.5 | 3.0 | 2.5 | 3.0 | 3.6 | 6.2 | 3.7 | 2.3 | 1.3 | 1.9 | 2.0 | 3.8 | 6.5 |
| 冬季 | 31.0 | 24.7 | 4.9 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 1.6 | 2.4 | 5.5 | 2.9 | 1.8 | 1.2 | 1.8 | 2.5 | 5.1 | 10.6 |
| 全年 | 18.4 | 15.6 | 5.5 | 3.1 | 2.7 | 2.8 | 4.5 | 7.0 | 14.1 | 6.2 | 3.4 | 1.6 | 2.1 | 2.4 | 4.1 | 6.5 |

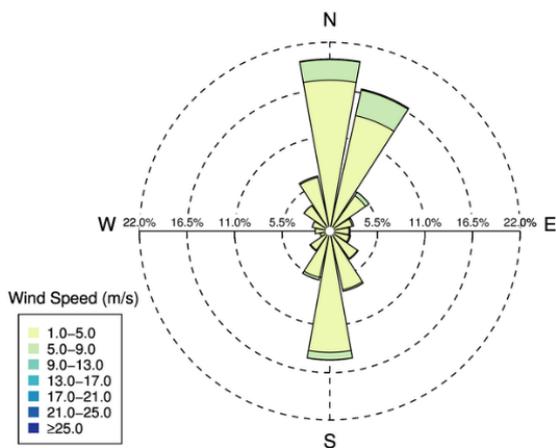
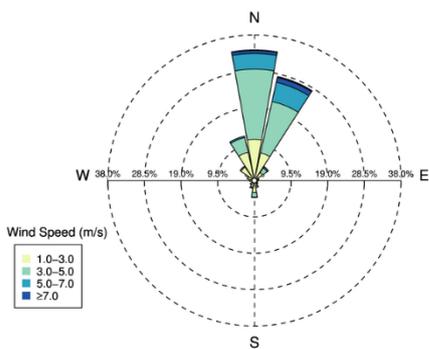
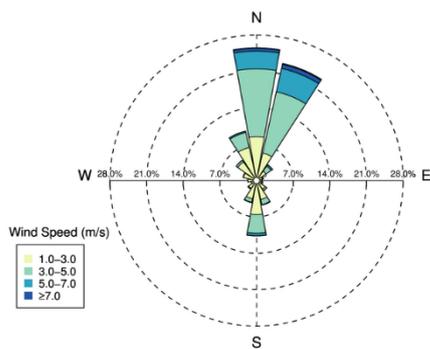


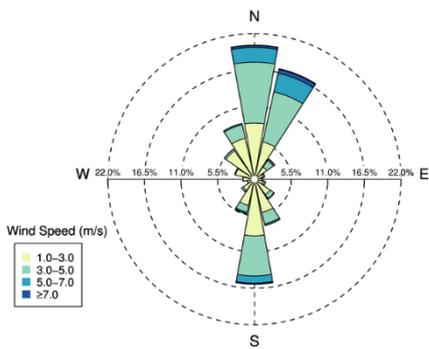
图 4.1-26 1953-2017 年台山气象站年平均风速风向玫瑰图



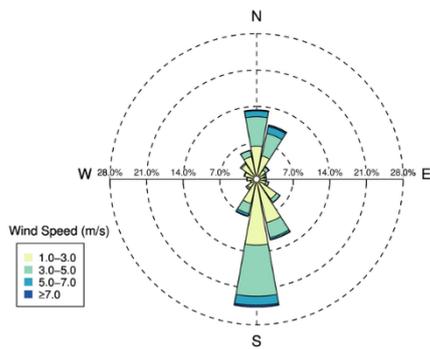
1月



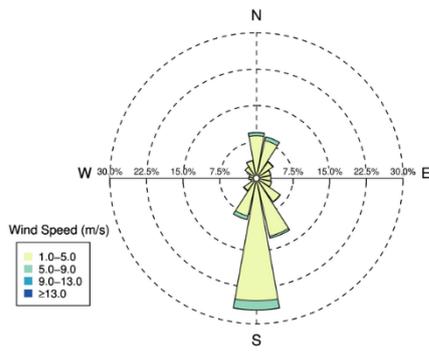
2月



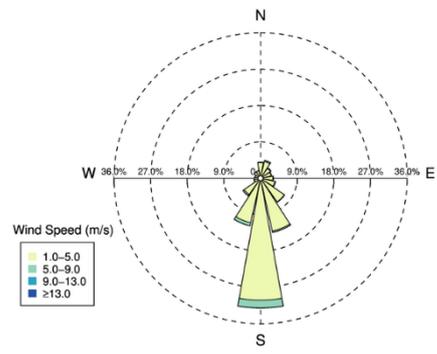
3月



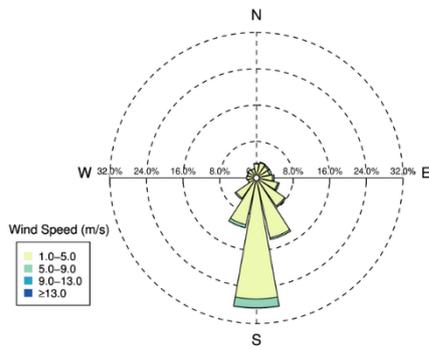
4月



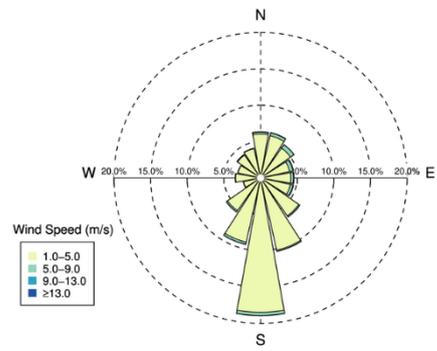
5月



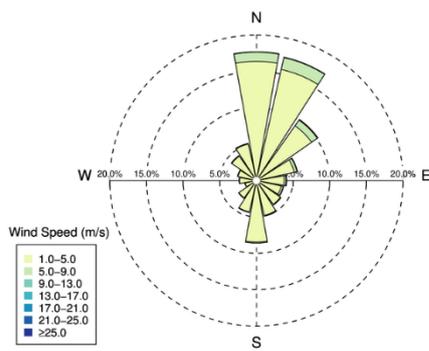
6月



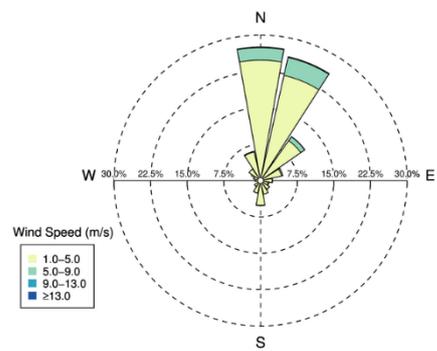
7月



8月



9月



10月

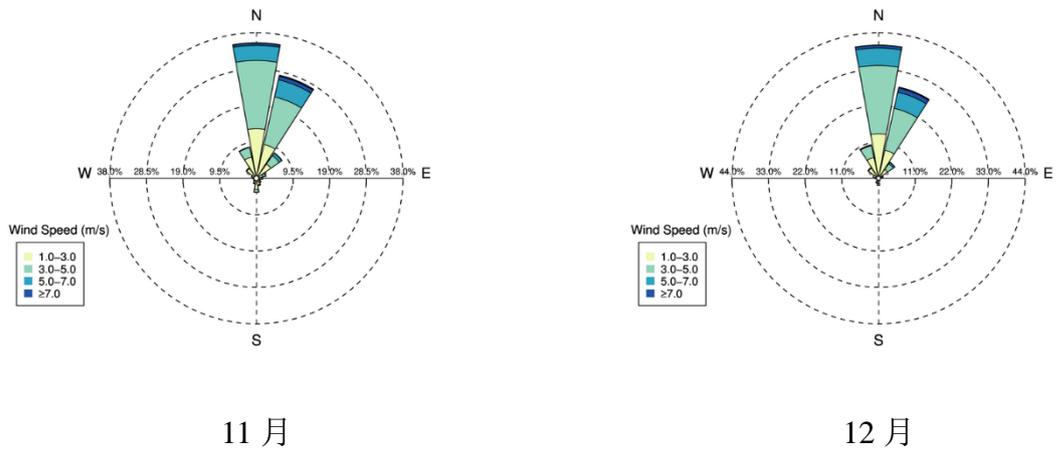


图 4.1-27 1953-2017 年台山气象站各月平均风速风向玫瑰图

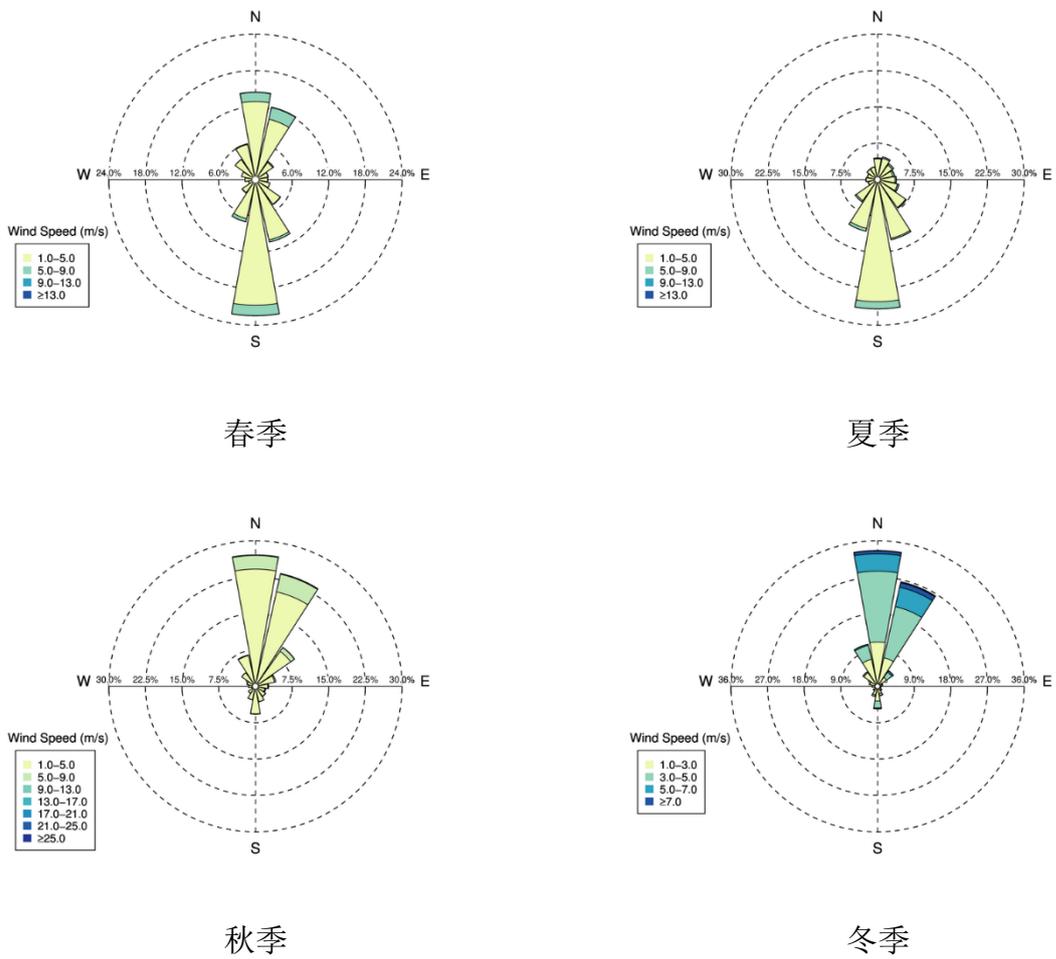


图 4.1-28 1953-2017 年台山气象站各季节平均风速风向玫瑰图

4.1.6 能见度

由于 1980 年以前，气象站人工观测的能见度皆为等级值，能见度资料采用 1980-2017 年。此外，需要说明的是 2013 年 9 月以后广东省能见度观测方式发生变化，由仪器观测代替人工观测，2013-2016 年能见度的增加与观测方式的变化有较大关系。

4.1.6.1 斗门站

根据 1980-2017 年斗门气象站历史能见度资料统计，斗门年能见度为 15.4km，各月平均能见度介于 10.5km~28.1km（表 4.1-13），其中 7 月最高（28.1km），1 月最低（10.5km）（图 4.1-29）。

从 1980-2017 年的斗门平均能见度逐年变化（图 4.1-30）可见，逐年平均能见度 2001 年最低（9.8 km），2016 年最高（24 km）。

表 4.1-13 斗门气象站各月能见度（单位：km）

| 月份 项目 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 年 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 能见度 | 10.5 | 11.2 | 11.7 | 12.6 | 17.1 | 23.3 | 28.1 | 20.4 | 15.3 | 12.6 | 11.2 | 10.7 | 15.4 |

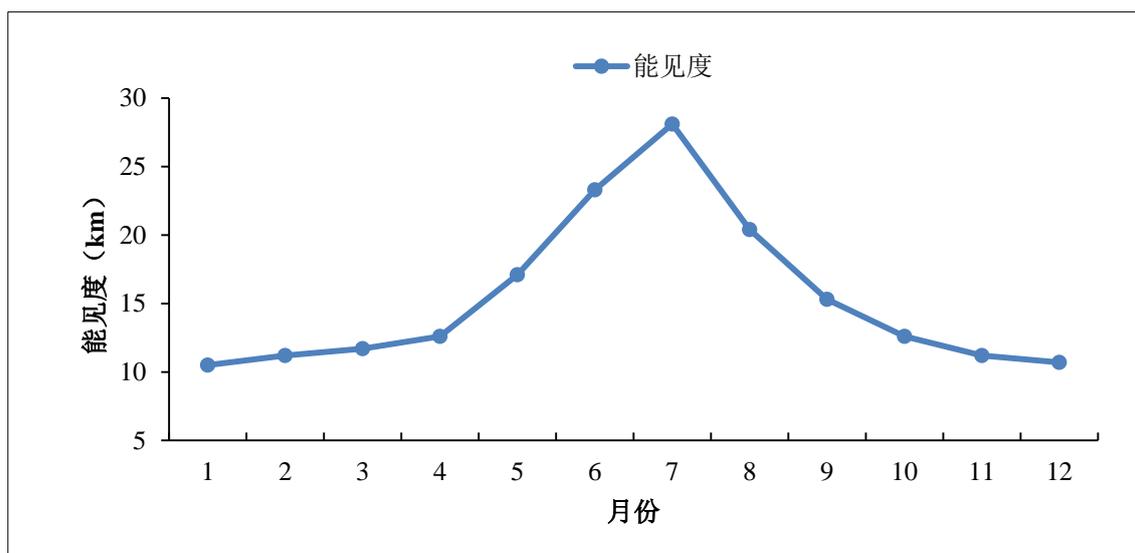


图 4.1-29 1980-2017 年斗门站各月平均能见度变化

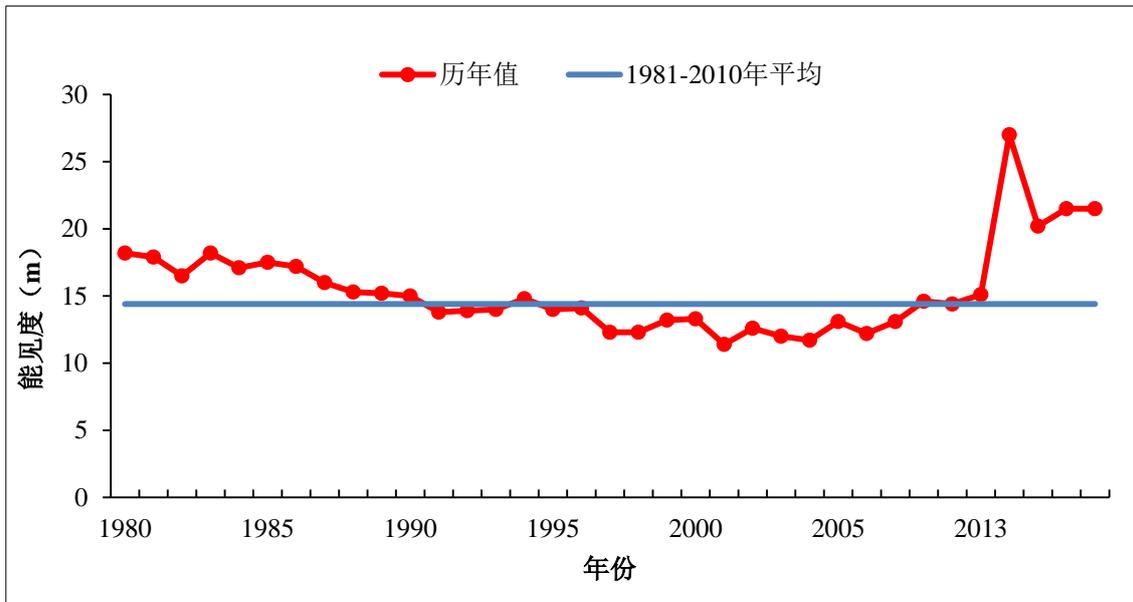


图 4.1-30 1980-2017 年斗门站逐年平均能见度变化

4.1.6.2 台山站

根据 1980-2017 年台山气象站历史能见度资料统计，台山年能见度为 16.5km，各月平均能见度介于 12km~27km（表 4.1-14），其中 7 月最高（27km），1 月最低（12km）（图 4.1-31）。

从 1980-2017 年的台山平均能见度逐年变化（图 4.1-32）可见，逐年平均能见度 2012 年最低（12.2km），2014 年最高（27km）。

表 4.1-14 台山气象站各月能见度（单位：km）

| 月份 项目 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 年 |
|----------|----|------|------|----|------|------|----|------|------|------|------|------|------|
| 能见度 | 12 | 12.4 | 13.2 | 15 | 18.5 | 22.6 | 27 | 20.7 | 16.4 | 13.9 | 13.3 | 12.8 | 16.5 |

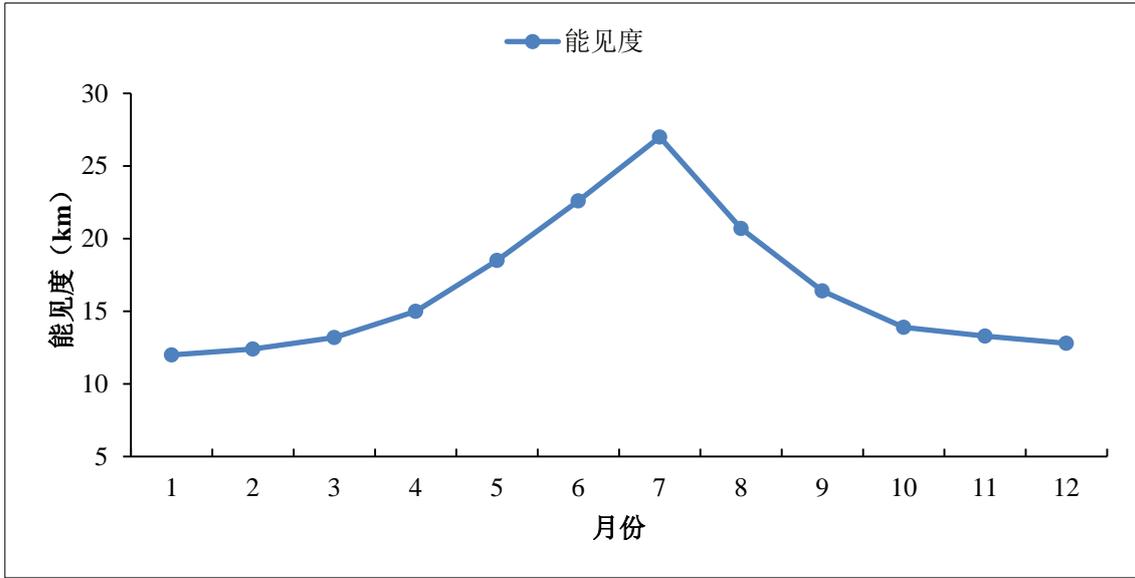


图 4.1-31 1980-2017 年台山站月平均能见度变化

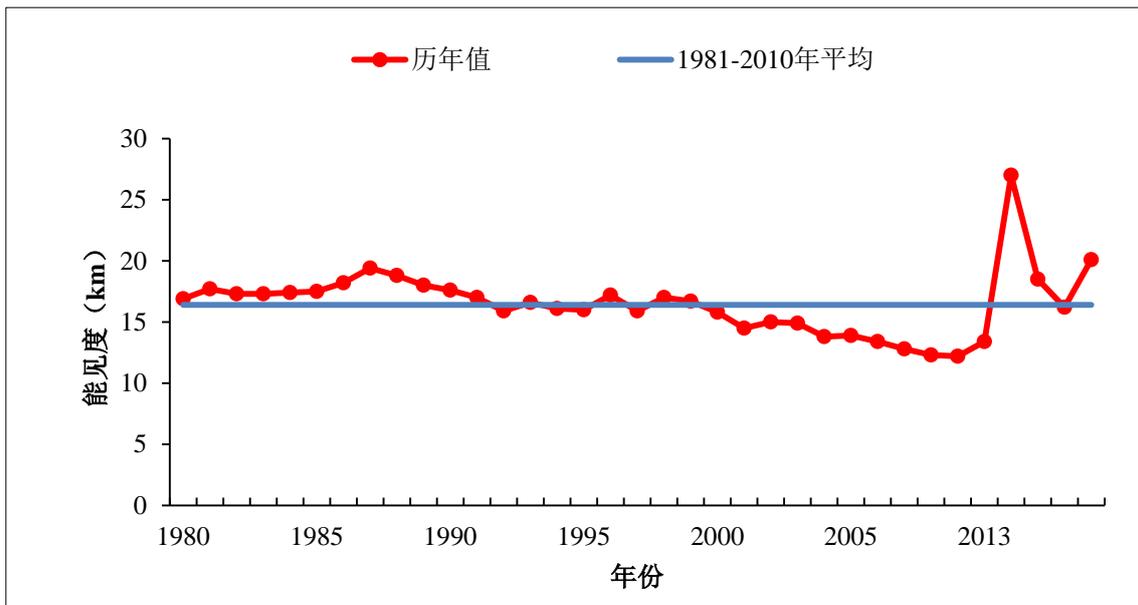


图 4.1-32 1980-2017 年台山站年平均能见度变化

4.2 区域极端气象条件分析

4.2.1 气温极端值及高温日数

4.2.1.1 斗门站

根据斗门气象站 1967-2017 年气温资料统计，斗门年平均气温为 22.4℃。极端最高气温为 38.5℃，出现在 2005 年 7 月 19 日；极端最低气温为 1.7℃，出现在 1975 年 12 月 14 日（表 4.2-1）。斗门高温日数（日最高气温大于等于 35℃）年平均 3.6 天（表 4.2-2）。

表 4.2-1 斗门气象站各月气温要素表（单位：℃）

| 项目 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全年 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 极端最高气温 | 27.8 | 28.8 | 30.5 | 32.8 | 35.1 | 36.8 | 38.5 | 37.4 | 36.2 | 34.5 | 32.9 | 29.1 | 38.5 |
| 极端最低气温 | 1.9 | 2.0 | 2.7 | 9.0 | 14.8 | 18.6 | 21.0 | 20.9 | 17.4 | 10.4 | 5.2 | 1.7 | 1.7 |

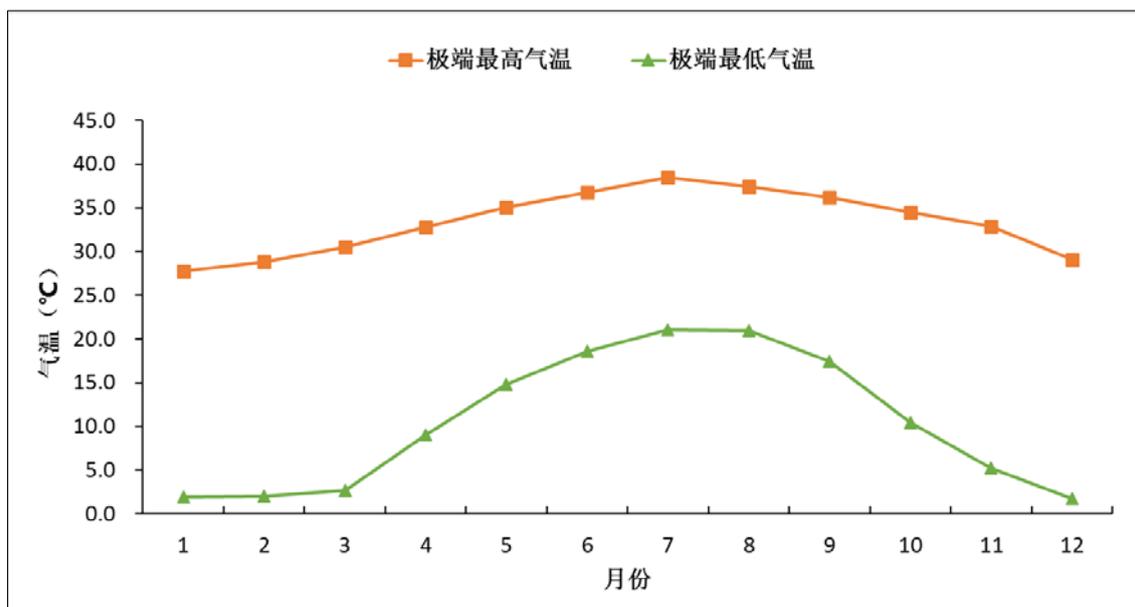


图 4.2-1 斗门气象站多年各月极端气温图

表 4.2-2 斗门气象站各月高温日数参数（单位：天）

| 项目 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全年 |
|------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 高温日数 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.3 | 1.4 | 1.6 | 0.3 | 0 | 0 | 0 | 3.6 |

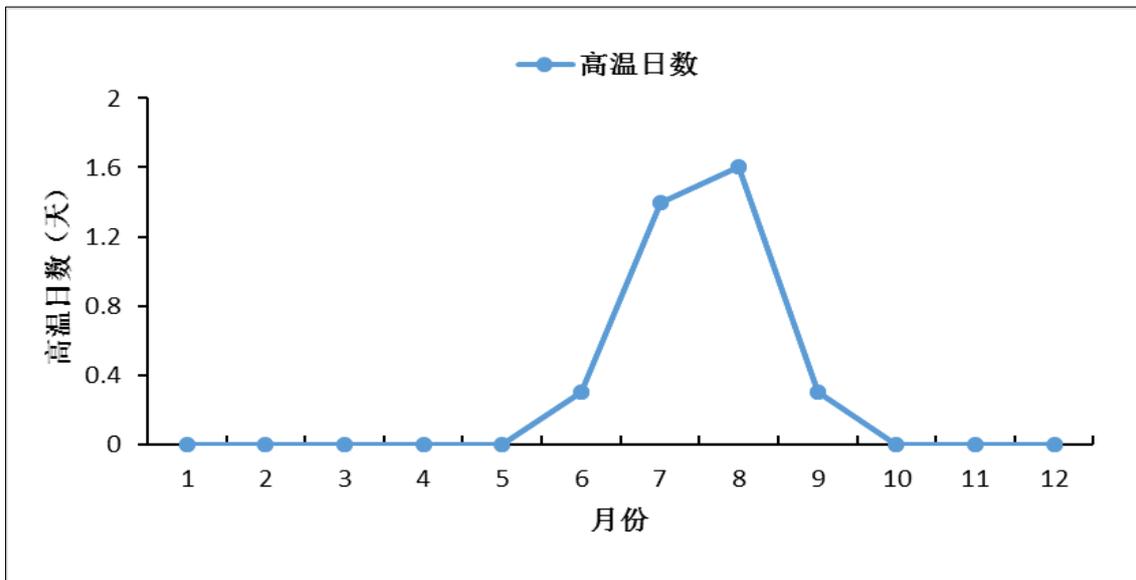


图 4.2-2 斗门气象站多年各月高温日数参数图

4.2.1.2 台山站

根据台山气象站 1953-2017 年气温资料统计，台山年平均气温为 22.2℃。极端最高气温为 38.3℃，出现在 2005 年 7 月 19 日；极端最低气温为 -0.1℃，出现在 1957 年 2 月 11 日（表 4.2-3）。台山高温日数（日最高气温大于等于 35℃）年平均 6.2 天（表 4.2-4）。

表 4.2-3 台山气象站各月气温要素表（单位：℃）

| 项目 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全年 |
|--------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| 极端最高气温 | 29.3 | 30 | 32 | 33.7 | 36.8 | 36.7 | 38.3 | 37.6 | 36.8 | 34.2 | 32.5 | 30 | 38.3 |
| 极端最低气温 | 1.5 | -0.1 | 3.2 | 7.8 | 14.1 | 18.2 | 21.0 | 20.9 | 16.4 | 9.5 | 5.0 | 1.6 | -0.1 |

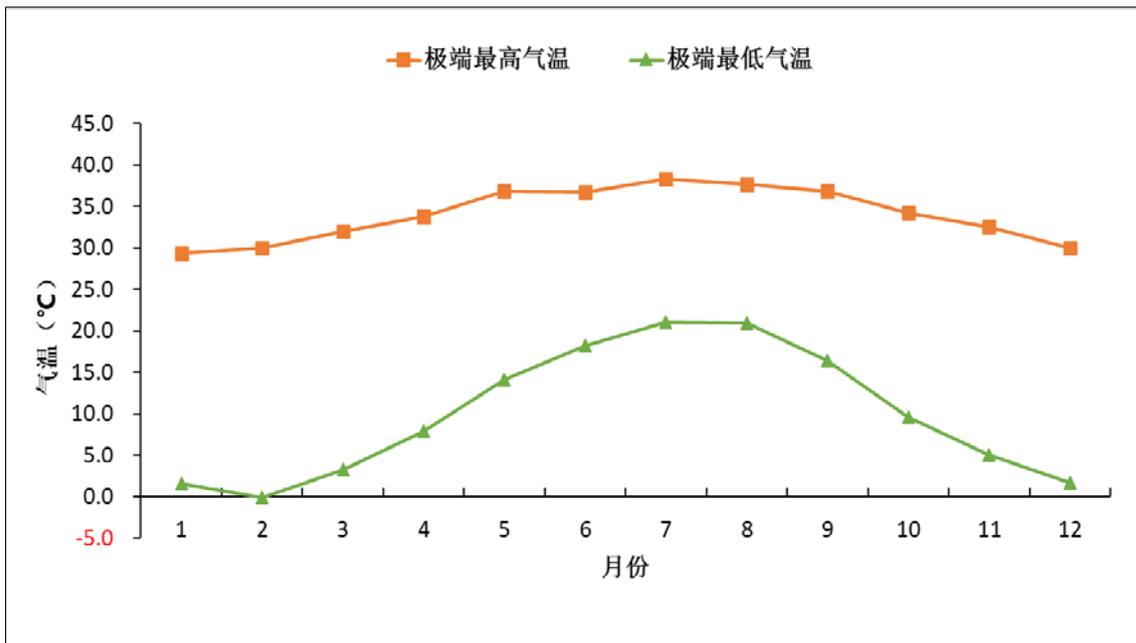


图 4.2-3 1953-2017 年台山气象站各月极端气温图

表 4.2-4 台山气象站各月高温日数参数 (单位: 天)

| 项目 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全年 |
|------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 高温日数 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 0.6 | 2.5 | 2.4 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 6.2 |

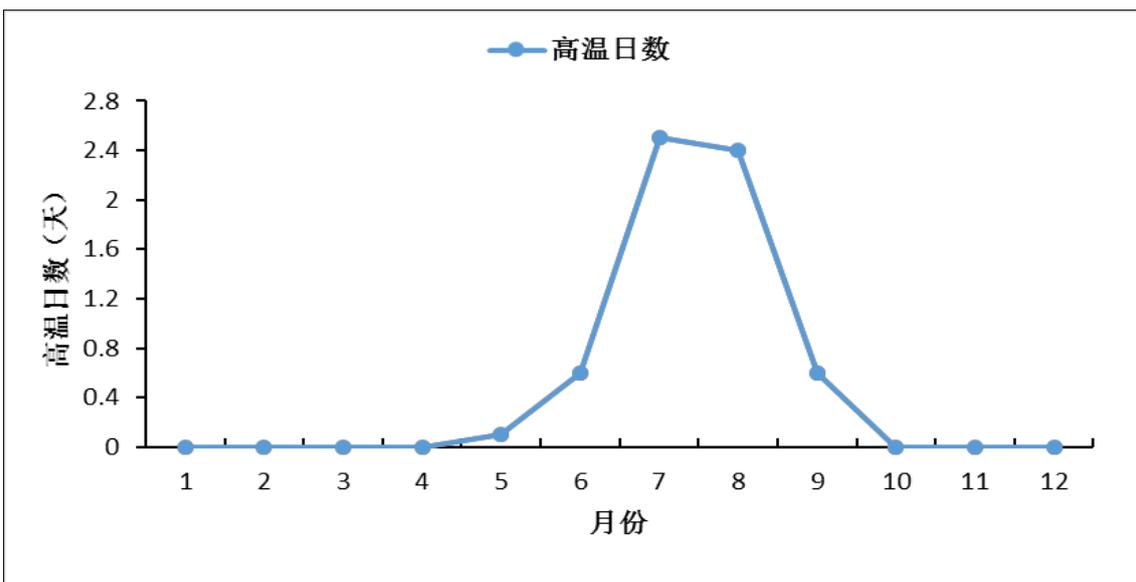


图 4.2-4 1953-2017 年台山气象站各月高温日数参数图

4.2.1.3 区域自动站

根据 1.8 节中选取的区域自动站历史气温资料统计并进行相关的质量控制（主要利用周边区域自动站点的数据进行比对兼并考虑每个站点的自然环境），得出滨海新城周边气象自动站有记录以来至 2017 年逐月最高气温统计表（表 4.2-5）和最低气温统计表（表 4.2-6），结果表明，项目周边区域气象自动站的历史极端最高气温为 41.5℃（9 月，G2190），历史极端最低气温为 0℃（1 月，G1202）。

表 4.2-5 项目周边气象自动站多年逐月最高气温统计表（单位：℃）

| 站号 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全年 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| G1202 | 27.7 | 28.3 | 30.3 | 32.1 | 35.9 | 36.7 | 39.1 | 39.3 | 38 | 35.4 | 34 | 28.6 | 39.3 |
| G1208 | 26.7 | 27.7 | 28.3 | 31.7 | 38 | 37.5 | 38.5 | 37.5 | 36.5 | 34.8 | 32.4 | 28.8 | 38.5 |
| G2111 | 27.6 | 29 | 29.5 | 32.2 | 36 | 36.8 | 38.7 | 38.6 | 38.5 | 35.4 | 32.6 | 29.5 | 38.7 |
| G2134 | 27.7 | 31.8 | 28.9 | 33.6 | 38.9 | 37.4 | 39.6 | 38.8 | 38.1 | 35.5 | 32.2 | 28.7 | 39.6 |
| G2158 | 27.3 | 29.1 | 34 | 31.4 | 34.9 | 36.9 | 37.7 | 38.4 | 38.5 | 34.2 | 30.9 | 27.6 | 38.5 |
| G2181 | 27.4 | 28.7 | 30.2 | 33.3 | 35.6 | 36.8 | 38.1 | 39 | 37.3 | 35.2 | 32.3 | 28.6 | 39 |
| G2190 | 27.7 | 30.5 | 29.7 | 33 | 37.4 | 39.6 | 40.1 | 37.8 | 41.5 | 34.2 | 32.1 | 28.8 | 41.5 |
| G2191 | 28.6 | 29.3 | 29.5 | 33.2 | 35.9 | 36.7 | 38.6 | 39.5 | 37.7 | 35.3 | 33.5 | 30.5 | 39.5 |
| G2193 | 27.1 | 28.5 | 28.2 | 32.1 | 34.7 | 35.7 | 38.2 | 40 | 36.6 | 34.4 | 31.3 | 28.4 | 40 |

表 4.2-6 项目周边气象自动站多年逐月最低气温统计表（单位：℃）

| 站号 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全年 |
|-------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| G1202 | 0 | 3.9 | 5.4 | 11.6 | 16.6 | 16.2 | 20.5 | 20.2 | 18.1 | 14 | 3.2 | 3.4 | 0 |
| G1208 | 1.6 | 4.4 | 6.3 | 9.8 | 16.2 | 13.7 | 19.9 | 22 | 19.1 | 14.3 | 7 | 3.8 | 1.6 |
| G2111 | 1.8 | 4.8 | 7.4 | 10.2 | 16.3 | 20.6 | 22.4 | 22.2 | 19.8 | 15.3 | 7.4 | 4.1 | 1.8 |
| G2134 | 1.3 | 4.3 | 7.1 | 10.4 | 17 | 20.4 | 16.9 | 17.5 | 18.3 | 13.3 | 7.1 | 3.8 | 1.3 |
| G2158 | 4.5 | 5.1 | 7.4 | 13 | 18 | 19.8 | 23.2 | 22.5 | 21.7 | 15 | 7.5 | 5 | 4.5 |
| G2181 | 2.1 | 3.8 | 6.4 | 11.6 | 18.4 | 21.4 | 23.1 | 22.9 | 20.4 | 14 | 8.3 | 2.8 | 2.1 |

續表 4.2-6

| 站號 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全年 |
|-------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| G2190 | 0.9 | 2.6 | 5.6 | 10.6 | 16.6 | 19.4 | 22.3 | 21.5 | 19.5 | 11.2 | 6 | 2.3 | 0.9 |
| G2191 | 2 | 5.6 | 7.4 | 11.9 | 18.4 | 21 | 23.5 | 22.9 | 20.6 | 15.5 | 7.7 | 4.8 | 2 |
| G2193 | 5.3 | 4.8 | 10 | 11.9 | 17.8 | 20.5 | 23.2 | 23.3 | 20 | 14.9 | 10.8 | 4.2 | 4.2 |

4.2.2 降水極端值及暴雨日數

4.2.2.1 斗門站

根據 1967~2017 年斗門氣象站歷史降水資料統計，斗門年平均降水為 2270.3mm，最大年降水量為 3379.6mm，出現在 1973 年，最小年降水量為 1308.7mm，出現在 1967 年。最大日降水量為 353.9mm，出現在 1973 年 9 月 2 日。斗門年暴雨日數（日降水量大於等於 50mm）為 12.4 天（表 4.2-7），年大暴雨日數（日降水量大於等於 100mm）為 3.6 天，年特大暴雨日數（日降水量大於等於 250mm）為 0.2 天。斗門共發生 9 次特大暴雨，分別出現在 1973 年 5 月 6 日、1973 年 9 月 2 日、1994 年 6 月 10 日、1994 年 7 月 22 日、1997 年 6 月 16 日、1998 年 4 月 27 日、2000 年 4 月 14 日、2005 年 9 月 4 日和 2013 年 6 月 24 日。

表 4.2-7 斗門氣象站各月暴雨日數參數（單位：天）

| 項目 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全年 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 暴雨日數 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.9 | 2.1 | 2.5 | 1.9 | 2.1 | 1.4 | 0.6 | 0.1 | 0.1 | 12.4 |

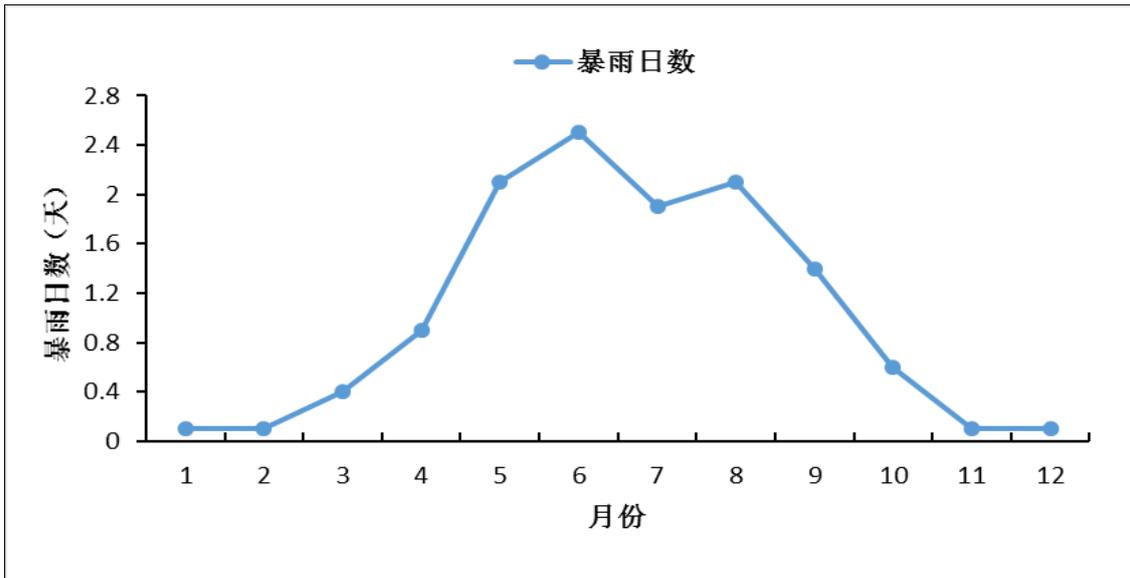


图 4.2-5 1967~2017 年斗门气象站各月暴雨日数参数图

4.2.2.2 台山站

根据 1953~2017 年台山气象站历史降水资料统计，台山年平均降水为 1940.4mm，最大年降水量为 2786.8mm，出现在 2001 年，最小年降水量为 1043.8mm，出现在 1977 年。最大日降水量为 282.2mm，出现在 1993 年 4 月 29 日。台山年暴雨日数(日降水量大于等于 50mm)为 9.1 天(表 4.2-8)，年大暴雨日数(日降水量大于等于 100mm)为 2.4 天，年特大暴雨日数(日降水量大于等于 250mm)为 0.1 天。台山共发生 5 次特大暴雨，分别出现在 1961 年 7 月 2 日、1993 年 4 月 29 日、1999 年 8 月 23 日、2008 年 6 月 6 日和 2009 年 5 月 23 日。

表 4.2-8 台山气象站各月暴雨日数参数 (单位: 天)

| 项目 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全年 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 暴雨日数 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.9 | 1.7 | 1.7 | 1.3 | 1.4 | 1.2 | 0.4 | 0.1 | 0 | 9.1 |

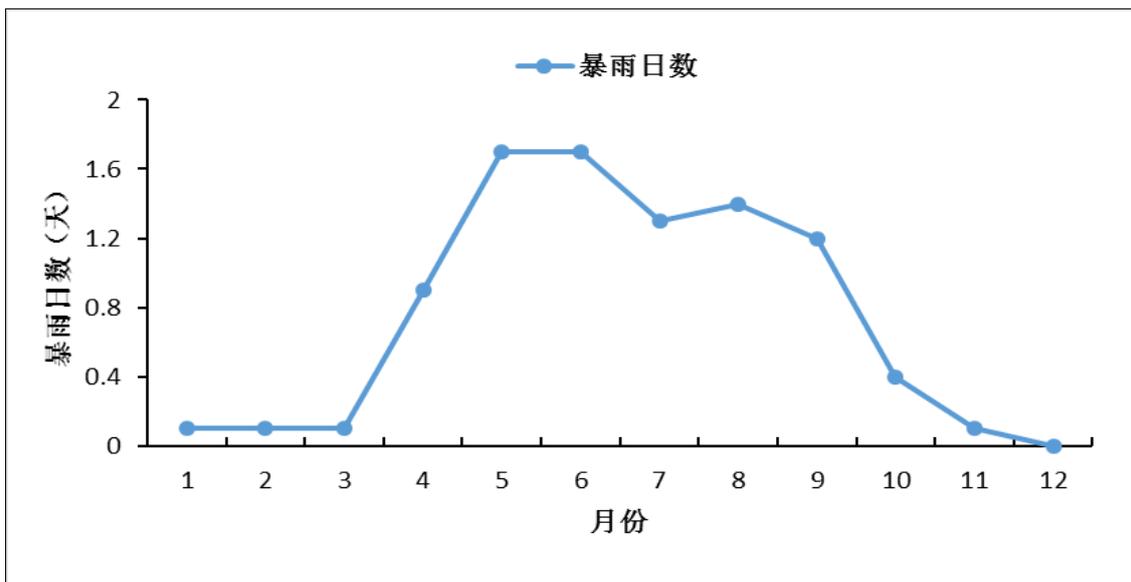


图 4.2-6 1953~2017 年台山气象站各月暴雨日数参数图

4.2.2.3 区域自动站

根据斗门区 8 个区域气象站建站以来的雨量观测资料统计，斗门区的最大日雨量（20-20 时）为 318.0mm，出现在 2013 年 6 月 24 日，为斗门井岸镇站（站号 G1250）录得。最大小时雨量为 98.1mm，出现在 2016 年 6 月 28 日上午，为白藤湖大闸站（站号 G1256）录得。

根据台山市 42 个区域气象站建站以来的雨量观测资料统计，台山市的最大日雨量（20-20 时）为 506.7mm，出现在 2014 年 5 月 9 日，为赤溪镇曹冲村委会站（站号 G2158）录得。最大小时雨量为 132.6mm，出现在 2010 年 7 月 21 日凌晨，为台山上川岛沙堤站（站号 G6503）录得。

根据 1.8 节中选取的区域自动站历史降水资料统计并进行相关的质量控制（主要利用周边区域自动站点的数据进行比对兼并考虑每个站点的自然环境），得出滨海新城周边气象自动站的多年逐月最大日降水量统计表（表 4.2-9），结果表明，项目周边区域气象自动站的历史极端日降水量为 466.9mm，出现在 2010 年 6 月 28 日，为新会区东方红水库站（站号 G2191）录得。

表 4.2-9 项目周边气象自动站多年逐月最大日降水量统计表（单位：毫米）

| 站号 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全年 |
|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| G1202 | 65.6 | 62.2 | 59 | 245.5 | 238 | 239.4 | 200.3 | 173.9 | 235.7 | 104.7 | 46.3 | 71.9 | 245.5 |
| G1208 | 71.1 | 64.2 | 137.4 | 242.2 | 293.6 | 213.8 | 200 | 257.3 | 261.9 | 140 | 67.1 | 49.6 | 293.6 |
| G2111 | 93.9 | 63.3 | 86.7 | 93.5 | 268.1 | 324.7 | 144.1 | 171 | 129.5 | 130.8 | 48.8 | 92.4 | 324.7 |
| G2134 | 126.8 | 53.6 | 67.2 | 136 | 196.4 | 293.4 | 132.8 | 160.8 | 114.9 | 173.2 | 43.3 | 90.3 | 293.4 |
| G2158 | 18.4 | 58 | 101.9 | 172.2 | 387.4 | 153.2 | 106.5 | 308.8 | 119.8 | 122.1 | 82.7 | 37.4 | 387.4 |
| G2181 | 70.3 | 62.1 | 78 | 94.4 | 357 | 413.7 | 195.5 | 304.4 | 93.5 | 116.6 | 94.2 | 118.5 | 413.7 |
| G2190 | 136.5 | 36.5 | 70.1 | 107.2 | 250 | 223.3 | 282.5 | 280.2 | 152.4 | 218.2 | 97.5 | 86.7 | 282.5 |
| G2191 | 90.5 | 74.2 | 93.8 | 82.8 | 288 | 466.9 | 201.6 | 255.8 | 115.3 | 132.9 | 74.9 | 84.4 | 466.9 |
| G2193 | 17.5 | 20.1 | 89.2 | 81.5 | 241.9 | 237.5 | 188.2 | 154.6 | 129.3 | 58.3 | 29 | 36.9 | 241.9 |

4.2.3 风速极端值及大风日数

4.2.3.1 斗门站

（1）风速极端值

根据斗门气象站 1980~2017 年的测风资料，统计得到该站各月最大风速和极大风速的极端最大值，斗门站最大风速（10min 平均）的极端最大值为 31.7m/s（表 4.2-10），出现在 1983 年 9 月 9 日；极大风速（3s 阵风）的极端最大值为 38.2m/s（表 4.2-10），出现在 2010 年 9 月 20 日。

表 4.2-10 斗门气象站各月风速极端值参数（单位：m/s）

| 项目 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全年 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 最大风速 | 15.3 | 17.0 | 15.3 | 17.7 | 16.0 | 16.3 | 22.8 | 18.2 | 31.7 | 17.0 | 17.0 | 15.0 | 31.7 |
| 极大风速 | 17.6 | 17.8 | 22.8 | 24 | 21.6 | 19.1 | 31.9 | 31.8 | 38.2 | 21 | 18.6 | 21.6 | 38.2 |

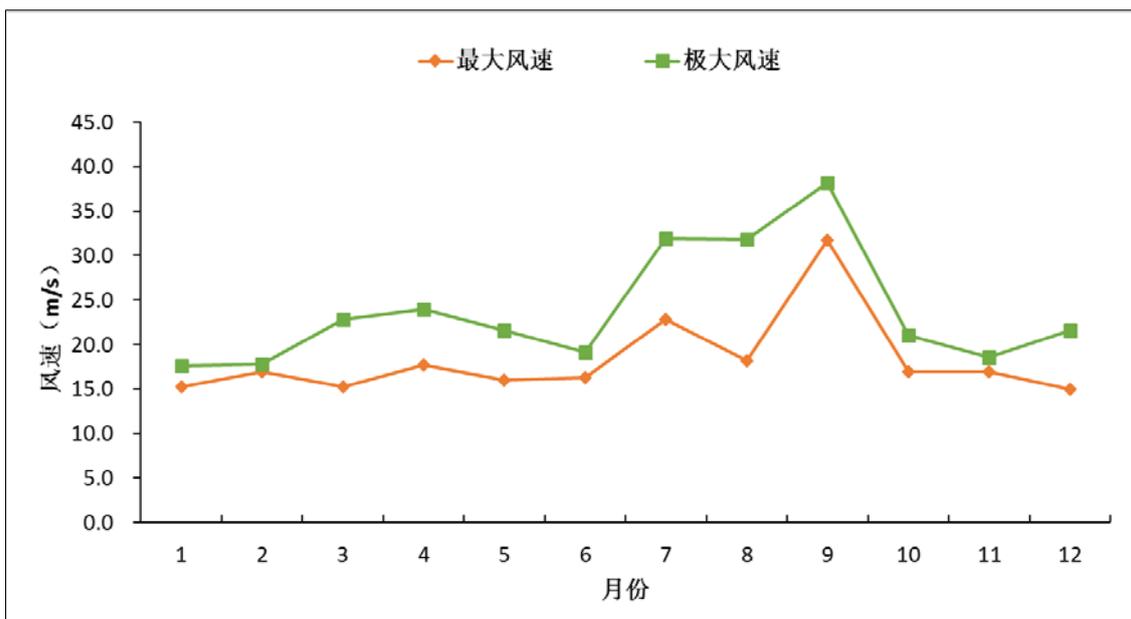


图 4.2-7 斗门气象站各月风速极端值参数图

根据斗门区 8 个区域气象站建站以来的风速观测资料统计，斗门区最大风速的极端最大值为 27.6m/s（10 级），出现在 2017 年 8 月 23 日，为斗门区五山站（站号 G1202）录得；极大风速（3s 阵风）的极端最大值为 56.7m/s（17 级），出现在 2010 年 9 月 20 日，同样为斗门区五山站（站号 G1202）录得。

根据 1.8 节中选取的区域自动站历史风速资料统计并进行相关的质量控制（主要利用周边区域自动站点的数据进行比对兼并考虑每个站点的自然环境），得出滨海新城周边气象自动站的多年逐月极大风速极端值统计表（表 4.2-11），结果表明，项目周边区域气象自动站的历史极大风速极端值为 59.7m/s，出现在 2010 年 6 月 30 日，为金湾区平沙站（站号 G1208）录得。

表 4.2-11 项目周边气象自动站多年逐月极大风速极端值统计表（单位：m/s）

| 站号 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全年 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| G1202 | 21.4 | 16.3 | 20.2 | 24.4 | 20.7 | 26.1 | 34.9 | 42.9 | 56.7 | 21.8 | 17.6 | 22.7 | 56.7 |
| G1208 | 18.9 | 17.2 | 22.3 | 27.3 | 25.3 | 59.7 | 56.8 | 36.8 | 32 | 22.2 | 17.8 | 21.1 | 59.7 |
| G2111 | 19.5 | 17.9 | 19 | 25.8 | 22.2 | 19.9 | 28.1 | 46.1 | 26.5 | 24.5 | 17.6 | 20.1 | 46.1 |
| G2134 | 15.5 | 12.6 | 15.8 | 22 | 18.6 | 15.5 | 20.1 | 33.5 | 23.3 | 15.4 | 16.4 | 14.9 | 33.5 |
| G2158 | 18.8 | 18.2 | 21.4 | 22.2 | 17.7 | 23 | 33.8 | 34.2 | 43.8 | 20.3 | 18.8 | 22.2 | 43.8 |
| G2181 | 13.6 | 14.3 | 15.9 | 20.4 | 19.1 | 18.9 | 42.8 | 29.3 | 36 | 32 | 18.3 | 16.3 | 42.8 |
| G2190 | 13.1 | 13.1 | 15.1 | 17.7 | 17.6 | 16.8 | 33.6 | 18.1 | 22.3 | 14.2 | 13.3 | 12 | 33.6 |
| G2191 | 16.9 | 12.9 | 17.9 | 16.8 | 18.9 | 14.9 | 30.5 | 24.1 | 23.1 | 25.6 | 14.6 | 18 | 30.5 |
| G2193 | 21.6 | 20.7 | 23.5 | 25.3 | 23.5 | 23.4 | 38.9 | 40 | 25.5 | 24.9 | 21.2 | 26.3 | 40 |

(2) 最大风速、风向频率分布特点

斗门气象站的最大风速的主导风向为西北偏北风，北风和东南风也占较大比例（图 4.2-8），风向的季节变化比较明显。春季以东南风为主，西北偏北风也占较大比例；夏季风向以南风和西南偏南风为主；秋季风向以西北偏北风和北风为主，东南风也占较大比例；冬季同样以西北偏北风和北风为主（图 4.2-10）。

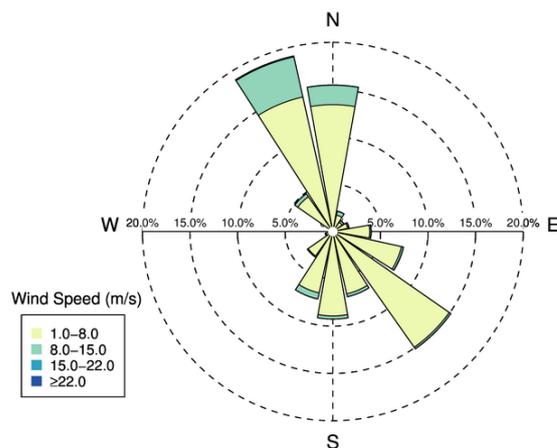
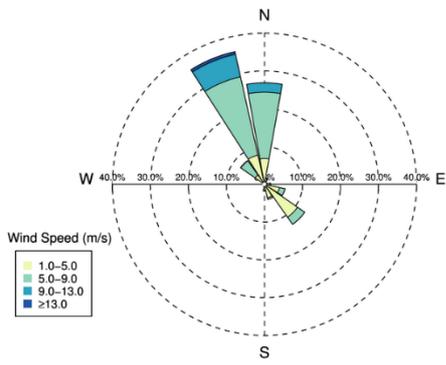
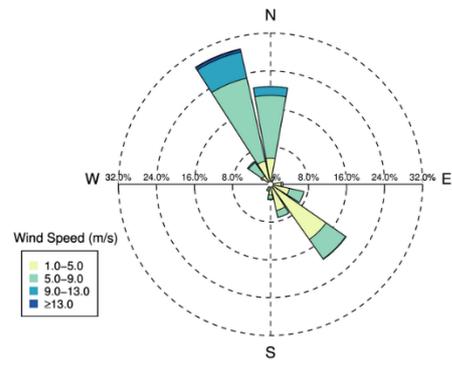


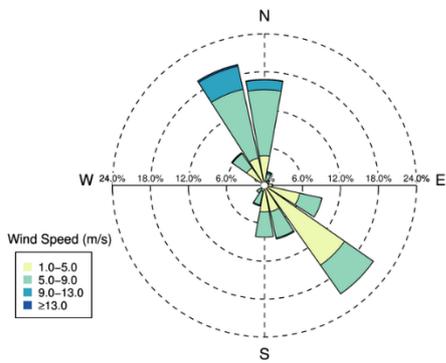
图 4.2-8 斗门气象站年最大风速风向玫瑰图



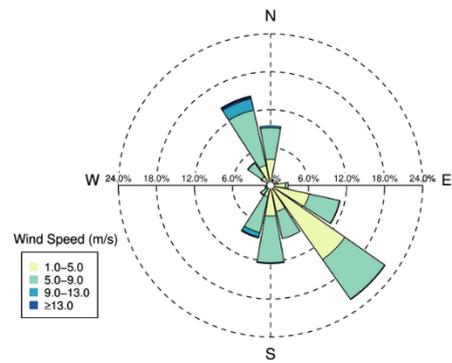
1月



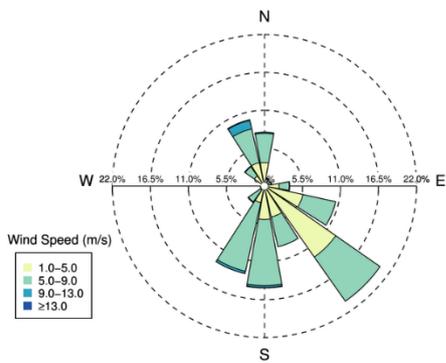
2月



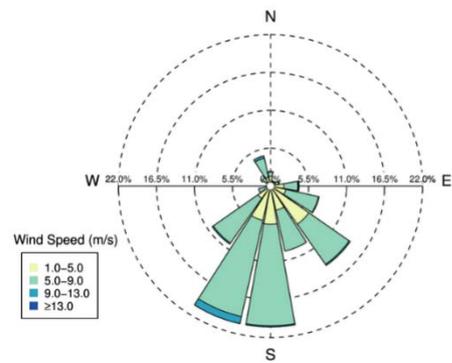
3月



4月



5月



6月

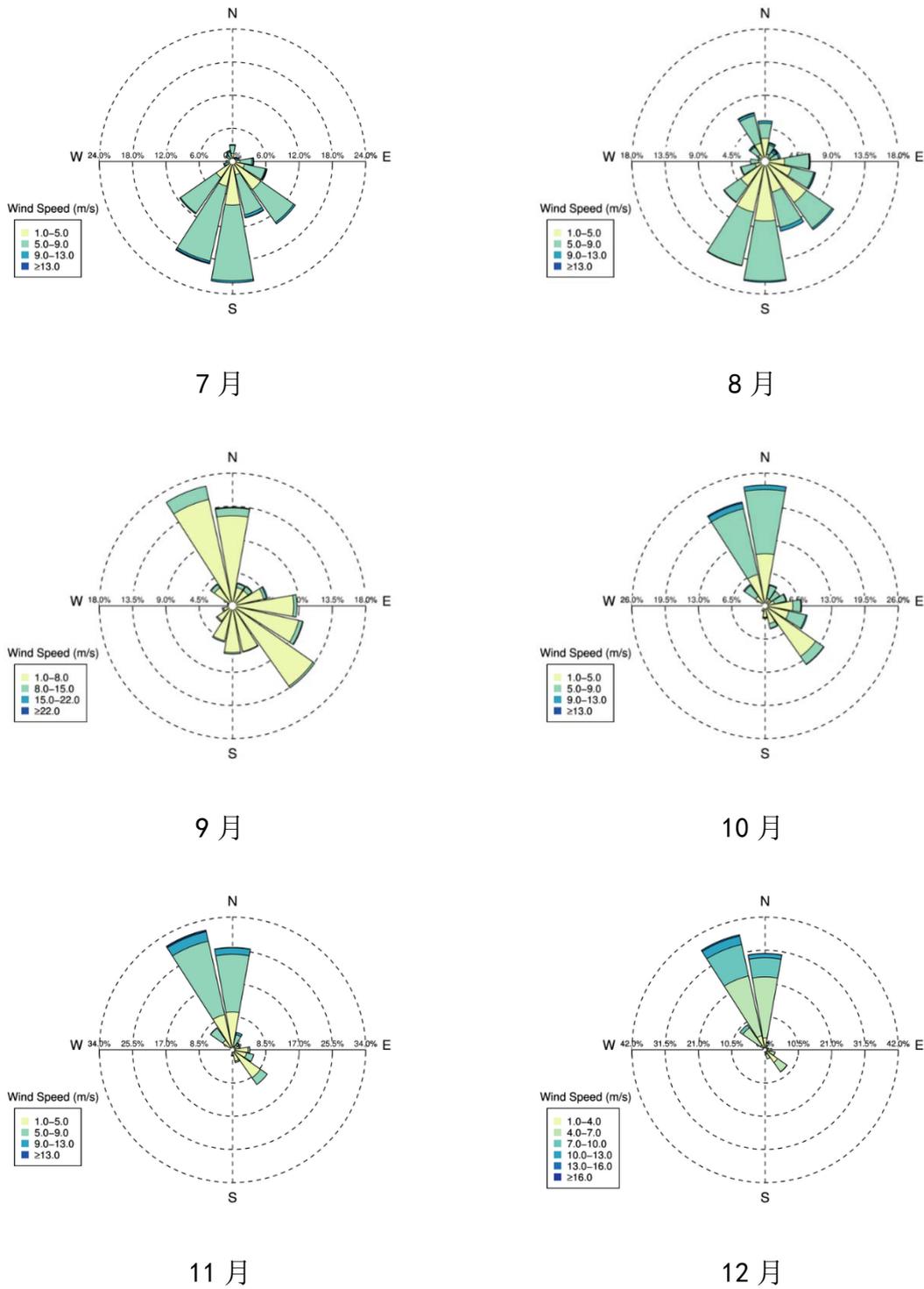


图 4.2-9 斗门气象站各月最大风速风向玫瑰图

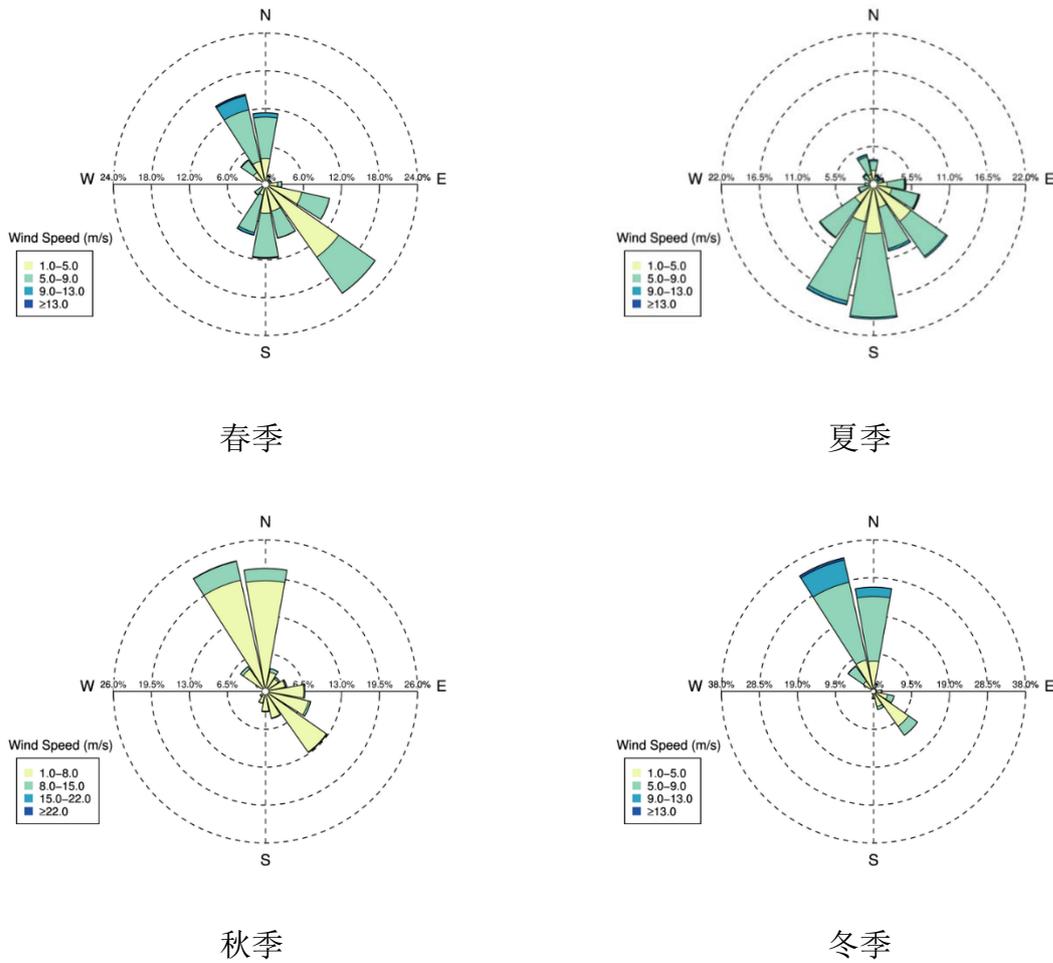


图 4.2-10 斗门气象站各季节最大风速风向玫瑰图

表 4.2-12 斗门气象站各月最大风速风向频率（单位：%）

| 月份 | N | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW |
|----|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|
| 1月 | 26.8 | 1.8 | 0.3 | 0.7 | 1.6 | 5.5 | 12.9 | 4.1 | 1.8 | 0.4 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 7.6 | 35.9 |
| 2月 | 20.7 | 1.6 | 0.6 | 0.5 | 2.6 | 7.2 | 19.4 | 7.2 | 3.3 | 1.5 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 5.9 | 29.3 |
| 3月 | 16.8 | 2.2 | 1.0 | 0.7 | 1.3 | 9.3 | 21.0 | 8.7 | 8.2 | 3.3 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 6.3 | 19.6 |
| 4月 | 9.4 | 1.0 | 0.5 | 1.1 | 2.8 | 11.2 | 22.1 | 8.6 | 12.4 | 8.5 | 1.9 | 0.9 | 0.0 | 0.6 | 4.4 | 14.5 |
| 5月 | 7.8 | 1.2 | 1.0 | 1.1 | 3.7 | 10.5 | 20.4 | 9.0 | 14.8 | 13.0 | 2.9 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 3.5 | 9.9 |
| 6月 | 2.1 | 0.8 | 0.8 | 1.3 | 4.1 | 7.2 | 14.0 | 9.7 | 20.5 | 20.5 | 10.3 | 1.8 | 0.6 | 0.4 | 1.5 | 4.5 |
| 7月 | 3.1 | 0.8 | 1.1 | 1.3 | 3.8 | 6.4 | 13.9 | 10.5 | 22.0 | 19.0 | 11.6 | 1.6 | 1.1 | 0.4 | 1.5 | 2.0 |
| 8月 | 5.5 | 2.6 | 2.1 | 2.1 | 6.1 | 7.0 | 11.3 | 9.7 | 16.4 | 14.5 | 6.8 | 3.4 | 2.0 | 0.9 | 2.6 | 6.8 |
| 9月 | 13.4 | 3.2 | 3.3 | 4.8 | 8.7 | 9.8 | 13.5 | 6.4 | 6.5 | 5.0 | 2.6 | 1.4 | 0.4 | 0.7 | 3.6 | 16.7 |

续表 4.2-12

| 月份 | N | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW |
|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 10月 | 23.6 | 4.3 | 3.5 | 4.3 | 7.1 | 8.4 | 14.0 | 4.6 | 2.5 | 1.1 | 0.3 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 5.1 | 20.8 |
| 11月 | 26.2 | 4.6 | 2.2 | 2.0 | 4.4 | 5.5 | 10.8 | 3.3 | 1.6 | 0.3 | 0.4 | 0.1 | 0.0 | 0.4 | 6.9 | 31.4 |
| 12月 | 30.5 | 2.5 | 0.8 | 1.1 | 2.1 | 3.2 | 8.5 | 2.9 | 0.8 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.5 | 9.6 | 37.3 |
| 春 | 11.3 | 1.5 | 0.9 | 1.0 | 2.6 | 10.3 | 21.1 | 8.8 | 11.8 | 8.3 | 2.1 | 0.5 | 0.1 | 0.4 | 4.7 | 14.6 |
| 夏 | 3.6 | 1.4 | 1.3 | 1.6 | 4.7 | 6.8 | 13.1 | 9.9 | 19.6 | 18.0 | 9.5 | 2.3 | 1.2 | 0.6 | 1.9 | 4.4 |
| 秋 | 21.1 | 4.0 | 3.0 | 3.7 | 6.8 | 7.9 | 12.8 | 4.8 | 3.5 | 2.1 | 1.1 | 0.5 | 0.1 | 0.4 | 5.2 | 23.0 |
| 冬 | 26.1 | 2.0 | 0.5 | 0.8 | 2.1 | 5.3 | 13.4 | 4.6 | 1.9 | 0.6 | 0.2 | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 7.8 | 34.3 |
| 全年 | 15.5 | 2.2 | 1.4 | 1.8 | 4.0 | 7.6 | 15.1 | 7.1 | 9.2 | 7.3 | 3.3 | 0.8 | 0.4 | 0.4 | 4.9 | 19.0 |

(3) 极大风速、风向频率分布特点

斗门气象站的极大风速的主导风向为北风和东南风，西北偏北风也占较大比例，风向的季节变化比较明显（图 4.2-11）。春季以东南风为主，北风和南风也占较大比例；夏季风向以南风和西南偏南风为主，西南风和东南风也占较大比例；秋季风向以北风为主；冬季同样以北风为主，西北偏北风也占较大比例（图 4.2-13）。

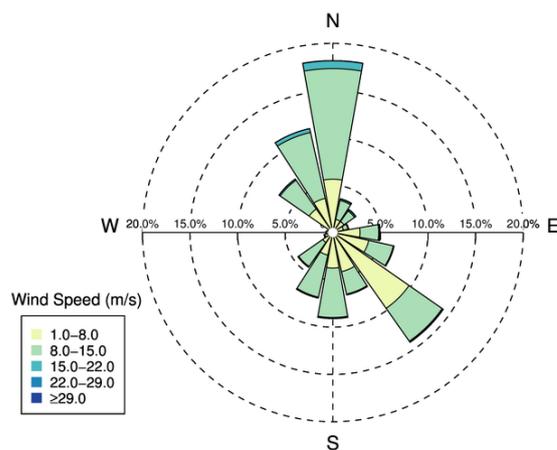
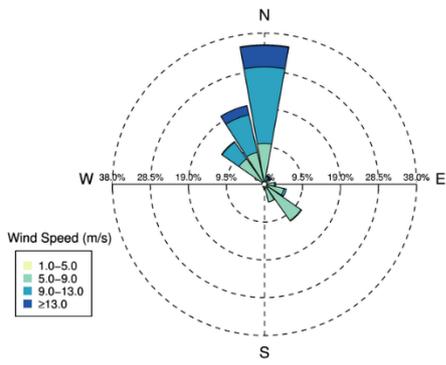
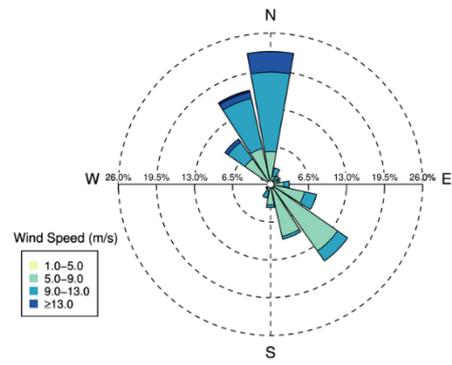


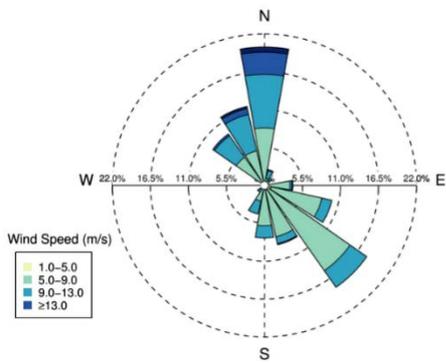
图 4.2-11 斗门气象站年极大风速风向玫瑰图



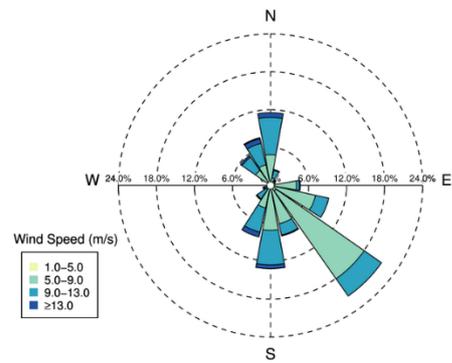
1月



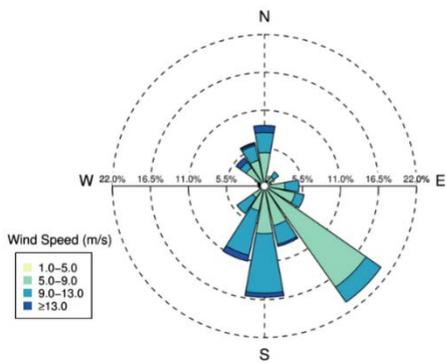
2月



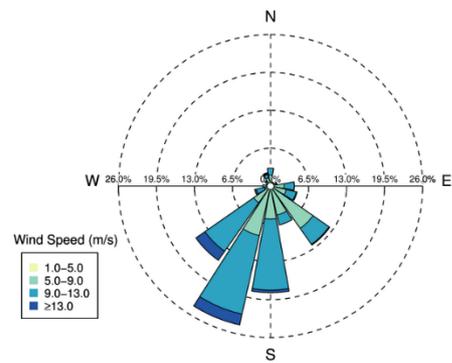
3月



4月



5月



6月

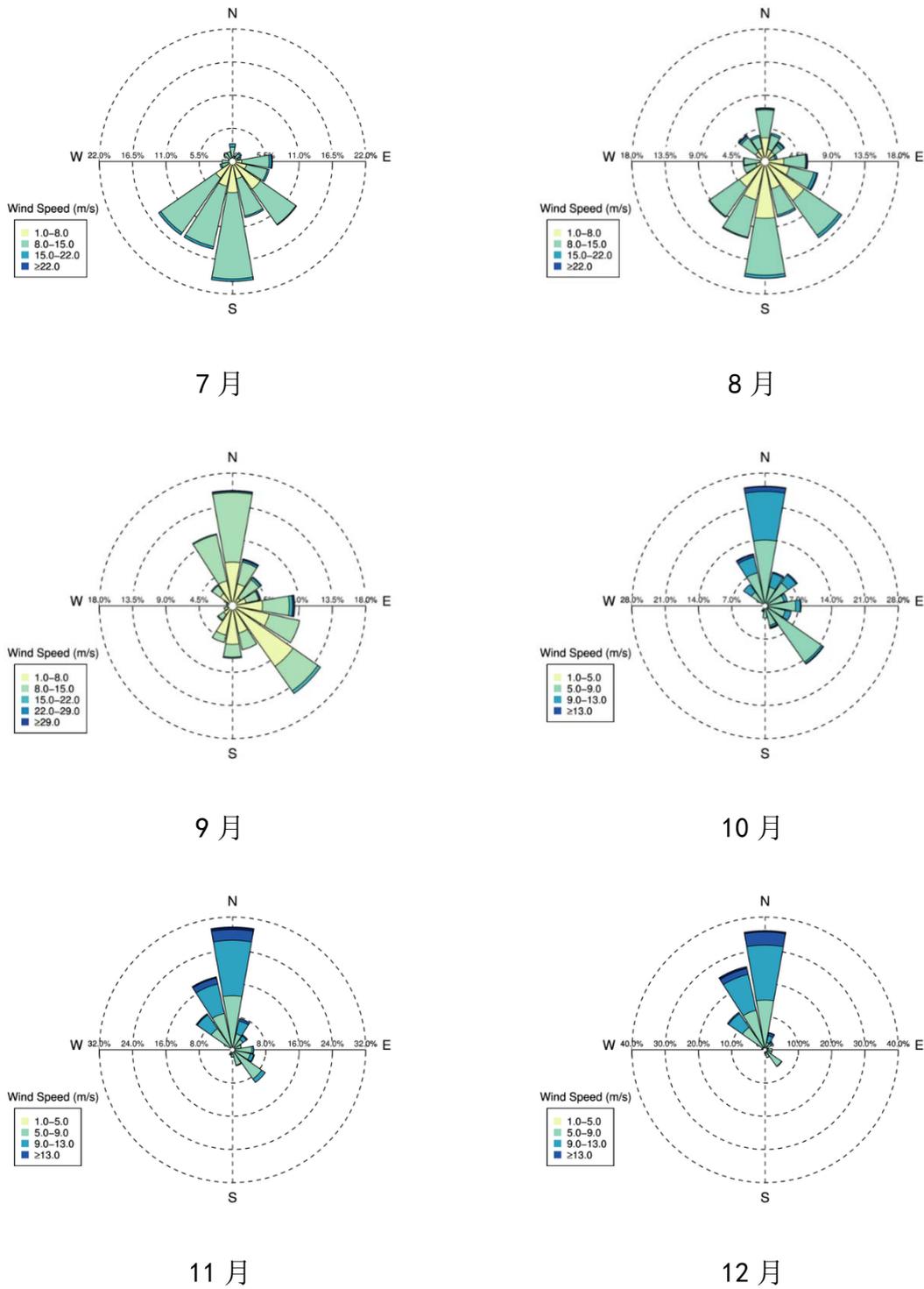


图 4.2-12 斗门气象站各月极大风速风向玫瑰图

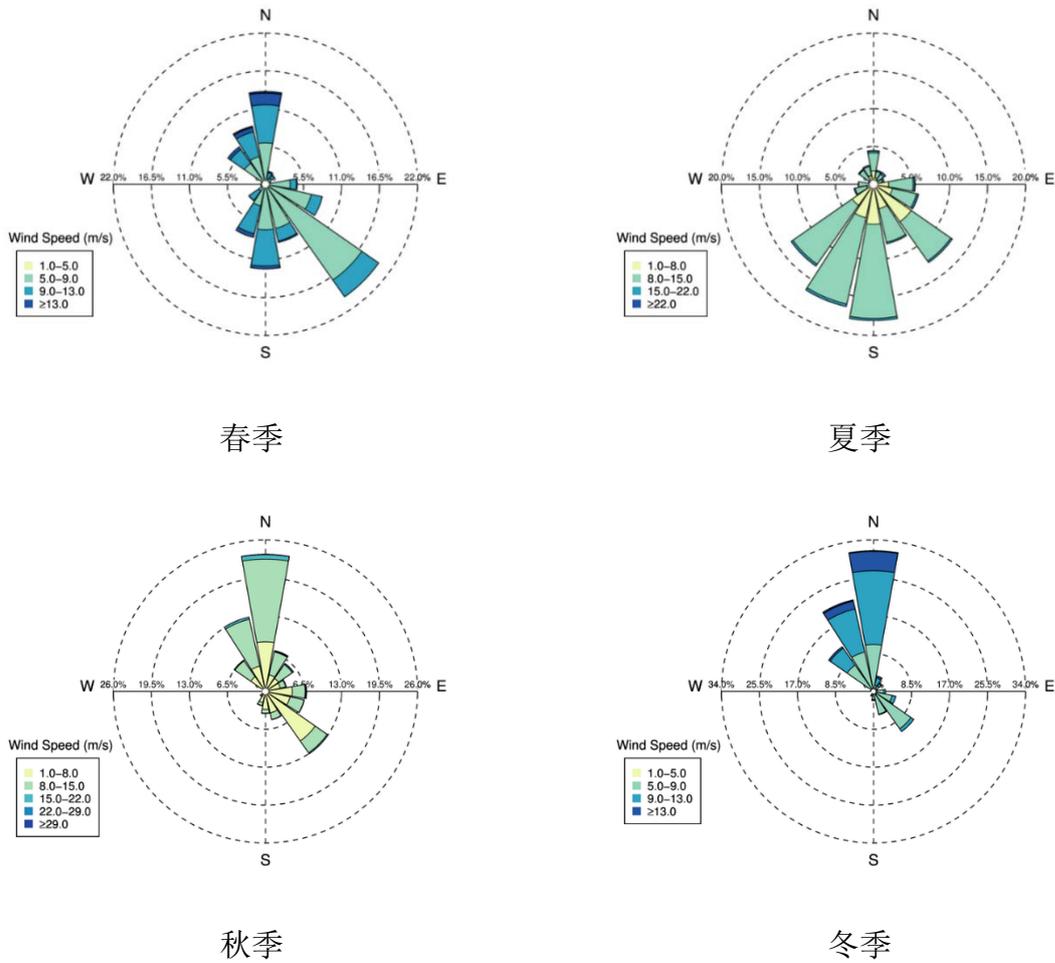


图 4.2-13 斗门气象站各季节极大风速风向玫瑰图

表 4.2-13 斗门气象站各月极大风速风向频率（单位：%）

| 月份 | N | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW |
|----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|
| 1月 | 33.4 | 1.8 | 0.4 | 0.6 | 2.3 | 5.0 | 14.1 | 3.7 | 2.6 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 9.7 | 25.2 |
| 2月 | 24.9 | 1.3 | 0.6 | 0.3 | 3.5 | 5.9 | 24.4 | 7.4 | 3.5 | 1.8 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 8.2 | 17.4 |
| 3月 | 19.9 | 1.8 | 1.3 | 0.7 | 1.8 | 8.9 | 24.3 | 7.2 | 8.5 | 1.9 | 2.1 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 8.4 | 12.9 |
| 4月 | 12.0 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 3.8 | 8.9 | 24.7 | 6.5 | 15.6 | 7.1 | 2.7 | 0.6 | 0.0 | 0.5 | 5.2 | 9.7 |
| 5月 | 9.1 | 1.2 | 1.3 | 0.6 | 4.7 | 5.6 | 24.4 | 7.8 | 17.8 | 11.2 | 3.8 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 4.6 | 6.6 |
| 6月 | 2.4 | 0.8 | 1.2 | 0.8 | 3.2 | 4.9 | 14.7 | 5.8 | 25.6 | 20.5 | 13.4 | 1.5 | 1.1 | 0.6 | 1.7 | 2.0 |
| 7月 | 2.6 | 0.7 | 1.3 | 1.2 | 5.4 | 5.0 | 14.1 | 6.6 | 23.8 | 16.6 | 16.1 | 1.2 | 1.6 | 0.1 | 1.9 | 1.8 |

续表 4.2-13

| 月份 | N | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW |
|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|
| 8月 | 6.7 | 2.6 | 3.1 | 0.9 | 6.7 | 5.1 | 11.7 | 6.2 | 19.5 | 14.1 | 8.1 | 2.8 | 2.3 | 0.4 | 2.8 | 6.9 |
| 9月 | 17.4 | 3.0 | 4.2 | 3.8 | 10.0 | 8.8 | 13.6 | 5.9 | 8.2 | 4.8 | 3.5 | 1.7 | 0.5 | 0.9 | 2.9 | 10.8 |
| 10月 | 28.4 | 5.3 | 5.3 | 3.7 | 7.0 | 5.7 | 17.4 | 4.4 | 3.4 | 1.3 | 0.4 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 4.0 | 13.5 |
| 11月 | 31.6 | 5.9 | 2.9 | 2.4 | 4.7 | 4.9 | 11.8 | 3.9 | 2.6 | 0.5 | 0.6 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 7.4 | 20.6 |
| 12月 | 39.7 | 3.7 | 1.3 | 1.7 | 2.5 | 2.5 | 8.3 | 3.2 | 1.3 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.8 | 13.8 | 34.3 |
| 春 | 13.7 | 1.3 | 1.2 | 0.7 | 3.4 | 7.8 | 24.5 | 7.2 | 13.9 | 6.7 | 2.9 | 0.3 | 0.1 | 0.4 | 6.0 | 9.7 |
| 夏 | 4.0 | 1.4 | 1.9 | 0.9 | 5.1 | 5.0 | 13.5 | 6.2 | 22.9 | 17.0 | 12.5 | 1.8 | 1.7 | 0.4 | 2.1 | 3.6 |
| 秋 | 25.8 | 4.7 | 4.1 | 3.3 | 7.2 | 6.4 | 14.3 | 4.7 | 4.7 | 2.2 | 1.5 | 0.6 | 0.2 | 0.3 | 4.7 | 14.9 |
| 冬 | 31.3 | 2.1 | 0.8 | 0.8 | 2.7 | 4.3 | 15.0 | 4.5 | 2.4 | 0.7 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 10.1 | 24.5 |
| 全年 | 18.6 | 2.4 | 2.0 | 1.4 | 4.6 | 5.9 | 16.9 | 5.7 | 11.1 | 6.7 | 4.3 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 5.7 | 13.1 |

(4) 大风天数

根据斗门气象站 1980~2017 年的测风资料，日最大 10min 平均风速统计达 6 级（10.8m/s）以上的大风天数有 251 天；达 8 级（17.2m/s）以上的大风天数有 11 天；达 10 级（24.5m/s）以上的大风天数有 1 天，出现在 1983 年 9 月 9 日。

根据斗门气象站 1996~2017 年日极大风速（3s 阵风）统计，6 级以上大风天数达 1459 天；8 级以上大风天数达 93 天；10 级以上大风天数 9 天。

表 4.2-14 斗门气象站各月大风（6 级以上）日数参数（单位：天）

| 项目 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全年 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 最大平均风速 大风日数 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.3 | 0.7 | 0.9 | 6.6 |
| 日极大风速大 风日数 | 7.5 | 5.5 | 4.4 | 4.7 | 4.7 | 7.6 | 7.0 | 5.4 | 4.1 | 3.0 | 5.2 | 7.0 | 66.3 |

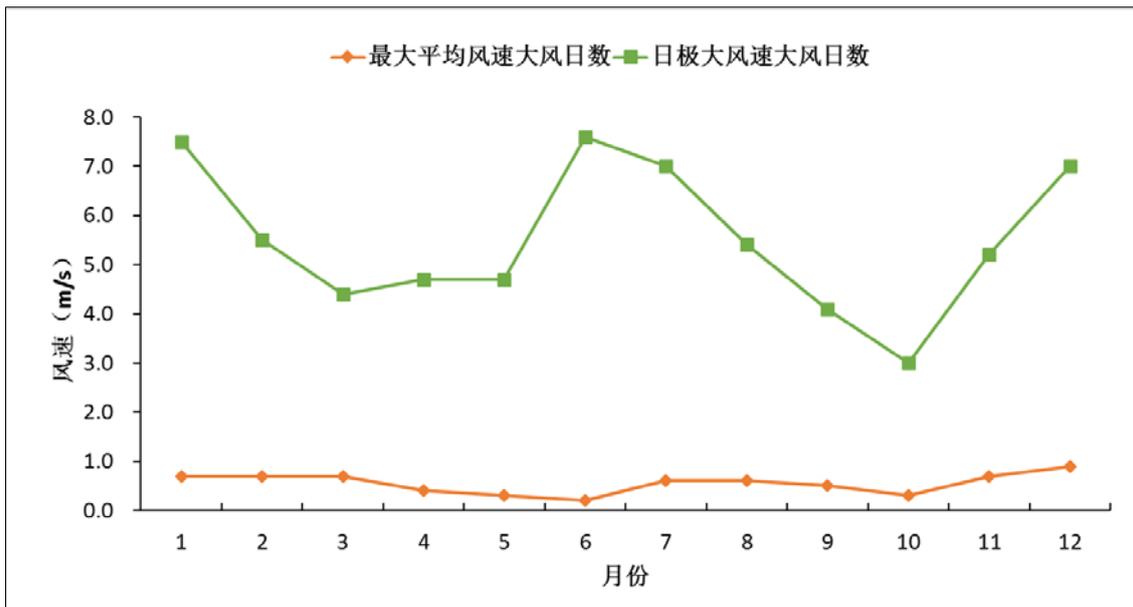


图 4.2-14 斗门气象站各月大风（6 级以上）日数

4.2.3.2 台山站

(1) 风速极端值

根据台山气象站 1973~2017 年的测风资料，统计得到该站各月最大风速和极大风速的极端最大值，台山站最大风速（10min 平均）的极端最大值为 28m/s（表 4.2-15），出现在 1975 年 10 月 6 日；极大风速（3s 阵风）的极端最大值为 38.9m/s（表 4.2-15），出现在 2017 年 8 月 23 日。

表 4.2-15 台山气象站各月风速极端值参数（单位：m/s）

| 项目 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全年 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|
| 最大风速 | 11 | 12 | 13.7 | 13 | 17.1 | 16 | 19.2 | 21.7 | 18.7 | 28 | 12.3 | 12.3 | 28 |
| 极大风速 | 17.5 | 16.3 | 18.7 | 30.4 | 31.6 | 19.1 | 33.3 | 38.9 | 28.3 | 20 | 19.2 | 18.7 | 38.9 |

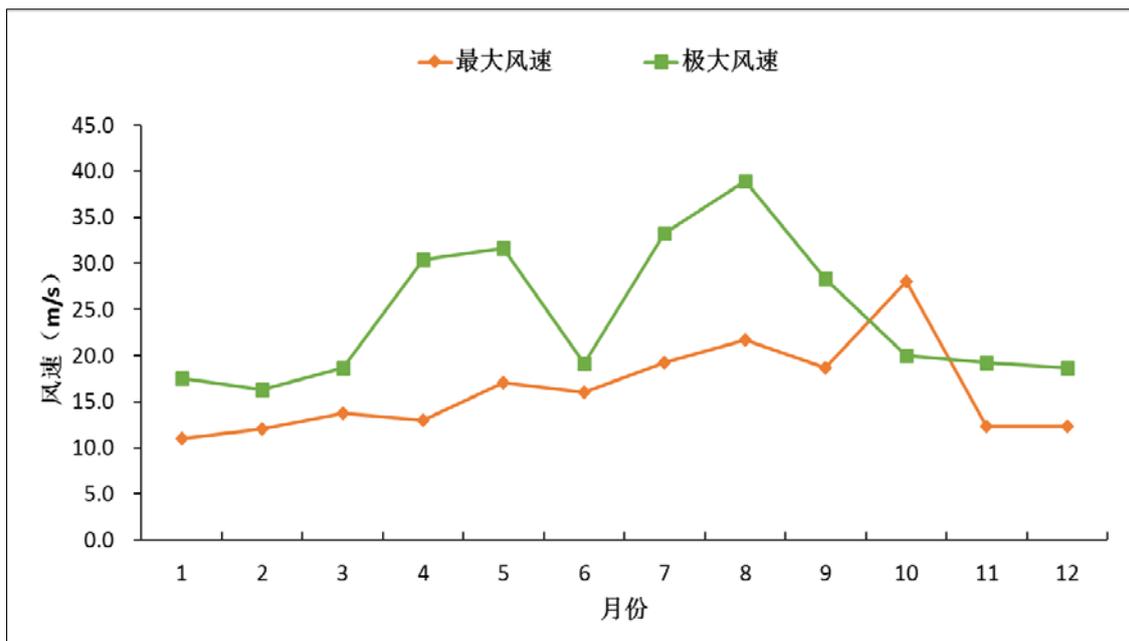


图 4.2-15 台山气象站各月风速极端值参数图

根据台山市 42 个区域气象站建站以来的风速观测资料统计，台山市最大风速的极端最大值为 43.1m/s（14 级），出现在 2008 年 9 月 24 日，为下川岛王府洲站（站号 G6591）录得；极大风速（3s 阵风）的极端最大值为 58.8m/s（17 级），同样出现在 2013 年 8 月 17 日，为台山赤溪腰古 2 号站（站号 G2187）录得。

（2）最大风速、风向频率分布特点

台山气象站的最大风速的主导风向为南风 and 东北偏北风，北风也占较大比例（图 4.2-16），风向的季节变化比较明显。春季和夏季风向以南风为主；秋季和冬季风向以东北偏北风和北风为主（图 4.2-18）。

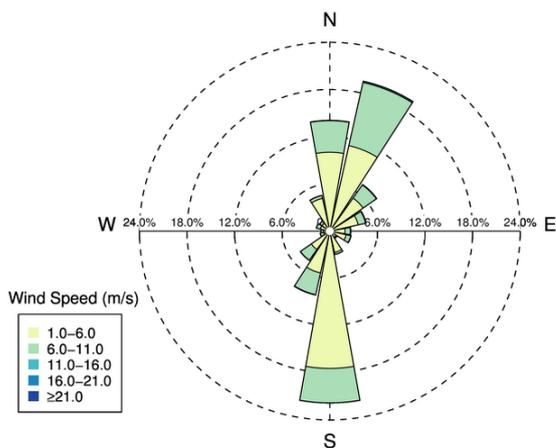
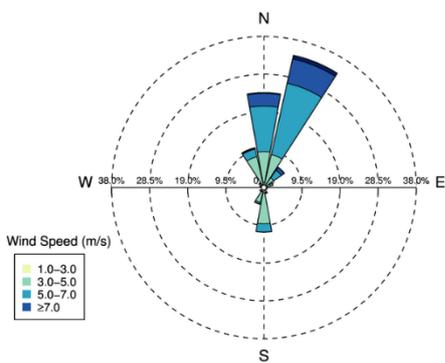
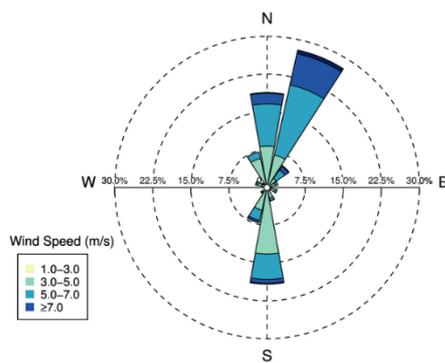


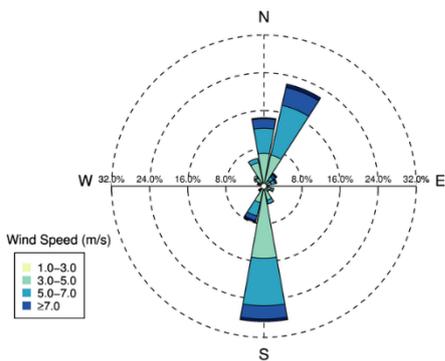
图 4.2-16 台山气象站年最大风速风向玫瑰图



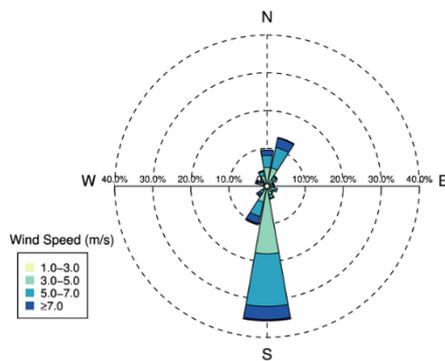
1月



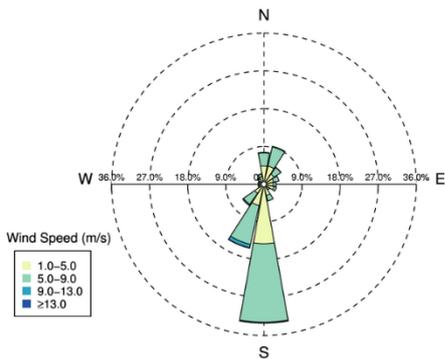
2月



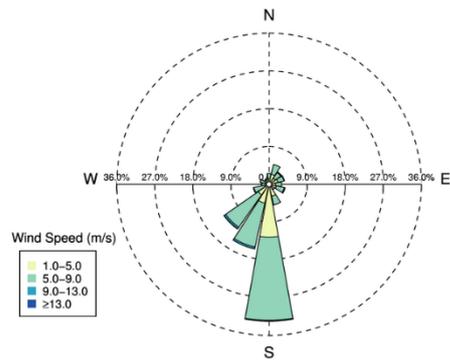
3月



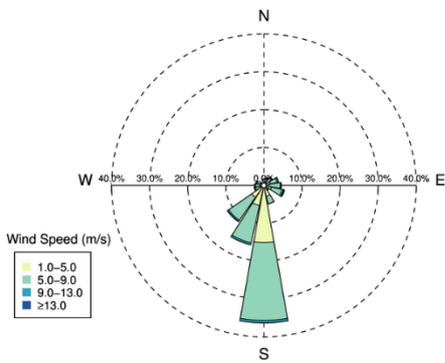
4月



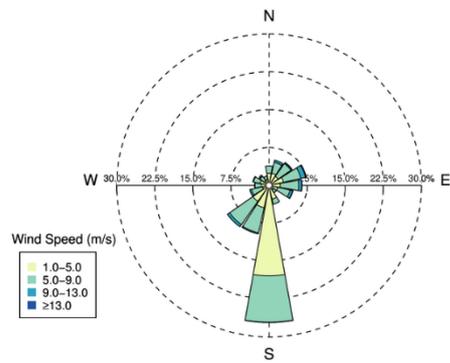
5月



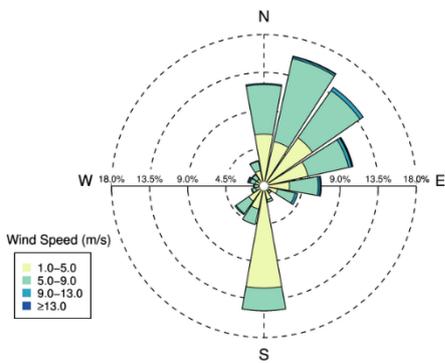
6月



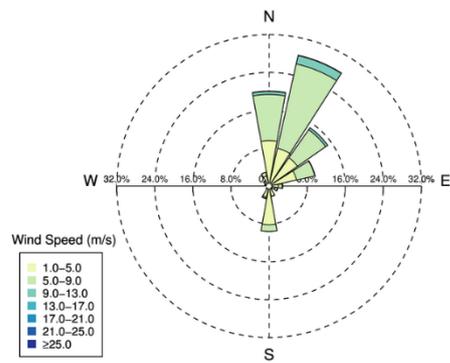
7月



8月



9月



10月

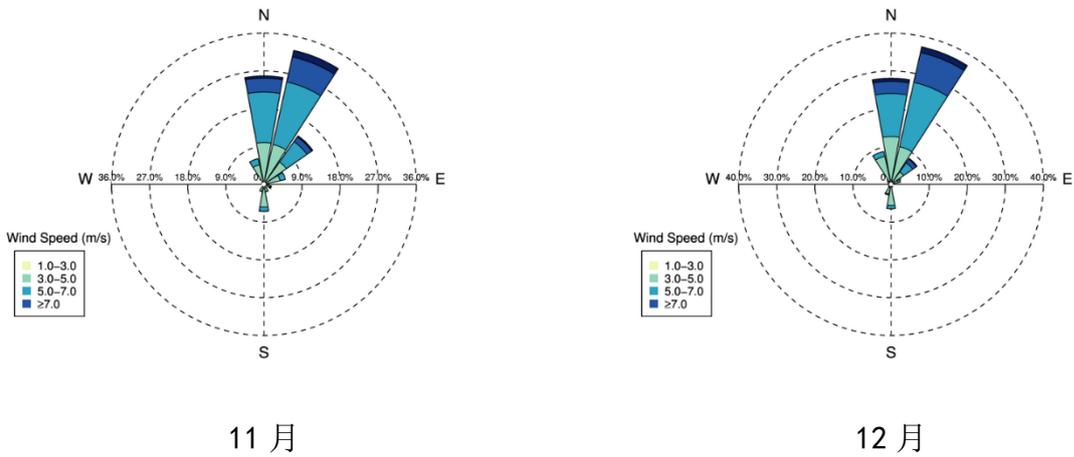


图 4.2-17 台山气象站各月最大风速风向玫瑰图

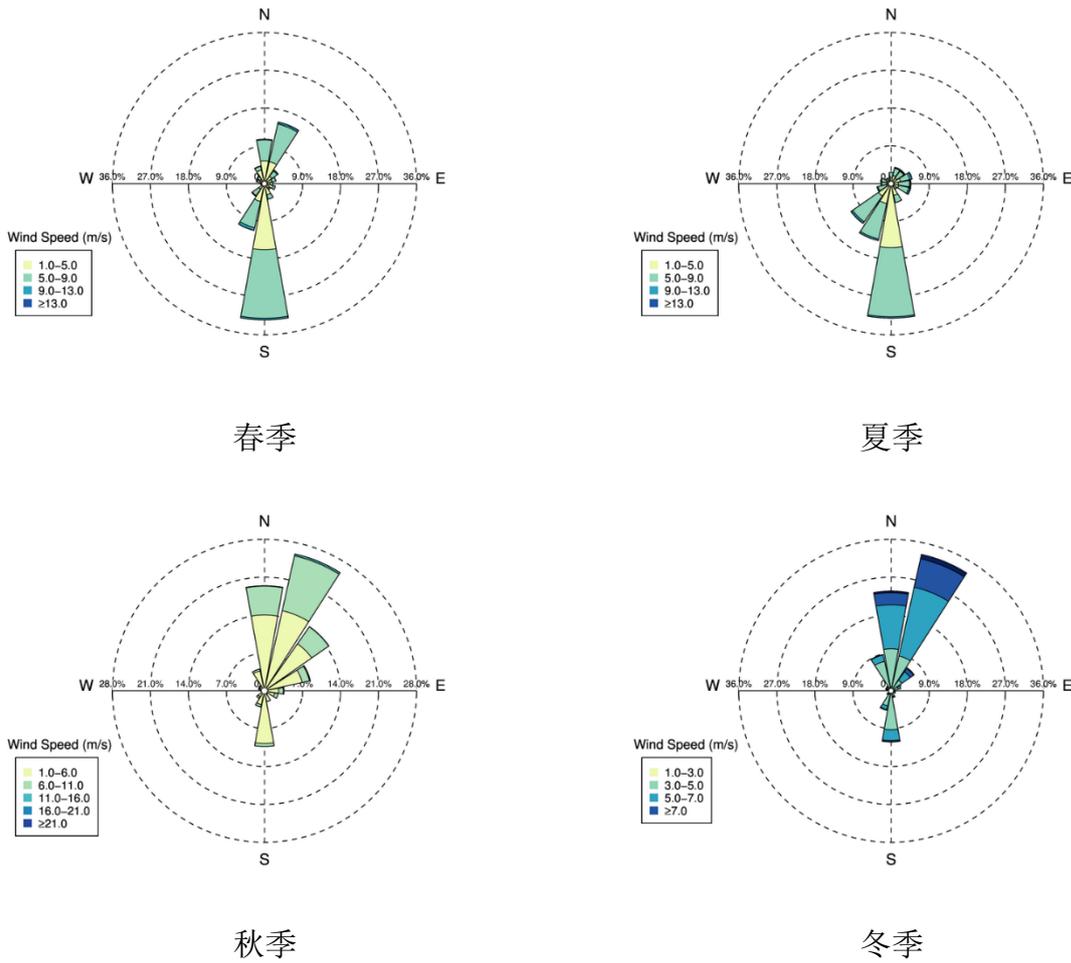


图 4.2-18 台山气象站各季节最大风速风向玫瑰图

表 4.2-16 台山气象站各月最大风速风向频率（单位：%）

| 月份 | N | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW |
|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1月 | 23.0 | 35.1 | 6.2 | 2.5 | 0.3 | 0.9 | 0.3 | 1.8 | 11.8 | 4.2 | 1.5 | 0.3 | 0.3 | 1.0 | 1.2 | 9.7 |
| 2月 | 18.5 | 28.8 | 5.2 | 2.6 | 0.8 | 2.3 | 0.8 | 2.7 | 18.3 | 7.4 | 1.3 | 0.2 | 0.6 | 2.0 | 1.2 | 7.4 |
| 3月 | 14.5 | 22.6 | 3.4 | 2.9 | 1.1 | 2.2 | 1.4 | 3.7 | 27.6 | 7.9 | 1.5 | 0.4 | 0.3 | 1.5 | 2.3 | 6.4 |
| 4月 | 9.7 | 13.6 | 3.5 | 2.0 | 2.1 | 2.8 | 1.8 | 3.5 | 36.3 | 10.0 | 3.5 | 0.7 | 0.9 | 3.1 | 2.2 | 4.3 |
| 5月 | 8.4 | 9.3 | 5.2 | 4.2 | 3.3 | 3.3 | 1.7 | 4.3 | 33.2 | 12.8 | 5.8 | 1.4 | 1.1 | 1.3 | 2.0 | 2.8 |
| 6月 | 2.6 | 4.6 | 3.8 | 4.1 | 3.2 | 3.6 | 1.6 | 5.5 | 33.8 | 13.4 | 13.9 | 4.1 | 1.6 | 1.9 | 1.1 | 1.3 |
| 7月 | 1.8 | 1.9 | 2.6 | 3.9 | 5.0 | 6.0 | 1.7 | 5.1 | 36.2 | 14.8 | 13.1 | 2.4 | 2.0 | 1.7 | 1.0 | 0.7 |
| 8月 | 4.1 | 4.7 | 5.4 | 7.0 | 6.6 | 4.8 | 1.9 | 4.4 | 28.1 | 8.6 | 10.3 | 3.8 | 3.1 | 2.8 | 2.4 | 2.0 |
| 9月 | 13.5 | 14.3 | 14.1 | 11.2 | 6.2 | 4.4 | 0.9 | 2.1 | 15.0 | 4.5 | 4.3 | 1.4 | 1.2 | 2.0 | 1.8 | 3.1 |
| 10月 | 21.1 | 26.7 | 14.1 | 10.8 | 2.7 | 1.7 | 0.8 | 2.2 | 10.2 | 2.7 | 0.8 | 0.3 | 0.4 | 0.9 | 1.5 | 2.9 |
| 11月 | 26.0 | 31.6 | 13.5 | 5.5 | 1.3 | 2.1 | 0.2 | 2.2 | 7.2 | 2.0 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 0.5 | 6.6 |
| 12月 | 30.1 | 36.7 | 8.0 | 2.8 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 0.5 | 5.9 | 2.7 | 0.9 | 0.1 | 0.6 | 0.6 | 1.0 | 9.2 |
| 春 | 10.9 | 15.2 | 4.0 | 3.1 | 2.2 | 2.8 | 1.6 | 3.8 | 32.3 | 10.2 | 3.6 | 0.8 | 0.8 | 2.0 | 2.2 | 4.5 |
| 夏 | 2.9 | 3.7 | 4.0 | 5.0 | 4.9 | 4.8 | 1.7 | 5.0 | 32.7 | 12.3 | 12.4 | 3.4 | 2.2 | 2.1 | 1.5 | 1.3 |
| 秋 | 20.2 | 24.3 | 13.9 | 9.2 | 3.4 | 2.7 | 0.6 | 2.2 | 10.8 | 3.1 | 1.8 | 0.6 | 0.6 | 1.1 | 1.3 | 4.2 |
| 冬 | 24.0 | 33.7 | 6.5 | 2.6 | 0.5 | 1.1 | 0.4 | 1.6 | 11.8 | 4.7 | 1.2 | 0.2 | 0.5 | 1.2 | 1.1 | 8.8 |
| 全年 | 14.5 | 19.2 | 7.1 | 5.0 | 2.7 | 2.9 | 1.1 | 3.2 | 21.9 | 7.6 | 4.8 | 1.3 | 1.0 | 1.6 | 1.5 | 4.7 |

（3）极大风速、风向频率分布特点

台山气象站的极大风速的主导风向为北风和南风，东北偏北风也占较大比例，风向的季节变化比较明显（图 4.2-19）。春季以南风为主，北风也占较大比例；夏季风向以南风为主，西南风和西南偏南风也占较大比例；秋季和冬季风向以北风为主，东北偏北风也占较大比例（图 4.2-21）。

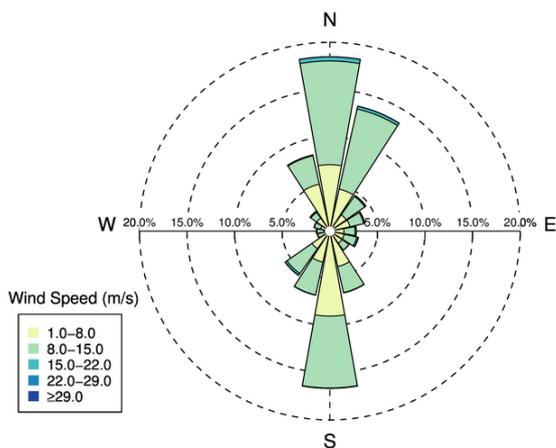
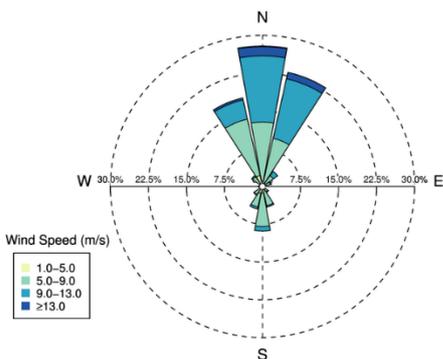
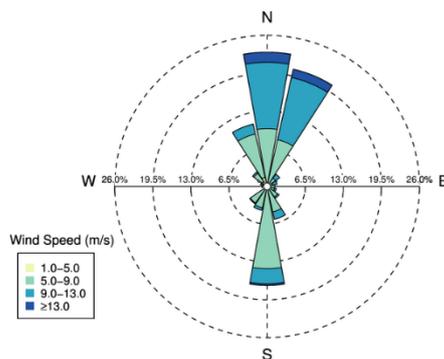


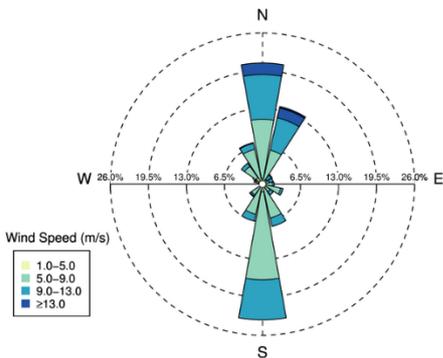
图 4.2-19 台山气象站年极大风速风向玫瑰图



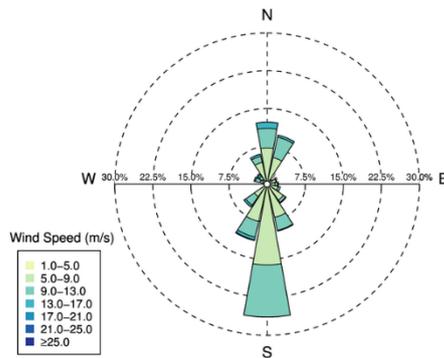
1 月



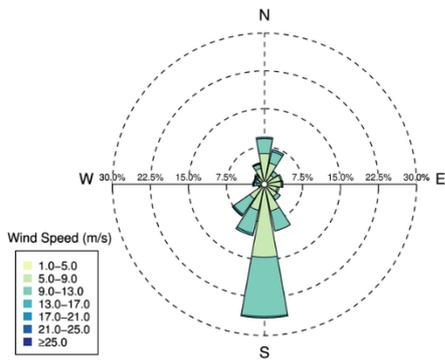
2 月



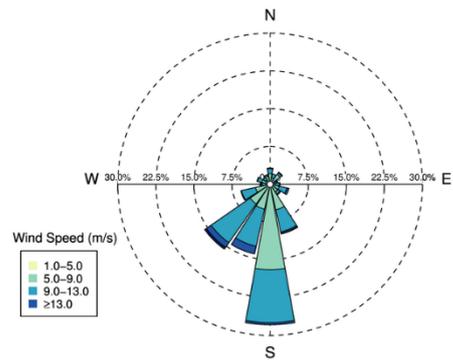
3 月



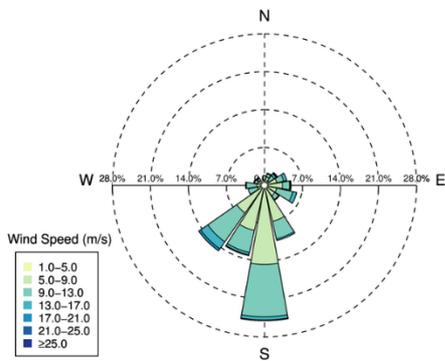
4 月



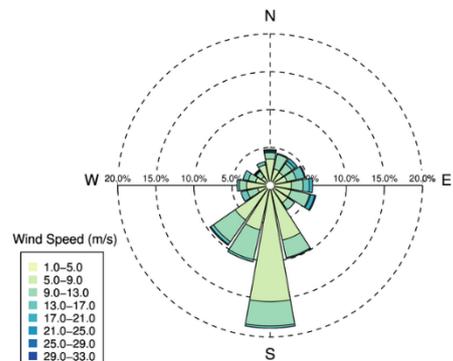
5月



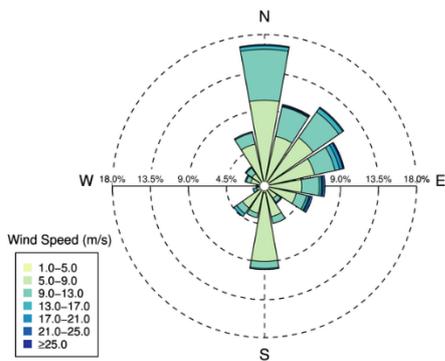
6月



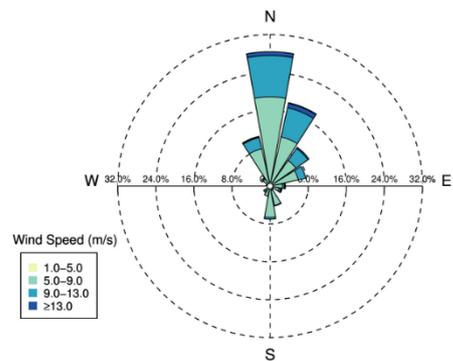
7月



8月



9月



10月

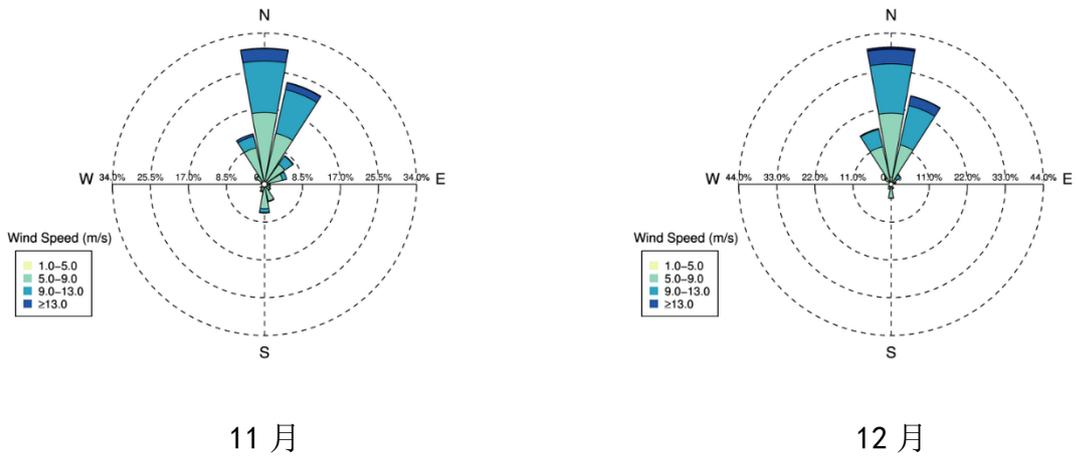


图 4.2-20 台山气象站各月极大风速风向玫瑰图

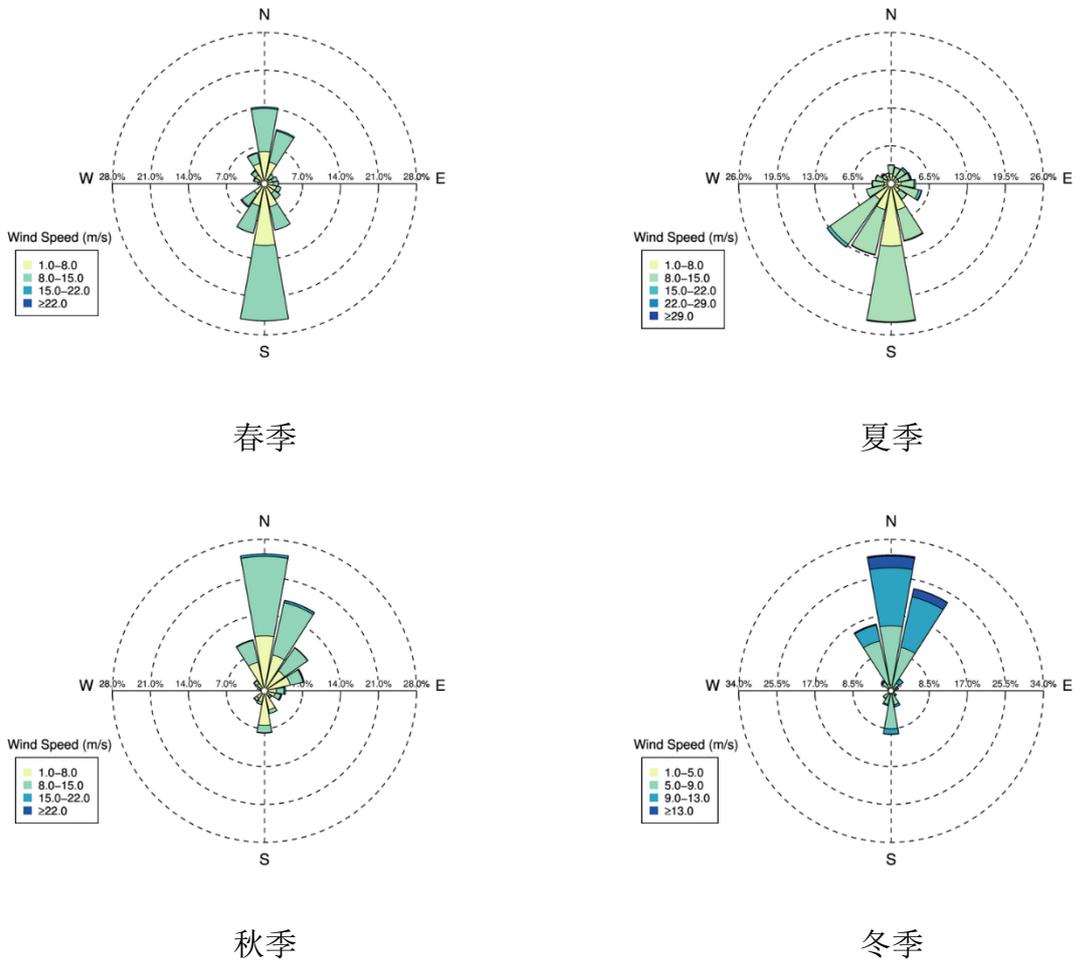


图 4.2-21 台山气象站各季节极大风速风向玫瑰图

表 4.2-17 台山气象站各月极大风速风向频率（单位：%）

| 月份 | N | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW |
|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|
| 1月 | 27.5 | 23.9 | 3.7 | 1.5 | 0.3 | 0.3 | 1.5 | 4.3 | 8.8 | 4.6 | 2.2 | 0.0 | 0.8 | 0.5 | 2.4 | 17.6 |
| 2月 | 22.6 | 20.9 | 2.7 | 1.8 | 1.4 | 1.7 | 2.4 | 5.7 | 17.1 | 4.2 | 3.8 | 0.0 | 0.6 | 1.2 | 3.0 | 11.0 |
| 3月 | 21.3 | 14.1 | 2.1 | 1.8 | 1.9 | 3.6 | 2.2 | 7.2 | 22.3 | 6.5 | 2.8 | 0.3 | 0.6 | 1.4 | 4.6 | 7.5 |
| 4月 | 12.2 | 10.2 | 1.2 | 2.0 | 2.0 | 2.6 | 4.6 | 8.9 | 26.4 | 11.8 | 5.8 | 0.6 | 0.7 | 2.7 | 2.4 | 5.8 |
| 5月 | 9.6 | 7.3 | 3.2 | 3.7 | 3.8 | 3.1 | 4.0 | 9.7 | 25.7 | 10.0 | 7.5 | 0.8 | 2.4 | 2.3 | 2.4 | 4.4 |
| 6月 | 2.9 | 2.2 | 3.1 | 1.6 | 2.0 | 3.9 | 2.6 | 10.5 | 28.1 | 14.2 | 15.6 | 5.7 | 1.9 | 2.0 | 1.6 | 1.9 |
| 7月 | 1.8 | 2.4 | 3.0 | 4.4 | 5.0 | 6.4 | 3.4 | 10.7 | 24.7 | 13.3 | 14.9 | 2.8 | 3.0 | 1.9 | 1.9 | 0.4 |
| 8月 | 4.7 | 4.3 | 4.3 | 4.7 | 5.6 | 6.1 | 3.9 | 9.9 | 18.8 | 10.3 | 9.6 | 3.9 | 4.3 | 3.6 | 2.5 | 3.2 |
| 9月 | 16.8 | 9.9 | 11.4 | 9.6 | 7.2 | 5.8 | 2.5 | 4.5 | 9.9 | 3.9 | 4.4 | 1.4 | 1.0 | 2.3 | 2.8 | 6.6 |
| 10月 | 28.4 | 18.0 | 9.9 | 7.7 | 3.2 | 2.6 | 0.8 | 4.3 | 7.0 | 2.2 | 1.6 | 0.1 | 0.5 | 0.8 | 2.2 | 10.8 |
| 11月 | 30.6 | 23.4 | 7.9 | 5.1 | 1.2 | 1.4 | 1.7 | 4.0 | 6.5 | 1.8 | 1.1 | 0.0 | 0.6 | 0.8 | 2.3 | 11.6 |
| 12月 | 39.9 | 26.4 | 3.4 | 1.4 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 1.3 | 4.1 | 1.4 | 0.9 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 2.4 | 16.6 |
| 春 | 14.4 | 10.6 | 2.2 | 2.5 | 2.6 | 3.1 | 3.6 | 8.6 | 24.8 | 9.4 | 5.3 | 0.6 | 1.2 | 2.1 | 3.2 | 5.9 |
| 夏 | 3.2 | 3.0 | 3.5 | 3.6 | 4.2 | 5.5 | 3.3 | 10.4 | 23.8 | 12.6 | 13.3 | 4.1 | 3.1 | 2.6 | 2.0 | 1.9 |
| 秋 | 25.3 | 17.1 | 9.7 | 7.5 | 3.9 | 3.2 | 1.6 | 4.3 | 7.8 | 2.6 | 2.4 | 0.5 | 0.7 | 1.3 | 2.4 | 9.7 |
| 冬 | 30.4 | 23.8 | 3.3 | 1.6 | 0.6 | 0.7 | 1.4 | 3.7 | 9.7 | 3.4 | 2.2 | 0.0 | 0.6 | 0.7 | 2.6 | 15.2 |
| 全年 | 18.5 | 13.8 | 4.7 | 3.8 | 2.8 | 3.1 | 2.5 | 6.7 | 16.4 | 6.9 | 5.7 | 1.3 | 1.4 | 1.7 | 2.5 | 8.2 |

（4）大风天数

根据台山气象站 1973~2017 年的测风资料，日最大 10min 平均风速统计达 6 级（10.8m/s）以上的大风天数有 120 天；达 8 级（17.2m/s）以上的大风天数有 6 天；达 10 级（24.5m/s）以上的大风天数有 1 天，出现在 1975 年 10 月 6 日。

根据台山气象站 1994~2017 年日极大风速（3s 阵风）统计，6 级以上大风天数达 1352 天；8 级以上大风天数达 71 天；10 级以上大风天数 6 天。

表 4.2-18 台山气象站各月大风（6 级以上）日数参数（单位：天）

| 项目 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全年 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 最大平均风速 大风日数 | 0 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 2.7 |
| 日极大风速大 风日数 | 4.8 | 3.7 | 4.4 | 5.0 | 4.1 | 6.1 | 5.6 | 4.8 | 3.9 | 3.3 | 5.0 | 5.7 | 56.3 |

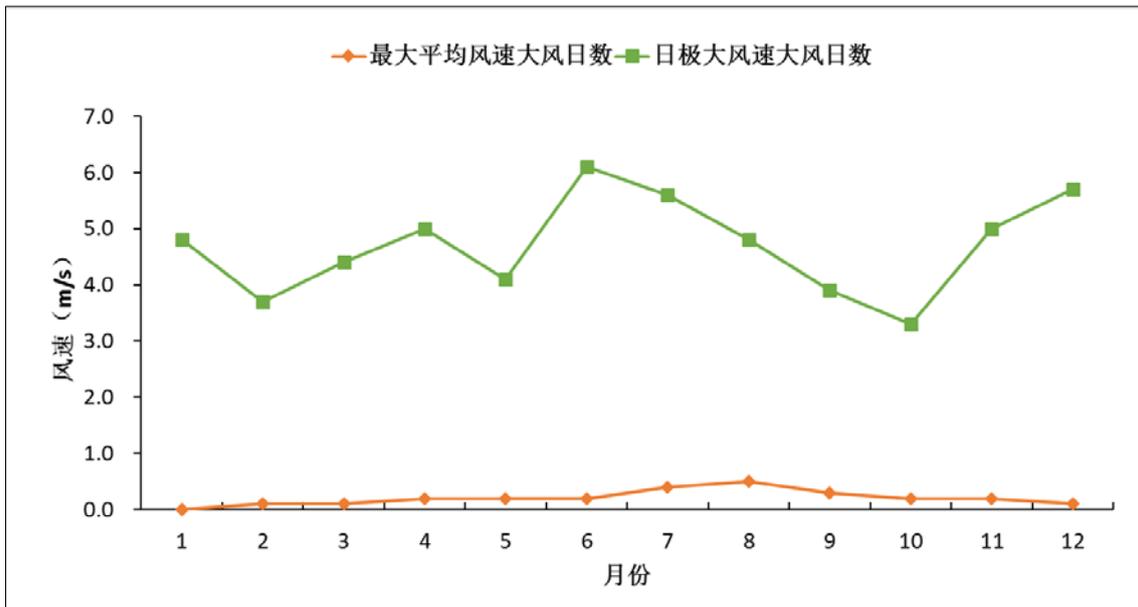


图 4.2-22 台山气象站各月大风（6 级以上）日数

4.2.4 低能见度日数

4.2.4.1 斗门站

根据斗门气象站 1980~2017 年完整 38 年的逐日能见度资料，能见度小于等于 100 米的天数有 53 天；能见度小于等于 200 米的天数有 99 天；能见度小于等于 500 米的天数有 310 天；能见度小于等于 1000 米的天数有 784 天。

表 4.2-19 斗门气象站各月低能见度日数参数（单位：天）

| 项目 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全年 |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 能见度低于100米 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.1 | 0.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 0.1 | 1.4 |
| 能见度低于200米 | 0.3 | 0.4 | 0.8 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0 | 0 | 0.1 | 0.2 | 2.6 |
| 能见度低于500米 | 0.7 | 1.3 | 2.3 | 1 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 8.2 |
| 能见度低于1000米 | 2.2 | 3 | 5.1 | 2.2 | 1.3 | 0.9 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 1.2 | 1.7 | 20.6 |

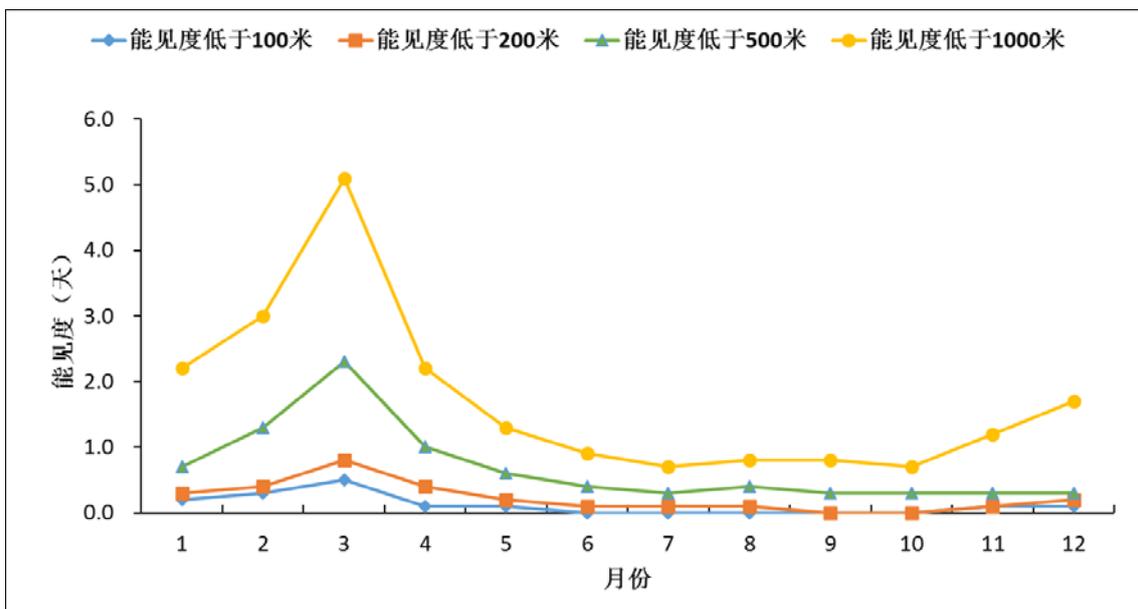


图 4.2-23 斗门气象站各月低能见度日数参数图

4.2.4.2 台山站

根据台山气象站 1980 年~2017 年完整 38 年的逐日能见度资料，能见度小于等于 100 米的天数有 38 天；能见度小于等于 200 米的天数有 80 天；能见度小于等于 500 米的天数有 203 天；能见度小于等于 1000 米的天数有 438 天。

表 4.2-20 台山气象站各月低能见度日数参数（单位：天）

| 项目 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全年 |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 能见度低于100米 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.3 | 0.1 | 1 |
| 能见度低于200米 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0 | 0.1 | 0 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.2 | 2.1 |
| 能见度低于500米 | 0.8 | 0.6 | 0.8 | 0.5 | 0.4 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 5.3 |
| 能见度低于1000米 | 1.3 | 1.4 | 2.2 | 1.2 | 0.9 | 0.5 | 0.5 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.7 | 11.5 |

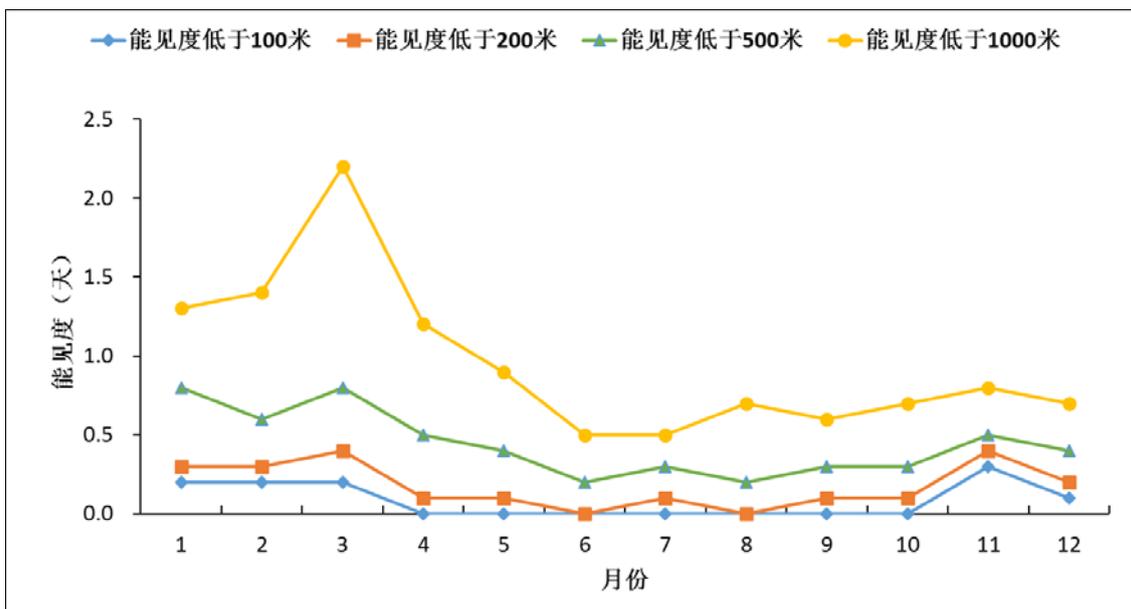


图 4.2-24 台山气象站各月低能见度日数参数图

4.3 不同重现期风速计算

4.3.1 站点资料分析

对于本工程设计而言，首先应对台山气象站（59487）和斗门气象站（59478）的设计最大风速原始资料需经过以下计算：

首先，应对气象站风速原始资料的可靠性、一致性和代表性进行审查，对特大风速值可通过天气分析、重现期分析、地区比审、气象要素相关、查阅史籍记载等方面审查。

其次，应采用自记式风速仪记录的 10min 平均最大风速资料，风速仪标准高度应为 10m，当观测的风速仪高度与标准高度相差较大时，可按下列式换算到标准高度的风速V：

$$V = V_z \left(\frac{10}{Z} \right)^\alpha$$

式中： V_z 为风速仪观测风速（m/s）； Z 为风速仪实际高度（m）； α 为地面粗糙度系数，空旷平坦地区地面粗糙度系数取 0.15，台山气象站（59487）和斗门气象站（59478）均取值 0.15。台山气象站（59487）和斗门气象站（59478）的风速仪的实际高度均为 10m。据此标准，对台山气象站（59487）、斗门气象站（59478）和银湖湾气象站（G2111）的年最大风速资料进行统计和订正。

4.3.2 不同重现期风速计算

4.3.2.1 台山气象站（59478）

台山气象站（59478）从 1973 年开始有最大风速观测值，至 2017 年已有连续 45 年的最大风速资料。本报告利用台山气象站 1973~2017 年的年最大风速建立评估序列采用 Gumble 分布、Weibull 分布、对数正态分布和 Pearson-III 型分布对该站最大风速年极值进行了概率分布拟合，并检验筛选最优模型。

结果表明，采用 Gumble 分布概率分布函数为最优模型。计算得到台山气象站不同重现期最大风速（见表 4.3-1）。

风荷载的基准压力，一般按当地空旷平坦地面上 10m 高度处的最大风速观测数据，经概率统计得出各个重现期最大风速，再考虑相应的空气密度，按贝努利公式确定基本风压。推荐基本风压应采用规范规定的方法确定的 50 年重现期的风压，但不能小于 0.3kN/m^2 。对于高层建筑、高耸结构

以及对风荷载比较敏感的其他结构，基本风压的取值应适当提高，并应符合有关结构设计规范的规定。基本风压应按下式计算：

$$W_0 = \frac{1}{2} \rho V_0^2$$

式中： W_0 为基本风压（ kN/m^2 ）； V 为某一重现期离地 10m 高自记 10min 平均最大风速（ m/s ）； ρ 为空气密度（ kg/m^3 ）。

空气密度 ρ 按下式计算：

$$\rho = \frac{1.276}{1 + 0.00366t} \left(\frac{P - 0.378e}{1000} \right)$$

式中： P 为气压（ hPa ）； t 为气温（ $^{\circ}\text{C}$ ）； e 为水汽压（ hPa ）。

根据上式计算，得到台山气象站的空气密度为 1.180831kg/m^3 。

根据台山气象站不同重现期风速（表 4.3-1），利用上述方法计算相应的基本风压 W_0 。

表 4.3-1 台山气象站不同重现期风参数

| 重现期 (a) | 5 | 10 | 30 | 50 | 100 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|
| 10min 平均最大风速 (m/s) | 17.4 | 19.8 | 23.6 | 25.3 | 27.6 |
| 基本风压 (kN/m^2) | 0.18 | 0.24 | 0.35 | 0.40 | 0.48 |

根据《建筑结构荷载规范(GB5009-2012)》，可以利用风廓线指数律模拟风速随高度的变化：

$$u = u_1 \left[\frac{z}{z_1} \right]^m$$

式中 u_1 为已知高度 z_1 处的平均风速（ m/s ）， u 为推算高度 z 处的平均风速（ m/s ）， m 为稳定度参数。《建筑结构荷载规范(GB5009-2012)》提供了幂指数 m 取值方式用于模拟极端风速随高度变化，不同地面粗糙度对应不同 m ，台山气象站（59478）取 B 类（指田野、乡村、丛林、丘陵以及房屋比较稀

疏的乡镇)), m 取值 0.16。再根据风压随高度变化得出不同高度处的风压, 结果见表 4.3-2。

通过上述计算得到该地 50 年一遇的 10m 高度年极大风速 34.2m/s, 基本风压为 0.40kN/m²。

表 4.3-2 台山气象站各高度不同重现期风参数

| 项目 | 重现期 (a) | | 5 | 10 | 30 | 50 | 100 |
|-------------------------|---------|------------|------|------|------|------|------|
| | 高度 (m) | | | | | | |
| 10min 平均最大风速 (m/s) | 10 | | 17.4 | 19.8 | 23.6 | 25.3 | 27.6 |
| | 20 | | 19.4 | 22.1 | 26.4 | 28.3 | 30.8 |
| | 40 | | 21.7 | 24.7 | 29.5 | 31.6 | 34.5 |
| | 60 | | 23.2 | 26.4 | 31.4 | 33.7 | 36.8 |
| | 80 | | 24.3 | 27.6 | 32.9 | 35.3 | 38.5 |
| 风压 (kN/m ²) | 10 | | 0.18 | 0.24 | 0.35 | 0.4 | 0.48 |
| | 20 | | 0.36 | 0.48 | 0.70 | 0.80 | 0.96 |
| | 40 | | 0.43 | 0.57 | 0.84 | 0.95 | 1.15 |
| | 60 | | 0.47 | 0.63 | 0.92 | 1.05 | 1.26 |
| | 80 | | 0.51 | 0.68 | 0.99 | 1.13 | 1.36 |
| 极大风速 (m/s) | 10 | $G^*=1.35$ | 23.5 | 26.7 | 31.9 | 34.2 | 37.3 |
| | 20 | $G=1.32$ | 25.7 | 29.2 | 34.8 | 37.3 | 40.7 |
| | 40 | $G=1.27$ | 27.6 | 31.4 | 37.4 | 40.1 | 43.8 |
| | 60 | $G=1.25$ | 29.0 | 33.0 | 39.3 | 42.1 | 46.0 |
| | 80 | $G=1.23$ | 29.9 | 34.0 | 40.5 | 43.4 | 47.3 |

注: G 为阵风系数

4.3.2.2 斗门气象站 (59487)

斗门气象站 (59487) 从 1980 年开始有最大风速观测值, 至 2017 年已有连续 38 年的最大风速资料。本报告利用斗门气象站 1980~2017 年的年

最大风速建立评估序列采用 Gumble 分布、Weibull 分布、对数正态分布和 Pearson-III型分布对该站最大风速年极值进行了概率分布拟合，并检验筛选最优模型。

结果表明，采用 Gumble 分布概率分布函数为最优模型。计算得到斗门气象站不同重现期最大风速（见表 4.3-3）。

斗门气象站的空气密度为 1.181457kg/m^3 ，根据 4.3.2.1 节中的风压计算公式，计算得到斗门气象站的基本风压 W_0 。

表 4.3-3 斗门气象站（59487）不同重现期风参数

| 重现期 (a) | 5 | 10 | 30 | 50 | 100 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|
| 10min 平均最大风速 (m/s) | 18.3 | 21.5 | 26.2 | 28.4 | 31.3 |
| 基本风压 (kN/m ²) | 0.20 | 0.27 | 0.41 | 0.48 | 0.58 |

根据《建筑结构荷载规范(GB5009-2012)》，可以利用风廓线指数律模拟风速随高度的变化：

$$u = u_1 \left[\frac{z}{z_1} \right]^m$$

式中 u_1 为已知高度 z_1 处的平均风速 (m/s)， u 为推算高度 z 处的平均风速 (m/s)， m 为稳定度参数。《建筑结构荷载规范(GB5009-2012)》提供了幂指数 m 取值方式用于模拟极端风速随高度变化，不同地面粗糙度对应不同 m ，斗门气象站（59487）取 A 类（指近海海面和海岛、海岸、湖岸及沙漠地区）， m 取值 0.12。再根据风压随高度变化得出不同高度处的风压，结果见表 4.3-4。

通过上述计算得到该地 50 年一遇的 10m 高度年极大风速 38.3m/s，基本风压为 0.48kN/m^2 。

表 4.3-4 斗门气象站各高度不同重现期风参数

| 项目 | 重现期 (a) | | 5 | 10 | 30 | 50 | 100 |
|-------------------------|---------|----------------------|------|------|------|------|------|
| | 高度 (m) | | | | | | |
| 10min 平均最大风速 (m/s) | 10 | | 18.3 | 21.5 | 26.2 | 28.4 | 31.3 |
| | 20 | | 19.9 | 23.4 | 28.5 | 30.9 | 34.0 |
| | 40 | | 21.6 | 25.4 | 30.9 | 33.5 | 37.0 |
| | 60 | | 22.7 | 26.7 | 32.5 | 35.2 | 38.8 |
| | 80 | | 23.5 | 27.6 | 33.6 | 36.4 | 40.2 |
| 风压 (kN/m ²) | 10 | | 0.2 | 0.27 | 0.41 | 0.48 | 0.58 |
| | 20 | | 0.47 | 0.64 | 0.97 | 1.13 | 1.37 |
| | 40 | | 0.54 | 0.73 | 1.11 | 1.30 | 1.57 |
| | 60 | | 0.58 | 0.79 | 1.20 | 1.40 | 1.69 |
| | 80 | | 0.62 | 0.84 | 1.28 | 1.50 | 1.81 |
| 极大风速 (m/s) | 10 | G [*] =1.35 | 24.7 | 29.0 | 35.4 | 38.3 | 42.3 |
| | 20 | G=1.32 | 26.3 | 30.9 | 37.6 | 40.8 | 44.9 |
| | 40 | G=1.27 | 27.4 | 32.3 | 39.2 | 42.5 | 47.0 |
| | 60 | G=1.25 | 28.4 | 33.4 | 40.6 | 44.0 | 48.5 |
| | 80 | G=1.23 | 28.9 | 33.9 | 41.3 | 44.8 | 49.4 |

注：G 为阵风系数

4.3.2.3 银湖湾气象站 (G2111)

新会区崖门镇银湖湾气象站 (G2111) 从 2003 年开始有最大风速观测值，至 2017 年已有连续 15 年的最大风速资料。

根据边界层风特性观测研究，强风和小风特征显著不同，因工程抗风主要关注强风特征，因此，参与计算的样本选择应在满足相关计算的样本数基础上，采用强风样本选取原则。利用 G1947 区域自动气象站观测资料、台山气象站同期的风观测资料和斗门气象站同期的风观测资料，根据上述

大风取样原则，选取三站 10min 平均日最大风速大于等于 6.0m/s 的 69 个样本进行相关分析。

结果表明 G2111 站和台山站 (59478) 相关系数为 $R=0.61$ ，在信度 0.05 水平上为显著的正相关（见图 4.3-1）；G2111 站和斗门站 (59487) 相关系数为 $R=0.37$ ，未通过在信度 0.05 水平上为显著性检验。计算得到距地面 10m 高度风速样本比值（G2111 站/台山站 (59478)）为 $k=1.6463$ 。利用比值 K 乘以台山站 (59478) 的重现期风速，得到银湖湾气象站 (G2111) 的重现期风速，再根据银湖湾气象站 (G2111) 的空气密度 1.181457kg/m^3 ，计算得到银湖湾气象站 (G2111) 的基本风压 W_0 （见表 4.3-5）。

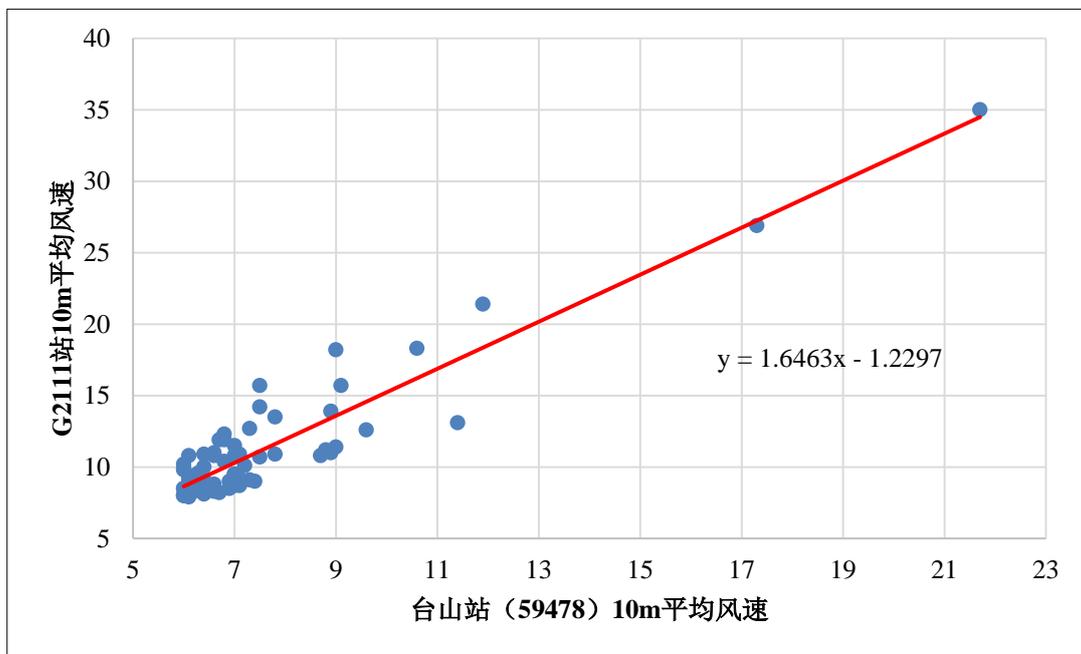


图 4.3-1 银湖湾气象站 (G2111) 与台山站 (59478) 大风样本相关分析

表 4.3-5 银湖湾气象站 (G2111) 不同重现期风参数

| 重现期 (a) | 5 | 10 | 30 | 50 | 100 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|
| 10min 平均最大风速 (m/s) | 28.6 | 32.6 | 38.9 | 41.7 | 45.4 |
| 基本风压 (kN/m^2) | 0.48 | 0.63 | 0.89 | 1.03 | 1.22 |

根据《建筑结构荷载规范(GB5009-2012)》，可以利用风廓线指数律模拟风速随高度的变化：

$$u = u_1 \left[\frac{z}{z_1} \right]^m$$

式中 u_1 为已知高度 z_1 处的平均风速（m/s）， u 为推算高度 z 处的平均风速（m/s）， m 为稳定度参数。《建筑结构荷载规范(GB5009-2012)》提供了幂指数 m 取值方式用于模拟极端风速随高度变化，不同地面粗糙度对应不同 m ，银湖湾气象站（G2111）取 A 类（指近海海面和海岛、海岸、湖岸及沙漠地区）， m 取值 0.12。再根据风压随高度变化得出不同高度处的风压，结果见表 4.3-6。

通过上述计算得到该地 50 年一遇的 10m 高度年极大风速 56.3m/s，基本风压为 1.03kN/m²。依据经验，推荐基本风压应采用规范规定方法确定的 50 年重现期的风压，但不能小于 0.30kN/m²。因此，该工程区的基本风压定为 1.03kN/m²。

表 4.3-6 银湖湾气象站各高度不同重现期风参数

| 项目 | 重现期 (a) | 5 | 10 | 30 | 50 | 100 |
|--------------------------|---------|------|------|------|------|------|
| | 高度 (m) | | | | | |
| 10min 平均 最大风速 (m/s) | 10 | 28.6 | 32.6 | 38.9 | 41.7 | 45.4 |
| | 20 | 31.1 | 35.4 | 42.3 | 45.3 | 49.3 |
| | 40 | 33.8 | 38.5 | 45.9 | 49.2 | 53.6 |
| | 60 | 35.5 | 40.4 | 48.2 | 51.7 | 56.3 |
| | 80 | 36.7 | 41.8 | 49.9 | 53.5 | 58.3 |
| 风压 (kN/m ²) | 10 | 0.48 | 0.63 | 0.89 | 1.03 | 1.22 |
| | 20 | 1.13 | 1.48 | 2.10 | 2.43 | 2.87 |
| | 40 | 1.30 | 1.70 | 2.41 | 2.78 | 3.30 |
| | 60 | 1.40 | 1.84 | 2.59 | 3.00 | 3.56 |
| | 80 | 1.50 | 1.96 | 2.77 | 3.21 | 3.80 |

续表 4.3-6

| 项目 | 重现期 (a) | | 5 | 10 | 30 | 50 | 100 |
|------------|---------|------------|------|------|------|------|------|
| | 高度 (m) | | | | | | |
| 极大风速 (m/s) | 10 | $G^*=1.35$ | 38.6 | 44.0 | 52.5 | 56.3 | 61.3 |
| | 20 | $G=1.32$ | 41.0 | 46.8 | 55.8 | 59.8 | 65.1 |
| | 40 | $G=1.27$ | 42.9 | 48.9 | 58.3 | 62.5 | 68.1 |
| | 60 | $G=1.25$ | 44.3 | 50.5 | 60.3 | 64.6 | 70.4 |
| | 80 | $G=1.23$ | 45.1 | 51.5 | 61.4 | 65.8 | 71.7 |

注：G 为阵风系数

4.3.3 重现期风速计算结果使用建议

根据台山气象站（59478）、斗门气象站（59487）和银湖湾气象自动站（G2111）离项目的距离和以及气象站的观测环境，比较江门滨海新城的自然环境，厂址下垫面粗糙度类别取 A 类（指近海海面和海岛、海岸、湖岸及沙漠地区），风速重现期及风压计算取银湖湾气象自动站（G2111）作为气象参考站。建议江门滨海新城的工程项目建设时参考 10m 高度 50 年一遇 10min 平均风速取值 41.7m/s，阵风 56.3m/s，相应的基本风压为 1.03KN/m²。

4.4 暴雨强度公式计算

新会暴雨强度公式编制方法是根据中华人民共和国国家标准《室外排水设计规范》（GB50014-2006，2014 版）附录 A “暴雨强度公式的编制方法” 进行计算及编制。暴雨强度也是根据规范提出的公式

$$q = \frac{167A_1(1+C \lg P)}{(t+b)^n} \quad (1)$$

进行计算，其中， q 为暴雨强度（升 / 秒 · 公顷）， t 为降雨历时（分钟）， A_1 、 b 、 c 、 n 为需求的参数。

4.4.1 原始资料处理

本项目雨量记录来自新会国家气象站，统计年代为 1980~2014 年，共计 34 年的资料。降雨历时采用 5、10、15、20、30、45、60、90、120 分钟 9 个降雨历时，资料整理的步骤为：

(1) 每年按照“不漏场次、不漏最大值”的原则选取降雨场次，每年取降水量最大的 8 场降水。

(2) 利用降水自记纸的数字化处理系统对所选场次进行数字化处理，获得逐分钟的降水量。逐年分别求算出 9 个降雨历时的 8 个最大值。挑选最大值时要保证任意两个值所在时段不能重合或相交。

4.4.2 暴雨强度公式拟合

(1) 暴雨强度的频率和重现期的计算

在暴雨强度频率的计算中，常用次频率公式：

$$P = \frac{M}{N+1} \times 100\%$$

式中 P 为频率， N 为样本总数 ($N = \text{资料长度} \times 4$)， M 为样本的序号 (样本按从大到小排序)。

暴雨强度重现期 T 是指相等或超过它的暴雨强度出现一次的平均时间，单位用年。由此得出重现期计算是式为：

$$T = \frac{N+1}{4M}$$

本重现期取 0.25、0.33、0.5、1、2、5、10、20、50、100 年共计 10 个期限，对应的次频率为：0.25%、0.5%、1.25%、2.5%、5%、12.5%、25%、50%、75%、99.9%。

(2) 理论降雨强度频率曲线和理论降雨强度

将原始资料建立统计样本，不论年次按从大到小顺序进行排序，并从大到小选择年数 4 倍的雨量强度资料，作为建立暴雨强度公式的统计样本。计算出每个样本资料所对应的频率，读出频率为 1%、2%、3%、5%、10%、25%、50%、75%、90%、95%、99.9% 所对应的各历时雨量，并将雨量值转化为降雨强度，雨量值与降雨强度的关系是：

$$q = \frac{167i}{t}$$

式中 q 为降雨强度， i 为雨量值， t 为降雨历时。

由于设计要求的重现期（需用到 100 年一遇）超过现有资料的实际年限（50 年），采用皮尔逊-III 型曲线拟合原始暴雨强度，延长样本资料的年限，得到设计所要求的大于实际年限的且与原始降雨强度接近的理论降雨强度。

(3) 单一重现期暴雨强度公式拟合

单一重现期包括 0.25、0.33、0.5、1、2、5、10、20、50、100 年一遇 10 个重现期。将暴雨强度公式（式 1）两边取对数得 $\text{Ln}q = \text{Ln}167A - n\text{Ln}(t+b)$ ，令 $y = \text{Ln}q$ ， $b_0 = \text{Ln}(167A)$ ， $b_1 = -n$ ， $x = \text{Ln}(t+b)$ ，即得 $y = b_0 + b_1x$ 。

首先固定某一重现期，根据这一重现期下的 q 、 t 值，应用最小二乘法，可求得 b_0 、 b_1 ，那么 A 、 n 即可求得。计算时，由于 b 是未知的，故先给定一个 b 值，再应用最小二乘法求出 A 、 n ，然后根据暴雨强度公式算出给定 b 下的暴雨强度 q ，与原来调整后的暴雨强度 q （理论值）比较（用计算值与理论值均方误差和其相关系数作为判别的标准）。不断改变 b ，直到使其接近原来调整后的暴雨强度 q 为止，那么此时的 A 、 b 、 n 即为这一重现期下的暴雨强度公式中所要求的参数。同理可求得其它重现期暴雨强度公式中的参数。

表 4.4-1 新会单一重现期暴雨强度公式

| 重现期 P (年) | 公 式 |
|-----------|-----------------------------------|
| P=2 | $4830.308 / (t + 17.044)^{0.803}$ |
| P=3 | $4359.535 / (t + 15.633)^{0.760}$ |
| P=5 | $3853.024 / (t + 13.926)^{0.712}$ |
| P=10 | $3377.408 / (t + 11.547)^{0.661}$ |
| P=20 | $3077.977 / (t + 9.235)^{0.626}$ |
| P=30 | $2957.904 / (t + 8.256)^{0.609}$ |
| P=50 | $2825.473 / (t + 7.160)^{0.589}$ |
| P=100 | $2661.312 / (t + 5.792)^{0.564}$ |

(4) 区间参数公式拟合

由于上面求得的是单一重现期的暴雨强度公式，而两个单一重现期之间的暴雨强度还无法求得。如重现期为 10 年、20 年的暴雨强度可求得，但重现期为 15 年的暴雨强度则无法计算。因此引入重现期区间参数公式，以解决这个问题。应用式 (2)

$$y = b_1 + b_2 \ln(P + C) \quad (2)$$

作为区间参数公式来求算区间参数值效果很好 (式 (2) 中, y 为 A 、 b 、 n 参数中的任一个, P 为重现期, C 为常数)。

首先把 1~100 年分为 (I): 1~10 年和 (II): 10~100 年两个区间, 将 A 、 b 、 n 代入 (2) 式中得:

$$A = A_1 + A_2 \ln(P + C_A) \quad (3)$$

$$b = b_1 + b_2 \ln(P + C_b) \quad (4)$$

$$n = n_1 + n_2 \ln(P + C_n) \quad (5)$$

上面三式中 A、b、n 和 P 是已知数， A_1 、 A_2 、 C_A 、 b_1 、 b_2 、 C_b 及 n_1 、 n_2 、 C_n 都是未知数。根据上面求得单一重现期 P 下的 A、b、n 值，同理，利用数值逼近法和最小二乘法，可解得未知数 A_1 、 A_2 、 C_A 、 b_1 、 b_2 、 C_b 和 n_1 、 n_2 、 C_n ，从而可算得 I、II 两个区间的 A、b、n 值，将它们代入式 (1)，可得 1~100 年之间的任意一个重现期暴雨强度公式，从而可计算任意重现期的暴雨强度。

表 4.4-2 新会重现期区间暴雨强度公式

| 重现期 P (年) | 区间 | 参数 | 公 式 |
|-----------|----|----|--------------------------------|
| 1—10 | I | n | $0.827 - 0.180Lg(P - 0.640)$ |
| | | b | $18.799 - 7.198Lg(P - 0.247)$ |
| | | A | $29.900 - 10.903Lg(P - 0.771)$ |
| 10—100 | II | n | $0.719 - 0.078Lg(P - 4.527)$ |
| | | b | $13.953 - 4.138Lg(P - 6.185)$ |
| | | A | $21.737 - 2.945Lg(P - 6.737)$ |

(5) 总公式的推算

根据 (1) 式 $q = \frac{167A_1(1 + cLgP)}{(t + b)^n}$ 将其两边取对数得：

$$\ln q = \ln 167A_1 + \ln(1 + cLgP) - n \ln(t + b) \tag{6}$$

令 $y = \ln q, b_0 = \ln 167A_1, x_1 = \ln(1 + cLgP), b_2 = -n, x_2 = \ln(t + b)$ ，即得 $y = b_0 + x_1 + b_2x_2$ 。已知 q 、 P 、 t 值，应用数值逼近法和最小二乘法解此二元线性回归方程，可求得 b_0 、 b_2 ，从而可求得 A_1 、 n 。

推算出新会的暴雨强度总公式为：

新会：

$$q = \frac{4288.206(1 + 0.658LnP)}{(t + 30.945)^{0.736}} \tag{7}$$

4.4.3 暴雨强度公式精度检验

为确保计算结果的准确性，需对暴雨强度计算结果进行精度检验，按国家规范（GB50014-2006，2014 版）的要求，需计算重现期 2~20 年暴雨强度的平均绝对均方误差和平均相对均方误差，平均绝对均方误差不超过 0.05mm / min，平均相对均方误差不大于 5%。

$$\text{平均绝对均方误差: } X_m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{R'_i - R_i}{t_i} \right)^2} \quad (8)$$

$$\text{平均相对均方误差: } U_m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{R'_i - R_i}{R_i} \right)^2} \times 100\% \quad (9)$$

式（8）和式（9）中， R' 为理论降水量， R 为实际降水量， t 为降水历时， n 为样本数。

利用暴雨强度总公式算得的重现期 2~20 年暴雨强度平均绝对方差新会为 0.046（mm/min）；相对均方误差为 2.04%，符合《室外排水设计规范》（GB50014-2006，2014 版）提出的精度要求。从两种公式计算精度看，暴雨强度区间公式明显优于暴雨强度总公式，因此推荐使用暴雨强度区间公式。

第五章 区域大气雷电环境评价

大气雷电环境评价是对江门市银湖湾滨海新城核心区所在位置的多年雷暴活动地理分布特征和时间演变规律进行分析和比较，目的在于了解和掌握雷电这一自然致灾源的气候变化特征和相关物理参数，对弥补某些技术标准的不足，提高防雷设计的科学性、针对性和有效性，以及加强区域防雷减灾和安全生产工作，都具有重要的参考意义和指导作用。

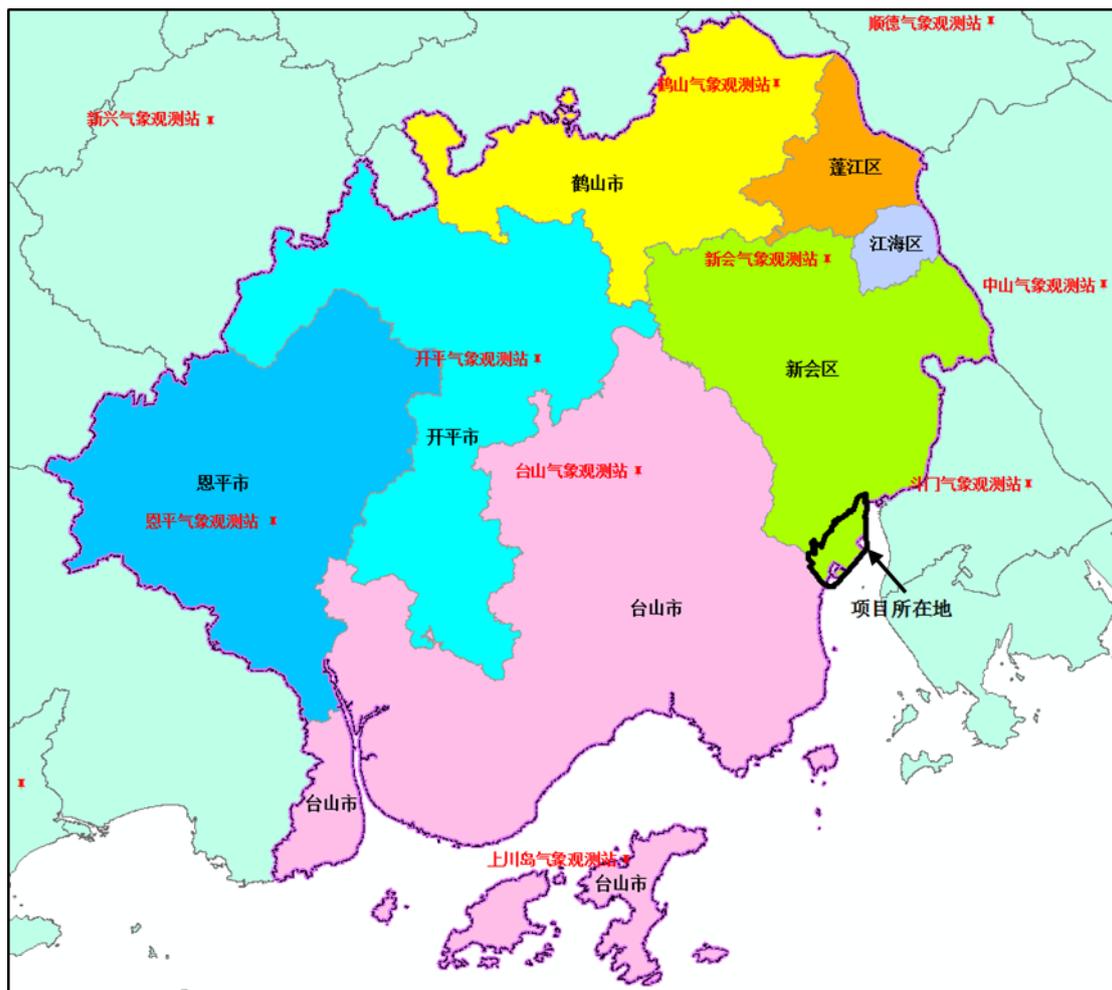


图 5.0-1 江门市银湖湾滨海新城核心区地理位置分布图



图 5.0-2 江门市银湖湾滨海新城核心区区域示意图

5.1 雷暴日参数

雷暴日是在指定区域内一年四季所有发生雷电放电的天数，用 T_d 表示，一天内气象观测员只要听到一次或一次以上的雷声就算是一个雷暴日。雷暴日是气象观测的要素之一，可在一定程度上反映指定区域的一般雷电活动气候特征，通过分析多年雷暴日数据，可初步得出该区域的一般雷电活动气候规律。江门市银湖湾滨海新城核心区位于江门市新会区，雷暴日数

据取自邻近项目所在地的新会气象观测站、台山气象观测站、斗门气象观测站 30 年（1984-2013 年）数据平均值。

图 5.1-1 是 3 个气象观测站 30 年雷暴日年平均分布图，年平均雷暴日有 70 天，最高年份可达 93 天（1997 年），最低年份 53 天（1989 年）。图 5.1-2 是 3 个气象观测站 30 年雷暴日月平均分布图，雷暴多发期在 4~9 月份，月平均超 5 天，6 至 8 月份为雷电高发期，月平均超 13 天，雷电月分布特征呈现双峰特性，8 月最强。

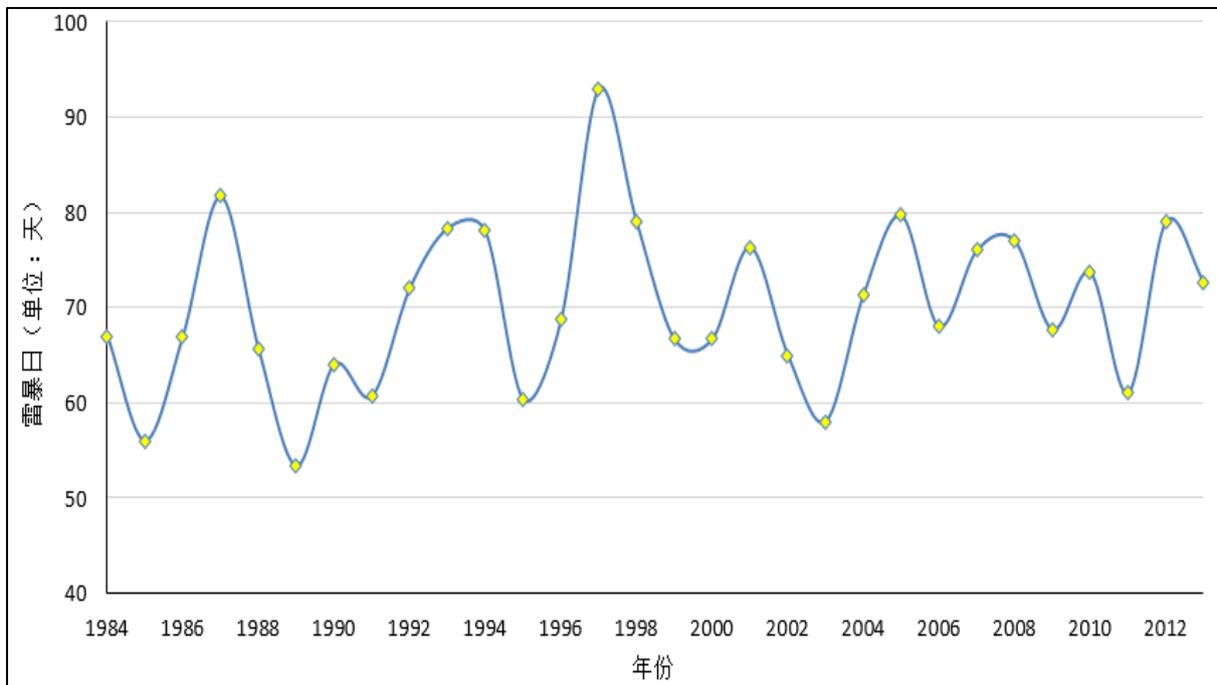


图 5.1-1 项目所在地 30 年（1984-2013）雷暴日年平均分布图

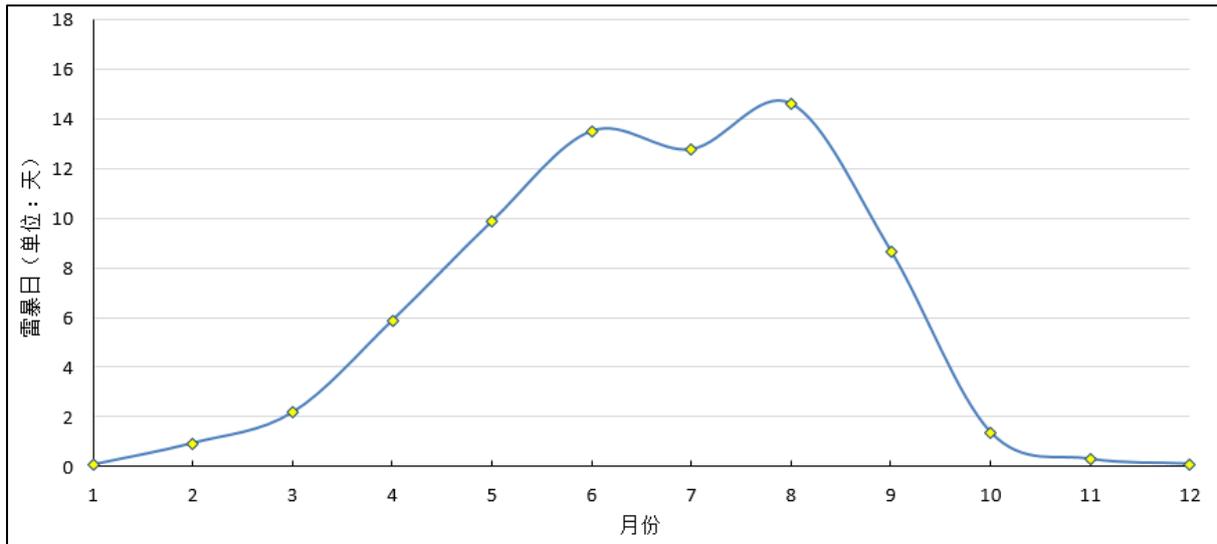


图 5.1-2 项目所在地 30 年（1984-2013）雷暴日月平均分布图

5.2 地闪密度空间分布

雷暴日的统计主要是以气象观测站听到的雷声作为依据，这里的雷声既包括云地闪发出的，也包括云际闪。因此，不能准确表征地面落雷。在进行建筑物年雷击次数的估算时，应以在建筑物所在区域测得的地闪密度为准，而不宜以通过雷暴日计算的落雷密度为准，本报告给出的地闪密度数据，是通过对雷电定位系统（LLS）实时监测资料计算得出的地闪密度。

地闪密度是指每平方公里年平均地面落雷次数，既是定量表征雷云对地放电的频繁程度的数值，也是估算建筑物年预计雷击次数时重要的参数。用 N_g 表示，单位为：次/（平方公里·年）或次/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$)。

为了提高对雷暴活动的监测能力，全国各地陆续建立了雷电监测网，专门对闪电发生进行监测和定位，加上利用雷达、卫星等监测手段，对闪电及雷暴活动特征提供了更为丰富、科学的数据。

本报告所采用的闪电定位资料来自南方电网广东省雷电定位系统十九年雷电监测数据。该系统 1995 年建成，1997 年 4 月正式投入运行，现有广州站、花都站、肇庆金渡站、茂名站、珠海红旗站、韶关董塘站、惠州秋长站、汕尾站、汕头站、梅州站、河源站、阳江站、云浮罗定站、湛江

雷州站、湛江廉江站、连州站 16 个雷电方向时差探测站（见图 5.2-1），采用定向定位和时差定位综合定位技术，可实时测量广东省境内云地闪发生的时间、地点、幅值、极性和回击次数等参数。

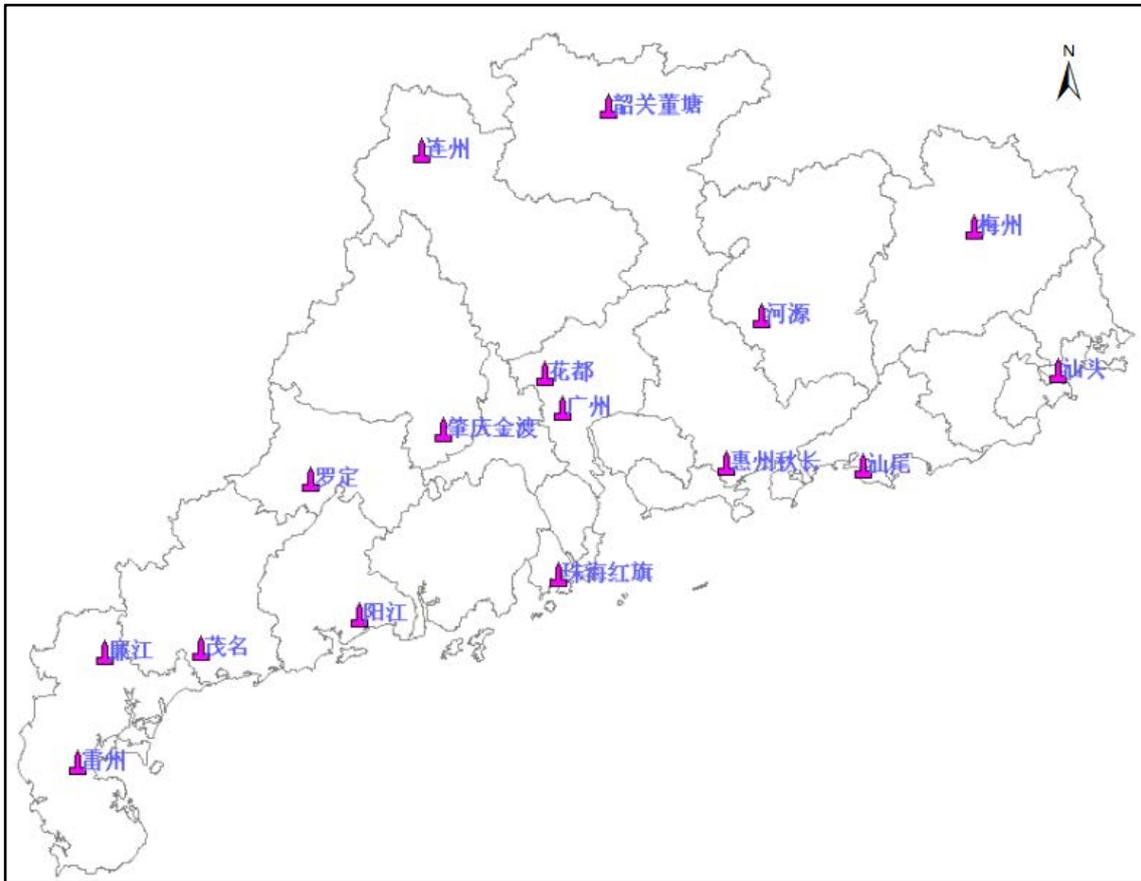


图 5.2-1 广东省雷电定位系统探测站点分布图

该系统闪电定位理论精度可达 300~500m 左右，根据广东电网输电线路雷击杆塔故障查询多年业务运行情况分析结果，该系统在珠江三角洲地区的实际业务运行平均定位精度约为 320m，全省平均定位精度 800~1000m。

研究表明，在其他条件相同时，山区雷击频率大于平原，河床等水体附近发生雷击频率更高，土壤电阻率小、金属矿藏丰富、地下水位高的地区更易发生雷击。

以江门市银湖湾滨海新城核心区现场测量的地理坐标为基础数据，结合十九年（1999-2017 年，以下相同，不重复说明）闪电定位系统数据，对核心区及扩充的 3km、5km、10km、15km 半径范围进行统计分析，得

到地闪密度分布图（见图 5.2-2 至图 5.2-8）和对应的平均地闪密度值（见表 5.2-1），并把此值作为雷电风险评价的基础参数之一。

5.2.1 项目所在区域地闪密度空间分布

项目所在区域(江门市)十九年平均地闪密度值约为 15.08 次/ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ，图 5.2-2 是江门市平均地闪密度分布图。本项目位于江门市东南部沿海区域，规划面积约 65 平方公里，邻近珠海斗门，处于地闪密度值 $12 \sim 15$ 次/ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 的区域，地闪密度值的空间分布特征可作为设施布局和风险计算的参考依据之一。

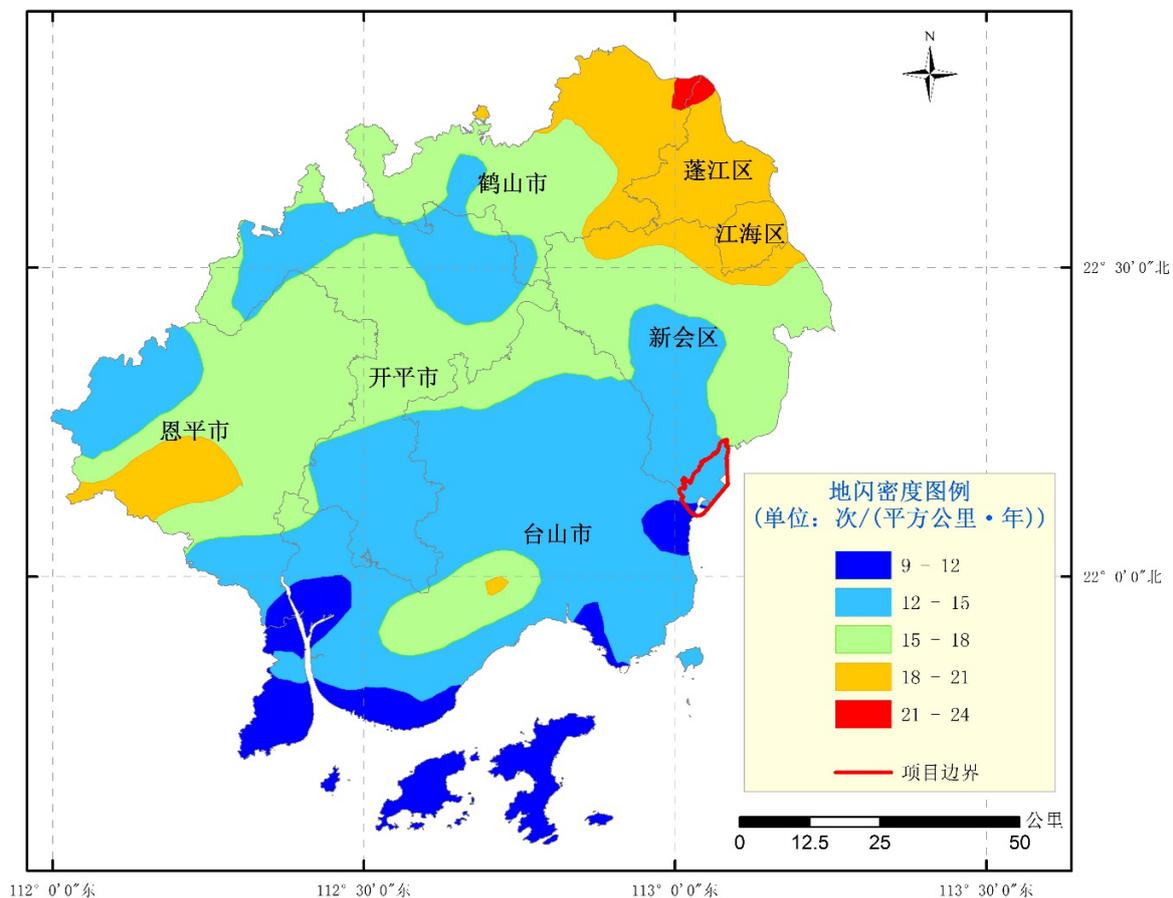


图 5.2-2 项目所在行政区域（江门市）十九年平均地闪密度分布图

5.2.2 项目所在区域不同范围地闪密度分布情况

表 5.2-1 是江门市银湖湾滨海新城核心区和向区域外扩充不同范围（3km、5km、10km、15km）的平均地闪密度值。

表 5.2-1 项目所在区域及扩充不同范围平均地闪密度值

| 范围 | 地闪密度值(单位: 次/(km ² ·a)) |
|------------|-----------------------------------|
| 银湖湾滨海新城核心区 | 13.08 |
| 3km 范围 | 13.51 |
| 5km 范围 | 13.65 |
| 10km 范围 | 13.97 |
| 15km 范围 | 14.05 |

图 5.2-3 是江门市银湖湾滨海新城核心区及扩充不同范围(3km、5km、10km、15km) 的平均地闪密度分布图。

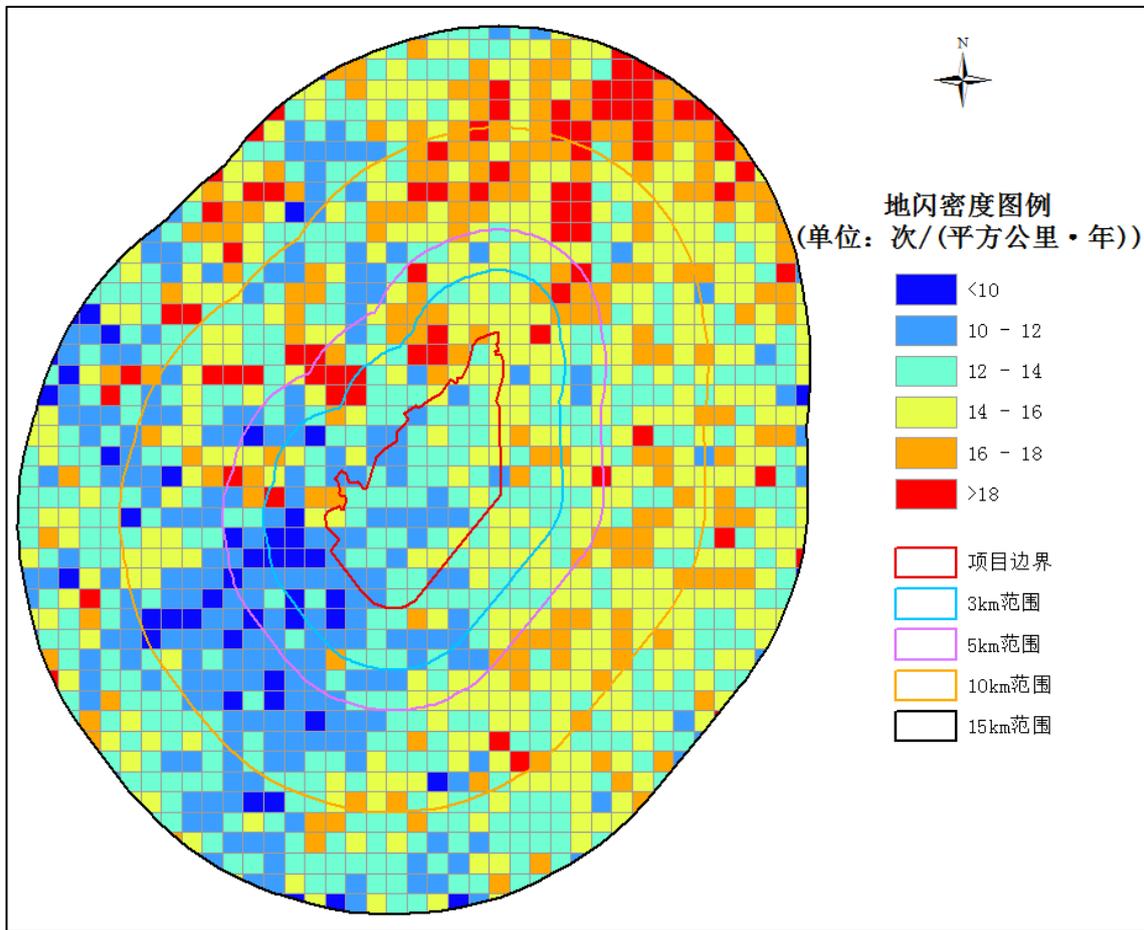


图 5.2-3 项目所在区域不同范围地闪密度分布图 (格点 1km×1km)

图 5.2-4 是江门市银湖湾滨海新城核心区区域十九年平均地闪密度分布图, 平均地闪密度值为 13.08 次/(km²·a), 最小值为 10.40 次/(km²·a), 最大值为 17.33 次/(km²·a)。

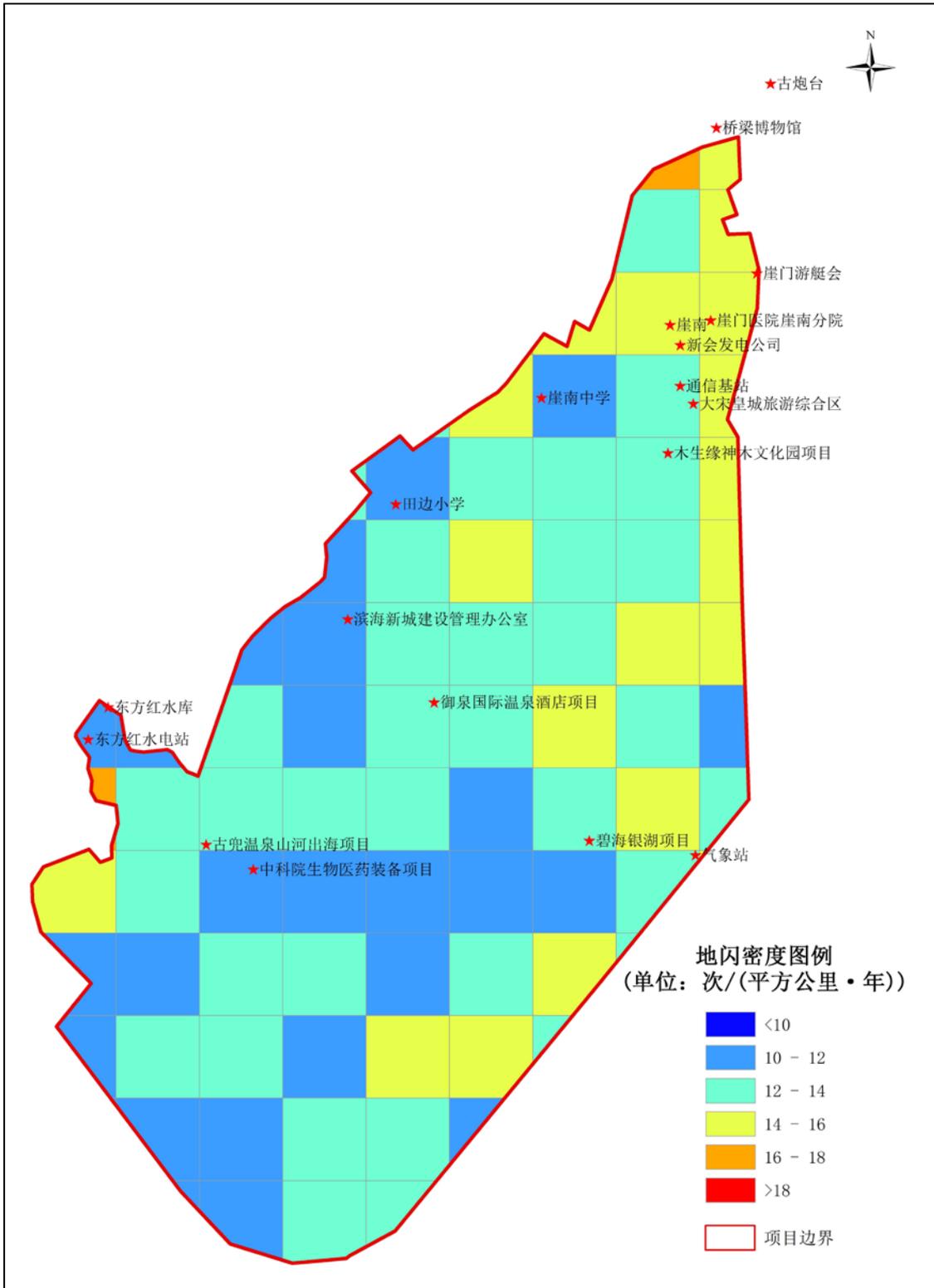


图 5.2-4 江门市银湖湾滨海新城核心区地闪密度分布图 (格点 1km×1km)

图 5.2-5 是江门市银湖湾滨海新城核心区所在区域 3km 范围的平均地闪密度分布图，平均地闪密度值为 13.51 次/(km²·a)，最小值为 8.88 次/(km²·a)，最大值为 22.85 次/(km²·a)。

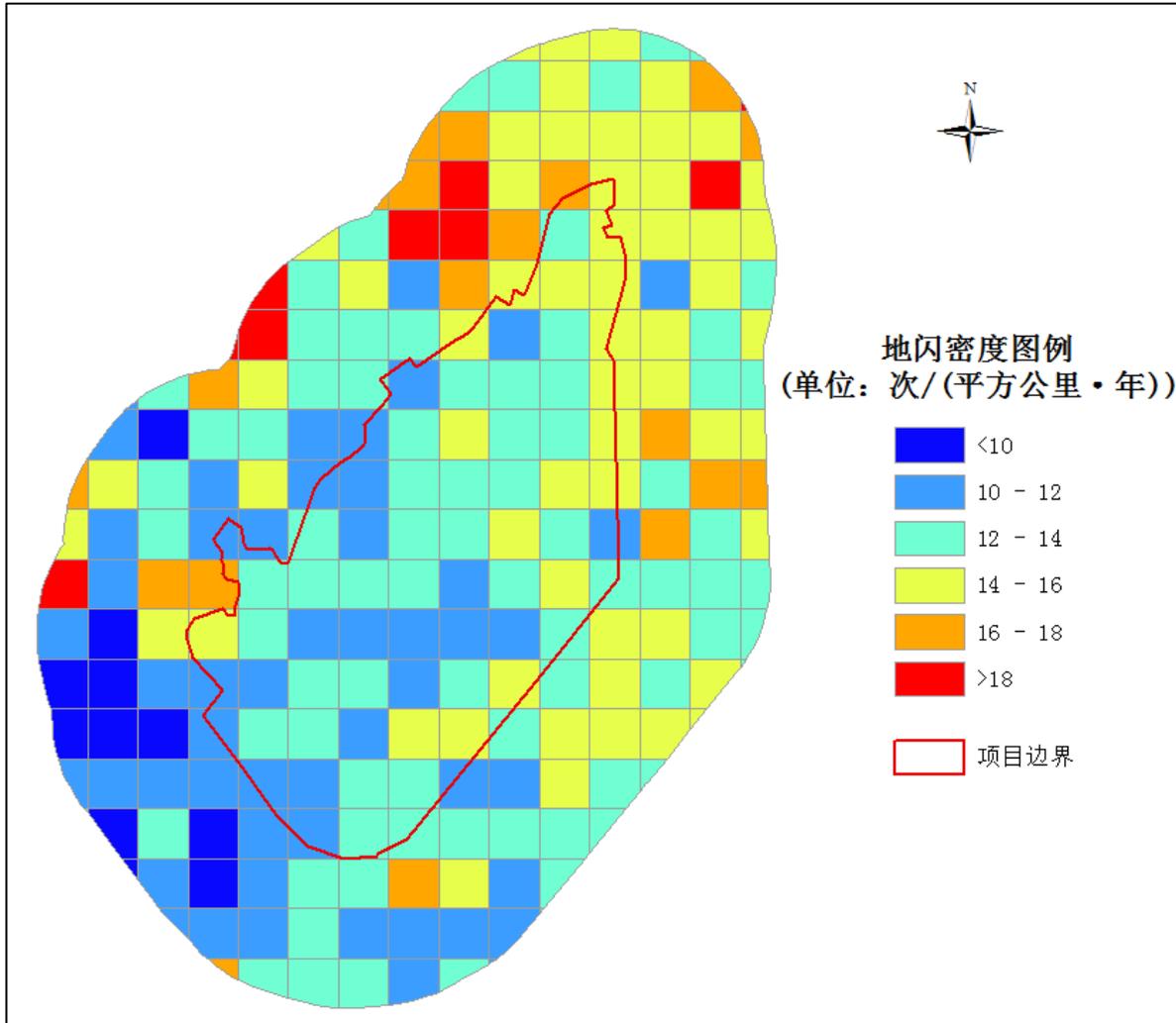


图 5.2-5 核心区外扩 3km 范围地闪密度分布图 (格点 1km×1km)

图 5.2-6 是江门市银湖湾滨海新城核心区所在区域 5km 范围的平均地闪密度分布图，平均地闪密度值为 13.65 次/(km²·a)，最小值为 8.88 次/(km²·a)，最大值为 22.85 次/(km²·a)。

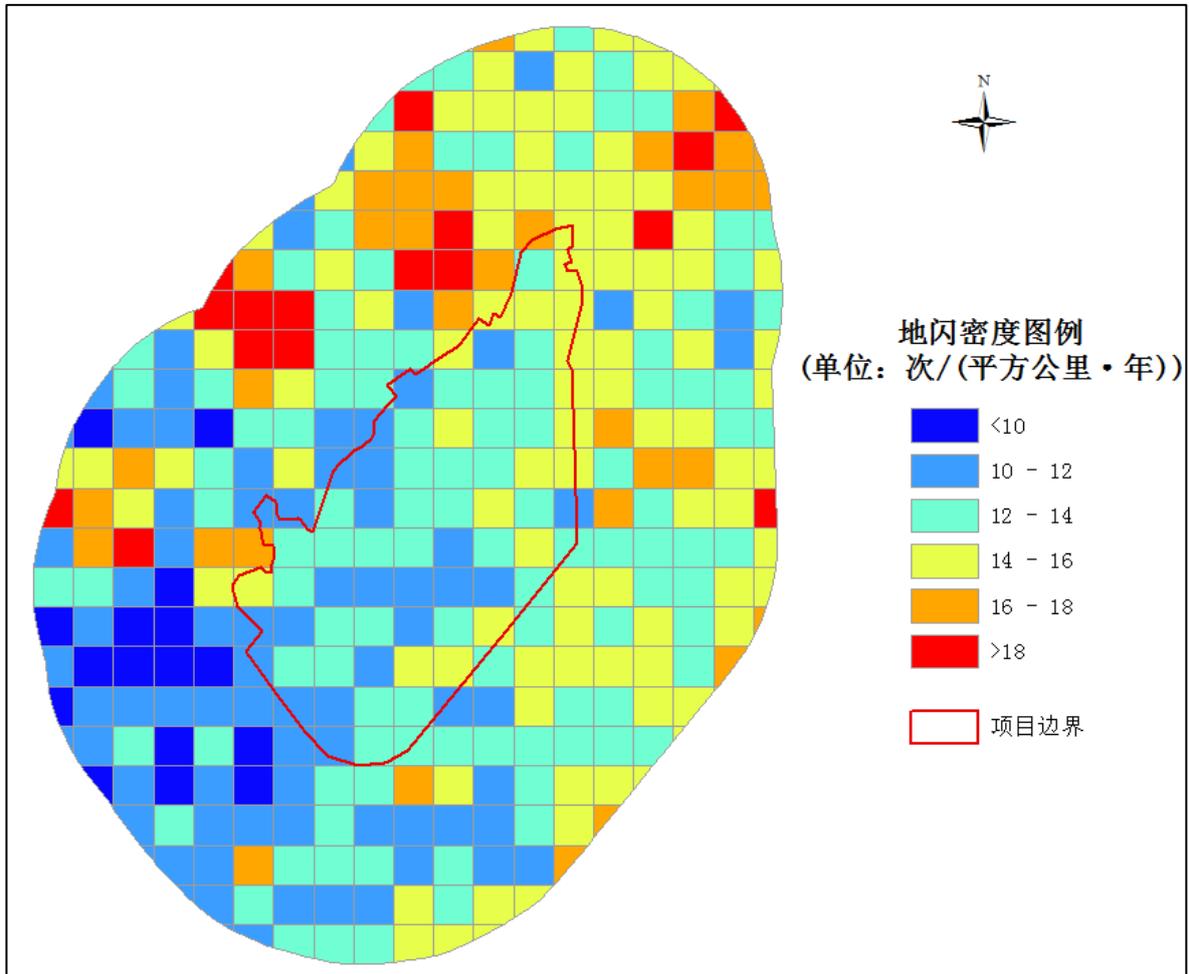


图 5.2-6 核心区外扩 5km 范围地闪密度分布图 (格点 1km×1km)

图 5.2-7 是江门市银湖湾滨海新城核心区所在区域 10km 范围的平均地闪密度分布图，平均地闪密度值为 13.97 次/(km²·a)，最小值为 8.37 次/(km²·a)，最大值为 26.03 次/(km²·a)。

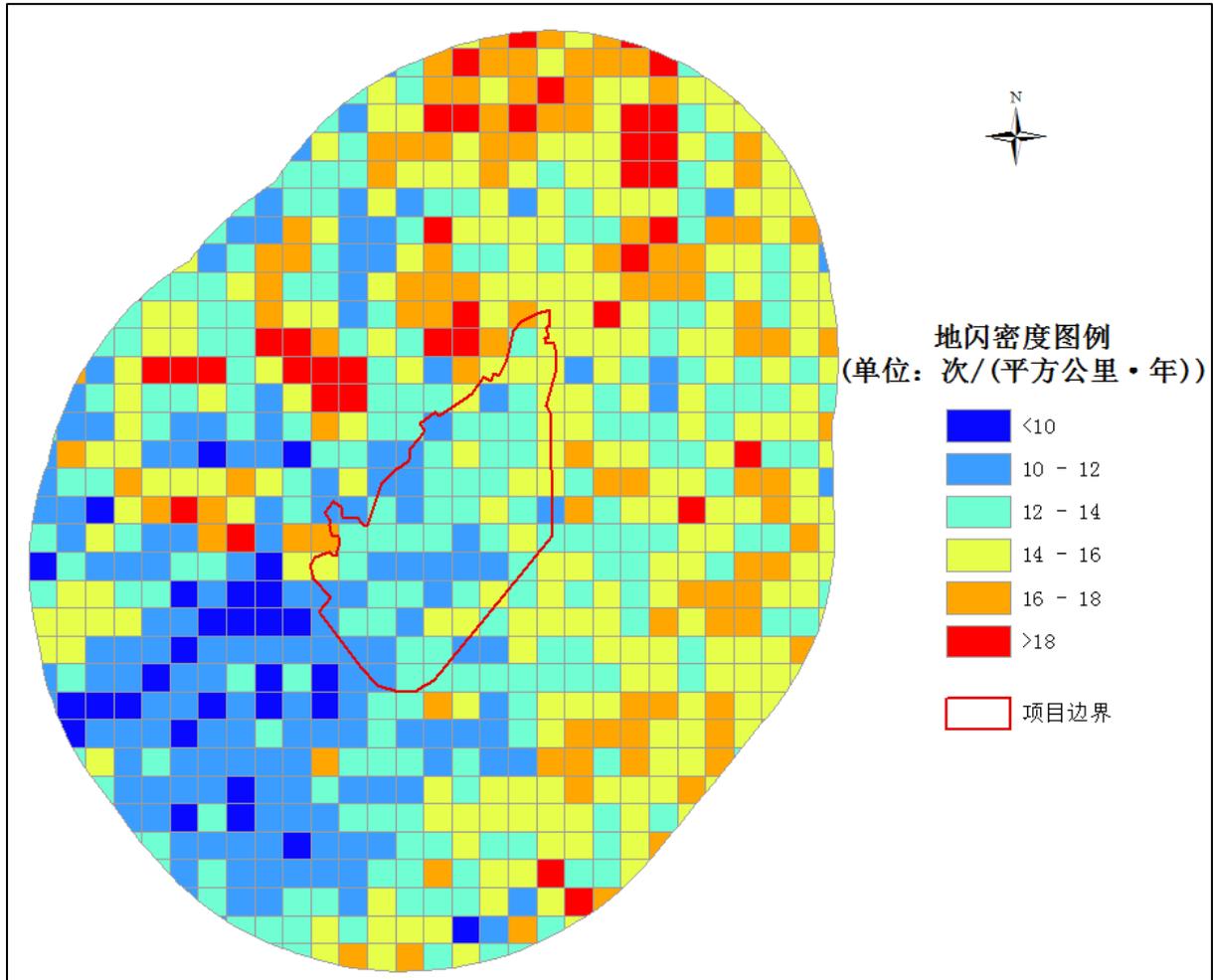


图 5.2-7 核心区外扩 10km 范围地闪密度分布图 (格点 1km×1km)

图 5.2-8 是江门市银湖湾滨海新城核心区所在区域 15km 范围的平均地闪密度分布图，平均地闪密度值为 14.05 次/(km²·a)，最小值为 4.79 次/(km²·a)，最大值为 40.37 次/(km²·a)。

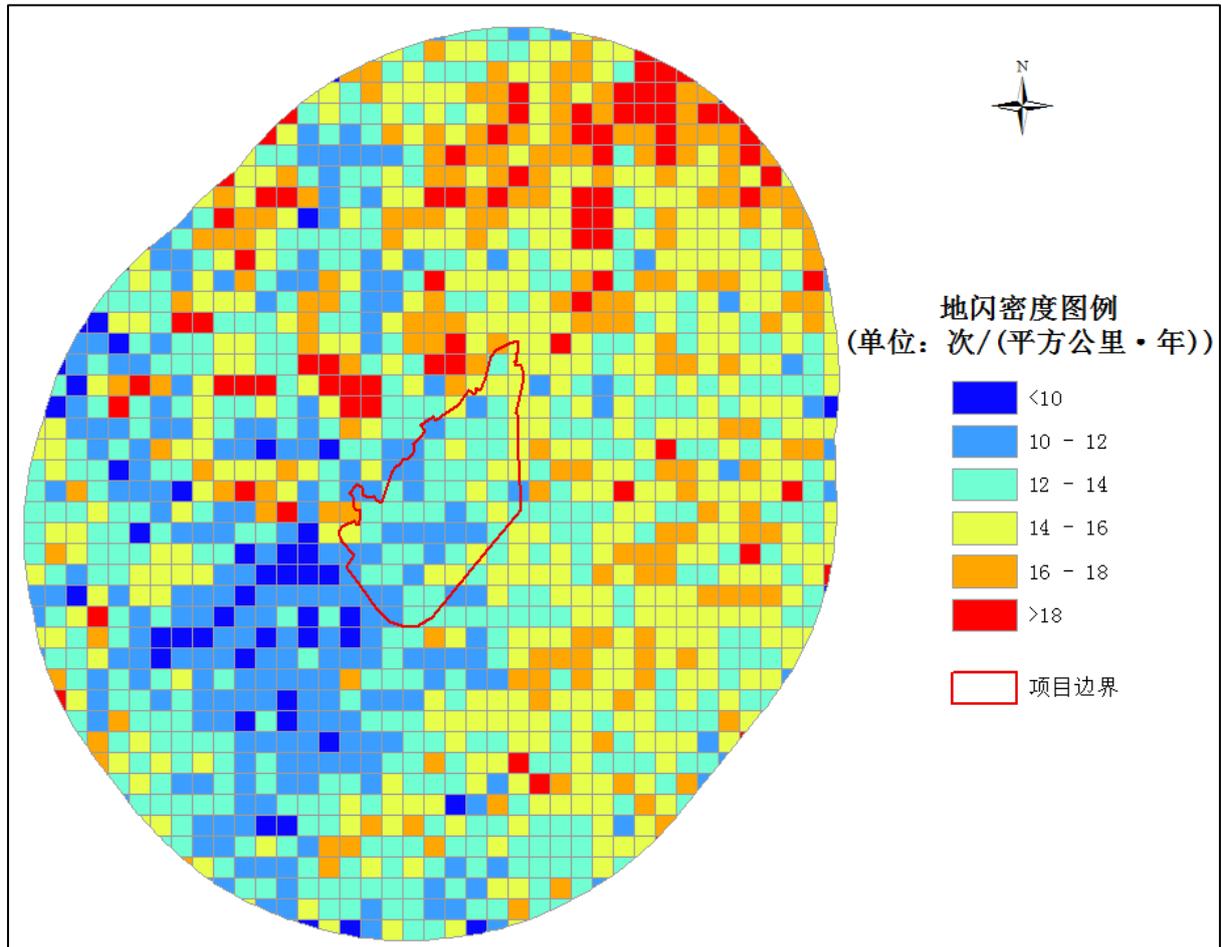


图 5.2-8 核心区外扩 15km 范围地闪密度分布图 (格点 1km×1km)

5.2.3 启动区内主要设施地闪密度

江门市银湖湾滨海新城核心区总面积约 65 平方公里，划定四个片区作为启动区，共 19 平方公里，包括了一区 420 公顷、二区 540 公顷、三区 450 公顷、连接区 490 公顷。四大片区内主要设施有崖门游艇会、大宋皇城旅游综合区、碧海银湖项目、御泉国际温泉酒店项目、古兜温泉山河出海项目、中科院生物医药装备项目、滨海新城建设管理办公室和木生缘神木文化园项目等，图 5.2-9 至图 5.2-16 是对应的十九年平均地闪密度分布图，平均地闪密度值见表 5.2-2。

表 5.2-2 启动区内主要设施平均地闪密度值

| 所属片区 | 名称 | 地闪密度值(单位: 次/(km ² ·a)) |
|------|-------------|-----------------------------------|
| 片区一 | 崖门游艇会 | 14.87 |
| | 大宋皇城旅游综合区 | 14.26 |
| 片区二 | 碧海银湖项目 | 13.54 |
| 片区三 | 御泉国际温泉酒店项目 | 12.80 |
| | 古兜温泉山河出海项目 | 12.52 |
| | 中科院生物医药装备项目 | 12.58 |
| | 滨海新城建设管理办公室 | 14.13 |
| 连接区 | 木生缘神木文化园项目 | 13.02 |

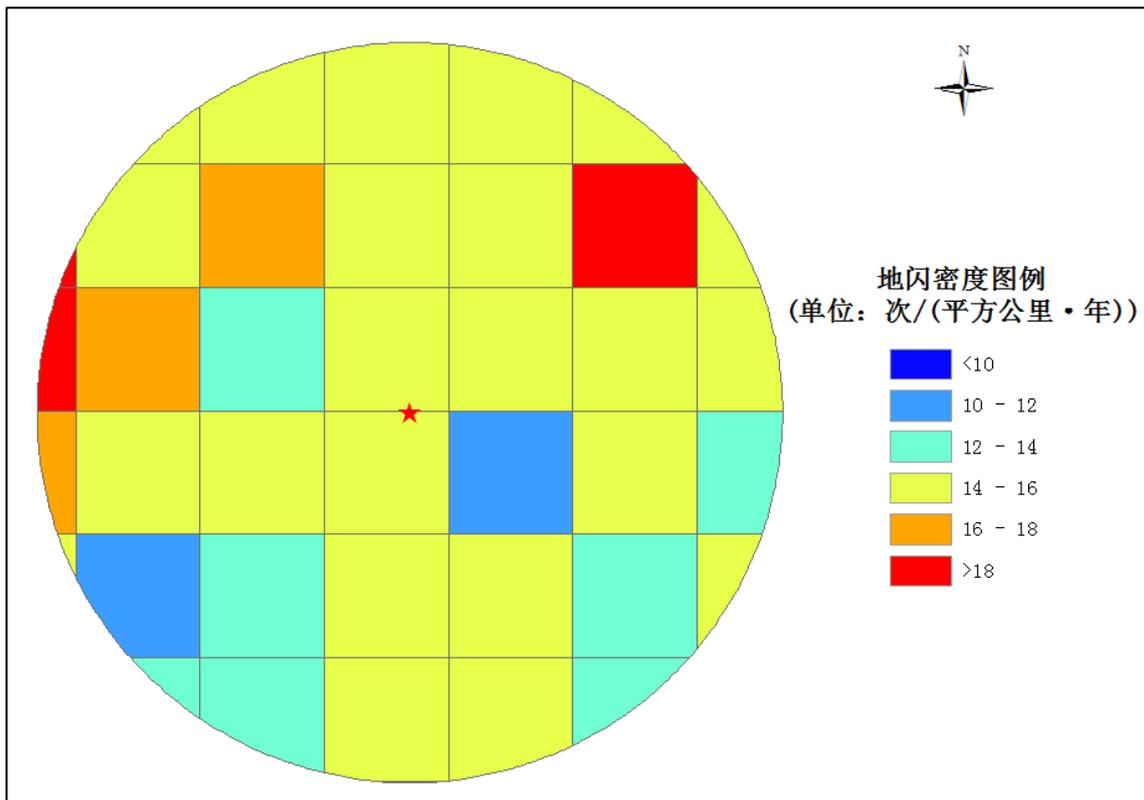


图 5.2-9 崖门游艇会平均地闪密度分布图(格点 1km×1km)

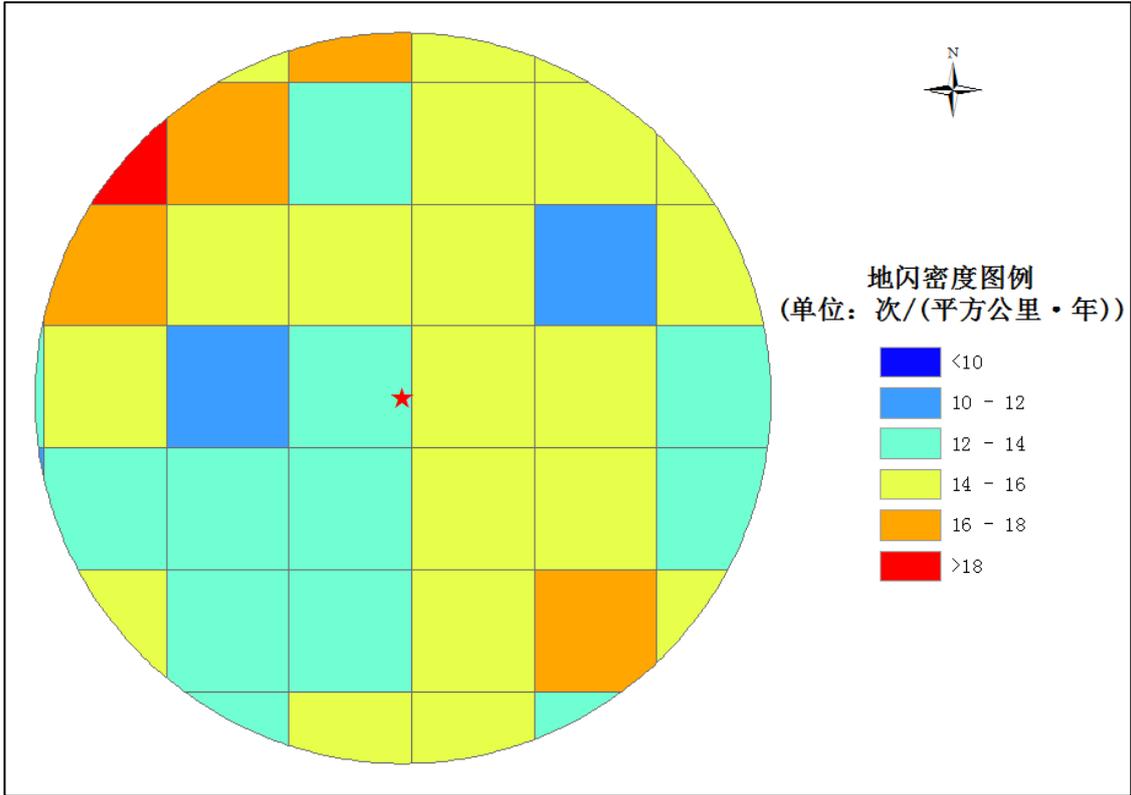


图 5.2-10 大宋皇城旅游综合区平均地闪密度分布图(格点 1km×1km)

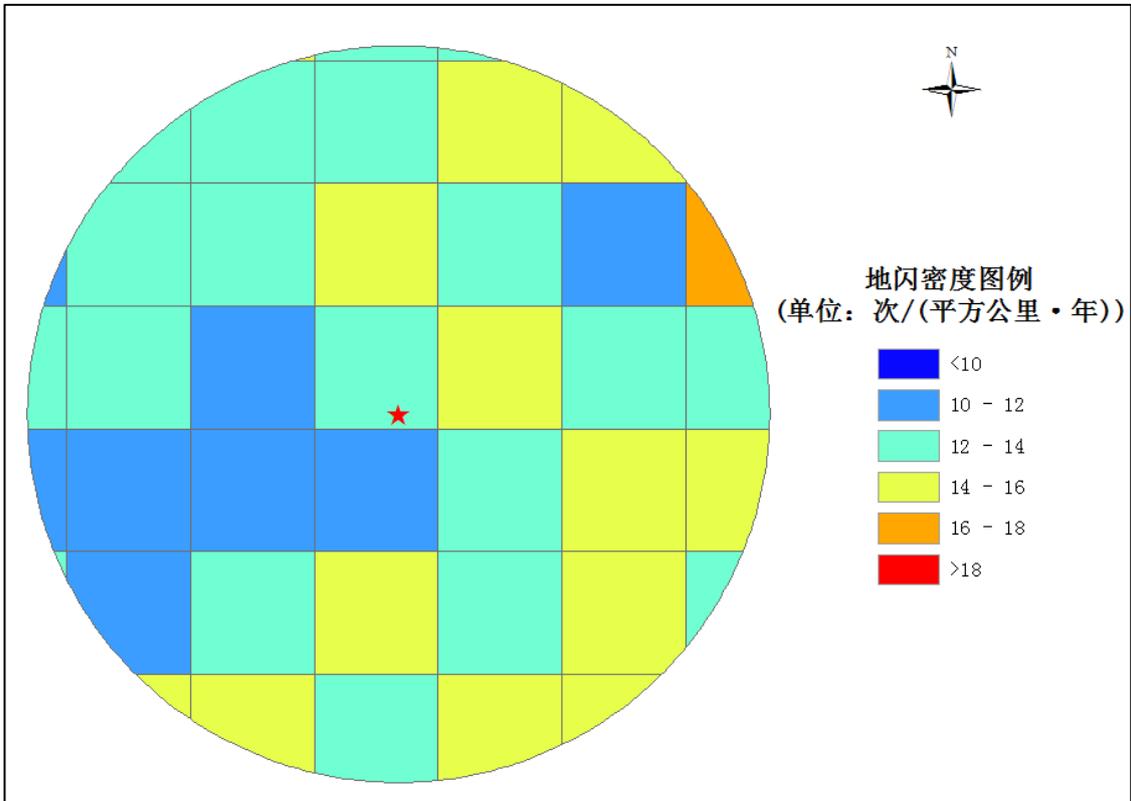


图 5.2-11 碧海银湖项目平均地闪密度分布图(格点 1km×1km)

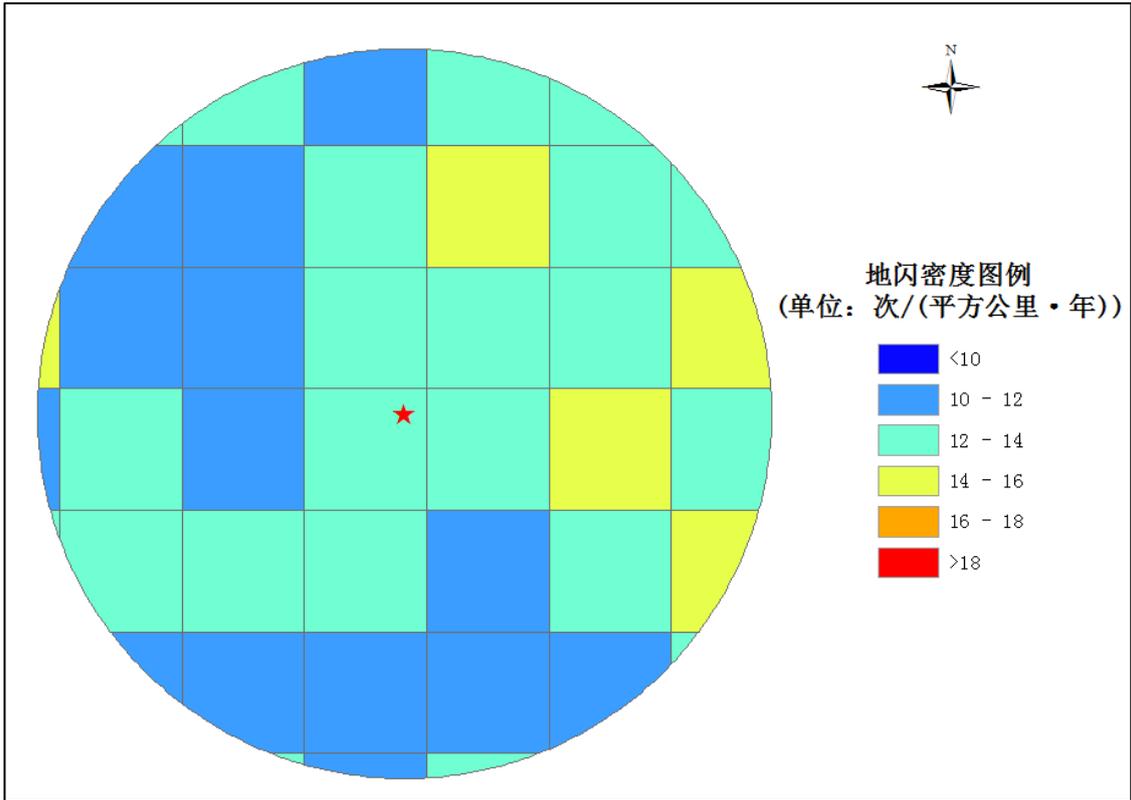


图 5.2-12 御泉国际温泉酒店项目平均地闪密度分布图(格点 1km×1km)

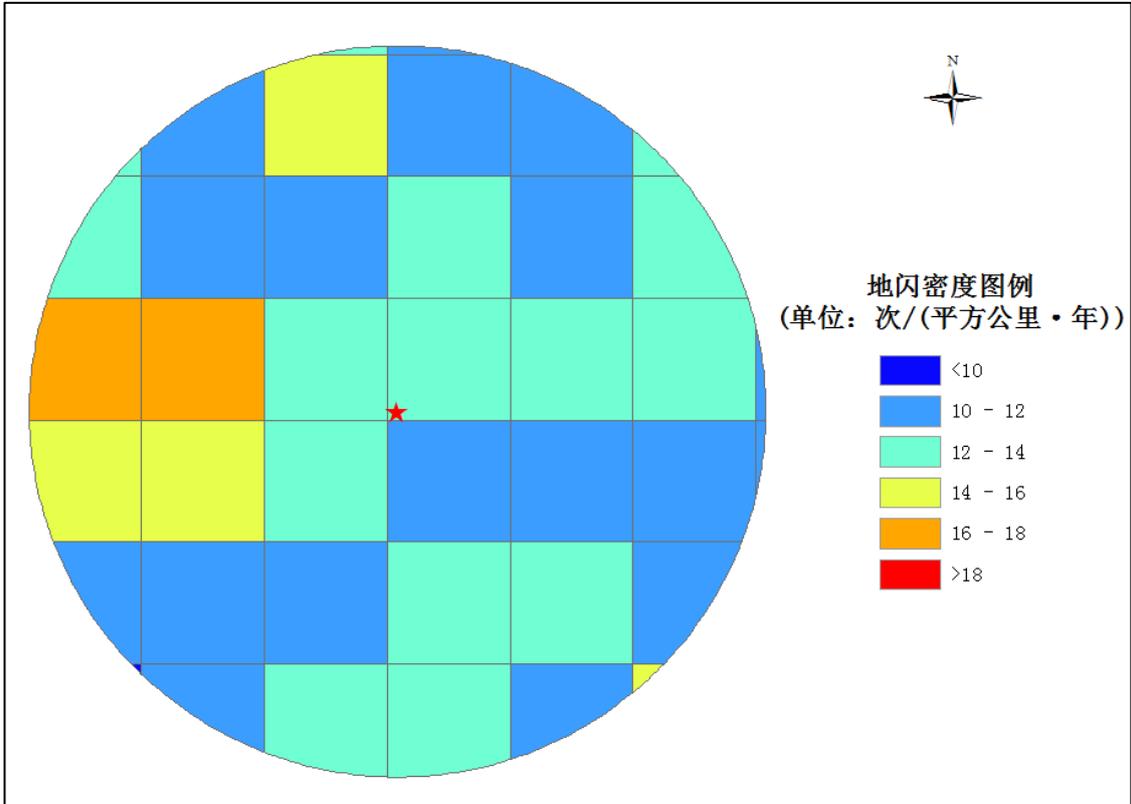


图 5.2-13 古兜温泉山河出海项目平均地闪密度分布图(格点 1km×1km)

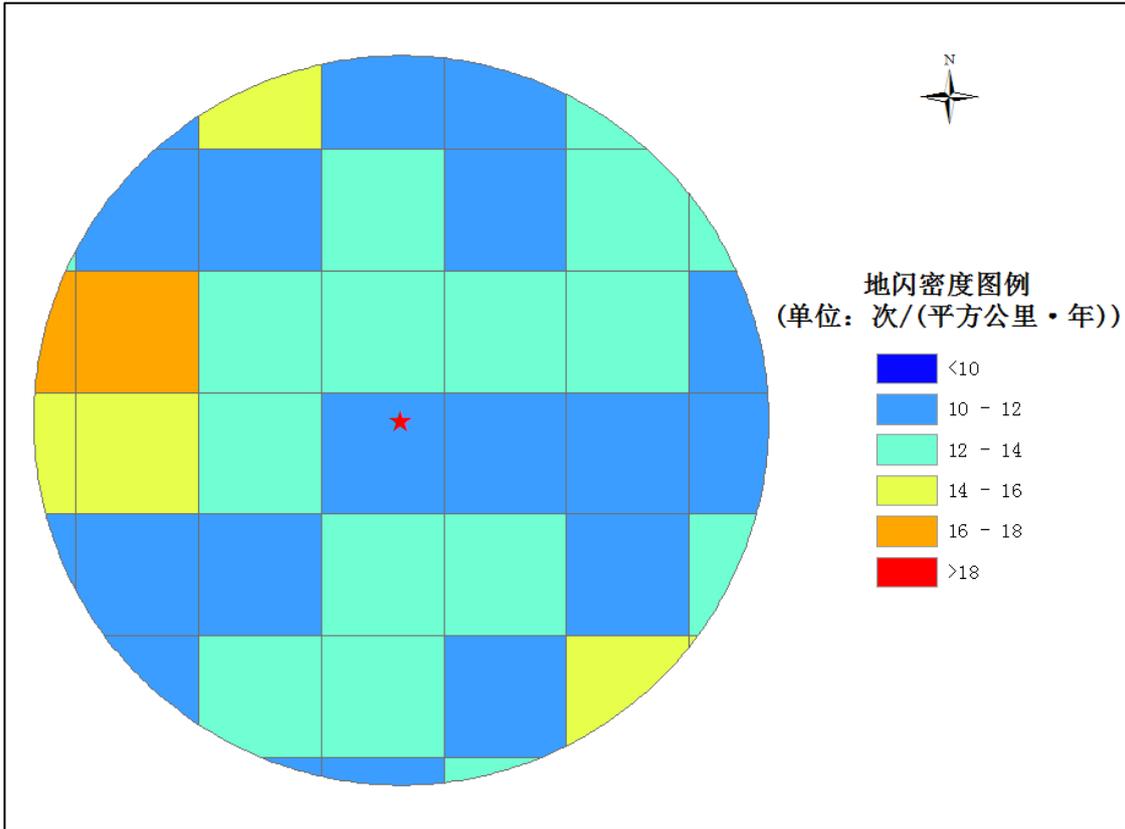


图 5.2-14 中科院生物医药装备项目平均地闪密度分布图(格点 1km×1km)

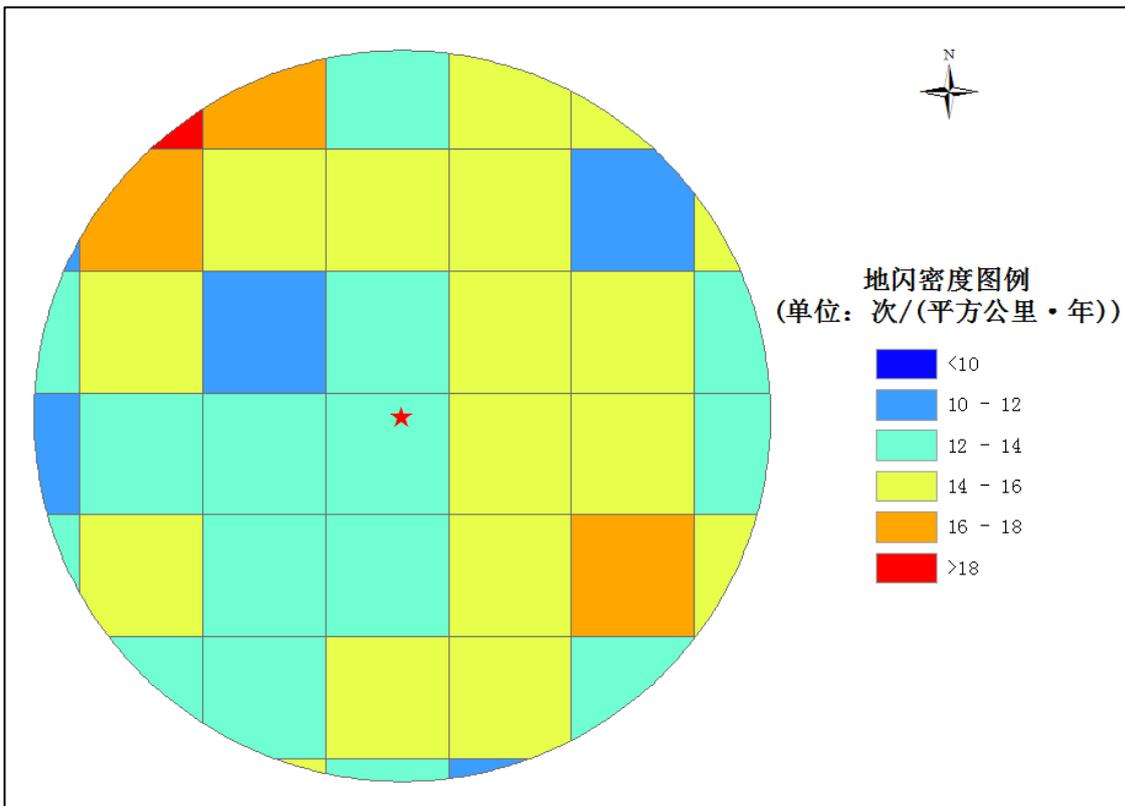


图 5.2-15 木生缘神木文化园项目平均地闪密度分布图(格点 1km×1km)

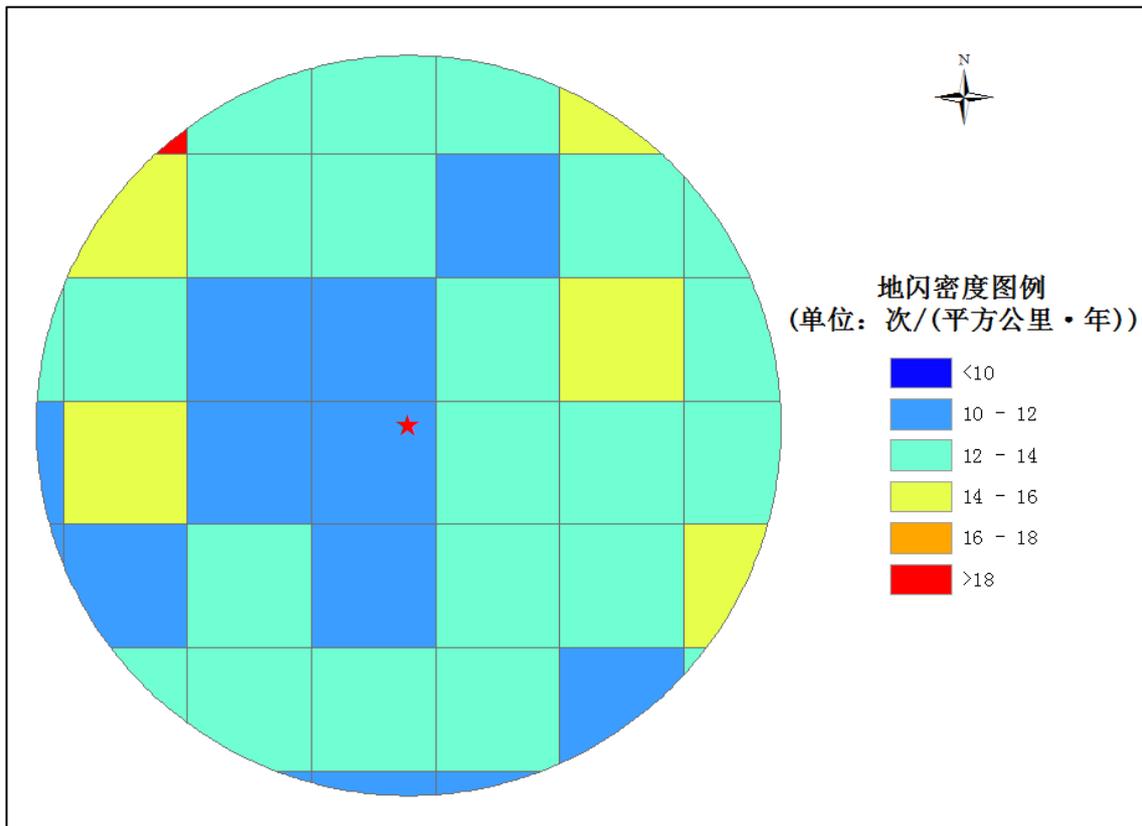


图 5.2-16 滨海新城建设管理办公室平均地闪密度分布图(格点 1km×1km)

5.2.4 地闪密度空间分布距平分析

距平可分为正距平和负距平。结合十九年闪电定位系统数据，对银湖湾滨海新城核心区近五年地闪密度进行距平分析，可以获知银湖湾滨海新城核心区近五年地闪密度与之前多年地闪密度之间的关系，对雷电发展趋势具有一定的指示意义。

比较 2013-2017 年共 5 年的地闪密度平均值与 1999-2012 年共 14 年地闪密度平均值可看出（结果见图 5.2-17），银湖湾滨海新城核心区地闪密度距平空间存在正负区间，正距平区明显大于负距平区，说明近五年银湖湾滨海新城核心区雷电发展主要呈增长趋势。

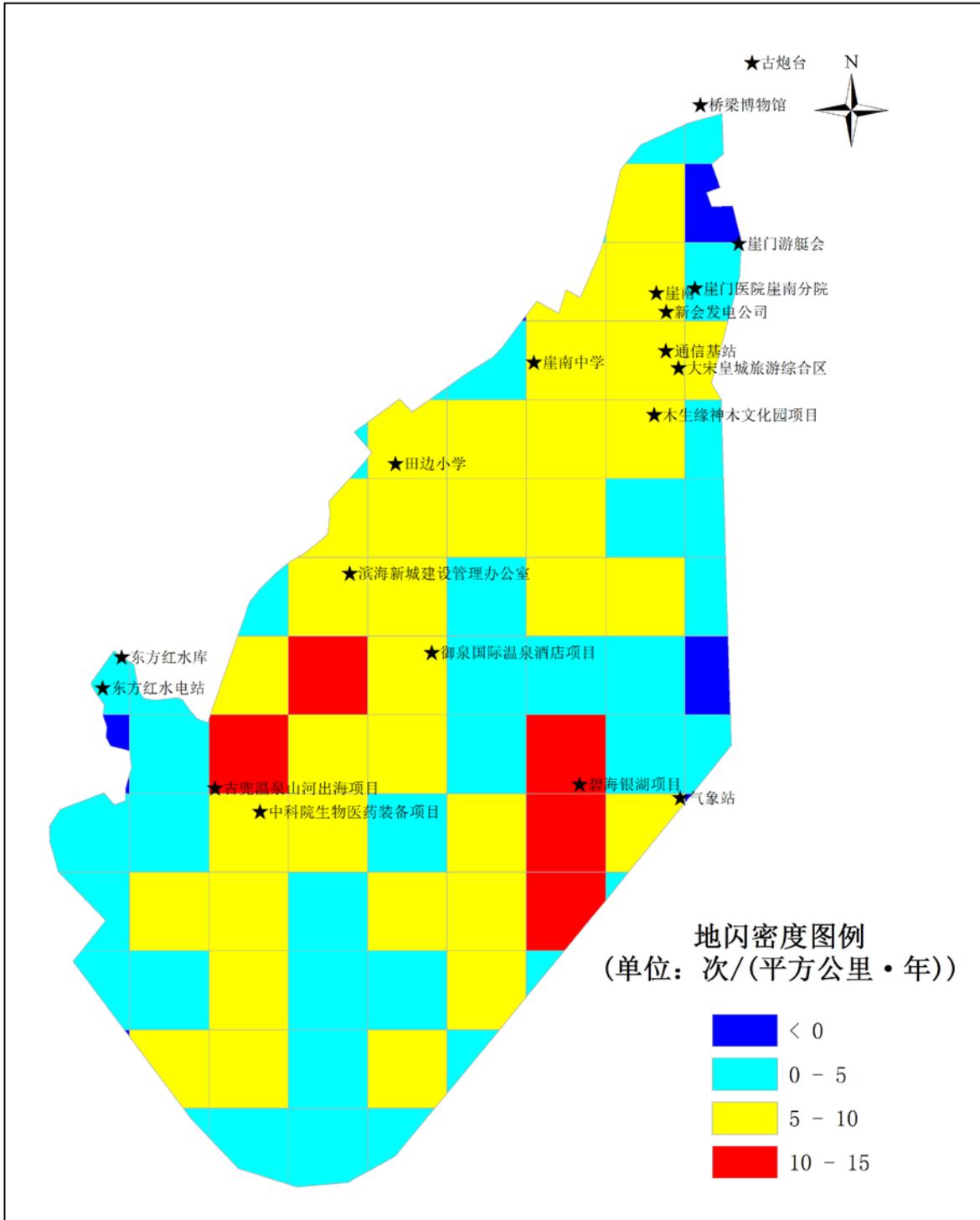


图 5.2-17 近五年银湖湾滨海新城核心区地闪密度距平图(格点 1km×1km)

5.3 地闪密度对比分析和变化趋势

5.3.1 对比分析

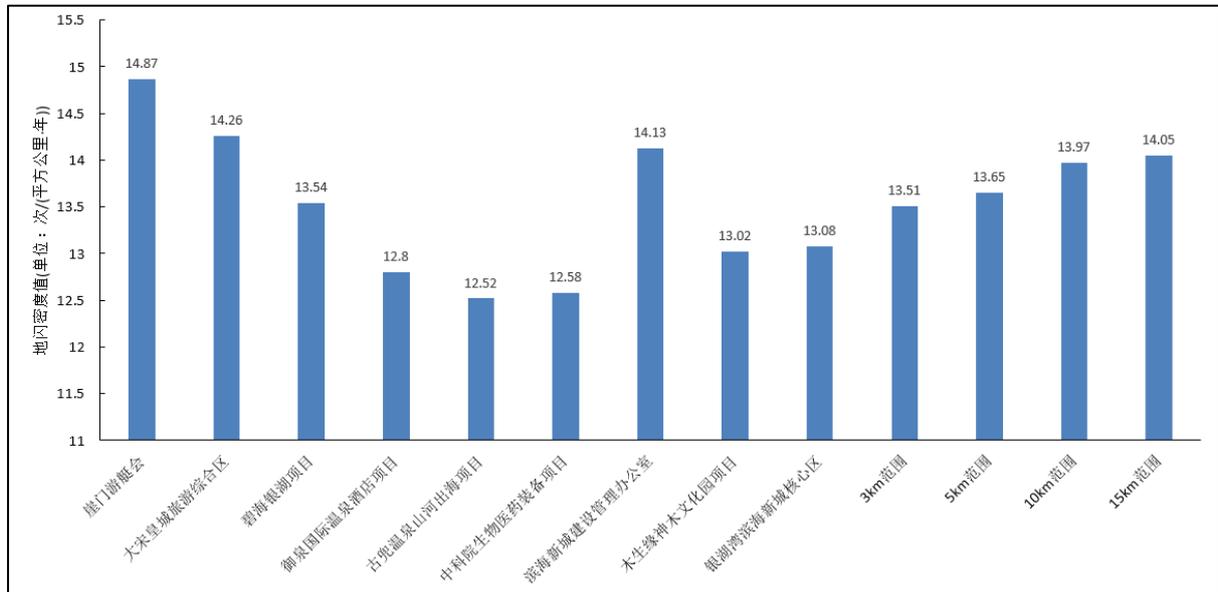


图 5.3-1 平均地闪密度对比图

从图 5.3-1 可知，江门市银湖湾滨海新城启动区内主要设施、核心区及扩充的 3km、5km、10km、15km 范围对应的多年平均地闪密度值介于 12~15 次/(km²·a)。

5.3.2 变化趋势

图 5.3-2 至图 5.3-10 是江门市银湖湾滨海新城核心区和启动区内主要设施对应的年平均地闪密度变化趋势图，1999 年至 2017 年期间，曲线总体呈上升趋势，地闪密度值明显增加，说明近几年雷电次数明显增多，遭受的雷击概率增大，在设施布局和风险计算时，应注意这种变化特征。

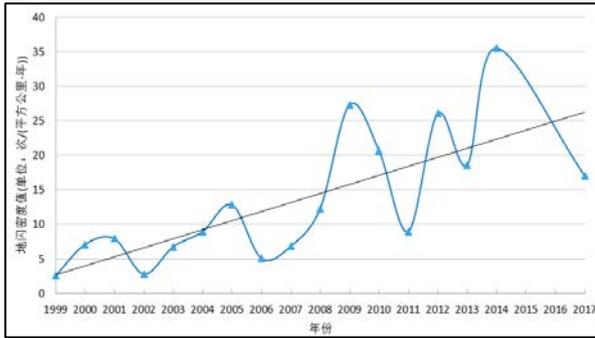


图 5.3-2 崖门游艇会地闪密度变化趋势图

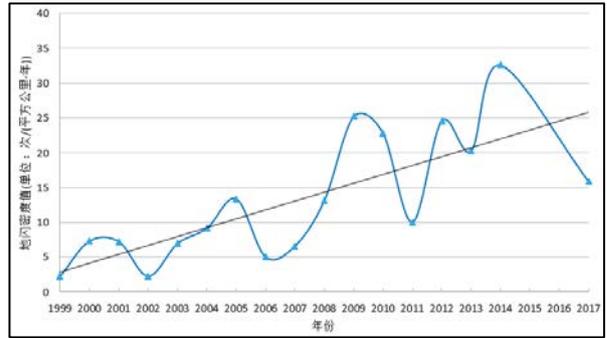


图 5.3-3 大宋皇城旅游综合区地闪密度变化趋势图

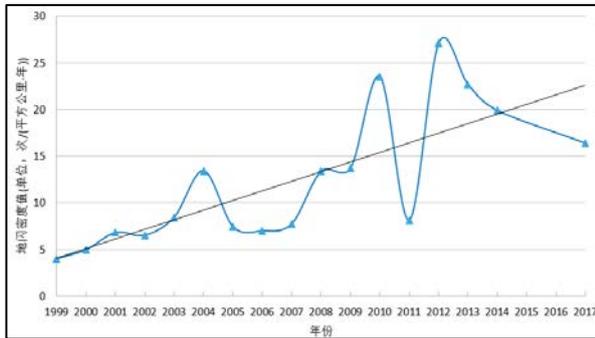


图 5.3-4 碧海银湖项目地闪密度变化趋势图

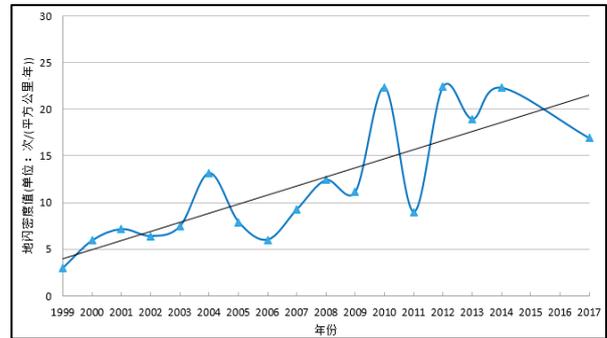


图 5.3-5 御泉国际温泉酒店项目地闪密度变化趋势图

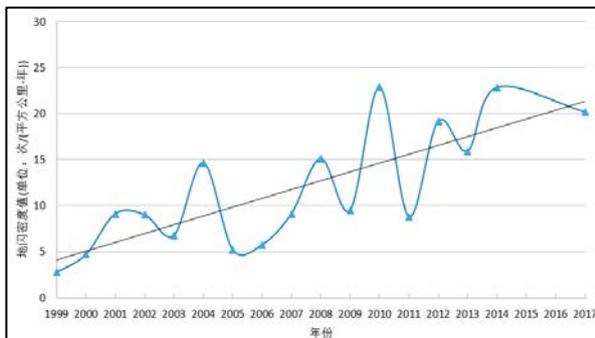


图 5.3-6 古兜温泉山河出海项目地闪密度变化趋势图

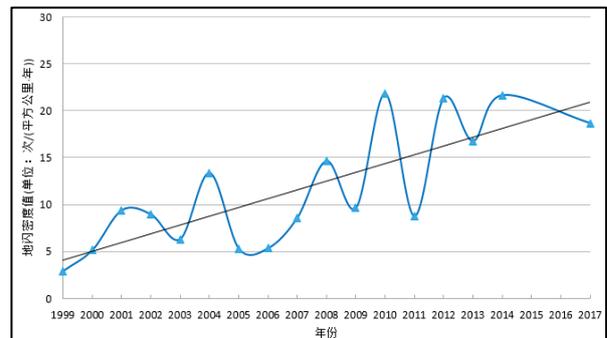


图 5.3-7 中科院生物医药装备项目地闪密度变化趋势图

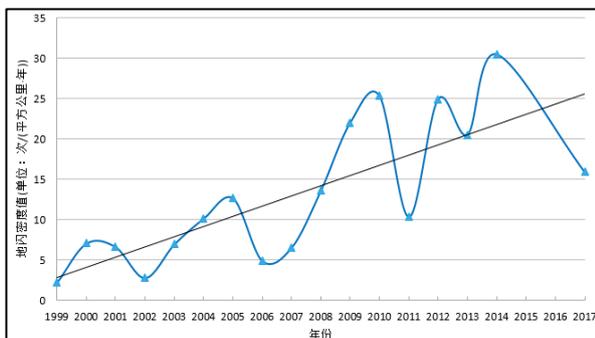


图 5.3-8 木生缘神木文化园项目地闪密度变化趋势图

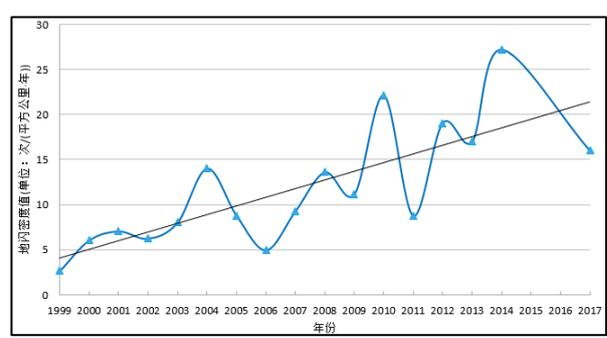


图 5.3-9 滨海新城建设管理办公室地闪密度变化趋势图

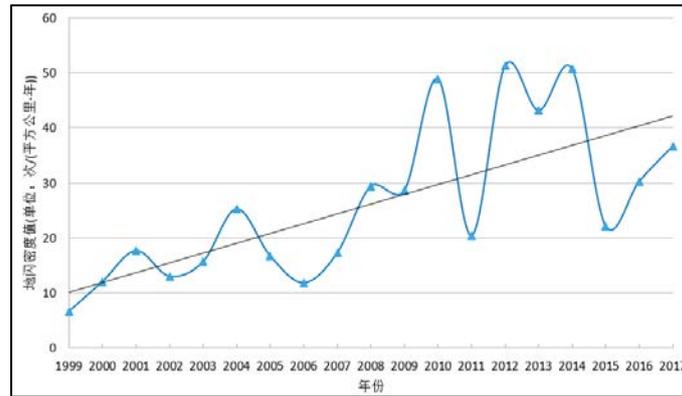


图 5.3-10 银湖湾滨海新城核心区地闪密度变化趋势图

5.4 雷电流累积概率分布

表 5.4-1 是不同累积概率对应的雷电流幅值，以崖门游艇会为例，该区域地闪回击电流峰值大于等于 144.6kA 的概率为 1%，大于等于 108.4kA 的概率为 2%，大于等于 79.4kA 的概率为 5%，大于等于 59.3kA 的概率为 10%，大于等于 22.3kA 的概率为 50%。

表 5.4-1 雷电流幅值分布表

| 名称 | 1% ($p \geq x$) | 2% ($p \geq x$) | 5% ($p \geq x$) | 10% ($p \geq x$) | 50% ($p \geq x$) |
|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 银湖湾滨海新城核心区 | 150.1kA | 113.3kA | 78.0kA | 59.1kA | 23.0kA |
| 崖门游艇会 | 144.6kA | 108.4kA | 79.4kA | 59.3kA | 22.3kA |
| 大宋皇城旅游综合区 | 161.6kA | 116.7kA | 81.5kA | 60.0kA | 22.5kA |
| 碧海银湖项目 | 163.2kA | 121.4kA | 79.7kA | 61.0kA | 24.1kA |
| 御泉国际温泉酒店项目 | 154.3kA | 116.1kA | 76.9kA | 58.2kA | 23.0kA |
| 古兜温泉山河出海项目 | 139.1kA | 107.0kA | 77.4kA | 58.6kA | 23.6kA |
| 中科院生物医药装备项目 | 142.1kA | 105.4kA | 77.0kA | 58.4kA | 23.8kA |
| 木生缘神木文化园项目 | 169.7kA | 116.8kA | 80.5kA | 60.2kA | 22.4kA |
| 滨海新城建设管理办公室 | 149.2kA | 111.3kA | 73.4kA | 55.4kA | 22.0kA |

图 5.4-1 至图 5.4-9 是江门市银湖湾滨海新城核心区和启动区内主要设施对应的雷电流累积概率分布曲线图。

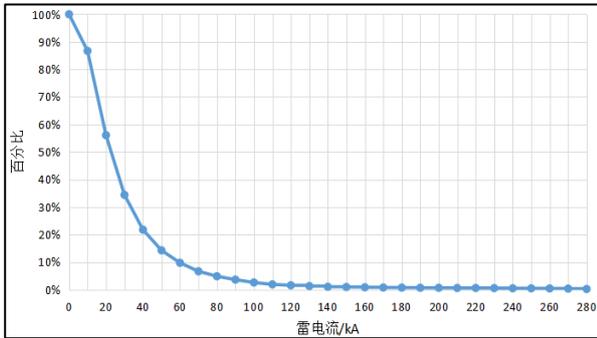


图 5.4-1 崖门游艇会雷电流累积概率分布曲线图

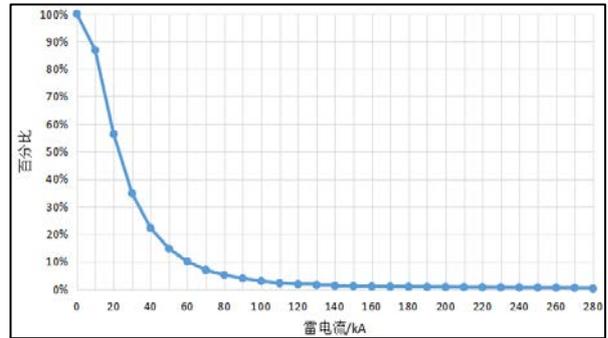


图 5.4-2 大宋皇城旅游综合区雷电流累积概率分布曲线图

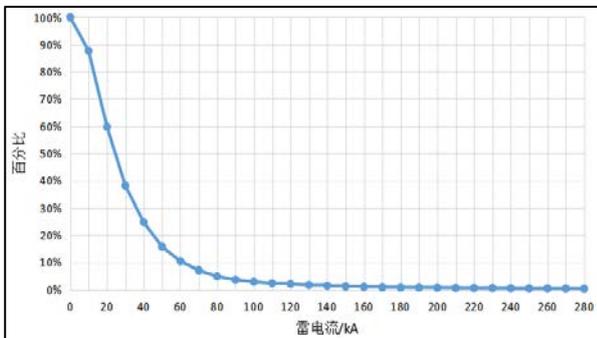


图 5.4-3 碧海银湖项目雷电流累积概率分布曲线图

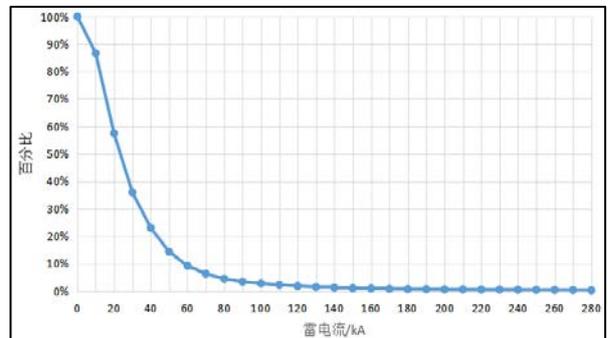


图 5.4-4 御泉国际温泉酒店项目雷电流累积概率分布曲线图

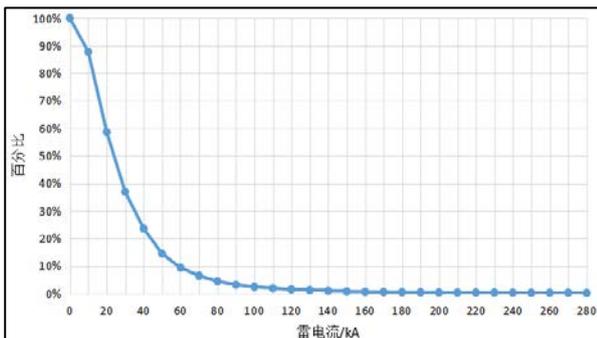


图 5.4-5 古兜温泉山河出海项目雷电流累积概率分布曲线图

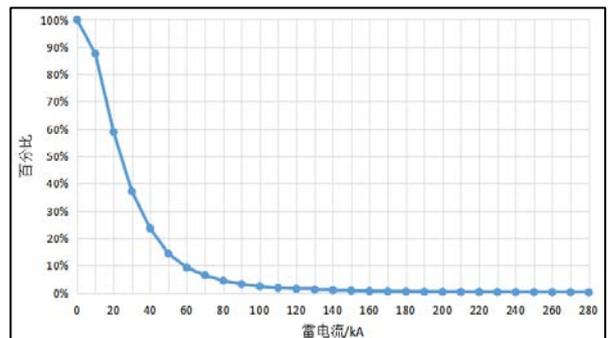


图 5.4-6 中科院生物医药装备项目雷电流累积概率分布曲线图

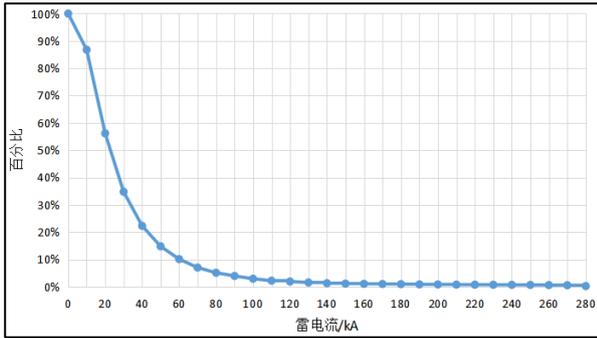


图 5.4-7 木生缘神木文化园项目雷电流累积概率分布曲线图

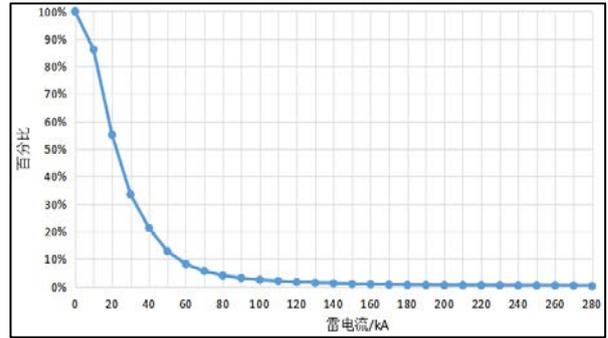


图 5.4-8 滨海新城建设管理办公室雷电流累积概率分布曲线图

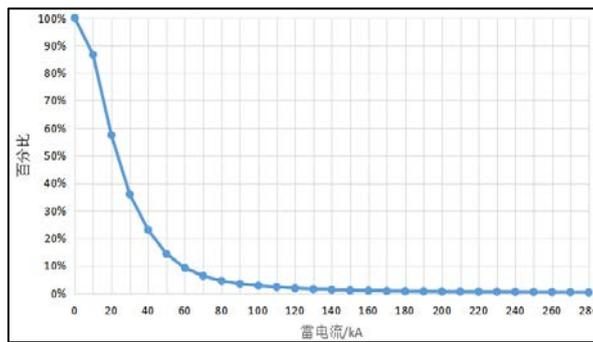


图 5.4-9 银湖湾滨海新城核心区雷电流累积概率分布曲线图

5.5 雷电流参数特征分析

5.5.1 平均雷电流年际变化

江门市银湖湾滨海新城核心区和启动区内主要设施所在区域对应的年平均雷电流变化趋势见图 5.5-1 至图 5.5-9，由图可知，年平均雷电流值高峰出现在 2006 年。

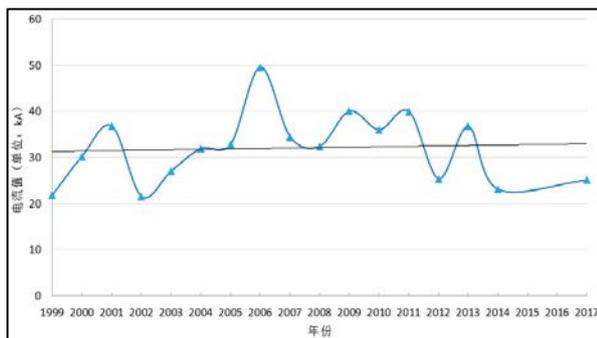


图 5.5-1 崖门游艇会雷电流变化趋势图

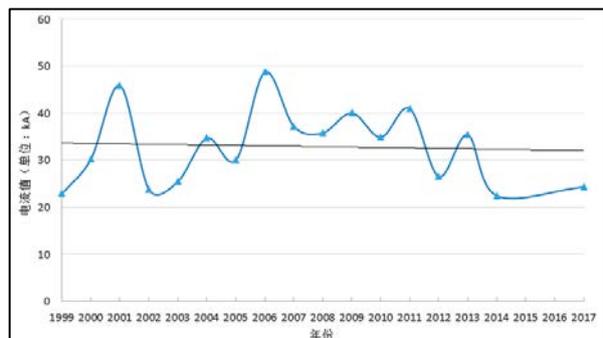


图 5.5-2 大宋皇城旅游综合区雷电流变化趋势图

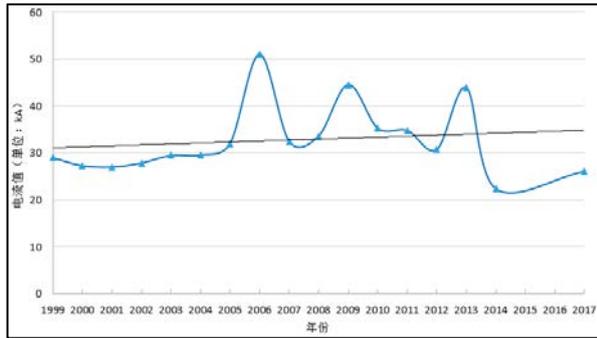


图 5.5-3 碧海银湖项目雷电流变化趋势图

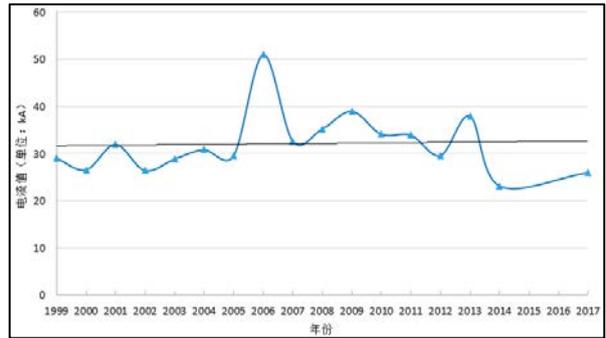


图 5.5-4 御泉国际温泉酒店项目雷电流变化趋势图

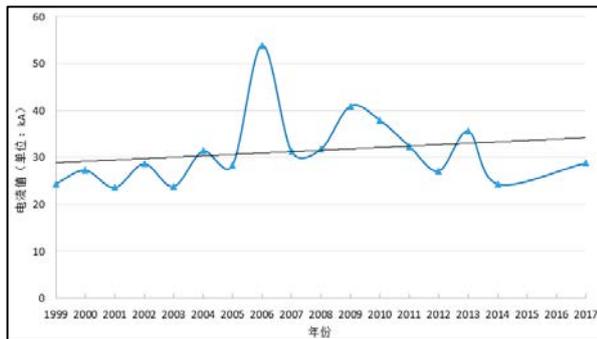


图 5.5-5 古兜温泉山河出海项目雷电流变化趋势图

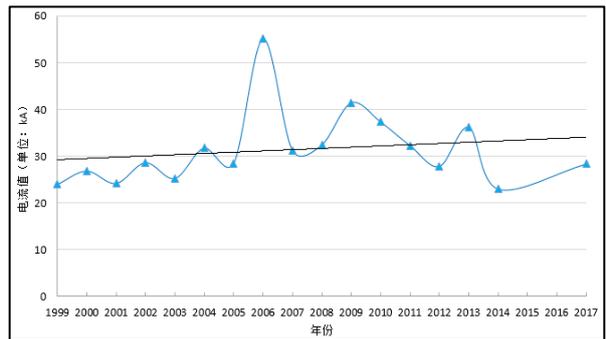


图 5.5-6 中科院生物医药装备项目雷电流变化趋势图

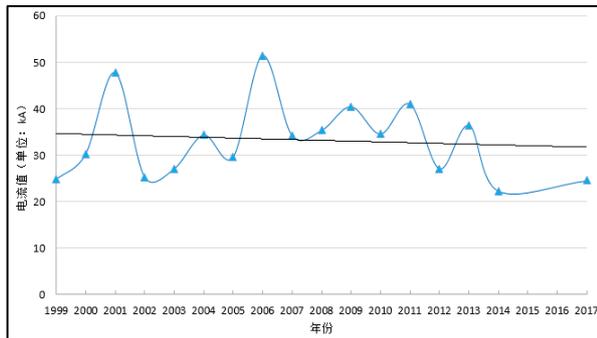


图 5.5-7 木生缘神木文化园项目雷电流变化趋势图

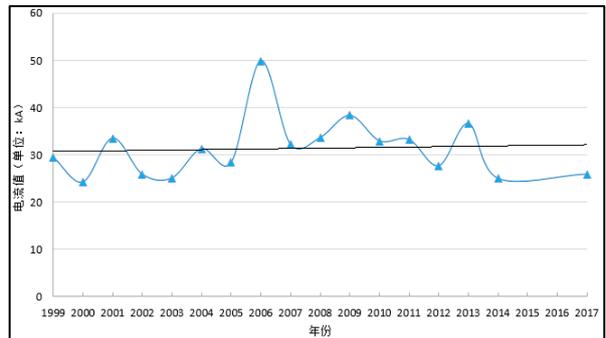


图 5.5-8 滨海新城建设管理办公室雷电流变化趋势图

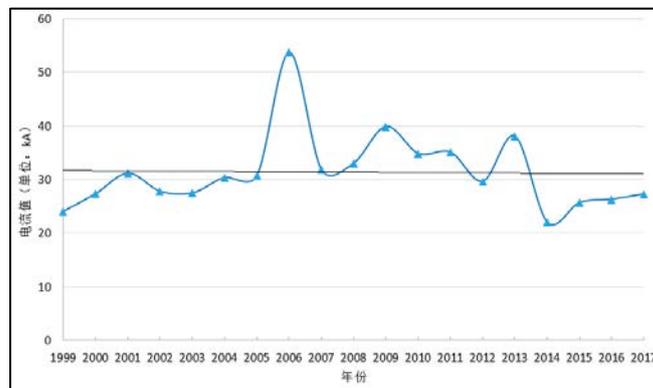


图 5.4-9 银湖湾滨海新城核心区雷电流变化趋势图

表 5.5-1 是江门市银湖湾滨海新城核心区和四大片区内主要设施对应的平均雷电流值，平均雷电流明显高于广东省全省平均值（28.8kA）。

表 5.5-1 平均雷电流表

| 名称 | 平均雷电流(单位:kA) |
|---------------|--------------|
| 江门市银湖湾滨海新城核心区 | 31.36 |
| 崖门游艇会 | 31.60 |
| 大宋皇城旅游综合区 | 32.13 |
| 碧海银湖项目 | 33.05 |
| 御泉国际温泉酒店项目 | 31.63 |
| 古兜温泉山河出海项目 | 31.12 |
| 中科院生物医药装备项目 | 31.14 |
| 木生缘神木文化园项目 | 32.30 |
| 滨海新城建设管理办公室 | 30.70 |

当雷电流强度较大时一定要考虑加强直击雷防护，特别是对闪电器的物理特性中的耐电流及耐绝缘水平，在综合防雷设计和防雷工程建设应考虑这一特征。此项目要特别注意加强直击雷防护，并提高雷电防护等级。

5.5.2 雷电流幅值分布

根据《雷电防护第一部分总则》GB/T21714.1-2015，LPS I 滚球半径 20m，最小峰值电流为 2.91kA（峰值雷电流小于该数值的闪电有可能侵入滚球保护区）；LPS II、III、IV 对应滚球半径分别为 30m、45m、60m，对应最小峰值雷电流为 5.43kA、10.14kA、15.79kA，雷电流幅值累积概率分布值分别为 97%、91% 和 84%。由表 5.5-2 的计算结果可知，江门市银湖湾滨海新城核心区和启动区内主要设施对应的 LPSIII 的实际直击雷拦截效率概率处于 85%~88% 之间，均不满足标准规定的 91% 和对应的防雷级别三类，在防雷设计时要注意这一特征。

表 5.5-2 雷电流累积概率表

| 名称 | 2.91kA | 5.43kA | 10.14kA | 15.79kA |
|---------------|--------|--------|---------|---------|
| 江门市银湖湾滨海新城核心区 | 99.70% | 96.44% | 86.16% | 69.94% |
| 崖门游艇会 | 99.87% | 96.44% | 86.17% | 68.60% |
| 大宋皇城旅游综合区 | 99.82% | 96.22% | 86.33% | 69.06% |
| 碧海银湖项目 | 99.73% | 96.97% | 87.22% | 71.78% |
| 御泉国际温泉酒店项目 | 99.56% | 96.72% | 86.04% | 69.73% |
| 古兜温泉山河出海项目 | 99.72% | 96.86% | 87.34% | 71.04% |
| 中科院生物医药装备项目 | 99.71% | 96.72% | 87.12% | 71.22% |
| 木生缘神木文化园项目 | 99.75% | 96.32% | 86.25% | 69.49% |
| 滨海新城建设管理办公室 | 99.66% | 96.66% | 85.41% | 67.77% |

5.6 地闪密度月变化特征

表 5.6-1 是江门市银湖湾滨海新城核心区和启动区内主要设施所在区域对应的闪电月分布比例表。图 5.6-1 至图 5.6-9 是闪电月变化分布图。

表 5.6-1 地闪月分布比例表

| 站点名 | 前汛期 | | | | 后汛期 | | | |
|---------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 4月 | 5月 | 6月 | 小计 | 7月 | 8月 | 9月 | 小计 |
| 江门市银湖湾滨海新城核心区 | 7.0% | 21.0% | 15.3% | 43.3% | 13.5% | 25.6% | 11.0% | 50.1% |
| 崖门游艇会 | 8.6% | 25.5% | 14.5% | 48.6% | 15.6% | 19.0% | 11.5% | 46.1% |
| 大宋皇城旅游综合区 | 7.5% | 24.0% | 15.7% | 47.2% | 16.7% | 19.2% | 11.5% | 47.4% |
| 碧海银湖项目 | 6.1% | 23.3% | 16.5% | 45.9% | 12.7% | 23.3% | 11.4% | 47.4% |
| 御泉国际温泉酒店项目 | 6.6% | 23.2% | 15.0% | 44.8% | 14.1% | 23.5% | 10.8% | 48.4% |
| 古兜温泉山河出海项目 | 7.0% | 20.4% | 16.3% | 43.7% | 12.3% | 27.6% | 10.0% | 49.9% |
| 中科院生物医药装备项目 | 6.9% | 20.2% | 16.4% | 43.5% | 12.2% | 28.4% | 9.5% | 50.1% |
| 木生缘神木文化园项目 | 7.1% | 23.8% | 15.4% | 46.3% | 16.4% | 20.0% | 11.8% | 48.2% |
| 滨海新城建设管理办公室 | 6.4% | 24.0% | 14.3% | 44.7% | 15.5% | 23.2% | 9.8% | 48.5% |

根据气候特征，可以把华南地区降水分成前汛期（4~6月）和后汛期（7~9月）两个不同的阶段，前汛期中绝大多数降水过程都与冷暖空气的交绥以及华南低空西南急流有关，只有少数是受台风或其它系统影响，这一时期内常出现暴雨，前汛期中造成降水的天气系统主要是冷锋、静止锋、切变线、西南低涡以及中尺度低压系统等，后汛期以台风、热带辐合带等热带天气系统影响为主。

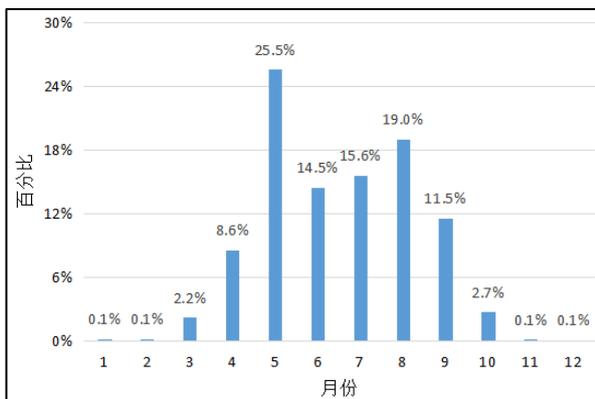


图 5.6-1 崖门游艇会地闪月变化分布图

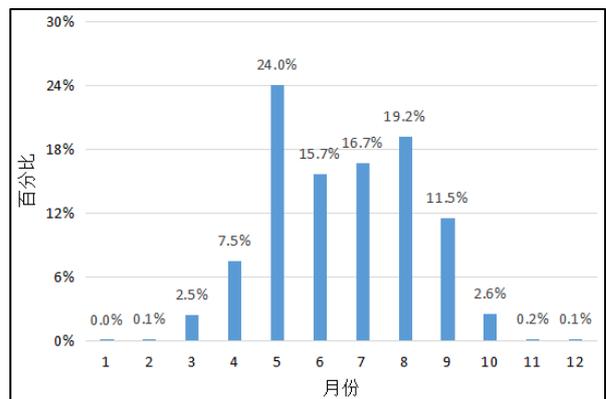


图 5.6-2 大宋皇城旅游综合区地闪月变化分布图

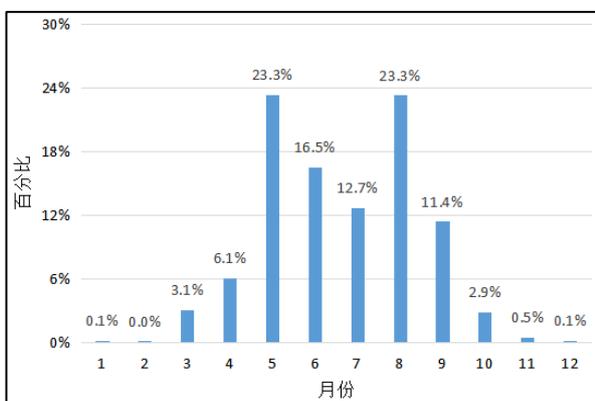


图 5.6-3 碧海银湖项目地闪月变化分布图

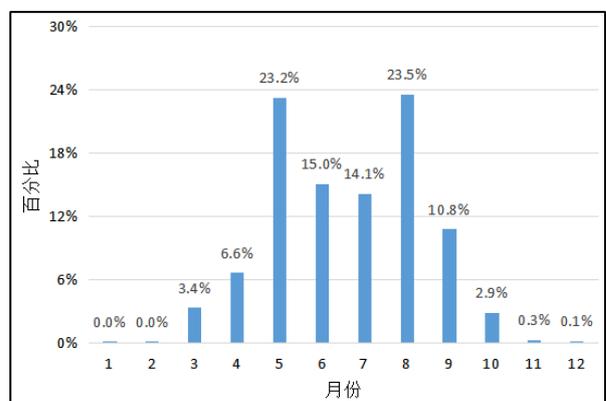


图 5.6-4 御泉国际温泉酒店项目地闪月变化分布图

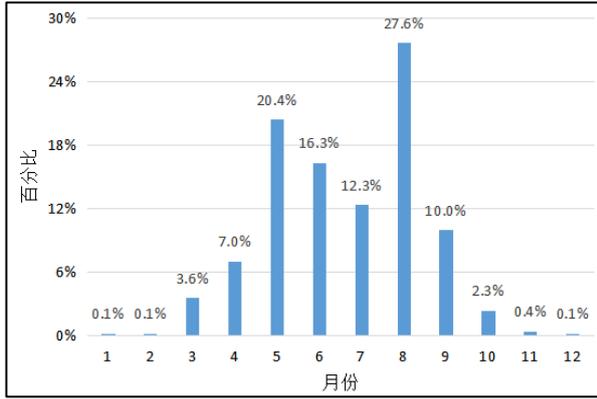


图 5.6-5 古兜温泉山河出海项目地闪月变化分布图

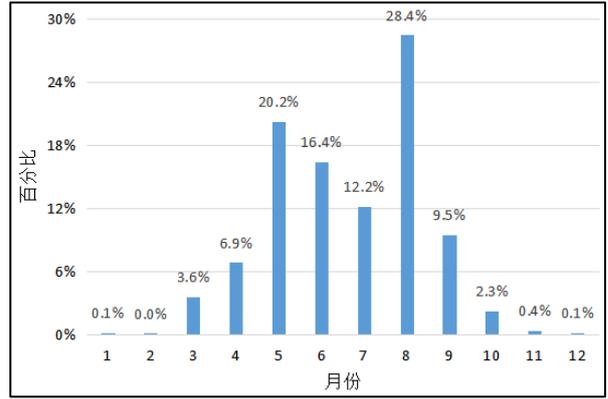


图 5.6-6 中科院生物医药装备项目地闪月变化分布图

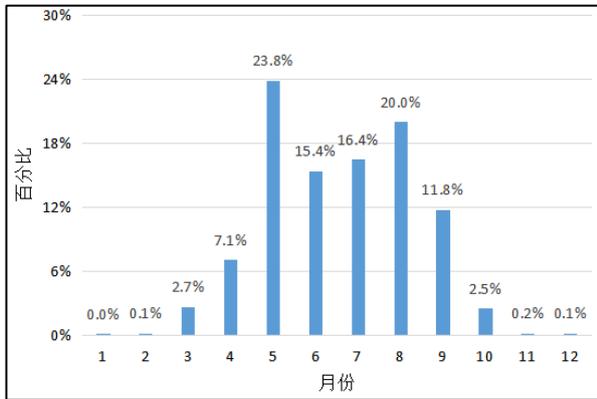


图 5.6-7 木生缘神木文化园项目地闪月变化分布图

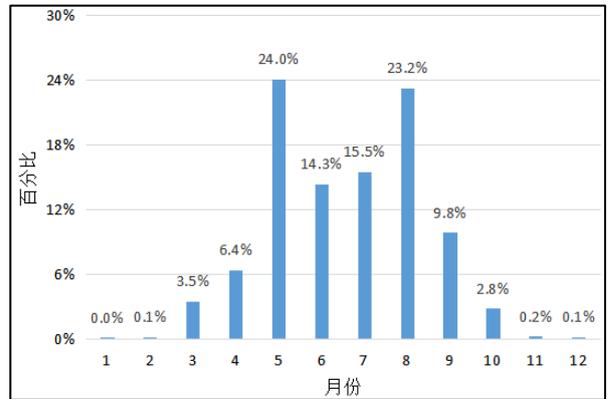


图 5.6-8 滨海新城建设管理办公室地闪月变化分布图

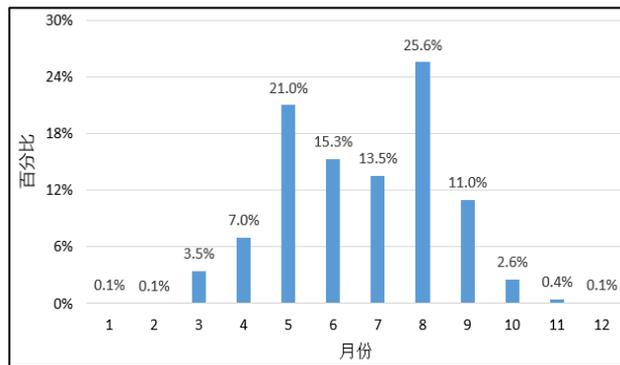


图 5.6-9 江门市银湖湾滨海新城核心区地闪月变化分布图

由表和图可见，闪电月分布特征十分明显，主要集中在4~9月，占全年的92%~95%；其中前汛期（4~6月）占43%~49%，主要集中在5月份；后汛期（7~9月）占46%~51%，主要集中在8月份。崖门游艇会前

汛期的比例比后汛期大，主要是因为前汛期锋面系统影响程度较大；其他设施后汛期所占比例比前汛期大，主要是受热带气旋等热带系统影响，在雷电设计和实施时要注意这点特征。

另一个特征就是表现出双峰的特性，5月和8月所占的比例较大（占43%以上），原因主要是前汛期经常伴随着暴雨，雷电灾害最为频繁，而后汛期午后局部对流抬升的频繁发生以及台风的影响造成雷电增多。

从上面分析可见，5、6、7和8月是全年闪电密度较大的月份，防雷工程规划施工及大型危险性作业要尽量避开雷电高发的这四个月份，并加强雷电安全防护措施。

5.7 地闪密度时变化特征

通过对江门市银湖湾滨海新城核心区和启动区内主要设施所在区域雷电活动进行时段分析，可以统计出雷电多发时段，对减少和预防雷电事故的发生及施工、运营具有重要的参考意义。表 5.7-1 是雷电多发时段表，图 5.7-1 至图 5.7-9 是对应的多年平均地闪时分布图。

表 5.7-1 雷电多发时段表

| 站点名 | 雷电多发时段 |
|---------------|----------------|
| 江门市银湖湾滨海新城核心区 | 14 时至 19 时 |
| 崖门游艇会 | 1 时、14 时至 19 时 |
| 大宋皇城旅游综合区 | 1 时、14 时至 19 时 |
| 碧海银湖项目 | 1 时、14 时至 19 时 |
| 御泉国际温泉酒店项目 | 1 时、14 时至 19 时 |
| 古兜温泉山河出海项目 | 1 时、14 时至 19 时 |
| 中科院生物医药装备项目 | 1 时、14 时至 19 时 |
| 木生缘神木文化园项目 | 1 时、14 时至 19 时 |
| 滨海新城建设管理办公室 | 1 时、14 时至 19 时 |

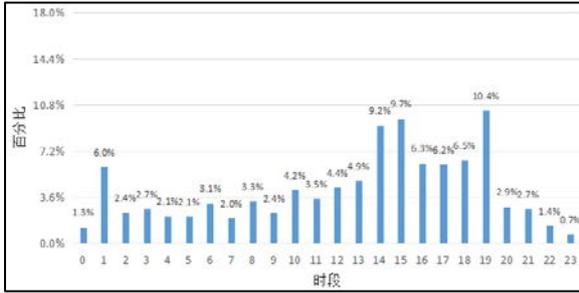


图 5.7-1 崖门游艇会地闪时分布图

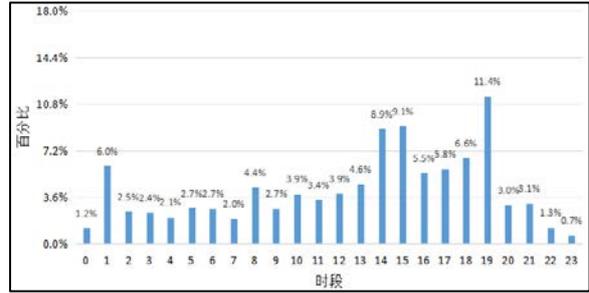


图 5.7-2 大宋皇城旅游综合区地闪时分布图

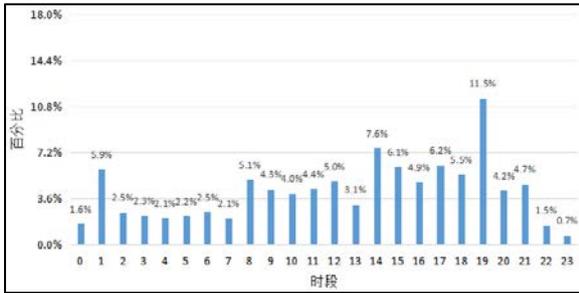


图 5.7-3 碧海银湖项目地闪时分布图

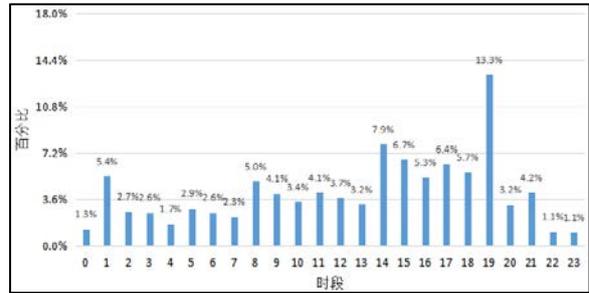


图 5.7-4 御泉国际温泉酒店项目地闪时分布图

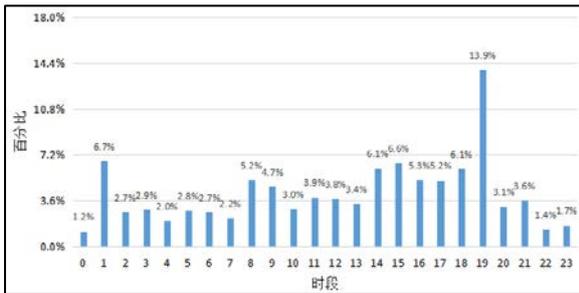


图 5.7-5 古兜温泉山河出海项目地闪时分布图

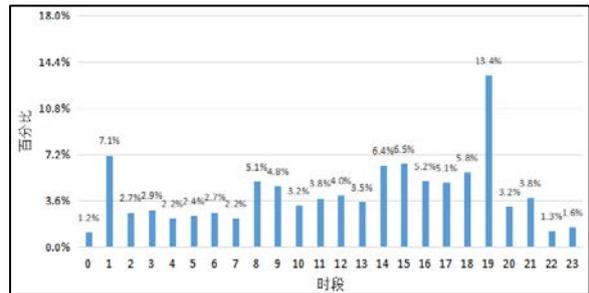


图 5.7-6 中科院生物医药装备项目地闪时分布图

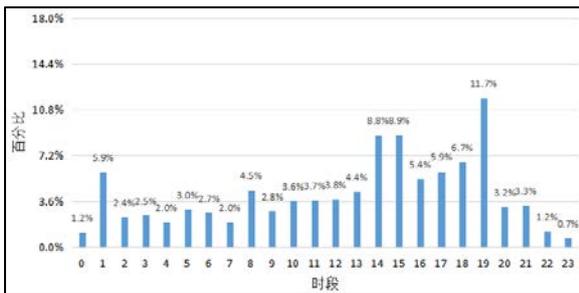


图 5.7-7 木生缘神木文化园项目地闪时分布图

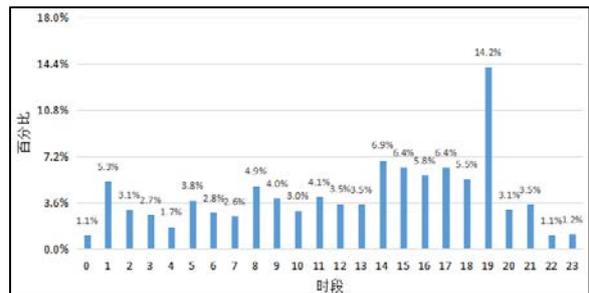


图 5.7-8 滨海新城建设管理办公室地闪时分布图

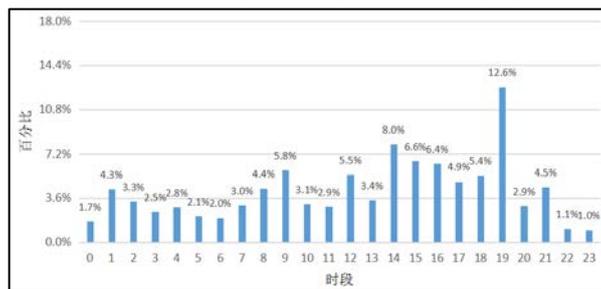


图 5.7-9 江门市银湖湾滨海新城核心区地闪时分布图

由图可知，江门市银湖湾滨海新城核心区和启动区内主要设施的闪电活动规律性较强，分布比较集中，主要在午后至晚上。其中多发时段为 14 时至 19 时，主要是局地热力抬升作用而形成，说明该地区的锋面雨系形成的闪电大部分集中在午后和晚间。由于 5、6、7、8 四个月的闪电密集且经常伴有暴雨，防雷工程施工及危险性作业时注意多发时段。

5.8 大气雷电环境特征总结与建议

前七节对江门市银湖湾滨海新城核心区、启动区内主要设施的雷电气候特征从雷暴日参数、地闪密度空间分布、地闪密度变化趋势、雷电流累积概率分布、雷电流参数特征分析、地闪密度月变化特征和时变化特征进行了详细分析和描述，现总结出以下几点主要特征：

(1) 项目位于江门市新会区，雷暴日数据取自邻近项目所在地的新会气象观测站、台山气象观测站、斗门气象观测站 30 年（1984-2013 年）数据平均值，年平均雷暴日为 70 天，属多雷区。

(2) 地闪密度值、平均电流强度、50% 概率对应的雷电流强度、4~9 月所占比例和高发时段等五项参数特征对应表见表 5.8-1。

(3) 从地闪密度值来看，江门市银湖湾滨海新城核心区启动区内主要设施、核心区区域及扩充的 3km、5km、10km、15km 范围对应的多年平均地闪密度值介于 12~15 次/(km²·a)。1999 年至 2017 年期间，曲线总体呈上升趋势，地闪密度值明显增加。通过距平分析，近五年银湖湾滨海新城核心区地闪密度以正距平为主，雷电发展主要呈增长趋势。

(4) 雷电平均电流强度介于 30~33kA 之间，明显高于广东省全省平均值（28.8kA），要重视加强直击雷防护，并提高雷电防护等级。年平均雷电流值高峰出现在 2006 年。

(5) 50% 概率所对应的雷电流强度介于 22~25kA 之间。

(6) 雷电月分布特征明显，主要分布在 4~9 六个月，占 92% 以上，其中 5、6、7、8 月份是雷电高发月份，占 74% 以上。

(7) 雷电时分布特征很明显，主要集中午后至晚上，有明显的多发时段，多发时段为 1 时、14 时至 19 时。

表 5.8-1 江门市银湖湾滨海新城核心区对应的参数特征表

| 站点名 | 地闪密度值 (次/(km ² ·a)) | 平均电流 强度(kA) | 50%概率所对应 的雷电流强度 (kA) | 4-9 月 所占比例 | 雷电多发时段 |
|---------------|-----------------------------------|----------------|----------------------------|---------------|----------------|
| 江门市银湖湾滨海新城核心区 | 13.08 | 31.36 | 23.0 | 93.4% | 14 时至 19 时 |
| 崖门游艇会 | 14.87 | 31.60 | 22.3 | 92.2% | 1 时、14 时至 19 时 |
| 大宋皇城旅游综合区 | 14.26 | 32.13 | 22.5 | 94.6% | 1 时、14 时至 19 时 |
| 碧海银湖项目 | 13.54 | 33.05 | 24.1 | 93.3% | 1 时、14 时至 19 时 |
| 御泉国际温泉酒店项目 | 12.80 | 31.63 | 23.0 | 93.2% | 1 时、14 时至 19 时 |
| 古兜温泉山河出海项目 | 12.52 | 31.12 | 23.6 | 93.6% | 1 时、14 时至 19 时 |
| 中科院生物医药装备项目 | 12.58 | 31.14 | 23.8 | 93.6% | 1 时、14 时至 19 时 |
| 木生缘神木文化园项目 | 14.13 | 32.30 | 22.4 | 94.5% | 1 时、14 时至 19 时 |
| 滨海新城建设管理办公室 | 13.02 | 30.70 | 22.0 | 93.2% | 1 时、14 时至 19 时 |

江门市银湖湾滨海新城核心区的主导产业包括了高端服务产业、综合服务产业、文化创意产业和海洋综合服务产业，是江门与港澳在多方位合作的桥头堡和载体，规划面积较大。核心区区域、启动区内主要设施的雷电活动特征都比较明显，具有明显的地域性、时间性、多发性和递增性等特征，雷电流强度也比较大，因此雷电灾害事故发生的概率也会相应增加。考虑到以上这些特征和特点，建议开展防雷基础设计和施工时，要适当地提高雷电防护级别，以尽可能地提高直击雷保护范围和雷电电磁脉冲的综合防护水平。

第六章 暴雨灾害风险与评估

6.1 暴雨风险识别

6.1.1 资料与数据

本报告暴雨灾害风险评估采用的资料与数据包括：台山国家基本站（59478）1953~2017年逐日降雨量、逐时降雨量观测数据，江门市暴雨灾害历史灾情数据等；斗门国家基本站（59487）1967~2017年逐日降雨量、逐时降雨量观测数据，斗门市暴雨灾害历史灾情数据等。

6.1.2 暴雨特征分析

江门市属亚热带季风性湿润气候区，气候温和，雨量充足。由于地处低纬，海洋和陆地天气系统均对江门有明显影响，冬夏季风的交替是江门季风气候突出的特征：冬春多东北风，夏季多偏南风。冬季的东北风因极地大陆气团向南伸展而形成的，干燥寒冷；夏季偏南风因热带海洋气团向北扩张所形成的，温暖潮湿。

江门市全年都可能出现暴雨，但暴雨的成因有明显的季节性。前汛期（4~6月）：在每年4月，热带夏季风尚未建立，在冷空气到达华南之前或高空槽前，一般会造成西南和江南地区低压槽的发展和低空西南风加大，出现切变线。但是，江门市大多数情况下仍然是一个高压脊，大多数切变线越过南岭后会逐渐减弱消失，所以该段时间江门市降水一般；到了5、6

月份，冷空气势力减弱，西南暖湿气流增强，特别是5月第4~5候以后，南海季风建立，静止锋低槽位置常在江南南部到广东省一带摆动，这时江门市正处于暖湿不稳定区，并直接受南海季风影响，雨量更大。后汛期（7~10月），暴雨主要受热带天气系统如台风、热带辐合带、东风波等影响，是台风活动的盛期。台风不仅带来丰沛的水汽，更由于其本身就是强烈的辐合系统，激烈的上升运动，可直接形成大暴雨。

根据资料统计，1953~2017年，台山站共出现暴雨日数594天，年平均暴雨日9.1天，其中1981年多达20天，最少的1956年只有1天，如图6.1-1。

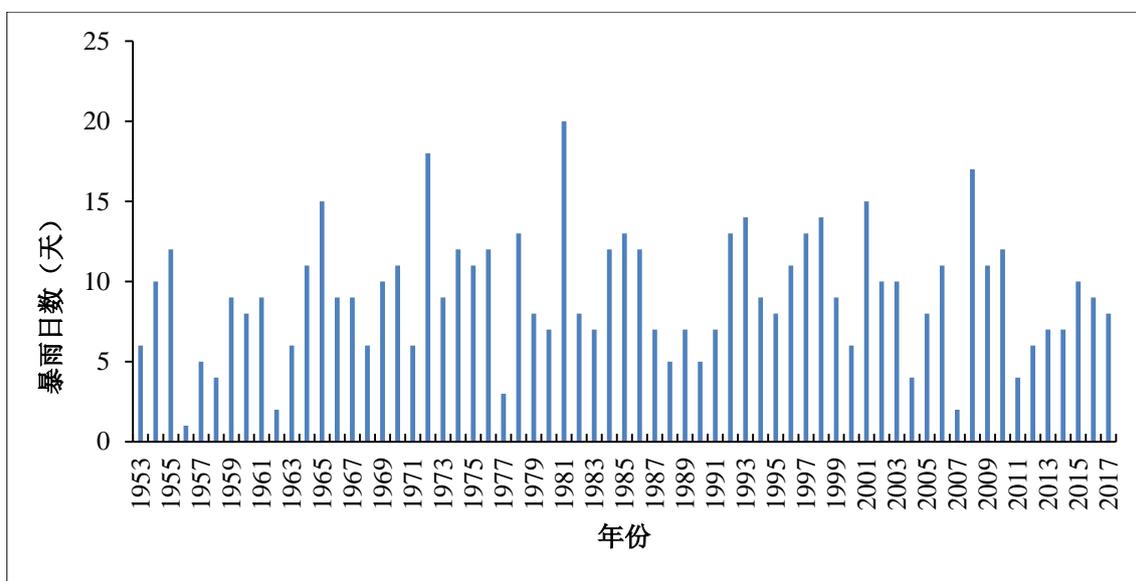


图 6.1-1 1953~2017 年台山 59478 逐年暴雨日数变化图

台山多年平均降水量 1940.4 毫米，汛期（4~9 月）降雨量占全年降水的 84.3%，4~6 月是第一个多雨季节，称前汛期，主要是锋面低槽带来的降水，降水量为 813.5 毫米，占全年降水量的 41.9%。7~9 月份为第二个多雨季节，称后汛期，主要是热带气旋、热带辐合带等带来的降水，降水量在 823.0 毫米，占全年降水量的 42.4%。10 月份开始，降水明显减少。

台山各月均有可能出现暴雨，其中 6 月最多，平均暴雨日数 1.8 天；其次为 5 月，平均暴雨日数 1.7 天；其后依次为 8 月、7 月、9 月。大暴雨最

多出现在 6 月、5 月，其后依次为 8 月、9 月。特大暴雨共出现 5 次，分别出现在 4 月至 9 月。

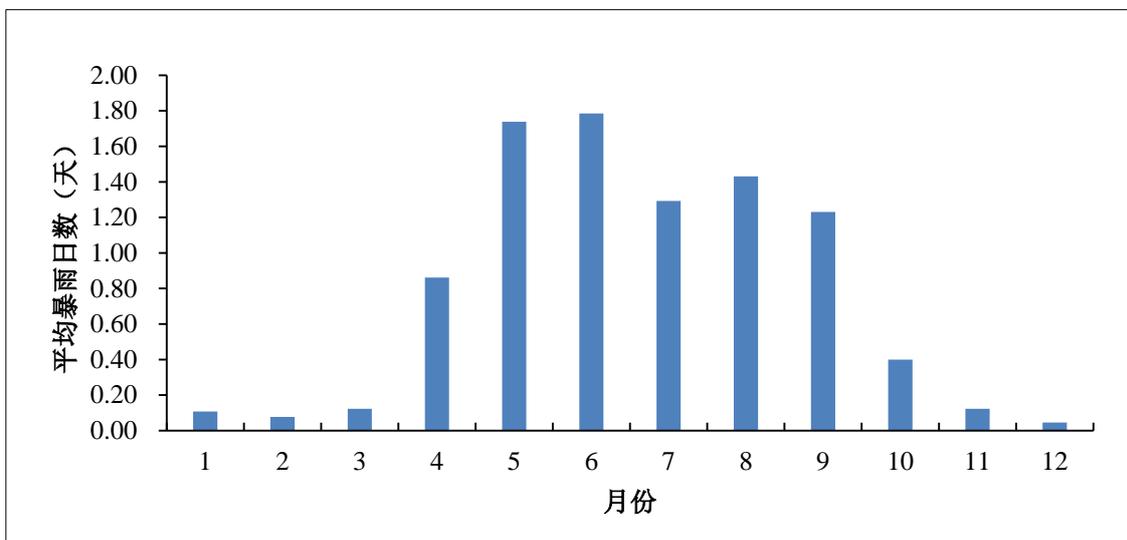


图 6.1-2 台山站（59478）1953~2017 年平均暴雨日数逐月变化图

根据资料统计，1967~2017 年，斗门站共出现暴雨日数 631 天，年平均暴雨日 12.4 天，其中 2001 年多达 22 天，最少的 2011 年只有 3 天，如图 6.1-3。

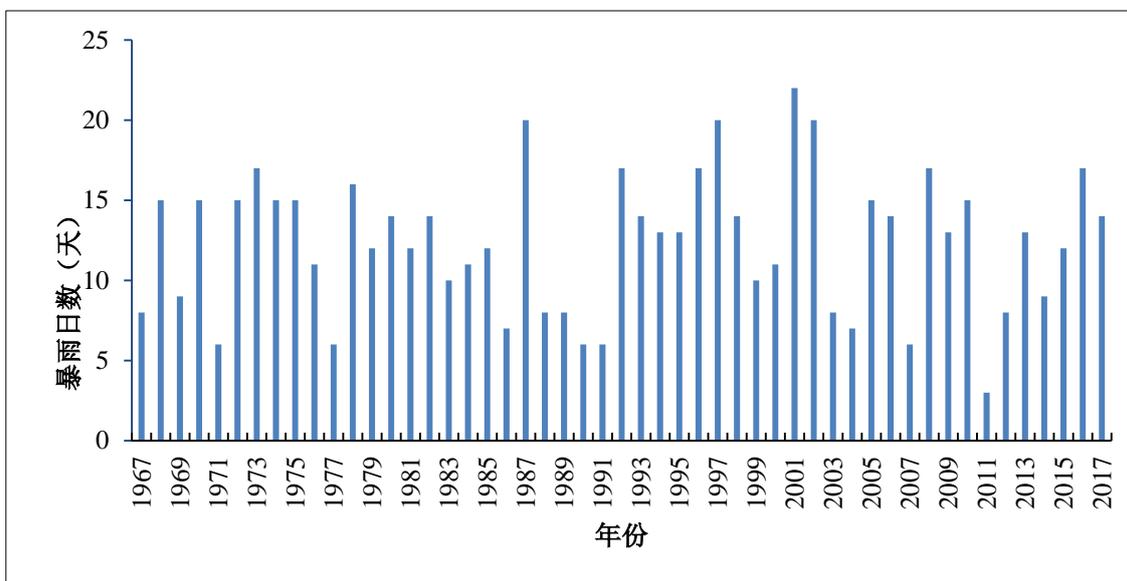


图 6.1-3 1967~2017 年斗门站（59487）逐年暴雨日数变化图

斗门多年平均降水量 2270.3 毫米，汛期（4~9 月）降雨量占全年降水的 84.7%，4~6 月是第一个多雨季节，称前汛期，主要是锋面低槽带来的

降水，降水量为 975.0 毫米，占全年降水量的 42.9%。7~9 月份为第二个多雨季节，称后汛期，主要是热带气旋、热带辐合带等带来的降水，降水量在 948.1 毫米，占全年降水量的 41.8%。10 月份开始，降水明显减少。

斗门各月均有可能出现暴雨，其中 6 月最多，平均暴雨日数 2.6 天；其次为 5 月和 8 月，平均暴雨日数 2.1 天；其后依次为 7 月、9 月。大暴雨最多出现在 6 月、5 月，其后依次为 8 月、9 月。特大暴雨共出现 9 次，分别出现在 4 月、5 月、6 月、7 月和 9 月。

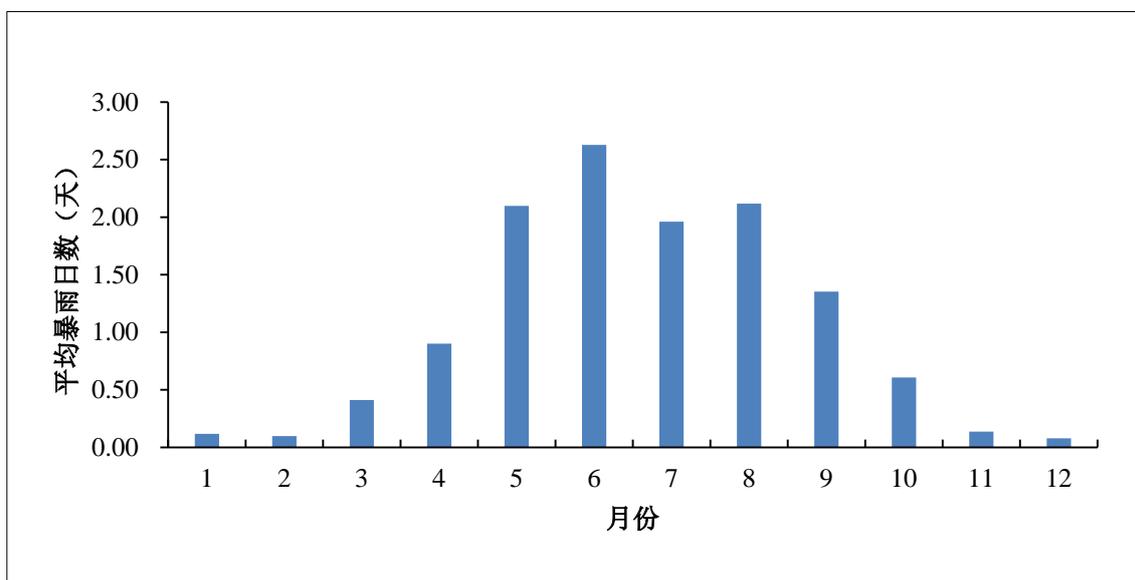


图 6.1-4 斗门站（59487）1967~2017 年平均暴雨日数逐月变化图

分析台山和斗门最大日雨量（20-20 时）年变化情况（图 6.1-5，6.1-6）年际变化都较大。台山日雨量最大年份为 282.2 毫米（1993 年），最小年份为 55.3 毫米（1956 年）；斗门日雨量最大年份为 353.9 毫米（1973 年），最小年份为 84.7 毫米（1977 年）。

暴雨量的年际变化相对较大，台山年均暴雨量 799 毫米，约占全年平均雨量的 41.2%，最多年份为 1784.1 毫米（1981 年），最少年份为 55.3 毫米（1956 年）；一年中出现暴雨的最早日期是 1 月 4 日（1972 年），最晚日期是 12 月 9 日（2001、2015 年）。斗门年均暴雨量 1141.2 毫米，约占全年平均雨量的 50.3%，最多年份为 1955.7 毫米（1973 年），最少年份为 252.2

毫米（2011年）；一年中出现暴雨的最早日期是1月11日（2016年），最晚日期是12月20日（1968年）。

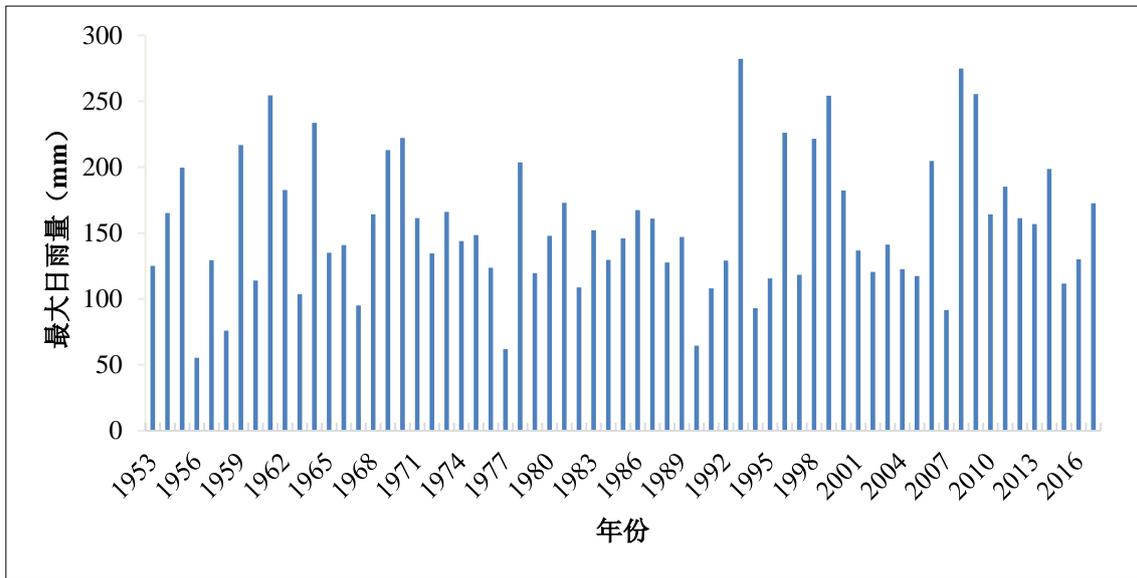


图 6.1-5 1953~2017 年台山 59478 最大日雨量变化图

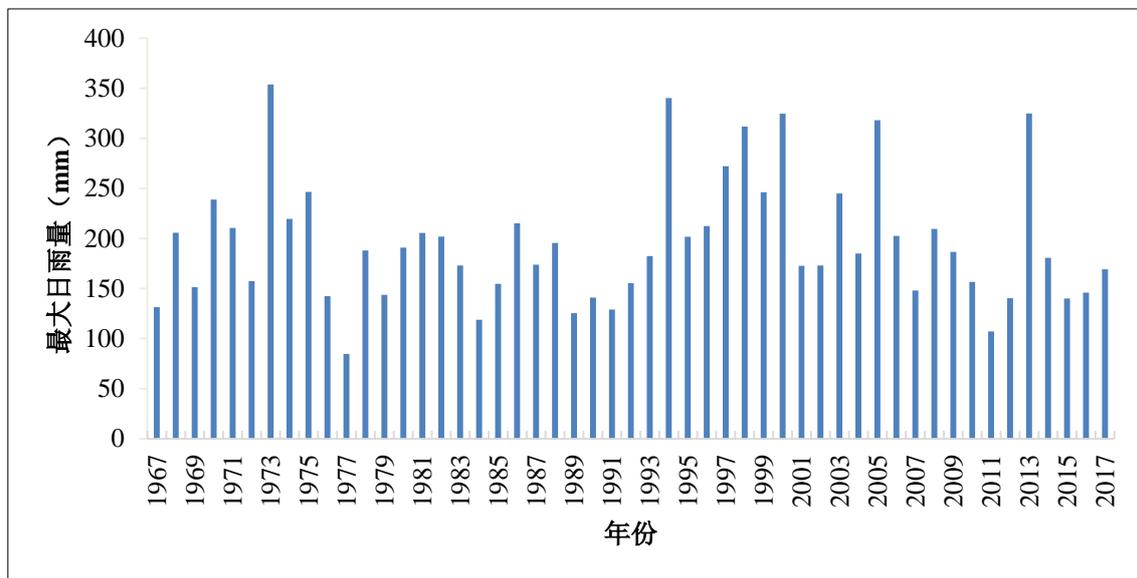


图 6.1-6 1967~2017 年斗门 59487 最大日雨量变化图

位于江门市银湖湾滨海新城核心区项目所在地红线范围内的**银湖湾区**域气象站从 2003 年开始有完整数据记录，截至到 2017 年 12 月 31 日的暴雨探测资料具体见下表。

表 6.1-1 银湖湾域气象站 2003-2017 年暴雨探测资料

| 银湖湾 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 15年合计 | 占不同级别暴雨次数的比例 | 年均 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------------|------|
| 暴雨次数 | 3 | 4 | 12 | 2 | 2 | 8 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 3 | 7 | 11 | 10 | 100 | 78% | 6.7次 |
| 大暴雨次数 | 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 3 | 3 | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 26 | 20% | 1.7次 |
| 特大暴雨次数 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2% | 0.2次 |
| 合计 | 5 | 6 | 13 | 2 | 4 | 11 | 10 | 8 | 9 | 10 | 11 | 5 | 9 | 13 | 13 | 129 | 1 | 8.6次 |

银湖湾在 2003-2017 年共 15 年间共录得 129 次大于等于 50mm 的暴雨、平均次雨量为 86.2mm。从上表可以知道，其中 50~100mm 暴雨量级共 100 次、占比 78%、年均出现 6.7 次；介于 100~250mm 的大暴雨出现 26 次、占比 20%、年均 1.7 次；大于等于 250mm 的特大暴雨出现过 3 次，占比 2%，分别为 2009 年 6 月 8 日的 324.7mm、2010 年 6 月 28 日的 255.9mm、和 2013 年 5 月 8 日的 268.1mm。

银湖湾全年各月均有可能出现暴雨，从 2003-2017 年的观测记录可以知道，最早的是 1 月 5 日、出现在 2016 年，最晚的是 12 月 9 日、出现在 2015 年。年际和月际次数差异大，暴雨多的年份可达 13 次、少的只有 2 次；特大暴雨主要集中在前汛期的 5、6 月份。

银湖湾的暴雨区域特征，基本与江门市 1957-2017 年长序列表现出来的暴雨特征一致。

6.1.3 暴雨灾害典型案例

1985 年 8 月 26-29 日，江门市各地先后遭到 3 次大暴雨到特大暴雨袭击，其中 26-28 日的暴雨尤为严重，新会、台山、开平、阳江、阳春等县

48 小时雨量超过 400 毫米。台山受浸水稻 23333.3 公顷，浸死水稻 5333.3 公顷，台城河合水水闸旋转闸门被冲垮，损坏水库 4 座。同日，阳春县一连 4 天普降大雨，雨量达 500 毫米，6 个区 8 个乡受灾。潭江中、下游受外洪、内涝和海潮夹击，开平三埠镇街道受淹水深 0.3 米，台山县台城镇 28 日出现 5.20 米的洪峰。

1988 年 5 月 13-14 日，因受静止锋低压槽及东风回流影响，江门市各地遭受大暴雨，局部特大暴雨袭击。台山、开平、恩平雨量都在 200 毫米以上。其中上川岛凌晨 1 小时降水量 201 毫米，为广东省 1 小时降水量之最。

1988 年 8 月 31 日至 9 月 8 日，江门市西江沿线出现 10 年一遇洪水。9 月 4 日上午西江出现第一次洪峰，鹤山古劳站洪峰水位 6.78 米，超出警戒线 1.08 米，新会天河站 5.41 米、江门北街站 4.37 米，分别超出警戒线 0.41 米和 1.54 米。9 月 6 日出现第二次洪峰，鹤山古劳站最高水位达 6.85 米。

1992 年 6 月 7-15 日，受锋面低槽天气系统影响，台山连降暴雨到大暴雨，降雨量多达 500~800 毫米，造成洪涝灾害，受灾农作物 2733.33 公顷，倒塌损坏民房 24 间，损坏山塘水库 118 宗、排涝设施 322 宗，溃决堤围 50 多处，桥梁 11 座，冲坏公路 28.6 公里。造成直接经济损失 700 万元。

1994 年 6 月，受降水影响，西江特大洪水造成珠江水位创 1949 年 10 月以来最高记录，江门市西江沿线出现超 50 年一遇特大洪水；6 月 17 日，鹤山城区内河水位比西江水位低 1 米多，18 日城区又下大雨，河水水位急剧上涨。

1997 年 6 月下旬至 7 月 7 日，江门五邑地区连降大暴雨，共 27 个镇，103 个村受灾，人口达 43.7 万。受灾稻田 14.2 万亩、鱼塘 6300 亩、经济作物 6.8 万亩，损坏水利工程 196 宗，冲毁公路 80 多公里，桥梁 11 座，涵洞 36 个，倒塌房屋 208 间，经济损失达 8700 万元。

1998年6月20-25日，特大暴雨袭击恩平、开平，多个暴雨点平均降雨1060毫米。6月26日恩平大田镇茶山坑水库副堤溃决，山洪暴发，江河水位迅速上涨，大田、朗底、牛江镇和开平大沙镇顿成泽国，共死亡47人，失踪2人；共有9228亩耕地被洪水冲毁，其中恩平5682亩、开平3546亩，全部失去了耕种条件；开平经济损失达1.7亿元，恩平经济损失达5亿元。

2000年10月21-22日，受南海季风低压槽和弱冷空气渗透影响，全市普降暴雨，局部特大暴雨。其中台山隆文镇降雨383毫米、海宴镇328.4毫米。台山、开平两地受浸水稻2万公顷，其中泥沙覆盖16.7公顷，受浸蔬菜、花卉533.3多公顷、鱼塘漫顶86.7公顷。冲毁排洪河（渠）堤12处长350米，冲毁水陂12宗，直接经济损失1000万元。

2012年4月16日-17日江门市普降暴雨局部特大暴雨，全市共有68个气象观测站录得暴雨及以上级别降水；**银湖湾区域气象站录得75.2mm的暴雨**。造成部分城镇街道水浸、山体滑坡、农作物被淹、水利设施损坏等灾害。

2014年5月8日至12日，受西南暖湿气流影响，江门出现持续性强降雨，大范围出现大暴雨到特大暴雨，局地伴有短时雷雨大风等强对流天气，8日8时至12日8时累积雨量有20站超过400毫米，11站超过500毫米，有7站超过600毫米，最大为台山端芬镇隆文村834.2毫米；**银湖湾区域气象站录得过程降雨量471.9mm，其中9日、11日分别录得221.9mm、178.6mm的大暴雨，10日录得49.9mm的大雨**。根据三防办统计，受此次强降雨影响，江门各地出现了不同程度洪涝灾害，全市受灾范围涉及蓬江、新会、台山、开平、鹤山和恩平6个市（区），共56个镇（街），受灾人口67097人，转移人口6075人，受灾农作物35.7万亩，直接经济损失18964万元。

2015年10月3日至6日，受1522号台风“彩虹”及偏南气流影响，江门地区出现了暴雨到大暴雨，局部特大暴雨降水过程，其中蓬江、新会、鹤山局部累积雨量超过500毫米。根据全市气象站网监测，3日08时至7

日 08 时，全市共有 3 个站录得 500 毫米以上的累积雨量，大于 250 毫米的站数有 59 个（占总站数的 46.1%），累积雨量在 100~250 毫米的站数有 55 个（占总站数的 43.0%）；其中鹤山市雅瑶镇录得全市最大累积雨量 510.9 毫米；上川岛观测站录得 30.8 米/秒（11 级）的极大风；**银湖湾区域气象站录得过程降雨量 256.1mm，其中 4 日、5 日分别录得 62.6mm、130.8mm 的大暴雨。**经江门市三防办统计，全市三区四市共有 61 个镇（街）出现不同程度的洪涝灾害，受灾人口 44266 人，倒塌房屋 8 间，农作物受灾面积 18.977 万亩，全市直接经济损失 3.7956 亿元，其中水利设施直接经济损失 0.2314 亿元，农林牧渔业直接经济损失 3.4069 亿元，工业、交通等直接经济损失 0.1573 亿元。全市无人员伤亡和失踪报告，社会大局和受灾群众生活保持稳定。

2017 年 7 月 2-5 日江门连续出现强降水，且多出现在夜间，2 日 8 时至 5 日 8 时，全市共有 4 个站累积雨量大于 400 毫米，有 12 个站雨量在 300-400 毫米，有 50 个站雨量在 200-300 毫米，全市平均雨量 211.4 毫米；其中，最大雨量为开平金鸡 499.4 毫米；**银湖湾区域气象站录得过程降雨量 255.3mm，其中 3 日出现 139.9mm 的大暴雨、4 日出现 60.8mm 的暴雨。**据江门市三防部门统计，全市共有 2 个市县共 25 个乡镇出现洪涝灾害。受灾总人口达到 9885 人。转移人口 2670 人，无人员伤亡及失踪。全市直接经济损失 5415.01 万。全市农林牧渔直接经济损失 3910.01 万元。农作物受灾面积达到 9.8906 万亩，其中粮食作物 7.50522 万亩。农作物成灾面积 3.7826 万亩，其中粮食作物 2.6026 万亩。农作物绝收面积达 0.5101 万亩，其中粮食作物 0.3301 万亩，因灾减产粮食 0.89405 万吨，经济作物损失 1013.622 万元，水产养殖损失面积 0.2181 万亩，数量 0.6242 万吨。全市工业交通运输业直接经济总损失 196 万元。停产工矿企业 3 个，公路中断 34 条次，供电中断 3 条次，通讯中断 2 条次。全市水利设施直接经济损失 1309 万元，损坏提防 8 处，总长度 0.415 千米。损坏护岸 1 处，损坏水闸 8 座，损坏灌溉设施 67 处，损坏机电泵站 3 座。

2016年5月20-21日，受高空槽、切变线和西南气流影响，江门市出现暴雨到大暴雨，局部特大暴雨。其中20日8时至21日8时，全市共有1个站出现特大暴雨，25个站出现大暴雨，48个站出现暴雨，29个站出现大雨，最大雨量点为恩平横陂镇304.9毫米。20日22时至21日1时，恩平横陂镇录得214.9毫米降水，为当地有气象记录以来的最大3小时雨量值；而5月20日8时至21日8时，该镇录得304.9毫米的24小时雨量，为当地24小时雨量的历史第二高值（历史最大为2014年5月10日8时至11日8时，306.3毫米）；**银湖湾区域气象站20日出现53.5mm的暴雨、21日出现105.5mm的大暴雨。**

2016年8月1-3日，受1604号台风“妮妲”影响，江门普降暴雨到大暴雨，局部特大暴雨降水，多地出现8~10级大风，其中台山市川岛镇山咀村录得26.4米/秒的极大风；根据全市气象站网监测，1日16时至3日8时，全市共有2个站（1.4%）出现250毫米以上降水，110个站（77.5%）出现100到250毫米降水，21个站（14.8%）出现50到100毫米降水，最大雨量点为上川岛304.4毫米；**银湖湾区域气象站录3日录得136.3mm的大暴雨。**经江门市三防办统计，截止到3日8时，新会、恩平、台山共有16个镇（街）出现不同程度的洪涝灾害，受灾人口6728人，倒塌房屋7间，农作物受灾面积4.8万亩，全市直接经济损失2227万元，其中水利设施直接经济损失279万元；全市转移人口29053人，无人员伤亡和失踪报告，社会大局和受灾群众生活保持稳定。

2017年7月17-18日，受季风槽、东南急流影响，江门市出现了大到暴雨，局部大暴雨降水。16日20时至18日20时，全市共有2个站累积雨量超过250毫米，55个站累积雨量达到100-250毫米，57个站累积雨量达到50-100毫米，最大雨量点为台山赤溪261.1毫米；**银湖湾区域气象站17日录得121.3mm的大暴雨。**

2017年9月2-4日受台风“玛娃”及其残余环流影响，江门部分地区出现强降水。其中，3日20时至4日20时，江门东部和南部出现大到暴雨，局部大暴雨，全市共有5个站出现大暴雨，19个站出现暴雨，最大雨量点为台山北陡193.3毫米；银湖湾区域气象站4日录得**129.5mm**的大暴雨。

6.1.4 暴雨灾害风险源与隐患分析

滨海新城核心区范围位于银湖湾滨海新城的南部，主要为银湖湾的围垦区，北至古兜山麓，东侧和南侧以黄茅海为界，西至江门市区边界。地势总体上是西北高、东南低；地形上，有向南开口，南北宽窄悬殊的喇叭状地形，在海岸山地、喇叭口地形以及海陆风的影响下，有利于水汽辐合上升，当低空出现强暖湿气流时，在迎风坡的抬升作用，喇叭状地形的狭管效应，以及绕流摩擦作用引起的气流辐合上升，都可能把来自洋面的大量水汽汇集输送到上层，使湿层增厚，最后达到饱和而成云致雨，形成极端强降水。全年均有可能出现暴雨，而集中时段主要为汛期的4-9月；暴雨的出现，则主要分两种形式，一是短时间的强降水，二是持续降水造成的累积雨量达到暴雨的量级。

根据广东降水特点及致灾阈值，极端强降水条件：1小时降雨量 ≥ 50 毫米，3小时降雨量 ≥ 120 毫米，24小时降雨量 ≥ 250 毫米，满足这个致灾性的极端强降水条件的区域称为“雨窝”。统计2003-2017年平均的银湖湾（G2111：江门新会区崖门镇崖南水利会自动气象观测站）1小时、3小时、24小时达到“雨窝”标准的频次（表6.1-2）。可见银湖湾存在出现极端性强降水的可能性，2003-2017年平均的1小时、3小时、24小时极端强降水频次分别为：1小时/年、0.53次/年和0.2天/年，主要出现在前汛期。而其以东的川岛镇是24小时全省极端强降水中心，年发生频次为0.63天/年，是广东的“雨窝”。所以极端强降水是滨海新城的主要气象灾害，要特别注意防御。

表 6.1-2 银湖湾区域气象站 2003-2017 年发生极端强降水的平均频次

| 要素 | 年 | 前汛期 | 后汛期 |
|------------|------|------|------|
| 1 小时（小时/年） | 1 | 0.67 | 0.27 |
| 3 小时（次/年） | 0.53 | 0.53 | 0 |
| 24 小时（天/年） | 0.2 | 0.2 | 0 |

暴雨灾害的出现，可能会引发积涝、洪水和冲刷等，对于本报告风险评估的对象而言，承载体受暴雨灾害可能造成的风险和隐患影响主要有：

- （1）造成地质沉降，从而影响附载物的安全；尤其是围垦区的区域。
- （2）造成建筑物受淹、损坏，甚至倒塌，从而对人们的生命财产安全产生危害。
- （3）北面东方红水库、山塘、水闸等泄洪时可能对下游造成的安全隐患；山体滑坡和泥石流隐患可能引发的危害。
- （4）造成堤围溃决、公路冲坏、码头损坏等，从而影响到区域内的人身和财物安全。
- （5）可能对水利工程、交通、电力、通讯等基础设施产生破坏，从而影响正常的出行和生活。
- （6）绿化和农林牧渔受冲刷和水淹，造成经济损失。
- （7）杆塔和变压器等高压电力设备遭遇水浸时有发生漏电的风险，从而造成人员触电伤亡。

6.2 暴雨灾害风险评估

采用中华人民共和国国家标准 GB/T 27921-2011《风险管理 风险评估技术》中的风险矩阵法，通过对项目所在区域暴雨灾害发生的可能性、灾

害事件后果的严重性等进行分析，在此基础上对项目所在区域的暴雨灾害风险进行评估与分级。

6.2.1 暴雨灾害风险评估方法

自然灾害风险是以自然变异为主因导致的未来不利事件发生的可能性及其损失。由不利事件的可能性和损失作为灾害风险分级的量化指标，利用风险量化矩阵进行风险分级。

本报告采用经典的风险定义来表达灾害风险，并采用中华人民共和国国家标准 GB/T 27921-2011《风险管理-风险评估技术》中的风险矩阵法对核心区的暴雨灾害风险通过评估和分级。灾害风险分级由灾害风险事件发生的可能性和产生的后果来决定。以 P 代表灾害风险事件发生的可能性的分级，以 C 代表灾害风险事件产生的后果的分级，以 R 代表灾害风险。灾害风险 R 的分级由 P 和 C 的乘积决定。其数学计算公式为：

$$R=P*C$$

式中， R （risk）表示灾害风险， P （probability）表示灾害风险事件发生的可能性， C （consequence）表示灾害风险事件产生的后果。

（1） P ——发生的可能性

本报告中，灾害险可能性的等级按照表 6.2-1 所示标准进行划分。依据事件在一定时期发生的概率或发生可能性的文字描述，相应的评分从 1 到 4 代表可能性发生的从高到低。

表 6.2-1 灾害风险可能性等级分值

| 可能性等级分值 | 定性判断标准 | 定量判断标准（概率区间） |
|---------|--------|---------------------------|
| 1 | 极可能 | $P_f \geq 0.1$ |
| 2 | 很可能 | $0.01 \leq P_f < 0.1$ |
| 3 | 可能 | $0.001 \leq P_f < 0.01$ |
| 4 | 可能性低 | $0.0001 \leq P_f < 0.001$ |

暴雨灾害事件发生可能性的计算以项目选取的参证气象站和参考站历史降雨观测数据为基础，使用数理统计方法对暴雨概率分布函数进行拟合，进一步求出降雨超过特定值的概率。

本报告结合各气象站点历史观测数据进行计算分析后发现耿贝尔（Gumbel）分布的拟合效果较理想，也偏于安全，因此使用本方法计算不同重现期的暴雨以及暴雨灾害事件的发生概率。

耿贝尔分布的分布函数由下式表达：

$$F(x) = \exp(-e^{-a(x-u)}) \quad a > 0, -\infty < u < \infty$$

其超过保证率函数为：

$$P(x) = 1 - \exp(-e^{-a(x-u)})$$

超过保证率 P 对应的重现期雨量为：

$$x_p = -\frac{1}{a} \ln[-\ln(1-P)] + u$$

其参数 a 及 u 的求取估计一般采用耿贝尔法，具体如下：

假定最大日雨量有序序列： $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$ ，则经验分布函数为：

$$F^*(x_i) = \frac{i}{n+1} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

取如下序列：

$$y_i = -\ln(-\ln(F^*(x_i))) \quad i = 1, 2, \dots, n$$

可得：

$$a = \frac{\sigma(y)}{\sigma(x)} \quad u = E(x) - \frac{E(y)}{a}$$

式中 $\sigma(x)$ 和 $\sigma(y)$ 分别为序列 x_i 和 y_i 的均方差， $E(x)$ 和 $E(y)$ 分别为序列 x_i 和 y_i 的数学期望，在实际计算中可用有限样本容量的均值和标准差作为 $E(x)$ 和 $\sigma(x)$ 的估计值。

(2) C——事件后果的严重性

针对自然灾害风险事件可能对热电厂造成后果的严重性，根据对人的影响、对设备的影响以及对生产的影响三个方面进行后果严重性等级划分。本次评估按照事件的后果严重情况分为“非常严重、严重、一般、轻微”四个级别，相对应的评分分别为 1、2、3、4。

表 6.2-2 灾害事件造成后果分析等级划分

| 后果等级分值 | 风险事件后果 | 对人口的影响 | 对社会经济的影响 | 对生产生活的影响 |
|--------|--------|-------------|------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 非常严重 | 多人死亡和/或严重受伤 | 直接经济损失超过 5000 万元； | 企业生产中断 48 小时以上；居民用水、用电中断 48 小时以上； |
| 2 | 严重 | 一人死亡和/或严重受伤 | 直接经济损失 1000 万~5000 万元； | 企业生产中断 24~48 小时；居民用水、用电中断 24~48 小时； |
| 3 | 一般 | 多人轻微受伤 | 直接经济损失 500 万~1000 万元； | 企业生产中断 12~24 小时；居民用水、用电中断 12~24 小时； |
| 4 | 轻微 | 可能造成一人轻微受伤 | 直接经济损失 100 万~500 万元； | 企业生产中断 6~12 小时；居民用水、用电中断 6~12 小时； |

后果的分级方法是根据灾害风险事件产生指标的等级分值，将后果从大到小分为四个等级，分别用等级 C 的分值表示（表 6.2-3）。一次灾害风险事件的多个指标的等级分值不同时，后果等级分值 C 取其指标等级分值中的最大者。表 6.2-3 提供了一种灾害风险的后果等级 C 的分值的取值示例。

表 6.2-3 灾害风险后果严重性等级分值

| 后果等级分值 C | 风险事件后果 | 后果指标分值 | | | | |
|----------|--------|--------|------|------|------|------|
| | | 指标 1 | 指标 2 | 指标 3 | 指标 4 | 其他指标 |
| 1 | 非常严重 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 严重 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 一般 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 轻微 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |

(3) 风险分级矩阵

根据灾害风险事件的可能性等级分值 P 和灾害风险事件的后果 C 的分值，建立灾害风险分级矩阵。

风险等级分值 R 为灾害风险，是灾害风险事件的可能性等级分值 P 与后果等级分值 C 相乘的结果。根据风险等级的划分，R 被赋以四种颜色，分别表示灾害风险的四个等级：红色代表极高风险，R 分值为 1—2；橙色代表高风险，R 分值为 3—4；黄色代表中等风险，R 分值为 6—9；蓝色代表低风险，R 分值为 12—16。

表 6.2-4 灾害风险分级矩阵

| 风险等级分值 R | | | 后果等级分值 C | | | |
|---------------|------|---|----------|----|----|----|
| | | | 非常严重 | 严重 | 一般 | 轻微 |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 可能性等级 分值 P | 极可能 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | 很可能 | 2 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| | 可能 | 3 | 3 | 6 | 9 | 12 |
| | 可能性低 | 4 | 4 | 8 | 12 | 16 |

(4) 风险空间分布

根据灾害学理论，灾害风险的空间分布受致灾因子、孕灾环境、承灾体等多个因素影响。对于本项目而言，由于银湖湾滨海新城核心区占地面积较小，致灾因子的空间差异不大，灾害风险空间分布主要受孕灾环境和承灾体影响。考虑到项目所在区域当前尚处在规划阶段，缺少承灾体空间分布数据，因此本报告暂时只考虑孕灾环境的影响。

地形是影响暴雨灾害风险高低的主要孕灾环境因子，地势高的区域在发生暴雨时不易积水，造成灾害的可能性较低，风险也相对偏低，地势低洼的区域则易发生积涝，进而受灾，风险则相对偏高。此外，局地地形的起伏变化也可能造成一些海拔较高，但地势相对低洼的地区容易受灾。本项目从上述两个方面考虑，基于 1:5 万数字高程数据 (DEM) 对暴雨灾害风险孕灾环境的敏感性进行评估，其中地势以高程表示，直接从 DEM 数据中提取，地形起伏变化则采用高程标准差表示，对 GIS 中某一格点，计算其与周围 8 个格点的高程标准差获得。分别将这两个要素图层进行标准化处理后，加权求和得到暴雨灾害孕灾环境敏感性指数的空间分布图。

6.2.2 暴雨发生的可能性评估

江门全年都可能出现暴雨，4~9 月出现概率较大。1953~2017 年台山气象站共录得 600 次暴雨以上降水，其中 158 次为大暴雨(日雨量 $\geq 100\text{mm}$)，5 次为特大暴雨(日雨量 $\geq 250\text{mm}$)，平均每年发生暴雨以上强降水的次数为 9.1 次；1967~2017 年斗门气象站共录得 639 次暴雨以上降水，其中 187 次为大暴雨，8 次为特大暴雨，平均每年发生暴雨以上强降水的次数为 12 次。

表 6.2-5 江门市银湖湾滨海新城核心区暴雨发生强度分析表

| 站号 | 暴雨发生的强度指标 | | |
|-------|----------------|------------------|----------------|
| | 平均雨强 (mm/天) | 暴雨日雨量 极值 (mm) | 平均每年发生 暴雨次数 |
| 59478 | 87.5 | 282.2 | 9.1 |
| 59487 | 95.1 | 353.9 | 12 |
| G2111 | 86.2 | 324.7 | 8.6 |

注：G2111 资料为 2003-2017 年。

利用台山和斗门气象站的年最大日雨量建立评估序列，采用 Gumble 分布、Weibull 分布、对数正态分布和 Pearson-III 型分布对两站降水极值进行了概率分布拟合，并检验筛选最优模型。结果表明，台山站采用 Gumble 分布、斗门站采用对数正态分布概率分布函数为最优模型。计算得到两个气象站不同重现期日雨量，见表 6.2-6：

表 6.2-6 参考气象站不同重现期日雨量（单位：mm）

| 重现期(a) | 5 | 10 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 台山 59478 | 196 | 229 | 260 | 278 | 300 | 331 | 361 |
| 斗门 59487 | 242 | 277 | 309 | 328 | 351 | 382 | 412 |
| 银湖湾 G2111 | 240 | 274 | 306 | 324 | 346 | 376 | 406 |

结合台山和斗门历史暴雨灾情记录，综合考虑银湖湾滨海新城的情况，本报告认为当日雨量超过 250mm，即发生特大暴雨时，可能对本项目造成影响，因此以日雨量 $\geq 250\text{mm}$ 作为暴雨灾害事件，并结合参考气象站日雨量的概率分布函数，计算得出本项目所在区域发生暴雨灾害事件的概率（表 6.2-7）。

表 6.2-7 参考气象站及参证气象站发生暴雨灾害事件概率

| 站号 | 台山 59478 | 斗门 59487 | 银湖湾 G2111 |
|----------|----------|----------|-----------|
| 暴雨灾害事件概率 | 0.059 | 0.167 | 0.108 |

按照表 6.2-1 给出的灾害风险可能性等级分值划分，江门市银湖湾滨海新城核心区暴雨灾害发生的可能性等级为 1 级，即极可能发生。

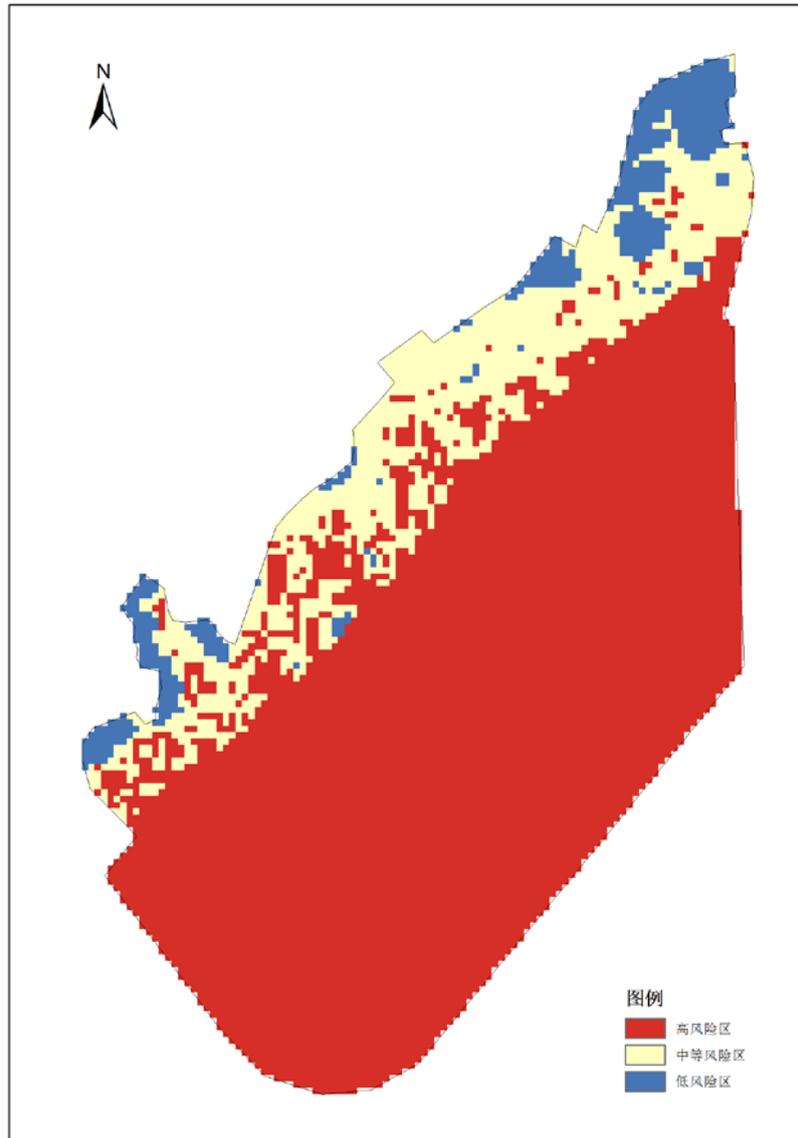
6.2.3 暴雨发生的后果损失评估

综合考虑上文所述各种情形，结合表 6.2-3 大风、暴雨灾害事件造成后果分析等级划分，结合项目所在区域的历史暴雨灾情记录，6.2.2 节中定义的暴雨灾害事件对江门市银湖湾滨海新城核心区造成后果的等级多为 2 级。

6.2.4 暴雨风险水平的确定

综合江门市银湖湾滨海新城核心区暴雨灾害发生的可能性等级和后果等级，参照“表 6.2.4 灾害风险分级矩阵”，江门市银湖湾滨海新城核心区暴雨风险为极高。

采用 6.2.1 节中所描述方法，本报告基于 1:5 万数字高程数据 (DEM) 对江门市银湖湾滨海新城核心区暴雨灾害风险的孕灾环境敏感性进行了评估，进而得到项目所在区域暴雨灾害相对风险等级分布图 (图 6.2-1)。



6.3 暴雨风险对策、措施与建议

江门市银湖湾滨海新城核心区暴雨风险等级为极高风险，结合气象致灾因子危险性、滨海新城核心区孕灾环境以及承灾体的特性，建议须加强对暴雨灾害的防御。具体的对策、措施与建议为：

（一）规划期：结合地形地势和核心区的功能设置，注重核心区内部及与外部衔接的布局规划，提倡采用生态型建设，设计管径大、泄水能力强的专用雨水管网系统，排水能力满足极端暴雨灾害发生时的排量需求；以一定程度上减少暴雨内涝灾害可能对核心区带来的重大影响。地质变化要考虑暴雨影响可能出现的地面沉降，特别是围垦的区域。

（二）建设期：制定气象灾害应急响应对策，对暴雨内涝、水土流失等可能对施工和工程安全产生的影响建立灾害分级预警应急响应，把积水等级加入暴雨内涝灾害分级预警应急响应；构建完善的信息传播体系，对暴雨预警及时响应和采取应对措施，保障施工工程和人员安全。加强生命线基础设施，如给水、排水、供电、通讯等系统防洪保障体系建设。

（三）运行期：

（1）充分考虑核心区所在区域暴雨多发和量级大的特点，定期检查排水系统、检查排水管道是否畅通，尽可能降低强降水引发积涝；除了日常的排查外，重点还应在每年汛期来临前（一般在每年4月份之前），进行一次全面的暴雨灾害隐患排查和治理，调研核心区及周边暴雨隐患情况，提高对暴雨灾害，特别是暴雨引发的积涝灾害的防御能力。防范北面山体可能发生滑坡和泥石流等引发的风险。建议在主要出入口以及隐患点增加警示标牌。

（2）密切关注新会区气象局发布的暴雨预报和预警信号，在新会区气象局发布了暴雨预报或预警信号后，要及时进行隐患排查并做出相应的治

理。建议设置气象电子显示屏，及时接受及播放新会区气象局发布的暴雨预警信号。

(3) 制定针对暴雨灾害的应急预案，建立各级防汛责任制，定期对建筑物的渗漏水及雨水倒灌风险隐患进行排查；设置防汛办公室负责气象预警信号和天气动态预报信息的接收，密切与气象局等政府部门进行沟通，及时通过文件、电视、网站、手机、传真、微信等渠道获取最新气象信息。防汛办公室负责人接到气象部门的预报或防汛防台抗旱指挥部的灾情信息后，立即向防汛指挥部总指挥或副总指挥报告。根据事故后果的严重程度、影响范围及单位控制事态的能力，将应急响应分为Ⅲ级、Ⅱ级、Ⅰ级，通常按预警等级（颜色）相应提高，但是情况紧急也可以越级响应。同时按照应急响应等级做出相应的应对措施。各部门需要协助协调或需要外部抢险力量支援时，要及时向防汛指挥部反映，由防汛指挥部统一安排。相关部门抓紧对受损设备进行修复维护工作，对所管场地进行全面检查，发现问题立即上报和处理。全体员工和已有的交通工具、通信设备及备用物品等都是应急预案的人员和物质保障，将防汛工作资金列入年度计划。防汛指挥部对应急行动中表现突出的部门和人员进行表彰。对未按本预案开展工作的部门和人员予以通报批评，并根据导致的后果实施责任追究。要求全体员工必须清楚本预案，并熟悉各自的职责，各部门、各应急小组组织学习和演练。防汛办公室不定期检查各部门的学习和演练情况，每年至少组织一次联合演习和针对性的学习。同时积极参加当地政府组织的应急救援演练。

(4) 思想上要重视，避免松懈和麻痹；除了重点做好汛期暴雨防御工作之外，非汛期也需要警惕暴雨发生的可能。银湖湾区域全年各月均有可能出现暴雨，又以4~9月出现的概率较高；但在全球变暖、极端天气气候事件多发的背景下，非汛期同样可能出现极端的强降水，例如银湖湾区域自动气象站2010年2月7日录得63.3毫米的暴雨、2003年10月11日录

得 65.2 毫米的暴雨。除加强防御连续暴雨的影响外，还要特别注意短时强降雨过程对核心区内需重点关注的风险源的影响。

(5) 做好核心区的生态建设，避免建设和暴雨冲刷引发的水土流失。对于坡度较大的区域，可采取植树种草的方法减少暴雨洪涝造成的影响，从而减轻灾害带来的损失；项目位于沿海湾地区，可加强水利建设，疏浚河道，加强泄洪能力；种植抗洪涝作物和配备物资，以减少和阻止暴雨洪涝带来的损失；减少阻质铺地，增加绿地面积，从而增强土壤对水体吸收和疏散作用；针对高风险区可建设排水泵站或紧急集水门，在特大暴雨期间减小暴雨可能产生的威胁，从而保障核心区的正常运转。

(6) 加强与周边的联防，全面提升气象灾害预警服务能力和水平；加强应急机构组织建设，有效防御、合理避灾防灾，必要时安全撤离人员，将灾害损失降到最低限度。

项目位于暴雨中心和雨窝区域附近，应多措并举，加强防范，最大程度减少暴雨灾害可能带来的损失和危险；减少暴雨可能带来的直接致灾和衍生灾害。

(6) 由于项目所在区域当前尚处在规划阶段，本报告在分析大风灾害风险的空间分布时暂未考虑承灾体的影响，因此风险空间分布的结果仅供参考。需要待项目详细规划成果形成后，综合考虑承灾体因素并形成最新的风险区划结果，方可进行具体应用。

第七章 大风（含台风）灾害风险与评估

7.1 大风风险识别

本章将结合历史气象观测资料，对项目所在区域的大风灾害特征进行分析；收集整理历史大风灾害典型案例，结合项目规划，对大风灾害的风险源、存在的隐患等进行分析，并给出对策建议。

7.1.1 大风特征分析

按产生大风的不同天气系统分类，大风可分为台风大风、龙卷风、雷雨大风和强冷空气过程带来的大风。

7.1.1.1 台风大风特征分析

强风是台风破坏力的主要因素之一。台风范围内的平均风速可达 17 米/秒以上，甚至在 60 米/秒以上，破坏力巨大，影响海陆空交通、港口码头和建筑工地安全，造成树木和广告牌倒塌伤人。

江门市每年均会受到不同程度的台风影响，是影响当地主要的灾害性天气之一。

1953—2017 年，影响江门市银湖湾滨海新城所在区域（日雨量 $\geq 50\text{mm}$ 或日最大风速 ≥ 10.8 米/秒）的台风共有 166 个，年平均 2.6 个，最多年份有 7 个（1974 年），除 1956 年、1998 年和 2005 年无台风之外，其余年份

均至少有一个台风登陆或影响（图 7.1-1、表 7.1-1）。江门市银湖湾滨海新城所在区域受台风影响时段为 4—12 月，其中又以 7—9 月为主（图 7.1-2）。影响江门市银湖湾滨海新城所在区域最早的台风为 4 月 19 日（2008 年 1 号台风“浣熊”，登陆阳江），最迟为 12 月 2 日（1974 年第 39 号台风“IRMA”，登陆江门台山）。

台风造成的江门市银湖湾滨海新城所在区域日最大风速（10min 平均）和极大风速（3s 阵风）的极端最大值分别为 35.0 米/秒（12 级）和 46.1 米/秒（14 级），均为 G2111 银湖湾站录得，出现在 1713 号台风“天鸽”影响期间（2017 年 8 月 23 日）。此外，2018 年第 22 号台风“山竹”影响期间，银湖湾站也曾录得 26.9 米/秒（10 级）的最大风速和 38.1 米/秒（13 级）的极大风速。

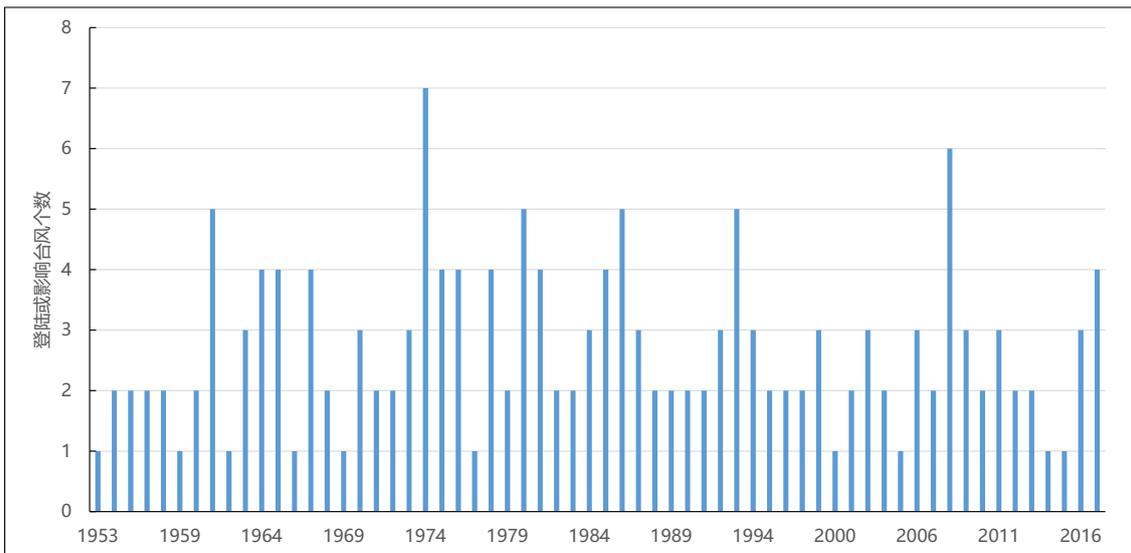


图 7.1-1 1953—2017 年影响江门市银湖湾滨海新城所在区域的台风频次

表 7.1-1 影响江门市台风统计表(1953—2017年)

| 序号 | 台风编号 | 台风名称 | 登陆/近陆地点 | 登陆/近陆日期 | 登陆/近陆时中心最低气压(百帕) | 风力(级) | 风速(米/秒) | 登陆/近陆时强度级别 |
|----|--------|---------|---------|-----------|------------------|-------|---------|------------|
| 1 | 195317 | Susan | 台山 | 1953-9-19 | 988 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 2 | 195407 | Elsie | 台山 | 1954-8-5 | 995 | 7 | 15 | 热带低压 |
| 3 | 195413 | Ida | 湛江 | 1954-8-30 | 950 | 15 | 50 | 强台风 |
| 4 | 195505 | Billie | 台山 | 1955-6-5 | 990 | 10 | 25 | 强热带风暴 |
| 5 | 195508 | | 台山 | 1955-7-11 | 996 | 5 | 10 | 热带低压 |
| 6 | 195708 | Wendy | 惠阳 | 1957/7/16 | 986 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 7 | 195719 | Gloria | 澳门 | 1957/9/22 | 970 | 12 | 35 | 台风 |
| 8 | 195804 | | 海南 | 1958/6/1 | 990 | 8 | 20 | 热带风暴 |
| 9 | 195821 | | 珠海 | 1958-9-2 | 994 | 7 | 15 | 热带低压 |
| 10 | 195905 | Wilda | 陆丰 | 1959/7/6 | 998 | 8 | 20 | 热带风暴 |
| 11 | 196006 | Mary | 香港 | 1960/6/9 | 970 | 11 | 32 | 强热带风暴 |
| 12 | 196012 | | 阳江 | 1960-8-2 | 996 | 6 | 12 | 热带低压 |
| 13 | 196112 | DORIS | 汕头 | 1961/7/2 | 986 | 7 | 15 | 热带低压 |
| 14 | 196115 | FLOSSIE | 香港 | 1961/7/19 | 995 | 7 | 15 | 热带低压 |
| 15 | 196127 | | 珠海 | 1961/8/31 | 995 | 8 | 20 | 热带风暴 |
| 16 | 196128 | Olga | 海丰 | 1961/9/10 | 980 | 12 | 35 | 台风 |
| 17 | 196132 | SALLY | 深圳 | 1961/9/29 | 988 | 12 | 35 | 台风 |
| 18 | 196219 | WANDA | 香港 | 1962/9/1 | 960 | 13 | 38 | 台风 |
| 19 | 196310 | Agness | 吴川 | 1963-7-22 | 983 | 8 | 20 | 热带风暴 |
| 20 | 196312 | | 海南万宁 | 1963-8-1 | 998 | 7 | 15 | 热带低压 |
| 21 | 196318 | Faye | 海南文昌 | 1963/9/7 | 968 | 12 | 35 | 台风 |
| 22 | 196402 | VIOLA | 斗门 | 1964/5/28 | 980 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 23 | 196412 | IDA | 澳门 | 1964/8/9 | 972 | 13 | 40 | 台风 |
| 24 | 196419 | RUBY | 珠海 | 1964/9/5 | 960 | 13 | 40 | 台风 |
| 25 | 196420 | SALLY | 宝安 | 1964/9/10 | 970 | 14 | 45 | 强台风 |
| 26 | 196511 | | 未登陆 | 1965/6/5 | 995 | 8 | 20 | 热带风暴 |

续表 7.1-1

| 序号 | 台风编号 | 台风名称 | 登陆/近陆地点 | 登陆/近陆日期 | 登陆/近陆时中心最低气压(百帕) | 风力(级) | 风速(米/秒) | 登陆/近陆时强度级别 |
|----|--------|---------|---------|------------|------------------|-------|---------|------------|
| 27 | 196517 | Freda | 海康 | 1965-7-15 | 968 | 12 | 35 | 台风 |
| 28 | 196535 | AGNES | 阳江 | 1965/9/27 | 988 | 7 | 15 | 热带低压 |
| 29 | 196539 | ELAINE | 未登陆 | 1965/11/13 | 1000 | 7 | 15 | 热带低压 |
| 30 | 196606 | LOLA | 珠海 | 1966/7/13 | 988 | 10 | 25 | 强热带风暴 |
| 31 | 196717 | FRAM | 电白 | 1967/8/2 | 970 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 32 | 196724 | IRIS | 阳江 | 1967/8/17 | 992 | 7 | 15 | 热带低压 |
| 33 | 196726 | KATE | 江门 | 1967/8/21 | 980 | 10 | 25 | 强热带风暴 |
| 34 | 196749 | EMMA | 湛江 | 1967/11/8 | 982 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 35 | 196817 | SHIRLEY | 香港 | 1968/8/21 | 965 | 12 | 35 | 台风 |
| 36 | 196827 | Elaine | 惠来 | 1968-10-1 | 985 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 37 | 196907 | VIOLA | 惠来 | 1969/7/28 | 936 | 15 | 50 | 强台风 |
| 38 | 197008 | RUBY | 惠州 | 1970/7/16 | 990 | 10 | 25 | 强热带风暴 |
| 39 | 197014 | | 深圳 | 1970/8/3 | 993 | 8 | 20 | 热带风暴 |
| 40 | 197039 | Joan | 海南琼海 | 1970-10-17 | 986 | 10 | 25 | 强热带风暴 |
| 41 | 197112 | FREDA | 珠海 | 1971/6/18 | 982 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 42 | 197119 | LUCY | 深圳 | 1971/7/22 | 968 | 8 | 20 | 热带风暴 |
| 43 | 197210 | Susan | 福建惠安 | 1972/7/15 | 995 | 8 | 20 | 热带风暴 |
| 44 | 197233 | Pamela | 海南文昌 | 1972-11-8 | 967 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 45 | 197304 | Dot | 宝安 | 1973/7/17 | 975 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 46 | 197308 | GEORGIA | 电白 | 1973/8/12 | 964 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 47 | 197312 | | 徐闻 | 1973/8/21 | 995 | 7 | 15 | 热带低压 |
| 48 | 197406 | Dinah | 海南文昌 | 1974/6/14 | 978 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 49 | 197413 | IVY | 阳江 | 1974/7/22 | 967 | 13 | 40 | 台风 |
| 50 | 197420 | | 未登陆 | 1974/8/12 | 995 | 5 | 10 | 热带低压 |
| 51 | 197427 | | 阳江 | 1974-9-6 | 990 | 8 | 20 | 热带风暴 |
| 52 | 197433 | CARMEN | 未登陆 | 1974/10/19 | 985 | 12 | 35 | 台风 |

续表 7.1-1

| 序号 | 台风编号 | 台风名称 | 登陆/近陆地点 | 登陆/近陆日期 | 登陆/近陆时中心最低气压(百帕) | 风力(级) | 风速(米/秒) | 登陆/近陆时强度级别 |
|----|--------|---------|---------|------------|------------------|-------|---------|------------|
| 53 | 197435 | Elaine | 未登陆 | 1974/10/30 | 985 | 10 | 25 | 强热带风暴 |
| 54 | 197439 | Irma | 台山 | 1974-12-2 | 998 | 9 | 23 | 热带风暴 |
| 55 | 197510 | | 珠海 | 1975/8/14 | 988 | 7 | 15 | 热带低压 |
| 56 | 197523 | DORIS | 台山 | 1975/10/6 | 970 | 12 | 35 | 台风 |
| 57 | 197524 | Elsie | 珠海 | 1975/10/14 | 970 | 13 | 40 | 台风 |
| 58 | 197525 | Flossie | 吴川 | 1975-10-23 | 980 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 59 | 197614 | VIOLET | 阳江 | 1976/7/26 | 970 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 60 | 197618 | CLARA | 台山 | 1976/8/6 | 985 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 61 | 197620 | ELLEN | 海丰 | 1976/8/24 | 985 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 62 | 197623 | Iris | 湛江 | 1976-9-20 | 1006 | 5 | 10 | 热带低压 |
| 63 | 197719 | Freda | 阳江 | 1977/9/25 | 990 | 9 | 24 | 热带风暴 |
| 64 | 197811 | Agnes | 惠州 | 1978/7/30 | 985 | 8 | 20 | 热带风暴 |
| 65 | 197818 | ELAINE | 吴川 | 1978/8/27 | 970 | 11 | 32 | 强热带风暴 |
| 66 | 197827 | Lola | 海南琼海 | 1978-10-1 | 975 | 10 | 28 | 强热带风暴 |
| 67 | 197829 | NINA | 未登陆 | 1978/10/16 | 995 | 8 | 20 | 热带风暴 |
| 68 | 197911 | HOPE | 深圳 | 1979/8/2 | 958 | 13 | 40 | 台风 |
| 69 | 197923 | MAC | 珠海 | 1979/9/23 | 995 | 9 | 23 | 热带风暴 |
| 70 | 198009 | Ida | 汕头 | 1980/7/11 | 983 | 9 | 24 | 热带风暴 |
| 71 | 198010 | Joe | 徐闻 | 1980/7/22 | 961 | 13 | 38 | 台风 |
| 72 | 198011 | JOE | 徐闻 | 1980/7/22 | 961 | 13 | 38 | 台风 |
| 73 | 198012 | KIM | 陆丰 | 1980/7/27 | 989 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 74 | 198022 | Ruth | 海南文昌 | 1980/9/15 | 979 | 10 | 25 | 强热带风暴 |
| 75 | 198104 | Ike | 未登陆 | 1981/6/12 | 980 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 76 | 198107 | LYNN | 台山 | 1981/7/7 | 986 | 10 | 28 | 强热带风暴 |
| 77 | 198121 | Clara | 陆丰 | 1981-9-22 | 960 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 78 | 198125 | | 湛江 | 1981/10/5 | 1004 | 6 | 12 | 热带低压 |

续表 7.1-1

| 序号 | 台风编号 | 台风名称 | 登陆/近陆地点 | 登陆/近陆日期 | 登陆/近陆时中心最低气压(百帕) | 风力(级) | 风速(米/秒) | 登陆/近陆时强度级别 |
|-----|--------|---------|---------|------------|------------------|-------|---------|------------|
| 79 | 198206 | TESS | 未登陆 | 1982/6/30 | 990 | 8 | 20 | 热带风暴 |
| 80 | 198219 | IRVIN | 徐闻 | 1982/9/15 | 962 | 11 | 32 | 强热带风暴 |
| 81 | 198309 | ELLEN | 珠海 | 1983/9/9 | 970 | 13 | 40 | 台风 |
| 82 | 198315 | Kim | 台山 | 1983/10/13 | 986 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 83 | 198402 | WYNNE | 电白 | 1984/6/25 | 970 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 84 | 198404 | Betty | 阳江 | 1984-7-9 | 982 | 10 | 28 | 强热带风暴 |
| 85 | 198412 | Gerald | 深圳 | 1984/8/21 | 990 | 7 | 15 | 热带低压 |
| 86 | 198507 | Hal | 海丰 | 1985-6-24 | 975 | 10 | 28 | 强热带风暴 |
| 87 | 198517 | | 汕头 | 1985/8/20 | 998 | 5 | 10 | 热带低压 |
| 88 | 198522 | TESS | 台山 | 1985/9/6 | 965 | 11 | 32 | 强热带风暴 |
| 89 | 198525 | Winona | 湛江 | 1985-9-22 | 980 | 10 | 25 | 强热带风暴 |
| 90 | 198604 | Mac | 海南三亚 | 1986/5/24 | 996 | 5 | 10 | 热带低压 |
| 91 | 198607 | | 深圳 | 1986/6/25 | 998 | 7 | 15 | 热带低压 |
| 92 | 198609 | PEGGY | 陆丰 | 1986/7/11 | 978 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 93 | 198618 | Wayne | 台湾彰化 | 1986-9-5 | 963 | 13 | 38 | 台风 |
| 94 | 198628 | Ida | 未登陆 | 1986/11/16 | 986 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 95 | 198703 | Ruth | 阳江 | 1987-6-19 | 982 | 11 | 32 | 强热带风暴 |
| 96 | 198723 | Luynn | 珠海 | 1987-10-28 | 1007 | 6 | 12 | 热带低压 |
| 97 | 198725 | Nina | 未登陆 | 1987/11/28 | 965 | 12 | 35 | 台风 |
| 98 | 198805 | Vanessa | 台山 | 1988-6-29 | 1000 | 7 | 16 | 热带低压 |
| 99 | 198807 | Warren | 惠来 | 1988-7-19 | 975 | 12 | 33 | 台风 |
| 100 | 198904 | BRENDA | 台山 | 1989/5/20 | 980 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 101 | 198910 | GORDON | 阳江 | 1989/7/18 | 970 | 12 | 35 | 台风 |
| 102 | 199006 | Nathan | 海康 | 1990-6-18 | 985 | 10 | 25 | 强热带风暴 |
| 103 | 199024 | Dot | 福建厦门 | 1990/9/11 | 1001 | 5 | 10 | 热带低压 |
| 104 | 199109 | BRENDAN | 珠海 | 1991/7/24 | 975 | 12 | 35 | 台风 |

续表 7.1-1

| 序号 | 台风编号 | 台风名称 | 登陆/近陆地点 | 登陆/近陆日期 | 登陆/近陆时中心最低气压(百帕) | 风力(级) | 风速(米/秒) | 登陆/近陆时强度级别 |
|-----|--------|--------|---------|-----------|------------------|-------|---------|------------|
| 105 | 199113 | Fred | 徐闻 | 1991-8-16 | 960 | 14 | 45 | 强台风 |
| 106 | 199207 | Faye | 珠海 | 1992/7/18 | 992 | 8 | 20 | 热带风暴 |
| 107 | 199208 | Gary | 湛江 | 1992-7-23 | 980 | 10 | 28 | 强热带风暴 |
| 108 | 199216 | OMAR | 福建厦门 | 1992/9/5 | 985 | 10 | 25 | 强热带风暴 |
| 109 | 199303 | KORYN | 台山 | 1993/6/27 | 970 | 12 | 35 | 台风 |
| 110 | 199312 | Tasha | 阳江 | 1993/8/21 | 970 | 12 | 33 | 台风 |
| 111 | 199319 | Becky | 斗门 | 1993-9-17 | 975 | 12 | 33 | 台风 |
| 112 | 199320 | DOT | 台山 | 1993/9/26 | 975 | 12 | 35 | 台风 |
| 113 | 199327 | IRA | 阳江 | 1993/11/4 | 995 | 9 | 22 | 热带风暴 |
| 114 | 199403 | Russ | 徐闻 | 1994-6-8 | 983 | 10 | 25 | 强热带风暴 |
| 115 | 199405 | | 电白 | 1994-7-4 | 990 | 8 | 20 | 热带风暴 |
| 116 | 199421 | Harry | 徐闻 | 1994-8-27 | 985 | 10 | 28 | 强热带风暴 |
| 117 | 199509 | KENT | 惠东 | 1995/8/31 | 970 | 12 | 35 | 台风 |
| 118 | 199515 | SIBYL | 阳西 | 1995/10/3 | 980 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 119 | 199617 | Sally | 吴川 | 1996-9-9 | 935 | 15 | 50 | 强台风 |
| 120 | 199621 | WILLIE | 徐闻 | 1996/9/20 | 980 | 10 | 28 | 强热带风暴 |
| 121 | 199713 | VICTOR | 深圳 | 1997/8/2 | 970 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 122 | 199716 | Zita | 雷州 | 1997/8/22 | 975 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 123 | 199904 | Maggie | 惠来 | 1999-6-6 | 970 | 12 | 35 | 台风 |
| 124 | 199913 | SAM | 深圳 | 1999/8/22 | 975 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 125 | 199918 | YORK | 中山 | 1999/9/16 | 979 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 126 | 200008 | | 阳江 | 2000/7/17 | 995 | 7 | 15 | 热带低压 |
| 127 | 200103 | 榴莲 | 湛江 | 2001/7/2 | 970 | 12 | 35 | 台风 |
| 128 | 200104 | 尤特 | 海丰 | 2001/7/6 | 970 | 11 | 30 | 强热带风暴 |
| 129 | 200215 | 北冕 | 陆丰 | 2002/8/5 | 978 | 10 | 25 | 强热带风暴 |
| 130 | 200217 | 黄蜂 | 吴川 | 2002-8-19 | 980 | 11 | 30 | 强热带风暴 |

续表 7.1-1

| 序号 | 台风编号 | 台风名称 | 登陆/近陆地点 | 登陆/近陆日期 | 登陆/近陆时中心最低气压(百帕) | 风力(级) | 风速(米/秒) | 登陆/近陆时强度级别 |
|-----|--------|------|---------|-----------|------------------|-------|---------|------------|
| 131 | 200221 | 黑格比 | 阳江 | 2002/9/12 | 980 | 10 | 25 | 强热带风暴 |
| 132 | 200309 | 伊布都 | 阳江 | 2003/7/24 | 965 | 13 | 38 | 台风 |
| 133 | 200315 | 杜鹃 | 惠东 | 2003/9/2 | 975 | 12 | 35 | 台风 |
| 134 | 200412 | 圆规 | 香港 | 2004-7-16 | 990 | 9 | 23 | 热带风暴 |
| 135 | 200602 | 珍珠 | 澄海 | 2006-5-18 | 960 | 12 | 35 | 台风 |
| 136 | 200607 | 格美 | 福建 | 2006/7/29 | 975 | 12 | 33 | 台风 |
| 137 | 200608 | 派比安 | 阳西 | 2006/8/3 | 975 | 12 | 33 | 台风 |
| 138 | 200707 | 帕布 | 香港 | 2007/8/10 | 995 | 8 | 18 | 热带风暴 |
| 139 | 200714 | 范斯高 | 海南文昌 | 2007/9/24 | 992 | 8 | 20 | 热带风暴 |
| 140 | 200802 | 浣熊 | 阳东 | 2008/4/19 | 998 | 7 | 15 | 热带低压 |
| 141 | 200807 | 风神 | 深圳 | 2008/6/25 | 985 | 9 | 23 | 热带风暴 |
| 142 | 200810 | 北冕 | 阳江 | 2008/8/6 | 985 | 10 | 25 | 强热带风暴 |
| 143 | 200813 | 鹦鹉 | 香港 | 2008/8/22 | 985 | 10 | 25 | 强热带风暴 |
| 144 | 200816 | 黑格比 | 电白 | 2008/9/24 | 950 | 15 | 48 | 强台风 |
| 145 | 200819 | 海高斯 | 茂名 | 2008/10/4 | 1002 | 6 | 12 | 热带低压 |
| 146 | 200907 | 莫拉菲 | 深圳 | 2009/7/19 | 965 | 13 | 38 | 台风 |
| 147 | 200908 | 天鹅 | 台山 | 2009/8/5 | 990 | 9 | 23 | 热带风暴 |
| 148 | 200916 | 巨爵 | 台山 | 2009/9/15 | 970 | 12 | 35 | 台风 |
| 149 | 201007 | 狮子山 | 福建漳浦 | 2010/9/2 | 990 | 9 | 23 | 热带风暴 |
| 150 | 201012 | 凡亚比 | 福建漳浦 | 2010/9/20 | 970 | 12 | 35 | 台风 |
| 151 | 201107 | 海马 | 阳西 | 2011-6-23 | 990 | 8 | 20 | 热带风暴 |
| 152 | 201111 | 洛坦 | 海南文昌 | 2011/7/29 | 980 | 10 | 28 | 强热带风暴 |
| 153 | 201121 | 纳沙 | 海南文昌 | 2011/9/29 | 960 | 13 | 40 | 台风 |
| 154 | 201209 | 韦森特 | 台山 | 2012/7/24 | 955 | 13 | 40 | 台风 |
| 155 | 201214 | 启德 | 湛江 | 2012-8-17 | 968 | 13 | 38 | 台风 |
| 156 | 201311 | 尤特 | 阳江 | 2013/8/14 | 955 | 14 | 42 | 强台风 |

续表 7.1-1

| 序号 | 台风编号 | 台风名称 | 登陆/近陆地点 | 登陆/近陆日期 | 登陆/近陆时中心最低气压(百帕) | 风力(级) | 风速(米/秒) | 登陆/近陆时强度级别 |
|-----|--------|------|---------|------------|------------------|-------|---------|------------|
| 157 | 201320 | 天兔 | 汕尾 | 2013/9/22 | 935 | 14 | 45 | 强台风 |
| 158 | 201418 | 海鸥 | 海南文昌 | 2014/9/16 | 960 | 13 | 40 | 台风 |
| 159 | 201523 | 彩虹 | 湛江 | 2015/10/4 | 940 | 15 | 50 | 强台风 |
| 160 | 201601 | | 阳江 | 2016/5/27 | 998 | 7 | 15 | 热带低压 |
| 161 | 201606 | 妮妲 | 深圳 | 2016/8/2 | 965 | 14 | 42 | 强台风 |
| 162 | 201610 | 电母 | 湛江 | 2016/8/18 | 982 | 8 | 20 | 热带风暴 |
| 163 | 201714 | 天鸽 | 珠海 | 2017/8/23 | 950 | 14 | 45 | 强台风 |
| 164 | 201715 | 帕卡 | 台山 | 2017/8/27 | 978 | 12 | 33 | 台风 |
| 165 | 201717 | 玛娃 | 汕尾 | 2017/9/3 | 995 | 8 | 20 | 热带风暴 |
| 166 | 201720 | 卡努 | 徐闻 | 2017/10/16 | 988 | 10 | 28 | 强热带风暴 |

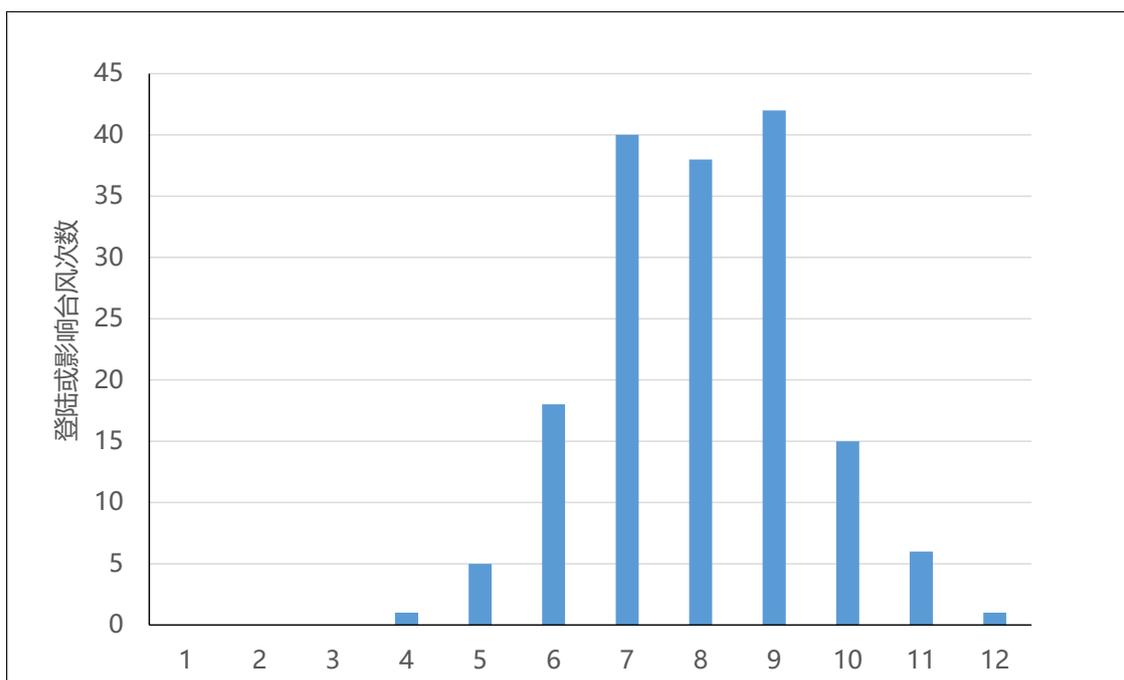


图 7.1-2 1953—2017 年影响江门市银湖湾滨海新城所在区域台风的月际分布

7.1.1.2 雷雨大风特征分析

每年3—9月，江门均会出现强对流天气，主要有飑线、雷雨大风、冰雹等灾害性天气。雷雨大风（含飑线引发）来去迅猛，预报时效短，且往往伴随着强降雨或冰雹，雨借风势，破坏力也不容小觑。

项目所在区域一年四季均可出现雷雨大风，项目选取的两个气象参证站中台山站的多年平均雷雨大风日数为1.7天，斗门站的多年平均雷雨大风日数为2.7天，均以春、夏两季较多。雷雨大风一般由强对流天气（含飑线）引发，突发性强，破坏性大，天气过程强烈，往往伴随出现大风、暴雨、雷暴、冰雹等灾害性天气。

江门市2000年—2017年有记录的雷雨大风灾情见表7.1-2。

表 7.1-2 江门市雷雨大风灾情一览表（2000—2017年）

| 序号 | 起止时间 (年月日) | 发生区域 | 死亡 | 受伤 | 灾情描述 |
|----|---------------|---------|----|----|--|
| 1 | 2000.05.02 | 开平市 | | 2 | 大风造成23间房屋倒塌，直接经济损失约300万元。 |
| 2 | 2002.05.20 | 新会区 | | | 强烈的雷雨大风由七堡镇到会城镇区域受灾，吹倒了几十棵路边风景树以及一些广告牌、铁棚等，造成一些经济损失。 |
| 3 | 2002.12.19 | 台山市 | | | 雷雨大风造成6525万元的直接经济损失。 |
| 4 | 2007.08.18 | 恩平市 | | | 良西镇鹤坪村委会、龙山村委会受大风袭击，大片香大蕉、甘蔗、木薯等农作物吹毁，直接经济损失约625万元。 |
| 5 | 2012.04.28 | 恩平市 | | | 突发雷雨大风，导致大田镇石山至锦江温泉路段树木倒塌，交通中断，大田变电站至墟镇供电线路受损，供电中断。 |
| 6 | 2012.05.04 | 蓬江区 | | 20 | 5月4日17时左右，蓬江区荷塘霞村遭受短暂雷雨大风吹袭，造成所在地的东达玻璃厂约1000平方米的钢结构厂房坍塌、人员被困。 |
| 7 | 2013.04.05 | 蓬江区、江海区 | | | 雷雨大风过程造成蓬江区、江海区10070人受灾，直接经济损失达175万元，农作物受灾面积为1030公顷，损坏堤防1处，长度0.08千米，损坏护岸1处，损坏水闸1处。 |

续表 7.1-2

| 序号 | 起止时间 (年月日) | 发生区域 | 死亡 | 受伤 | 灾情描述 |
|----|---------------|------|----|----|---|
| 8 | 2014.08.01 | 新会区 | | 2 | 雷雨大风造成大鳌镇北部 5 个村委会停电；有 2 人受轻伤；吹倒（吹断）电杆电塔 100 多条（个）（其中 4 个高压电线塔被吹歪吹倒），掀翻倒塌厂房 5 间约 3000 平方米（主要是钢结构星瓦厂房）、龙门吊机 1 台、普通吊机各 1 台、简易工棚 10 间约 300 平方米、塘寮 10 多个约 1000 平方米；吹倒树木 40 多棵，受灾农作物和鱼塘面积 200 多亩。造成直接经济损失达 300 多万元，间接经济损失达 1000 多万元。睦洲镇新沙东闸附近约 300 米低压输电线路被吹倒。 |
| 9 | 2017.04.21 | 江门全市 | | | 受冷空气、切变线影响，江门地区自西北向东南出现雷暴、短时大风、短时强降水、局地冰雹等强对流天气。江门大部分地区出现 8-9 级短时大风，蓬江区胜利大桥附近出现树木倒塌砸中小汽车。 |

7.1.1.3 龙卷风特征分析

龙卷风是强对流天气的产物，常发生在中高纬度低层大气层结不稳定的地区，往往与锋面、气旋或非热带性质的雷暴相伴。龙卷风能将不稳定大气中潜在的巨大能量集中在一个细小的涡管里释放，因此破坏力非常强。龙卷风一般尺度较小，中心气压很低，据估计，其中心气压可能比周围环境气压低 100 百帕以上，因此，龙卷风内水平气压梯度很大，从而造成很强的风速，一般为 50—150 米/秒，最大风速可达 200 米/秒。龙卷风主要成因是，前汛期主要受冷、暖空气交汇，形成强雷雨云，在强雷雨云中可能产生龙卷风；后汛期主要受台风登陆前及登陆期间，外围飚线可能孕育龙卷风。华南强龙卷超过一半发生在台风外围环流中。

江门市地处东亚大陆的边缘、毗邻南海，属于亚热带季风性气候。由于受季风、热带气旋以及当地的地形地貌影响，江门市近年来多次出现龙卷风。

7.1.1.4 冷空气大风特征分析

项目所在区域的冷空气大风较少出现，根据台山国家气象基本站点的历史逐日极大风速资料统计，1993年至2017年的25个年份的冬季（12月至次年2月）台山站共有146次极大风速达到6级（风速 ≥ 10.8 米/秒）以上，平均每年5.8次，其中有7次达到8级（风速 ≥ 17.2 米/秒），极端最大值为18.7米/秒，出现在2009年12月27日。根据斗门国家气象基本站点的历史逐日极大风速资料统计，1995年至2017年的23个年份的冬季（12月至次年2月）斗门站共有157次极大风速达到6级（风速 ≥ 10.8 米/秒）以上，平均每年6.3次，其中有10次达到8级（风速 ≥ 17.2 米/秒），极端最大值为21.6米/秒，出现在2012年12月30日。

尽管冷空气大风发生概率较低，但仍须警惕冷空气大风对项目所在区域可能造成的影响。

7.1.2 大风灾害典型案例

7.1.2.1 台风灾害案例

（1）1713号台风“天鸽”

2017年第13号台风“天鸽”8月20日14时在台湾东南部洋面生成，23日12时50分以强台风级在珠海金湾区沿海登陆，登陆后继续向西偏北行，横穿江门市台山、开平、恩平，再移经阳江、茂名、云浮，23日20时进入广西境内，24日14时在广西百色市境内减弱为热带低压。

受“天鸽”影响，22日白天到24日早晨，江门市南部和西部出现暴雨到大暴雨，局部特大暴雨，其余地区出现大到暴雨。据统计，22日08时至24日08时，全市共有1个站（0.7%）录得250毫米以上累积雨量，有38个站（27.3%）录得100毫米~250毫米雨量，有46个站（33.1%）录得50

毫米~100 雨量，最大累积雨量点为台山市广海镇 361.1 毫米。最大 1 小时雨量为台山三合 126.3 毫米。

另外，江门市内陆普遍出现 10-12 级大风，沿海为 12-15 级。全市共有 90 个站（67.7%）出现 10 级以上阵风，12 级以上 37 个站（27.8%），最大为新会银湖湾 50.6 米/秒（15 级）。

据三防部门反映，全市共 7 个市（区）74 个镇（街）出现不同程度的灾害损失，受灾人口 447219 人，转移人口 43481 人，倒塌房屋 49 间，农作物受灾面积 49.55194 万亩，全市直接经济损失 39.33 亿元，其中重灾区在新会区睦洲镇、崖门镇，台山市赤溪镇、广海镇、都斛镇。另外，新会区有 2 人死亡，5 人失踪。

（2）1822 号台风“山竹”

2018 年 9 月 7 日 20 时，今年第 22 号台风“山竹”（英文名称：MANGKHUT）在西北太平洋生成，之后逐渐加强为超强台风，15 日凌晨在菲律宾吕宋岛东北部沿海地区登陆后减弱为强台风，16 日 17 时以强台风级（45 米/秒）在广东江门台山海宴镇登陆，登陆时中心最低气压 945 百帕。

“山竹”具有“台风块头大强度强、大风范围广持续长、特大暴雨点多面广”等特点：强盛时期的“山竹”主体云系直径超过 1200 公里，8 级大风风圈直径约 900 公里，12 级风圈覆盖粤港澳大湾区；16 日，江门持续出现了平均风 10 级~12 级、阵风 14 级~16 级的大风，江门新会圭峰山录得 54.6 米/秒的最大阵风，新会赤鼻岛录得 40 米/秒的平均风，12 级以上大风持续时间超过 12 小时。9 月 15 日 20 时至 17 日 20 时，江门全市有 43 个站点录得 200 毫米以上的过程累计降雨，其中新会区崖门镇录得 328.5 毫米的最大过程雨量。

据江门市三防办统计，台风“山竹”造成江门 7 个市（区）、73 个镇（街）不同程度受灾，受灾人员 19.6466 万人，转移人口 13.27 万人，农作物受灾

面积 34.45 万亩，林木损失面积 41.5 万亩，水利工程水毁 861 处，直接经济损失共 27.91 亿元。

(3) 1714 号台风“帕卡”

2017 年第 14 号台风“帕卡”8 月 24 日 20 时在菲律宾以东洋面生成，27 日 09 时前后在台山东南部沿海登陆，登陆时中心附近最大风力 12 级(33 米/秒)。随后穿过台山、开平、恩平，强度逐渐减弱，27 日 15 时移入广西境内，20 时在广西贵港境内减弱为热带低压。

受“帕卡”及其带上的季风云团影响，26 日 20 时至 28 日 08 时，江门市出现暴雨，局部大暴雨。据统计，全市共有 45 个站(37%)累积雨量超过 100 毫米有 64 个站录得 50~100 毫米；最大累积雨量为台山汶村 192.9 毫米。另外，台风影响期间，新会沙堆录得全市最大瞬时风力 29.8 米/秒(11 级)大风。

据三防部门反映，截至 29 日 8 时，受台风“帕卡”影响，江门有个 7 区(县)共 66 个镇(街)受灾，农作物受灾面积 13.9884 万亩，受灾人口 4.4468 万人，转移人口 3.7533 万人，倒塌房屋 3 间，直接经济损失 3.7532 亿元。

(4) 台风“韦森特”

2012 年 7 月 24 日 04 时 15 分，台风“韦森特”在台山市赤溪镇登陆，登陆时中心附近最大风力 13 级(40 米/秒)。“韦森特”登陆后继续向西北方向移动，穿过台山、开平市。受“韦森特”影响，江门市沿海海面出现了 12~15 级的大风，其中川岛镇山咀村录得最大阵风 46.4 米/秒(15 级)；南部地区暴雨到大暴雨。根据全市气象站网的监测，23 日 08 时至 26 日 13 时，全省共有 34 个气象站录得 250 毫米以上的雨量，其中台山市上川岛观测站录得全市最大 497.7 毫米；有 62 个气象站录得 100~250 毫米雨量。

据江门市三防办统计，台风“韦森特”造成江门全市 79 个乡镇受灾，受灾人口 136737 人，倒塌房屋 187 间，受灾农作物 23621.3 公顷，水产养殖损失 947 公顷，公路中断 49 条，供电中断 300 条，通信中断 131 条，停产工矿企业 21 个，损坏水库 7 座，损坏堤防 101 处，直接经济总损失 9.8622 亿元。

7.1.2.2 雷雨大风灾害案例

(1) 2012 年 5 月 4 日雷雨大风

2012 年 5 月 4 日白天江门市天气闷热，最高气温普遍升至 34 至 35℃ 之间，下午以后受弱冷空气扩散影响，对流云团开始发展，全省各地出现雷雨天气，15 时 20 分左右江门市境内的开平市开始有回波发展，16 时 30 分起江门市区有回波发展，17 时左右江门荷塘和潮莲自动站分别录得 10 级瞬时大风。雷雨大风吹袭造成蓬江区荷塘霞村东达玻璃厂约 1000 平方米的钢结构厂房坍塌、人员被困，共有 20 人被困，其中 1 人重伤，其余 19 人受轻微伤。

(2) 2014 年 8 月 1 日雷雨大风

2014 年 8 月 1 日 20 时左右，新会区大鳌镇、睦洲镇雷雨大风袭击，造成大鳌镇北部 5 个村委会停电；有 2 人受轻伤；吹倒（断）电杆电塔 100 多条（个）（其中 4 个高压电线塔被吹歪吹倒），掀翻倒塌厂房 5 间约 3000 平方米（主要是钢结构星瓦厂房）、龙门吊机 1 台、普通吊机各 1 台、简易工棚 10 间约 300 平方米、塘寮 10 多个约 1000 平方米；吹倒树木 40 多棵，受灾农作物和鱼塘面积 200 多亩；睦洲镇新沙东闸附近约 300 米低压输电线路被吹倒。造成直接经济损失达 300 多万元，间接经济损失达 1000 多万元。

(3) 2017年4月21日雷雨大风

2017年4月21日,受冷空气、切变线影响,江门地区自西北向东南出现雷暴、短时大风、短时强降水、局地冰雹等强对流天气。开平市大沙镇政府一带13时14分左右出现冰雹,持续时间约4至5分钟,最大冰雹直径约1厘米左右,有拇指盖大小。14时20分左右开平长沙街道办出现冰雹。此次过程江门大部分地区出现8-9级短时大风,其中14时前后蓬江区白沙街道录得27.3米/秒(10级)的极大风,蓬江区胜利大桥附近出现树木倒塌砸中小汽车。

7.1.2.3 龙卷风灾害案例

(1) 2012年4月28日新会区龙卷

受短波槽及偏南气流影响,2012年4月28日下午起对流云团开始发展,各地出现雷雨局部大雨,之后减弱,28日22时左右,潭江流域降水回波逐渐发展,并不断东移发展,自西向东影响江门各地,开平长沙街道办事处录得全市最大雨量296.6毫米。部分地区出现强对流天气:新会区奇榜村凤山工业区出现了小龙卷,开平观测场、新会区罗坑镇均录得23.1米/秒(9级)的最大阵风。

江门市新会区凤山工业区遭受龙卷风袭击,造成4人受伤,22间厂房倒塌,受灾面积2.3万平方米。

(2) 2011年4月17日和善龙卷

2011年4月17日,受锋面低槽、弱冷空气及切变线共同影响,我省迎来一次强对流天气过程,雷暴云团从广西沿着西江进入广东境内,肇庆、云浮、佛山、广州均受到严重影响,江门地区普降中到大雨,江门鹤山市古劳镇12时受到龙卷风侵袭,造成7人受伤。下午3时前后,台山城区出

现短时雷雨大风，录得极大风力 30.4 米/秒（11 级）并伴有雷暴。台城沙岗湖路边有 5 根电线杆被大风吹倒。

（3）2008 年 6 月 29 日开平龙卷

2008 年 6 月 29 日上午 9 时 40 分，开平市省道 S274 线 K46+000 出现局部强对流天气龙卷风，龙卷风掀翻了开阳高速公路沙塘收费站，损毁房屋约 60 间，其中 2 间全部倒塌、3 间半倒塌、55 间严重损坏，附近农庄共 600 多亩农田和 600 多棵树木受损，开平市沙塘镇受灾损失约 100 多万元，开阳高速公路有限公司损失约 200 万，合计总损失 300 多万元。

除上述案例外，近几年在台山市附近海域还曾经出现过海上龙卷风，但未造成人员伤亡或财产损失。

7.1.3 大风灾害风险源与隐患分析

台风引发的强风危害范围很广，包括各类危旧住房、厂房、工棚、围墙、临时建筑、在建工程、市政公用设施（如路灯等）、游乐设施、各类吊机、施工电梯、脚手架、电线杆、树木、广告牌、铁塔和阳台、屋顶上的花盆、空调室外机、雨蓬、太阳能热水器、屋顶杂物以及建筑工地上的零星物品、工具、建筑材料等，上述目标物被强风吹落或因强风崩塌后易造成人员伤亡；交通工具如陆地上的车辆、铁路上的列车、海上行驶的船只、停泊在港口的船舶甚至降落的飞机都有可能被强风吹翻并造成人员伤亡；强风易吹倒输电线路并造成电网线路跳闸；强风易吹倒通信基站造成通信网络设施受损，通讯中断。因此大风造成的安全隐患主要出现在未达到一定抗风能力的建筑物和设施以及未能及时收到气象预警信息而未采取防护措施的人群中。

雷雨大风突发性强，破坏性大，天气过程强烈，往往伴随大风、暴雨、雷暴甚至冰雹等灾害性天气，并多次造成人员伤亡和财产损失，包括房屋、临时建筑、棚架、树木和广告牌倒塌伤人，航班延误或取消等。

龙卷风破坏力极大，严重危害人民生命财产安全。如 2015 年 10 月 4 日，由超强台风“彩虹”外围环流引发的龙卷风致顺德、番禺 7 人死亡、214 人受伤，直接经济损失达 10.5 亿元。因突发性强、难以有效预测，龙卷风对轨道交通的潜在威胁在某种程度上更甚于台风。

7.2 大风灾害风险评估

采用中华人民共和国国家标准 GB/T 27921-2011《风险管理 风险评估技术》中的风险矩阵法，通过对项目所在区域大风灾害发生的可能性、灾害事件后果的严重性等进行分析，在此基础上对项目所在区域的大风灾害风险进行评估与分级。

大风灾害风险评估方法同样采用中华人民共和国国家标准 GB/T 27921-2011《风险管理 风险评估技术》中的风险矩阵法，通过对项目所在区域大风灾害发生的可能性、灾害事件后果的严重性等进行分析，在此基础上对项目所在区域的大风灾害风险进行评估与分级。具体方法详见 6.2.1 节“暴雨灾害风险评估方法”。

大风灾害事件发生可能性的计算以项目选取的参证气象站和参考站大风历史观测数据为基础，使用数理统计方法对极大风速概率分布函数进行拟合，进一步求出极大风速超过特定值的概率。

本报告结合各气象站点历史观测数据进行计算分析后发现耿贝尔（Gumbel）分布的拟合效果较理想，也偏于安全，因此使用本方法计算不同重现期的极大风速以及大风灾害事件的发生概率。

大风灾害事件后果损失的评估同样参照表 6.2-2 “灾害事件造成后果分析等级划分”，从大风灾害事件对社会经济的影响来开展大风灾害风险事件后果严重性评估及等级划分。

大风灾害风险的空间分布同样只考虑孕灾环境的影响。对于大风灾害而言,影响孕灾环境敏感性高低的要素包括地形、植被、土地利用等要素,本报告中将综合考虑这些要素,基于 1:5 万数字高程数据 (DEM) 和土地利用分类数据对大风灾害风险孕灾环境的敏感性进行评估,分别将这两个要素图层进行标准化处理后,加权求和得到大风灾害孕灾环境敏感性指数的空间分布图。

7.2.1 大风发生的可能性评估

利用台山 1973~2017 年和斗门气象站 1980~2017 年的年最大风速建立评估序列,采用耿贝尔极值 I 型概率分布函数计算得到台山和斗门两个参照气象站不同重现期最大/极大风速,见表 7.2-1。

表 7.2-1 参证气象站不同重现期最大/极大风速 (单位: m/s)

| 重现期(a) | 5 | 10 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 台山 59478 (最大风速) | 16.9 | 19.4 | 21.7 | 23.0 | 24.7 | 27.0 | 29.3 |
| 台山 59478 (极大风速) | 22.8 | 26.2 | 29.3 | 31.1 | 33.3 | 36.5 | 39.6 |
| 斗门 59487 (最大风速) | 18.3 | 21.5 | 24.4 | 26.2 | 28.4 | 31.3 | 34.2 |
| 斗门 59487 (极大风速) | 24.7 | 29.0 | 32.9 | 35.4 | 38.3 | 42.3 | 46.2 |

利用新会区崖门镇银湖湾气象站 (G2111) 2003 年至 2017 年连续 15 年的年极大风速建立评估序列,采用耿贝尔极值 I 型概率分布函数计算得到该参考气象站不同重现期极大风速,见表 7.2-2。

表 7.2-2 参考气象站 G2111 不同重现期最大/极大风速 (单位: m/s)

| 重现期(a) | 5 | 10 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| G2111 (最大风速) | 19.4 | 24.3 | 29.1 | 31.8 | 35.2 | 39.7 | 43.1 |
| G2111 (极大风速) | 26.2 | 32.8 | 39.3 | 42.9 | 47.5 | 53.6 | 58.2 |

在陆面上当大风的风力等级超过 10 级时，即可能造成树木被拔起、建筑物严重受损，因此本报告认为当极大风速超过 10 级（24.5m/s），可能对本项目评估区域内的园林树木、道路标牌等公共设施以及各类建筑造成影响，并以极大风速超过 10 级作为大风灾害事件。结合各参考气象站及参证气象站极大风速的概率分布函数，计算得出各站发生大风灾害事件的概率，见表 7.2-3。

表 7.2-3 参考气象站及参证气象站发生极大风速超过 10 级（24.5m/s）事件概率

| 站号 | 台山 59478 | 斗门 59487 | 银湖湾 G2111 |
|----------|----------|----------|-----------|
| 大风灾害事件概率 | 0.127 | 0.204 | 0.278 |

按照表 6.2-1 给出的灾害风险可能性等级分值划分，项目所在区域大风灾害发生的可能性等级为 1 级，即极可能发生。

7.2.2 大风发生的后果损失评估

由于项目所在区域属于台风、雷雨大风、龙卷等大风灾害多发、易发区域，因此大风灾害可能造成较严重的后果，例如：大风可能造成建筑物门窗或屋顶损坏，输电线路、通信基站等基础设施受损，或造成临时建筑、棚架、树木和广告牌倒塌，甚至造成人员伤亡。

结合项目所在区域的历史大风灾情记录，7.2.1 节中定义的大风灾害事件对江门市银湖湾滨海新城核心区造成后果的等级多为 2 级。

7.2.3 大风风险水平的确定

综合项目所在区域大风灾害发生的可能性等级和后果等级，参照“表 6.2-4 灾害风险分级矩阵”，项目所在区域的大风风险为极高。

采用前文所述方法，本报告基于 1: 5 万数字高程数据（DEM）和土地利用分类数据对江门市银湖湾滨海新城核心区大风灾害风险的孕灾环境敏

感性进行了评估，进而得到项目所在区域大风灾害相对风险等级分布图（图 7.2-1）。

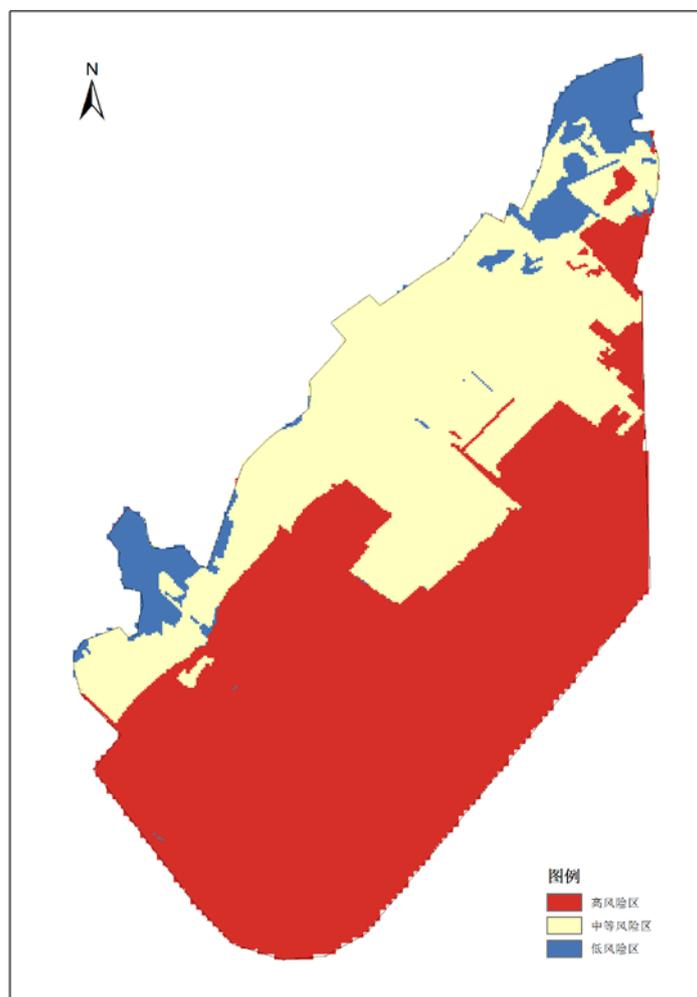


图 7.2-1 江门市银湖湾滨海新城核心区大风灾害相对风险等级分布图¹

由图 7.2-1 可以看出，江门市银湖湾滨海新城核心区大部分区域均属于大风灾害的高风险区，仅有少数区域属于中等风险或低风险区。

¹ 由于项目所在区域当前尚处在规划阶段，本报告在分析大风灾害风险的空间分布时暂未考虑承灾体的影响，因此风险空间分布的结果仅供参考。需要待项目详细规划成果形成后，综合考虑承灾体因素并形成最新的风险区划结果，方可进行具体应用。

7.3 大风风险对策、措施与建议

(1) 江门市银湖湾滨海新城核心区属大风灾害多发、易发区域，每年都可能受台风带来的大风影响，雷雨大风灾害也较为多发，根据本报告评估江门市银湖湾滨海新城核心区的大风风险为极高等级，因此，要特别注意防御大风灾害。

(2) 在项目设计阶段，建议充分考虑项目所在区域大风灾害多发的特点，适当提高各类建筑、基础设施和园林树木的防风抗风能力标准，加强大风灾害防御能力，尽可能降低大风引发灾害的可能；

(3) 在项目建设阶段，建议制定雷雨大风、强降水、冰雹、龙卷、飚线等强对流天气以及台风、冬季大风等灾害性天气的应急预案，密切关注气象部门发布的台风、雷雨大风预警信息，及时启动相关应急预案，降低因大风灾害造成的财产损失和人员伤亡。

(4) 建立各级防风责任制，加强对项目所在区域建筑物和设施的防风安全隐患排查，及时对易被风吹动的各类设施、搭建物等进行加固或者拆除。

(5) 除了台风、雷雨大风、龙卷风等天气可能造成大风灾害之外，冬季强冷空气过程也可能造成大风灾害，因此，要特别注意冬春季节冷空气大风可能造成的安全隐患，做好各项防御措施，并及时关注气象部门发布的大风预警信息。

第八章 风暴潮灾害风险评估

8.1 潮汐特性分析

8.1.1 潮位站选取

银湖湾滨海新城位于江门市区南部，距江门城区约 35 公里。江门周边潮位站点分布情况如图 8.1-1 所示。离江门滨海新城最近的潮位站点为江门市西炮台站、官冲站以及珠海市三灶站。如图所示，西炮台站和官冲站都位于河道中，而江门新城为临海区域填海新城，位于河道出海位置。根据滨海新城的地理位置，本项目的风暴潮灾害风险评估拟选用三灶站进行数据分析和评估。珠海三灶站从 1964 年建站开始有潮位数据，至 2018 年已有连续 55 年的逐日潮位数据。



图 8.1-1 项目周边潮位站位置示意图

根据三灶站历年逐时潮位和高低潮位资料，从珠江基面起算，计算得到三灶站的逐年最高潮位见表 8.1-1。本报告中的潮位数据如无特殊说明，均采用珠江基面。

表 8.1-1 三灶站逐年最高潮位（珠江基面起算）

| 年份 | 最高潮位(m) | 出现日期 | 年份 | 最高潮位(m) | 出现日期 |
|------|---------|------|------|---------|------|
| 1963 | 1.60 | 0722 | 1991 | 1.90 | 0724 |
| 1964 | 1.22 | 1122 | 1992 | 1.38 | 0701 |
| 1965 | 1.86 | 0715 | 1993 | 2.54 | 0917 |
| 1966 | 1.40 | 1229 | 1994 | 1.26 | 1203 |
| 1967 | 1.66 | 1019 | 1995 | 1.70 | 1003 |
| 1968 | 1.34 | 1122 | 1996 | 2.12 | 0909 |
| 1969 | 1.48 | 0728 | 1997 | 1.78 | 0802 |
| 1970 | 1.38 | 0206 | 1998 | 1.31 | 1026 |
| 1971 | 1.74 | 1008 | 1999 | 1.25 | 1126 |
| 1972 | 1.78 | 1108 | 2000 | 1.48 | 0120 |
| 1973 | 1.42 | 0702 | 2001 | 1.76 | 0706 |
| 1974 | 1.95 | 1013 | 2002 | 1.50 | 0911 |
| 1975 | 1.46 | 1022 | 2003 | 2.58 | 0724 |
| 1976 | 1.60 | 0919 | 2004 | 1.43 | 0605 |
| 1977 | 1.38 | 0922 | 2005 | 1.58 | 0925 |
| 1978 | 1.64 | 0827 | 2006 | 1.59 | 0207 |
| 1979 | 1.42 | 0809 | 2007 | 1.67 | 1002 |
| 1980 | 1.28 | 0517 | 2008 | 3.23 | 0924 |
| 1981 | 1.38 | 0706 | 2009 | 2.78 | 0915 |
| 1982 | 1.26 | 0625 | 2010 | 1.45 | 1026 |
| 1983 | 1.29 | 1024 | 2011 | 1.92 | 0929 |
| 1984 | 1.36 | 0709 | 2012 | 2.63 | 0724 |
| 1985 | 1.56 | 0906 | 2013 | 1.45 | 0724 |
| 1986 | 1.48 | 0905 | 2014 | 2.11 | 0916 |
| 1987 | 1.46 | 1025 | 2015 | 1.73 | 1003 |
| 1988 | 1.48 | 1027 | 2016 | 1.42 | 1018 |
| 1989 | 2.58 | 0718 | 2017 | 2.74 | 0823 |
| 1990 | 1.33 | 0526 | 2018 | 3.37 | 0916 |

8.1.2 三灶站风暴潮极值增水

收集 1963~2018 年（2013~2016 年台风过程增水资料缺失）引起三灶站风暴增水的 60 个台风，分析其极值增水。对江门滨海新城来说，这 60 个台风基本包括了上世纪 80 年代以来各次重要的台风。60 年代之前，时间久远，潮位资料难以收集，未能包括在内。事实上有的年份没有台风，有的年份有 2、3 个台风，平均每年 1 个以上。所谓“极值增水”，指实测高潮位减推算高潮位，通常两者不一定在同一时刻发生。限于潮汐预报的精度，实际发生的高潮或在预报天文潮之前，或在之后出现。对同时刻实测高潮位减天文潮所得的增水，称为“过程增水”。衡量台风袭击对潮位的影响，以极值增水更能准确反映海面的抬升，但从逐时潮位资料确定极值增水不如过程增水简便。当没有特别注明时，通常增水指“过程增水”。由于三灶站潮汐小，实测和推算潮位的相位差不太大，极值增水与过程增水差异也不大。

把各次台风风暴发生的日期、实测高潮时、高潮位及对应台风编号列于表 8.1-2，极值增水的结果列于表 8.1-3。1963~2018 年间的 60 场台风导致三灶站产生风暴增水，发生在大潮、中潮和小潮期的比例分别为 40%、40%和 20%。通常认为，小潮时潮位较低，即便有台风来袭，风暴潮位不至于升多高。但对江门滨海新城而言，台风不来则已，一来就有严重后果出现。虽然小潮发生风暴潮高水位的机会低于大中潮，但 50 年内小潮平均极值增水 1.14m，高于中潮 0.73m 和大潮 0.56m。最高增水也同样，小潮最高增水 2.84m，大于中潮 1.83m 和大潮 1.86m。导致三灶站出现历史前两位最高潮位 3.37m 的 1822（山竹）和 3.23m 的 0814（黑格比）台风发生在小潮时，有关 0814（黑格比）强台风产生的增水特征在下一小节分析。

表 8.1-2 三灶站台风期实测高潮位

| 序号 | 日期 | | 三灶站实测 | | 对应台风号 | | |
|----|------------|----|-------|-------------|-------------|-------------|------|
| | | | 高潮时 | 高潮位(m) | 大潮 | 中潮 | 小潮 |
| 1 | 1963.07.22 | 初三 | 10:30 | 1.60 | 6307 | | |
| 2 | 1964.05.28 | 十七 | 22:30 | 1.20 | 6402 | | |
| 3 | 1965.07.15 | 十七 | 08:30 | 1.86 | 6508 | | |
| 4 | 1967.08.21 | 十六 | 11:00 | 1.40 | 6711 | | |
| 5 | 1969.07.28 | 十六 | 06:00 | 1.48 | 6903 | | |
| 6 | 1971.06.18 | 廿六 | 05:20 | 1.70 | | | 7108 |
| 7 | 1972.07.11 | 初一 | 09:00 | 1.60 | 7204 | | |
| 8 | 1973.07.02 | 初三 | 10:00 | 1.42 | 7301 | | |
| 9 | 1974.07.22 | 初四 | 08:00 | 1.94 | 7411 | | |
| 10 | 1979.08.02 | 初十 | 18:00 | 1.40 | | | 7908 |
| 11 | 1980.07.22 | 十一 | 05:00 | 1.12 | | | 8007 |
| 12 | 1981.07.03 | 初二 | | 1.20 | 8105 | | |
| 13 | 1981.07.06 | 初六 | 11:30 | 1.38 | | 8106 | |
| 14 | 1983.09.09 | 初三 | 12:00 | 1.26 | 8309 | | |
| 15 | 1983.10.14 | 初八 | 00:00 | 1.29 | | 8314 | |
| 16 | 1984.06.25 | 廿六 | 05:30 | 1.30 | | | 8402 |
| 17 | 1985.09.06 | 廿一 | 00:00 | 1.56 | | 8515 | |
| 18 | 1986.07.12 | 初六 | 10:00 | 1.40 | | 8607 | |
| 19 | 1986.09.05 | 初二 | 09:50 | 1.48 | 8616 | | |
| 20 | 1987.06.18 | 廿三 | 14:00 | 1.40 | | | 8702 |
| 21 | 1988.07.19 | 初五 | 11:00 | 1.21 | | 8805 | |
| 22 | 1988.10.27 | 十七 | 23:30 | 1.48 | 8824 | | |
| 23 | 1989.07.18 | 十六 | 07:00 | 2.58 | 8908 | | |
| 24 | 1991.07.24 | 十三 | 07:30 | 1.90 | | 9108 | |
| 25 | 1992.07.01 | 初二 | 06:30 | 1.38 | 9204 | | |
| 26 | 1992.07.22 | 廿三 | 12:00 | 1.13 | | 9207 | |
| 27 | 1993.09.17 | 初二 | 10:30 | 2.54 | 9316 | | |

续表 8.1-2

| 序号 | 日期 | | 三灶站实测 | | 对应台风号 | | |
|----|------------|----|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | 高潮时 | 高潮位(m) | 大潮 | 中潮 | 小潮 |
| 28 | 1994.06.25 | 十七 | 12:00 | 1.72 | 9404 | | |
| 29 | 1995.10.03 | 初九 | 01:30 | 1.70 | | 9515 | |
| 30 | 1996.09.09 | 廿七 | 05:30 | 2.12 | | 9615 | |
| 31 | 1997.08.02 | 廿九 | 8:00 | 1.78 | | 9710 | |
| 32 | 1997.08.22 | 二十 | 11:40 | 1.13 | | 9713 | |
| 33 | 1998.08.10 | 十九 | 11:10 | 1.21 | 9810 | | |
| 34 | 1999.09.16 | 初七 | 00:30 | 0.80 | | 9910 | |
| 35 | 2000.09.08 | 十一 | 04:00 | 0.90 | | 0016 | |
| 36 | 2001.07.01 | 十一 | 06:00 | 1.01 | | | 0103 |
| 37 | 2001.07.06 | 十六 | 11:45 | 1.76 | 0104 | | |
| 38 | 2001.07.25 | 初五 | 12:10 | 1.52 | | 0107 | |
| 39 | 2002.08.20 | 十二 | 08:00 | 1.32 | | 0214 | |
| 40 | 2002.09.11 | 初五 | 13:30 | 1.50 | | 0218 | |
| 41 | 2003.07.24 | 十五 | 05:30 | 2.58 | | | 0307 |
| 42 | 2003.09.03 | 初七 | 01:00 | 1.08 | | 0313 | |
| 43 | 2004.07.18 | 初二 | 09:00 | 1.35 | 0409 | | |
| 44 | 2005.07.30 | 廿五 | 04:00 | 0.78 | | | 0508 |
| 45 | 2006.08.04 | 十一 | 03:30 | 1.45 | | | 0606 |
| 46 | 2006.08.11 | 十八 | 10:00 | 1.50 | 0608 | | |
| 47 | 2007.08.10 | 廿八 | 06:00 | 1.28 | | 0707 | |
| 48 | 2007.10.02 | 廿二 | 00:00 | 1.67 | | 0715 | |
| 49 | 2008.09.24 | 廿五 | 02:30 | 3.23 | | | 0814 |
| 50 | 2009.07.19 | 廿七 | 06:00 | 1.62 | | 0906 | |
| 51 | 2009.09.15 | 廿七 | 04:50 | 2.78 | | 0915 | |
| 52 | 2010.07.21 | 初十 | 04:30 | 0.86 | | | 1003 |
| 53 | 2011.09.29 | 初三 | 10:10 | 1.92 | 1117 | | |
| 54 | 2011.10.03 | 初七 | 03:45 | 1.63 | | 1119 | |

续表 8.1-2

| 序号 | 日期 | | 三灶站实测 | | 对应台风号 | | |
|--------------------|------------|----|-------|-------------|------------|-------------|------------|
| | | | 高潮时 | 高潮位(m) | 大潮 | 中潮 | 小潮 |
| 55 | 2012 06 19 | 初一 | 08:00 | 1.01 | 1205 | | |
| 56 | 2012.06.30 | 十二 | 05:00 | 1.12 | | 1206 | |
| 57 | 2012.07.24 | 初六 | 09:10 | 2.63 | | 1208 | |
| 58 | 2012.08.17 | 初一 | 10:05 | 1.54 | 1213 | | |
| 59 | 2017.08.23 | 初二 | 12:50 | 2.74 | 1713 | | |
| 60 | 2018.09.16 | 初七 | 16:05 | 3.37 | | | 1822 |
| 注：表中粗体潮位数据系当年极值高潮位 | | | | | 40% | 40% | 20% |

表 8.1-3 三灶站台风期推算高潮位及极值增水

| 序号 | 日期 | | 推算天文潮 | | 极值增水(m) | | |
|----|------------|----|-------|-------------|-------------|-------------|------|
| | | | 高潮时 | 高潮位 (m) | 大潮 | 中潮 | 小潮 |
| 1 | 1963.07.22 | 初三 | 11:30 | 1.03 | 0.57 | | |
| 2 | 1964.05.28 | 十七 | 11:53 | 0.96 | 0.24 | | |
| 3 | 1965.07.15 | 十七 | 11:44 | 1.00 | 0.86 | | |
| 4 | 1967.08.21 | 十六 | 11:30 | 1.06 | 0.34 | | |
| 5 | 1969.07.28 | 十六 | 06:34 | 1.24 | 0.24 | | |
| 6 | 1971.06.18 | 廿六 | 07:08 | 0.52 | | | 1.18 |
| 7 | 1972.07.11 | 初一 | 10:44 | 1.18 | 0.42 | | |
| 8 | 1973.07.02 | 初三 | 11:45 | 1.35 | 0.07 | | |
| 9 | 1974.07.22 | 初四 | 12:36 | 1.22 | 0.72 | | |
| 10 | 1979.08.02 | 初十 | 17:57 | 0.12 | | | 1.28 |
| 11 | 1980.07.22 | 十一 | 06:47 | 0.62 | | | 0.5 |
| 12 | 1981.07.03 | 初二 | 11:32 | 0.91 | 0.29 | | |
| 13 | 1981.07.06 | 初六 | 13:44 | 1.00 | | 0.38 | |
| 14 | 1983.09.09 | 初三 | 12:33 | 1.01 | 0.25 | | |
| 15 | 1983 10 14 | 初九 | 03:20 | 0.90 | | 0.39 | |
| 16 | 1984 06 25 | 廿六 | 08:19 | 0.63 | | | 0.67 |

续表 8.1-3

| 序号 | 日期 | | 推算天文潮 | | 极值增水(m) | | |
|----|------------|----|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | 高潮时 | 高潮位 (m) | 大潮 | 中潮 | 小潮 |
| 17 | 1985.09.06 | 廿一 | 02:11 | 0.65 | | 0.91 | |
| 18 | 1986.07.12 | 初六 | 13:53 | 0.98 | | 0.42 | |
| 19 | 1986.09.05 | 初二 | 11:34 | 1.02 | 0.46 | | |
| 20 | 1987.06.18 | 廿三 | 16:03 | 0.82 | | | 0.58 |
| 21 | 1988.07.19 | 初五 | 13:57 | 0.70 | | 0.51 | |
| 22 | 1988.10.27 | 十七 | 23:56 | 1.14 | 0.34 | | |
| 23 | 1989.07.18 | 十六 | 10:17 | 1.15 | 1.43 | | |
| 24 | 1991.07.24 | 十三 | 09:14 | 0.83 | | 1.07 | |
| 25 | 1992.07.01 | 初二 | 11:06 | 1.27 | 0.11 | | |
| 26 | 1992.07.22 | 廿三 | 15 :5 | 0.33 | | 0.8 | |
| 27 | 1993.09.17 | 初二 | 12:06 | 0.82 | 1.72 | | |
| 28 | 1994.06.25 | 十七 | 11:46 | 1.43 | 0.29 | | |
| 29 | 1995.10.03 | 初九 | 05:36 | 0.86 | | 0.84 | |
| 30 | 1996.09.09 | 廿七 | 08:50 | 0.66 | | 1.46 | |
| 31 | 1997.08.02 | 廿九 | 10:08 | 1.02 | | 0.76 | |
| 32 | 1997 08 22 | 二十 | 01:53 | 0.54 | | 0.59 | |
| 33 | 1998.08.10 | 十九 | 12:20 | 0.98 | 0.23 | | |
| 34 | 1999.09.16 | 初七 | 15:21 | 0.20 | | 0.6 | |
| 35 | 2000 09 08 | 十一 | 06:45 | 0.58 | | 0.32 | |
| 36 | 2001.07.01 | 十一 | 07:50 | 0.52 | | | 0.49 |
| 37 | 2001.07.06 | 十六 | 11:05 | 1.06 | 0.70 | | |
| 38 | 2001 07 25 | 初五 | 14:05 | 1.05 | | 0.47 | |
| 39 | 2002.08.20 | 十二 | 08:55 | 0.94 | | 0.38 | |
| 40 | 2002 09 11 | 初五 | 14:23 | 0.54 | | 0.96 | |
| 41 | 2003.07.24 | 十五 | 07:31 | 0.50 | | | 2.08 |
| 42 | 2003.09.03 | 初七 | 03:03 | 0.50 | | 0.58 | |

续表 8.1-3

| 序号 | 日期 | | 推算天文潮 | | 极值增水(m) | | |
|-------------------|------------|----|-------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | 高潮时 | 高潮位 (m) | 大潮 | 中潮 | 小潮 |
| 43 | 2004.07.18 | 初二 | 11:15 | 1.01 | 0.34 | | |
| 44 | 2005.07.30 | 廿五 | 05:45 | 0.49 | | | 0.29 |
| 45 | 2006.08.04 | 十一 | 05:45 | 0.40 | | | 1.05 |
| 46 | 2006.08.11 | 十八 | 12:03 | 1.28 | 0.22 | | |
| 47 | 2007.08.10 | 廿八 | 08:20 | 0.97 | | 0.31 | |
| 48 | 2007.10.02 | 廿二 | 01:31 | 1.03 | | 0.64 | |
| 49 | 2008.09.24 | 廿五 | 05:42 | 0.86 | | | 2.37 |
| 50 | 2009.07.19 | 廿七 | 08:06 | 0.88 | | 0.74 | |
| 51 | 2009.09.15 | 廿七 | 07:46 | 0.95 | | 1.83 | |
| 52 | 2010.07.21 | 初十 | 06:41 | 0.49 | | | 0.37 |
| 53 | 2011.09.29 | 初三 | 13:04 | 1.18 | 0.74 | | |
| 54 | 2011.10.03 | 初七 | 02:02 | 1.15 | | 0.48 | |
| 55 | 2012.06.19 | 初一 | 10:30 | 0.62 | 0.39 | | |
| 56 | 2012.06.30 | 十二 | 07:32 | 0.75 | | 0.37 | |
| 57 | 2012.07.24 | 初六 | 02:51 | 0.85 | | 1.78 | |
| 58 | 2012.08.17 | 初一 | 10:34 | 0.93 | 0.61 | | |
| 59 | 2017.08.23 | 初二 | 12:50 | 0.88 | 1.86 | | |
| 60 | 2018.09.16 | 初七 | 16:05 | 0.53 | | | 2.84 |
| 58 个极值增水总平均=0.75m | | | | 平均 | 0.56m | 0.73m | 1.14m |
| 最大增水 | | | | | 1.86m | 1.83m | 2.84m |

8.1.3 三灶站重现期最高潮位及极值增水

本报告对三灶站（1964年~2018年）的年最高潮位以及历史台风增水极值建立评估序列，采用 Gumble 分布、对数正态分布和 Pearson-III型分布对该站最高潮位年极值及增水极值进行了概率分布拟合，通过柯尔莫哥洛夫检验逐点分析经验分布与理论分布的偏差，从而确定理论分布的拟合优

度。当使用经验分布函数（EDF）统计量检验分布模型时，会出现多个分布被接受的情况，此时，需要甄别拟合优度最好的分布模型。采用似然比检验（likelihood ration test, LRT）评价多个分布函数的拟合优度。

结果表明，三灶站最高潮位重现期采用 Pearson-III型概率分布函数为最优模型，三灶站极值增水重现期采用对数正态分布函数为最优模型。计算得到三灶站不同重现期最高潮位和极值增水（见表 8.1-4）。

表 8.1-4 三灶站重现期最高潮位及极值增水（1964 年~2018 年资料）

| 重现期 (a) | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 最高潮位 | 0.93 | 1.26 | 1.68 | 2.00 | 2.32 | 2.63 | 3.04 | 3.34 |
| 极值增水 | 1.06 | 1.46 | 2.05 | 2.56 | 3.12 | 3.74 | 4.13 | 5.44 |

对于最高潮位和极值增水的重现期计算，还要考虑资料的一致性。三灶水文站位于三灶岛东岸草堂湾岬角的基岩上（图 8.1-2）。



图 8.1-2 三灶水文站及附近养蚝场（有人站立处为验潮井消波池）

三灶岛原为珠江口外一个孤岛，上世纪 60 年代以来，三灶岛附近的整个磨刀门水域不断淤积并快速向外扩展。1966~1988 年间，磨刀门区共围垦近 95km² 的滩涂，其中草堂湾为 1.91km²（图 8.1-3）。据 1998 年刘岳峰等发表的《珠江三角洲口门区近期演变与围垦远景分析》，1978~2006 年磨刀门口的围垦面积为 134.49 km²。1984 年建成连陆三灶湾大堤后成为陆连

岛，连陆大堤后修改成机场路。9316 号强台风袭击时，机场路过水，水闸全毁。当时机场路东侧一处平房的水痕线与窗台同高，估计最高潮位在 3m 以上。台风过后加高机场路路面并于东侧加修 1m 以上防（潮）水墙。

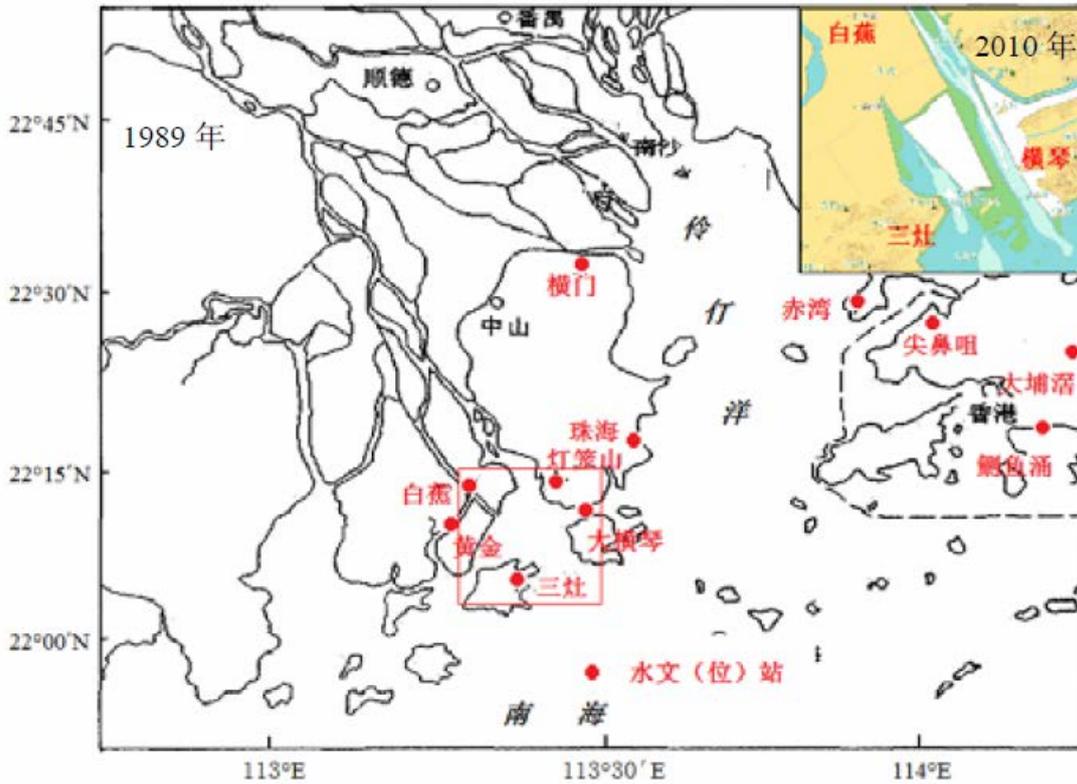


图 8.1-3 三灶站海岸线变化对比

因此，本报告对三灶站（1984 年~2018 年）的年最高潮位以及历史台风增水极值重新建立评估序列。

表 8.1-5 三灶站重现期最高潮位及极值增水（1984 年~2018 年资料）

| 重现期 (a) | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 最高潮位 | 1.44 | 1.78 | 2.21 | 2.51 | 2.80 | 3.09 | 3.46 | 3.73 |
| 极值增水 | 1.09 | 1.46 | 2.05 | 2.56 | 2.95 | 3.48 | 4.66 | 4.92 |

结果表明，三灶站重现期最高潮位采用 Pearson-III型概率分布函数为最优模型，三灶站重现期极值增水采用对数正态分布函数为最优模型。计算得到三灶站不同重现期最高潮位和极值增水（见表 8.1-5）。

官冲站自 1999 年建站，至 2018 年有连续 20 年潮位数据；西炮台站自 1990 年建站，至 2018 年有连续 29 年潮位数据。本报告在计算出三灶站重现期最高潮位后，还计算出官冲站和西炮台站的重现期最高潮位，已供项目方参考使用。两站均为采用 Pearson-III型概率分布函数为最优模型，不同重现期最高潮位见表 8.1-6。官冲站、西炮台站由于围海造地等环境变化的影响，导致两站资料的均一性变差。

表 8.1-6 官冲站、西炮台站重现期最高潮位

| 重现期 (a) | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| 官冲站 | 1.98 | 2.17 | 2.35 | 2.58 | 2.75 | 2.91 |
| 西炮台站 | 1.95 | 2.09 | 2.22 | 2.37 | 2.48 | 2.60 |

8.1.4 强台风 0814（黑格比）导致三灶站风暴增水特点

强台风 0814（黑格比）导致三灶站出现历史最高潮位 3.23m，最大极值增水达 2.37m。该台风在 2008 年 9 月 24 日 6:45 分在茂名市电白县陈村镇沿海地区登陆，登陆时台风中心最低气压 940hPa，中心附近最大平均风 50m/s，风速极值达 65m/s。移动方向稳定在 275°~315°，即西北偏西方向。登陆时逢农历八月廿五日，纯属小潮。潮位呈正规全日潮性质，一日一次高潮和低潮。图 8.1-4 为三灶站实测和推算天文潮位过程线，显示从台风登陆的前一晚（即 9.23 日傍晚）起，在台风影响下，潮位逐渐抬高，至 24 日凌晨 2:30，即在台风登陆前 4 小时 15 分，三灶站达到最高潮位 3.23m，与 3:30 最高天文潮的 0.86m 比较，形成 2.37m 的极值增水。即：风暴潮影响下高潮时间提前了 1 小时。潮位为 200~500 年一遇，极值增水为 25~50 年一遇。

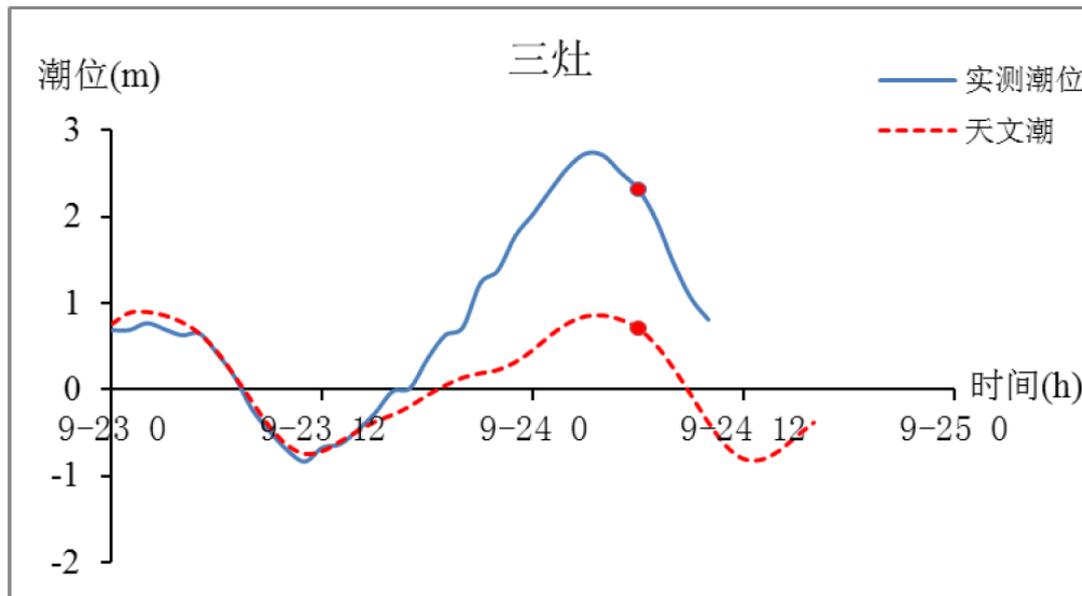


图 8.1-4 台风 0814 三灶站潮位过程线

(2008.9.23-9.24 廿四-廿五；圆点为台风登陆时间)

8.1.5 0814（黑格比）与 9615（莎莉）风暴增水比较

0814 强台风导致三灶站发生最高潮位 3.23m 和最大增水 2.37m。9615 强台风无论从强度、路径、登陆位置还是遭遇的潮型，都与 0814 极其相似，但 9615 台风导致的高潮位和增水均明显小于 0814 台风。表 8.1-7 列出强台风 0814 与 9615 的资料对比。图 8.1-5 为两个台风的路径图，路径基本重合，登陆地点 9615 离三灶站稍远些。

9615 台风于 1996 年 9 月 9 日 10:30 在广东湛江市吴川县吴阳镇沿海登陆，登陆时台风中心气压 935hPa，中心附近最大风力在 12 级以上，风速极大值 57m/s，三灶站在 9615 台风登陆前 6 小时，即 4:30 左右出现 2.12m 高潮位、极值增水 1.46m，比 0814 极值增水低了 91cm。图 8.1-7 为三灶站 9615 台风期间潮位过程线，也呈现全日潮性质。

表 8.1-7 强台风 0814 与 9615 对比

| 台风 | 0814 | 9615 |
|---------|----------------|----------------|
| 路径 | 相似 | |
| 移速 | 33.0 km/h | 36.7 km/h |
| 移向 | 290° | 284° |
| 登陆点相距 | 72.6 km | |
| 强度 | 强台风 | |
| 最低气压 | 935hpa | 935hpa |
| 最大风速 | 50m/s | 50m/s |
| 登陆时间 | 2008.9.24 6:45 | 1996.9.9 10:30 |
| 高潮在天文潮前 | 1 小时 | 3 小时 |
| 潮型 | 廿五 小潮 | 廿七 小潮 → 中潮 |
| 三灶站最高潮位 | 3.23m | 2.12m |
| 天文高潮位 | 0.86m | 0.66m |
| 极值增水 | 2.37m | 1.46m |

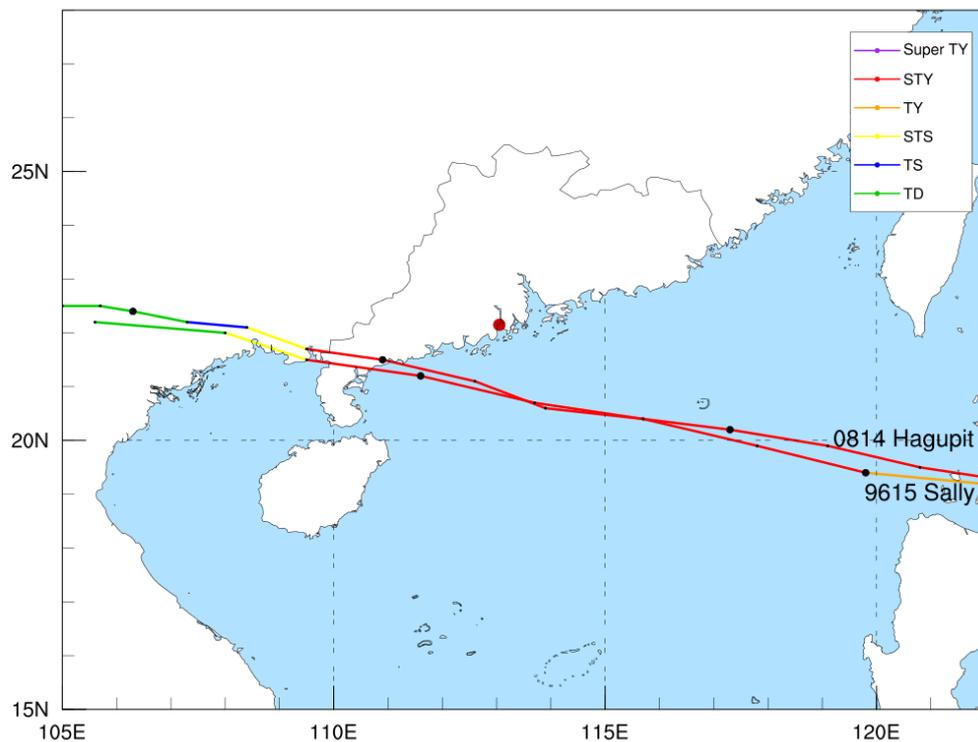


图 8.1-5 台风 0814 和 9615 路径图

0814 台风从表面看，其强度、最大风速、路径、遭遇的天文潮与 9615 台风相似，但仔细考察，还是 0814 强得多。从台风强度来说，两者虽然中心最低气压都达 935hPa，但 0814 在海上长时间维持 935hPa 达 30 小时，直至登陆前两小时才升至 940hPa，而 9615 只维持最低气压 12 小时；运动速度方面，0814 大多为 20~25km/h，9615 移速为 30~35km/h，移速慢的有利于海面上风裹挟海水大范围输运，在岸边堆积，形成极高潮位；再加上 0814 的天文潮比 9615 大 20%，综合以上因素，0814 台风使珠江三角洲及河口多站潮位超历史记录，包括三灶站、珠江口和粤西沿岸广泛范围。图 8.1-6 和图 8.1-7 是三灶站分别在 0814 和 9615 两个台风袭击时的潮位过程线。可以看出，0814 台风作用下三灶站最高潮位 3.23m，明显高于 9615 台风作用下的 2.12m。

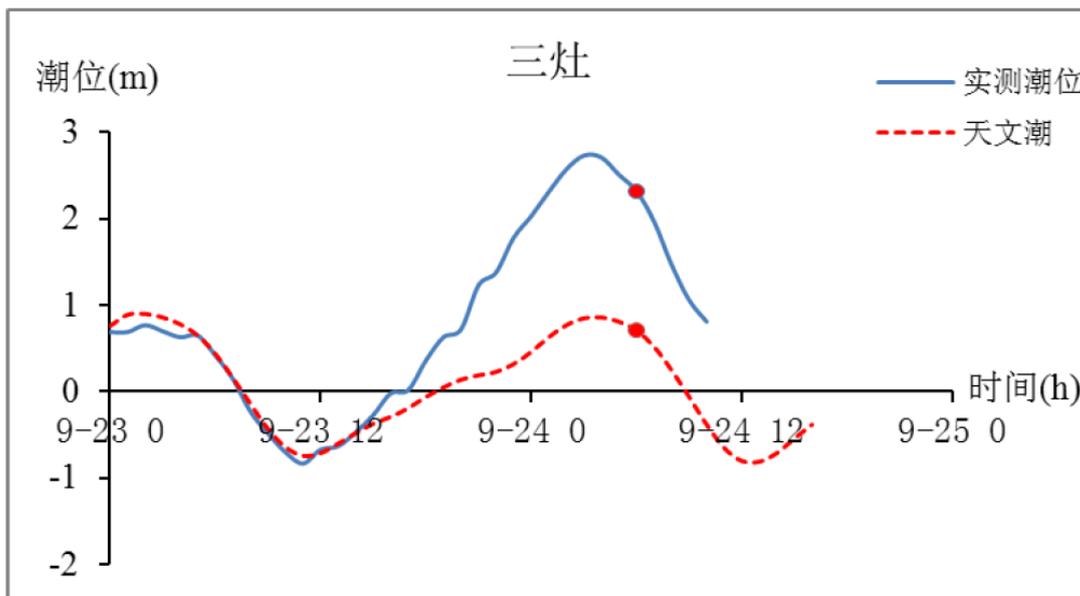


图 8.1-6 0814 台风三灶站潮位过程线
(2008.9.23-9.24 廿四-廿五; 圆点为台风登陆时间)

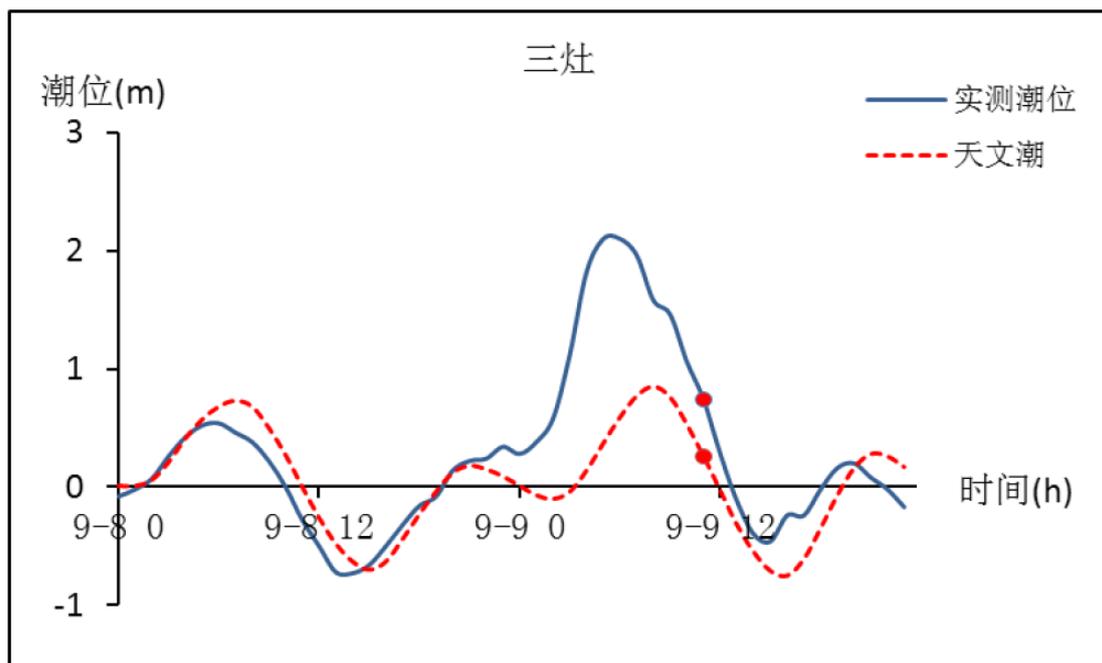


图 8.1-7 9615 台风三灶站潮位过程线
(1996.9.8-9.9 廿六-廿七; 圆点为台风登陆时间)

8.2 江门滨海新城沿岸海域风暴潮增水数学模型

8.2.1 风暴潮增水数学模型

在河口或海岸观测到的潮位是天文潮和风暴潮两者综合作用的结果。天文潮是大洋潮波传至岸边所产生的谐振动，风暴潮则是台风在沿岸濒临水域引起的增（减）水。台风影响下的潮位推算，应包括周期性的天文潮和台风引起的风暴增水。对两者的分析和处理，优先的做法是采用线性的叠加，即将计算出的增水值加上给定站点潮汐预报点的天文潮，给出总的综合潮位。这种方法明确简便，易于操作，与现行的增水分离方法一致，是目前国内外普遍采用的。例如海岸风暴潮灾害水位的数值预报、港口码头设计、以及滨海热（核）电厂确定地坪设计水位的指导文件《核安全导则》都采用这种方法。本研究分别建立风暴潮增水数学模型和天文潮调和预报模式，在两者独立验证计算的基础上，再进行线性叠加计算。

影响风暴潮预报精度的因素主要有：模型计算域的选取、台风气压场及风场模拟的精度、相关参数的选取、天文潮与风暴潮的非线性效应。

8.2.1.1 基本方程及定解条件

近海水域水深相对较小，无论是研究外海潮波在河口区诱发的谐振动，还是在台风强劲风力作用下所产生的水体大范围输移，都近似假定上下层均匀一致，因此可采用沿深积分的二维模式。

(1) 基本方程：

完整的沿深积分二维全流型基本方程：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (8.1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) = gD \frac{\partial (\zeta - \zeta_0)}{\partial x} + \frac{\tau_s^x - \tau_b^x}{\rho_w} + fN \quad (8.2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) = -gD \frac{\partial(\zeta - \zeta_0)}{\partial x} + \frac{\tau_s^y - \tau_b^y}{\rho_w} - fM \quad (8.3)$$

其中： M 、 N 为全流分量 $M = \int_{-h(x,y)}^{\zeta(x,y)} u(x,y,t) dz$ ，
 $N = \int_{-h(x,y)}^{\zeta(x,y)} v(x,y,t) dz$ 。 u 、 v 分别为流速在 x 、 y 方向的分量； $D = h + \zeta$ ，
 为全水深； ζ_0 是由台风气压降引起的海面静压升高。

$$\bar{\tau}_s = \rho_\alpha \gamma_\alpha^2 \cdot |\bar{W}| \cdot \bar{W}， \quad \bar{\tau}_b = \rho_\omega \gamma_b^2 \cdot |\bar{V}| \cdot \bar{V} - \beta \bar{\tau}_s。$$

当气压分布取藤田公式时， ζ_0 由下式确定：

$$\zeta_0 = \frac{\Delta p}{\sqrt{1+r/R_0}} \quad (8.4)$$

$\Delta p = p_\infty - p_0$ ， p_∞ 是台风外围风压，取南中国海区多年月平均气压；
 p_0 是中心气压， r 为台风中心至计算的距离， R_0 为台风参数。

(2) 初始条件和边界条件

初始条件：

$$\begin{cases} M(x,y,0) = 0 \\ N(x,y,0) = 0 \end{cases} \quad (8.5)$$

$$\zeta(x,y,0) = \zeta_0(x,y) \quad (8.6)$$

边界条件：

在岸边界上，取法向全流为零，即 $M = N = 0$ 。

在水边界上，取静压水位。台风中心的移动，相当于水边界的上空存在气旋低压的移行性扰动，该扰动因气压降产生的静压升高为：

$$\zeta_0(x,y) = \frac{10^3(p_\infty - p_0)}{\rho g(1 - \bar{v}_0/\sqrt{gh})} \quad (8.7)$$

其中， \bar{V}_0 为台风中心移速， h 为水深， ρ 为海水密度。当水深不超过10.0m(长波速度约35.6km/h)时，为简单起见，边界条件直接取静压水位。由于计算域足够大，不会发生因台风移速等于长波波速出现的共振现象。

8.2.1.2 模型计算域

台风是中尺度的天气现象，影响范围通常可达数百千米，数值计算所覆盖的计算域应比较大，但是过大的计算域，难以给出分辨率足够细的网格，对曲折复杂岸线的拟合较粗，从而使得计算结果难以反映近岸不同地点的增水差异。本项目关注的江门滨海新城位于地形、岸线以及水文条件均较为复杂的水域，所建立的台风风暴潮模型应该很好地反映局部微地形的影响。

为高效、准确地模拟局部水域不同地点的增水分布，并能够进行实时有效的水情发布，需要建立适合于三灶站的风暴潮增水数学模型。模型计算范围南自 12°N ，北至 25°N ；西起 105.5°E ，东至 122°E ，采用五级网格离散，南海大网格尺度为 $19.295\text{km}\times 22.168\text{km}$ ，各级网格的空间比为1:3，经5级嵌套，三灶站近岸水域最小网格尺度小于270m。大小网格间采用“小网格的水位提供给大网格，大网格的流量提供给小网格”的方法，使计算在整个计算域的嵌套网格顺序推进。

8.2.1.3 台风风场计算模式

台风是引起台风风暴潮的直接因素，因此，风暴潮数学模型的首要研究内容就是台风风场。风场研究包括三个部分：台风气压场模式的选取、台风参数的确定以及台风风场的计算。由于台风在其生成、移动的过程中，气压场不断变化，所以如将台风参数作为常量处理是与事实相悖的。因此，在研制数学模式时，应对台风参数的确定给予充分注意。

(1) 气压模式和台风参数

台风是热带气旋性低压。台风内部结构复杂，气压场、风场随台风生成、发育、运移和消亡过程不断变化。用来描述台风气压场分布的模型常用的有高桥、梅尔斯、藤田、捷氏等。

$$\text{高桥: } p(r) = p_{\infty} - \frac{\Delta p}{1 + r/R_0} \quad (8.8)$$

$$\text{梅尔斯: } p(r) = p_{\infty} - \left(1 - e^{-\frac{R_0}{r}}\right) \Delta p \quad (8.9)$$

$$\text{藤田: } p(r) = p_{\infty} - \frac{\Delta p}{\sqrt{1 + (r/R_0)^2}} \quad (8.10)$$

$$\text{捷氏: } p(r) = p_0 + \frac{1}{4} \Delta p \left(\frac{r}{R_0}\right)^3 \quad r \leq R_0 \quad (8.11)$$

$$p(r) = p_{\infty} - \frac{3}{4} \frac{\Delta p}{r/R_0} \quad r > R_0$$

以上各式中， $\Delta p = p_{\infty} - p_0$ ， p_{∞} 是台风外围气压， p_0 是台风中心气压， r 是计算点至台风中心的距离， R_0 为表征台风范围的台风参数。

以上这些气压分布模式，都假定气压的等压线呈同心圆分布，并用 R_0 表征台风的范围。不同的公式中 R_0 是不同的，而且对同一次台风，随台风中心的移动、气压场结构的变化， R_0 也不断变化。

从台风中心向外，气压逐渐增加。对高桥、梅尔斯、藤田、捷氏等四种模型， R_0 分别代表自中心向外，气压增加至 $0.5\Delta p$ 、 $0.368\Delta p$ 、 $0.293\Delta p$ 、和 $0.25\Delta p$ 的距离。

一般地说，高桥 $R_0 >$ 梅尔斯 $R_0 >$ 藤田 $R_0 >$ 捷氏 R_0 。确定 R_0 的方法，一种是从天气图上量估六级大风的半径，这样给出的 R_0 不能适用于不同的气压模式。另一种方法，是由各地气压实测资料反推 R_0 。由于实际气压场分布的非对称性，根据不同地点的气压实测值反推出的 R_0 往往相差很大，因

此，选用它们的平均值。还有一种方法，即根据“非线性模型中参数确定”的迭代法，简便快速地由大量实测资料推求出 R_0 。

(2) 台风风场的计算

台风区域内每一点的风速由两部分组成，一是与台风中心移动速度有关的风速；二是与台风气压梯度有关的对称梯度风速。

设台风中心的移速为 V ，假设离中心 500km 处由台风中心移动引起的风速衰减为 $\exp(-\pi)$ ，则各网格点与台风中心移动有关风速取为：

$$F = C_1 \cdot V \cdot \exp\left(-\frac{\pi \cdot r}{500}\right) \quad (8.12)$$

系数 C_1 一般取 4/7~6/7。对于 R_0 大的台风， C_1 取 4/7；对 R_0 小的台风， C_1 取 6/7。

与台风气压有关的梯度风速可由单位空气质点绕台风做圆周运动的离心力、压强梯度力、柯氏力的平衡求出，即：

$$\frac{U_{gr}^2}{r} + 2\omega \sin \varphi \cdot U_{gr} - \rho_a \omega \frac{dp}{dx} = 0 \quad (8.13)$$

求解上面的二次方程，得梯度风速为：

$$U_{gr} = r \cdot \omega \cdot \left(\sqrt{\sin^2 \varphi + \frac{1}{\rho_a r \omega^2 \frac{dp}{dr}}} - \sin \varphi \right) \quad (8.14)$$

式中， ω 是地转角速度， r 为等压线曲率半径， φ 是地理纬度， ρ_a 为空气密度。考虑到摩擦影响，梯度风的方向由等压线的切线方向向台风中心一侧左偏 $20^\circ \sim 30^\circ$ 。

对于气压场取捷氏台风模型，风场由下列公式计算：

当 $0 < r \leq R_0$

$$W_x = V_x \cdot \frac{r}{R_0+r} - W_R \left(\frac{r}{R_0}\right)^{3/2} \cdot \frac{1}{r} (0.342x + 0.940y) \quad (8.15)$$

$$W_y = V_y \cdot \frac{r}{R_0+r} + W_R \left(\frac{r}{R_0}\right)^{3/2} \cdot \frac{1}{r} (0.940x - 0.342y) \quad (8.16)$$

当 $r > R_0$

$$W_x = V_x \cdot \frac{R_0}{R_0+r} - W_R \left(\frac{R_0}{r}\right)^{1/2} \cdot \frac{1}{r} (0.342x + 0.940y) \quad (8.17)$$

$$W_y = V_y \cdot \frac{R_0}{R_0+r} + W_R \left(\frac{R_0}{r}\right)^{1/2} \cdot \frac{1}{r} (0.342x - 0.940y) \quad (8.18)$$

这里， R_0 为最大风速半径； W_R 为最大风速。参照高桥等模型关于移动风场系数 C_1 、对称风场系数 C_2 的做法，令：

$$C_1 = \frac{r}{R_0+r}, C_2 = \left(\frac{r}{R_0}\right)^{3/2} \quad (0 < r \leq R_0) \quad (8.19)$$

$$C_1 = \frac{R_0}{R_0+r}, C_2 = \left(\frac{R_0}{r}\right)^{1/2} \quad (r > R_0) \quad (8.20)$$

以相对距离 r/R_0 为横轴，图 8.2-1 给出风场移速系数 C_1 、梯度风速系数 C_2 随距台风中心相对距离 (r/R_0) 的变化曲线。图中横轴坐标表示 r/R_0 分别取为 0.0、0.1、0.2、0.3 … 1.0、2.0、3.0、3.9 时 $(10 * \frac{r}{R_0} + 1)$ 的值。图 8.2-1 显示，捷氏台风模型的风场分布特点为：在台风中心处，风速为零；在最大风速半径以内，风速随距中心距离风速急剧增加；过了最大风速半径，风速逐渐减小。

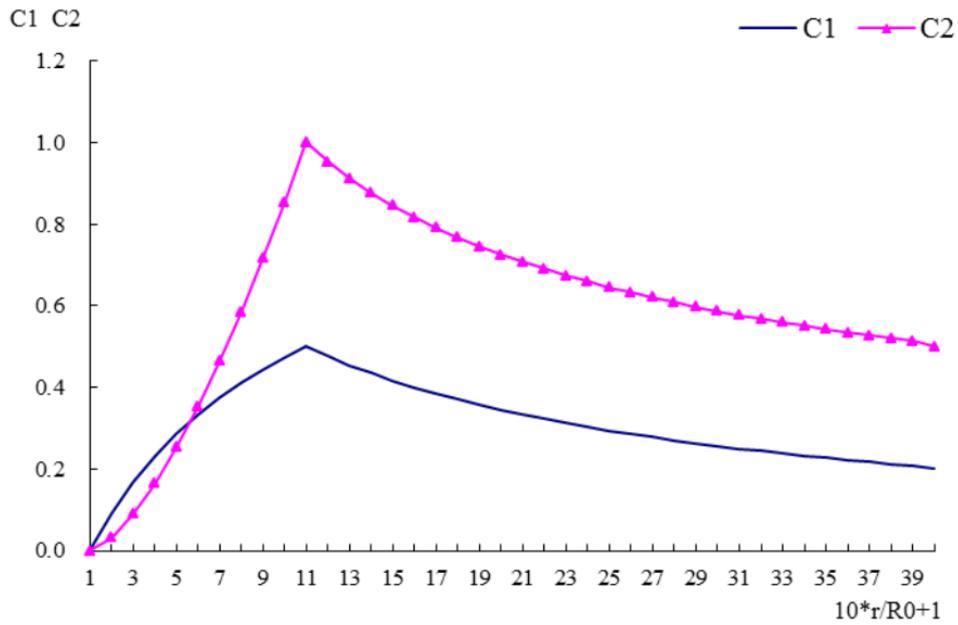


图 8.2-1 捷氏风场模型系数 C_1 、 C_2 随台风中心相对距离(r/R_0)变化曲线
(C_1 :风场移速系数; C_2 :梯度风速系数; R_0 :最大风速半径)

(3) 台风气压模型检验

收集 9903、9810、9710、9509、9318、9315、9302、9205、9111、9107、9106、9009、8905、8902、8817、8805、8621、8616、8607、8515、8504、8309、8304、8303、8116、8009、8007 和 7908 等 28 场台风进行台风气压模式的检验。利用的气压资料有福建、广东、海南、香港、台湾、西沙以及菲律宾等国家和地区的 44 个测站。使用各地气象资料，用迭代方法计算了高桥、梅尔斯、捷氏、藤田等四种台风气压模式的台风参数。以上测站的气压资料中，有的未将气压订正到海面，因此，对气压资料根据测站的海拔高度 H ，由下式订正到海面：

$$P_{\text{海面}} = P(H) * 10^{\frac{0.014837H}{273 + \frac{H}{400} + 30}} \quad (8.21)$$

图 8.2-2~图 8.2-7 给出台风 9903、9710、9509、9111、8515 和 8007 等 6 场台风、用四个模式计算的气压分布，并与实测值进行了比较。图中横坐标表示距台风中心的距离 (km)，纵坐标为气压值。与此同时，图中注明了由迭代法计算出的各风场模式台风参数及其均方差 (SGM)，其中 MYERS 代表梅尔思模式，JLSNSKI 代表捷氏模式。有时测站离台风中心距离太远，计算程序对距离大于 1000km 的数据自动剔除。28 场台风实测资料的模拟计算结果显示：多数情况以高桥和捷氏模式与实测吻合得好些，均方差较小。有几次台风由于测站距台风中心较远，几种模式的结果差别不很显著，但从均方差来看，多数仍以高桥和捷氏模式的均方差为最小。

对 28 场强台风四种模式的 R_0 和均方差进行计算，并进一步对各次台风 R_0 的均方差再作平均处理，结果列于表 8.2-1。28 场台风检验的结果表明：各气压模式的误差很相近，9810、8515 等 4 场台风以捷氏模式略好些；9903、9315 等 12 场台风以高桥模式最优，9509、8504 等 2 场台风以梅尔思模式略好；9710、9318 等 10 场台风以藤田模式略好些。总体来说，针对该海区的 28 次台风过程，各种模式计算结果相差不大，历次台风参数 R_0 的平均均方差以高桥模式最小 (1.79hPa)，梅尔思模式和藤田模式的次之 (1.82、1.87hPa)，捷氏模式平均计算误差略大 (1.90hPa)；但 28 场台风过程检验中，高桥模式计算得到的台风参数 R_0 与实测资料比较，误差最小次数为 12 次，捷氏模式有 4 次，另有 9 次 R_0 均方差为次优，因此，高桥模式或捷氏模式都可以用来模拟实际台风过程。考虑到捷氏模型风场计算采用最大风速，在气象部门的台风路径预报中有最大风速信息可以直接引用，因此，采用三灶站风暴潮增水模型进行台风增水计算验证及实时预报时，均采用捷氏模式台风气压场。

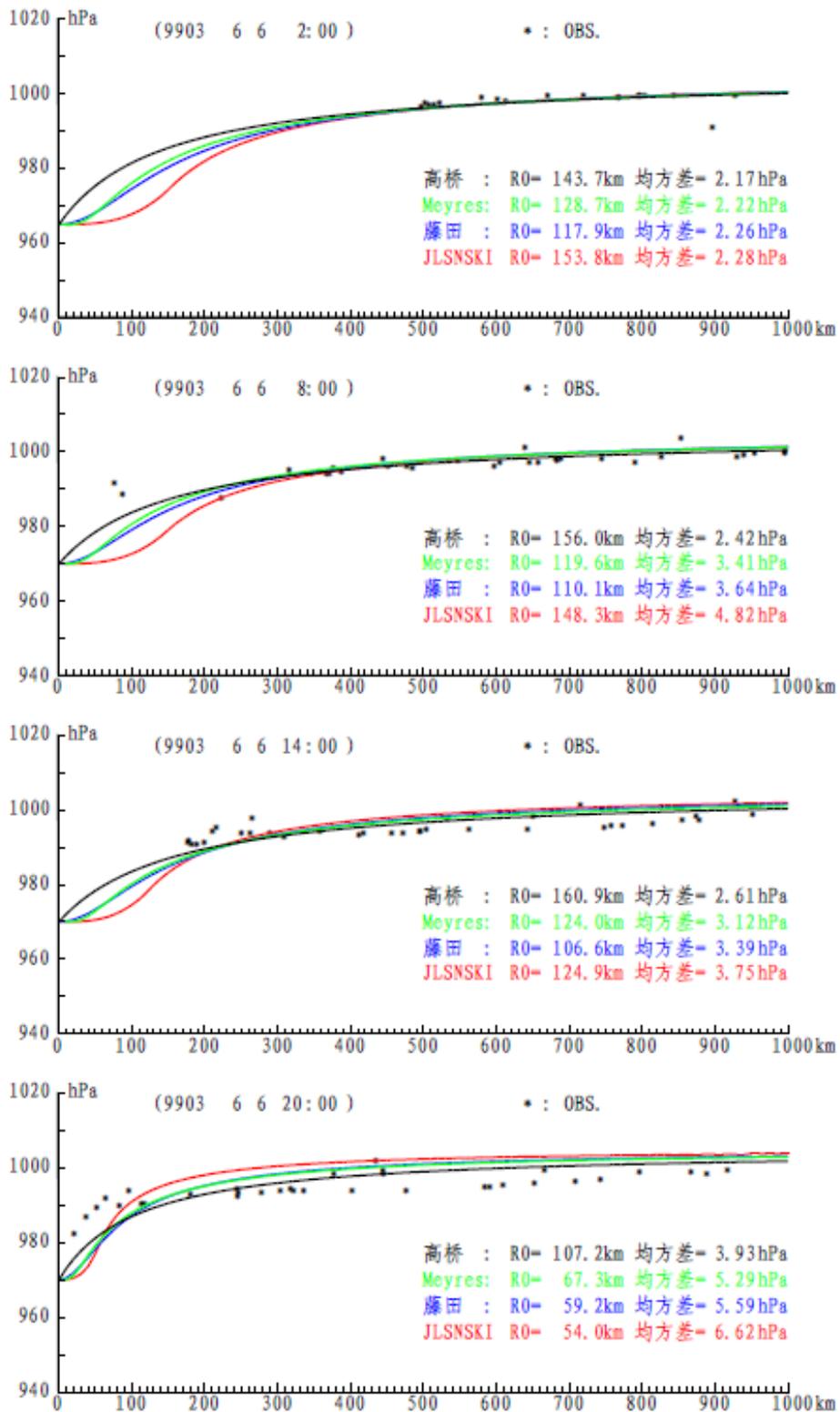


图 8.2-2 9903 台风四种气压模式气压分布

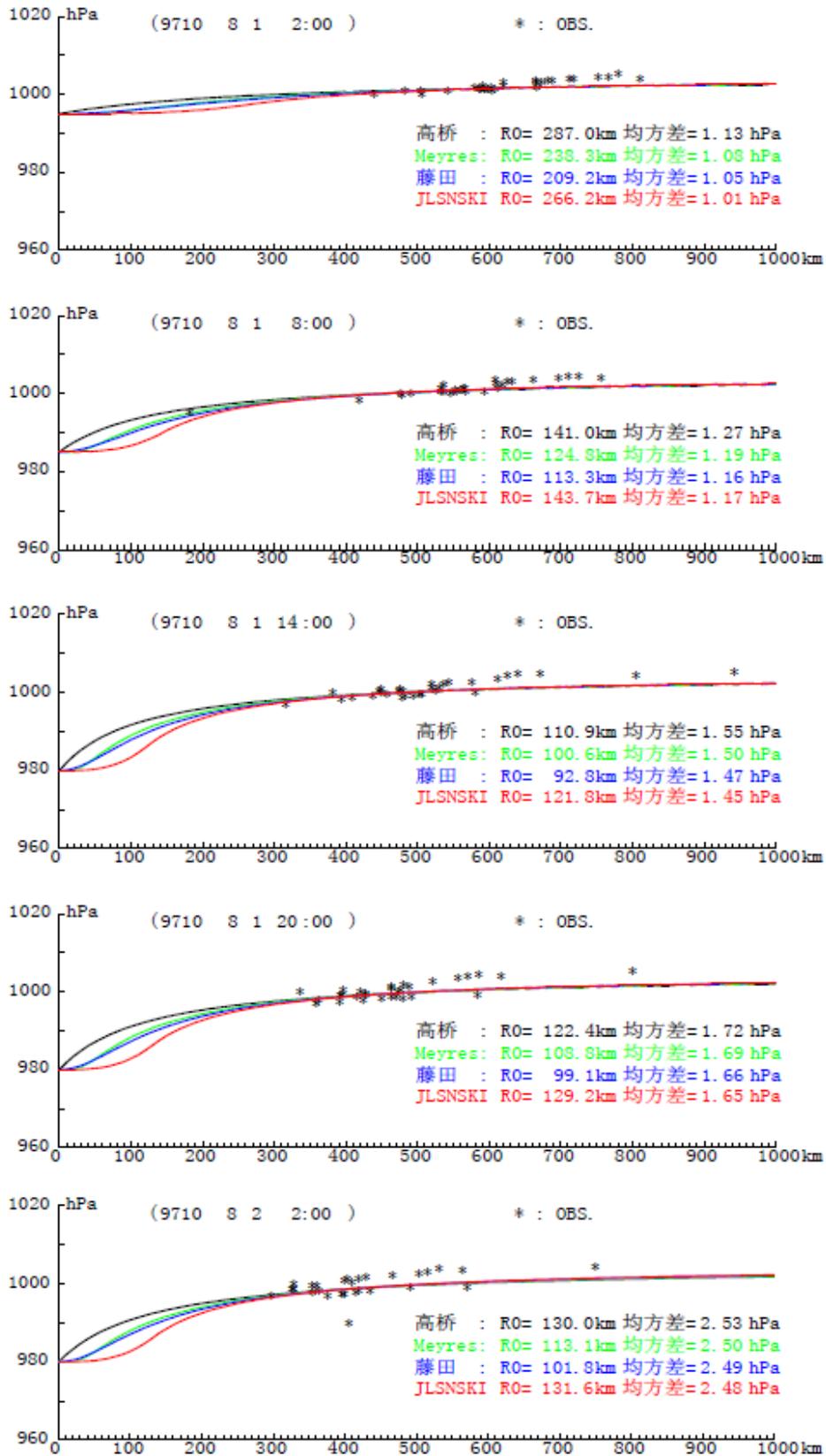


图 8.2-3 9710 台风四种气压模式气压分布

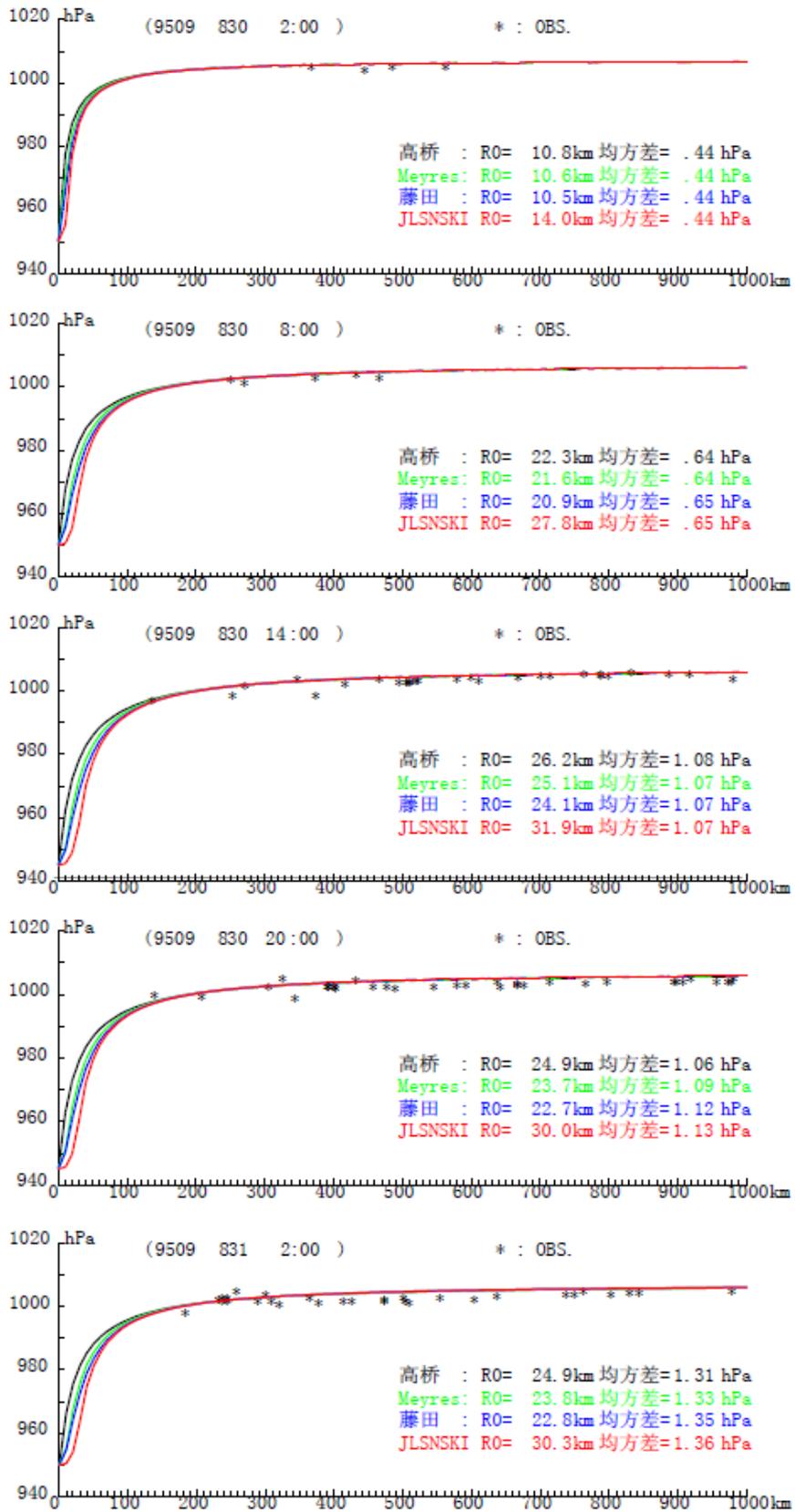


图 8.2-4 9509 台风四种气压模式气压分布

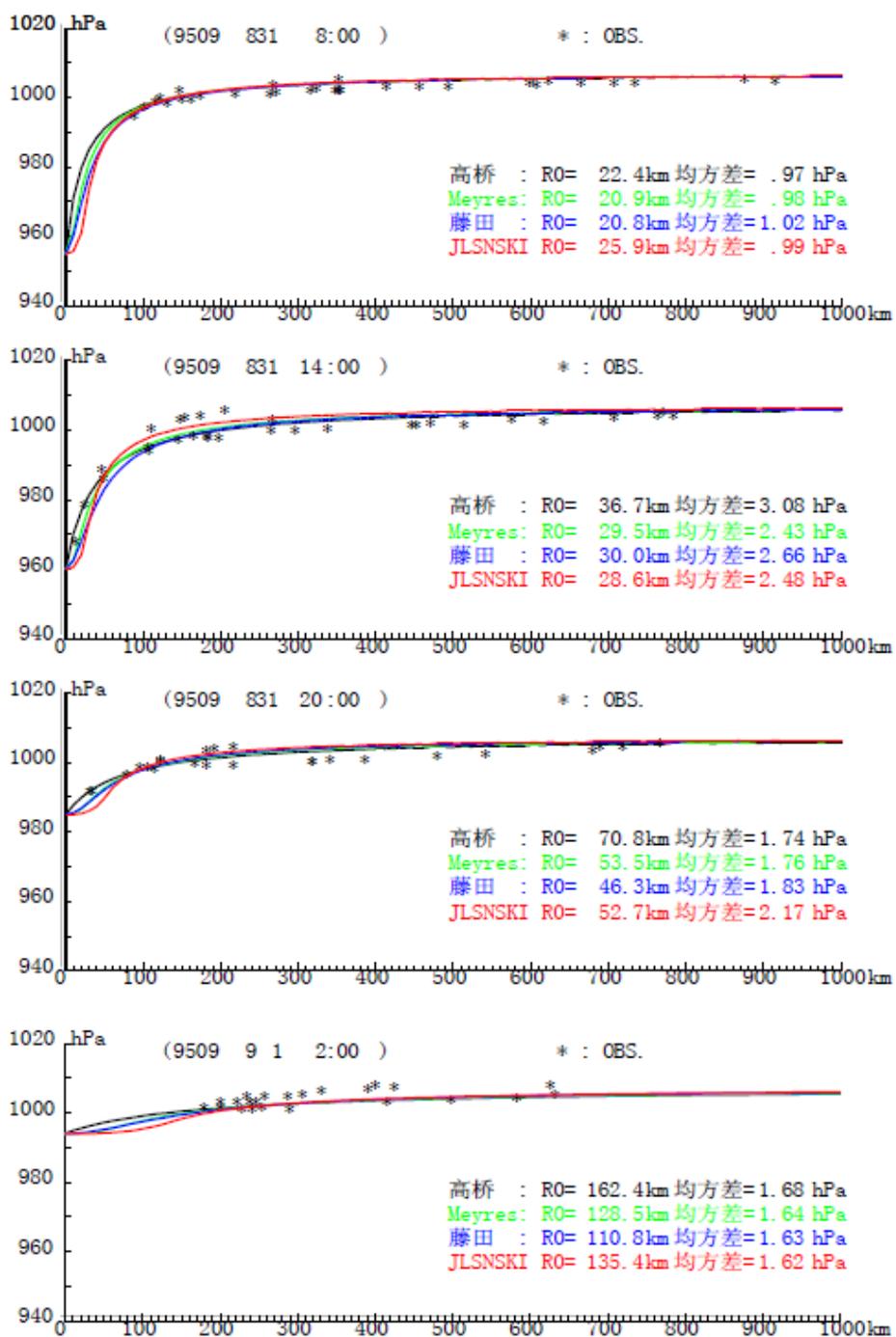


图 8.2-4 (续) 9509 台风四种气压模式气压分布

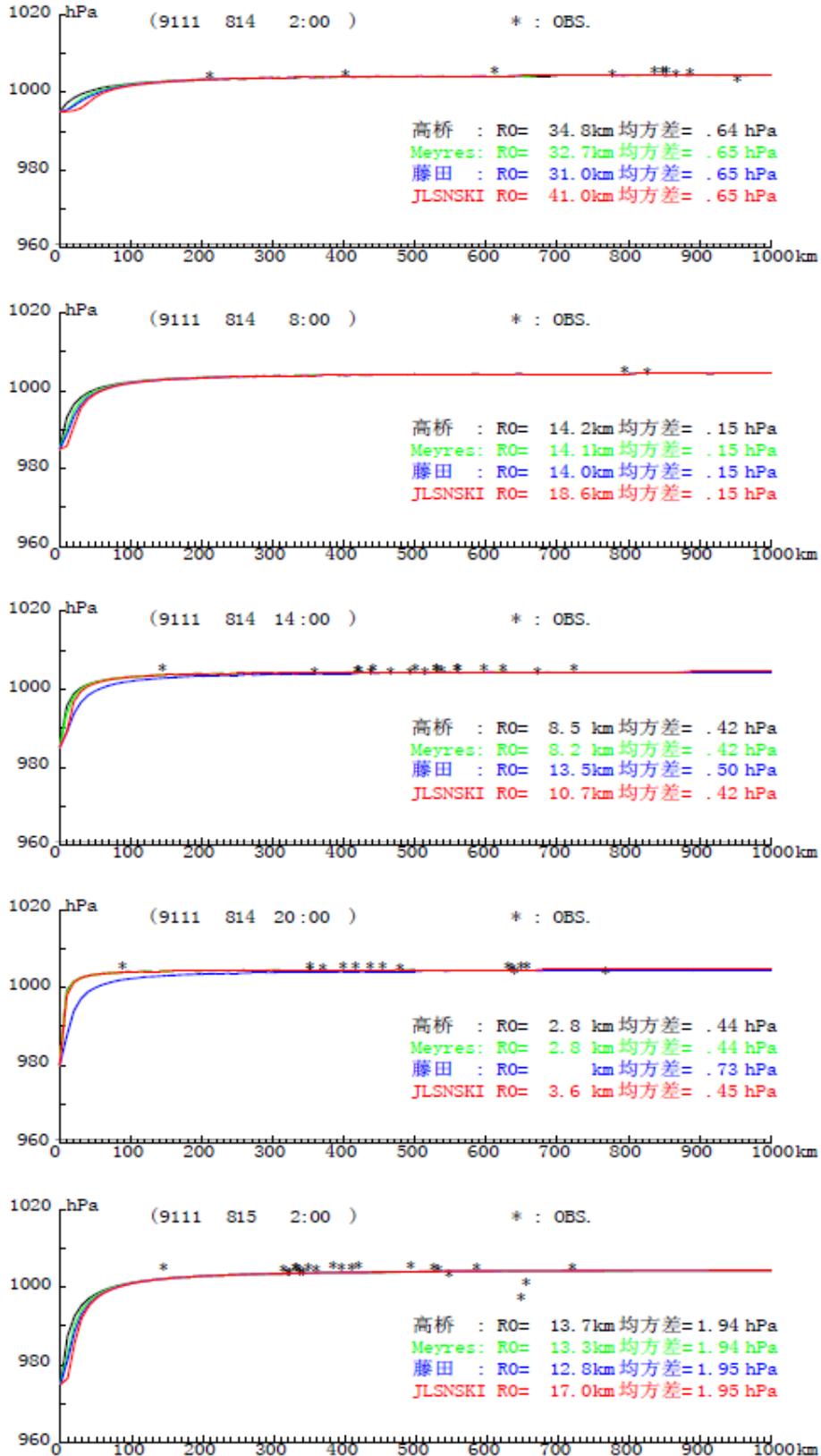


图 8.2-5 9111 台风四种气压模式气压分布

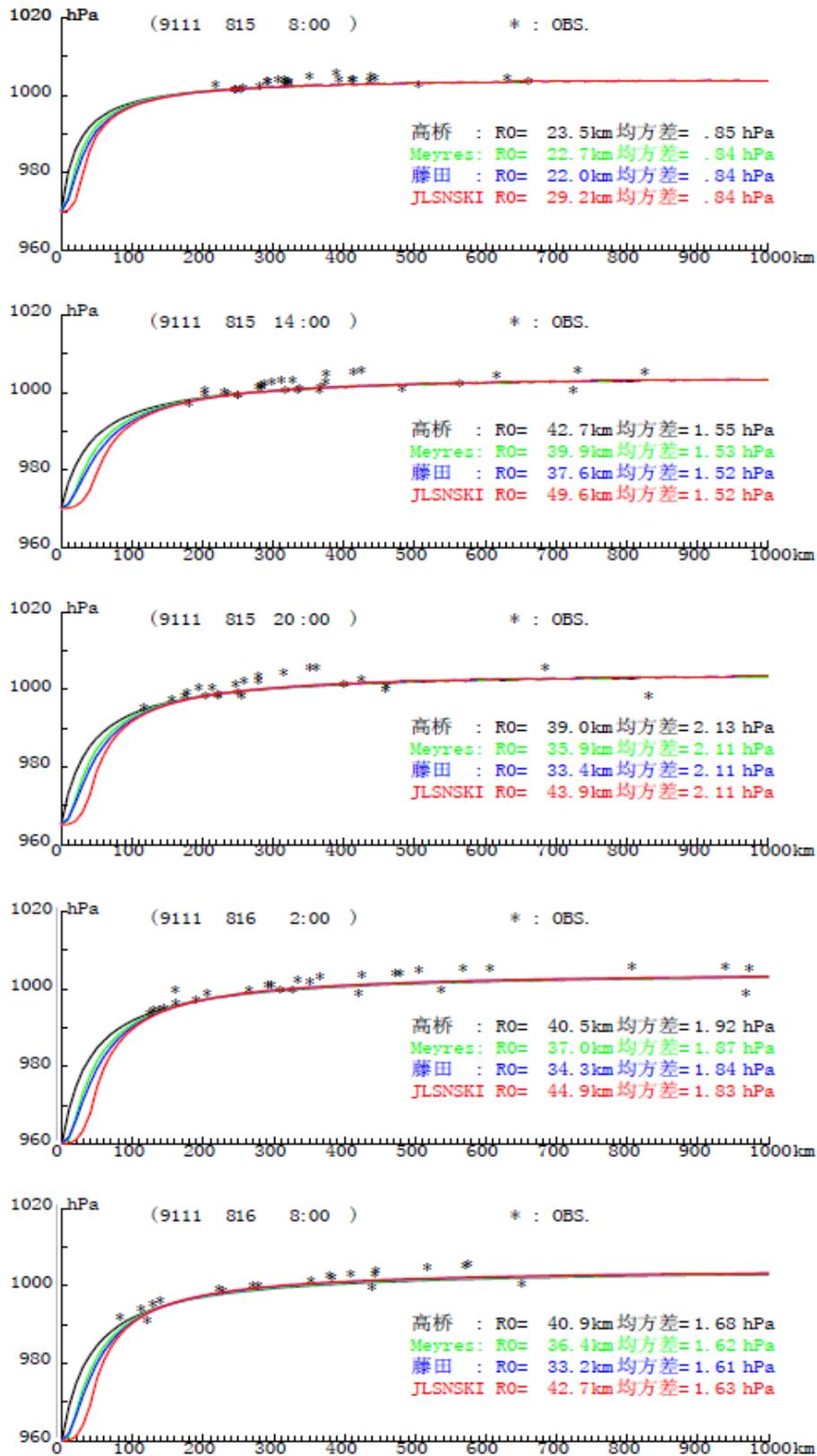


图 8.2-5 (续) 9111 台风四种气压模式气压分布

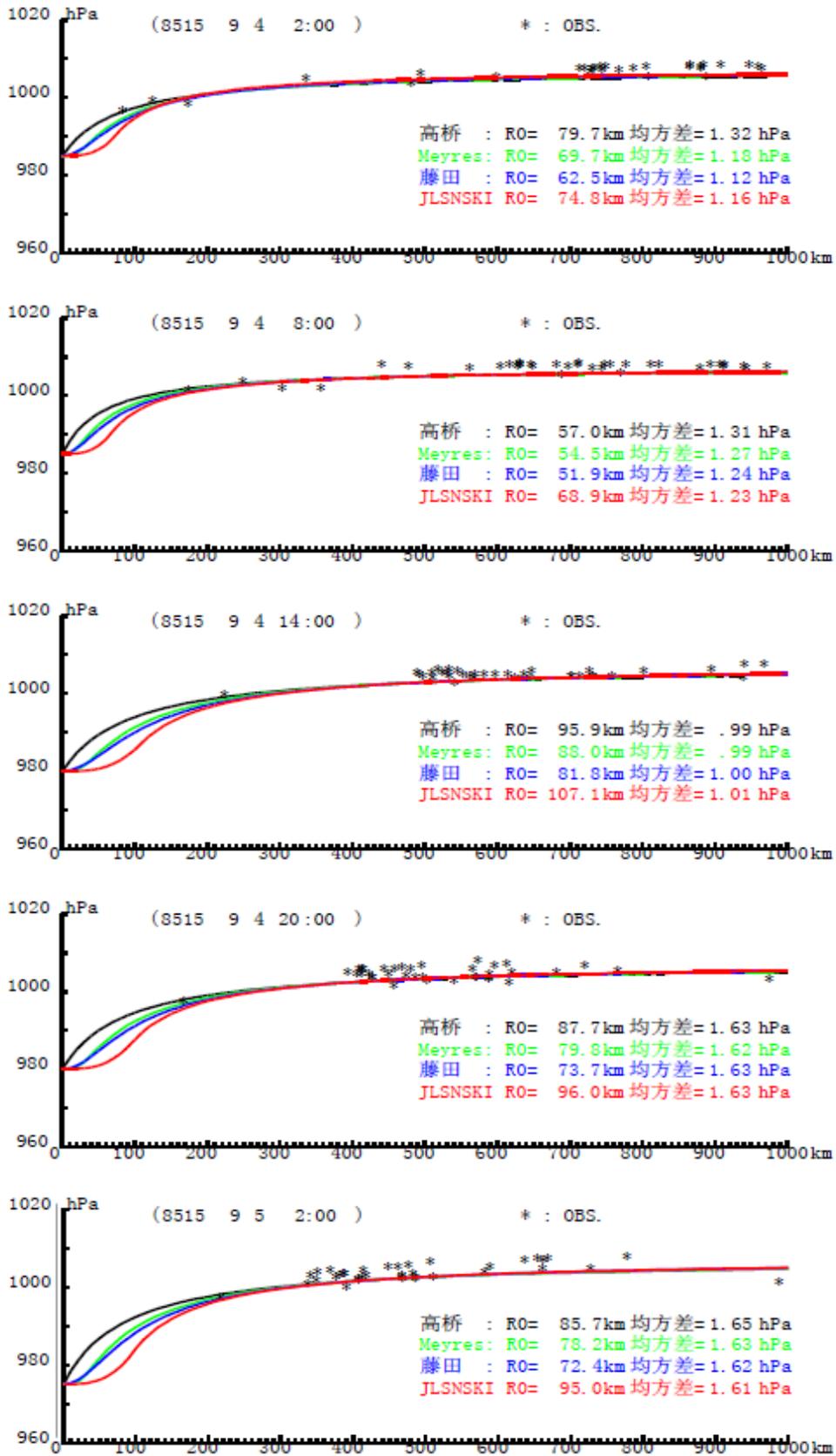


图 8.2-6 8515 台风四种气压模式气压分布

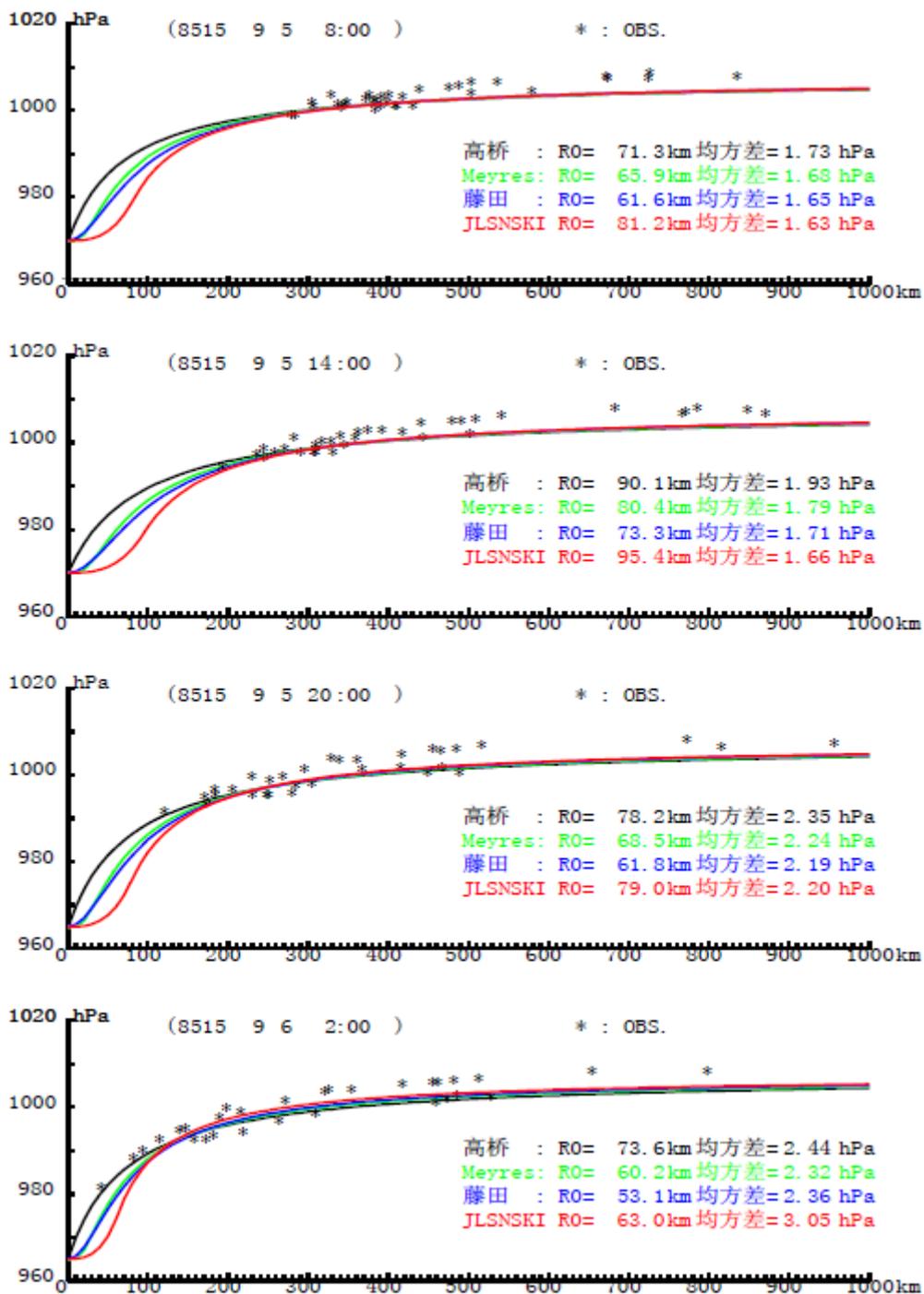


图 8.2-6 (续) 8515 台风四种气压模式气压分布

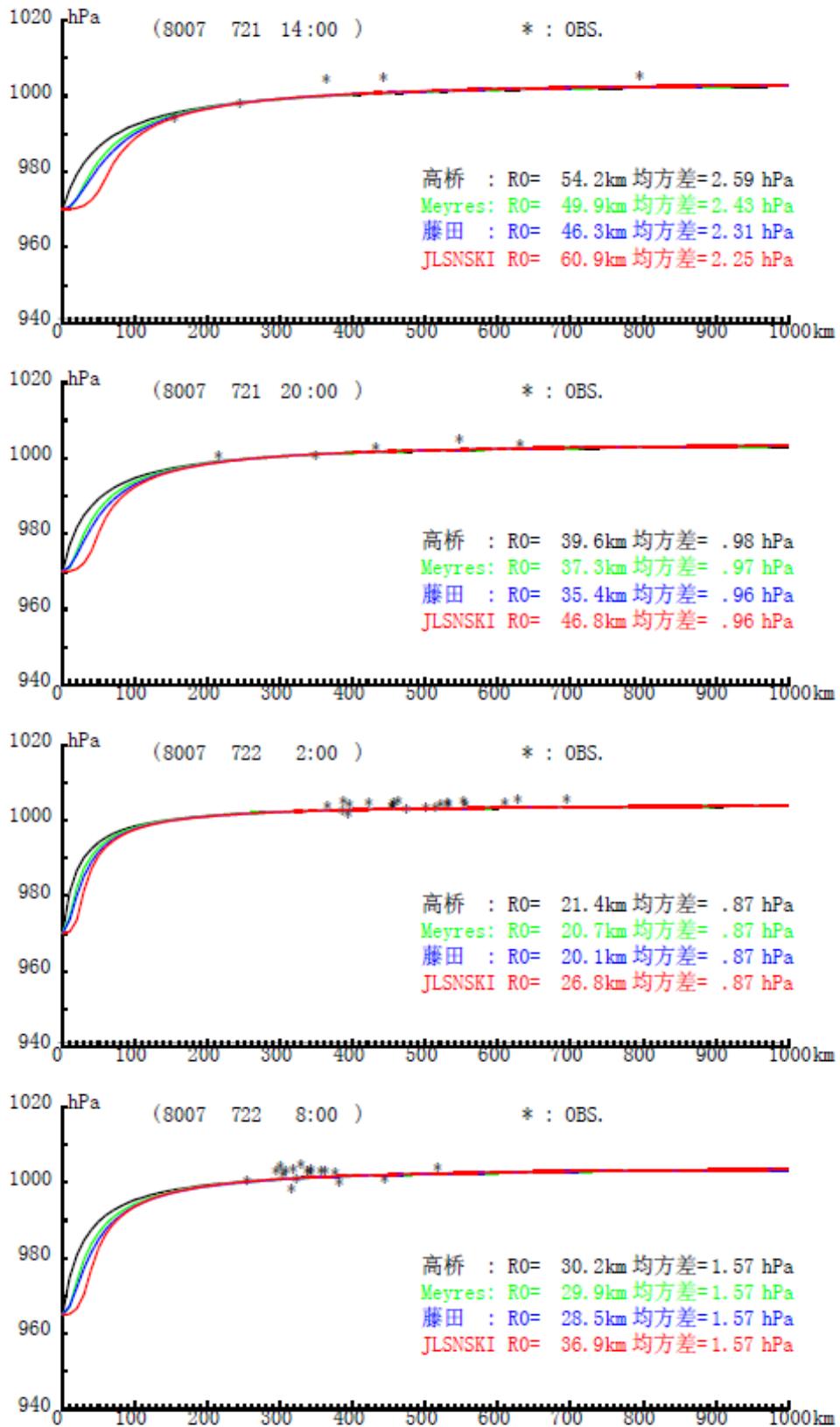


图 8.2-7 8007 台风四种气压模式气压分布

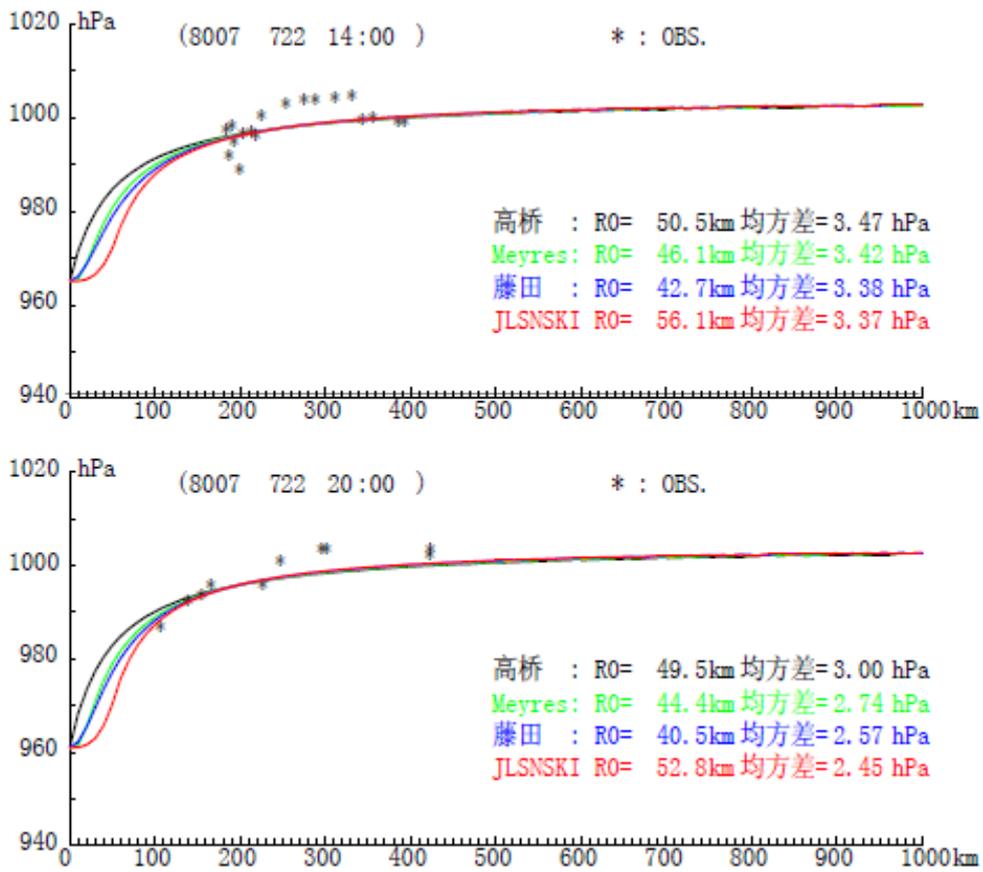


图 8.2-7 (续) 8007 台风四种气压模式气压分布

表 8.2-1 广东沿海各场重要台风四种气压模型 R₀ 计算均方差平均

| 序号 | 台风编号 | 高桥 | 梅尔斯 | 藤田 | 捷氏 | 最优 |
|----|------|------|------|------|------|-----|
| 1 | 9903 | 2.98 | 3.79 | 4.75 | 3.99 | 高桥 |
| 2 | 9810 | 1.61 | 1.48 | 1.48 | 1.45 | 捷氏 |
| 3 | 9710 | 1.64 | 1.59 | 1.55 | 1.57 | 捷藤田 |
| 4 | 9509 | 1.33 | 1.26 | 1.32 | 1.31 | 梅尔斯 |
| 5 | 9318 | 0.66 | 0.62 | 0.60 | 0.63 | 藤田 |
| 6 | 9315 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.44 | 高桥 |
| 7 | 9302 | 2.46 | 2.80 | 3.39 | 2.98 | 高桥 |
| 8 | 9205 | 1.66 | 1.35 | 1.34 | 1.94 | 藤田 |
| 9 | 9111 | 1.17 | 1.16 | 1.16 | 1.19 | 藤田 |

续表 8.2-1

| 序号 | 台风编号 | 高桥 | 梅尔斯 | 藤田 | 捷氏 | 最优 |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 10 | 9107 | 3.14 | 3.39 | 3.69 | 3.53 | 高桥 |
| 11 | 9106 | 1.94 | 1.88 | 1.81 | 1.86 | 藤田 |
| 12 | 9009 | 1.61 | 1.67 | 1.75 | 1.72 | 高桥 |
| 13 | 8905 | 2.66 | 2.56 | 2.41 | 2.50 | 藤田 |
| 14 | 8902 | 1.77 | 1.80 | 1.86 | 1.81 | 高桥 |
| 15 | 8817 | 1.76 | 1.78 | 1.83 | 1.80 | 高桥 |
| 16 | 8805 | 1.51 | 1.51 | 1.53 | 1.53 | 高桥 |
| 17 | 8621 | 1.96 | 2.07 | 2.21 | 2.14 | 高桥 |
| 18 | 8616 | 0.78 | 0.78 | 0.76 | 0.80 | 藤田 |
| 19 | 8607 | 2.27 | 2.34 | 2.60 | 2.39 | 高桥 |
| 20 | 8515 | 1.71 | 1.64 | 1.69 | 1.61 | 捷氏 |
| 21 | 8504 | 2.33 | 2.29 | 2.38 | 2.32 | 梅尔斯 |
| 22 | 8309 | 1.02 | 1.00 | 0.98 | 1.06 | 藤田 |
| 23 | 8304 | 1.41 | 1.49 | 1.59 | 1.77 | 高桥 |
| 24 | 8303 | 1.82 | 1.66 | 1.58 | 1.58 | 捷氏 |
| 25 | 8116 | 1.57 | 1.50 | 1.46 | 1.46 | 捷氏 |
| 26 | 8009 | 1.59 | 1.40 | 1.19 | 1.32 | 藤田 |
| 27 | 8007 | 2.08 | 2.00 | 1.91 | 1.94 | 藤田 |
| 28 | 7908 | 3.28 | 3.69 | 4.09 | 3.83 | 高桥 |
| 合计 | | 50.15 | 50.95 | 52.48 | 53.32 | |
| 平均均方差 | | 1.79 | 1.82 | 1.87 | 1.90 | |
| 最优（次） | | 12 | 2 | 10 | 4 | |

8.2.1.4 风暴潮数学模型验证计算

(1) 典型台风的选取

近 50 年来影响三灶站水域的台风中，按台风造成的三灶站增水值由大到小依次排序，考虑对三灶站高水位的形成是否相关以及成灾严重程度，选择了 20 场典型台风，用于对适于三灶站的风暴潮增水数学模型进行率定和检验。这 20 场典型台风期间极值增水列于表 8.2-2 中。0915、0814、0307、9615 等 11 场典型台风期间，三灶站出现年极值水位。如 0814 台风期间三灶站最大增水 2.37m，最高水位达 3.23m，为当年的最高水位，也是三灶站超 200 年一遇水位。另外 9 场台风中有 5 场台风期间造成三灶站最大增水超过 1.0m。

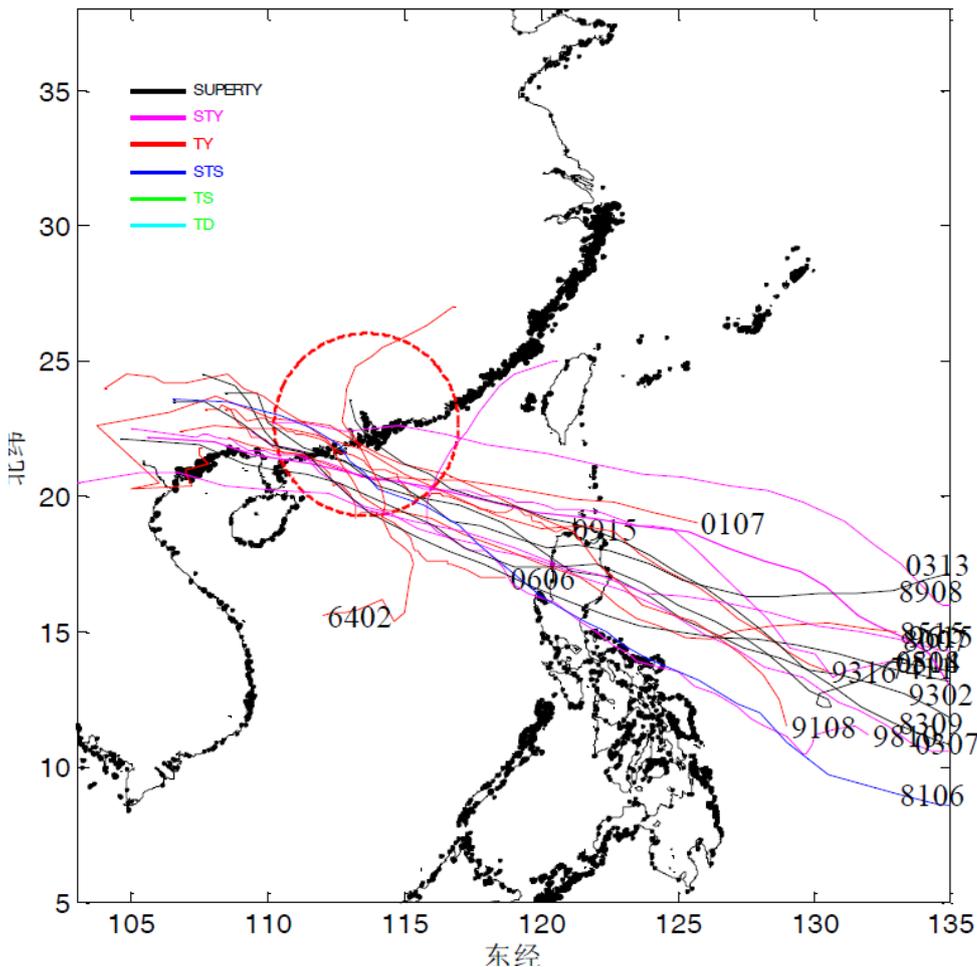


图 8.2-8 典型台风路径

图 8.2-8 为典型台风路径示意。图中显示，除 9810、6402 等 2 场台风外，其余台风均为自南向西偏北方向行进，活动范围介于 $10^{\circ} \sim 22^{\circ} \text{N}$ 之间。

表 8.2-2 典型台风期间极值增水

| 序号 | 台风编号 | 三灶站最大增水(m) | 发生时间 |
|----|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 0915 | 1.83 | 2009年9月15日 |
| 2 | 0814 | 2.37 | 2008年9月24日 |
| 3 | 0606 | 1.05 | 2006年8月3日 |
| 4 | 0313 | 0.58 | 2003年9月3日 |
| 5 | 0307 | 2.08 | 2003年7月24日 |
| 6 | 0107 | 0.47 | 2001年7月26日 |
| 7 | 9810 | 0.42 | 1998年10月25日 |
| 8 | 9615 | 1.46 | 1996年9月9日 |
| 9 | 9316 | 1.72 | 1993年9月17日 |
| 10 | 9302 | 1.89 | 1993年6月25日 |
| 11 | 9108 | 1.07 | 1991年7月24日 |
| 12 | 8908 | 1.43 | 1989年7月18日 |
| 13 | 8515 | 0.91 | 1985年9月6日 |
| 14 | 8309 | 0.25 | 1983年9月9日 |
| 15 | 8106 | 0.38 | 1981年7月6日 |
| 16 | 8007 | 0.50 | 1980年7月21日 |
| 17 | 7411 | 0.72 | 1974年7月22日 |
| 18 | 6508 | 0.86 | 1965年7月15日 |
| 19 | 6402 | 0.24 | 1964年5月28日 |
| 20 | 6307 | 0.57 | 1963年7月22日 |

(2) 风暴潮数学模型验证

基于典型台风信息，进行台风风暴潮模型验证计算。验证结果见台风期间横门站、三灶站潮位过程线，代表时刻台风增水分布图，以及横门站、三灶站潮位验证精度统计。

① 0915 台风“巨爵”

台风“巨爵”于2009年9月13日凌晨在菲律宾北部海面生成，15日7时在广东台山登陆，登陆时中心附近风力达12级（35m/s）。台风路径见图8.2-9。台风期间，珠江口附近海面出现80~160cm风暴潮增水，三灶站风暴增水达174cm。图8.2-10为0915台风登陆前后连续三天，横门站、三灶站的潮位过程线，图中红色“*”为实测潮位、蓝色线为预报天文潮位、绿色线为数值计算台风增水、黑色线为计算综合潮位（下文简称“综合潮位”），即预报天文潮位与计算台风增水之和。由图可见，两站的计算综合潮位与实测潮位过程非常接近，其中三灶站实测最高潮位为2.78m，计算综合潮位2.69m。两站的最大增水均发生在台风即将登陆时，图8.2-11为此次台风登陆特定时刻广东近海水域台风增水分布图。

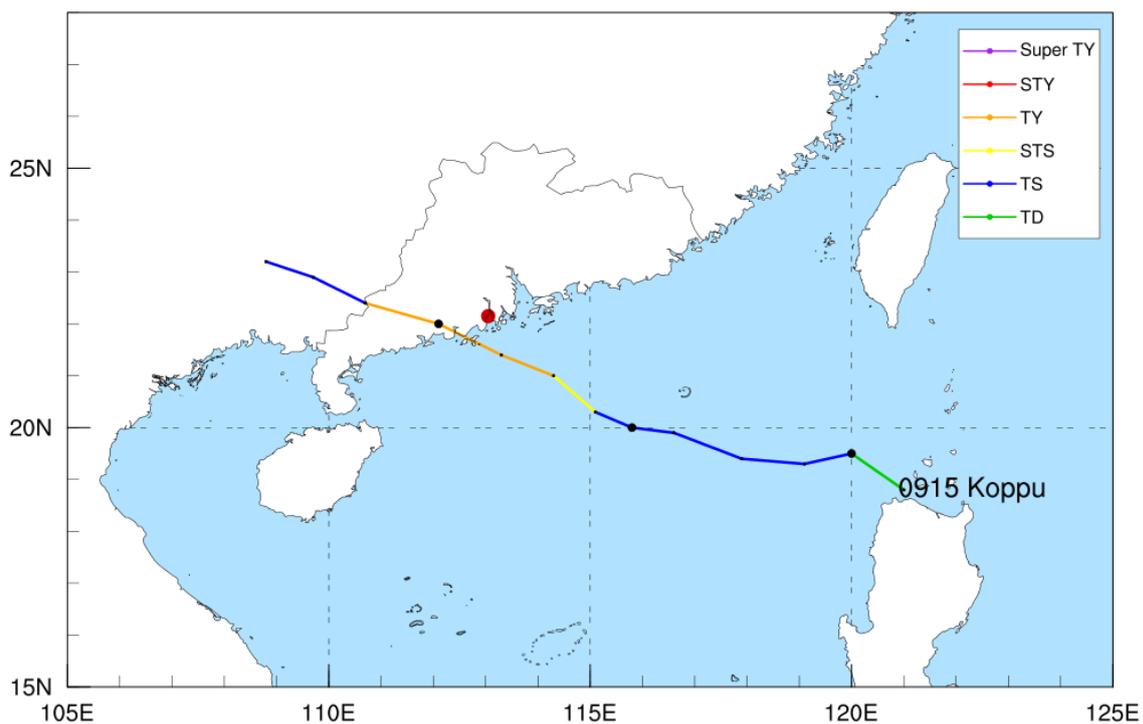


图 8.2-9 0915 台风“巨爵”路径

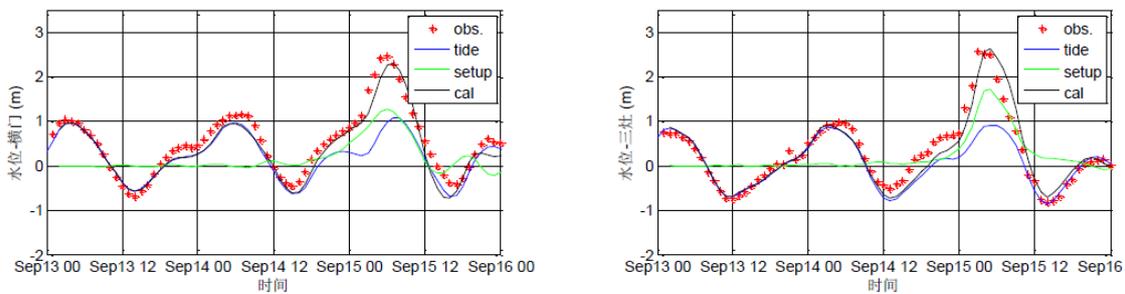


图 8.2-10 0915 台风“巨爵”期间潮位过程线

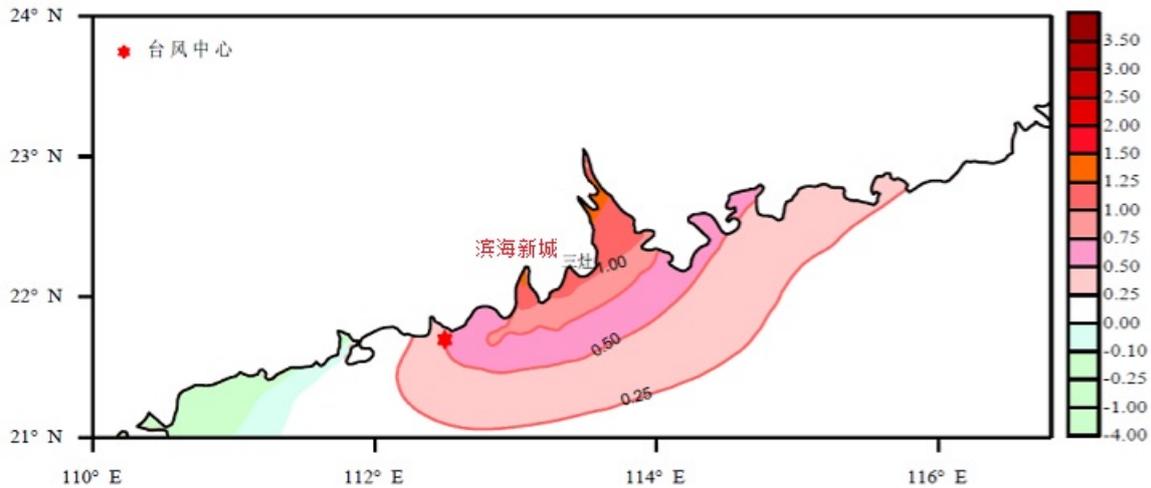


图 8.2-11 0915 台风增水分布图

② 0814 强台风“黑格比”

2008年9月24日6时45分，强台风0814“黑格比”在茂名市电白县陈村镇沿海地区登陆，登陆时台风中心最低气压940hPa，中心附近最大风速50m/s，风速极值达65m/s，台风路径见图8.2-12。据资料记录，0814台风导致珠江口水域部分潮位站的潮位超过或接近历史最高潮位，横门、灯笼山、官冲、北津、赤湾、黄埔和南沙站潮位达到或超过百年一遇设计水位。

图8.2-13为横门站及三灶站潮位过程曲线，横门站综合潮位与实测过程非常吻合，相位也很一致，三灶站实测潮位3.23m，计算综合潮位2.61m，绝对误差0.62m。两站计算增水均超过1.5m。图8.2-14为2008年9月24日4时台风增水分布图，此时珠江口外台风增水均超过1.5m。

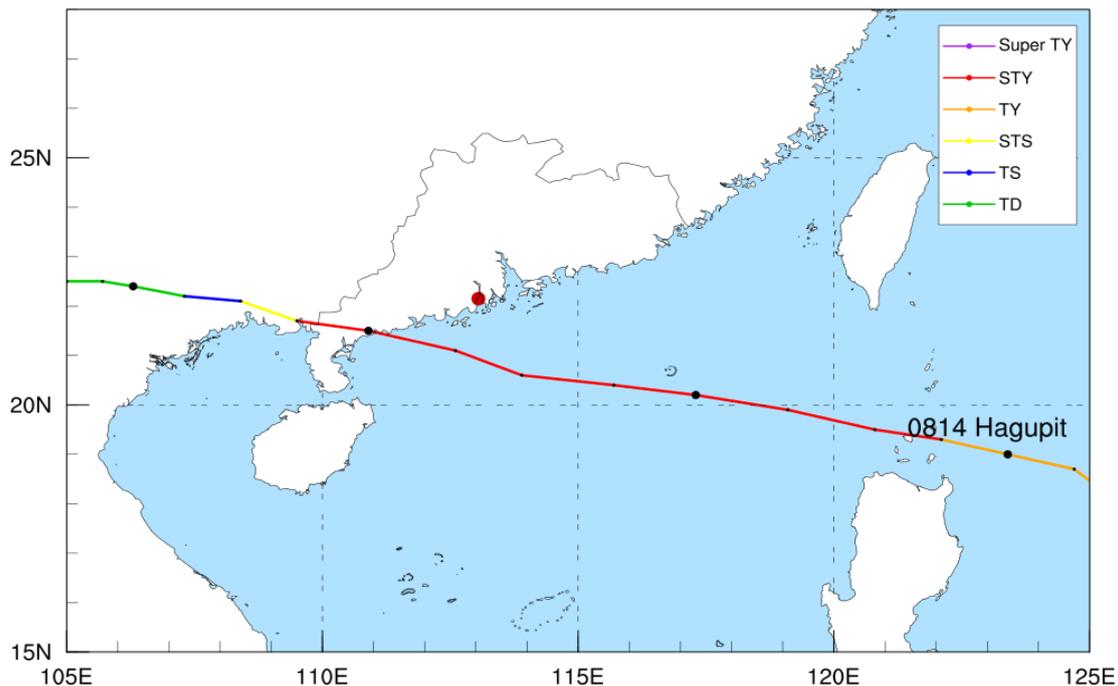


图 8.2-12 0814 台风“黑格比”路径

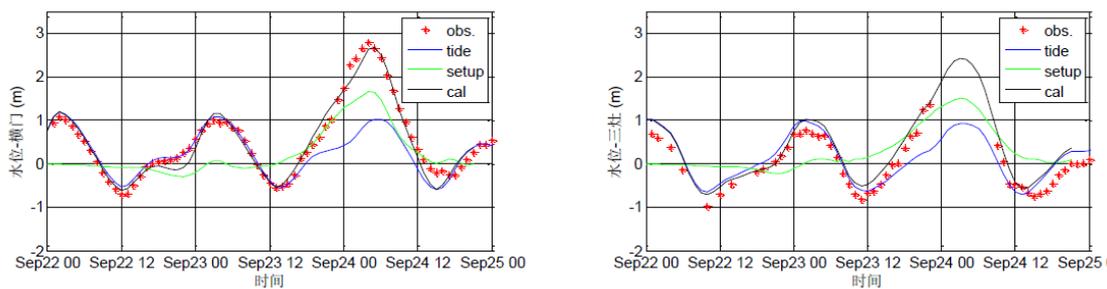


图 8.2-13 0814 台风“黑格比”期间潮位过程线

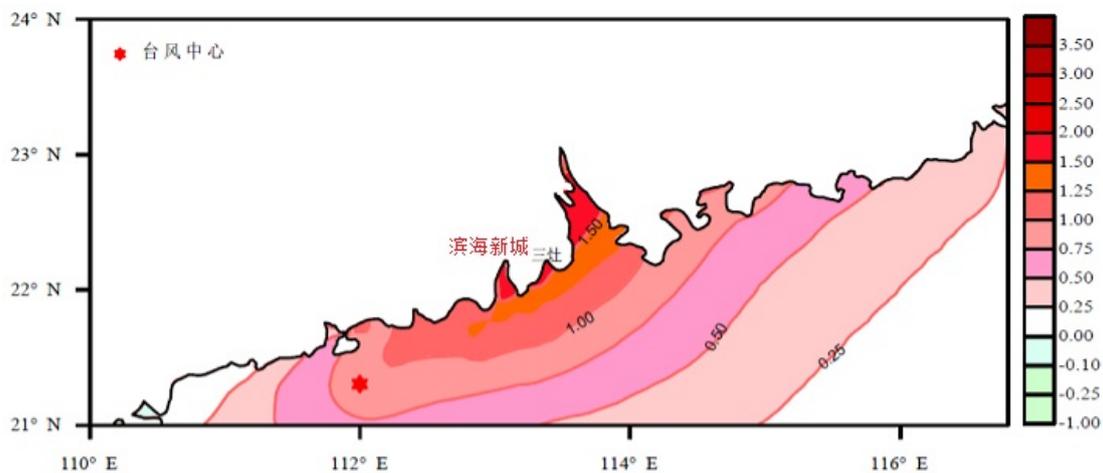


图 8.2-14 0814 台风增水分布图

③ 0606 台风“派比安”

0606 台风“派比安”于北京时间 2006 年 8 月 1 日 8 时生成，8 月 3 日登陆广东阳江，登陆时中心气压 975hPa，最大风速 33m/s，台风路径见图 8.2-15。期间最大风速 35m/s，最低气压 970hPa。

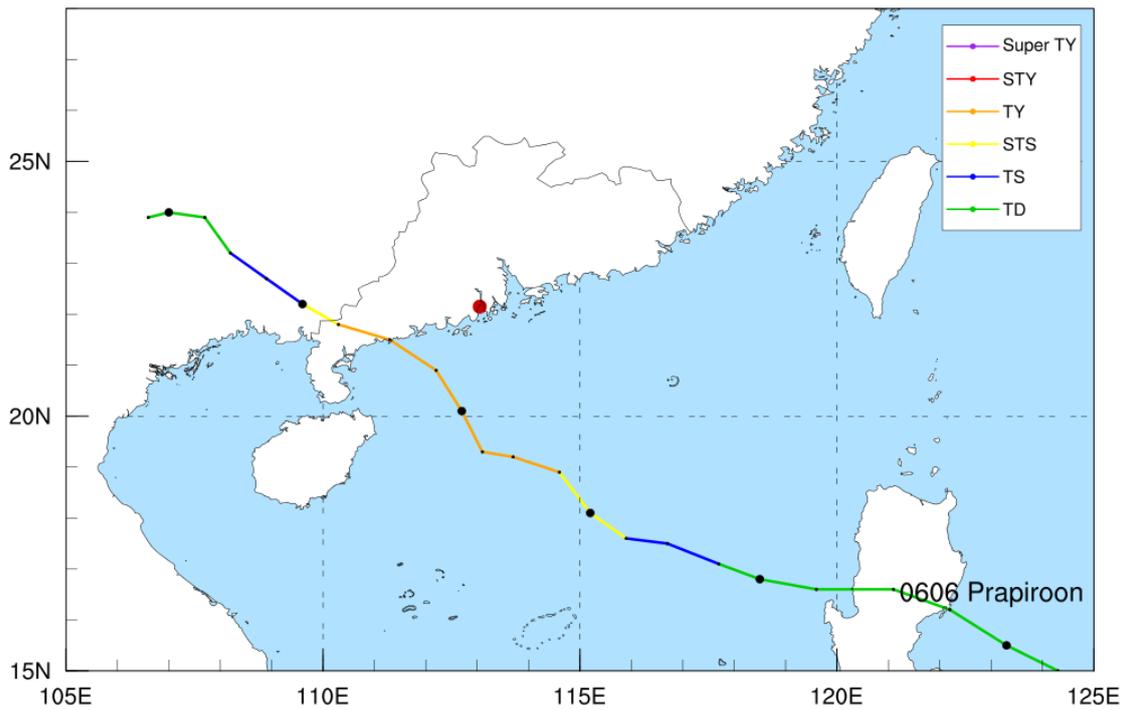


图 8.2-15 0606 台风“派比安”路径

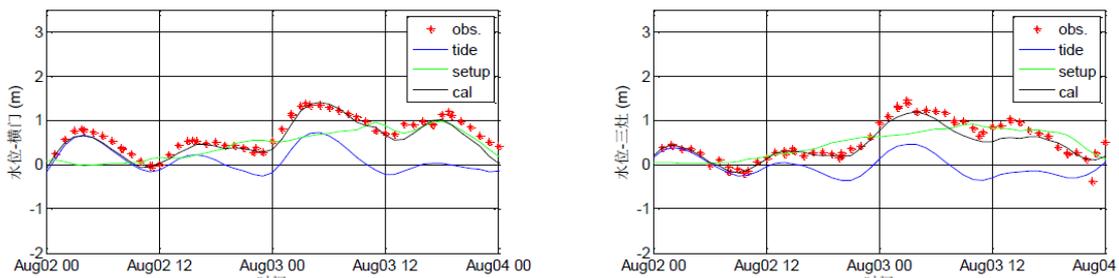


图 8.2-16 0606 台风“派比安”期间潮位过程线

图 8.2-16 为横门站及三灶站潮位过程曲线，两站计算综合潮位与实测过程吻合，两站中最大计算增水均为 1.0m 左右。图 8.2-17 为 2006 年 8 月 8

日 18 时台风增水分布图，此时珠江口内台风增水 1.0m 等值线自东北向西南倾斜，增水逐渐向上游变高。

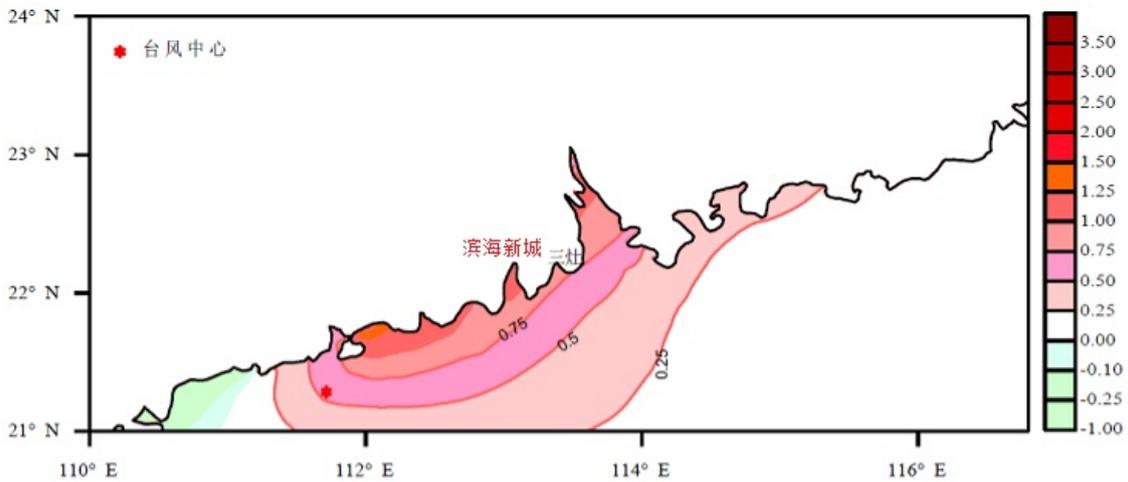


图 8.2-17 0606 台风增水分布图

④ 0313 台风“杜鹃”

0313 台风“杜鹃”于 2003 年 8 月 28 日 8 时生成，2003 年 9 月 2 日登陆广东惠东（图 8.2-18）。在该台风生命期间，其最大风速 45m/s，最低气压 950hPa。

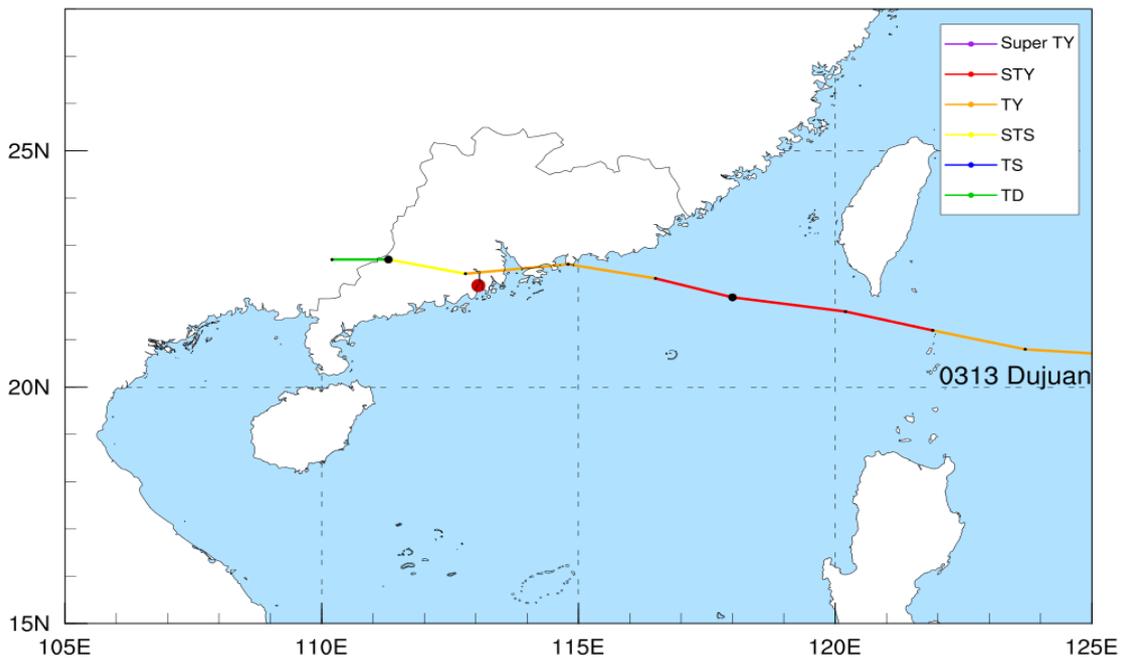


图 8.2-18 0313 台风“杜鹃”路径

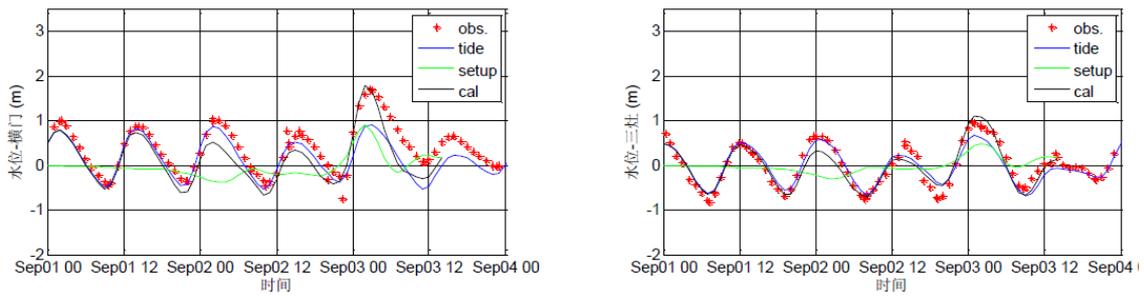


图 8.2-19 0313 台风“杜鹃”期间潮位过程线

图 8.2-19 为横门站、三灶站潮位过程曲线，实测与计算过程较为接近，横门站最大计算增水接近 1.0m、三灶站为 0.6m 左右。图 8.2-20 为 2003 年 9 月 3 日 1 时台风增水分布图，此时三灶站台风增水超过 0.5m。

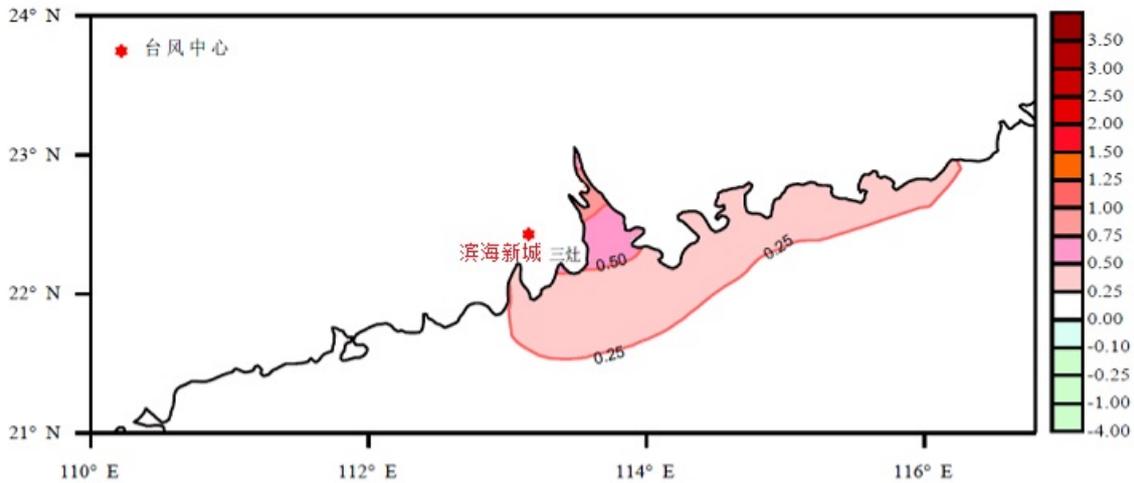


图 8.2-20 0313 台风增水分布图

⑤ 0307 台风“伊布都”

0307 台风“伊布都”于 2003 年 7 月 16 日 2 时生成,2003 年 7 月 24 日登陆广东阳江，图 8.2-21 为此次台风路径图。在该台风生命期间，其最大风速 60m/s，最低气压 945hPa。此次台风给华南沿岸地区带来巨大破坏，并导致严重伤亡。

图 8.2-22 为横门站、三灶站潮位过程曲线，实测与计算综合潮位过程吻合程度较高。三灶站所处水域出现接近 2.0m 的增水。

图 8.2-23 为 2003 年 7 月 24 日 9 时台风增水分布图，此时珠江口内海水涌向西岸，导致口内水域西侧台风增水高于东侧。

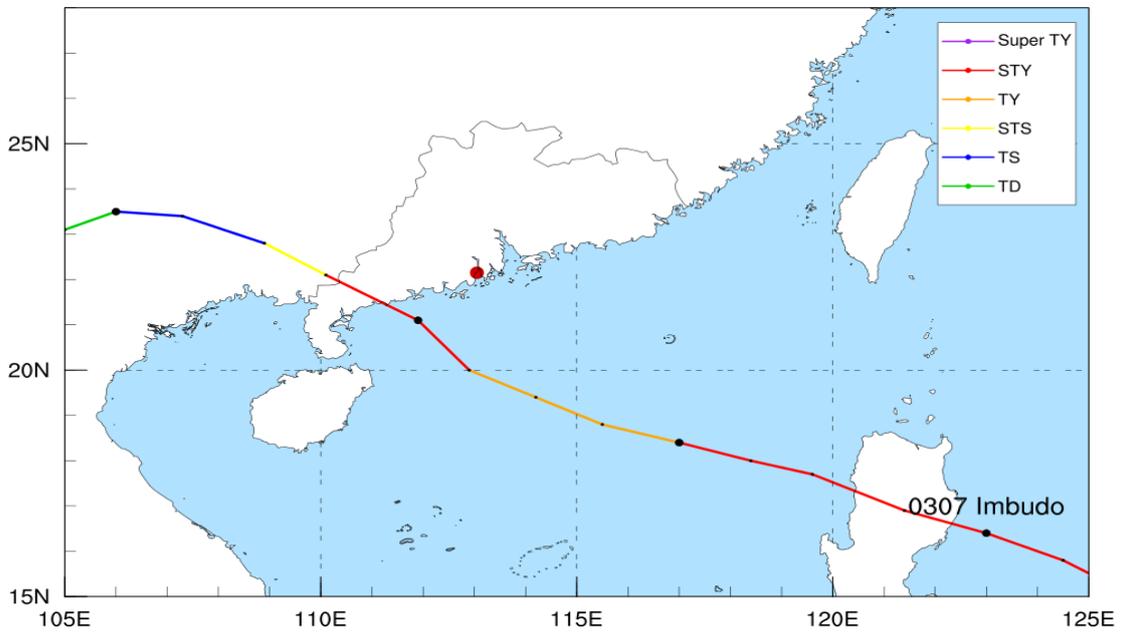


图 8.2-21 0307 台风“伊布都”路径

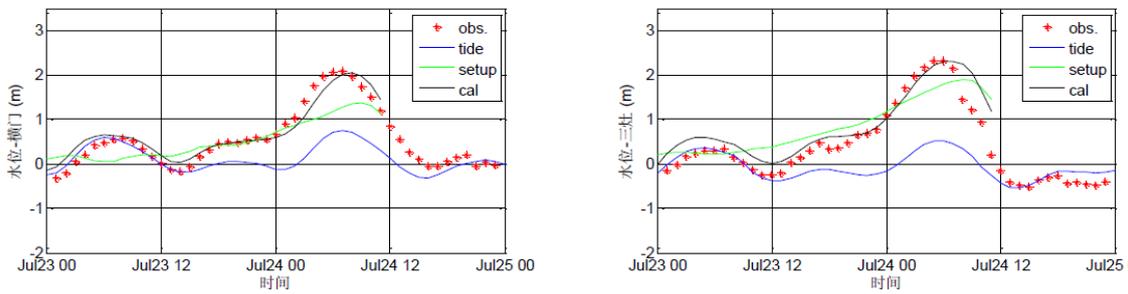


图 8.2-22 0307 台风“伊布都”期间潮位过程线

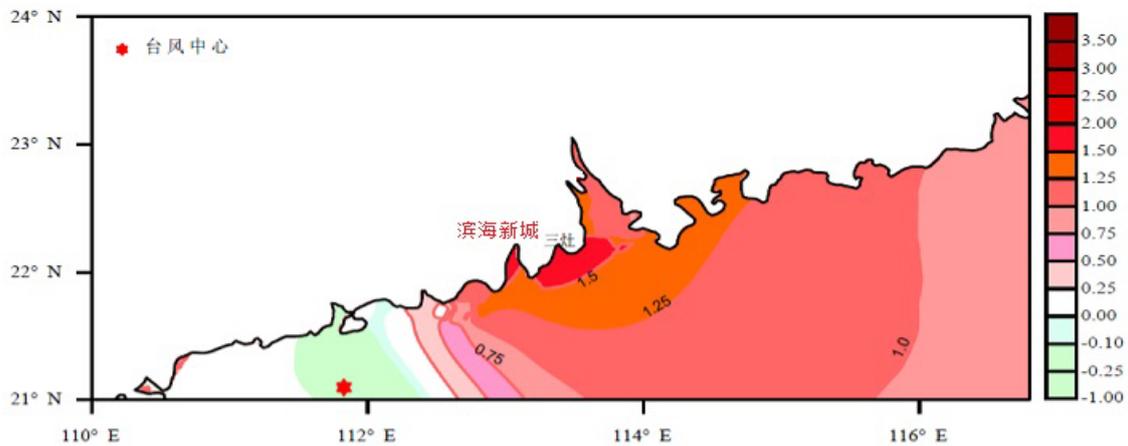


图 8.2-23 0307 台风增水分布图

⑥ 0107 台风“玉兔”

0107 台风“玉兔”于 2001 年 7 月 23 日 2 时生成，7 月 26 日登陆广东电白，台风路径见图 8.2-24。在该台风生命期间，最大风速 33m/s，最低气压为 975hPa。

图 8.2-25 为横门站、三灶站潮位过程曲线，实测与计算过程较为接近。此次台风引起两站超 0.5m 的增水。

图 8.2-26 为 2001 年 7 月 25 日 21 时台风增水分布图，此时三灶站附近水域增水明显超过其他水域。

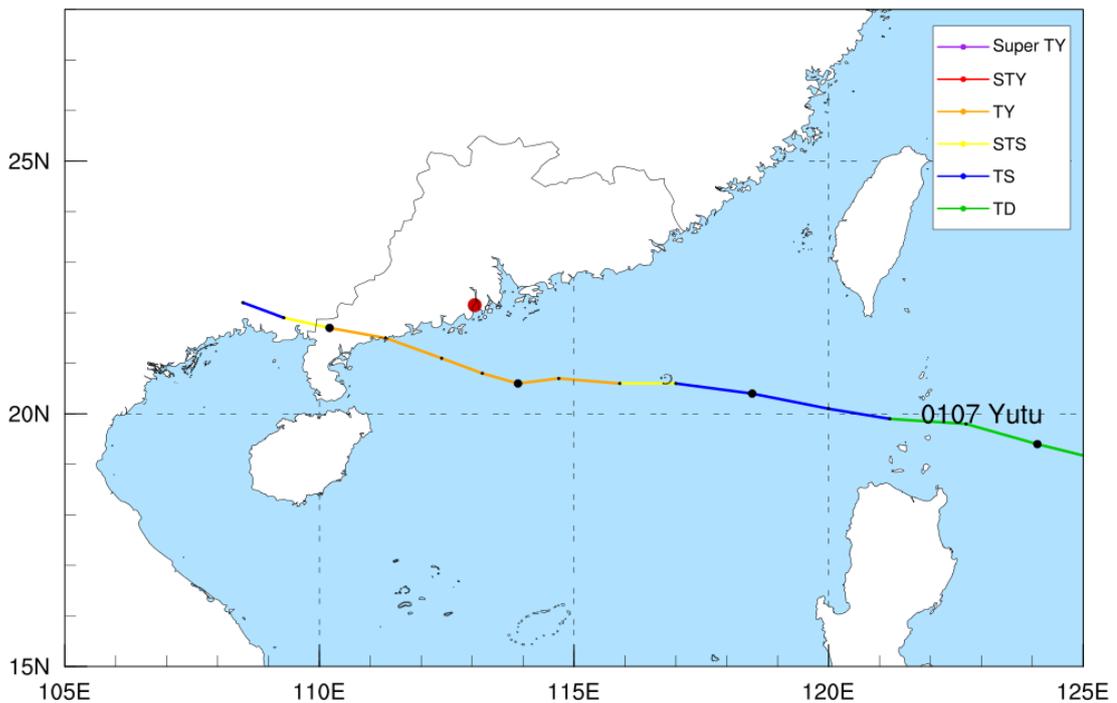


图 8.2-24 0107 台风“玉兔”路径

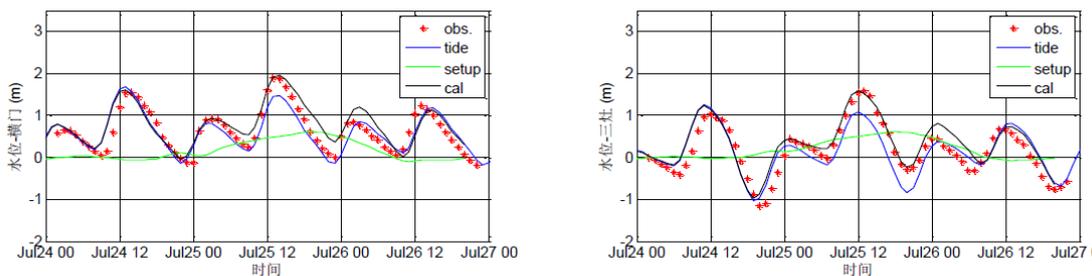


图 8.2-25 0107 台风“玉兔”期间潮位过程线

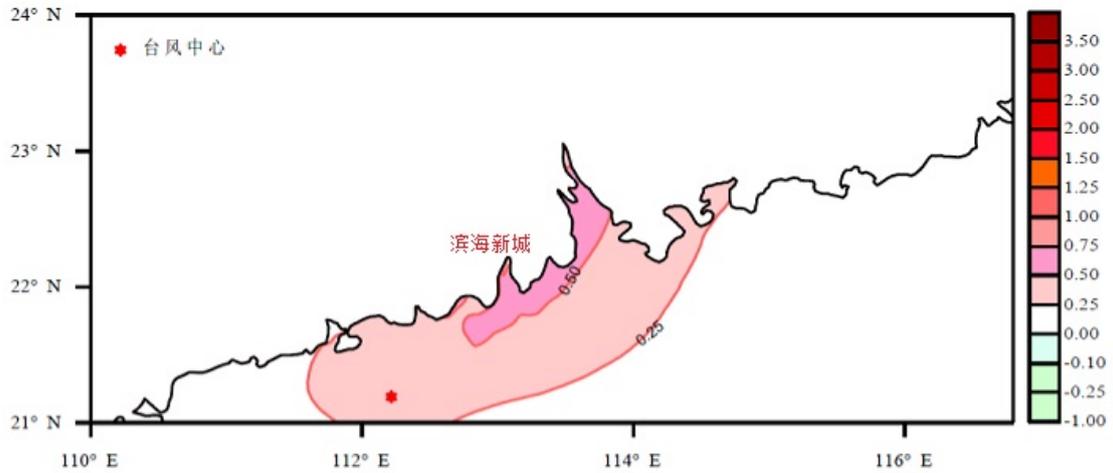


图 8.2-26 0107 台风增水分布图

⑦ 9810 等其余 14 场典型台风模拟与验证

图 8.2-27~图 8.2-40 为 9810 等其余 14 场典型台风路径, 图 8.2-41~图 8.2-54 为历次期间潮位过程曲线。总体上, 横门站、三灶站数值计算综合潮位与实测潮位, 无论潮位值或相位均吻合良好, 台风增水数值计算结果可靠。

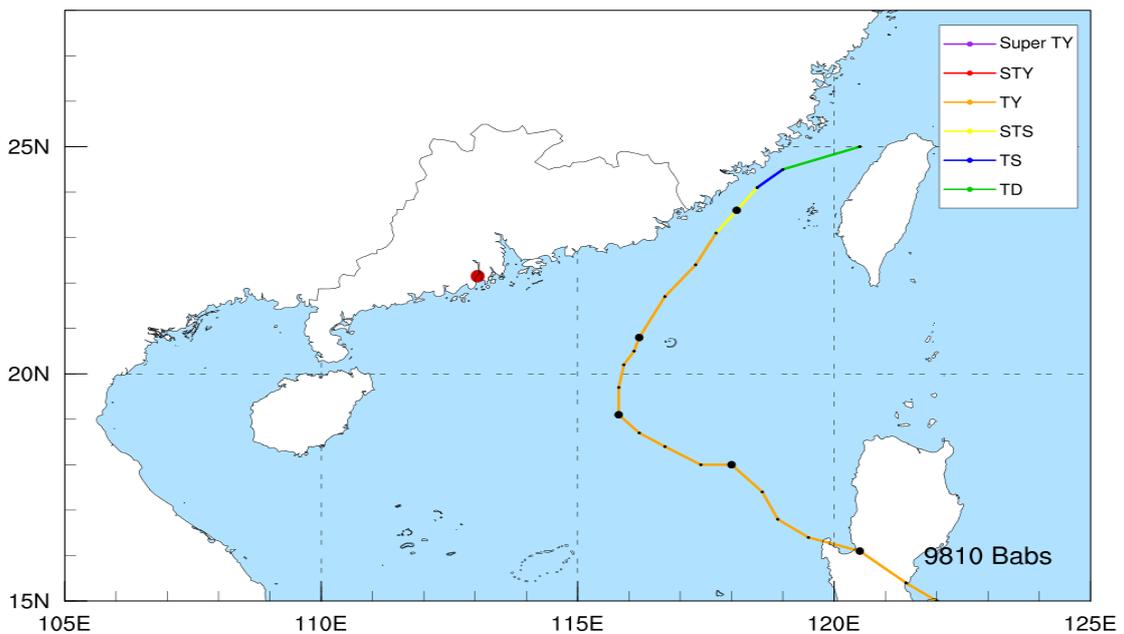


图 8.2-27 9810 “芭比斯” 台风路径

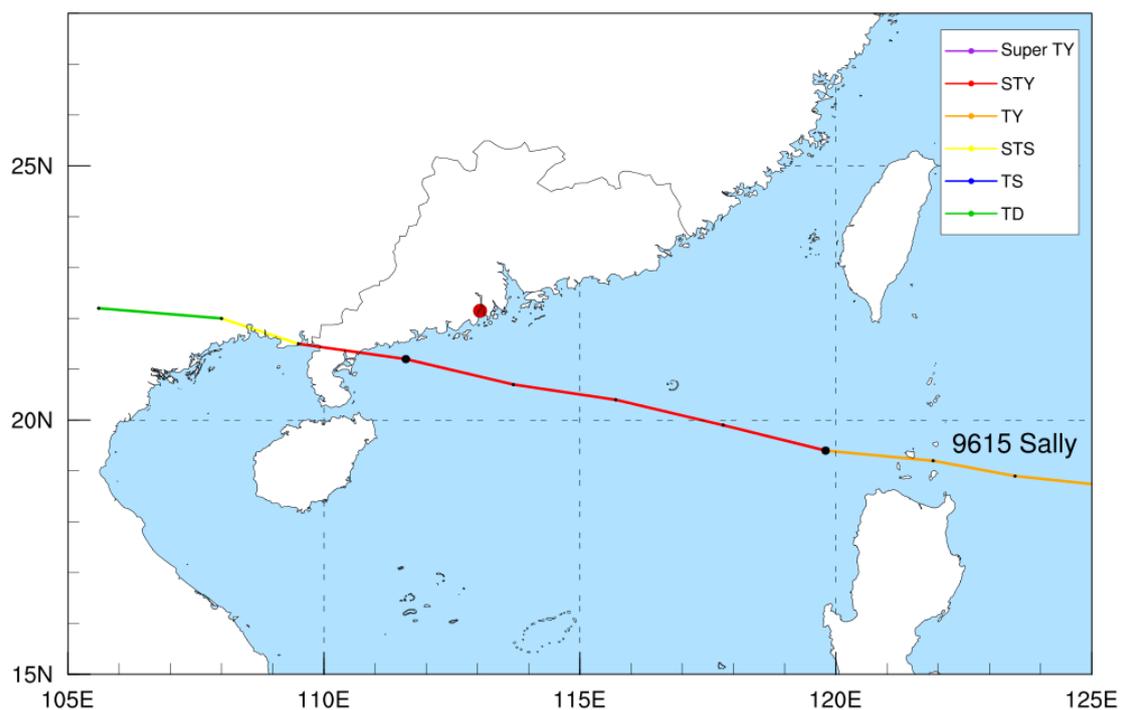


图 8.2-28 9615 “莎莉” 台风路径

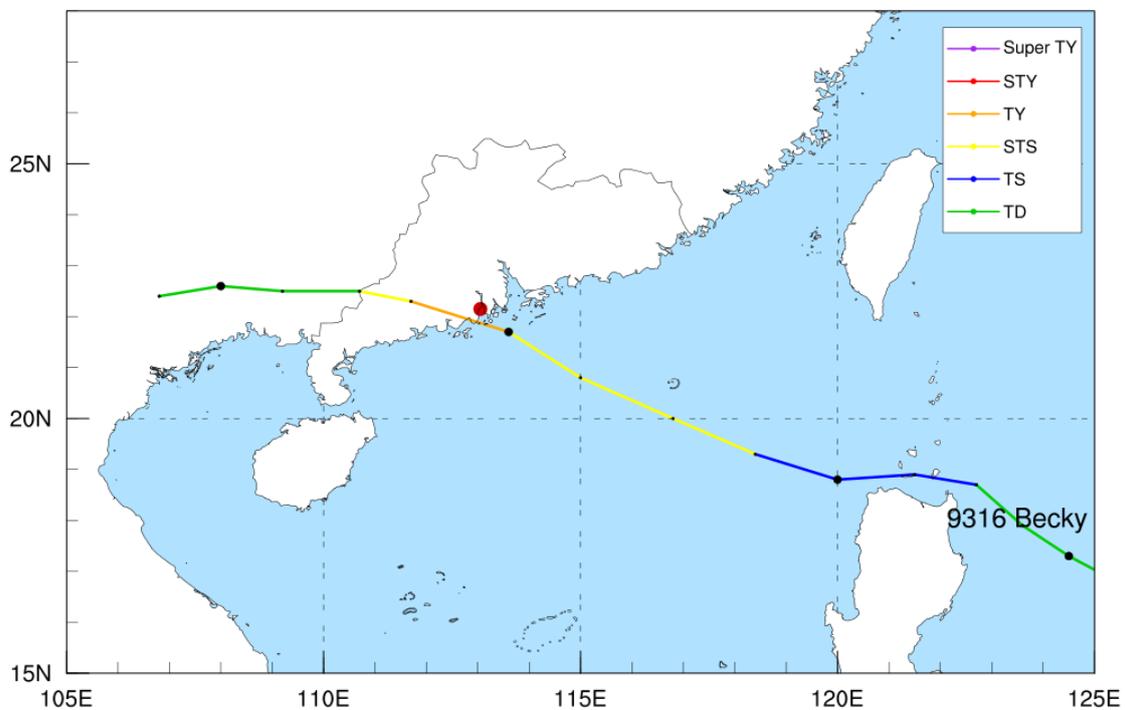


图 8.2-29 9316 台风“贝姬” 路径

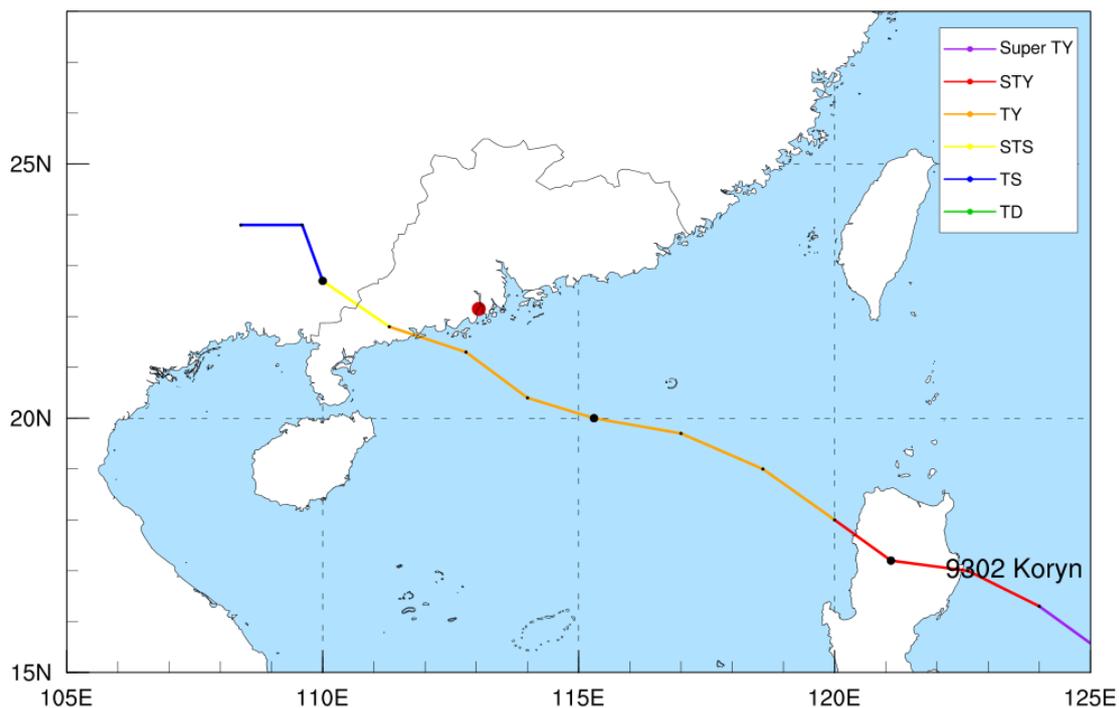


图 8.2-30 9302 台风“克恩”路径

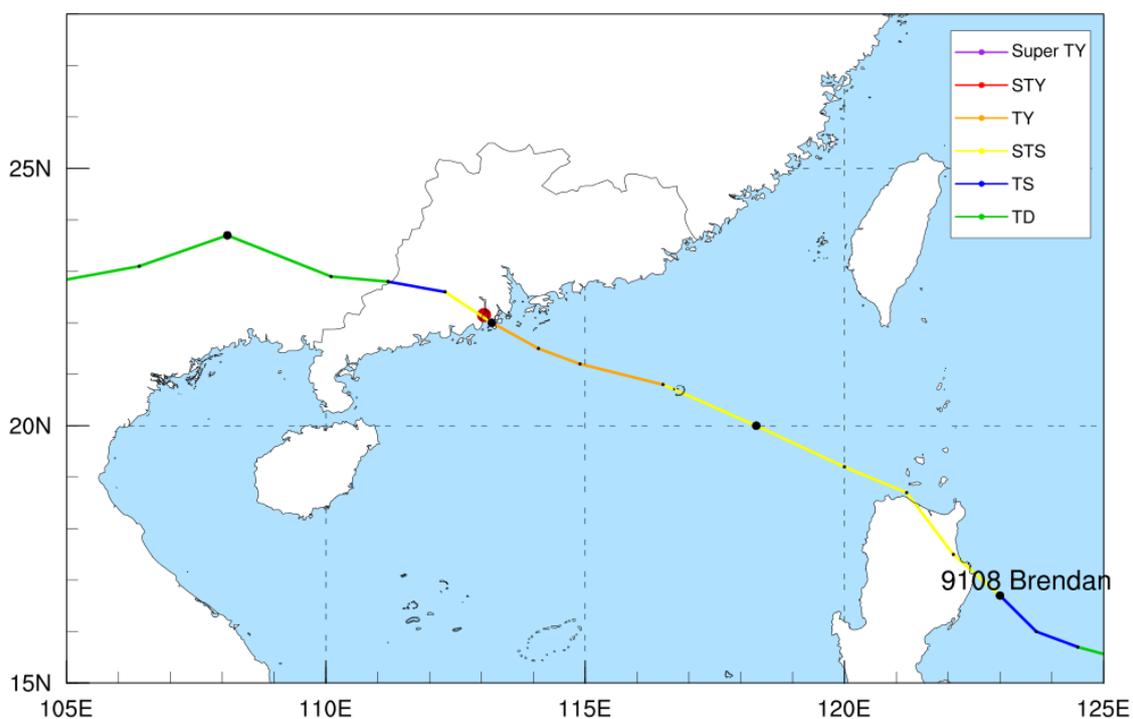


图 8.2-31 9108 台风“白兰黛”路径

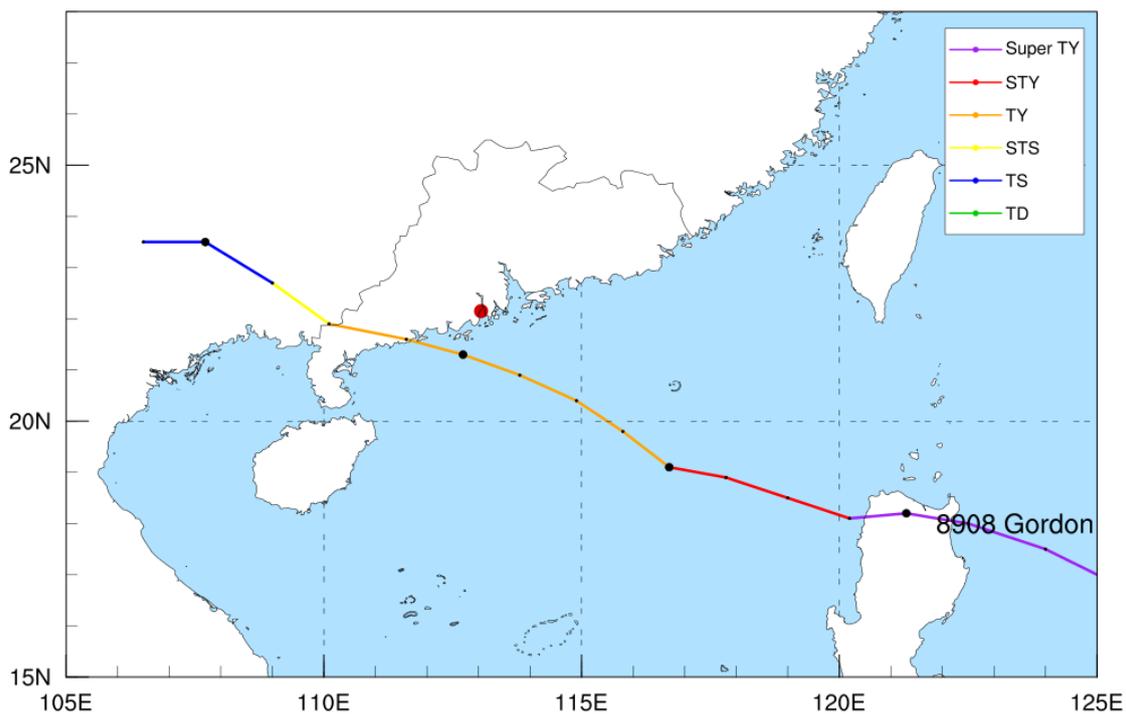


图 8.2-32 8908 台风“古德尼”路径

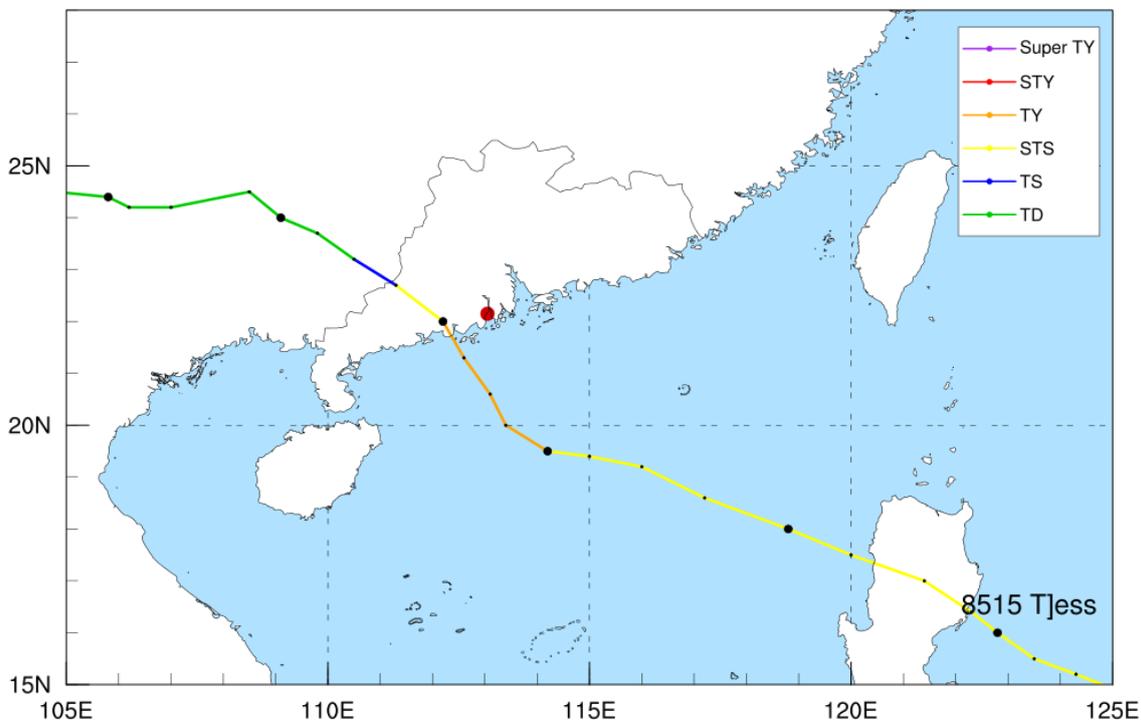


图 8.2-33 8515 台风“特斯”路径

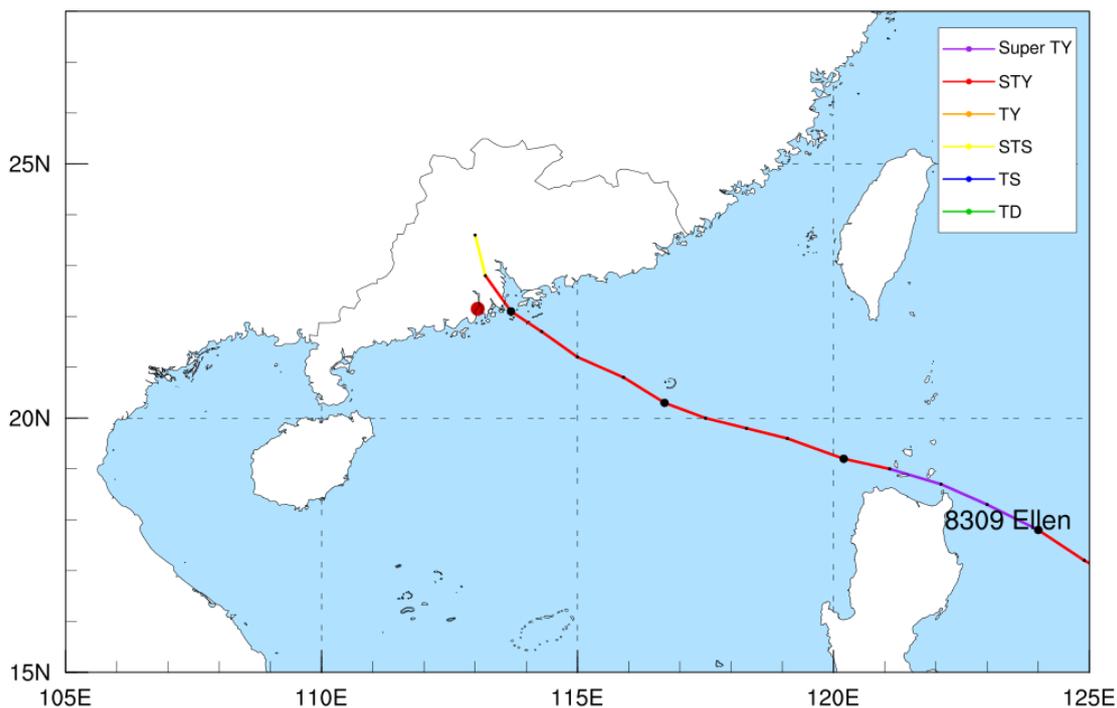


图 8.2-34 8309 台风“艾伦”路径

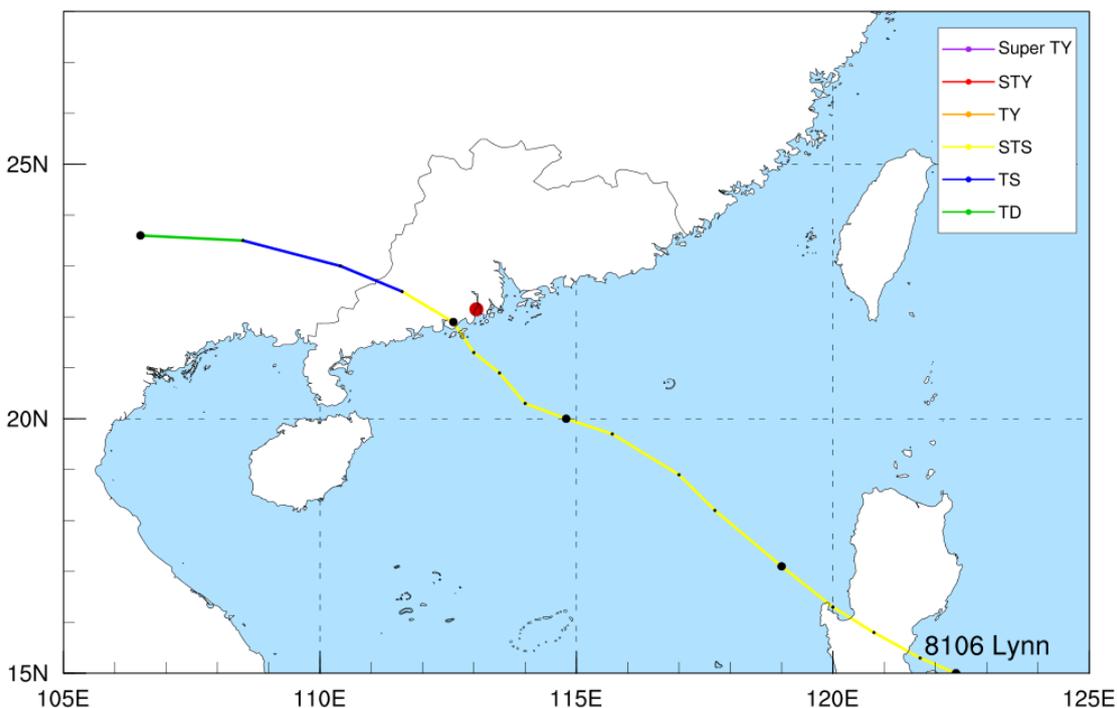


图 8.2-35 8106 台风“琳恩”路径

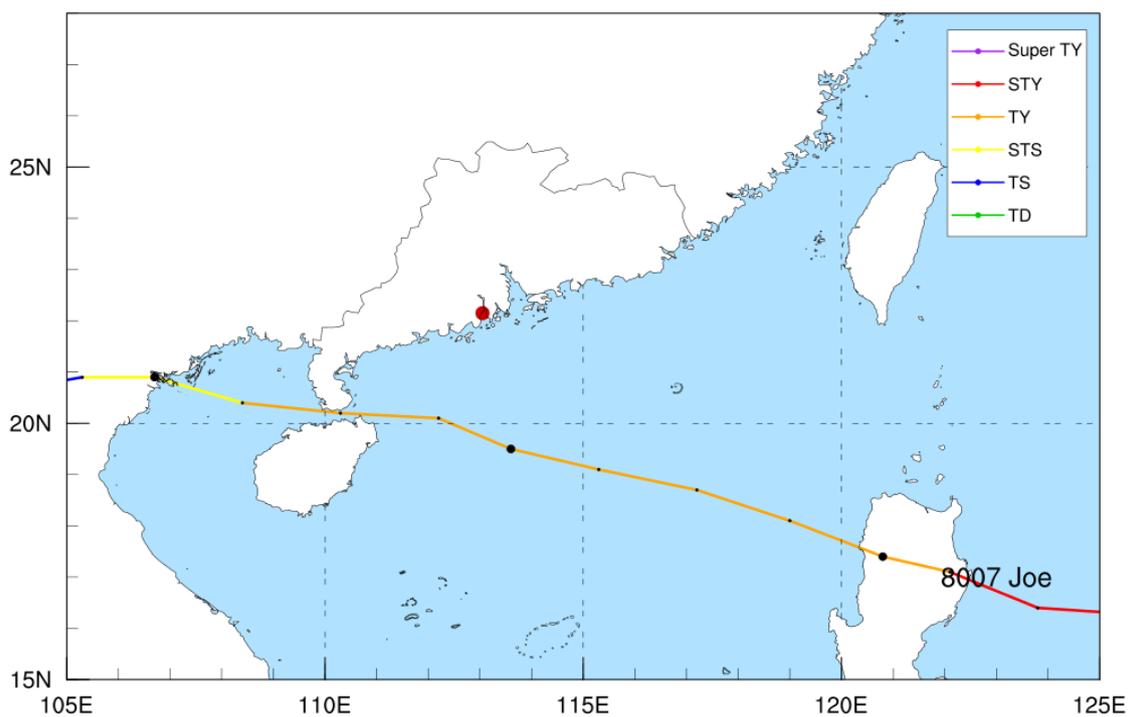


图 8.2-36 8007 台风“约依”路径

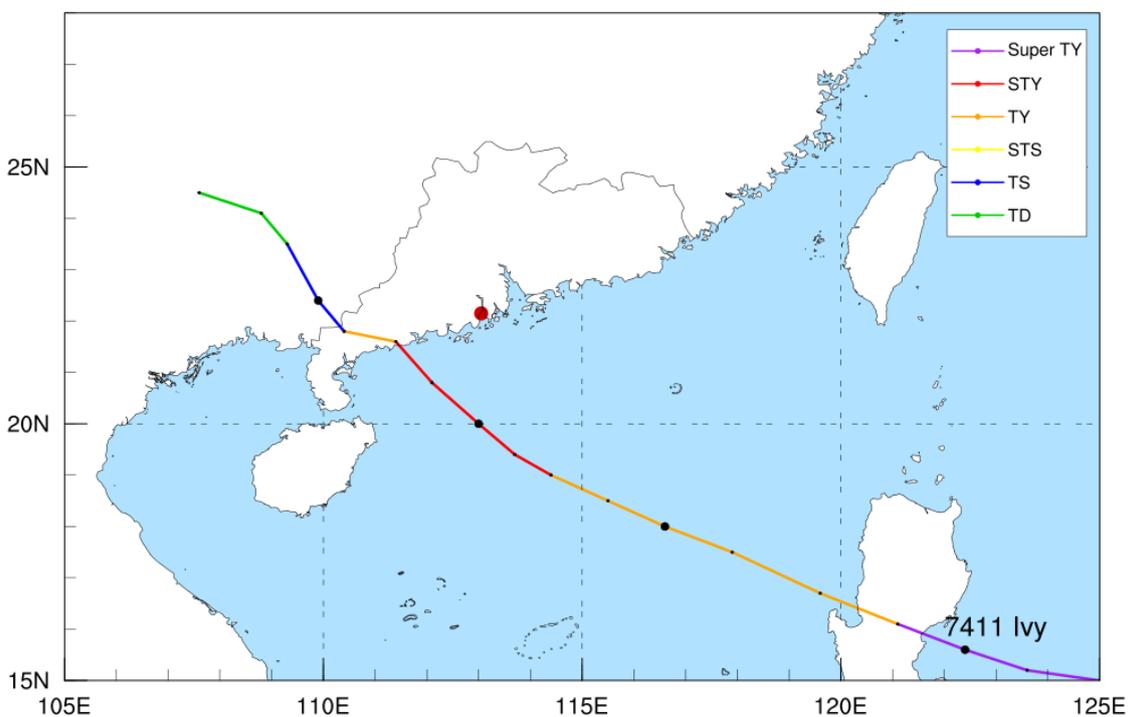


图 8.2-37 7411 台风“艾维”路径

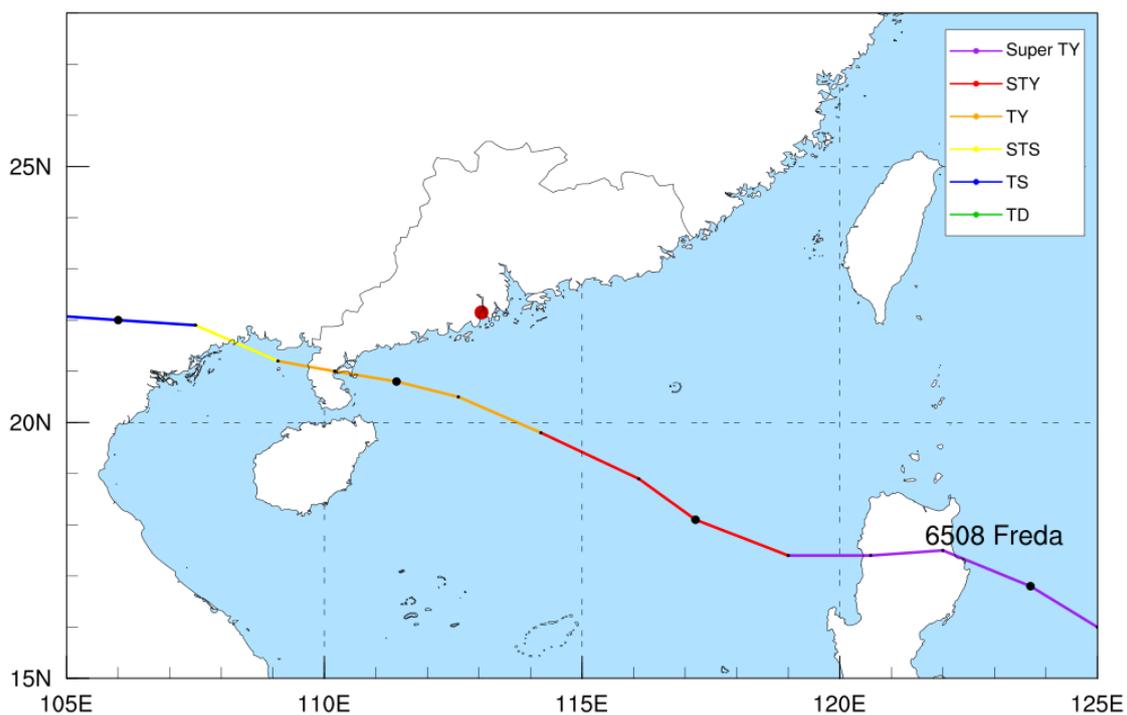


图 8.2-38 6508 台风“芙瑞达”路径

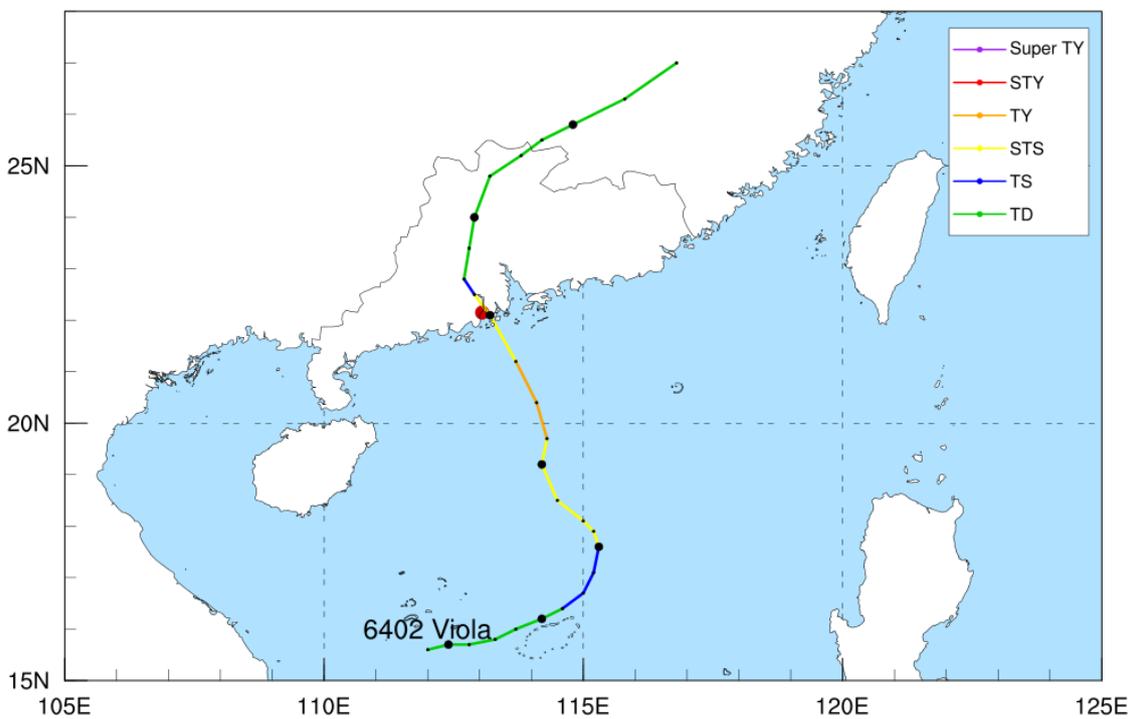


图 8.2-39 6402 台风“卫欧拉”路径

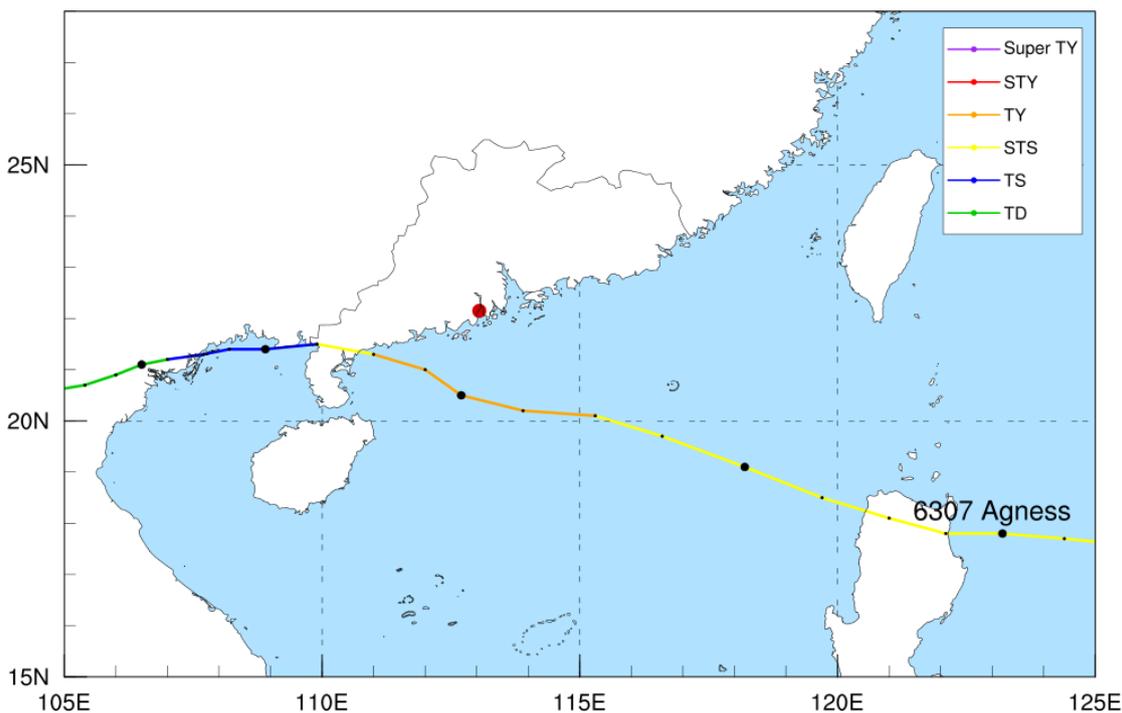


图 8.2-40 6307 台风“艾妮丝”路径

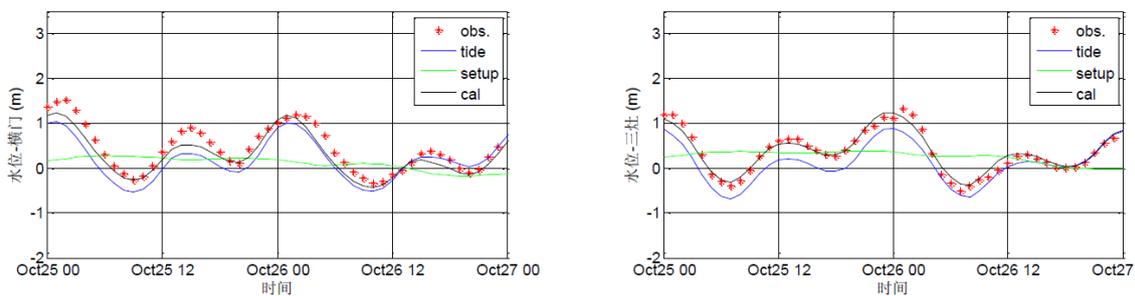


图 8.2-41 9810 台风“芭比斯”期间潮位过程线

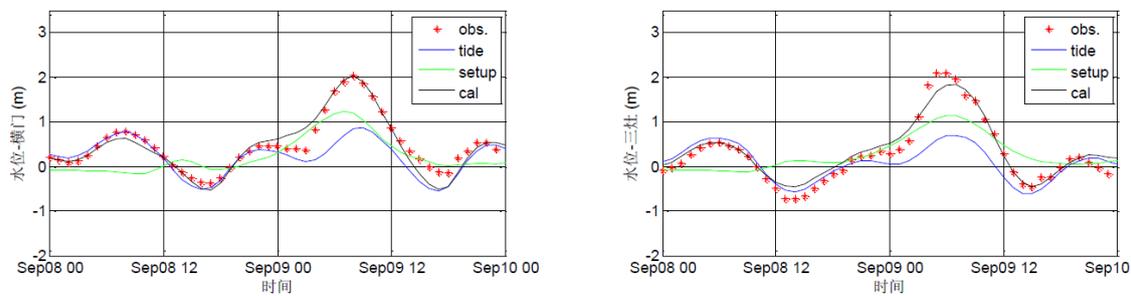


图 8.2-42 09615 台风“莎莉”期间潮位过程线

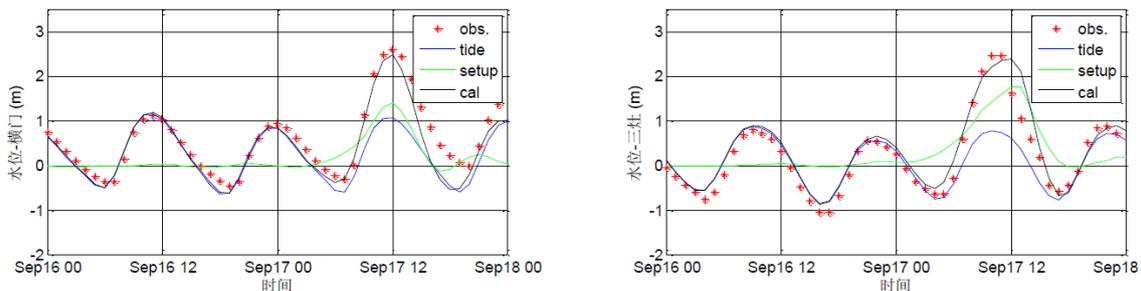


图 8.2-43 9316 台风“贝姬”期间潮位过程线

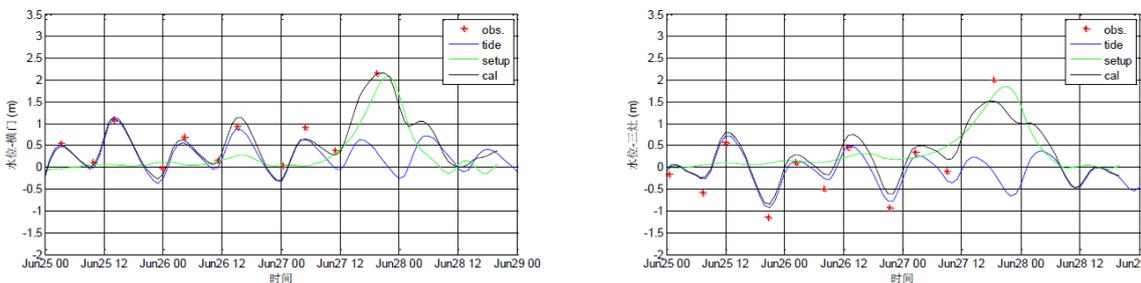


图 8.2-44 9302 台风“克恩”期间潮位过程线

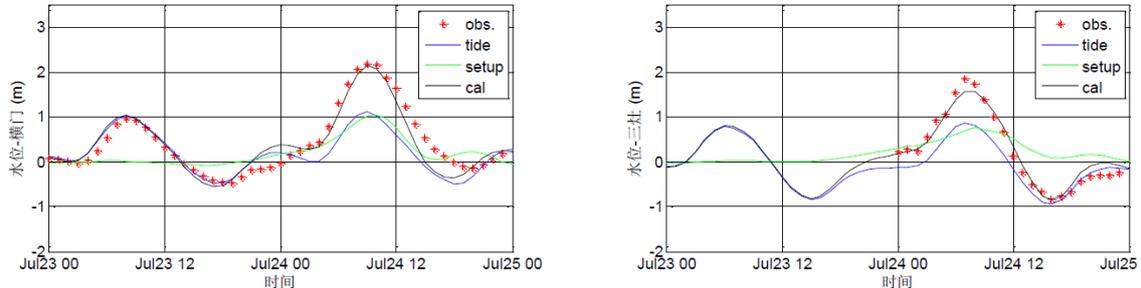


图 8.2-45 9108 台风“白兰黛”期间潮位过程线

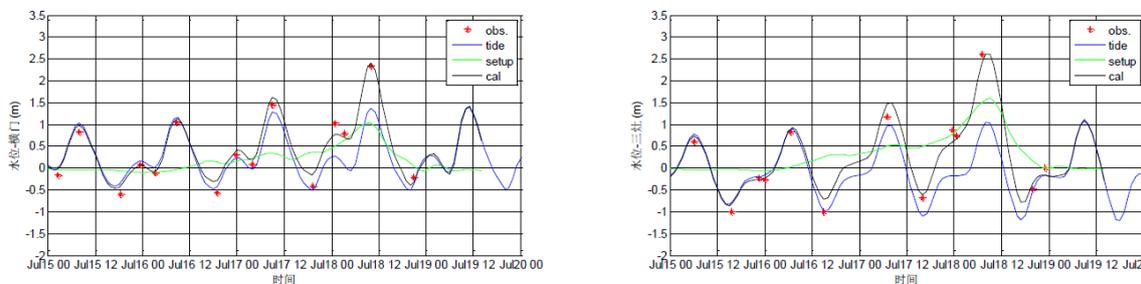


图 8.2-46 8908 台风“古德尼”期间潮位过程线

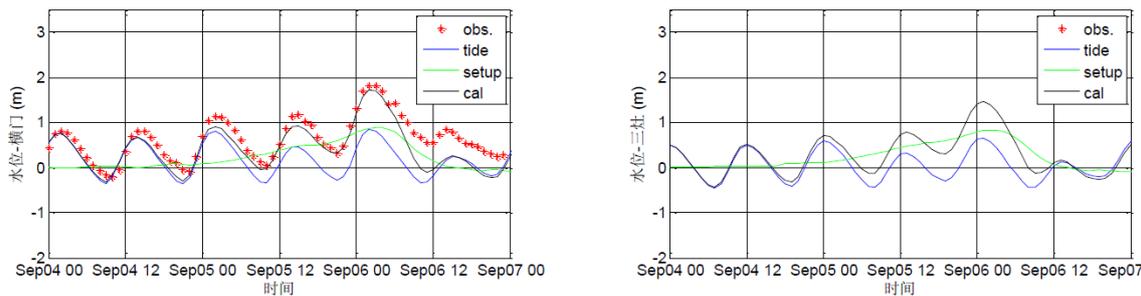


图 8.2-47 8515 台风“特斯”期间潮位过程线

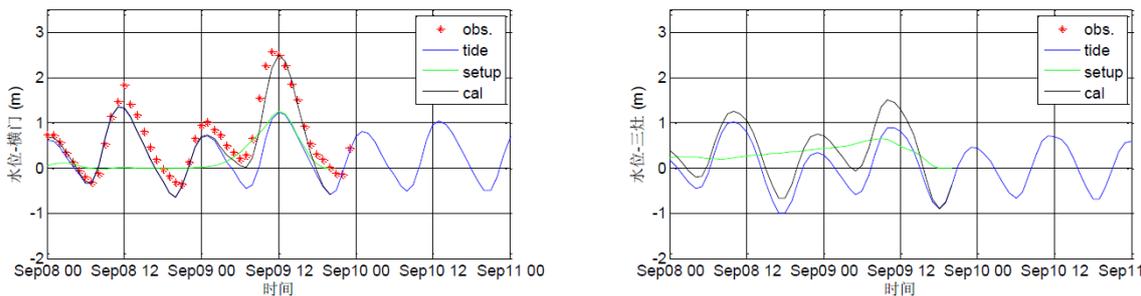


图 8.2-48 8309 台风“艾伦”期间潮位过程线

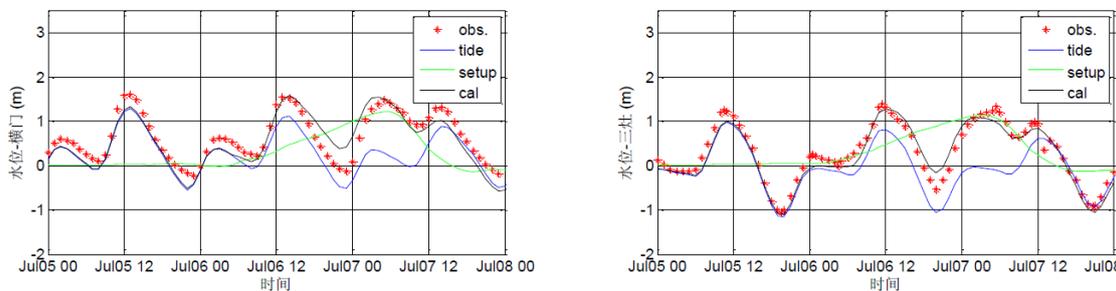


图 8.2-49 8106 台风“琳恩”期间潮位过程线

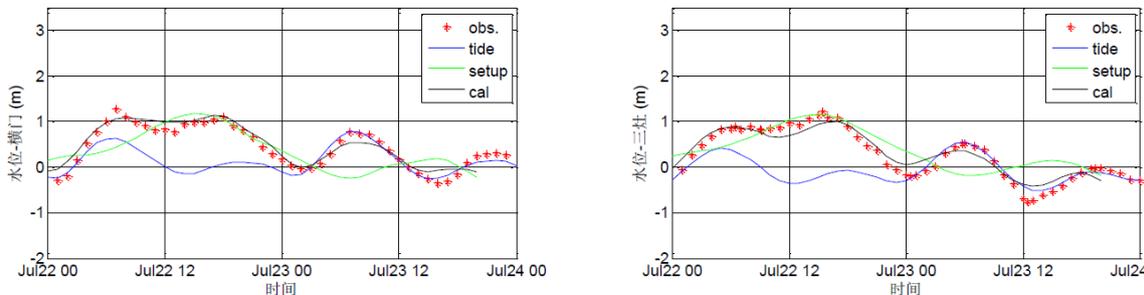


图 8.2-50 8007 台风“约依”期间潮位过程线

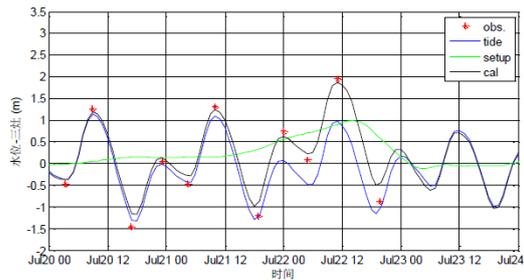
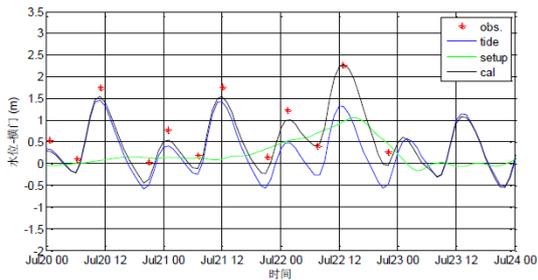


图 8.2-51 7411 台风“艾维”期间潮位过程线

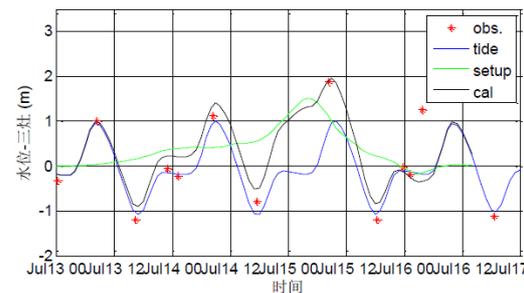
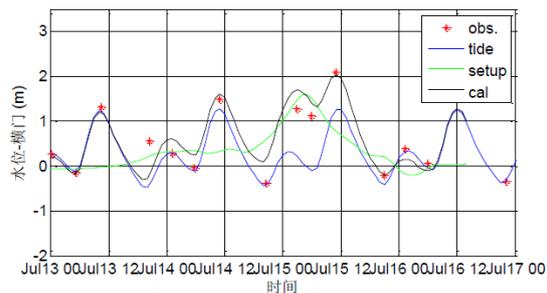


图 8.2-52 6508 台风“芙瑞达”期间潮位过程线

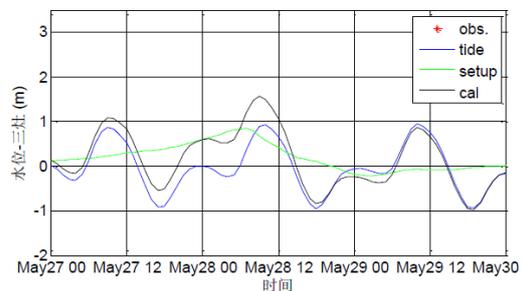
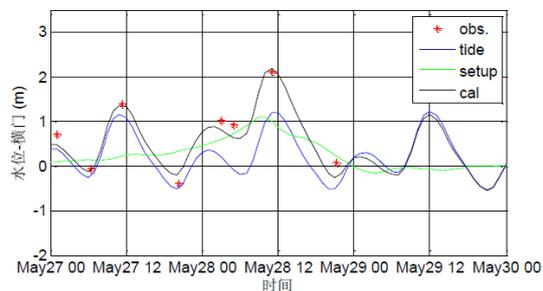


图 8.2-53 6402 台风“卫欧拉”期间潮位过程线

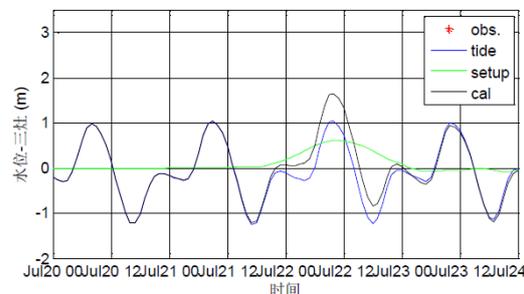
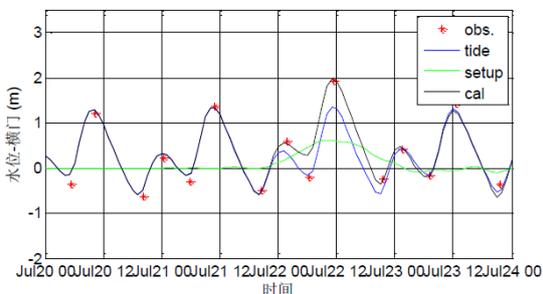


图 8.2-54 6307 台风“艾妮丝”期间潮位过程线

⑧ 台风暴潮数学模型验证结果统计

选取影响三灶站的 20 场典型台风，对台风暴潮增水模型进行验证，统计历次台风期间实测最高潮位和计算最高潮位，将结果列于表 8.2-3。由统计结果可见，历次典型台风期间，除 0814、0606、9302、8309 和 6402 三灶站的综合潮位最高值与实测值相差较大外，其余 15 场台风的相对误差均低于 10%，统计结果满足风暴潮模型数值计算综合潮位误差低于 30% 的要求，台风暴潮数学模型可靠，模型计算结果可信。

表 8.2-3 1960~2010 年 20 场典型台风对三灶站台风风暴潮数学模型检验结果

| 台风编号及潮型 | | | 实测潮位 (m) | 计算综合潮位 (m) | 绝对误差 (m) | 相对误差 (%) |
|------------|-------------|----|----------|------------|----------|----------|
| 1 | 0915 | 中潮 | 2.78 | 2.69 | 0.09 | 3 |
| 2 | 0814 | 小潮 | 3.23 | 2.61 | 0.62 | 19 |
| 3 | 0606 | 小潮 | 1.45 | 1.25 | 0.2 | 14 |
| 4 | 0313 | 中潮 | 1.08 | 1.16 | 0.08 | 7 |
| 5 | 0307 | 小潮 | 2.58 | 2.39 | 0.19 | 7 |
| 6 | 0107 | 中潮 | 1.52 | 1.51 | 0.01 | 1 |
| 7 | 9810 | - | 1.35 | 1.32 | 0.03 | 2 |
| 8 | 9615 | 大潮 | 2.12 | 1.92 | 0.20 | 9 |
| 9 | 9316 | 大潮 | 2.54 | 2.50 | 0.04 | 1 |
| 10 | 9302 | - | 1.98 | 1.53 | 0.45 | 23 |
| 11 | 9108 | 中潮 | 1.90 | 1.72 | 0.18 | 9 |
| 12 | 8908 | 大潮 | 2.58 | 2.61 | 0.03 | 1 |
| 13 | 8515 | 中潮 | 1.56 | 1.55 | 0.01 | 1 |
| 14 | 8309 | 大潮 | 1.26 | 1.40 | 0.14 | 11 |
| 15 | 8106 | 中潮 | 1.38 | 1.40 | 0.02 | 1 |
| 16 | 8007 | 小潮 | 1.12 | 1.09 | 0.03 | 3 |
| 17 | 7411 | 大潮 | 1.94 | 1.89 | 0.05 | 3 |
| 18 | 6508 | 大潮 | 1.86 | 1.85 | 0.01 | 1 |
| 19 | 6402 | 大潮 | 1.20 | 1.50 | 0.3 | 25 |
| 20 | 6307 | 大潮 | 1.60 | 1.70 | 0.1 | 6 |
| 相对误差平均 (%) | | | | | 0.139 | 7.35 |

8.2.2 三灶站风暴潮增水后报检验

将所建的风暴潮增水数学模型对 2011、2012 年影响三灶站的历次台风进行了后报检验。2011 年影响三灶站的台风有 1104 热带风暴“海马”、1108 强热带风暴“洛坦”、1117 强台风“纳沙”、1119 强台风“尼格”。2012 年影响三灶站的台风有 1205 强热带风暴“泰利”、1206 强热带风暴“杜苏芮”、1208 台风“韦森特”、1213 台风“启德”。

8.2.2.1 1104 热带风暴“海马”

“海马”于 2011 年 6 月 21 日凌晨 2 时加强为 2011 年第 4 号热带风暴，23 日上午 10 时 10 分在电白与阳西交界外登陆，12 时前后南落至电白近海海面上，16 时 50 分在湛江市吴川沿海再次登陆，23 日夜间穿过雷州半岛进入北部湾北部海面后缓慢西移，24 日 19 时 50 分在越南北部沿海第三次登陆，台风路径见图 8.2-55。25 日凌晨，“海马”在越南北部减弱为热带低压。“海马”具有路径曲折、多次登陆、移速稳定、生命史长、强度少变、风雨明显的特点。

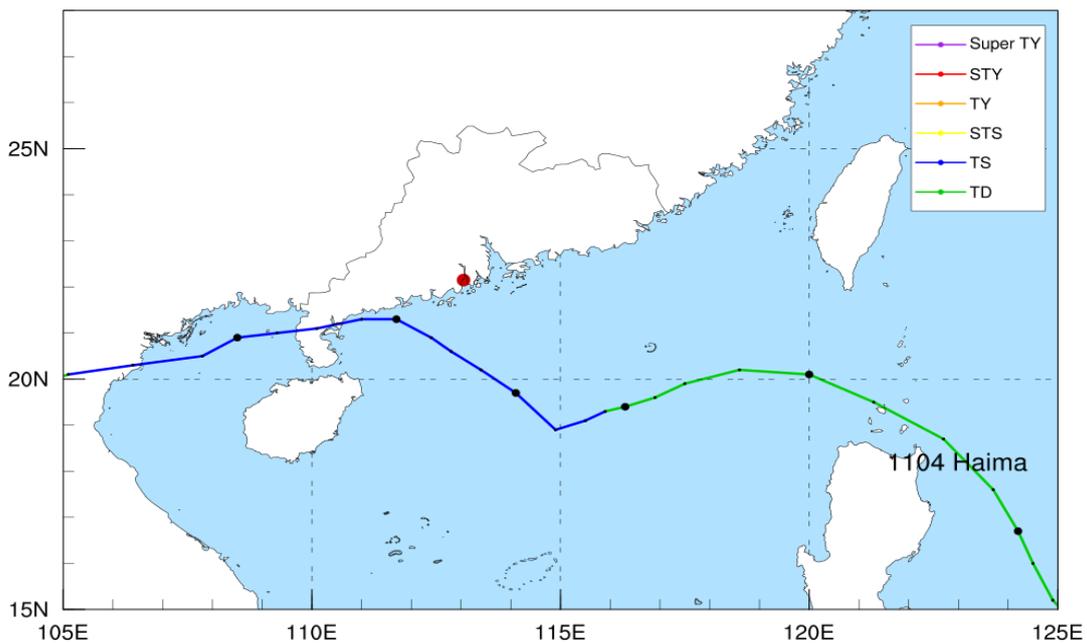


图 8.2-55 1104 热带风暴“海马”路径

图 8.2-56 为该台风第一次登陆前后连续三天横门站、三灶站潮位过程。此次台风尽管强度较弱，但仍造成二站接近 0.50m 的增水。比较两站的实测潮位和计算综合潮位过程，两者吻合较好。

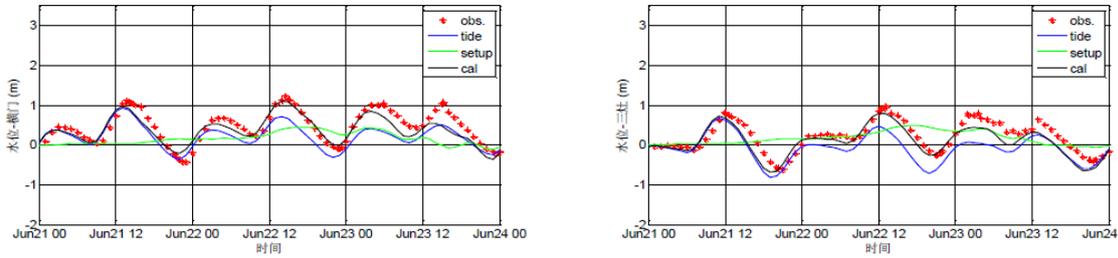


图 8.2-56 1104 热带风暴“海马”期间潮位过程线

图 8.2-57 为 2011 年 6 月 22 日 17 时广东省近岸水域台风增水分布图，此时该次台风在三灶站及附近水域形成最大增水，珠江口内台风增水普遍介于 0.35~0.50m 之间，其中滨海新城区域增水超过 0.5m，与模型输出结果吻合。

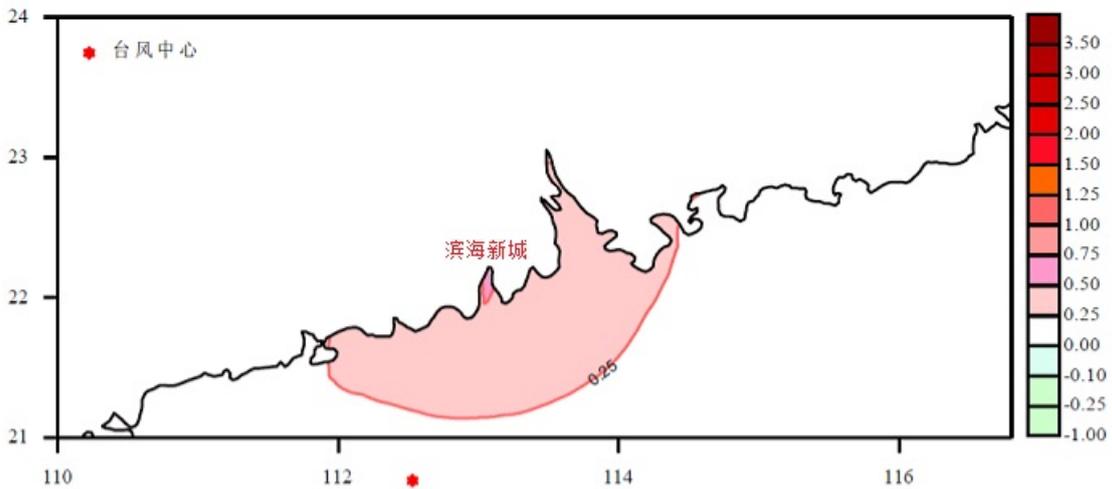


图 8.2-57 1104 台风增水分布图

8.2.2.2 1108 强热带风暴“洛坦”

2011 年第 8 号强热带风暴“洛坦”于 7 月 26 日上午在菲律宾以东洋面上加强为热带风暴，7 月 29 日 17 时 40 分在海南文昌市龙楼镇沿海登陆，

登陆时中心附近最大风力 10 级 (28m/s)，气压 980hPa。图 8.2-58 为 1108 台风路径图。图 8.2-59 为 2011 年 7 月 27 日~29 日横门站、三灶站计算潮位过程线。由图可见，两站综合潮位与实测值极为接近。此次台风均造成两站最大增水超过 0.50m。图 8.2-60 为 7 月 29 日 15 时广东近岸水域外以及珠江口内台风增水分布图。图中显示，此时珠江口内台风增水均已超过 0.50m，海水向西岸堆积。

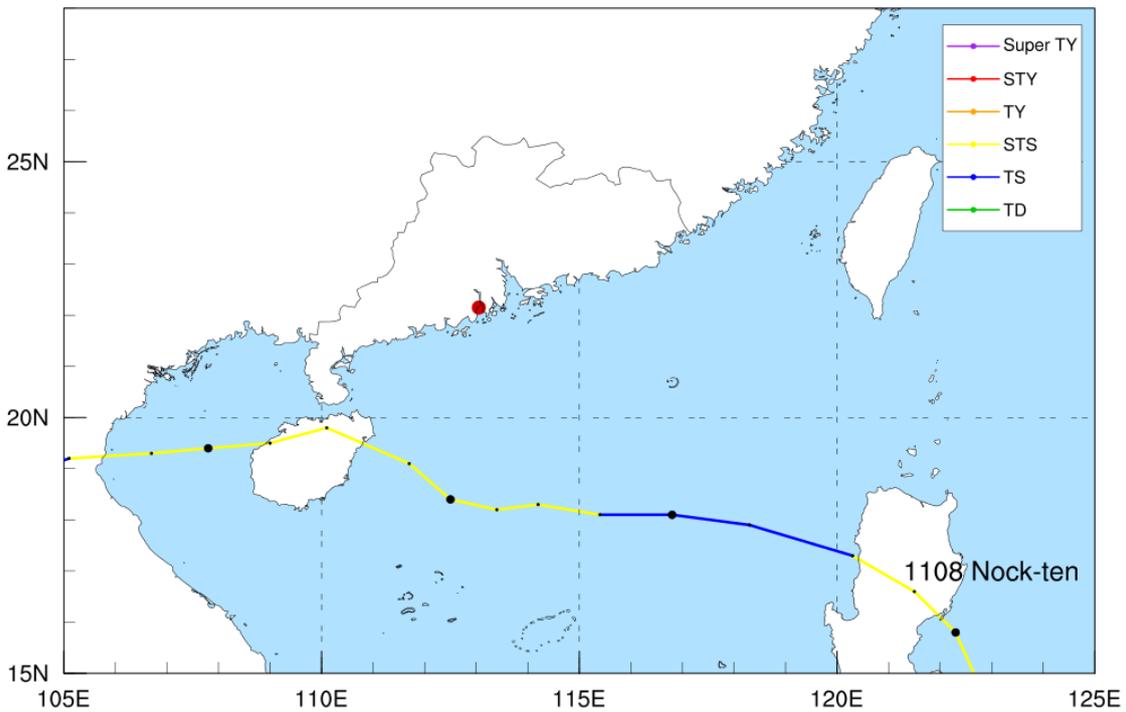


图 8.2-58 1108 强热带风暴“洛坦”路径

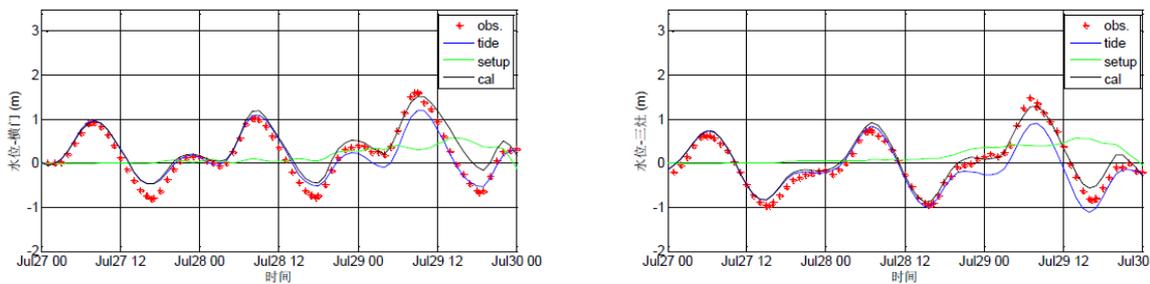


图 8.2-59 1108 强热带风暴“洛坦”期间潮位过程线

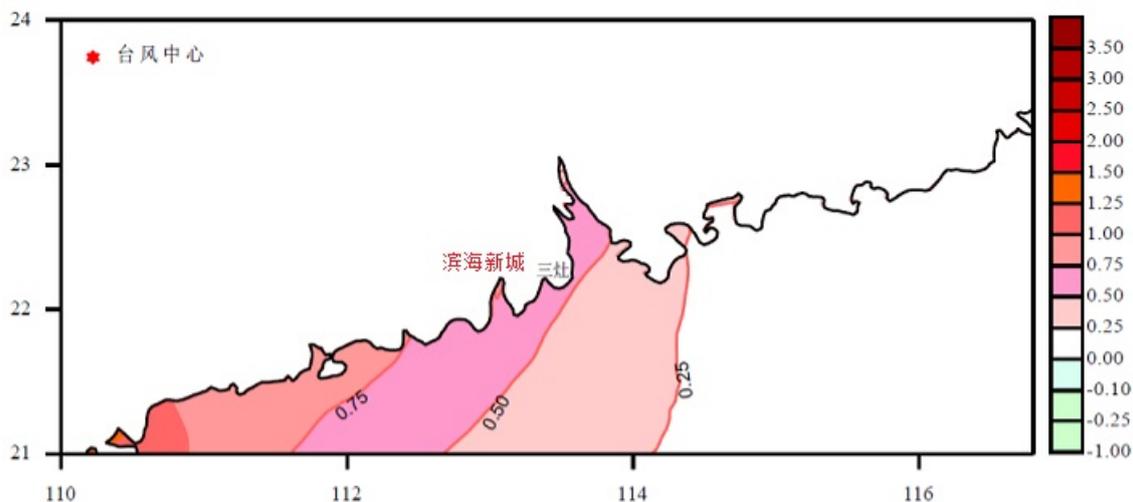


图 8.2-60 1108 台风增水分布图

8.2.2.3 1117 强台风“纳沙”

1117 号强台风“纳沙”于 2011 年 9 月 24 日上午在西北太平洋洋面上生成，9 月 26 日夜间和 29 日 7 时两度加强成为强台风，29 日 14 时 30 分前后在海南文昌市翁田镇沿海登陆，登陆时中心附近最大风力有 14 级(42m/s)，中心最低气压为 960hPa；21 时 15 分前后在广东徐闻再次登陆(图 8.2-61)。

图 8.2-62 为“纳沙”期间横门站、三灶站潮位过程线。图中显示，此次台风引起两站近 1.0m 的台风增水。横门站综合潮位过程与实测潮位十分吻合，后报效果很好；三灶站稍差。

图 8.2-63 为 2011 年 9 月 29 日 12 时广东省近岸水域台风增水分布图。此时珠江口内台风增水呈西高东低分布，大部分水域台风增水超过 0.75m，香港尖鼻咀增水 0.66m，其中滨海新城区域增水超过 1m。

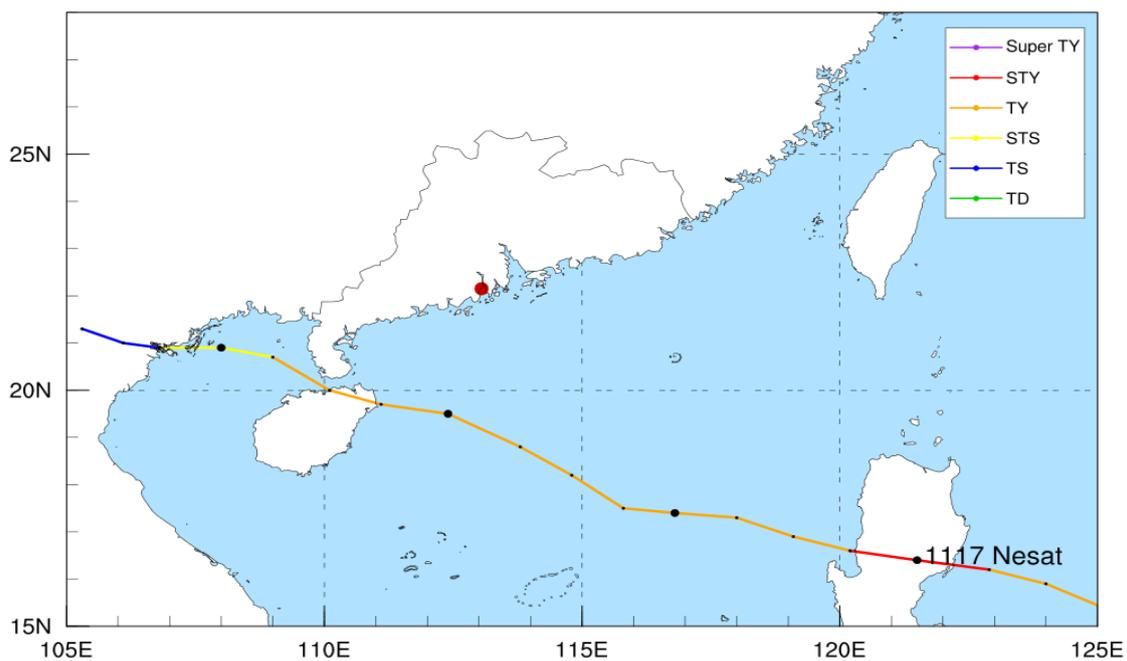


图 8.2-61 1117 台风“纳沙”路径

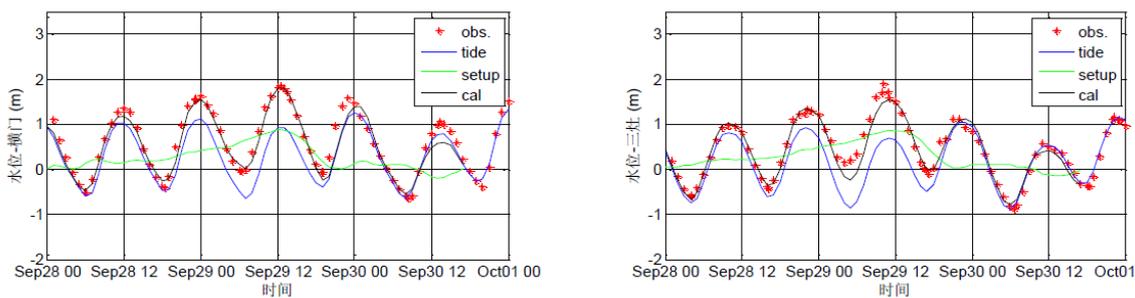


图 8.2-62 1117 台风“纳沙”期间潮位过程线

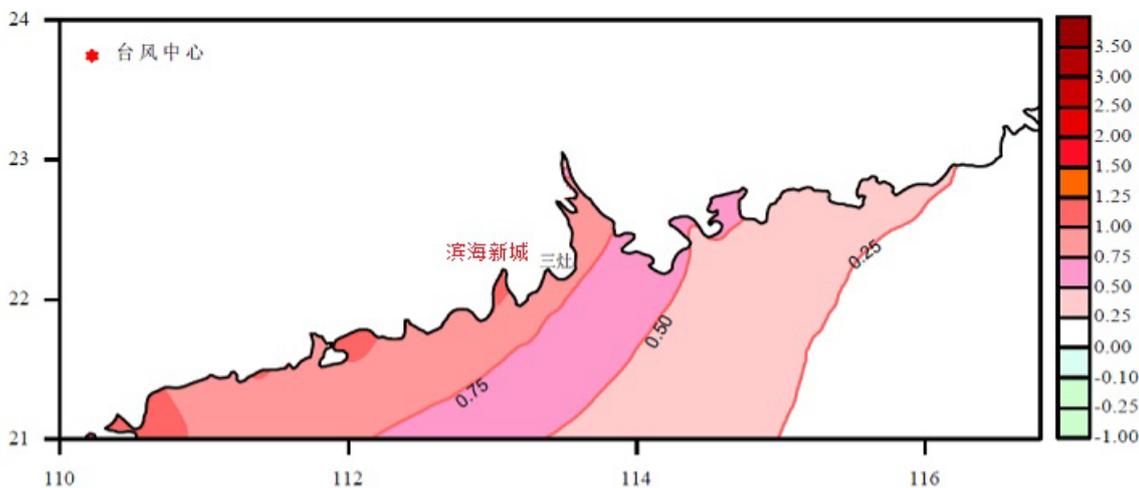


图 8.2-63 1117 台风增水分布图

8.2.2.4 1119 强台风“尼格”

1119 号台风“尼格”于 2011 年 9 月 28 日 02 时在菲律宾近海生成，10 月 2 日 14 时在南海东部海面上减弱为强热带风暴，4 日 12 时 30 分前后在海南省万宁市东澳镇沿海登陆，登陆时中心附近最大风力有 10 级(25m/s)，中心最低气压为 990hPa，台风路径见图 8.2-64。

图 8.2-65 为 1119 台风期间潮位过程线。由图可见，此次台风导致横门站、三灶站均出现 0.60m 左右的台风增水，两站的计算潮位过程与实测值吻合较好，计算高潮位能很好地反映两站实际的水位变化情况。

图 8.2-66 为 2011 年 10 月 2 日 10 时广东近岸水域台风增水分布。图中显示，台风推动海水向岸边增高，珠江口东侧出现超过 0.5m 台风增水，西侧增水大致在 0.65m 左右。

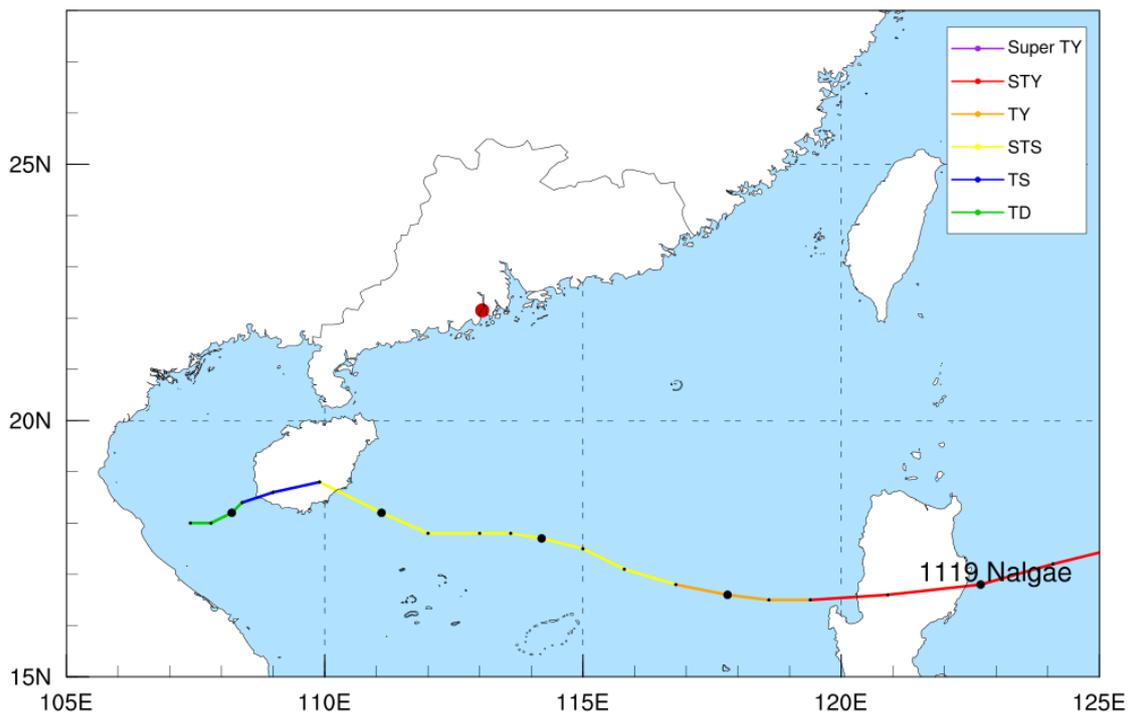


图 8.2-64 1119 强台风“尼格”路径

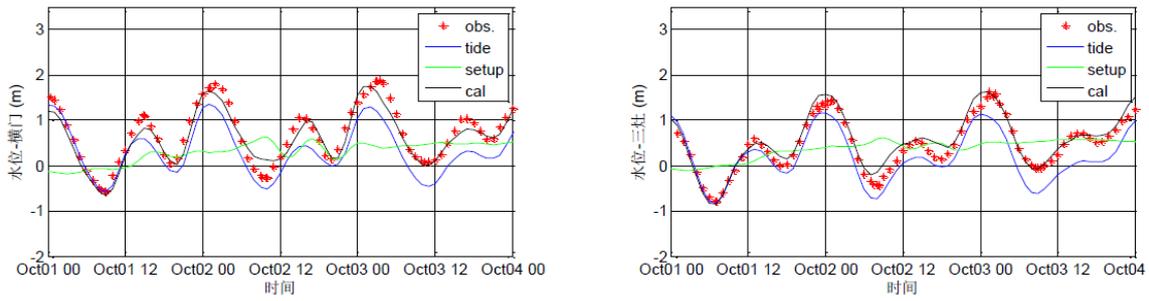


图 8.2-65 1119 强台风“尼格”期间潮位过程线

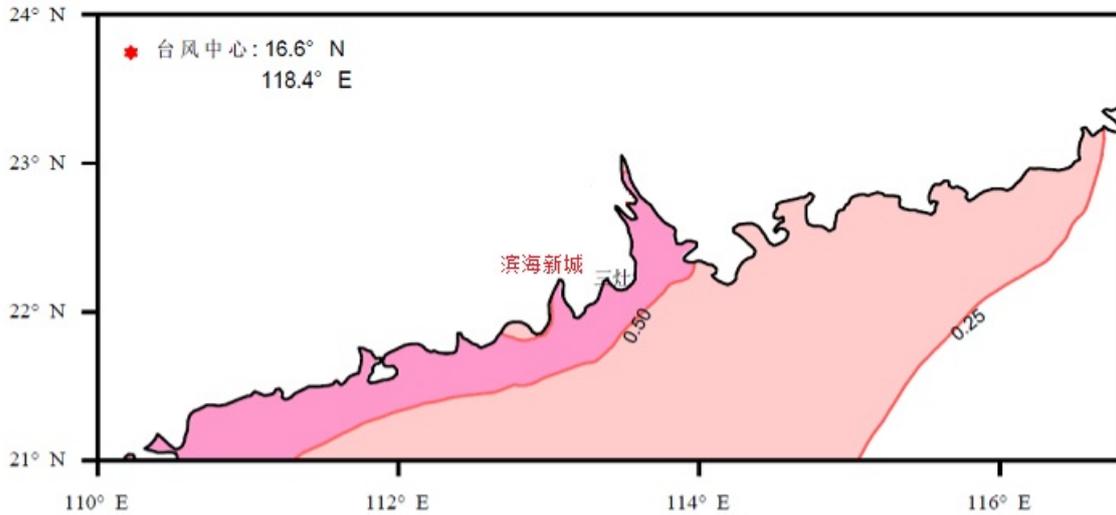


图 8.2-66 1119 台风增水分布图

8.2.2.5 1205 强热带风暴“泰利”

1205 号强热带风暴“泰利”于 6 月 17 日 23 时编号，此时台风中心位于海南岛以东洋面，19 日中午加强为强热带风暴，20 日 05 时减弱为热带风暴，20 日 15 时“泰利”再次加强为强热带风暴，于 21 日凌晨前后从台湾海峡进入东海，随即减弱为热带风暴，21 日 05 时继续减弱为热带低压，台风路径见图 8.2-67。此次台风经由珠江口外自西南向东北行进，均南沙最近时最低气压为 985hPa。

图 8.2-68 为 1205 台风期间，横门站、三灶站潮位过程线。由图可见，两站综合潮位与实测值较为吻合，“泰利”引起两站的台风最高增水在 0.40m 左右。图 8.2-69 为 2012 年 6 月 18 日 19 时广东省近岸水域台风增水分布。

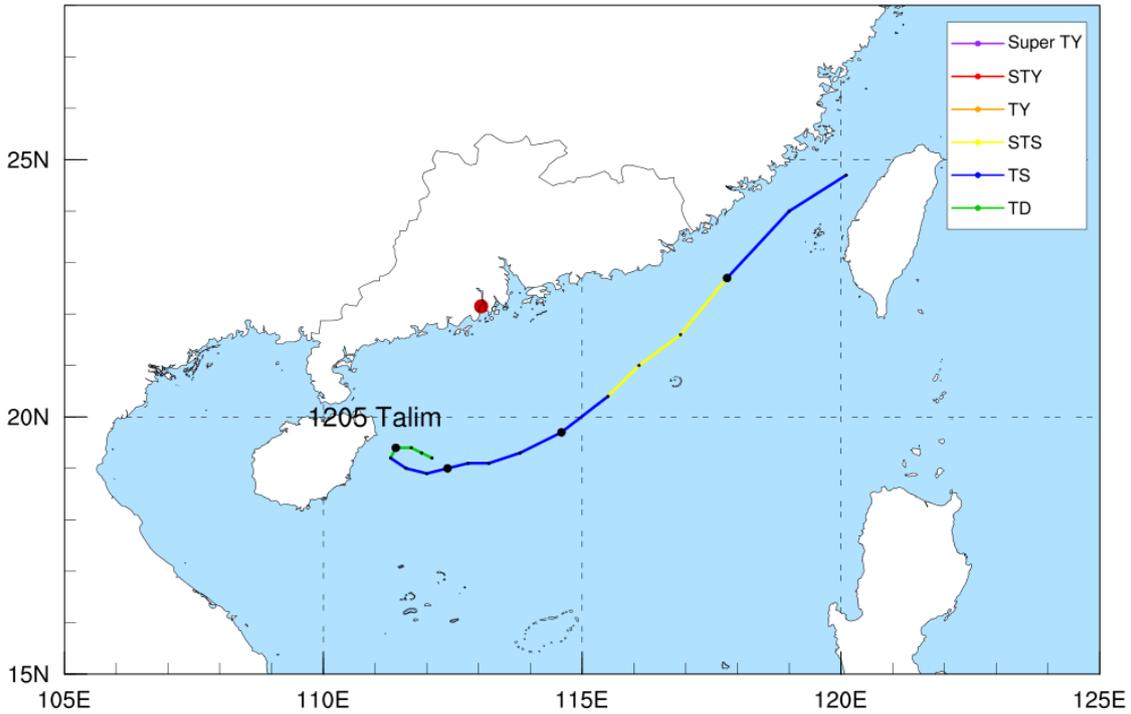


图 8.2-67 1205 强热带风暴“泰利”路径

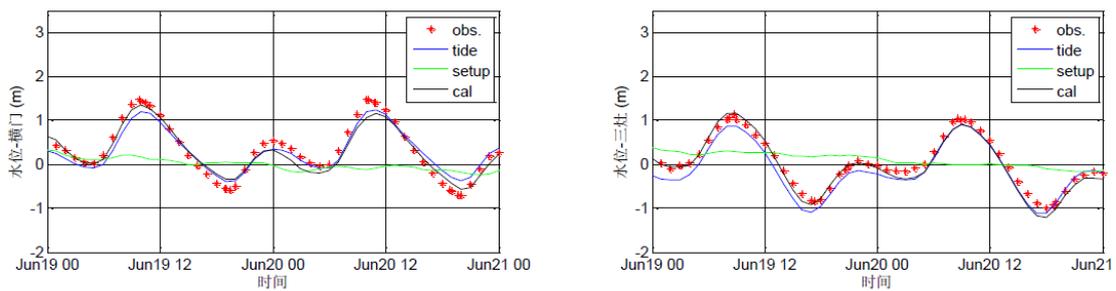


图 8.2-68 1205 强热带风暴“泰利”期间潮位过程线

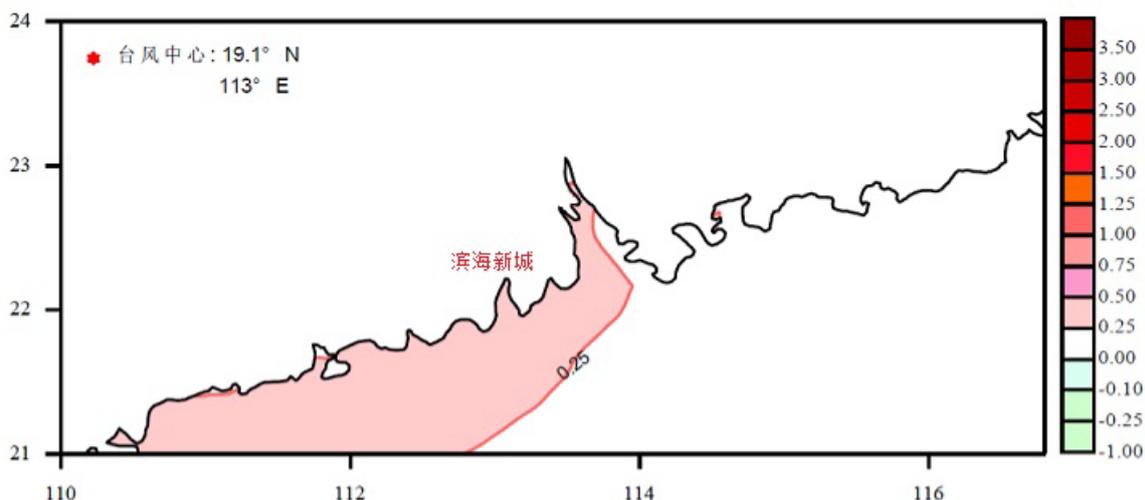


图 8.2-69 1205 台风增水分布图

8.2.2.6 1206 强热带风暴“杜苏芮”

2012年6月26日20时，今年第6号热带风暴“杜苏芮”在菲律宾以东洋面生成，28日凌晨，“杜苏芮”加强为强热带风暴，29日凌晨进入南海东北部海面。6月30日2时30分前后在广东省珠海市南水镇沿海登陆，登陆后迅速减弱，06时减弱为热带低压，台风路径见图8.2-70。

图8.2-71为1206台风期间横门站、三灶站潮位过程线。由图可知，台风登陆2小时后两站均出现最大增水，两站的综合潮位过程与实测值较为吻合。

图8.2-72为2012年6月30日5时广东近岸水域台风增水分布图，此时台风中心已登陆2小时。台风推动海水向珠江口内涌入，造成珠江口内水位上升幅度高于珠江口外，三灶站及滨海新城区域最大增水在0.6m左右。

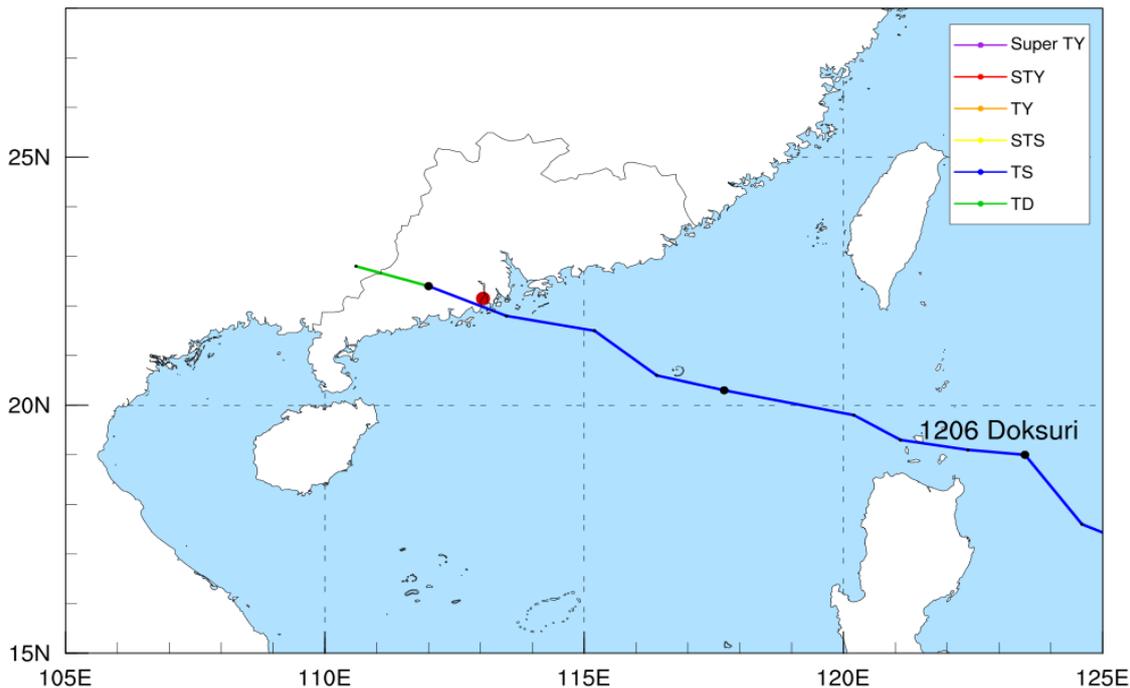


图 8.2-70 1206 强热带风暴“杜苏芮”路径

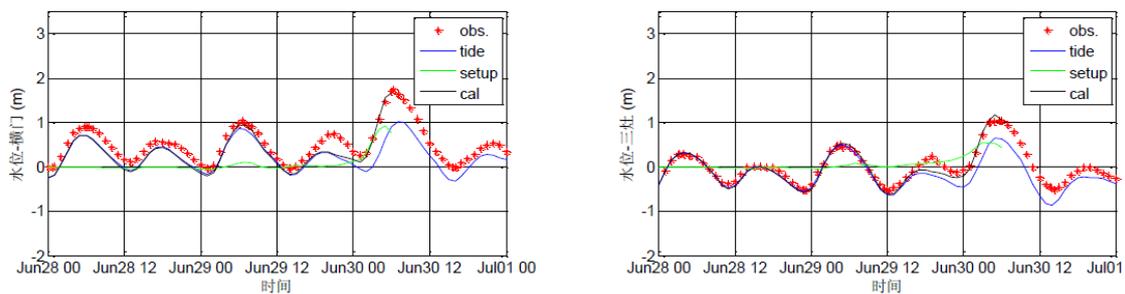


图 8.2-71 1206 强热带风暴“杜苏芮”期间潮位过程线

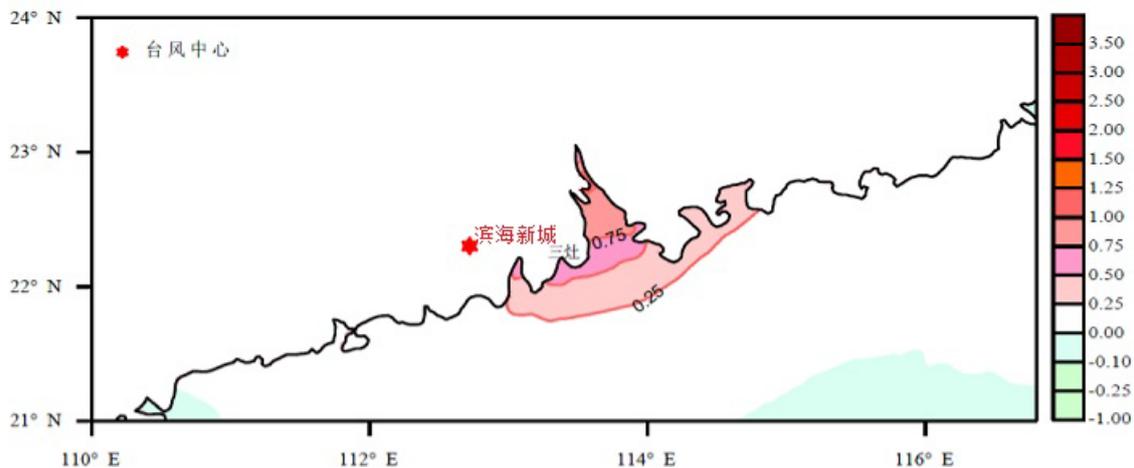


图 8.2-72 1206 台风增水分布图

8.2.2.7 1208 台风“韦森特”

1208 号台风“韦森特”于 2012 年 7 月 20 日 08 时在菲律宾东部海域生成，21 日 23 时在南海东北部海面上加强为热带风暴，22 日 17 时加强为强热带风暴，23 日 10 时加强为台风。7 月 24 日 04 时 15 分前后，“韦森特”在广东省台山市赤溪镇沿海登陆，登陆时中心附近最大风力有 13 级（40m/s），中心最低气压为 955hPa。登陆后，“韦森特”向偏西方向移动，随后于当天 9 时，“韦森特”在广东省云浮市境内减弱为强热带风暴，14 时进入广西区玉林市境内并减弱为热带风暴，23 时在广西南宁市境内减弱为热带低压，台风路径见图 8.2-73。7 月 24 日凌晨，珠江口一带潮位站全线超过当地警戒潮位，个别站点出现接近历史实测最高潮位。7 月 23 日 8 时至 24 日 8 时，珠江口一带沿海出现 1.38~2.41m 的风暴增水，并出现超过警戒潮位 0.08 至 1.11m 的高潮位，三灶站年出现 2012 年极值水位 2.63m。

图 8.2-74 为 1208 台风期间横门站、三灶站潮位过程线，三灶站计算综合潮位与实测值相差较大。

图 8.2-75 为 2012 年 7 月 24 日 6 时广东近岸台风增水分布图。此次台风导致珠江口及附近水域水位上升，珠江口内西侧台风增水幅度高于东岸。

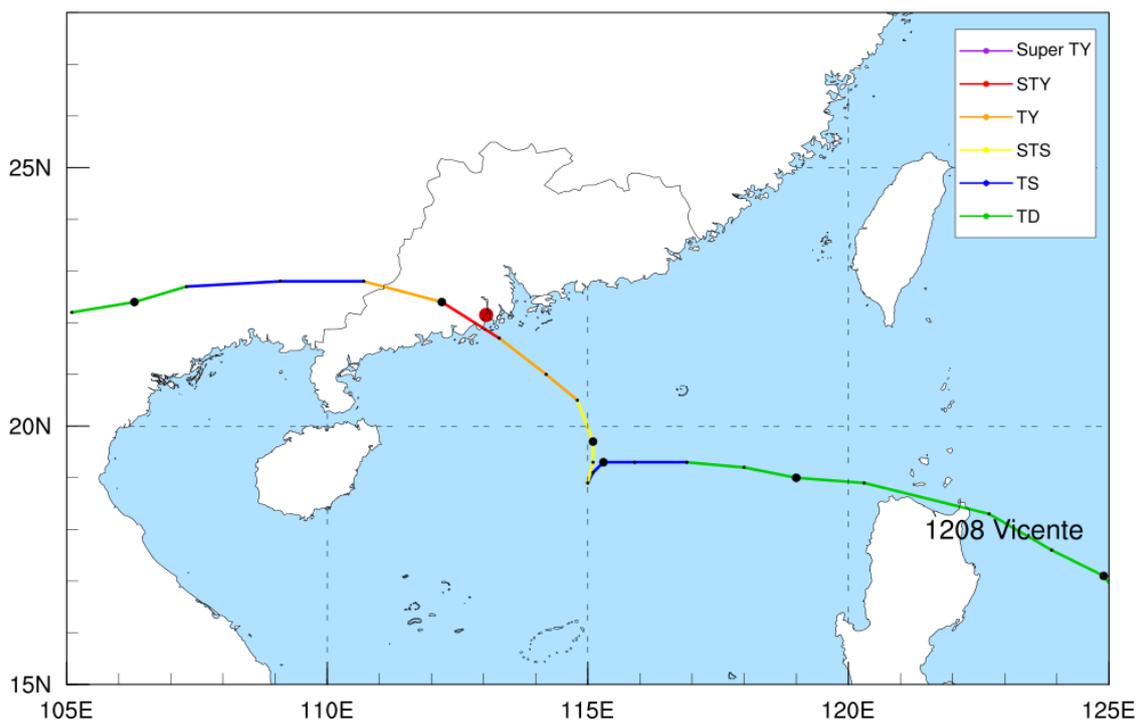


图 8.2-73 1208 台风“韦森特”路径

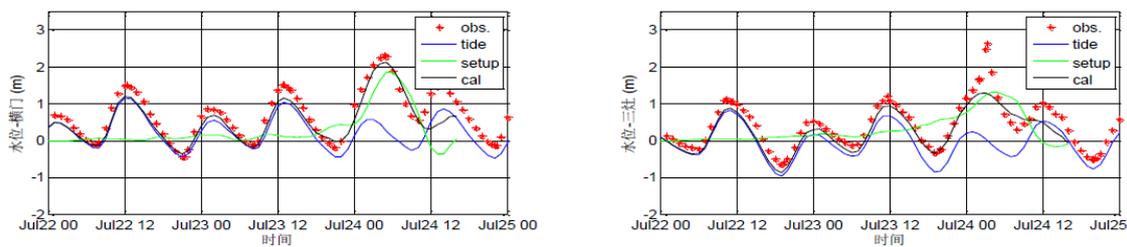


图 8.2-74 1208 台风“韦森特”期间潮位过程线

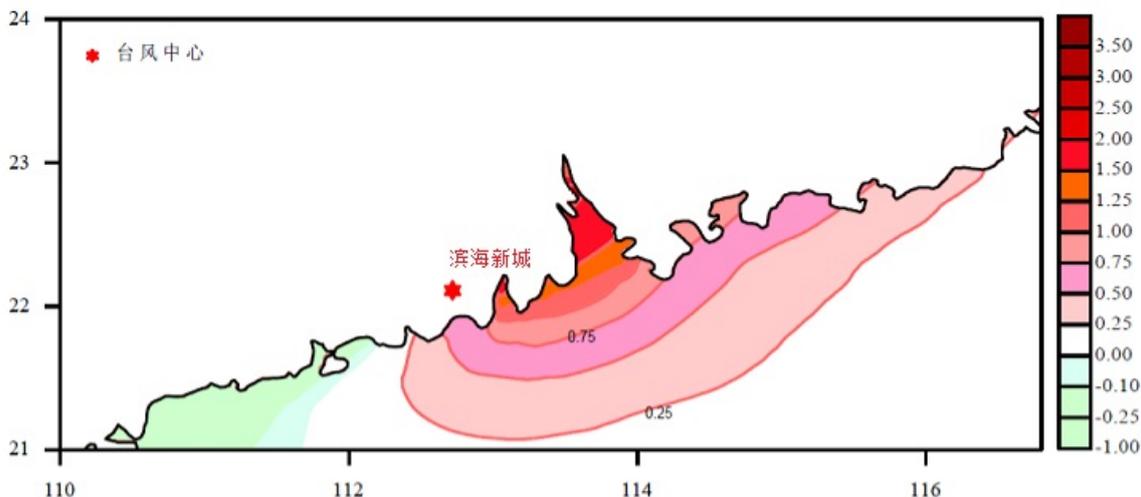


图 8.2-75 1208 台风增水分布图

8.2.2.8 1213 台风“启德”

2012年8月13日，1113号热带风暴“启德”在菲律宾以东洋面上生成，14日23时在菲律宾吕宋岛近海加强为强热带风暴，15日04时前后在菲律宾吕宋岛帕拉南附近沿海登陆，当日17时进入南海东北部海面，16日在南海北部海面加强为台风，于17日12时30分前后在广东省湛江市湖光镇沿海二次登陆。登陆广东后，“启德”穿过雷州半岛，进入北部湾海面，台风路径见图8.2-76。

图8.2-77为1213台风期间横门站和三灶站潮位过程线，两站的综合潮位过程与实测值很接近。由图可见，8月17日5时横门站和三灶站出现近1.0m的增水，此时各站正逢天文潮低潮，随着台风中心继续西行，17日10时两站出现该场台风期间的实测潮位最高值，三灶站实测高潮位为1.54m、综合潮位最高值为1.55m，此时台风增水为0.61m。

图8.2-78为2012年8月17日5时广东近岸水域台风增水分布图，台风导致珠江口两侧水域水位升高，珠江口内台风增水幅度超过0.75m，珠江口西侧水位上升幅度大于东侧水域，香港尖鼻咀增水增水为0.60m，滨海新城区域增水在1m左右。

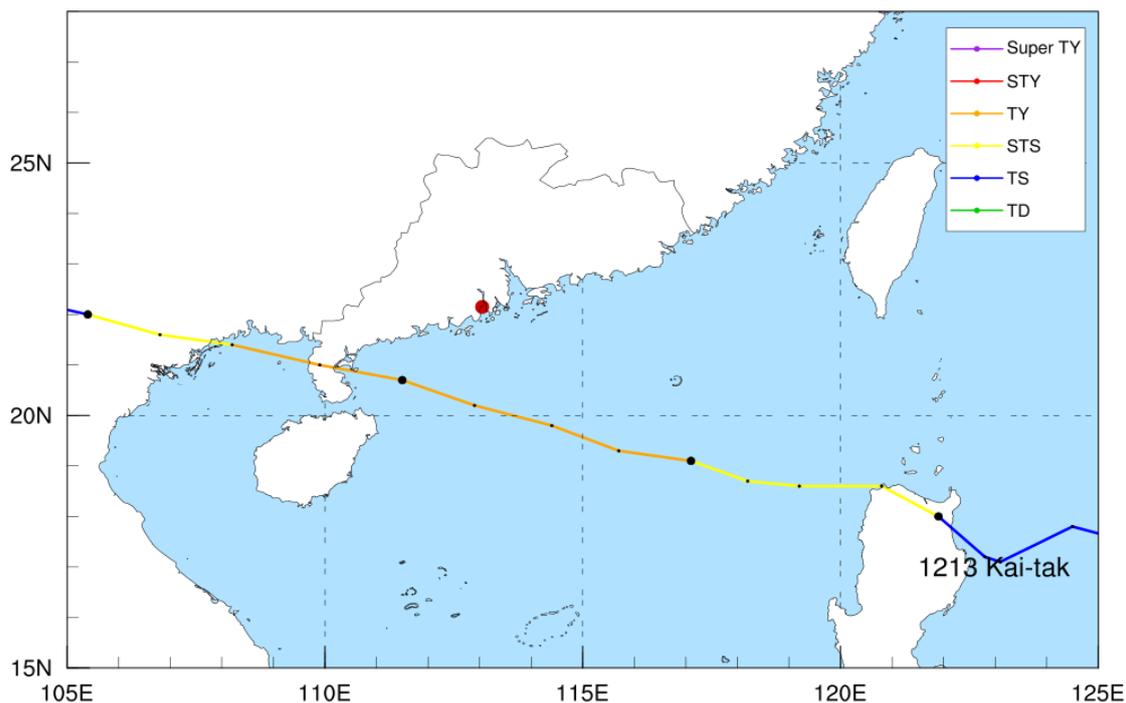


图 8.2-76 1213 台风“启德”路径

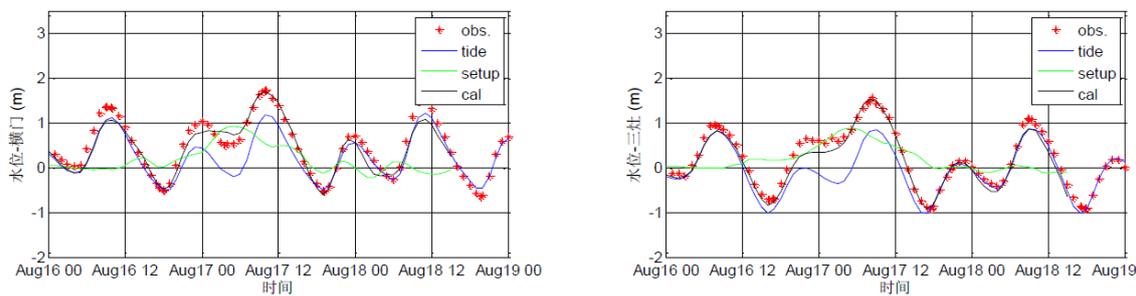


图 8.2-77 1213 台风“启德”期间潮位过程线

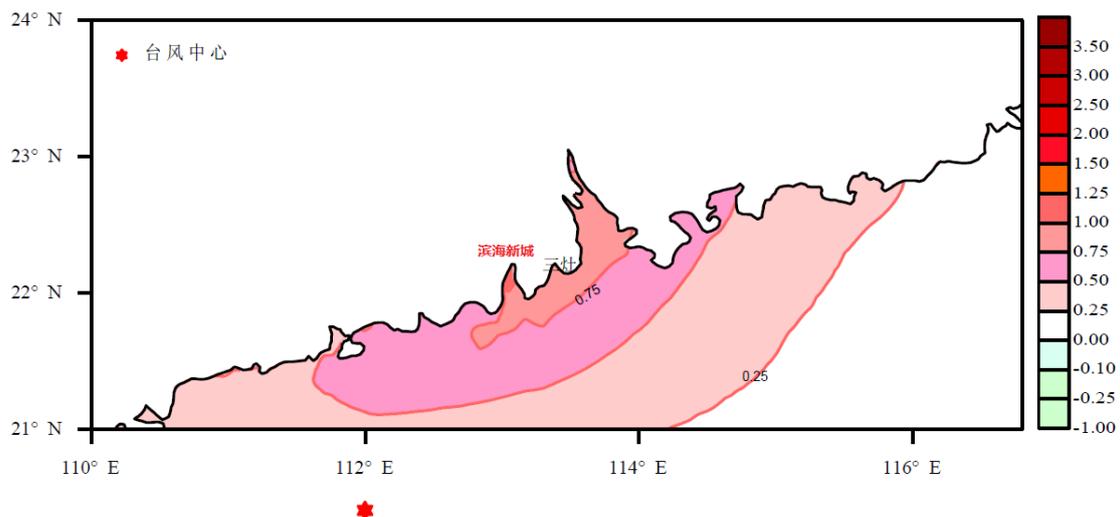


图 8.2-78 1213 台风增水分布图

8.2.2.9 风暴潮数值模型后报成果统计

对 2011 年和 2012 年影响三灶站的历次台风进行台风风暴潮模型后报检验，并统计三灶站台风期间高潮位及其相对误差，列于表 8.2-4。从统计结果来看，三灶站的综合潮位与实测潮位较为接近，除 1108 和 1208 外相对误差均在 15% 以内，后报精度总体令人满意，符合模型计算潮位合格率 70% 的要求。

表 8.2-4 三灶站风暴潮数值模型后报成果统计

| 台风编号及潮型 | | | 实测潮位 (m) | 计算综合潮位 (m) | 绝对误差 (m) | 相对误差 (%) |
|------------|------|----|----------|------------|----------|----------|
| 1 | 1104 | 小潮 | 1.01 | 0.95 | 0.06 | 6 |
| 2 | 1108 | 大潮 | 1.58 | 1.32 | 0.26 | 16 |
| 3 | 1117 | 大潮 | 1.92 | 1.73 | 0.19 | 10 |
| 4 | 1119 | 中潮 | 1.63 | 1.62 | 0.01 | 1 |
| 5 | 1205 | 大潮 | 1.01 | 1.00 | 0.01 | 1 |
| 6 | 1206 | 中潮 | 1.12 | 1.15 | 0.03 | 3 |
| 7 | 1208 | 中潮 | 2.63 | 1.30 | 1.33 | 51 |
| 8 | 1213 | 大潮 | 1.54 | 1.55 | 0.01 | 1 |
| 相对误差平均 (%) | | | | | | 11.1 |

8.2.3 假想台风构建及其增水计算

每场台风的特性，如强度、最大风速、大风半径、移动速度、路径，以及遭遇的天文潮等都千差万别，属随机事件。

在沿海重大工程项目建设和防灾规划制定时，应充分考虑风暴潮袭击的频繁程度和可能最大台风增水。我国正在兴建和在建的核电站设计高潮位是按照国际标准确定的，即最大天文潮加上可能最大台风增水。当然，不是所有的防潮工程都应该按照核电站的标准确定，应该根据海堤保护对

象的重要程度，选择合理的海堤设计标准。银湖湾新城是江门东部重点片区，银湖湾滨海新城定位是珠江西岸粤港澳合作平台、传承侨文化的生态宜居新城，为保障地区经济安全高效发展，海岸防洪防潮工程中适当考虑可能最大台风增水是必要的。

根据三灶站历史台风和潮位资料，构建出对江门滨海新城可能出现的最不利的假想台风，考察其可能出现的最大增水，可供防汛规划参考。本项目采用核电站厂址地坪标高论证的《核安全导则》中建议采用的统计法。

统计法是根据可以在特定海岸地区发生最大持续风速所选择的气象参数值的组合，以这些气象参数值，能够构造可能最大台风。可能最大台风的主要参数包括：台风中心气压、最大风速半径、台风移动速度以及台风登陆时与海岸的交角。这些参数和台风可能移动的路径不是虚构的，而是依据统计方法计算后得到的，是可能发生的各种不利情况的组合。该方法主要参考尹庆江、王喜年等在《镇海可能最大台风增水的计算》中提出的方法。

(1) 台风中心气压 p_0

Δp 为台风外围不受台风影响处的气压 p_∞ （或正常气压）和台风中心气压两者之差， p_∞ 取我国沿海夏季海平面气压的平均值（1008hPa）， Δp 取千年一遇的数值。表 8.2-5 给出了在研究区域内出现并登陆的台风中心气压最低值组成的 p_0 系列，资料系列取 1960~2018 年共计 59 年。对 Δp 系列进行 PIII 型频率分析（图 8.2-79），主要重现期结果列于表 8.2-6，其中 1000 年一遇中心气压为 914hPa，100 年一遇中心气压为 930hPa。

表 8.2-5 登陆台风中心气压 p_0 频率的统计

| m | 台风编号 | p_0 (hPa) | $P=m/(n+1)$ | m | 台风编号 | p_0 (hPa) | $P=m/(n+1)$ |
|---|------|-------------|-------------|----|------|-------------|-------------|
| 1 | 6903 | 936 | 1.9 | 28 | 6706 | 970 | 51.9 |
| 2 | 0814 | 940 | 3.7 | 29 | 7411 | 970 | 53.7 |
| 3 | 9615 | 940 | 5.6 | 30 | 7513 | 970 | 55.6 |

续表 8.2-5

| m | 台风编号 | p_0 (hPa) | $P=m/(n+1)$ | m | 台风编号 | p_0 (hPa) | $P=m/(n+1)$ |
|----|------|-------------|-------------|----|------|-------------|-------------|
| 4 | 6213 | 944 | 7.4 | 31 | 7610 | 970 | 57.4 |
| 5 | 9107 | 950 | 9.3 | 32 | 9009 | 970 | 59.3 |
| 6 | 9315 | 955 | 11.1 | 33 | 9710 | 970 | 61.1 |
| 7 | 1208 | 955 | 13.0 | 34 | 0103 | 970 | 63.0 |
| 8 | 7908 | 958 | 14.8 | 35 | 1003 | 970 | 64.8 |
| 9 | 6415 | 960 | 16.7 | 36 | 7313 | 974 | 66.7 |
| 10 | 8116 | 960 | 18.5 | 37 | 6103 | 974 | 68.5 |
| 11 | 8217 | 960 | 20.4 | 38 | 8805 | 975 | 70.4 |
| 12 | 9509 | 960 | 22.2 | 39 | 0313 | 975 | 72.2 |
| 13 | 0601 | 960 | 24.1 | 40 | 7011 | 976 | 74.1 |
| 14 | 1117 | 960 | 25.9 | 41 | 8607 | 978 | 75.9 |
| 15 | 8007 | 961 | 27.8 | 42 | 9910 | 978 | 77.8 |
| 16 | 8309 | 963 | 29.6 | 43 | 9207 | 980 | 79.6 |
| 17 | 6311 | 965 | 31.5 | 44 | 9419 | 980 | 81.5 |
| 18 | 6808 | 965 | 33.3 | 45 | 0214 | 980 | 83.3 |
| 19 | 7114 | 965 | 35.2 | 46 | 0013 | 982 | 85.2 |
| 20 | 7220 | 965 | 37.0 | 47 | 8702 | 983 | 87.0 |
| 21 | 7812 | 965 | 38.9 | 48 | 0508 | 984 | 88.9 |
| 22 | 8515 | 965 | 40.7 | 49 | 6605 | 986 | 90.7 |
| 23 | 8410 | 965 | 42.6 | 50 | 9803 | 986 | 92.6 |
| 24 | 0906 | 965 | 44.4 | 51 | 0409 | 990 | 94.4 |
| 25 | 6508 | 968 | 46.3 | 52 | 0707 | 990 | 96.3 |
| 26 | 8926 | 968 | 48.1 | 53 | 7712 | 995 | 98.1 |
| 27 | 6001 | 970 | 50.0 | | | | |

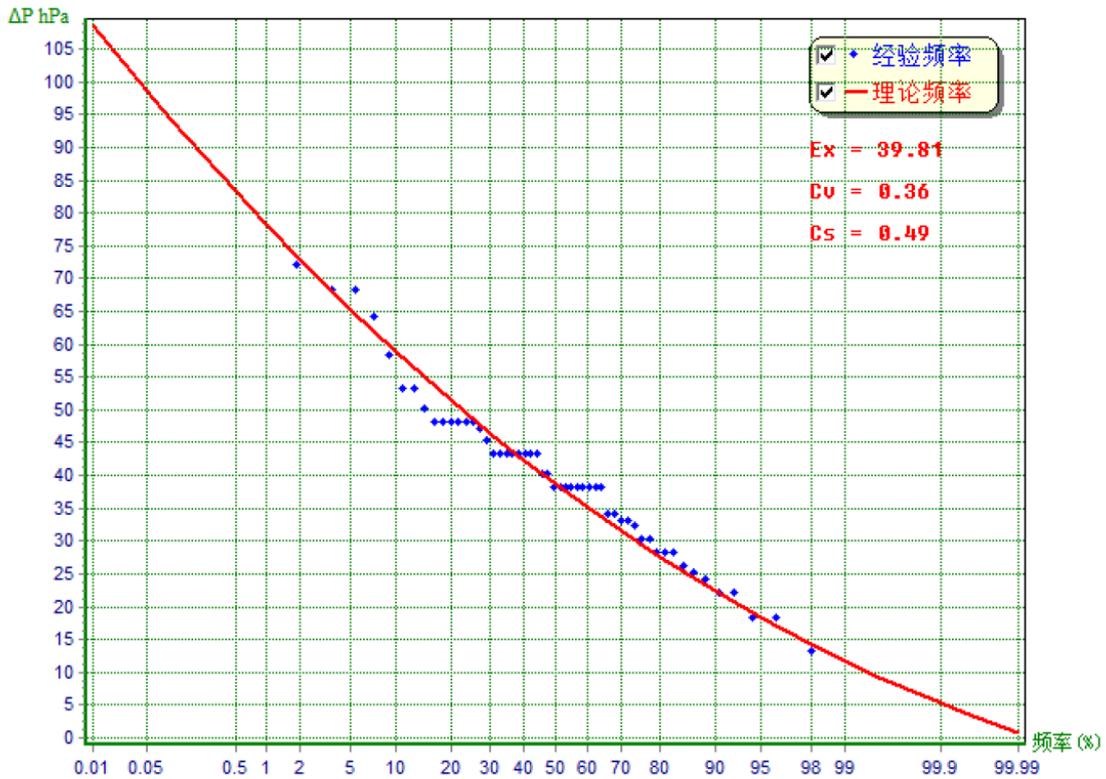


图 8.2-79 台风中心最低气压与外围气压差 (Δp) 频率曲线 (PⅢ型)

表 8.2-6 登陆台风中心气压频率计算成果

| P (%) | 0.01 | 0.1 | 0.5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 90 | 95 | 99 |
|------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| p_0 (hPa) | 899 | 914 | 925 | 930 | 935 | 943 | 939 | 957 | 969 | 986 | 990 | 996 |
| Δp (hPa) | 109 | 94 | 83 | 78 | 73 | 65 | 69 | 51 | 39 | 22 | 18 | 12 |

(2) 台风的移动速度 v_F

台风中心的移动速度 v_F 是重要的台风参数之一。台风风暴数值模式的研究成果表明，对于开阔水域，登陆台风或紧靠岸边又平行于海岸移动的台风，台风移动速度越快，台风风暴增水越大。统计表 8.2-5 中所列前十位台风登陆前一日中心平均移动速度，可以获得最大移速为 37km/h，最小移速为 10km/h，平均为 24.5km/h。在进行可能最大台风计算时，台风中心移动速度取其均值 24.5km/h。

(3) 最大风速半径 R

台风最大风速半径是指台风中心到出现最大风速处的半径距离，是衡量台风尺度的重要参数之一，也是风暴潮模式计算时所采用的台风气压场和风场的重要参数之一。

按照美国格雷厄姆（Graham）和纽恩（Nunn）提出的经验公式：

$$R = 28.52th[0.0873(\varphi - 28)] + 12.22 \exp\left[\frac{P_0 - 1013.2}{33.86}\right] + 0.2V_F + 37.22 \quad (7.22)$$

V_F 是台风中心移动速度，取在研究区域内登陆、其强度位于前十位的台风登陆前一日平均移动速度， $V_F = 24.5\text{km/h}$ ； φ ：地理纬度，取 22.74°N ； P_0 ：台风中心气压，取 914hPa 。计算得到最大风速半径 R 为 31km 。

(4) 可能最大台风移动路径

设计台风路径时，需确定台风登陆地点和台风移动方向两个要素。为构造假想台风，搜寻近 60 年影响南海的台风，从台风强度和致灾严重程度来看，1208 台风和 0814 台风造成三灶站超过 260cm 的增水。在设计登陆点时，考虑 0814 的电白登陆点和 1208 台风的台山登陆点。另外，在 1960~2012 年间，共有 12 场台风登陆阳江，例如 7610 台风、8404 台风、0218 台风等，鉴于遭受台风侵袭的频繁程度，取 0218 台风在阳江的登陆位置作为设计台风登陆点。珠江口西侧的珠海、澳门是经常受台风侵扰的区域，其中登陆澳门的 6411 台风“艾达”强度大，最低气压 925hPa ，登陆时中心气压 972hPa ，中心附近最大风速 33m/s ，取澳门作为登陆点之一。

研究发现，导致三灶站出现大幅增水的台风均为西行偏北方向、珠江口以西登陆。在台风路径设计时，选取 $270^\circ \sim 350^\circ$ 之间、间隔 10° 共计 9 个台风行进方向、四个登陆点进行风暴潮增水数值实验，以获取可能最大台风的路径。数值试验方案绘于图 8.2-80，图中红色圆点为四个设计台风登陆点。

表 8.2-7 列出各设计方案下三灶站增水值。由表可知，不同登陆方案，形成最大增水的台风行进方向不同。如台风登陆地点与 0814 台风相同，台风行进方向为 280° 时引起三灶站增水最大，为 2.85m，该移动方向与 0814 登陆前台风的行进方向一致；如台风在阳江登陆，行进方向为 290° 时三灶站最大增水 3.10m；如台风在台山登陆，行进方向为 310° 时三灶站最大增水达 3.56m，与 1208 台风登陆前的移动方向也较为一致；澳门登陆方案下，台风移动方向在 $290^{\circ} \sim 300^{\circ}$ 之间时引起的三灶站最大增水 3.36m。

用三灶站风暴潮增水数学模型，对不同台风设计路径模拟结果比较可见：台风在台山登陆、行进方向为 310° 时，将造成三灶站最大台风增水 3.56m，取其为可能最大台风设计路径，如图 8.2-81 中的蓝色点划线所示。

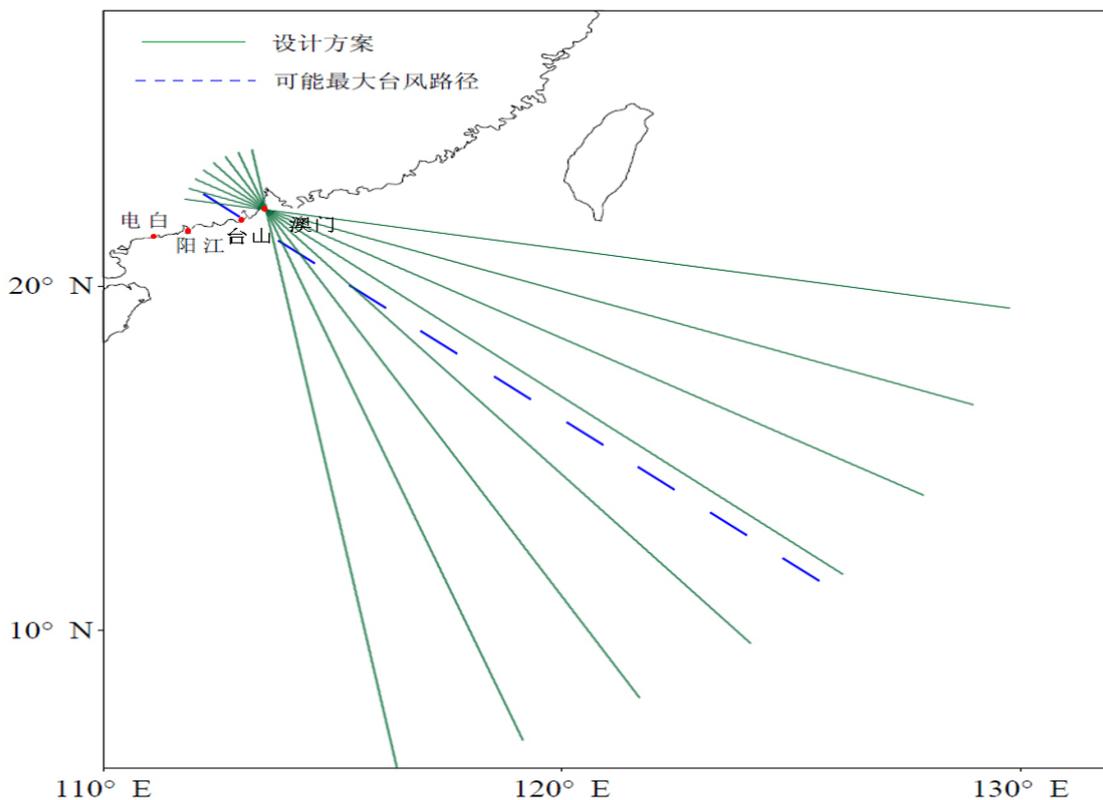


图 8.2-80 可能最大台风路径设计方案及可能最大台风移动路径

表 8.2-7 不同计算方案下三灶站台风增水数值试验结果 (m)

| 登陆点 行进方向 (°) | 电白 (0814 登陆点) | 阳江 (0218 登陆点) | 台山 (1208 登陆点) | 澳门 (6411 登陆点) |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 270 | 2.80 | 2.91 | 3.08 | 3.05 |
| 280 | 2.85 | 3.08 | 3.30 | 3.22 |
| 290 | 2.72 | 3.10 | 3.45 | 3.36 |
| 300 | 2.38 | 3.07 | 3.51 | 3.36 |
| 310 | 2.38 | 3.02 | 3.56 | 3.26 |
| 320 | 2.16 | 2.89 | 3.52 | 3.09 |
| 330 | 2.09 | 2.78 | 3.39 | 2.85 |
| 340 | 2.09 | 2.77 | 3.29 | 2.57 |
| 350 | 2.09 | 2.76 | 3.20 | 2.21 |

(5) 可能最大台风增水数值模拟

根据以上确定的可能最大台风的参数： $P_0=914hPa$ ， $R =31km$ ， $V_F=24.5 km/h$ ，登陆地点为台山，移动方向为 310° ，进行风暴潮数值模拟，绘制可能最大台风登陆 6 小时广东省近岸水域台风增水分布图。台风中心位置如图 8.2-81 中红色“*”所示。图中显示，台风引起三灶站增水超过 3.0m。

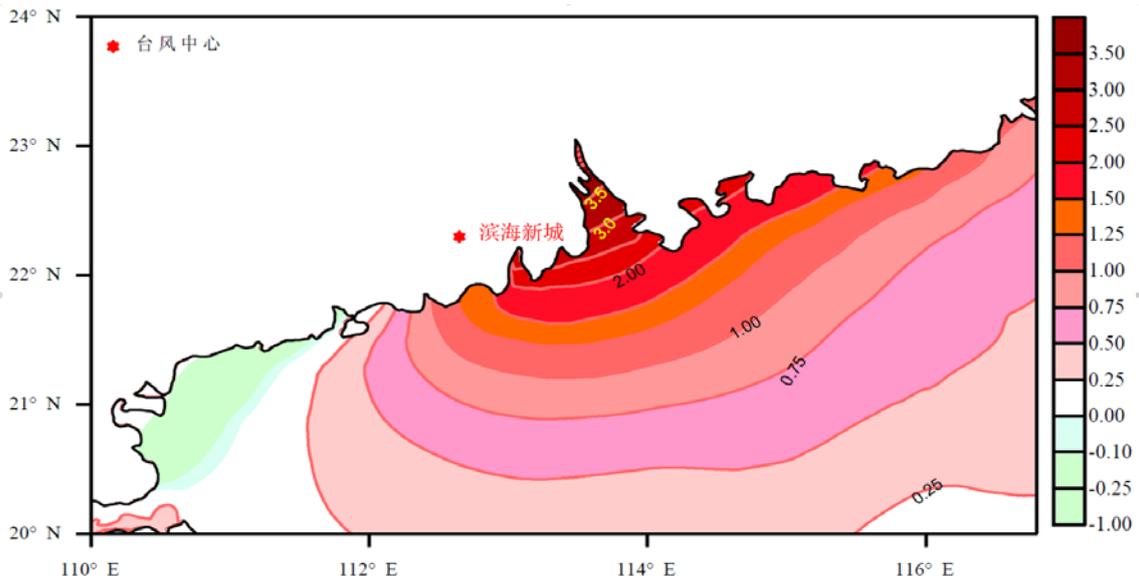


图 8.2-81 可能最大台风增水分布 (广东省近岸水域, 台风登陆后 6 小时)

(6) 可能最大台风增水验证

2017年8月20日02时，台湾东南洋面有热带低压生成，14时加强为当年第13号台风“天鸽”，后向西偏北方向移动，22日08时加强为强热带风暴级，22日早晨移入南海，22日15时加强为台风级，23日07时加强为强台风级，23日12时50分以强台风级在珠海金湾区沿海登陆，登陆后继续向西偏北方向移动，先后移经江门、阳江、茂名、云浮，23日15时在江门台山市境内减弱为台风级，23日20时以强热带风暴级进入广西境内，23日22时在广西北流市境内减弱为热带风暴级，24日14时在广西百色市境内减弱为热带低压。“天鸽”是1965年以来登陆珠江三角洲的最强台风，也是当年登陆我国的最强台风，具有“快速西移、近海加强、风强雨大”的特点。

2018年9月7日20时第22号台风“山竹”在西北太平洋生成，9日02时加强为强热带风暴，9日08时加强为台风，10日20时加强为强台风，11日08时加强为超强台风。15日凌晨2时10分在菲律宾吕宋岛东北部沿海地区登陆，09时减弱为强台风，16日17时以强台风级（45米/秒）在广东江门台山沿海地区登陆，20时减弱为台风，23时移入广西，17日04时减弱为强热带风暴，07时减弱为热带风暴。“山竹”是2018年登陆广东省最强的台风，也是2018年登陆我国最强的台风，具有“台风块头大强度强、大风范围广持续长、特大暴雨点多面广”特点。

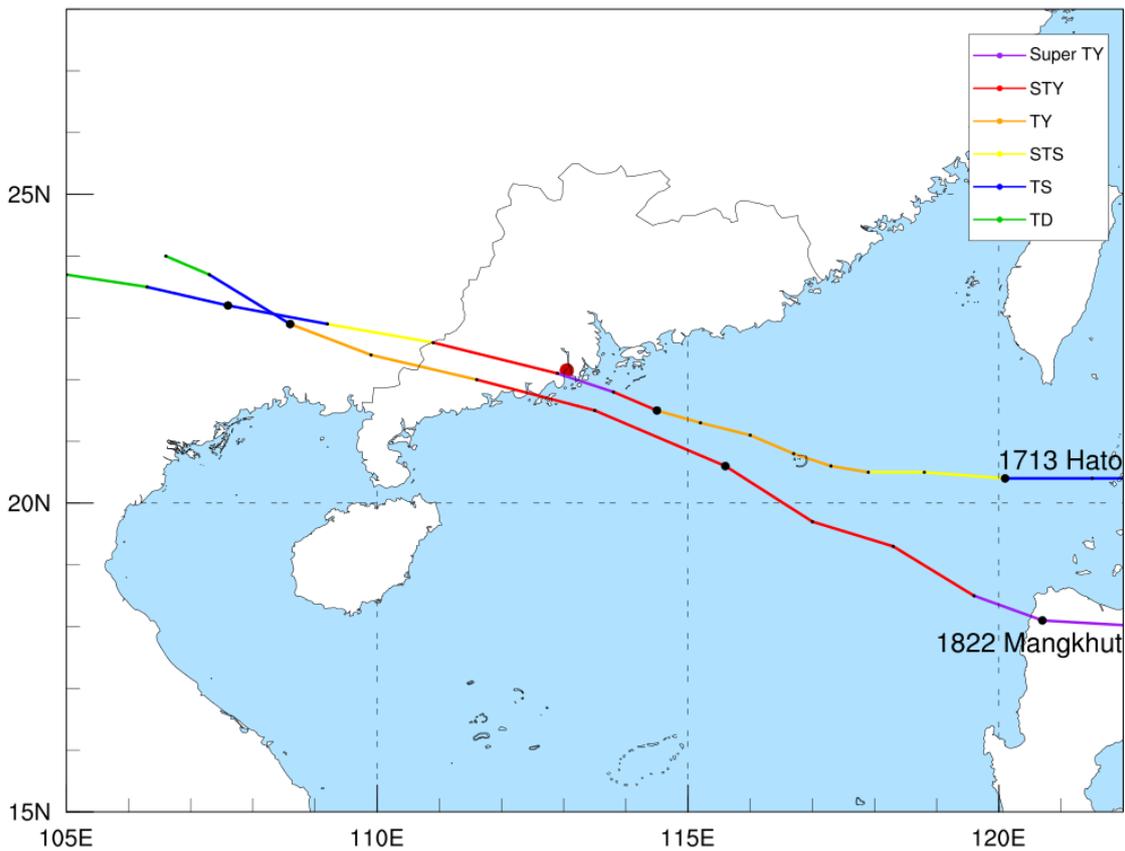


图 8.2-82 1713 “天鸽”及 1822 “山竹”台风路径图

两次台风路径图如图 8.2-82 所示，两次台风登陆点和强度以及移动方向都符合上述假想台风模型。“天鸽”影响期间，三灶站实测最高潮位 2.74m，为 50~100 年一遇，极值增水 1.86m，为 10~25 年一遇；“山竹”影响期间，三灶站实测最高潮位 3.37m，为 200~500 年一遇，极值增水 2.84m，为 50~100 年一遇。与计算方案下强台风级别在台上登陆引起的计算结果一致。

8.3 江门滨海新城风暴潮风险评估对策与建议

本次风暴潮灾害风险评估的目标是银湖湾滨海新城核心区，核心区范围位于银湖湾滨海新城的南部，主要为银湖湾的围垦区，北至古兜山麓，东侧和南侧以黄茅海为界，西至江门市区边界，规划面积约 65 平方公里。核心区的防洪堤高度大约为基于珠基 5.2m。

三灶站重现期最高潮位及极值增水见表 8.1-5；官冲站、西炮台站重现期最高潮位见表 8.1-6。

表 8.1-5 三灶站重现期最高潮位及极值增水（1984 年～2018 年资料）

| 重现期 (a) | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 | 2000 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 最高潮位 | 1.44 | 1.78 | 2.21 | 2.51 | 2.80 | 3.09 | 3.46 | 3.73 | 4.00 |
| 极值增水 | 1.09 | 1.46 | 2.05 | 2.56 | 2.95 | 3.48 | 4.66 | 4.92 | 5.62 |

表 8.1-6 官冲站、西炮台站重现期最高潮位

| 重现期 (a) | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| 官冲站 | 0.94 | 1.17 | 1.46 | 1.66 | 1.86 | 2.05 |
| 西炮台站 | 0.67 | 0.89 | 1.15 | 1.35 | 1.54 | 1.73 |

参考滨海新城经济建设基本情况，风暴潮灾害风险评估同样采用中华人民共和国国家标准 GB/T 27921-2011《风险管理风险评估技术》中的风险矩阵法（具体方法详见 6.2.1 节“暴雨灾害风险评估方法”），通过对项目所在区域风暴潮灾害发生的可能性、灾害事件后果的严重性等进行分析，在此基础上对项目所在区域的风暴潮灾害风险进行评估与分级，以期为滨海新城防潮抗灾建设提供决策支持。

风暴潮灾害事件发生可能性的计算以项目选取的三灶站历史观测数据为基础，使用数理统计方法对最高潮位概率分布函数进行拟合，进一步求出最高潮位超过特定值的概率。

本报告结合各气象站点历史观测数据进行计算分析后发现 Pearson-III 型概率分布函数的拟合效果较理想，也偏于安全，因此使用本方法计算不同重现期的最高潮位以及风暴潮灾害事件的发生概率。

风暴潮灾害事件后果损失的评估同样参照表 6.2-2 “灾害事件造成后果分析等级划分”，从风暴潮灾害事件对社会经济的影响来开展风暴潮灾害风险事件后果严重性评估及等级划分。

8.3.1 风暴潮灾害发生的可能性评估

根据调查资料显示，滨海新城建成部分海堤海拔高度为 5.2 米(珠基)，查询表 8.1-5，可知 500 年一遇的潮位为 3.46 米。建成部分海堤海拔高于 500 年一遇的潮位。结合项目所在区域台风“山竹”、“天鸽”登陆时及其他历史风暴潮灾情记录，本报告认为按照已建海堤基于珠基 5.2 米的标准建设未完工海堤，本地区可免受风暴潮直接影响。但需考虑高潮位时对排水系统的顶托作用，造成城市排水不顺畅，从而导致城市内涝。

通过现场勘查，江门滨海新城区域还有部分海堤未完成建设，在此前提下，按照表 6.2-1 给出的灾害风险可能性等级分值划分，项目所在区域风暴潮灾害发生的可能性等级为 1 级，即极可能发生。

若江门滨海新城区域按照现有基于珠基 5.2 米的标准建设区域所有海堤，则江门滨海新城区域风暴潮灾害发生的可能性等级为 4 级，即可能性很低。

8.3.2 风暴潮灾害发生的后果损失评估

由于项目所在区域属于台风灾害多发、易发区域，现有海堤尚未完全建设完成，因此台风灾害衍生的风暴潮灾害可能造成较严重的后果，综合考虑上文所述各种情形，结合表 6.2-2 灾害事件造成后果分析等级划分，确定风暴潮灾害对项目所在区域可能造成后果的等级为 1 级。

若江门滨海新城区域按照现有基于珠基 5.2 米的标准建设区域所有海堤，虽然区域发生风暴潮的可能性很低，但一旦发生，风暴潮灾害仍会对该区域造成严重后果，综合考虑上文所述各种情形，结合表 6.2-2 灾害事件

造成后果分析等级划分，确定风暴潮灾害对项目所在区域可能造成后果的等级为 2 级。

8.3.3 风暴潮风险可接受水平的确定

综合项目所在区域风暴潮灾害发生的可能性等级和后果等级，参照“表 6.2-4 灾害风险分级矩阵”，江门滨海新城区域尚未完全按照现有基于珠基 5.2 米的标准建设区域所有海堤，区域的风暴潮风险等级为 1 级，即红色极高风险；江门滨海新城区域在按照现有基于珠基 5.2 米的标准建设区域所有海堤后，区域的风暴潮风险指数为 8，即黄色中等风险。

8.3.4 风暴潮风险对策、措施与建议

(1) 江门市银湖湾滨海新城核心区属风暴潮灾害多发、易发区域，每年都可能发生多次风暴潮的影响，但因海堤建成标准高，受风暴潮直接影响低。但需考虑风暴潮形成的高潮位时对城市排水系统的顶托作用，造成城市排水系统排水不畅，从而导致城市内涝。

(2) 江门市银湖湾滨海新城核心区尚未按照基于珠基 5.2 米的标准建设所有海堤，剩余海堤建议按照现有标准尽快完成建设，以降低风暴潮灾害风险等级。

(3) 在项目设计阶段，建议充分考虑项目所在区域风暴潮灾害多发的特点，适当提高各类建筑、基础设施和园林树木防御风暴潮灾害的能力标准，加强风暴潮灾害防御能力，尽可能降低风暴潮引发灾害的可能。

(4) 在项目建设阶段，建议制定风暴潮灾害的应急预案，密切关注气象部门发布的台风预警信息以及海洋部门发布的实时、预测潮位数据，及时启动相关应急预案，降低因风暴潮灾害造成的财产损失和人员伤亡。

(5) 建立各级防御风暴潮责任制，加强对项目所在区域建筑物和设施的风暴潮安全隐患排查。

第九章 雷电灾害风险评估

9.1 雷电灾害分析

9.1.1 雷电灾害特征

(1) 资料与数据

本报告中雷电灾害资料采用的资料与数据来源于根据广东省防雷减灾管理办公室发布的 2012-2017 各年的《广东省雷电灾害典型实例汇编》。

(2) 雷电特征分析

美国国家海洋和大气总署（NOAA）在一份气象灾害影响评估报告中指出“lightning is "the most dangerous and frequently encountered weather hazard that most people experience each year."”，意指“雷电是大多数人每年都会经历的最危险和最频繁发生的天气危害”。

从气象学方面讲，雷电是伴随着强对流天气过程发生的一种灾害性天气现象，伴随一个典型雷暴的发生、发展及消退过程，雷电的生命史约为 1 个小时；从大气电学角度看，雷电是地球大气层中发生的电磁现象，闪电电磁场的主要特征表现为时变场，电流、电压随时间变化（ dI/dt ， dV/dt ）的速率极快，功率极高。电压可高达数百兆伏，电流达 400kA，中心温度达 30000°C，其电流的宽束能量是太阳表面的 6 倍，全球 50% 的雷电流平均约为 30kA。

根据雷暴日观测资料（新会气象观测站）统计，1984-2013 年，新会区共出现雷暴日数 2143 天，年平均雷暴日 71.4 天，其中 1997 年多达 95 天，最少的 1989 年也有 53 天，如图 9.1-1 所示。

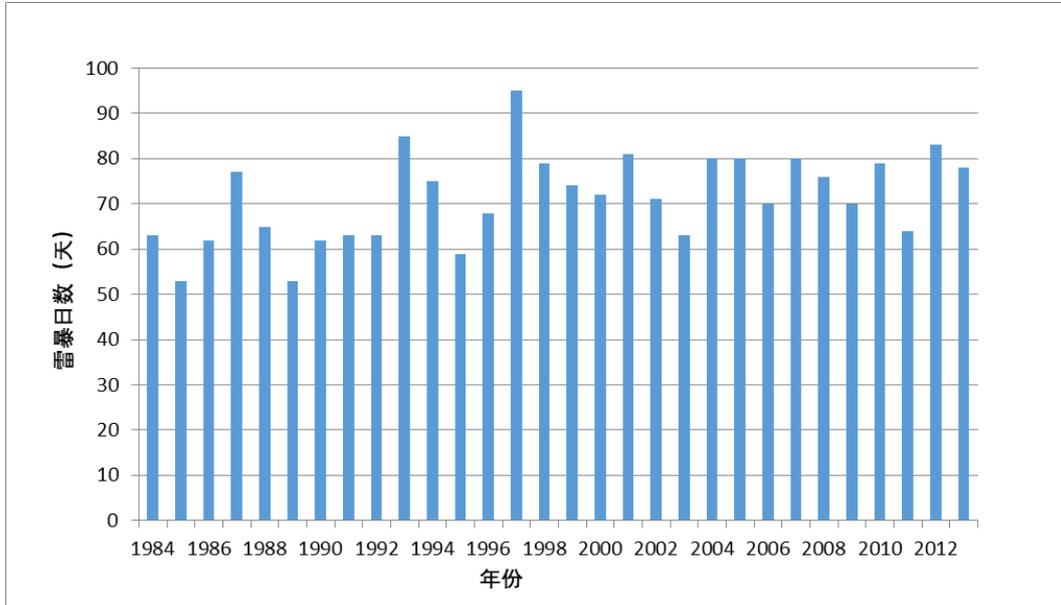


图 9.1-1 1984-2013 年江门市新会区逐年雷暴日数变化图

江门市新会区各月都可能出现雷暴。雷暴多发期在 4~9 月份，月平均超 5 天，6 至 8 月份为雷电高发期，月平均超 13 天，雷电月分布特征呈现双峰特性，8 月最强。

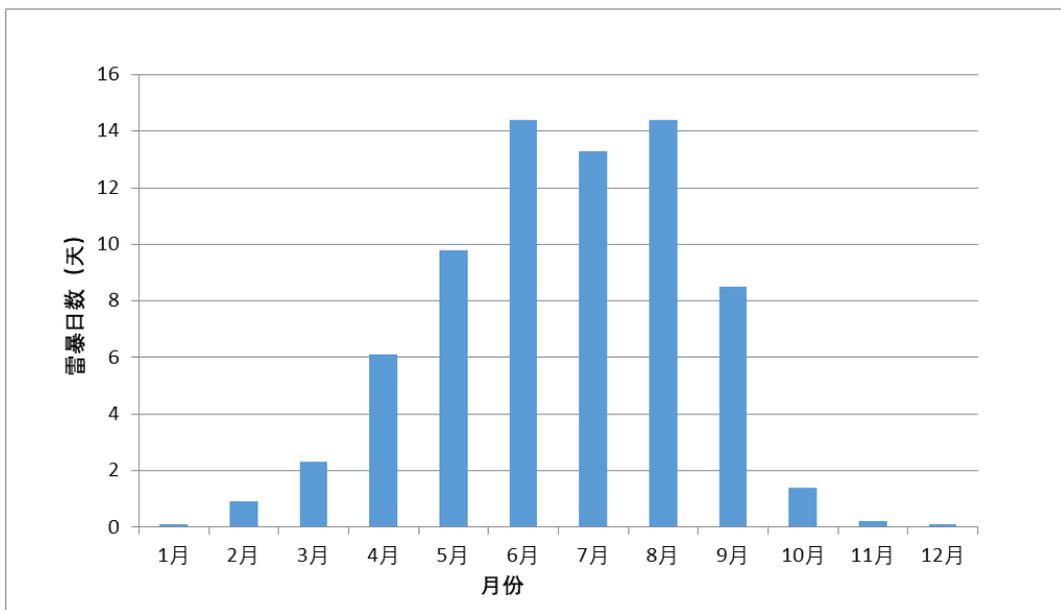


图 9.1-2 1984-2013 年江门市新会区雷暴日月变化分布图

根据 1999-2017 年闪电定位数据，江门市银湖湾滨海新城核心区全年各月都出现闪电，闪电月分布特征十分明显，主要集中在 4~9 月，占全年的 93.4%；其中前汛期（4~6 月）占 43%，主要集中在 5 月份；后汛期（7~9 月）占 50.1%，主要集中在 8 月份。

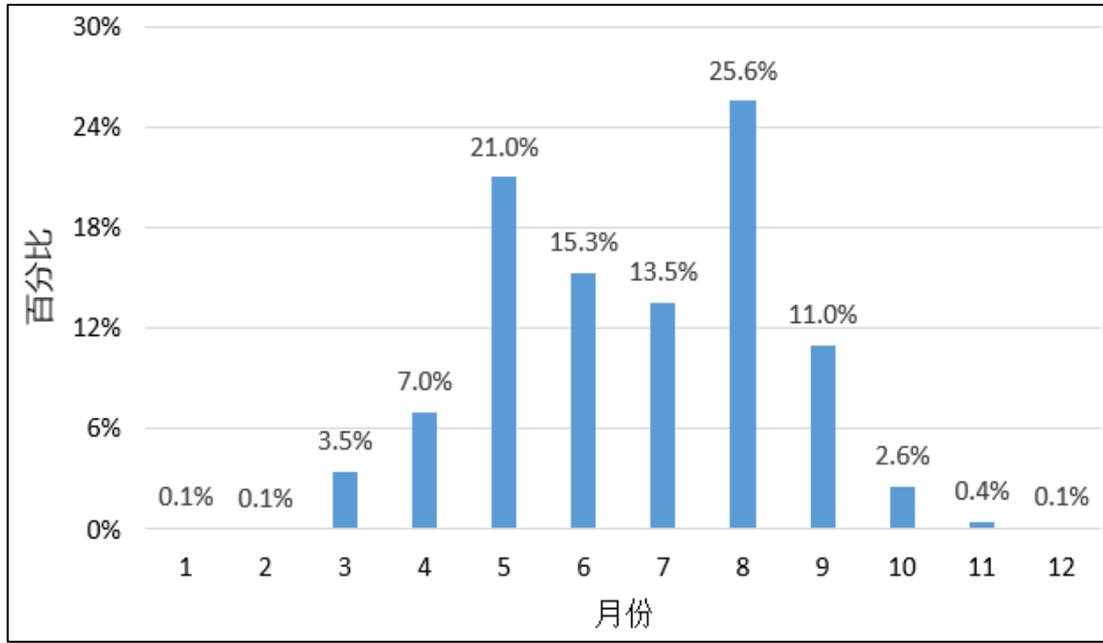


图 9.1-3 江门市银湖湾滨海新城核心区地闪月变化分布图

闪电活动规律性较强，分布比较集中，主要在午后至晚上。其中多发时段为 14 时至 19 时。

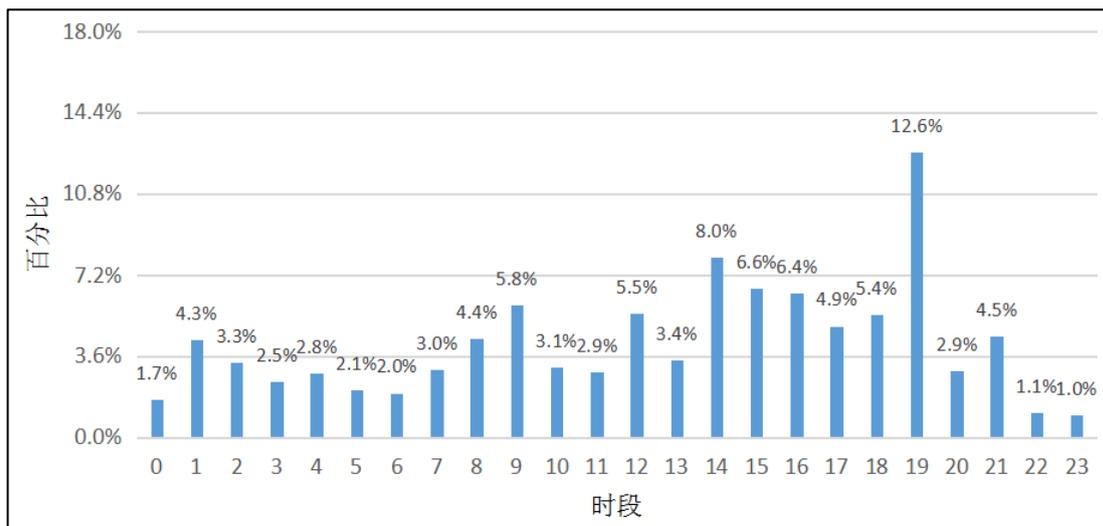


图 9.1-4 江门市银湖湾滨海新城核心区地闪时分布图

(3) 雷电灾害分析

雷电因其强大的电流、炙热的高温、猛烈的冲击波以及强烈的电磁辐射等物理效应而能够在瞬间产生巨大的破坏作用，常常导致人员伤亡，建筑物、供配电系统、通信设备损毁，造成计算机信息系统中断、仓储、炼油厂、油田等燃烧甚至爆炸，引起森林火灾，危害人民财产和人身安全，也会严重威胁航空航天等运载工具的安全和军队作战效能。

雷电灾害一般指雷击时电流通过人、畜、树木、建筑物等而造成杀伤或破坏。云层之间的放电对飞行器有危害，对地面上的建筑物和人、畜影响不大，但云层对大地的放电，则对建筑物、电子电气设备和人、畜危害甚大。一但对万物造成危害都可以称为被雷电灾害。

雷电灾害被联合国列为“影响人类活动最严重的十种自然灾害之一”，被国际电工委员会称为“电子时代的一大公害”。最新统计资料表明，雷电造成的损失已经上升到自然灾害的第三位。全球每年因雷击造成人员伤亡、财产损失不计其数。据不完全统计，我国每年因雷击以及雷击负效应造成的人员伤亡达 3000~4000 人，财产损失在 50 亿元到 100 亿元人民币。

雷电灾害所涉及的范围几乎遍布各行各业。现代电子技术的高速发展，带来的负效应之一就是其抗雷击浪涌能力的降低。以大规模集成电路为核心组件的测量、监控、保护、通信、计算机网络等先进电子设备广泛运用于电力、航空、国防、通信、广电、金融、交通、石化、医疗以及其它现代生活的各个领域，以大型 CMOS 集成元件组成的这些电子设备普遍存在着对暂态过电压、过电流耐受能力较弱的缺点，暂态过电压不仅会造成电子设备产生误操作，也会造成更大的直接经济损失和广泛的社会影响。

① 风险源

雷电灾害主要有五种类型：直击雷、雷电波侵入、感应过电压、系统内部操作过电压和地电位反击。

(a) 直击雷

闪电直接击中建筑和设备本身，即带电的云层对大地上的某一点发生猛烈的放电现象，称为直击雷。它的破坏力十分巨大，若不能迅速将其泻放入大地，将导致放电通道内的物体、建筑物、设施、人畜遭受严重的破坏或损害——火灾、建筑物损坏、电子电气系统摧毁，甚至危及人畜的生命安全。

(b) 雷电波侵入

闪电不直接击中建筑和设备本身，而是击中布放在建筑物外部的线缆并放电。线缆上的雷电波或过电压几乎以光速沿着电缆线路扩散，侵入并危及室内电子设备和自动化控制等各个系统。

(c) 感应过电压

闪电击中设备设施或线路的附近，或闪电不直接对地放电，只在云层与云层之间发生放电现象。闪电释放电荷，并在电源和数据传输线路及金属管道金属支架上感应生成过电压。

雷击放电子具有避雷设施的建筑物时，雷电波沿着建筑物顶部接闪器（避雷带、避雷线、避雷网或避雷针）、引下线泄放到大地的过程中，会在引下线周围形成强大的瞬变磁场，轻则造成电子设备受到干扰，数据丢失，产生误动作或暂时瘫痪；严重时可引起元器件击穿及电路板烧毁，使整个系统陷于瘫痪。

(d) 操作过电压

因闪电导致断路器的操作、电力重负荷以及感性负荷的投入和切除、系统短路故障等系统内部状态的变化而使系统参数发生改变，引起的电力系统内部电磁能量转化，从而产生内部过电压，即操作过电压。

无论是感应过电压还是内部操作过电压，均为暂态过电压（或称瞬时过电压），最终以电气浪涌的方式危及电子设备，包括破坏电路线、元件和

绝缘过早老化寿命缩短、破坏数据库或使软件误操作，使一些控制元件失控等。

(e) 地电位反击

如果闪电直接击中具有避雷装置的建筑物或设施，接地网的地电位会在数微秒之内被抬高数万或数十万伏。高度破坏性的雷电流将从各种装置的接地部分，流向供电系统或各种网络信号系统，或者击穿大地绝缘而流向另一设施的供电系统或各种网络信号系统，从而反击破坏或损害电子设备。同时，在未实行等电位连接的导线回路中，可能诱发高电位而产生火花放电的危险。

② 广东省雷电灾害分析

据统计，2012年到2017年，广东省共发生雷电灾害3141宗，其中2012年雷电灾害发生最多，达742宗。见图9.1-5。

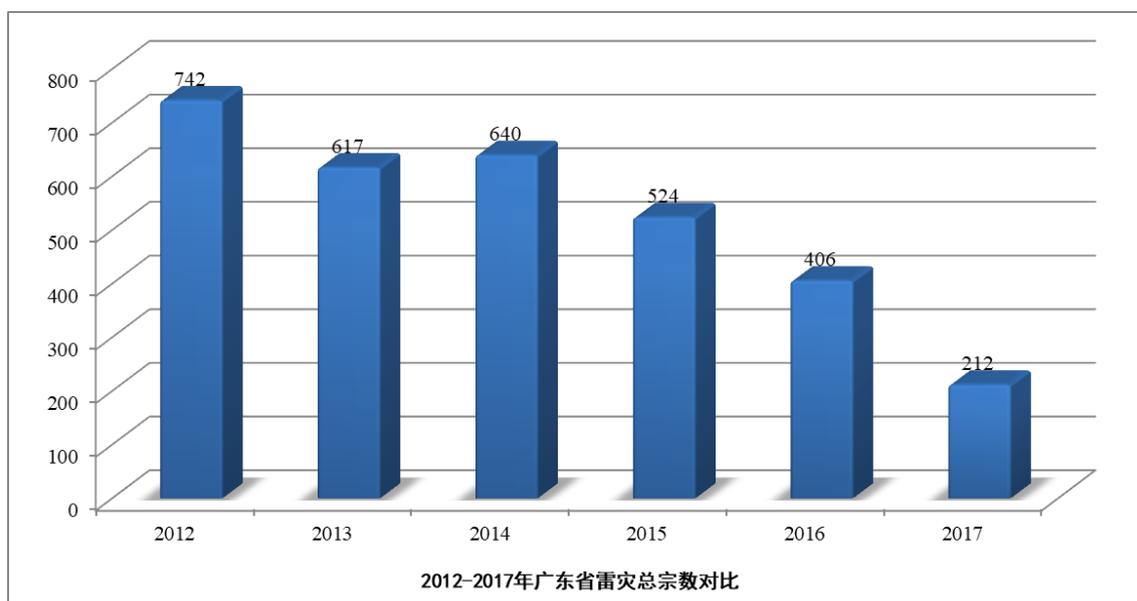


图 9.1-5 2012 年-2017 年广东省雷电灾害数量对比图

据统计，2012年到2017年，广东省因雷电灾造成的直接经济损失达12475.79万元，间接经济损失达18371.32万元，见图9.1-6。

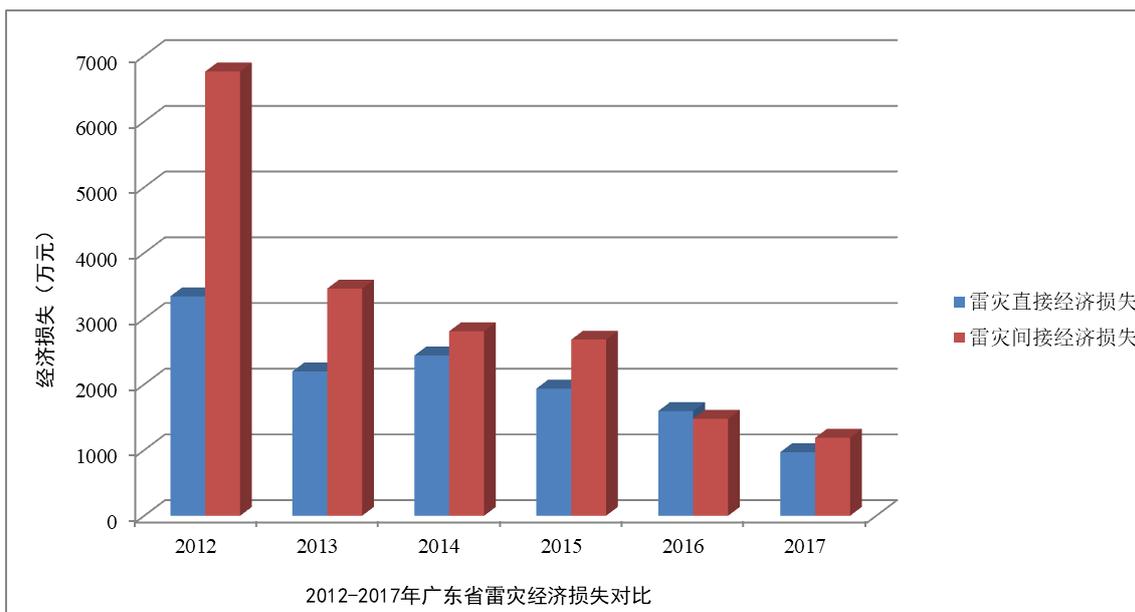


图 9.1-6 2012-2017 年广东省雷电灾害经济损失对比图

在火灾或爆炸、雷灾人身事故、建(构)筑物受损、办公电子电器设备受损和家用电子电器设备受损等几种类型中，电子电器受损占总宗数的 89.11%，比例最高，其次是建构筑物受损，再次是雷灾人身伤亡事故。电力行业所占比例最高，通讯行业次之。

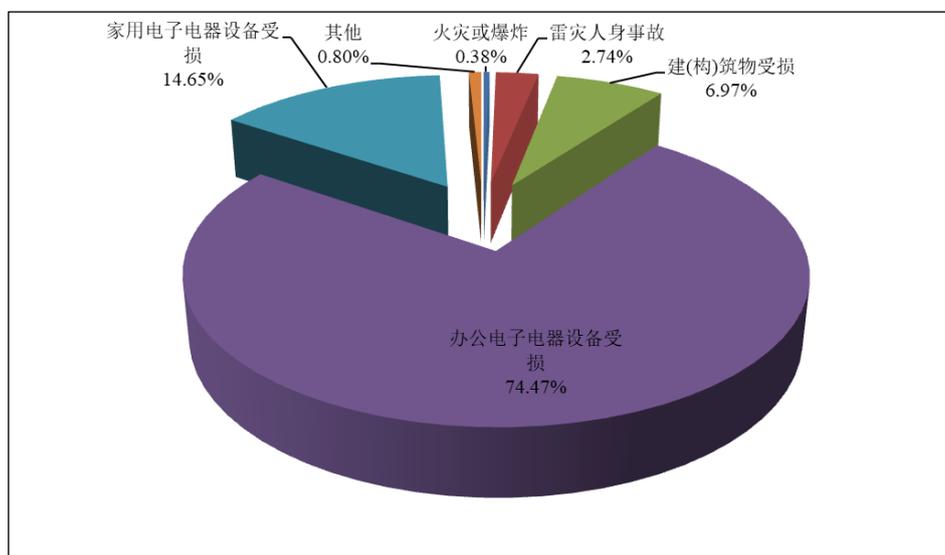


图 9.1-7 2012 年-2017 年广东省雷电灾害类型所占比例

2012 年到 2017 年，广东省因雷电灾害导致人身伤亡事故 86 宗，其中 97 人受伤，91 人死亡，其中 2013 年因灾受伤人数达 30 人。具体见图 9.1-8。人员伤亡事故主要发生在农村地区。

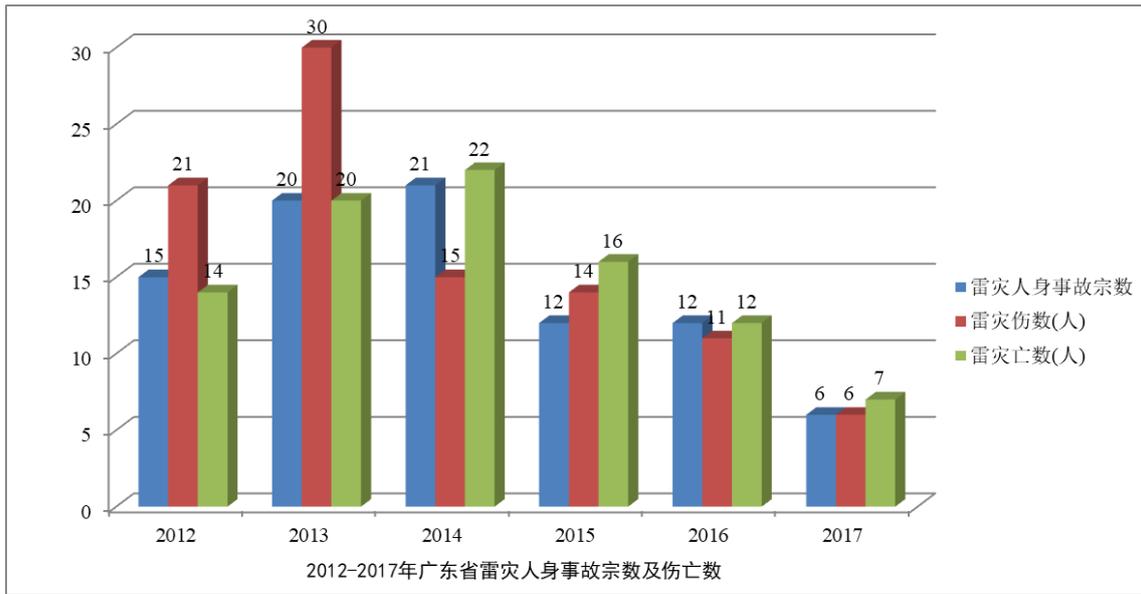


图 9.1-8 2012 年-2017 年广东省雷电灾害人身事故宗数及伤亡数对比图

③ 江门市雷电灾害分析

2012 年到 2017 年，江门市共发生雷电灾害 207 宗，见图 9.1-9。其中电子电器受损的宗数约占总数的 96%。

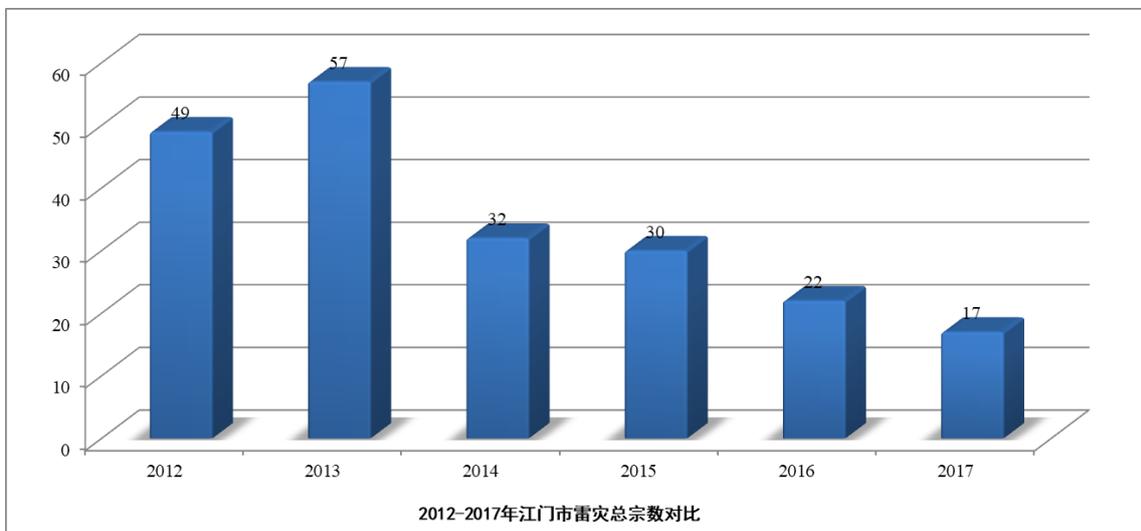


图 9.1-9 2012 年-2017 年江门市雷电灾害数量对比图

2012 年到 2017 年，江门市因雷电灾造成的直接经济损失达 1514.96 万元，间接经济损失达 1593.50 万元，见图 9.1-10。

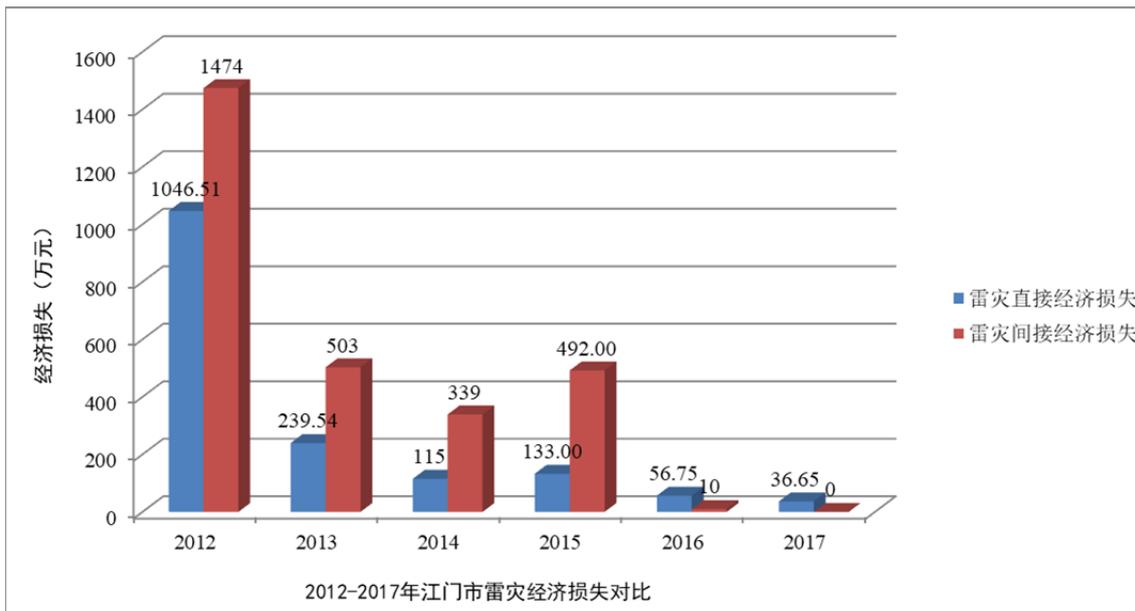


图 9.1-10 2012 年-2017 年江门市雷电灾害经济损失对比图

2012 年至 2017 年江门市因雷电灾害导致人身伤亡事故 6 宗，其中受伤人数 15 人，死亡人数 5 人，其中 2012 年因灾受伤人数达 15 人，详见表 9.1-1。

表 9.1-1 江门市 2012-2017 年雷击伤亡人数统计表

| 年份 | 年雷灾伤数(人) | 年雷灾亡数(人) |
|--------|----------|----------|
| 2012 年 | 15 | 1 |
| 2013 年 | 0 | 1 |
| 2014 年 | 0 | 0 |
| 2015 年 | 0 | 1 |
| 2016 年 | 0 | 0 |
| 2017 年 | 0 | 2 |

图 9.1-11 是江门市 2012-2017 年雷电灾害月分布图，从图中可以看出雷电灾害月分布特征明显，主要分布在 3~9 七个月，占 99.51%，其中 5、6、7、8 月份是雷灾高发月份，占 77.67%以上，与雷电月分布特征一致。

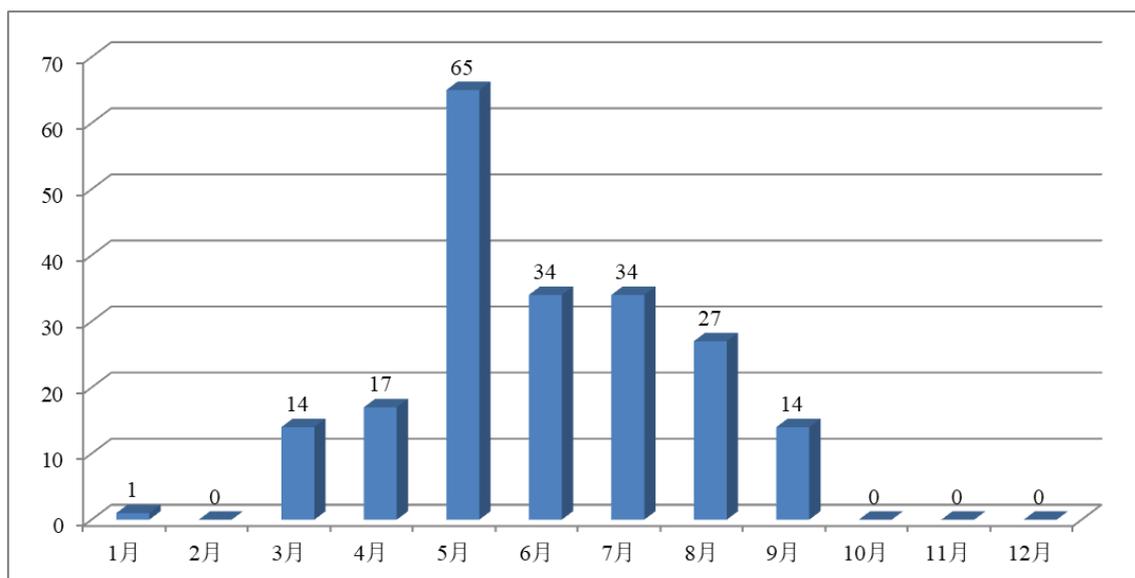


图 9.1-11 江门市 2012-2017 年雷灾月分布图

9.1.2 雷电灾害典型案例

(1) 新会区雷电灾害

从江门市新会区雷电灾害一览表(2012-2017年)来看,雷灾类型主要为电子电器受损和人身伤亡。

雷电灾害原因主要是:

- (1) 未安装防直击雷、感应雷装置;
- (2) 已安装的防雷装置维护管理不到位;
- (3) 防雷安全意识淡薄。

表 9.1-2 江门市新会区雷电灾害一览表(2012-2017 年)

| 序号 | 时间 | 灾情描述 |
|----|-------------------------------|---|
| 1 | 2012 年 4 月 19 日 15 时 | 新会区睦洲东向村一民宅，遭受直接雷击，将屋檐炸开一个长约 1 米的缺口，被击落的砖头和琉璃瓦碎片，散落在周围，强大的感应雷还击坏了附近 2 个传输电视信号的放大器，造成 50 台电视机、10 台宽带视讯用户雷击受损，直接经济损失 5 万元，间接经济损失 15 万元；原因是防感应雷装置不全。 |
| 2 | 2012 年 6 月 4 日 21 时 | 新会区双水镇塘河村村民张某的民宅，遭受直接雷击，屋顶一处琉璃瓦屋檐在雷电流强大能量的冲击下，向四周爆开，瓦片散落一地。造成家中二楼 1 台电视机、1 部计算机、1 台冰箱、2 部空调共 5 件电器损坏，直接经济损失 2.5 万元，间接经济损失 7.5 万元，原因是无防雷装置保护，建议安装防直击雷和防感应雷装置。 |
| 3 | 2013 年 5 月 16 日 11 时至 12 时 | 新会区司前镇河村工业区司前旭昌塑料五金厂遭雷击，击坏 3 台注塑机、3 台电视机、6 支摄像机，1 台监控显示器、1 台传真机、5 部电话机，直接经济损失 5.5 万元，间接经济损失 8 万元。雷灾原因是该厂未按规定安装防雷装置。 |
| 4 | 2013 年 5 月 20 日 6 时 | 新会区崖门镇坑头村私人住宅黄姨家遭雷击，天面一处琉璃瓦檐角和室内多处损坏，击坏 1 台电视机、1 台电风扇、1 处供电线路，直接经济损失 3.3 万元，间接经济损失 5 万元。雷灾原因是该住宅未按规定安装防雷装置。 |
| 5 | 2013 年 6 月 3 日 16 时 | 新会区会城镇城西二路 13 号楼环球石化有限公司遭雷击，击坏建筑物梯屋天面，烧毁梯屋内存放纸皮、窗帘等物品，烧坏总配电箱及线路，无人员伤亡。直接经济损失 6.5 万元，间接经济损失 12 万元。雷灾原因是该公司未按规定安装防雷装置。 |
| 6 | 2013 年 7 月 23 日 14 时 0 分 | 江门市新会区大鳌自来水厂遭雷击，击坏 1 台变压器，1 台水泵房电机，造成全镇停水，直接经济损失 8 万元，间接经济损失 50 万元。原因是该自来水厂没有安装防雷装置。 |
| 7 | 2013 年 7 月 31 日 11 时 20 分 | 新会区三江镇深吕村二龙二村民小组谈某居民住宅楼遭雷击，击坏楼顶 1.5 m ² 瓦片，击坏三台电器，直接经济损失 1 万元，间接经济损失 3 万元。 |
| 8 | 2014 年 6 月 23 日 18 时 30 分 | 广东省江门市新会农商银行棠下营业所遭受感应雷击，造成 2 支摄像机、1 台网络路由器、1 台复印机损坏，直接经济损失 1 万元，间接经济损失 3 万元，原因是线路布置不合理，电源 SPD 损坏。 |
| 9 | 2015 年 6 月 22 日 5 时 10 分 | 江门市新会区大鳌水利所遭雷击，击坏电视机 3 台，三防终端机 1 台，电脑 3 台、监控 1 个，打印机 2 台，1 台路由器、1 台交换机。直接经济损失 2 万元。间接经济损失 5 万元。雷电灾害原因是未安装防直击雷、感应雷装置。 |
| 10 | 2015 年 7 月 16 日 16 时 | 江门市新会区公园东路 7 号江门市新会区某单位遭雷击，损坏 1 部打印机、1 台交换机、2 部电话、1 台电脑主机。直接经济损失 1.5 万元。间接经济损失 5 万元。雷电灾害原因是 SPD 损坏。 |
| 11 | 2015 年 7 月 18 日 12 时 20 分 | 江门市新会区古兜温泉索道公司遭雷击，灾情发生时，受灾人员正在缆车上游玩，雷击事故造成古兜温泉度假区缆车控制系统故障，导致 82 部缆车全部停运，缆车上 52 名游客和山顶观光台 18 名游客被困，击毁 5 套变压器电缆、1 个变压器、1 台交换机、1 台监控主机、4 个摄像头。直接经济损失 50 万元。间接经济损失 100 万元。雷电灾害原因是防雷措施不完善。 |

续表 9.1-2

| 序号 | 时间 | 灾情描述 |
|----|----------------------|--|
| 12 | 2015年7月18日 16时 | 江门市新会区会城公园东路7号江门市新会区某单位遭雷击，损坏1台电脑主机、1台电视机、1台交换机、3台监控、1部电梯、1台光纤收发器。直接经济损失1.5万元，间接经济损失20万元。雷电灾害原因是防雷措施不完善。 |
| 13 | 2015年8月10日 | 江门市新会区会城公园东路7号江门市新会区某单位遭雷击，损坏2台光纤收发器、1台网络交换机。直接经济损失0.5万元，间接经济损失10万元。雷电灾害原因是防雷措施不完善。 |
| 14 | 2017年3月31日 12时10分 | 江门市新会区三和大道南3号新会实验中学遭雷击，烧毁架空线路，损坏广播控制系统终端设备，损坏空气开关3个。直接经济损失1万元。雷电灾害原因是运动场榕树附近出现球形雷，广播线路感应过电压，产生过电流。 |
| 15 | 2017年5月4日 8时18分 | 江门市新会区司前镇天等村仓片村民小组一农田菜地处遭雷击，造成1人身亡。根据事故目击人员及现场事故处理人员描述，事发时雷雨交加，当事人在自家承包的菜地排水，作业过程中不幸遭受雷击晕倒，后经医生抢救无效死亡。 |
| 16 | 2017年7月15日 12时 | 江门市新会区侨兴花园16座5号1201遭雷击，建筑物天面阳角处种植一颗柏树，女儿墙内侧（阳角处）爆开，有部分混凝土及瓷片脱落，部分线路发生跳闸。雷电灾害原因是建筑物天面平台女儿墙原有防雷装置部分已被拆除。 |

(2) 江门市典型雷电灾害案例

① 新会古兜山温泉雷击缆车案例

2015年7月18日12:20左右，新会崖门古兜温泉景区出现强雷电活动，8号缆车塔架出现较强雷电流光柱、控制机房外监控摄像枪处出现电火花，造成景区缆车的主驱动系统和应急驱动系统发生故障，景区正在运行的82台缆车全部停运。停运缆车最高处海拔320m，最低为10m，缆车上52名游客及18名已乘坐缆车到达山顶的游客被困。



图 9.1-12 雷击事故现场

事故发生后，江门市消防支队先后调派新会、特勤和江海消防中队共 54 名官兵到场救援，经过救援人员 2 个多小时的努力营救，52 名被困缆车和 18 名被困山顶的游客全部安全救出。除 4 名年龄较大游客出现高血压和 1 名年龄较小游客发烧外，未造成人员伤亡。

损坏的仪器设备、器材有：交流接触器 5 个，控制柜稳压电源 1 个，监控摄像枪 4 支，通讯电话机 2 部，放电管、压敏电阻、保险管若干，信号控制线缆 5 段，风向风速感应器及显示器烧坏，缆车控制线缆入户端与操作电柜等电位连接处的等电位连接线(铜线，截面积为 1mm^2) 有明显烧灼、熔断痕迹，控制电柜内部分放电管、压敏电阻被击穿。

地理条件分析：该缆车项目位于江门市新会区西南端古兜山脉财神山一侧，崖南出海口西侧，濒临南海。古兜山和牛牯岭形成喇叭口地形，山中有一大型东方红水库，山脚有一较大的游泳场和温泉景区，水体较大

和密集，景区缆车路径沿古兜山迎风坡而上。气流上升过程中，容易在该处形成强对流天气。

天气状况：根据新会区气象台提供的 2015 年 7 月 18 日 12:18（北京时，下同）深圳雷达资料可以看出，2015 年 7 月 18 日赤道辐合带北抬，新会区受其北侧一个低压环流的偏东气流影响，天气不稳定，中午前后崖门古兜受不稳定的对流云系影响，出现雷暴及降水，如图 9.1-13 所示。

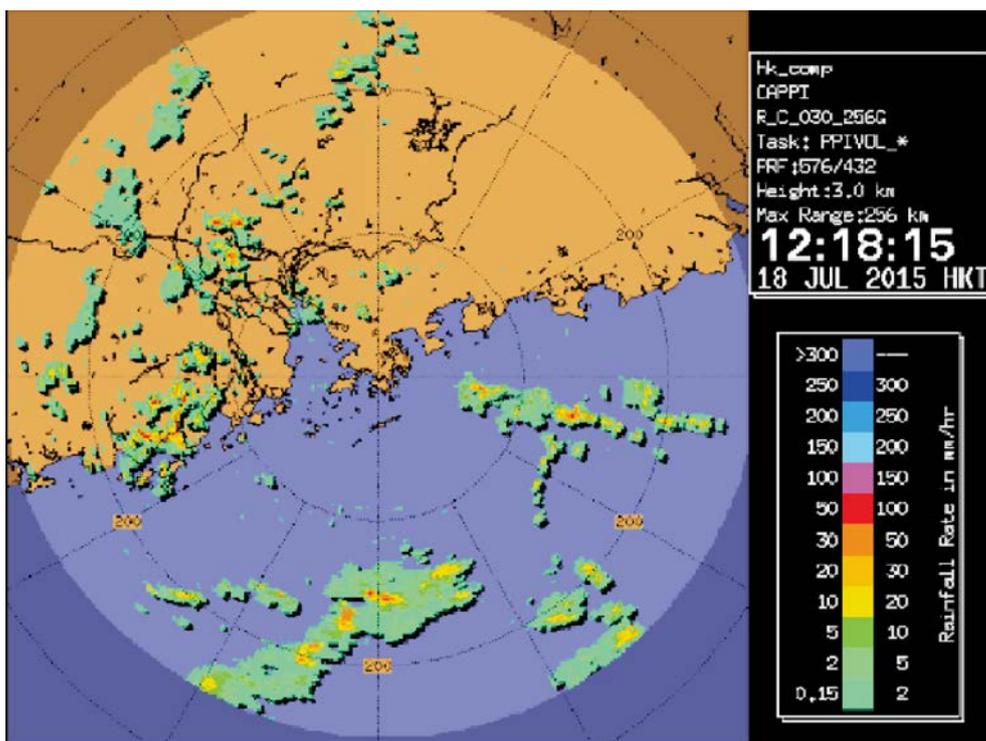


图 9.1-13 2015 年 7 月 18 日 12:18 深圳雷达回波

雷灾事故调查结果表明：该项目无防雷专项设计和施工，无落实防雷设施设计、施工、验收投入使用“三同时”制度，给雷击事故留下先天隐患。

事故最终原因：2015 年 7 月 18 日中午 12:20 左右雷雨期间景区缆车 8 号塔架遭受直接雷击，由于塔架上接地电阻偏高（ $12 \sim 18 \Omega$ ），通过塔架的雷电流极大，从而产生很强的交变磁场，使得该段没采取屏蔽措施的控制线缆分线段感应过电压，产生的过电流入侵缆车控制线缆后，造成 8 号塔架上的控制线缆部分芯线熔断；过电流沿线缆传输，强大的感应

电流造成放电管、压敏电阻等防闪电电涌装置击穿损坏，并导致控制线缆在机房入户一端等电位连接线熔断、控制柜中的部分设备(交流接触器、稳压电源、保险管等)损坏，最终导致缆车操作系统故障。

防止雷电事故对策：

①落实防雷装置“三同时制度”，及时落实好防雷隐患整改；整改工程应由具有防雷专业资质的单位承担。

②建立防雷安全管理制度，落实防雷装置定期检测和日常维护制度。

③加强雷雨天气的监测预警机制，雷雨天气期间停止营业和暂停营运。

④采取适当的防直击和防雷电感应等技术措施。

② 司前镇天等村雷击死亡案例

2017年5月4日8时左右，新会区司前镇天等村仓片村民小组一农田菜地处一男子被雷电击中晕倒，经医生现场抢救无效确认死亡。死者男性，26岁，阳江阳春人。

经江门市气象局、新会区气象局成立的联合调查组成立赴现场开展调查，走访目击人员，结合多渠道获取雷达回波图数据和闪电定位数据等相关资料。

事发地点位于江门市新会区司前镇天等村仓片村民小组田地，周围为空旷农田，农田中分布有灌溉水渠。事发位置位于东经 112°50'2"，北纬 22°28'21"。



图 9.1-14 司前镇天等村雷击死亡案例发生地点

经查询当日天气预报如下：

①江门市气象台 2017 年 5 月 4 日 7:40 发布天气预报，预计今天白天新会有中到大雨，局部暴雨，伴有雷暴。

②新会区气象台 2017 年 5 月 4 日发布天气预报：受切变线影响，强对流云系南压影响我区，今天早上 6 时 06 分我台发布雷雨大风黄色预警信号，预计 7 时起我区逐渐转雷雨天气。

2017 年 5 月 4 日 08 时 00 分雷达回波图如下：

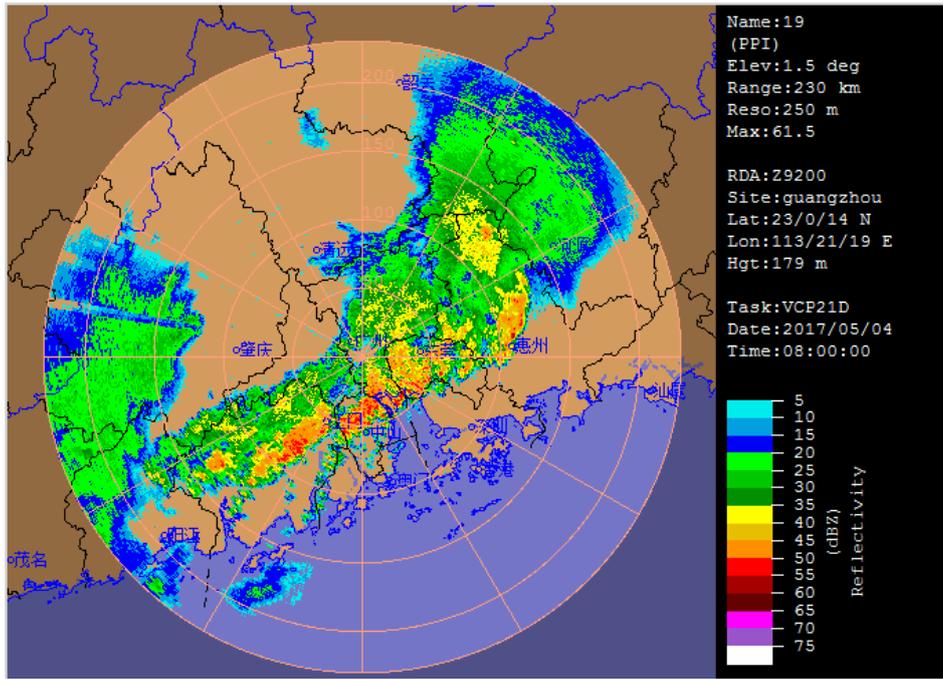


图 9.1-15 2017 年 5 月 4 日 08 时 00 分雷达回波图

广东省气象局闪电定位系统平台显示，新会区司前镇在 07 时 30 分开始出现闪电，08 时 00 分闪电已十分频繁，12 分仍有闪电，18 分主体东南移动离开司前镇区域。从 4 日 7 时 30 分到 8 时 18 分出现强雷电。



图 9.1-16 2017 年 5 月 4 日 08 点 00 分闪电定位仪实时监测图

根据事故目击人员及现场事故处理人员描述，事发时雷雨交加，当事人在自家承包的菜地排水，作业过程中不幸遭受雷击晕倒，后经医生抢救无效死亡。经现场勘查，该雷击事故为户外作业人员在雷雨天遭受直接雷击造成人员伤亡事故，雷击点位于死者左颈部，雷电流经胸部在右胯部流出，死者身体多处皮肤焦黑，衣服有烧焦痕迹。

事故原因：农民防雷意识淡薄，不懂雷电防护基本知识。

③ 开平市塘口镇潭溪村古巷北闸村“5.24”雷电灾害事故

2017年5月24日11时45分，开平市塘口镇发生雷击事故，塘口镇潭溪村潭村村民谢某驾驶电动自行车沿潭溪村古巷北闸村对出村道自北向南行驶，途径古巷北闸村时被雷击中，雷电自头顶一直贯穿到腿部，头顶被击穿，脸部焦黑，两腿内侧焦黑，小腿被击穿一小孔，上身衣服和雨衣被击破数个孔，电动自行车座室被击穿。事件发生后，古巷村村民发现后打120，救护车到达现场后确认当事人已身亡，报塘口派出所，派出所到达现场后报开平市法医，法医到达现场确认死亡原因。

死者男性，66岁，开平市塘口镇潭溪村潭村人。事故造成1人死亡，电动自行车损坏，事故现场附近村居供电系统跳闸停电，无其他经济损失。

江门市气象局、开平市气象局联合调查组赴现场开展调查、取证，进行雷击现场环境剩磁检测，走访目击人员，结合多渠道获取雷达回波图数据和闪电定位数据等相关资料。

广东省江门市开平市塘口镇潭溪村古巷北闸村对出村道路面，周围为空旷农田，农田中沿村道分布有一条低压架空线路。事发位置位于东经112°33'46"，北纬22°20'42"。



图 9.1-17 事故点卫星定位图

经查询当日天气预报如下：

①开平市气象台 5 月 23 日发布未来 24 小时（即 5 月 24 日）天气预报内容：预报 24 日白天雷雨天气持续。

②开平市气象台 5 月 24 日 7:50 预报未来 6 小时（即 24 日 08 时至 14 时）开平市天气有雷阵雨。

2017 年 5 月 24 日 11 时 36 分雷达回波图如下：

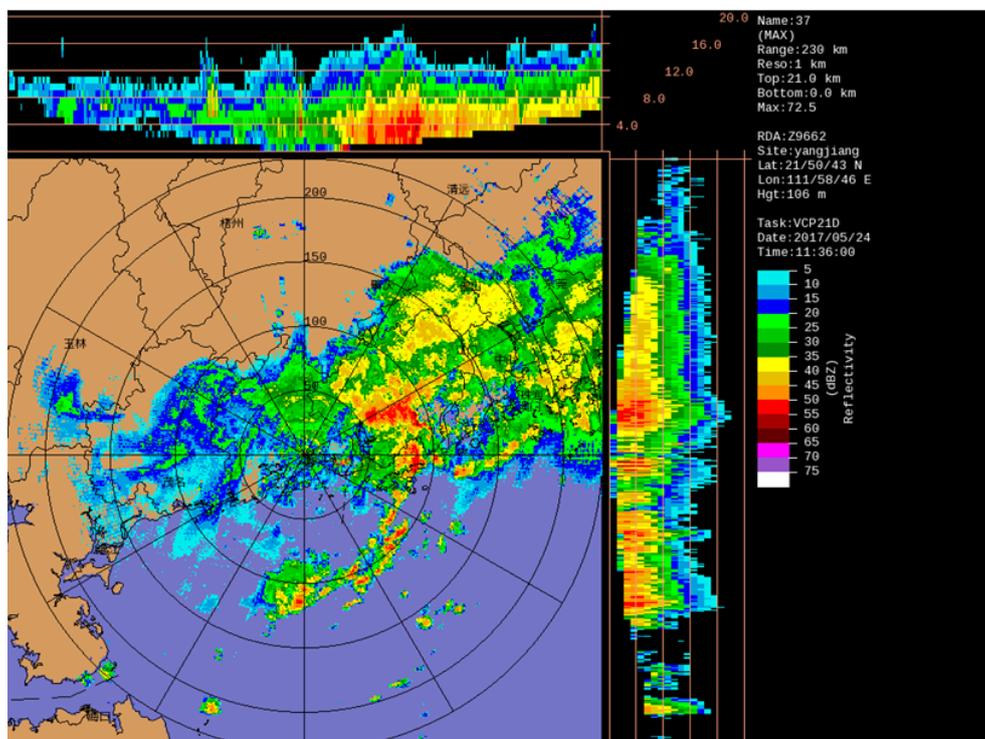


图 9.1-18 2017 年 5 月 24 日 11 时 36 分雷达回波图

广东省闪电定位网记录的闪电资料知, 11:38~11:49 事故发生地点三公里半径范围内共有三次地闪。其中距离事发点最近的疑似雷击点, 雷电流强度达为-16.4kA, 发生时间为 2017 年 5 月 24 日 11:49:15。

现场找到的有剩磁数据的铁磁材料分别为事故发生点西面 30m 远处地上的铁丝、东面 20 米远金属箱、水泥杆塔, 其剩磁幅值分别为 93mT、87mT、94mT, 结合现场环境, 判定为雷电流剩磁。

根据现场环境、天气情况分析、事故现场剩磁情况、闪电资料分析、受访者笔录分析, 可以判定: 开平市塘口镇潭溪村“5.24”雷击事故发生时间为 2017 年 5 月 24 日 11:49, 属于雷击灾害事故。死者谢某骑行电动自行车遭受直接雷击死亡, 死者电动自行车损坏一辆, 事故现场居民供电系统因雷击跳闸停电, 未有设备损坏或其他经济损失。

(3) 广东省其他景区雷电灾害案例

① 广州市海珠湖景区

2015 年 8 月 10 日 15 时左右, 6 名市民在海珠湖东侧第 20 届园博会景点之古韵天河的凉亭内避雨。15:30-16:00 期间发生多次电闪雷鸣, 4 名市民遭受雷击, 有 3 人被击伤, 其中 1 人重伤。

事后根据现场调查分析: 避雨场所为木质结构凉亭, 凉亭高度约 3 米。凉亭后有一棵樟树, 树高约 5 米, 与凉亭距离约为 1.5 米, 与海珠湖水体距离约 13 米。现场可见凉亭顶瓦片被重击后非自然散落, 木质工艺雕花玻璃窗爆裂, 凉亭旁边樟树树皮有约 0.2×3.3m 新开裂痕迹, 部分树枝被打断。由于海珠湖地处空旷, 凉亭靠近水体, 凉亭旁边樟树比建筑物高。雷击时, 树木成为接闪雷电流的主通道。接闪后部分电流随树干流入大地, 强大的电流撕开了 0.2×3.3m 范围的树皮; 另一部分电流在高约 1.7 米处形成旁侧闪络, 击穿空气后击中亭内人员, 当电流经头部穿胸及脚入地时, 致使人员呼吸停止, 身体有灼烧痕迹。由于雷电流流经人体时在泄流过程中会产

生热效应，可导致当事人灼伤晕倒。另外 2 人因所在地与重伤者所在地存在电压差，形成较弱的跨步电压流经 2 人身体时致使肌肉本能出现抽搐晕倒，短期丧失知觉后会逐渐恢复。



图 9.1-19 海珠湖雷灾现场图



图 9.1-20 海珠湖雷灾现场图

② 惠州罗浮山景区

2013 年 4 月 30 日下午 1 点 20 分左右，博罗县罗浮山风景区内发生雷击事故，造成 17 人不同程度受伤，其中 1 人伤势较重。



图 9.1-21 罗浮山雷灾现场图



图 9.1-22 罗浮山雷灾伤者衣物

事后根据现场调查分析：发生事故的地点在海拔 740 米处的“大道无极”巨石下，属罗浮山朱明洞景区。当时有 20 多人在“大道无极”巨石下避雨，下雨时雷鸣电闪，只见一道亮光后，17 人感受到电击，其中 16 人受

轻伤，1 人重伤，多名伤者有衣服烧焦的痕迹，皮肤烧伤明显。雷灾调查人员发现“大道无极”巨石所的位置为景区的至高点，容易接闪。巨石顶部有多处疑似雷击痕迹。

从雷击现场目击者的叙述和现场勘查情况及雷电定位资料分析，此事故是由于雷电击中巨石，雷电流沿巨石四周泄放，形成局部的高电压，由于天气较潮湿，在高电压的作用下，空气发生电离和击穿放电，对巨石下面避雨的人员产生傍侧闪络及跨步电压，造成了人员伤害。

9.1.3 雷电风险辨识

江门市银湖湾滨海新城核心区所在地区属于雷暴多发区，核心区背山面海，区域面积约为 65 平方公里，多为农田和围垦湿地，水汽充沛，利于雷暴的发生和发展。区域内现有 4 个村落、1 个社区，大量农田（一般农田 1428 亩、基本农田 832 亩），连片的水产养殖区等等，农业活动频繁。

区域内现有崖门渔港、古兜温泉景区、银湖湾湿地公园等项目；未来规划：以金融服务、港口贸易、高端咨询、信息会展等为主的高端服务产业；以生态居住、娱乐康体为主的综合服务产业；以教育科研、文化创意为主的文化创意产业；以海洋科研、滨海旅游、海洋信息服务等为主的海洋综合服务产业；规划人口 30-35 万人，兴建大量高层建筑，甚至一定比例的超高层建筑。在区域规划阶段加强雷电风险防控，有助于保障核心区的防雷安全。

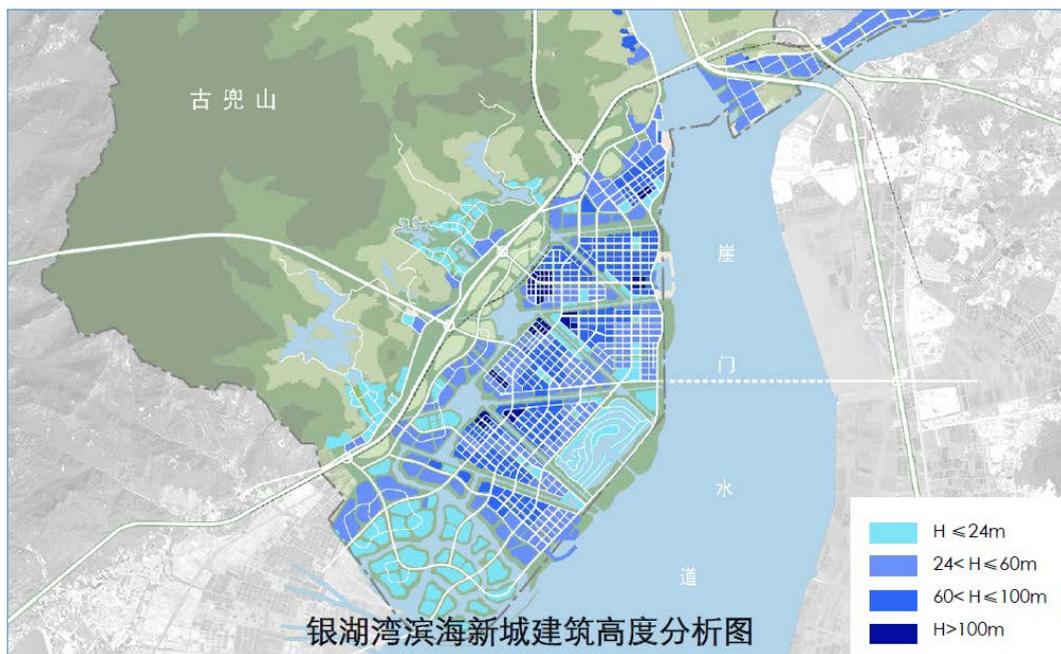


图 9.1-23 核心区规划中建筑高度分析图

根据规划，区域大型建构筑物较多，人口密度较大。高大建构筑物易遭受雷电直击；古兜温泉景区、木生缘神木文化园项目、崖门游艇会、湿地公园和大宋皇城旅游综合区等项目在室外设置的大型设施、设备，区域内高大树木以及室外活动的人员等极易成为雷电直击的目标。

(1) 建构筑物、户外大型设备、游船等遭受直接雷击时，可能造成被雷击物损坏，造成一定的经济损失；高层、超高层建筑和设备等高处碎片跌落可能伤及行人和车辆，引起人身伤亡和经济损失。

(2) 发生雷击时，雷电流在泄放和散流过程中，在其周围存在很强的电磁场，可能引起感应过电压和过电流及静电感应，引起设备误动作或损坏。

(3) 发生雷击时，雷电流分流到配电系统、信号线路、其它金属管道中的雷电流引起设备过压（流）损坏或人身触电导致伤亡事故。

(4) 雷电流由散流装置入地过程中形成的电位梯度过大会导致行人因跨步电压而发生人身伤亡事故。

(5) 休闲度假游览区的索道缆车等在高空运行时，可能遭受直接雷击导致缆车弱电系统过压损坏。沿缆绳敷设的架空线路可能遭到直接雷击致设备故障；雷电也可能击到沿缆车支撑杆塔敷设的电源和弱电线路，甚至侵入缆车控制室内导致设备损坏或人身伤亡、线缆起火引发火灾。

(6) 雷闪时，户外活动会使人容易受雷击。如，雷电闪击时，在山顶、山坡，山脊上，在辽阔的田野上行走，快速骑行；在泳池、河面、海面上游泳；站在高楼的天台、户外大型设备顶端、山顶裸露的高处、站在大树底下等等。雷电直接袭击人时，雷电流通过身体，可导致假死、昏迷、呼吸和心脏停止跳动等，导致人身伤亡事故。雷电还可能击中其他物体如建构物、大树、电杆等，形成高电位，人体接触后发生触电伤亡事故，或者高电压击穿空气触及附近人员，造成人身伤亡。

(7) 当有雷雨云经过区域上空或附近时，由于静电感应会在电源线路、通信线路、信号线路、金属屋顶上感应出极性相反的静电荷，当雷云放电后，这些静电荷由于不能及时入地会产生过电压（流）损坏设备或产生放电火花。云内闪和云际闪产生的雷电电磁脉冲（LEMP）可引起电子电器设备因感应过电压（流）损坏。

(8) 雷暴期间可能发生的球形雷窜入室内引起火灾导致人员伤亡。

(9) 根据核心区发展规划，区域内将兴建大量建构物，人口数量也会大幅度增加。从广东其他地区雷电活动的发展来看，下垫层的改变对雷电活动有明显影响。因此，本报告中的地闪密度数据是基于 1999-2017 年的闪电监测网数据，根据其他地区的数据对比经验，区域的发展建设可能会使本地区的地闪增多，地闪密度增大，在区域防雷安全管理中需密切关注该地区的地闪密度变化。

表 4.2-2 启动区内主要设施的主要雷电风险辨识

| 所属片区 | 名称 | 建设内容 | 主要雷电风险 |
|------|-------------|--|--|
| 片区一 | 崖门游艇会 | —— | 人身伤亡风险、游船直击损坏风险、电子电器设备故障风险 |
| | 大宋皇城旅游综合区 | 建造富有岭南特色的园林景观致，配套历史体验区、高档商贸服务中心、商住小区、游艇会所等设施。 | 人身伤亡风险、大型户外设备雷击损坏风险、电子电器设备故障风险、建构物雷击损坏风险 |
| 片区二 | 碧海银湖项目 | 度假酒店、游艇俱乐部、商务会展中心以及意大利风情小镇（住宅区） | 人身伤亡风险、建构物雷击损坏风险、电子电器设备故障风险、游船直击损坏风险 |
| 片区三 | 御泉国际温泉酒店项目 | 以湿地、海景为主题的温泉旅游度假居住社区，含主体酒店 | 人身伤亡风险、建构物雷击损坏风险、电子电器设备故障风险 |
| | 古兜温泉山河出海项目 | 古渔村、大广海湾会展中心及酒店、体育集训基地、湿地体验公园、红树林探险道、湿地海洋温泉体验和汽车营地等。 | 人身伤亡风险、游船直击损坏风险、电子电器设备故障风险、建构物雷击损坏风险 |
| | 中科院生物医药装备项目 | 生物医药装备研发中心、会展中心和交易中心 | 建构物雷击损坏风险、电子电器设备故障风险 |
| | 滨海新城建设管理办公室 | 已建建筑，二层办公楼 | 建构物雷击损坏风险、电子电器设备故障风险 |
| 连接区 | 木生缘神木文化园项目 | 全国最大乌木博物馆、全国最大工厂化循环水养殖示范基地、院士工作站等 | 人身伤亡风险、电子电器设备故障风险、建构物雷击损坏风险 |

9.2 区域雷电灾害风险评估

为了认识和评价区域内的雷电风险，进而进行风险控制和风险管理，防御和减轻雷电灾害，保护生命财产和公共安全，依据《气象法》、《气象灾害防御条例》和《广东省气象灾害防御条例》等法律法规，结合项目区域实际，开展区域雷电灾害风险区划工作，把气象防雷安全风险管控做在隐患前面。区域雷电灾害风险区划的最终目的就是提供决策服务以减少雷电灾害损失，为项目所在区域提供气象防雷安全保障。

9.2.1 广东省雷电风险区划

根据《广东省雷电公报》内容，广州、东莞、惠州、清远、肇庆、茂名和湛江是极高风险区，深圳、珠海、中山、江门、阳江、云浮、韶关、河源和梅州是高风险区，其它地区是一般风险区。

江门市处于雷电高风险区，雷暴多，雷电灾害频繁。近几十年来，雷电灾害给江门市造成了巨大的经济损失和一定的人员伤亡，社会影响较大。经过近十年的防雷安全管理，雷灾的数量和经济损失明显降低，人员伤亡明显下降，民众的防雷意识逐步提高。从近几年的闪电统计数据来看，江门地区的雷电地闪频度在缓慢增加，防雷形势依然不容懈怠。随着社会经济的不断发展，雷灾特点不断变化，防雷安全管理的方式和手段必须与之相适应。

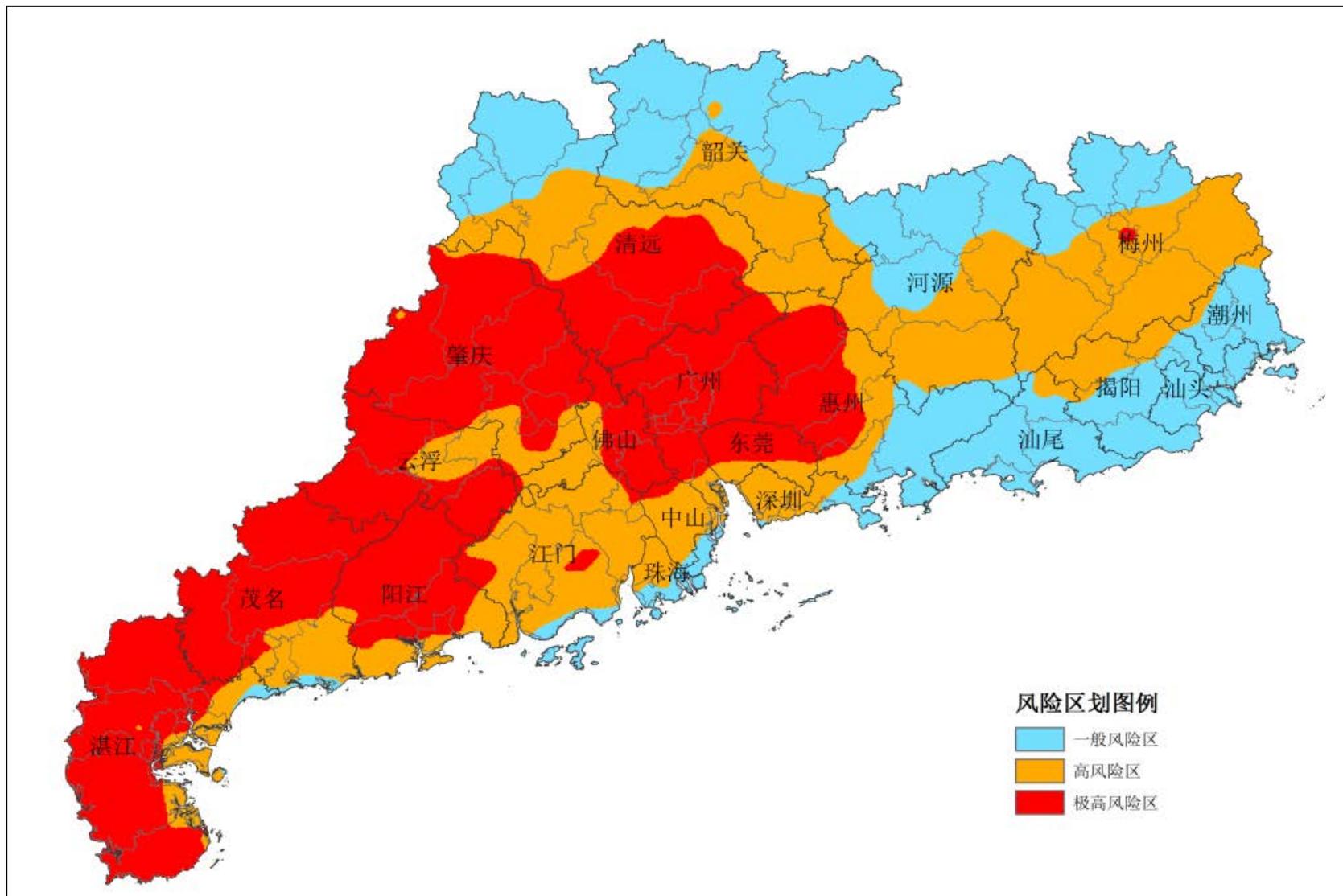


图 9.2-1 广东省雷电风险区划图

9.2.2 主要方法

(1) 归一化处理

归一化是将有量纲的数值，经过变换，化为无量纲的数值，进而消除各指标的量纲差异。计算公式为：

$$D_{ij} = 0.5 + 0.5 \times \frac{A_{ij} - \min_i}{\max_i - \min_i} \dots\dots\dots(1)$$

式中： D_{ij} 是 j 站（格）点第 i 个指标的归一化值， A_{ij} 是 j 站（格）点第 i 个指标值， \min_i 和 \max_i 分别是第 i 个指标值中的最小值和最大值。

(2) 自然断点法

自然断点分级法是用统计公式来确定属性值的自然聚类，目的是减少同一级中的差异、增加级间的差异。计算公式为：

$$SSD_{i-j} = \sum_{k=i}^j (A[k] - \text{mean}_{i-j})^2 \quad (1 \leq i < j \leq N) \dots\dots\dots(2)$$

也可表示为：

$$SSD_{i-j} = \sum_{k=i}^j A[k]^2 - \frac{(\sum_{k=i}^j A[k])^2}{j-i+1} \quad (1 \leq i < j \leq N) \dots\dots\dots(3)$$

式中： A 是一个数组（数组长度为 N ）， mean_{i-j} 是每个等级中的平均值。

(3) 熵值法

根据《风险管理 风险评估技术》(GB/T 27921-2011)里附录 B 风险评估技术中 B18 风险指数,采用熵值法计算风险指数。

熵值法是一种根据指标变异程度大小决定指标权重的评价方法,可以用于度量已知数据所包含的有效信息量和确定权重,是一种科学的灾情评价方法。原理是:假设有 m 个待评方案, n 项评价指标,组成一个 m 行 n 列的原始指标矩阵。若某项指标中,指标值之间的差异越大,该项指标对于整体综合评价的贡献越大,赋予的权重越大;反之,若某项指标值差异很小,甚至差异为零,即全部指标值相等,则该项指标在评价中不起作用。通过对指标进行标准化处理,计算差异系数为各项指标赋予权值,最后计算综合得分。

熵值法确定权重的步骤如下:

①原始数据矩阵归一化。

设 m 个评价指标 n 个评价对象的原始数据矩阵为 $A = (a_{ij})_{m \times n}$,对其归一化后得到 $R = (r_{ij})_{m \times n}$,对大者为优的指标而言,归一化公式为:

$$r_{ij} = \frac{a_{ij} - \min_j \{a_{ij}\}}{\max_j \{a_{ij}\} - \min_j \{a_{ij}\}} \dots\dots\dots (4)$$

而对小者为优的指标,归一化公式为:

$$r_{ij} = \frac{\max_j \{a_{ij}\} - a_{ij}}{\max_j \{a_{ij}\} - \min_j \{a_{ij}\}} \dots\dots\dots (5)$$

②定义熵。

在有 m 个指标、 n 个被评价对象的评估问题中,第 i 个指标的熵为 $h_i = -k \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij}$,式中 $f_{ij} = r_{ij} / \sum_{j=1}^n r_{ij}$,其中, $k=1/\ln n$,当 $f_{ij}=0$ 时,令 $f_{ij} \ln f_{ij}=0$,求得 f_{ij} 的值。

③定义熵权。

定义了第 i 个指标的熵之后，可得到第 i 个指标的熵权：

$$w_i = \frac{1-h_i}{m-\sum_{i=1}^m h_i} \quad (0 \leq w_i \leq 1, \sum_{i=1}^m w_i = 1) \dots\dots\dots (6)$$

9.2.3 致灾因子分析

致灾因子指可能造成人员伤亡、财产损失、资源与环境破坏、社会系统混乱等的风险源。

依据雷电活动的特性，雷电灾害致灾因子主要分为气象因子和环境因子。

(1) 气象因子

气象因子主要指地闪密度和地闪强度。

单位面积上年平均地闪次数称为地闪密度，单位是次/平方公里/年（次/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ）。地闪强度用雷电流幅值表示，单位是千安培（kA）。地闪密度和地闪强度是描述区域雷电活动时空分布特征的主要参数。

通过将区域划分为 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 的网格，计算各网格内的地闪密度和地闪强度，得到项目区域地闪密度空间分布图（图 9.2-2）和地闪强度空间分布图（图 9.2-3）。

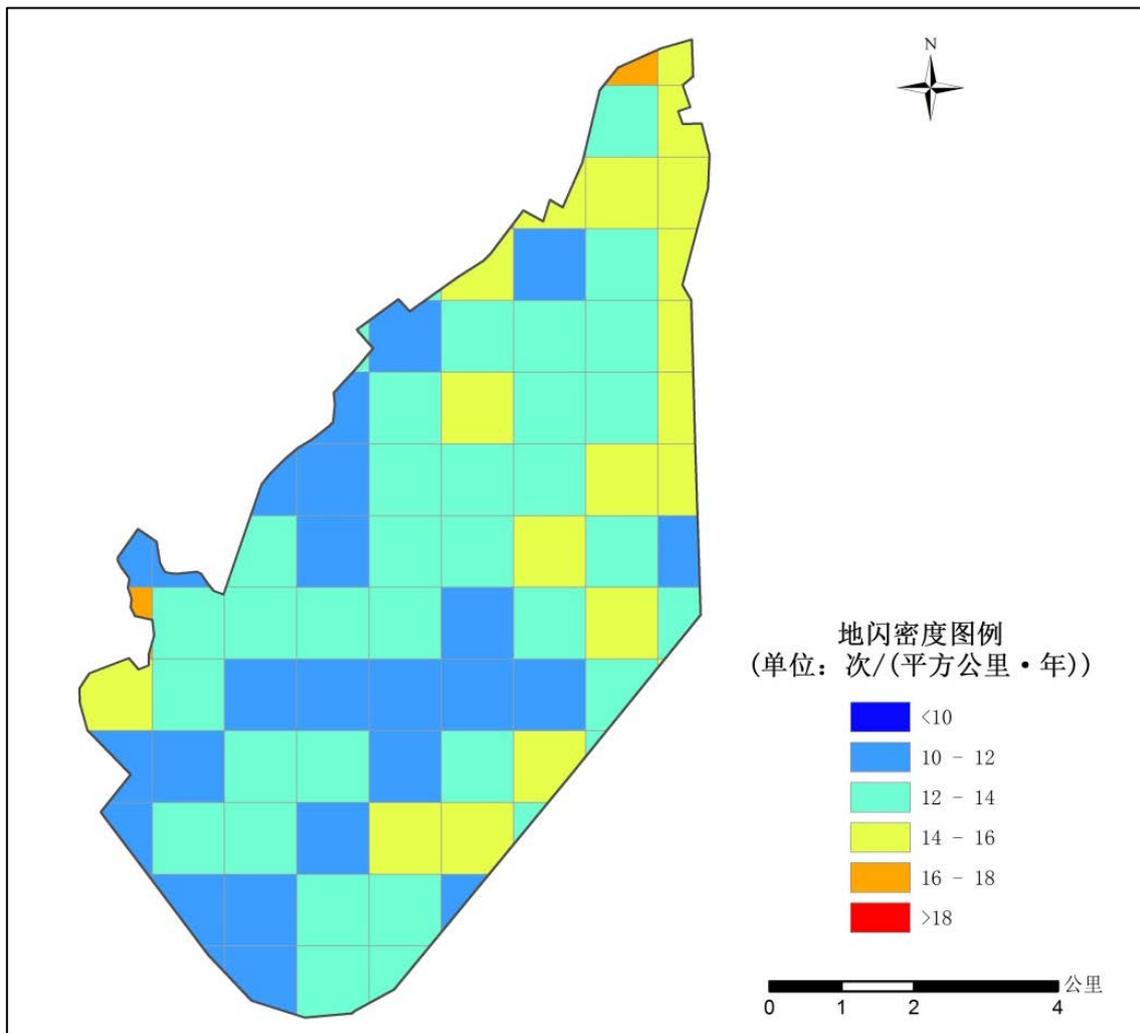


图 9.2-2 项目区域地闪密度空间分布图 (1km×1km 网格)

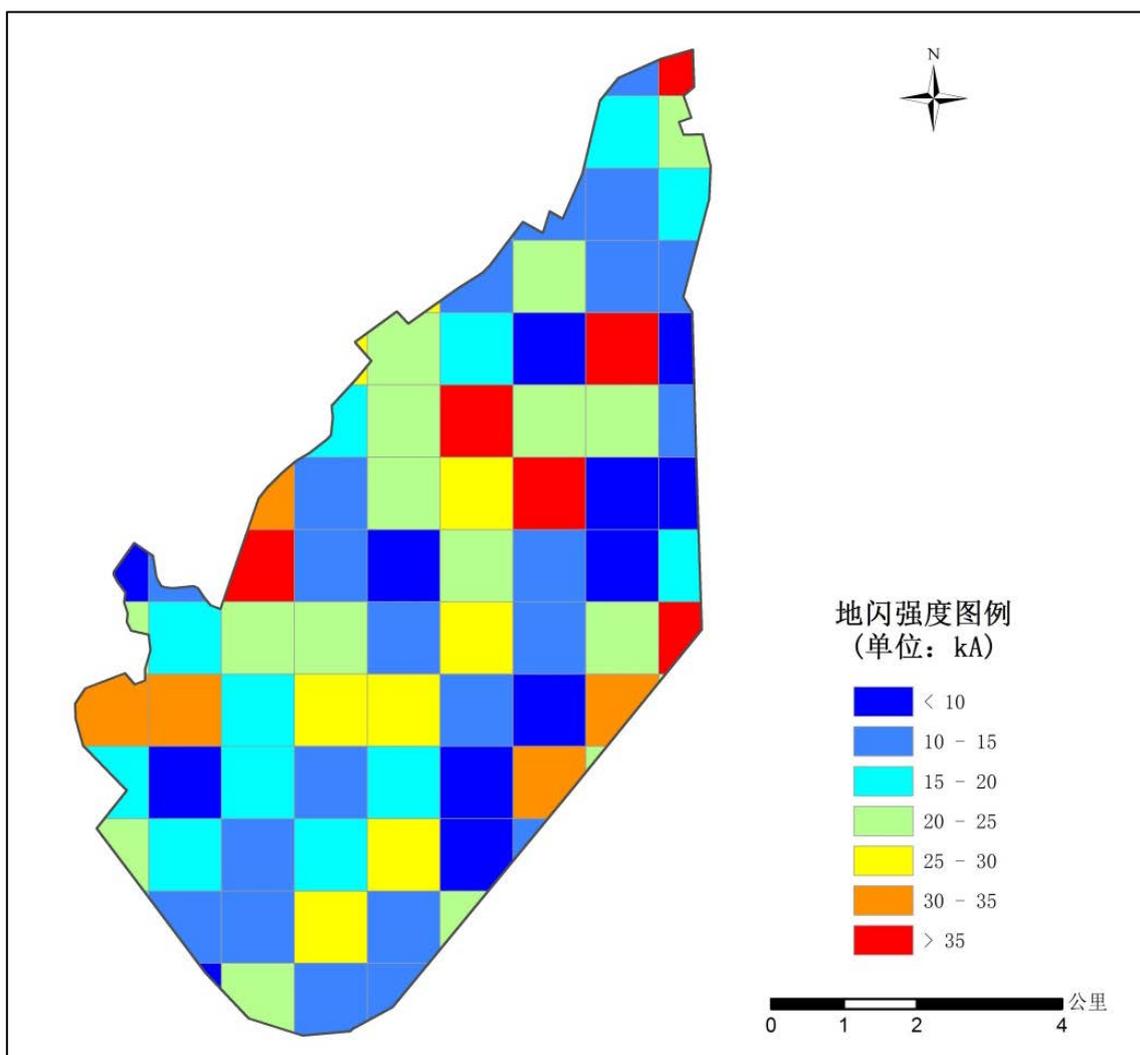


图 9.2-3 项目区域地闪强度空间分布图 (1km×1km 网格)

(2) 环境因子

环境因子主要指项目区域内的海拔高度和地形起伏。

雷暴是由旺盛积雨云所引起的伴有闪电、雷鸣和强阵雨的局地风暴。雷暴活动具有一定的地区性和季节性。据统计，低纬度雷暴出现的次数多于中纬度，中纬度又多于高纬度。就同纬度来说，雷暴出现次数，一般是山地多于平原，内陆多于沿海。雷暴移动受地理条件影响很大。在山区受山地阻挡，雷暴常沿山脉移动，如果山地不高，发展强盛的雷暴可越山而过。

根据雷暴形成时不同的大气条件和地形条件，一般将雷暴分为热雷暴、锋雷暴和地形雷暴三大类。地形雷暴是暖湿不稳定空气在山脉迎风坡被强迫抬升而形成的雷暴。地形雷暴是夏季山区常遇到的一种雷暴。由于山地同样水汽和大气稳定度条件下，山地热力作用比平原显著，又有地形抬升作用，触发力条件好，最易成为雷暴源地。特别是被平原包围的山地，即使范围不大，只要达到与雷暴单体尺度相当的孤立山地，就能成为雷暴源地。

从季节性来说，夏季暖湿空气经常存在，气层多不稳定，如果这时垂直于山脉走向的风速分量较大，山坡也比较陡峭，地形抬升作用明显，就会形成雷暴。

综上所述可以看出，项目区域的海拔高度和地形起伏对雷暴的形成有重大影响。

地形起伏程度是表达某一区域地形特征的元素。标准差反应一组数值中某一数值与其平均值的差异程度，常被用于评估一组数值变化或波动程度，可以利用高程标准差来表达地形起伏程度。高程标准差的值越大，高程波动的范围就越大，地形就越不平坦。

通过对 DEM 数据进行提取，获取项目区域海拔高度，将区域划分为 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 的网格，计算各网格内的高程值和高程标准差，得到项目区域高程分布图（图 9.2-4）和地形起伏分布图（图 9.2-5）。

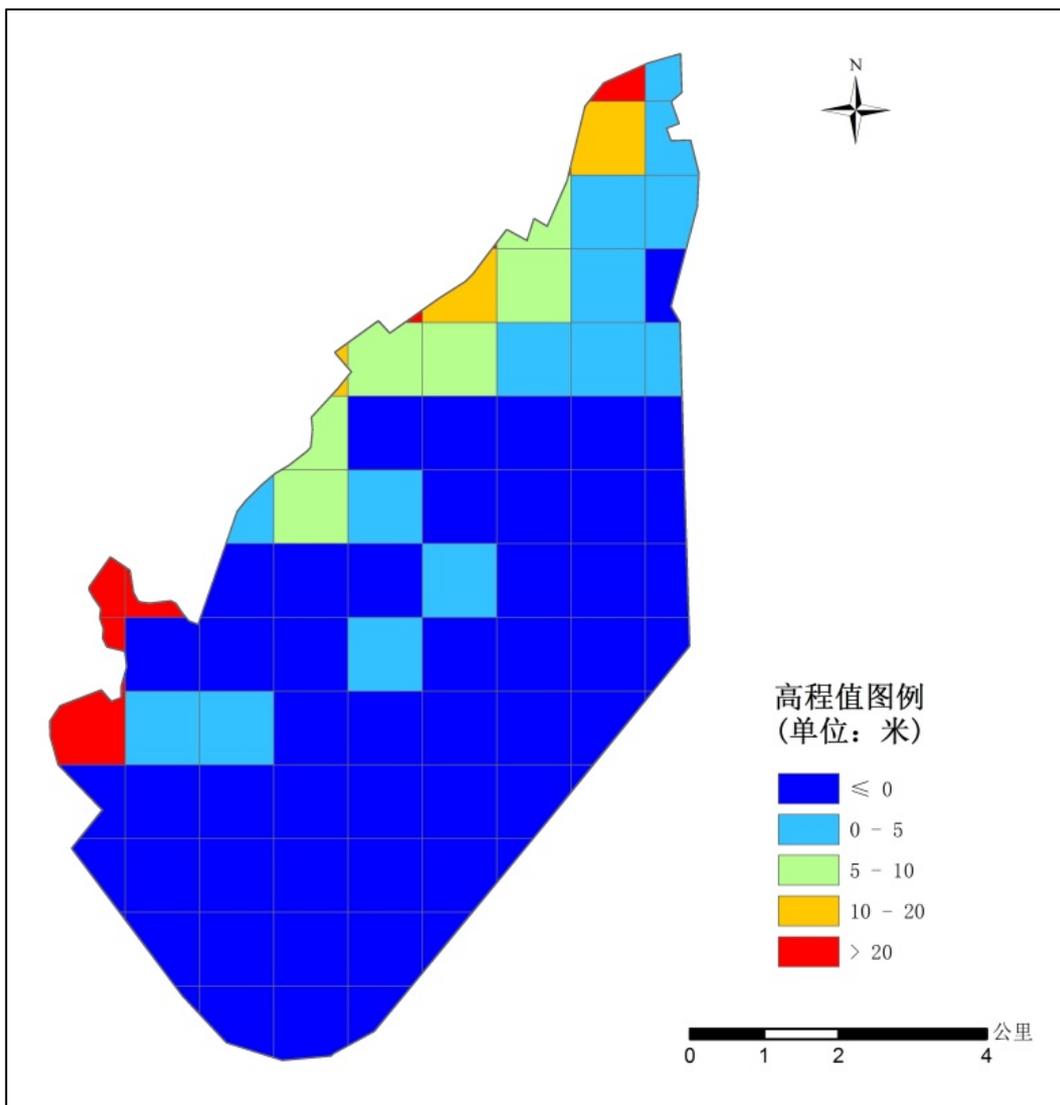


图 9.2-4 项目区域高程分布图 (1km×1km 网格)

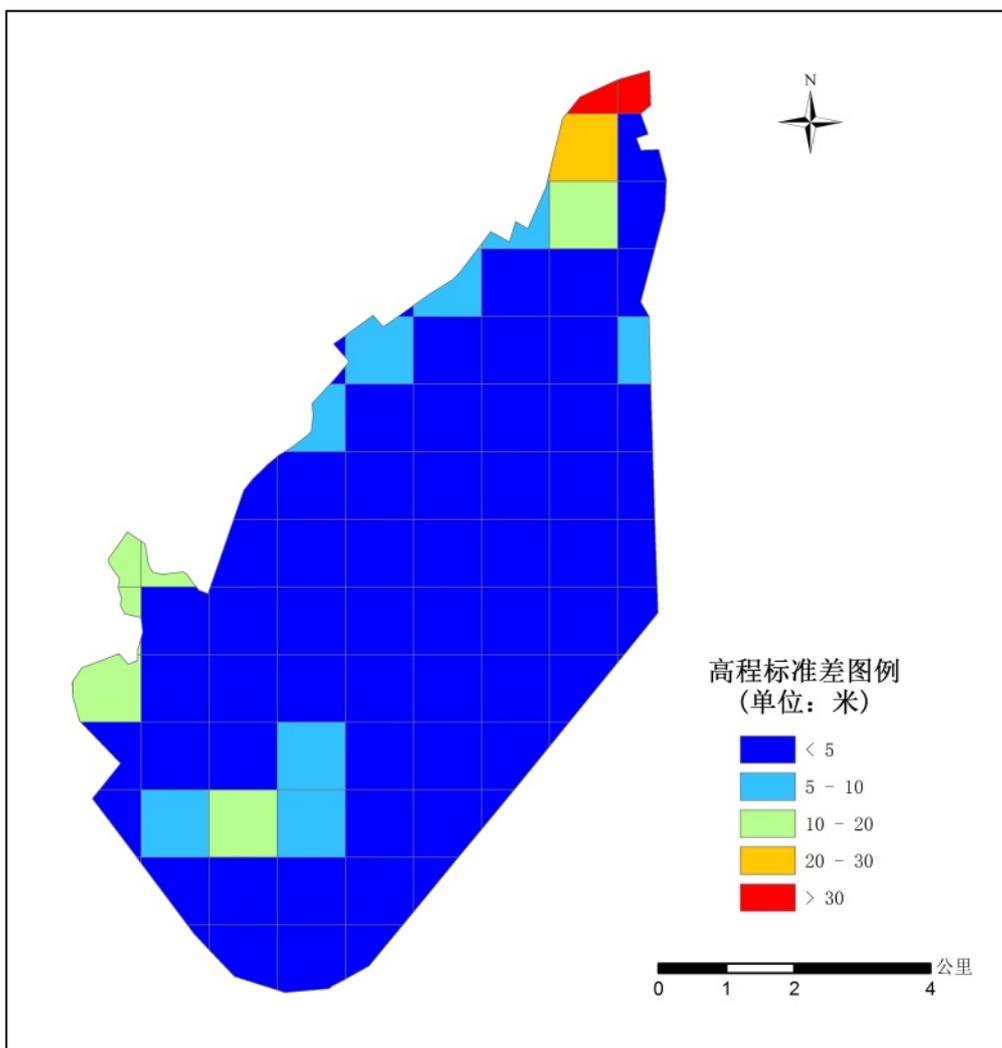


图 9.2-5 项目区域地形起伏分布图 (1km×1km 网格)

9.2.4 项目区域雷电灾害风险区划

通过对气象因子数据和环境因子数据进行归一化处理, 利用熵值法计算权重 (表 9.2-1)。

表 9.2-1 各因子权重表

| 因子 | 权重 |
|------|---------|
| 地闪密度 | 0.28048 |
| 地闪强度 | 0.27964 |
| 海拔高度 | 0.21913 |
| 地形起伏 | 0.22075 |

获取每个因子及其对应的权重，利用式(7)计算得到各个网格的雷电灾害风险综合得分。

$$\text{雷电灾害风险综合得分} = \sum \text{因子} \times \text{权重} \dots \dots \dots (7)$$

依据雷电灾害风险指数大小，采用自然断点法，将雷电灾害风险划分为一般风险区、高风险区和极高风险区，得到项目所在区域雷电灾害风险区划图（图 9.2-6）。

由图 9.2-6 可知，江门市银湖湾滨海新城核心区雷电灾害风险区划在空间分布上存在一定的规律，由于项目临近海边，一般风险区所占比例较大，高风险区和极高风险区主要分布在陆地。其中，片区一主要是高风险区和极高风险区，雷电灾害风险相对较大。雷电灾害的发生发展受下垫面因素影响，填海造田继而兴建建筑物改变下垫面起伏状况，加上海陆差异明显，项目区域周围大气电磁环境也会改变，因此，对于雷电灾害的防御仍不能放松。

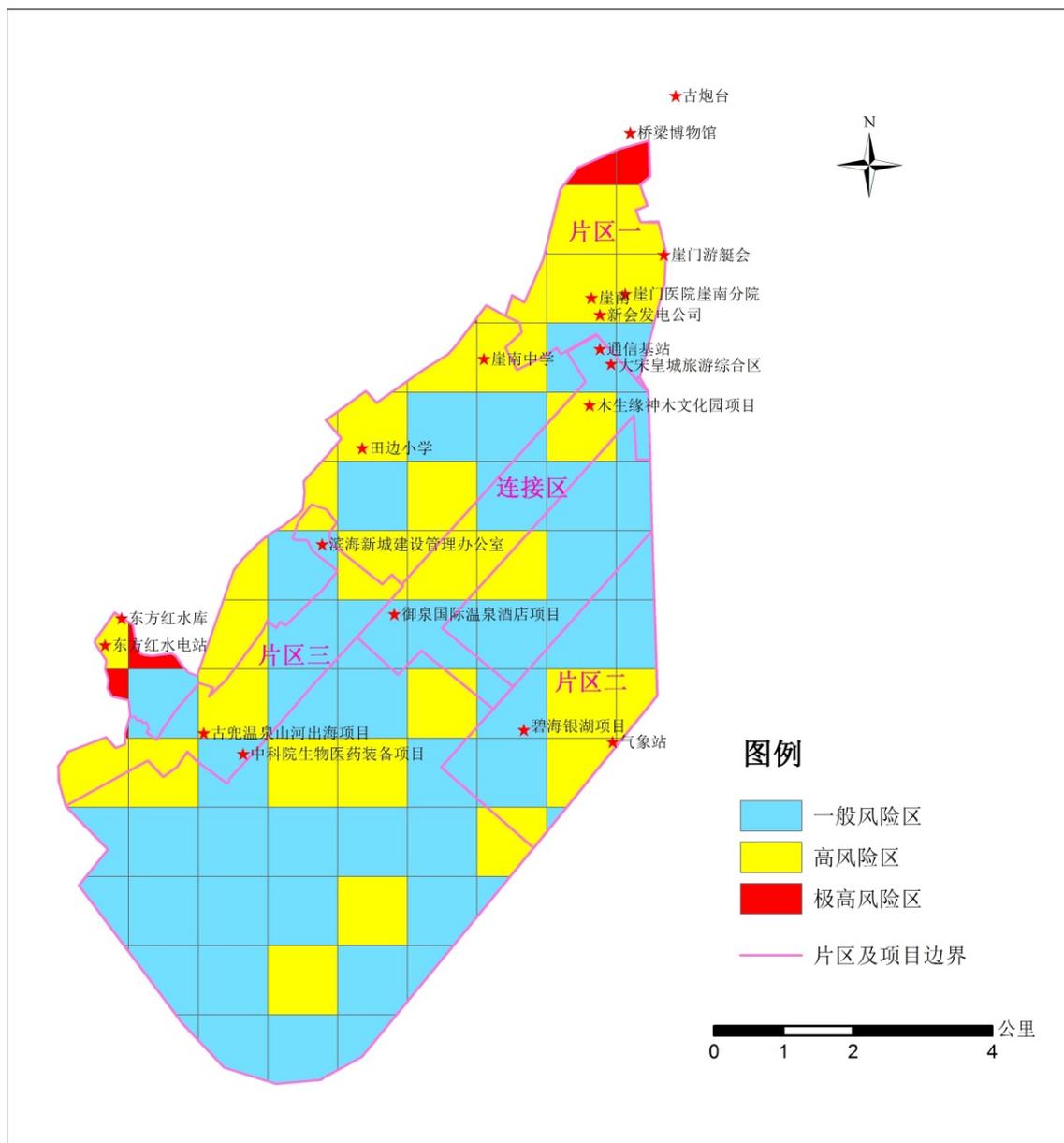


图 9.2-6 项目所在区域雷电灾害风险区划图

9.2.5 评估小结

利用熵值法，结合气象资料和地理信息资料客观地对江门市银湖湾滨海新城核心区项目所在区域进行了雷电灾害风险区划，结合雷电灾害分析、雷电灾害风险区划以及区域规划进行分析，结论如下：

(1) 核心区内人身防护是重点。

核心区规划了滨海宜居优质花园、海洋主题度假组团、宋元文化渔港小镇、临山休闲度假组团等多个人员密集型的功能分区。

人员密集型项目如游乐项目、酒店项目、居住区等的选址应尽量避免高风险区，尤其是极高风险区，如无法避开，应加强雷电防护措施并辅助雷电监测预警，降低雷电可能造成人身伤害风险。

户外游艇设施、游艇俱乐部、湿地公园、滨水体验设施等尽量避免高风险区尤其是极高风险区设置，如无法避开，应加强雷电防护措施并辅助雷电监测预警，做好雷电安全管理工作。

(2) 核心区设置研发中心、会展中心、交易中心、水产养殖基地以及院士工作站等等，应加强电子电器设备雷电防护，减低雷电造成电子电器设备受损的风险；

(3) 户外的游乐设施、索道系统等的控制中心应加强电子电器设备雷电防护，减低因雷电造成电子电器设备故障，导致人员伤亡以及服务中断引起恐慌的危险。

(4) 区域内建筑高度分布在四个区间：24m 以下、24m 到 60m 之间、60m 到 100m 之间、100m 以上，高层建筑物所占比例较高，还有一小部分为超高层建筑，高层建筑尤其是超高层建筑受雷电直击的风险非常高，应加强建构物的雷电防护，减低因雷电造成建筑物损坏、设备损坏、人员伤亡以及由此产生的次生伤害（如雷击建筑物，产生的碎块高空坠落伤害人身、汽车及其他物体）。

(5) 核心区内大型通信基站、电力变电站、学校、供水供气站等公用设施应避开高风险区尤其是极高风险区设置，否则应加强雷电防护措施。

具体措施可参考本章第三节相关内容。

9.3 雷电风险控制措施

核心区定位是江门与港澳在高端服务、教育科研、文化创意、生活旅游等多方位合作的桥头堡和载体；为周边地区提供综合服务的江门绿色智慧滨海新城、新型城市示范区。根据现有规划，区域内可能设置粤港澳高端服务组团、科研教育创意组团、滨海宜居优质花园、海洋主题度假组团、宋元文化渔港小镇、临山休闲度假组团等功能分区，如果发生雷击事故，可能造成电子电器受损、人身伤亡或者建筑物、户外大型设施设备故障损坏、游乐设施失灵等，进而造成重大人身伤亡、巨大的经济损失和不良社会影响。

据前文列举的气候和雷电环境分析、雷电灾害分析和区域雷电灾害风险区划分析结果，本项目在未来各功能区的设计、施工、运营过程中应采取相应消减雷电风险的对策和措施。

本报告参数值是根据江门市银湖湾滨海新城核心区的地域性、功能特性等评价的，具有很强的针对性，因此本部分雷电风险控制措施仅适用于江门市银湖湾滨海新城核心区。

9.3.1 总体要求

(1) 建（构）筑物的防雷分类及防雷措施，宜结合地理、地质、土壤、气象、雷电环境、项目特点等因素，在雷电灾害风险区划结论的基础上，根据《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010、《雷电防护第三部分：建筑物的物理损坏和生命危险》GB/T 21714.3-2015 及相关标准的有关规定执行。建筑物外装饰的防雷与防风应统一考虑。

位于雷电灾害高风险区和极高风险区的建（构）筑物，宜加强防护措施，极高风险区可考虑提高防护等级。

度假休闲游览区的小型孤立建（构）筑物，如亭、阁、棚等，宜作为紧急避雷（雨）场所，并按相关规定设计安装防直击雷的外部防雷装置。

(2) 雷电电磁脉冲的防护应符合《建筑物防雷设计规范》GB 50057-2010、《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB50343-2012、《雷电防护第四部分：建筑物内电气和电子系统》GB/T 21714.4-2015 及相关标准的规定。

(3) 区域内各项目宜设置综合接地系统，接地系统应满足各类设备工作接地、安全接地和防雷接地的要求。接地网的接地电阻、故障状态下的跨步电压和接触电位在允许范围以内。可利用各种管网、建构物等的接地综合联成整体接地网。

(4) 滨海新城所在地区湿度长年偏高，空气盐份高，大气盐雾和土壤渗水具有很强的腐蚀性。因此，工程建设规划和防雷设计施工中要充分考虑防雷装置所用材料的抗腐蚀程度，并做好防腐措施。

区域内大部分地域现状为围垦区，核心区西面为海域，地下水对钢筋、钢结构可能有腐蚀性，接地装置应采用高性能防腐材料，并适度加大材料的规格。

(5) 区域内各项目规划宜参考雷电灾害风险区划结论，海洋主题度假组团、宋元文化渔港小镇、临山休闲度假组团、居住区等人员密集的功能区规划应尽可能避开雷电灾害风险高区域，尤其是极高区域。如无法避开可加强雷电防护能力（如适当提高雷电防护等级，加强雷电监测和预警等等）。

(6) 根据规划，区域内未来人口密度较高，可能设置海洋主题度假组团、宋元文化渔港小镇、临山休闲度假组团等文化旅游度假项目，在防雷设计时应重点考虑人身安全防护。

区域内旅游度假项目设置的游道、观景平台、索道系统、缆车系统、游乐园(场)、水景设施、游泳区及其他空旷地带等易发生雷电灾害的场所，应在评估报告基础上采取综合防雷措施。对广场、操场等空旷地带，应结合现场情况采取适当的防雷措施，确保人身防雷安全。

(7) 为保证人身、设备和建（构）筑物的安全及正常运行，除有特殊规定外，应将电气设备（尤其是户外大型设施、设备）正常不带电外壳、支撑等部分与接地装置作良好的电气连接。

游览区域的道路沿线敷设贯通的接地扁钢，供沿线路灯和其他监控设备的工作接地、安全接地。金属高杆灯可以做自然接闪器，金属高杆灯应与游客保持一定安全距离，以防金属高杆灯接闪时对周边游客造成伤害。

(8) 为防止高电位引入，架空进出建筑物的金属管道在建筑物外 1m 处，应与防雷电感应接地装置相连或就近接至防雷或电气设备的接地装置上，并设测试断接卡。

(9) 户外大型游览设施设备应设防雷装置，设施设备控制机房应设置相适配的电涌保护器 SPD 和可靠的接地系统，保障游客和设施设备的安全。

(10) 建（构）筑物和户外大型设施设备的防直击雷的人工接地装置距离建筑物出入口或人行道不应小于 3m，并应按标准要求采取适当的防接触电压和跨步电压措施。

9.3.2 各专业系统

(1) 建构筑物

从现有规划来看，区域内建筑高度分布在四个区间：24m 以下、24m 到 60m 之间、60m 到 100m 之间、100m 以上，高层建筑物所占比例较高，还有一小部分为超高层建筑，应重视建构筑物雷电防护。

区域内建构筑物的防雷装置应依照《雷电防护 第三部分：建筑物的物理损坏和生命危险》GB/T 21714.3-2015、《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 等现行规范设置。

1) 接闪器

① 接闪器宜采用装设在各建筑物上的接闪网、接闪带和接闪杆组成的。

从防腐、维修的角度考虑，外露的接闪器宜采用铝合金或不锈钢材料。接闪网网格的规格依据建筑物的防雷类别设置。

② 接闪网、接闪带应沿屋角、屋檐、屋脊和檐角等易受雷击的部位敷设。

③ 屋面不同标高处的接闪带均应相互焊接连通，所有凸出屋面的金属物体（包括金属栏杆）均应就近与接闪带可靠焊接。

排放物无爆炸危险气体、蒸汽或粉尘且突出屋面的放散管、风管、烟筒等物体，可不装接闪器，但应和屋面防雷装置相连。

④ 突出屋面的非金属物或不能直接接闪的设备，当其不在接闪器的有效保护范围内时，应加装防雷接闪装置（接闪杆或接闪带或混合接闪器）加以保护。

2) 引下线

① 建筑物宜利用建筑结构柱内两根 $\Phi 16$ 以上对角主筋通长焊接作防雷引下线。当选用的钢筋直径为8~10mm时，应利用四根钢筋贯通作为一组引下线。

② 引下线应沿建筑物四周均匀对称布置。引下线的间距依据建筑物的防雷类别设置。

③ 引下线上端与接闪带焊接，下端与接地极焊接，构成电气通路，建筑物四角的外墙引下线在室外地面上0.5m处设测试卡子。

3) 接地装置

① 当接地装置接地电阻未达到设计要求，在符合工艺要求的情况下，可采取利用自然接地体、外引接地装置、深井式接地极，填充电阻率较低物质或降阻剂人工改善土壤电阻率等方法降低接地电阻值。

② 各栋建筑物宜利用建筑物基础内钢筋作接地体，将基础地梁内外水平两根主钢筋（不小于 $\Phi 16$ ）沿建筑物四周通长焊通。

建构筑物的接地装置，与场区内 B 型综合接地网（装置）有两点以上电气连接。

4) 建筑物设总等电位联结，浴室、卫生间设置局部等电位。强、弱电系统接地母排的接地引出线应从接地装置的不同点引出，且强、弱电引出点应间隔 5m 以上的距离。

5) 凡正常不带电，而当绝缘破坏有可能呈现电压的一切电气设备金属外壳均应可靠接地。所有用电设备做保护接地并与综合接地系统作可靠电气连接。

6) 侧击雷防护

区域中属于二类防雷建筑物的（如高层、超高层建筑等），建议做好侧击雷防护，其防护措施如下：

①从 45m 开始，应至少每两层设均压环。均压环可利用外圈梁内两根 $\Phi 16$ 以上主筋通长焊接形成闭合环路，并与建筑物内所有防雷引下线、外墙上的所有金属窗、构件等较大的金属物相连接。

②各类竖向金属管道应至少每隔三层与均压环作等电位连接。外墙内、外竖直敷设的金属管道及金属物的屋顶和底端，应与防雷装置等电位连接。

③外立面若采用玻璃幕墙，土建时应预留足够的接地端子供幕墙龙骨连接，预埋件及龙骨的上下端均应与防雷装置焊接。

④对水平突出外墙的物体，当滚球半径 45m 球体从屋顶周边接闪带外向地面垂直下降接触到突出外墙的物体时，应采取相应的防雷措施。

⑤本项目各建筑物超过 60m 的部位应防侧击，防侧击应符合下列规定：在建筑物上部占高度 20% 并超过 60m 的部位，各表面上的尖物、墙角、边缘、设备以及显著突出的物体，应按屋顶的保护措施考虑；在建筑物上部占高度 20% 并超过 60m 的部位，布置接闪器应符合对第二类防雷建筑物的要求，接闪器应重点布置在墙角、边缘和显著突出的物体上。

(2) 电气系统

区域内新建项目的低压配电系统应采取雷电防护措施。

1) 低压电源电缆在进入供电区域建筑前应采取埋地敷设的方式；在建筑入户处，应将电缆铠装层与综合接地系统等电位连接，并在每处电缆井内将电缆金属铠装层接地。

2) 在配电所低压母线处设置第一级 SPD，各建筑入口处总配电柜设置第一级 SPD，分配电柜设置第二级 SPD，信息设备房或机房内的配电箱设置第三级 SPD，重要设备前端设置第四级 SPD。

3) 除特殊规定外，供电系统中电气装置与设施的外露可导电部分，均应可靠接地。所有用电设备应做保护接地，与综合接地系统的预留端子作可靠电气连接。

每个电气装置的接地应以单独的接地线与接地干线相连接，不得在一个接地线中串接几个需要接地的电气装置。

(3) 信息系统

信息系统可能包括电话系统、电视系统、计算机网络系统，保安监控系统 and 可视对讲系统等。信息系统的防雷应从等电位连接、屏蔽、合理布线、接地、SPD 等方面考虑。

1) 等电位连接及接地

① 用电设备的金属外壳、构架及正常不带电的金属部分，应作保护接地。

② 信息系统接地系统与接地装置的接地点应与防雷接地的接地点、配电所的保护地、工作地的接地点至少相隔 5m 以上，以免接闪或电气故障干扰自控系统的正常工作。

③ 所有信号空线对都应接地；采用光纤传输的线路，其光纤金属加强芯、金属外皮都应良好接地；光端设备金属外壳也应进行良好接地。

2) 屏蔽与布线

① 信息系统机房内设备应远离外墙结构柱，不宜设置在建筑物的顶层，机房外墙应采取有效的电磁屏蔽措施，重要敏感设备应摆放在安全距离以内。正常工作时，应保持室内设备外壳和机柜门常闭，有效利用设备或机柜自身金属外壳的屏蔽效能。

② 供电线路、信息系统线路等宜采用屏蔽电缆或穿金属线槽敷设，屏蔽层及金属线槽应两端接地，金属屏蔽线槽（管）应保持良好电气导通性，并做等电位连接。信息系统线路与供电线路应分开敷设，否则应用金属材料做隔离，以免互相干扰。

3) 安装 SPD

① 所有安装在室外的信息系统终端设备（摄像机等）等在信号线和电源线两端均需安装适配的 SPD。

② 信息系统机房主控机、分控机设备端，信号线、通信线、各消防控制器的报警信号、各终端监控设备进、出线处安装适配的信号（视频）SPD，在穿越不同防雷分区时，应在防雷分区界面处装设适配的 SPD。

③ 现场安装的 SPD 安装位置应尽可能靠近户外信息系统终端设备。

④ 消防控制室与本地区或城市“119”报警指挥中心之间联网的进、出线端口，应装设适配的信号线路 SPD。

4) 其它

户外安装的信息系统终端设备（如摄像机等）均需采取有效的直击雷防护措施（安装避雷短针或利用支撑金属杆作保护）。

9.3.3 特殊构筑物

(1) 金属屋面构筑物

区域内建构筑物、大型设施设备等屋面若采用金属结构，雷电防护系统接闪器的选择应分两种情况：

- ① 不需重点考虑防击穿或存放易燃材料的引燃。
- ② 必须考虑防击穿、发热点、存放易燃材料等问题。

金属体与闪击通道接触处的热过程可用简化的模型表示假定，接触区的热分配与固定的电弧类同，电弧在金属电极表面产生数十伏的电压降(U_e ，以下计算取其值为 $30V$)，使金属加热的能量为 $W=U_e \cdot Q$ (Q 为流经雷击点的电荷 (As))，如考虑全部能量作用于热金属体时，雷击每库仑(As)电荷能熔化金属物的体积，铁： $V / Q \approx 4.4mm^3 / As$ ；铜： $V / Q \approx 5.4mm^3 / As$ ；铝： $V / Q \approx 12mm^3 / As$ 。

根据上述简式可大致算出金属物遭二次雷电闪击时可能会出现和被熔化的深度。如果雷击点处加热面积的直径取 $50-100mm$ (其相应面积为 $1963-7854mm^2$)，而对第二、三类防雷建筑一次闪击的总电量为 $225As$ 时，金属相应的熔化深度铁为 $0.084 \sim 0.503 mm$ ，铜为 $0.103 \sim 0.619 mm$ ，铝为 $0.229 \sim 1.375mm$ 。

因此直接利用材质厚度为 $0.5mm$ 的薄铁板作接闪器时，会有屋面板遭雷击而被烧穿或击坏的可能。

一般的接闪针都伤痕累累，是雷击时闪电瞬间热熔的原因。金属板屋面做接闪器，没有固定的接闪点，每次雷击都要在接闪点发生一次热熔化，久而久之，热熔疤痕就会锈蚀，以至洞穿，影响屋面的防水效果。

(a) 金属屋面作接闪器

不需重点考虑防击穿或金属屋面下易燃材料的引燃的情况，金属屋面构筑物可利用其屋面作接闪器，金属板应符合表 9.3-1 的材料要求，金属板之间采用搭接时，其搭接长度不应小于 100mm。为了更有效地泄放雷电流，在构造要实现电气连通。

表 9.3-1 接闪器中，金属面板与金属管道的最小厚度

| LPS 类型 | 材料 | 厚度 ^a t/mm | 厚度 ^b t'/mm |
|---------------------|-------|----------------------|-----------------------|
| I 至 VI | 铅 | — | 2.0 |
| | 电镀不锈钢 | 4 | 0.5 |
| | 钛 | 4 | 0.5 |
| | 铜 | 5 | 0.5 |
| | 铝 | 7 | 0.65 |
| | 锌 | — | 0.7 |
| a: 防止击穿、热熔或燃烧不力 | | | |
| b: 对于不防击穿、热熔或燃烧的金属板 | | | |

除有特殊规定外，宜利用竖向结构主筋及钢构架作防雷引下线，将柱内靠外侧的二条通长焊接主筋，人字形钢柱、主三角形钢管桁架，工字钢柱等分别上下焊接贯通，并与屋面钢桁架焊接连通。为了要达到整个金属结构的电气连通，对钢管与钢管、连接点之间、板与钢管之间焊接。

(b) 设置接闪器

综上所述，当必须考虑防击穿、发热点、屋面下易燃材料等问题，金属屋面的建筑物不宜直接用屋面作接闪器，宜另设置接闪器保护。

屋面设明装接闪网，网格为 10m×10m 或 12m×8m，沿屋面外檐明敷接闪针带。在角位、金属顶窗、气楼等处设接闪短针保护。为了更有效地泄放雷电流，在构造要实现电气连通。

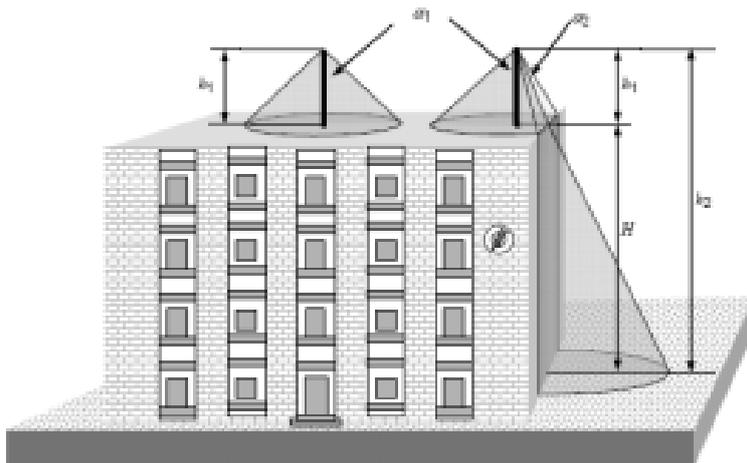
防雷引下线应沿外墙明敷，并经最短路径接地，在地面上 0.5m 处设测试卡子。引下线间距不大于 18m，上端与接闪带焊接，下端与接地体焊接，构成电气通路，接地焊接处均应刷沥青防腐。

金属屋面构筑物的外部防雷设计与一般建筑物的外部防雷设计不同之处，主要在于其具有的建筑外形与屋面的差异性，如何结合建筑物的性质及其所处的地理位置、环境、重要性等因素来正确设置防雷装置具有很强的必要性，从而使金属屋面构筑物的雷电防护系统更具科学性、合理性、完善性。

(2) 玻璃屋面建构筑物

区域内建（构）筑物、游览设施等，如设计的是含有玻璃屋面建筑物，应在凸出屋面的玻璃处增加接闪带作为接闪器。接闪带可采用不锈钢，玻璃架构上表面四周最边沿，紧贴玻璃敷设宽度为 25mm、厚度为 4mm 的不锈钢带。玻璃包边采用宽度能将玻璃侧面挡住、厚度为 4mm 的不锈钢带，并回包宽度为 25mm、厚度为 4mm 的不锈钢带。在龙骨架构处玻璃上表面敷设宽度为 25mm、厚度为 4mm 的不锈钢带，形成网格。玻璃架构上表面接闪网格尺寸小于 10m × 10m 或 12m × 8m。四周最边沿的不锈钢带与龙骨架构处玻璃上的不锈钢带焊接。接闪网格与龙骨采用宽度为 25mm、厚度为 4mm 的不锈钢带焊接三面的不锈钢带为一整体。

由于雷电流热效应、冲击波、动力效应的破坏作用，玻璃屋面建筑物的防雷设计，在条件允许的情况下，应尽可能使雷电流接闪点远离被保护的玻璃，宜在设计上利用金属装饰物作为接闪器，使玻璃屋面处于防雷保护范围内，使安全、美观达到一致。接闪器的设计可参考图 9.3-1，玻璃宜采用钢化玻璃。



H——建筑物离参考平面的高度 h₁——为接闪接闪针的物理高度 h₂——h₁+H为接闪接闪针离地面高度
 α₁——高度h=h₁时的保护角h为屋顶表面与参考平面的高度α₂——高度为h₂的保护角

图 9.3-1 不同高度的保护角法的接闪器设计

(3) 具有悬臂部件建构筑物

区域内建（构）筑物、游览设施等，如设计具有悬臂部件，为避免位于悬臂建筑物下的人成为置于悬臂墙体的引下线中的雷电流通路的可能性，隔距 d（m）应满足下列条件：

$$d > 2.5 + s \text{ (m)} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

s 为根据（2）计算得出的间隔距，m。

2.5m 为人体垂直伸展手掌时人站立的地方距人体手指尖的高度等于 2.5 见图 9.3-2。

$$S = k_i \frac{k_c}{k_m} l \dots\dots\dots (2)$$

式中：

k_i—取决于所选择的 LPS 类型见表 9.3- 2

k_c —取决于流经引下线的雷电流见表 9.3- 3

k_m—取决于电气绝缘材料见表 9.3- 4

l —分隔点到最近等电位连接点沿接闪器或引下线的长度(m)

表 9.3- 2 外部 LPS 的绝缘-系数 k_i

| LPS 类型 | k_i |
|---------|-------|
| I | 0.08 |
| II | 0.06 |
| III 和VI | 0.04 |

表 9.3- 3 外部 LPS 的绝缘-系数 k_c

| 引下线的数目n | k_c |
|---|-------|
| 1 | 1 |
| 2 | 0.06 |
| 3根或3根以上 | 0.04 |
| 3根或3根以上，5×5的网格或接闪系统的连续金属薄板 | 1/n |
| 如：每一接极具有相同的接地电阻值，则对B型接地装置和A型接地装置均适用。 如果单一接地极的接地电阻值明显不同，则 $k_c=1$ 。 | |

表 9.3- 4 外部 LPS 的绝缘-系数 k_m

| 材料 | k_m |
|-----------------------------------|-------|
| 空气 | 1 |
| 钢筋混凝土、砖瓦 | 0.5 |
| 注：当有多种绝缘材料串接时， k_m 值取各种材料中较低的值。 | |

图 9.3-2 所示的导体环路可产生高的感应电压降，因而导致雷电流向建筑物放电而引起损坏。

如不能满足（2）式的条件，对图 9.3-2 所示情形，为了在雷电导体环路的重入点形成直接路径，应采用其他装置。

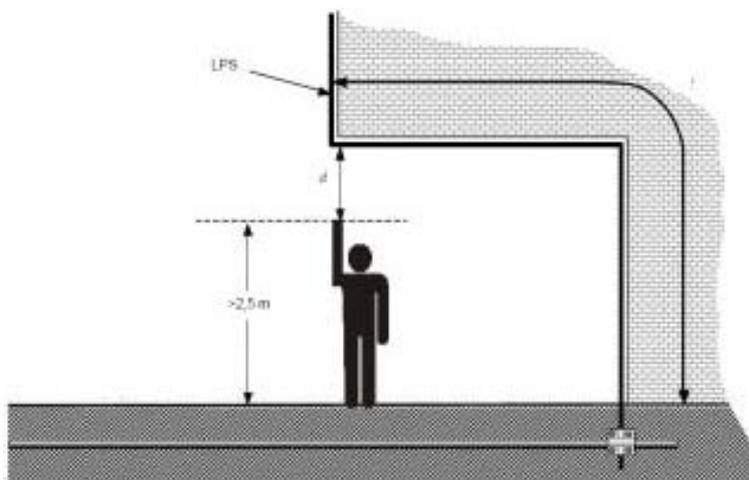


图 9.3-2 具有悬臂部件的建筑物的 LPS 设计

9.3.4 游道

(1) 应在游道两侧设置防雷装置或具备防雷能力的应急避雷亭，在高风险区避雷亭或防雷装置之间的间距不宜大于 100m，在一般风险区其间距不宜大于 150m，并应在明显位置设置指示牌。

(2) 应急避雷亭安装的外部防雷装置应符合《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 和表 9.3-5 的要求，其形状、颜色等应与其周围环境协调。

表 9.3-5 接闪器保护范围及接地电阻的要求

| 风险区划 | 滚球半径 (m) | 接地电阻 (Ω) |
|-------|----------|-------------------|
| 高风险区 | 60 | ≤ 20 |
| 一般风险区 | 100 | ≤ 30 |

(3) 游道两侧的护栏宜采用高强度非金属材料，当采用金属材料时，应不大于 25m 做一次接地，并设置警示牌。

(4) 当游道两侧有高大乔木时，可将短接闪装置安装在树冠，引下线应沿树干敷设到接地装置，并设置警示牌。

9.3.5 观景平台

(1) 观景平台应设置独立接闪杆对平台上 2.5m 高度平面进行防雷保护。接闪杆的保护范围计算应符合《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 附录 D 的要求，其滚球半径应符合表 9.3-5 的要求，当平台面积较大时，独立接闪杆应设置在雷暴活动最多的方位。

(2) 观景平台四周的护栏宜采用高强度非金属材料，当采用金属材料时，应不大于 25m 做一次接地，并应设置警示牌。

9.3.6 游乐园（场）

(1) 游乐园（场）应尽量避免雷击风险高值区域，尤其是极高区域。

(2) 游乐园（场）建构筑物的防雷设计应符合《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 的规定。

(3) 游乐园（场）内 2.5m 高度应置于直击雷防护区（LPZ0_B）内。

(4) 宜利用游乐设施金属结构作为外部防雷装置，金属构件应符合《游艺机和游乐设施安全》GB8408-2000 和《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 的规定。

(5) 在高耸金属游乐设施保护范围之外的空旷地带，应装设独立接闪装置或架空接闪线进行保护，在高风险区滚球半径取 60m，在一般风险区滚球半径取 100m。接闪杆或架空接闪线的支柱不应设在游人集中通过或停留的位置。

(6) 外部防雷装置的接地电阻值应符合表 9.3-5 的要求。防接触电压和跨步电压的措施应符合《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 的要求。

(7) 索道系统、缆车系统的防雷装置应符合《客运架空索道安全规范》GB 12352-2007、《架空索道工程技术规范》GB 50127-2007 和《索道工程防雷技术规范》QX/T 225-2013 的要求。

(8) 游乐设施的金属轨道、索道等应不大于 25m 接地一次。

9.3.7 水景设施

(1) 游乐泵房及控制机房建构筑物防雷设计应符合《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 的相关规定。

(2) 水景低压配电系统设计应符合《低压配电设计规范》GB50054-2011 的要求。

(3) 喷水池的电气安全、等电位连接应符合《建筑物电气装置 第 7 部分：特殊装置或场所》GB 16895.19-2002 的要求。

9.3.8 树木

(1) 在雷灾高风险区或曾经发生过雷击火灾的林区，宜选择地势较高的位置布设独立接闪杆。接闪杆的高度应高于树冠 1m 以上。当有高大乔木可利用时，可将长度不超过 1m 的短接闪杆安装在树冠的干支上，引下线应沿树干敷设到接地装置并设置警示牌。接地电阻不应大于 $30\ \Omega$ 。

(2) 古树名木的防雷应符合《古树名木防雷技术规范》QX/T231-2014 的要求。

9.3.9 景区电气系统和电子系统

(1) 景区电气系统

1) 索道（缆车）供电、驱动控制、站内安全装置、线路安全装置、索道照明等电气系统的防雷与接地应符合《客运架空索道安全规范》GB 12352-2007 和《架空索道工程技术规范》GB 50127-2007 的要求。索道（缆车）站房等建构筑物防雷措施应符合《索道工程防雷技术规范》QX/T 225-2013 的要求

2) 室外照明系统宜采用铠装电缆或穿金属管埋地敷设。宜利用金属灯杆做接闪器和引下线，灯杆接地电阻值应符合表 9.3-5 的要求。

3) 在独立接闪杆、架空接闪线、架空接闪网的支柱上, 严禁悬挂电话线、广播线、电视接收天线及低压架空线等。

4) 本项目景区内的闪电电涌侵入和闪电感应的措施应符合《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 中 4.3 节的规定。

5) 本项目景区内的等电位连接和屏蔽措施应符合《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 中第 6 章的规定。

(2) 景区电子系统

1) 景区内的电视监控系统、广播系统、售(验)票系统、紧急电话系统、停车场管理系统、信息指示等电子系统的室外部分均应在外部防护装置的保护范围内。

2) 电子系统的电源线、信号线应全线采用铠装电缆或穿金属管埋地敷设。

4) 电子系统的线路在不同地点进入建筑物时, 宜设若干等电位连接带, 并将其就近连到环形接地体、内部环形导体或在电气上贯通并连通到接地体或基础接地体的钢筋上。

5) 电子系统信息技术设备(ITE)机房的屏蔽、等电位连接措施应符合《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 中第 6 章“防雷击电磁脉冲”的规定。

6) 电子信息系统的雷电防护应符合《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB50343-2012 和《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 的要求。

9.3.10 防雷设计参数分析

(1) 接地网参数分析

土壤电阻率的数值与土壤的结构, 土质的紧密度、湿度、温度等, 以及土壤中含有可溶性的电解质有关。它是防雷工程的重要参数, 在设计、

计算接地网时首先应测量当地的土壤电阻率，并搞清土壤电阻率在地面横向以及垂直方向的变化规律，以用最小的投资达到最理想的设计效果。

项目工作组技术人员对江门市银湖湾滨海新城核心区项目进行了多次的现场调查、踏勘、数据采集，土壤电阻率数据分析报告详见本报告第三章相关内容。

① 接地电阻

依照《交流电气装置的接地设计规范》(GB/T 50065-2011)中复合式(接地网)的工频接地电阻简易计算公式:

$$R = 0.5 \frac{\rho}{\sqrt{S}} \dots\dots\dots (1)$$

则，接地网的面积:

$$S = \left(\frac{0.5\rho}{R}\right)^2 \dots\dots\dots (2)$$

公式中: ρ : 土壤电阻率 ($\Omega \cdot m$),

S : 地网面积 (m^2)。

式(1)、(2)表明，在土壤电阻率已经确定的情况下，若要达到设计要求，必须扩大接地面积，每扩大 4 倍的接地面积，接地电阻会降低 1 倍。接地网的接地电阻值，与接地网的面积 S 和土壤电阻率有关。根据前文的土壤电阻率数据分析报告，对江门市银湖湾滨海新城核心区项目区域在土层 1~5m 深范围，接地电阻 R 取值为 10Ω 、 1Ω 、 0.5Ω 时，估算复合式接地网的面积，详见表 9.3-6。

$$R_v = \frac{\rho}{2\pi d} \left(\ln \frac{4L}{d}\right) \dots\dots\dots (3)$$

$$R_h = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{L^2}{hd} + A\right) \dots\dots\dots (4)$$

公式中: d : 接地极等效直径 (m);

h: 埋设深度 (m);

L: 接地极长度 (m);

A: 形状系数。

式(3)、(4)表明, 接地网的接地电阻与土壤电阻率、水平接地体的长度、垂直接地体的深度, 以及接地网的形状有关。要降低接地电阻的另一个方法是加大接地材料的尺寸, 但耗材太大, 效果并不理想。但使用接地网要达到某个接地电阻值, 与接地网包围的面积 S 和土壤电阻率有关, 由于开挖量大, 耗材多, 费工费料, 工程造价相当高。

江门市银湖湾滨海新城核心区项目区域内某些测点土壤电阻率较高, 采用人工接地网方案时, 接地电阻值如果不能达到设计要求 (见表 9.3-6), 可采取利用自然接地体、外引接地网、深井式接地极, 填充电阻率较低物质或降阻剂人工改善土壤电阻率等方法降低接地电阻值。

表 9.3-6 核心区各测点复合式接地网面积估算

| 站点 | | ρ ($\Omega \cdot m$) | | S (m^2) | | |
|-------------|------|-----------------------------|--------|---------------|-------------|---------------|
| | | 范围 | 平均值 | $R=10\Omega$ | $R=1\Omega$ | $R=0.5\Omega$ |
| 崖门游艇会 | 测点 1 | 84.80~181.20 | 130.00 | 42.25 | 4225.00 | 16900.00 |
| 大宋皇城旅游综合区项目 | 测点 1 | 87.49~275.60 | 156.86 | 61.51 | 6151.11 | 24604.43 |
| 木生缘神木文化园 | 测点 1 | 452.80~777.60 | 641.60 | 1029.13 | 102912.64 | 411650.56 |
| | 测点 2 | 424.00~830.40 | 659.52 | 1087.42 | 108741.66 | 434966.63 |
| 碧海银湖项目 | 测点 1 | 155.74~496.60 | 331.19 | 274.21 | 27421.37 | 109685.49 |
| | 测点 2 | 348.40~434.20 | 391.82 | 383.81 | 38380.73 | 153522.91 |
| 御泉国际温泉酒店项目 | 测点 1 | 98.10~207.00 | 142.56 | 50.81 | 5080.84 | 20323.35 |
| | 测点 2 | 139.23~504.40 | 254.31 | 161.68 | 16167.89 | 64671.54 |
| 中科院生物医药装备项目 | 测点 1 | 4.94~15.99 | 9.65 | 0.23 | 23.27 | 93.08 |
| | 测点 2 | 4.26~81.00 | 20.66 | 1.07 | 106.75 | 427.00 |
| 西南部海岸线 | 测点 1 | 113.36~218.53 | 181.12 | 82.01 | 8200.75 | 32803.01 |

续表 9.3-6

| 站点 | | ρ (Ω.m) | | S (m ²) | | |
|------------|------|----------------------------------|--------|---------------------|----------|-----------|
| | | 范围 | 平均值 | R=10Ω | R=1Ω | R=0.5Ω |
| 古兜温泉山河出海项目 | 测点 1 | 27.82~111.28 | 72.70 | 13.21 | 1321.18 | 5284.71 |
| 气象站 | 测点 1 | 140.80~777.60 | 426.94 | 455.70 | 45570.29 | 182281.18 |
| | 测点 2 | 100.00~262.72 | 170.91 | 73.03 | 7302.73 | 29210.91 |
| 备注 | | ρ: 在 1~5 深度土层范围内, 土壤电阻率的数值范围和平均值 | | | | |

② 电源系统雷击过电流估算

假设区域内新建项目的通信及数据信息传输线路主要采用光缆敷设, 可认为基本不分流雷电流, 但仍有部分通信线缆为非光纤传输介质。此外, 进入建筑物的服务设施还包括水管等金属管道。

采用以下方案对电源系统雷击过电流进行估算, 对雷电流在接地装置、电力系统和其它金属管道间分配进行讨论。

假定总雷电流 i_0 的 50% 流入建筑物的 LPS 的接地装置中, 而其余的 50% 的 i_0 进入各种设施 (外来电力线、通讯线、金属管道等) 间分配。这里通讯线路采用光缆埋地引入, 基本不分流雷电流, 则雷电流主要在电力线和外来金属管道中分配。

则 SPD1 的通流量 I_1 为:

$$I_1 = I_{1(350)} = i_0 \times 50\% \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} \text{ (kA)} \dots \dots \dots (1)$$

即 SPD1 的 $I_{imp} = I_1$ (kA)；

当使用 (8/20 μ s) 波形时，可通过单位能量推算知：

$$I_{1(20)} = I_{1(350)} \times \sqrt{\frac{T_{2(350)}}{T_{2(20)}}} \text{ (kA)} \dots\dots\dots (2)$$

$$\sqrt{\frac{T_{2(350)}}{T_{2(20)}}} = \sqrt{\frac{350}{20}} \approx 4.18 \dots\dots\dots (3)$$

雷电流经过 SPD1 后，会有 50%~30% 的残余施加于 SPD2 上，这里考虑较坏的情况，假定有 50% 的残余雷电流施加于 SPD2 上，则 SPD2 的标称通流量为：

$$I_2 = I_{1(20)} \times 50\% \text{ (kA)} \dots\dots\dots (4)$$

同样，雷电流经过 SPD2 后，会有 50%~30% 的残余施加于 SPD3 上，这里考虑较坏的情况，假定有 50% 的残余雷电流施加于 SPD3 上，则 SPD3 的标称通流量为：

$$I_3 = I_2 \times 50\% \text{ (kA)} \dots\dots\dots (5)$$

同样，雷电流经过 SPD3 后，会有 50%~30% 的残余施加于 SPD4 上，这里考虑较坏的情况，假定有 50% 的残余雷电流施加于 SPD4 上，则 SPD4 的标称通流量为：

$$I_4 = I_3 \times 50\% \text{ (kA)} \dots\dots\dots (6)$$

从安全可靠的角度考虑，同时考虑到由感应环路产生的感应电流，可以选择各级 SPD 的通流量预留 100% 的安全裕量，同时适当提高第一级 SPD 通流量。

对于本项目来说，市政进线处为第一级浪涌保护，变电所低压母线处为第二级浪涌保护，信息设备房屋内的配电箱为第三级浪涌保护，重要设施设备前端为第四级浪涌保护。浪涌保护器的选择可参考表 9.3-7。

表 9.3-7 江门市银湖湾滨海新城核心区项目各级 SPD 通流量

| 站名 | i ₀ (kA) | SPD1 | | SPD2 | SPD3 | SPD4 | 加 2 倍裕量 | | | | | 加 3 倍裕量 | | | | |
|-------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| | | SPD1 | | I ₂ | I ₃ | I ₄ | SPD1 | | SPD2 | SPD3 | SPD4 | SPD1 | | SPD2 | SPD3 | SPD4 |
| | | I ₁ (350) | I ₁ (20) | | | | I ₁ (350) | I ₁ (20) | I ₂ | I ₃ | I ₄ | I ₁ (350) | I ₁ (20) | I ₂ | I ₃ | I ₄ |
| 银湖湾滨海新城核心区 | 150.1 | 9.38 | 39.24 | 19.62 | 9.81 | 4.91 | 28.1 | 117.7 | 58.9 | 29.4 | 14.7 | 37.5 | 157.0 | 78.5 | 39.2 | 19.6 |
| 崖门游艇会 | 144.6 | 9.04 | 37.81 | 18.90 | 9.45 | 4.73 | 27.1 | 113.4 | 56.7 | 28.4 | 14.2 | 36.2 | 151.2 | 75.6 | 37.8 | 18.9 |
| 大宋皇城旅游综合区 | 161.6 | 10.10 | 42.25 | 21.13 | 10.56 | 5.28 | 30.3 | 126.8 | 63.4 | 31.7 | 15.8 | 40.4 | 169.0 | 84.5 | 42.3 | 21.1 |
| 碧海银湖项目 | 163.2 | 10.20 | 42.67 | 21.33 | 10.67 | 5.33 | 30.6 | 128.0 | 64.0 | 32.0 | 16.0 | 40.8 | 170.7 | 85.3 | 42.7 | 21.3 |
| 御泉国际温泉酒店项目 | 154.3 | 9.64 | 40.34 | 20.17 | 10.09 | 5.04 | 28.9 | 121.0 | 60.5 | 30.3 | 15.1 | 38.6 | 161.4 | 80.7 | 40.3 | 20.2 |
| 古兜温泉山河出海项目 | 139.1 | 8.69 | 36.37 | 18.18 | 9.09 | 4.55 | 26.1 | 109.1 | 54.6 | 27.3 | 13.6 | 34.8 | 145.5 | 72.7 | 36.4 | 18.2 |
| 中科院生物医药装备项目 | 142.1 | 8.88 | 37.15 | 18.58 | 9.29 | 4.64 | 26.6 | 111.5 | 55.7 | 27.9 | 13.9 | 35.5 | 148.6 | 74.3 | 37.2 | 18.6 |
| 木生缘神木文化园项目 | 169.7 | 10.61 | 44.37 | 22.18 | 11.09 | 5.55 | 31.8 | 133.1 | 66.6 | 33.3 | 16.6 | 42.4 | 177.5 | 88.7 | 44.4 | 22.2 |
| 滨海新城建设管理办公室 | 149.2 | 9.33 | 39.01 | 19.50 | 9.75 | 4.88 | 28.0 | 117.0 | 58.5 | 29.3 | 14.6 | 37.3 | 156.0 | 78.0 | 39.0 | 19.5 |

9.3.11 施工期间防雷安全管理

(1) 合理安排施工工期和内容

项目位于江门市新会区南部，从邻近项目所在地的新会气象观测站、台山气象观测站、斗门气象观测站 30 年（1984-2013 年）雷电资料统计分析来看，雷电活动随季节和时段的不同有明显变化，施工时应根据季节变化和日变化合理安排工程施工进程，可将潜在雷击危险显著降低。

根据大气雷电环境分析结论，5、6、7 和 8 月是全年闪电密度最大的月份，本项目区域的钢结构吊装施工，以及各类机房内灵敏设备安装、调试，应尽可能避开这四个月份进行。

区域内的闪电活动规律性比较强，分布比较集中，主要集中在午后至晚上，有明显的多发时段，多发时段为 14 时至 19 时。主要是局地热力抬升作用而形成，说明该区域的闪电大部分集中在午后和晚间。由于 5、6、7、8 四个月的闪电密集且经常伴有暴雨，防雷工程施工及危险性作业时要注意多发时段和峰值时段。

(2) 施工现场采取防雷措施

1) 应按照 GB50057-2010 中 6.2 节的要求对建筑施工现场进行防雷区划分。

2) 建筑施工现场临时建筑物应置于直击雷防护装置的保护范围（LPZ0B 区）内。当建筑施工现场有起重机、井字架、龙门架等高耸机械设备，或者施工现场相邻建筑物上的直击雷防护装置可将建筑施工现场临时建筑物置于 LPZ0_B 区内时，可不用单独装设直击雷防护装置。施工结束后，作为直击雷防护装置的高耸机械设备应最后退出现场。

如无法满足上述要求，施工现场临时建筑物的选址应尽量远离远离大树、铁塔、电杆、塔吊、物料提升机等易受雷击的物体，并按照 GB 50057-2010 要求装设接闪器、引下线和接地装置，接地电阻值满足规范要求。

3) 施工现场的大型高耸设备，如能利用做接闪器可不另设接闪器，否则应在架体顶端设置接闪器。可利用其金属结构体作为防雷引下线，无需另外敷设引下线，但应保证其良好电气连接导通性。

4) 桩基基础的塔式起重机应利用其桩基钢筋作为接地装置，并与塔式起重机主体做电气连接。当采用人工接地体时，接地装置的施工应符合规范要求。还应符合下列要求：轨道两端各设一组接地装置；轨道的接头处作电气连接，两条轨道端部做环形连接；较长轨道每隔不超过 30m 加一组接地装置。

5) 落地式外墙金属脚手架应在其下部与建筑物的预留接地端子进行电气连接，连接点数不应少于两处，相邻两接地点间的距离不应大于 30 m。

6) 固定性的起重机械、施工机械可就近与附近的防雷接地装置连接，雷暴来临前将机械的可调高构件放低，相应的供电、控制系统线路应断开连接。

7) 安装防雷装置的物料提升机与外用电梯，其所有固定的动力、控制、照明、信号及通信线路，宜采用连续焊接钢管敷设，钢管与该机械设备的金属结构体应做等电位连接。物料提升机的卸料平台应在施工层处与脚手架做等电位连接。

8) 金属脚手架等电位连接应符合以下规定：

a) 高度在 60m 以上的落地式外墙金属脚手架宜就近与建筑物预留接地点做等电位连接，并保证其电气连通。

b) 吊篮式金属脚手架宜就近与建筑物预留接地点做等电位连接，并保证其电气连通。

c) 悬挑式、吊篮式金属脚手架附近无可直接利用的连接装置时，可利用建筑物施工层上的柱、梁、板主筋至少每隔 25m 进行等电位连接，连接点不应少于两处。高度在 60m 以上的悬挑式、吊篮式金属脚手架还应每隔两层与建筑物预留接地钢筋进行等电位连接。

9) 当建筑施工现场设有专供施工用的低压侧为 20/380V 中性点直接接地的变压器时，其低压侧应采用 TN-S 系统。

10) TN-S 系统中的保护地线应在配电室或配电箱处做重复接地，每一处重复接地装置的接地电阻值不应大于 30 欧姆。

11) 建筑施工现场供电线路敷设应优先采用埋地敷设，并应避免机械损伤和介质腐蚀。当现场供电线路埋地敷设确有困难时，可采用架空敷设，架空线路应采用绝缘导线，且架空线应架设在专用电杆上，不得架设在树木、脚手架及其他设施上，专用电杆的绝缘子铁脚、金具应接地。

12) 已做防雷接地的机械，其电气设备所连接的低压配电保护线应做重复接地，两者可共用同一接地体，接地电阻值应按两者较小值选取。

13) 总配电房在电气接地装置与防雷接地装置共用或相连的情况下，应在总配电箱、配电柜处装设 I 级试验的电涌保护器。电涌保护器的电压保护水平值应小于或等于 2.5kV。每一保护模式的冲击电流值应按照 GB 50057-2010 中 6.4 的要求进行选取，无法确定时取值应大于或等于 2.5kA。电涌保护器应按照 GB 50057-2010 中附录 J 的要求进行安装。

14) 为防止接触电压导致人身伤亡事故，在人可触及的金属部位采取隔离措施或做绝缘处理，并设立警示标志；为防止跨步电压导致人身伤亡事故，应在环形接地装置处设立警示标志（若接地装置施工时已做绝缘处理，则可不设置警示标志）。

15) 施工单位应制定防雷安全管理制度，并对施工人员进行防雷安全知识培训。

16) 施工单位应向现场工作人员通告气象部门发布的当地雷电预警信息，并采取有针对性的雷电避险措施。

17) 雷暴期间，建筑施工现场应停止所有户外作业，且不应靠近有雷电危险的场所和设施，具体参见《建筑施工现场雷电安全技术规范》QX/T246-2014。

18) 建筑施工现场防雷装置安装完毕后，应由具备资质的机构检测合格后投入使用。施工总工期超过一年的，防雷装置应每年进行一次年检。

19) 发生雷击事件后，应对建筑物施工现场的防雷装置进行检查维护。

9.3.12 安全运营防雷指导意见

(1) 运营管理应结合雷暴活动规律

从项目所在地 19 年雷电资料统计分析来看，雷电活动随季节和时段的不同有明显变化，应根据季节变化和日变化合理安排核心区度假旅游休闲区的管理工作，可将潜在雷击危险显著降低。

区域内重要庆典、活动的安排宜避开 5~8 月这四个月份进行，尤其是 5 月和 8 月，如实在无法避开，宜结合雷电预警预报（详见本章 9.3.14 节）合理安排进行。

区域内的闪电活动规律性比较强，分布比较集中，主要集中午后至晚上，有明显的多发时段，多发时段为 14 时至 19 时。因此，在雷电高发的 5 至 8 月应加强区域内的雷电预警预报工作，尤其是午后时段的雷电预警预报。度假游览区宜根据雷电预警信息合理安排游客进出和疏散工作，在雷闪临近时，应停止游客入场并及时疏散游览区内的游客到防雷安全区域。

(2) 防雷设施检测和维护

应加强防雷设施的检测和维护。应有专人负责防雷装置的日常巡查和维护。防雷设施和接地系统应每年做定期检查，保障防雷设施和接地系统的正常运行。

按照相关标准和规定，防雷检测应每年一次，易燃易爆场所每半年检测一次，检测时间宜安排在每年雷雨季节前进行；防雷定期检测应委托有资质的检测机构进行。

新建、改建、扩建项目，应根据工程进度进行跟踪检测。

(3) 雷击事故处置方法

1) 区域内各项目应制定雷电灾害应急预案，指导突发雷电灾害的应急管理和处置工作。并应在每年雨季来临前，组织相关人员举行一次雷电灾害应急演练。

2) 雷击事故发生后，工作人员要沉着、镇静，不要惊慌，应迅速安排人员现场抢救和保护现场。

2) 雷击事故发生后，应尽快通知当地气象主管机构，并由气象主管机构组织相关部门以及人员进行雷电灾害调查，作出该次雷灾事故鉴定。

3) 雷击事故发生后，要组织人员对临近的设备管线的防雷设施进行仔细检查，避免雷击频繁发生。

9.3.13 人身安全防护指导意见

(1) 加强防雷知识培训

忽视防雷安全管理，不懂雷电管理的有关知识，疏于防范，容易引起雷击事故，造成很大的灾害和损失。

因此，为避免在施工过程中雷击事故的发生，应对施工人员采取以下措施：

1) 应提高施工人员对雷电及其火灾危险性的认识，提高人员的防雷安全素质，加强工作人员的防雷安全管理。

2) 为避免在工作过程中，违反防雷安全规定和规则，人为造成火灾事故，应对工作人员进行上岗前防雷培训，使其系统地掌握防雷安全知识，通晓防雷安全的“应知应会”内容，实行持证上岗制度，电气焊工、电工要经过考试合格取得证书后才能上岗。

(2) 现场施工人员防雷应急措施

施工现场人员众多，保证施工人员的防雷安全是第一位的。

1) 遇有雷雨天气，特别是当雷闪临近时，管理人员应当提醒、督促施工人员马上停止高空作业，进入安全区域。室外施工人员应该及时躲入建筑物内，不宜停留在无防雷设施的车库、车棚，也要尽量远离大树和高压线等物体，防止遭受直接雷击。

2) 雷雨天气施工时，施工人员不要肩扛金属材料和潮湿的木料在建筑物外围或建筑物顶部、高处行走。

3) 雷闪时，施工人员不要靠近金属水管、暖气管道及配电箱等与室外有电气连接的金属设施，不要停留在门窗处。处于施工阶段的构筑物或罐体，施工人员也不要触及上述金属体。

4) 雷雨时人员不要在孤立的大树、高压输配电铁塔、高耸的灯塔下行走或停留，防止接触电压或跨步电压的伤害。

5) 有合格防雷装置的建筑物内属于防雷的相对安全区域。雷闪时所有施工现场的外部人员应及时躲避到有合格防雷装置的建筑物内部。

6) 在室内最简易直接的避雷方法，是拔下所有电源插头，也不失为一种实用的应急措施。

(3) 工作人员和游客防雷应急措施

项目在投入使用后，需要加强对工作人员的防雷安全培训，提高人员的雷电防护意识，指导工作人员和游客如何在雷雨天气中采取正确的防护措施。

雷暴天气，特别是雷闪临近时，应采取如下防护措施：

1) 不宜停留在无防雷设施的亭子、简易棚内，也要尽量远离大树和高压线等物体，防止旁侧闪击、接触电压或跨步电压的伤害。不要靠近或接触防雷装置的任何部分。

2) 在户外尽量不要使用手提电话或其他电子通信类产品。

3) 在建构筑物顶部的人员应尽快躲入建筑物内安全的地方，不要停留在高处。

4) 应注意关闭门窗，预防球形雷入室。

5) 安装的太阳能热水器，由于等电位连接措施不一定完善，雷闪临近时不要使用太阳能热水器洗澡，不宜使用花洒冲凉或者接触从室外引入内部的金属管道等。

6) 尽量不要靠近建筑物的外墙柱或在建筑物出入口处长时间逗留。

7) 尽量不要使用无防雷措施的电器设备。

8) 雷暴等气象灾害性天气前，应加强亲水平台等水景设施的安全巡查和监控，防范安全事故。

9) 在接收到雷暴等气象预警后，应借助区域内显示屏、广播等系统及时传播气象预警信息，同时工作人员应引导区域内游客和其他人员有序的就近躲避。

10) 雷暴期间，水上游乐设施、游船等应停止使用，游泳区应停止游泳，并疏散游客和相关人员到就近的有合格避雷设施的建构筑物内躲避。

11) 雷暴期间应暂停索道、缆车等设施的开放，临山休闲度假区应及时疏散游客到防雷安全区域。

12) 休闲度假区内应分区域配备简易心肺复苏急救设备。

(4) 雷击时的应急措施

1) 人体在遭到雷击后一般会出现昏迷、假死等症状，应立即采取抢救措施，首先须马上进行人工呼吸，其次要对伤者进行心脏按摩并立即通知医院进行抢救处理。

2) 如果伤者遭受雷击引起衣服着火，为避免火势蔓延全身，应迅速叫此人平躺，用衣服或厚毯子及浇水等为伤者灭火。

3) 人被雷击中后，身上不会带电，雷电电流击中人后已经通过人体泄放到大地，所以接触受伤者进行抢救是没有危险的。受伤者被雷电的电火花烧伤只是表面现象，最危险的是对心脏和呼吸系统的伤害。通常被雷击中的受伤者，常常会发心脏停跳、呼吸停止，这实际上是一种雷电“假死”的现象。要立即组织现场抢救，并向 120 求助。

4) 游览区工作人员应熟知游览区气象灾害应急机制，参与过游览区气象灾害应急演练，并熟练掌握基本的心肺复苏（CPR）技巧。图 9.3-3 为心肺复苏（CPR）步骤图。

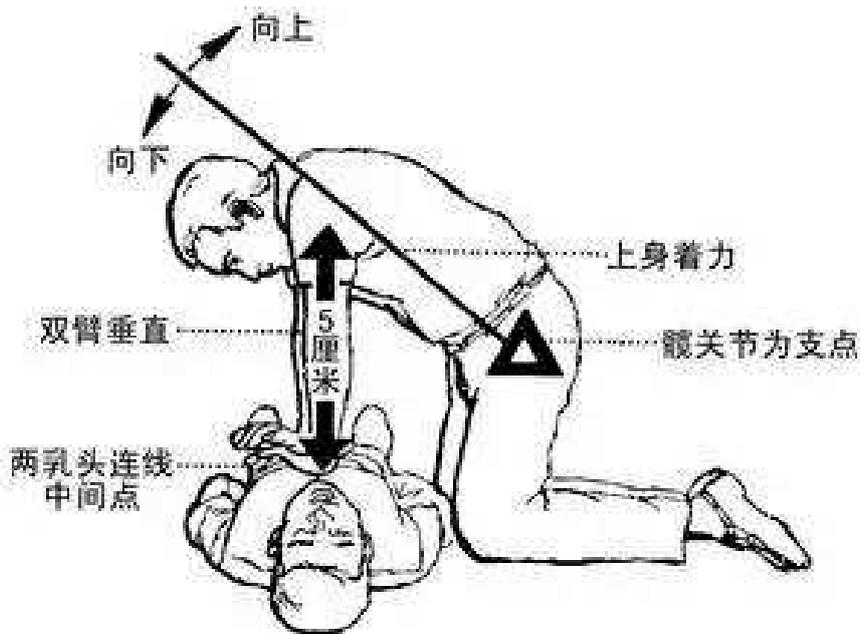


图 9.3-3 心肺复苏（CPR）步骤图

9.3.14 雷电监测和预警

近年来，因全球气候变暖致使极端天气频发，每年汛期，滨海新城核心区所在区域局地性强对流天气频繁发生。核心区背山面海，紧邻黄茅海，区域内现有成片的湿地和水域，为雷暴的发生发展提供了有利的条件，遭受雷击的概率非常高。项目建设方宜加强与气象部门联动，在滨海新城核心区建设雷电监测和预警系统，及时获取雷电等气象预警信息，核心区内景区的开放和关闭宜结合雷电等气象预警信息，科学合理的安排。

由于核心区面积大，项目众多，可分区域建设多个预警信息显示屏，尤其是在度假休闲旅游区，以便及时向游客和区域内人员传播气象预警信息。

同时，加强施工和运营期间人员值机并制定相应的雷电应急预案，切实保障区域施工和运营期间的安全。

第十章 评估结论

通过对江门市银湖湾滨海新城核心区气象灾害风险评估与论证，得出以下主要结论：

10.1 参证站选取

分析结果表明，台山站（59478）和斗门站（59487）常规气象资料均具有较好的区域代表性。因此，选择选取台山站（59478）和斗门站（59487）作为参证气象站，作为区域多年平均气候特征的主要参证气象站。选择新会站、台山站和斗门站作为雷暴日时间分布规律分析的参证站。选择新会区崖门镇银湖湾（G2111）作为重现期风速和风压计算的参证站。选择珠海三灶站作为重现期最高潮位及极值增水计算的参证站。

10.2 工程现场勘测

（1）银湖湾滨海新城核心区包括环银洲湖、黄茅海和虎跳门海岸的崖门镇、古井镇和沙堆镇部分区域，面积约 340 平方公里。

重点建设区范围位于滨海新城的南部，主要为银海湖湾的围垦区，北至古兜山麓，东侧和南侧以黄茅海为界，西至江门市区边界，规划面积约 65 平方公里。

(2) 项目组技术人员, 于 2018 年 5 月至 10 月对江门市银湖湾滨海新城核心区进行数据采集。

① 区内重要设施: 市政设施 3 个、医疗卫生设施 1 个、教育设施 3 个、通信设施 2 个、气象设施 1 个、核心区村庄 5 个、工业区 1 个;

② 周边设施: 4 个;

③ 核心区近期启动建设项目 8 个。技术人员首次到场勘测时, 碧海银湖项目和中科院生物医药装备项目正在进行土地平整, 而木生缘神木文化园项目、御泉国际温泉酒店项目、古兜温泉山河出海项目、大宋皇城旅游综合区项目、崖门游艇会、西南部海岸线尚未进行土地平整。

(3) 对银湖湾滨海新城核心区现场共测量记录了 9 个项目共 14 组土壤电阻率数值。从数据中可知, 在土层浅层(测量间距 1-5m), 土壤电阻率值在 $4.26 \sim 830.40\Omega\cdot\text{m}$ 之间均有测值, 在土层深层(测量间距 6-10m) 土壤电阻率值在 $2.06 \sim 348.80\Omega\cdot\text{m}$ 之间同样均有测值。

银湖湾滨海新城核心区, 重点建设区范围位于滨海新城的南部, 主要为银海湖湾的围垦区, 主要是耕地、沼泽地、库塘、养殖等。围垦区表土为回填土, 土壤电阻率值在土层浅层、深层分布无规律、极不均匀。

根据现场土壤电阻率勘测资料和施工可操作性考虑, 在每个测点的土层浅层(极间距 1~5m)和深层(极间距 6~10m)分别取平均值, 详见图 10.2-1、图 10.2-2。

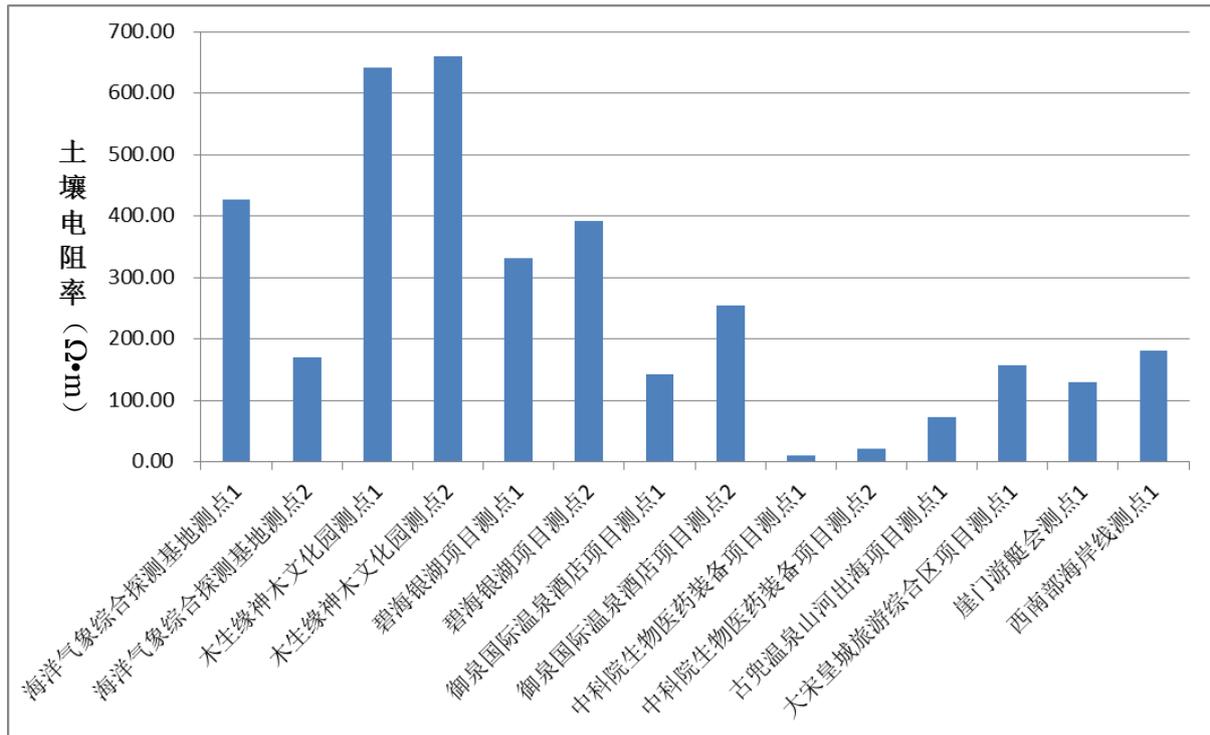


图 10.2-1 项目各测点浅层（极间距 1-5m）平均土壤电阻率变化曲线图

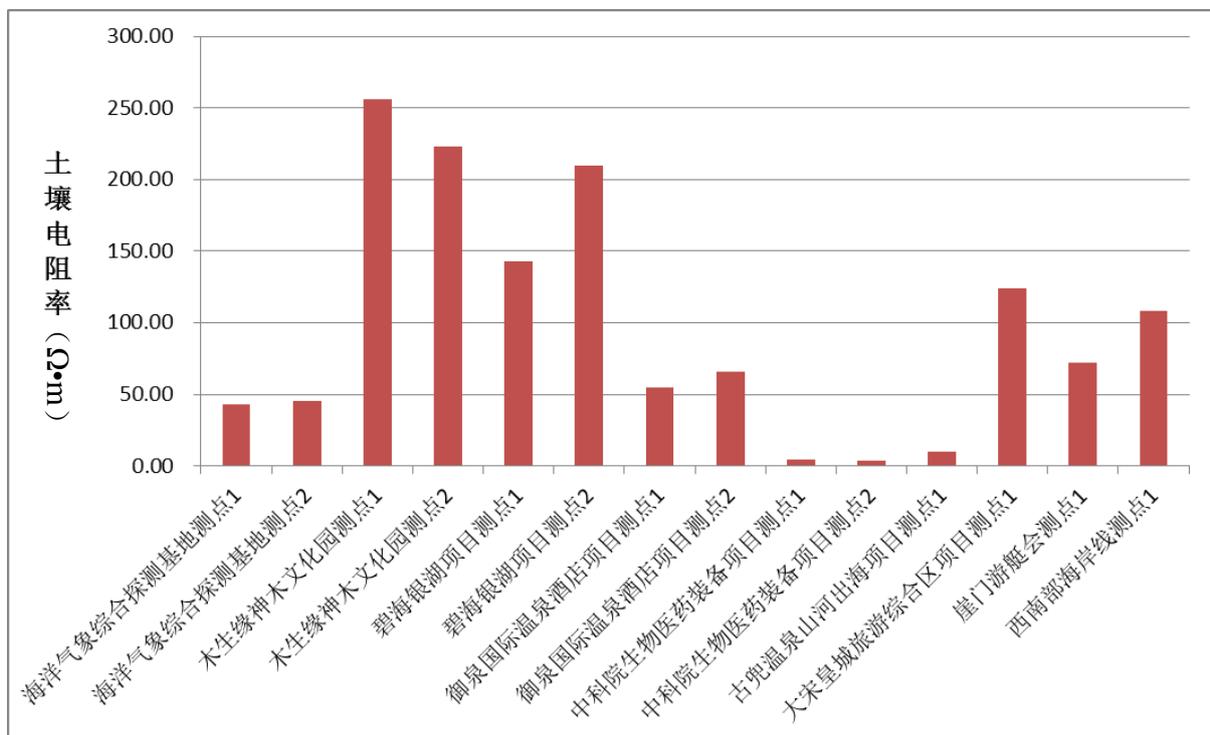


图 10.2-2 项目各测点浅层（极间距 6-10m）平均土壤电阻率变化曲线图

10.3 大气雷电环境评价

(1) 项目位于江门市新会区南部，雷暴日数据取自新会站、台山站、斗门站 30 年（1984-2013 年）数据平均值，年平均雷暴日为 70 天，最高年份可达 93 天（1997 年），最低年份 53 天（1989 年），属多雷区。

(2) 根据雷电定位系统（1999-2017 年）十九年雷电监测数据分析，地闪密度值、平均电流强度、50% 概率对应的雷电流强度、4~9 月所占比例和高发时段等五项参数特征对应表见表 10.3-1。

表 10.3-1 江门市银湖湾滨海新城核心区对应的参数特征表

| 站点名 | 地闪密度值 (次/(km ² ·a)) | 平均电流 强度(kA) | 50%概率所对应 的雷电流强度 (kA) | 4-9 月 所占比例 | 雷电多发时段 |
|---------------|-----------------------------------|----------------|----------------------------|---------------|----------------|
| 江门市银湖湾滨海新城核心区 | 13.08 | 31.36 | 23.0 | 93.4% | 14 时至 19 时 |
| 崖门游艇会 | 14.87 | 31.60 | 22.3 | 92.2% | 1 时、14 时至 19 时 |
| 大宋皇城旅游综合区 | 14.26 | 32.13 | 22.5 | 94.6% | 1 时、14 时至 19 时 |
| 碧海银湖项目 | 13.54 | 33.05 | 24.1 | 93.3% | 1 时、14 时至 19 时 |
| 御泉国际温泉酒店项目 | 12.80 | 31.63 | 23.0 | 93.2% | 1 时、14 时至 19 时 |
| 古兜温泉山河出海项目 | 12.52 | 31.12 | 23.6 | 93.6% | 1 时、14 时至 19 时 |
| 中科院生物医药装备项目 | 12.58 | 31.14 | 23.8 | 93.6% | 1 时、14 时至 19 时 |
| 木生缘神木文化园项目 | 14.13 | 32.30 | 22.4 | 94.5% | 1 时、14 时至 19 时 |
| 滨海新城建设管理办公室 | 13.02 | 30.70 | 22.0 | 93.2% | 1 时、14 时至 19 时 |

(3) 核心区启动区内主要设施、核心区区域的多年平均地闪密度值介于 12~15 次/(km²·a)。1999 年至 2017 年期间，曲线总体呈上升趋势，地闪密度值明显增加。通过距平分析，近五年银湖湾滨海新城核心区地闪密度以正距平为主，雷电发展主要呈增长趋势。

(4) 雷电平均电流强度介于 30~33kA 之间，明显高于广东省全省平均值 (28.8kA)，要重视加强直击雷防护，并提高雷电防护等级。年平均雷电流值高峰出现在 2006 年。

(5) 50% 概率所对应的雷电流强度介于 22~25kA 之间。

(6) 雷电月分布特征明显，主要分布在 4~9 六个月，占 92% 以上，其中 5、6、7、8 月份是雷电高发月份，占 74% 以上。

(7) 雷电时分布特征很明显，主要集中午后至晚上，有明显的多发时段，多发时段为 1 时、14 时至 19 时。

10.4 暴雨灾害风险与评估

项目所在区域属亚热带海洋性湿润气候区，雨量充足，暴雨（日降水量 ≥ 50 毫米）是江门市主要的气象灾害之一。

斗门多年平均降水量 2270.3 毫米，汛期（4~9 月）降雨量占全年降水的 84.7%。1967~2017 年，斗门站共出现暴雨日数 639 天，年平均暴雨日 12.5 天，其中 2001 年多达 22 天。

台山多年平均降水量 1940.4 毫米，汛期（4~9 月）降雨量占全年降水的 84.3%。1953~2017 年，台山站共出现暴雨日数 600 天，年平均暴雨日 9.2 天，其中 1981 年多达 20 天。

三个气象站的暴雨发生强度分析表见表 10.4-1，日雨量重现期见表 10.4-2，暴雨灾害事件概率见表 10.4-3。

江门市银湖湾滨海新城核心区暴雨风险等级为极高风险，结合气象致灾因子危险性、滨海新城核心区孕灾环境以及承灾体的特性，建议须加强对暴雨灾害的防御。本报告分别对于项目的规划期、建设期以及运行期提出了暴雨灾害的防御建议，具体建议见章节 6.3。

表 10.4-1 江门市银湖湾滨海新城核心区暴雨发生强度分析表

| 站号 | 暴雨发生的强度指标 | | |
|-----------|----------------|------------------|----------------|
| | 平均雨强 (mm/天) | 暴雨日雨量 极值 (mm) | 平均每年发生 暴雨次数 |
| 台山 59478 | 87.5 | 282.2 | 9.1 |
| 斗门 59487 | 95.1 | 353.9 | 12 |
| 银湖湾 G2111 | 86.2 | 324.7 | 8.6 |

表 10.4-2 参考/参证气象站不同重现期日雨量 (单位: mm)

| 重现期(a) | 5 | 10 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 台山 59478 | 196 | 229 | 260 | 278 | 300 | 331 | 361 |
| 斗门 59487 | 242 | 277 | 309 | 328 | 351 | 382 | 412 |
| 银湖湾 G2111 | 240 | 274 | 306 | 324 | 346 | 376 | 406 |

表 10.4-3 参考气象站及参证气象站发生暴雨灾害事件概率

| 站号 | 台山 59478 | 斗门 59487 | 银湖湾 G2111 |
|----------|----------|----------|-----------|
| 暴雨灾害事件概率 | 0.059 | 0.167 | 0.108 |

10.5 暴雨强度公式计算

新会单一重现期暴雨强度公式见表 10.5-1, 重现期区间暴雨强度公式见表 10.5-2。

表 10.5-1 新会单一重现期暴雨强度公式

| 重现期 P (年) | 公 式 |
|-----------|-----------------------------------|
| P=2 | $4830.308 / (t + 17.044)^{0.803}$ |
| P=3 | $4359.535 / (t + 15.633)^{0.760}$ |
| P=5 | $3853.024 / (t + 13.926)^{0.712}$ |
| P=10 | $3377.408 / (t + 11.547)^{0.661}$ |
| P=20 | $3077.977 / (t + 9.235)^{0.626}$ |

续表 10.5-1

| 重现期 P (年) | 公 式 |
|-----------|----------------------------------|
| P=30 | $2957.904 / (t + 8.256)^{0.609}$ |
| P=50 | $2825.473 / (t + 7.160)^{0.589}$ |
| P=100 | $2661.312 / (t + 5.792)^{0.564}$ |

表 10.5-2 新会重现期区间暴雨强度公式

| 重现期 P (年) | 区间 | 参数 | 公 式 |
|-----------|----|----|--------------------------------|
| 1—10 | I | n | $0.827 - 0.180Lg(P - 0.640)$ |
| | | b | $18.799 - 7.198Lg(P - 0.247)$ |
| | | A | $29.900 - 10.903Lg(P - 0.771)$ |
| 10—100 | II | n | $0.719 - 0.078Lg(P - 4.527)$ |
| | | b | $13.953 - 4.138Lg(P - 6.185)$ |
| | | A | $21.737 - 2.945Lg(P - 6.737)$ |

10.6 大风（含台风）灾害风险与评估

项目所在区域是台风、雷雨大风等大风灾害的易发区域。

1953~2017年，影响江门市银湖湾滨海新城所在区域（日雨量 $\geq 50\text{mm}$ 或日最大风速 ≥ 10.8 米/秒）的台风共有166个，年平均2.6个，最多年份有7个（1974年），除1956年、1998年和2005年无台风之外，其余年份均至少有一个台风登陆或影响。台风造成的江门市银湖湾滨海新城所在区域日最大风速（10min平均）和极大风速（3s阵风）的极端最大值分别为35.0米/秒（12级）和46.1米/秒（14级），均为G2111银湖湾站录得。

项目所在区域一年四季均可出现雷雨大风，项目选取的两个气象参证站中台山站的多年平均雷雨大风日数为1.7天，斗门站的多年平均雷雨大风日数为2.7天，均以春、夏两季较多。

综合项目所在区域大风灾害发生的可能性等级和后果等级，参照“表 6.2-4 灾害风险分级矩阵”，项目所在区域的大风风险为极高。本报告分别对于项目的设计阶段、建设阶段以及运行阶段提出了大风灾害的防御建议，具体建议见章节 7.3。

10.7 不同重现期风速计算

根据台山气象站（59478）、斗门气象站（59487）和银湖湾气象自动站（G2111）离项目的距离和以及气象站的观测环境，比较江门滨海新城的自然环境，厂址下垫面粗糙度类别取 A 类（指近海海面和海岛、海岸、湖岸及沙漠地区），风速重现期及风压计算取银湖湾气象自动站（G2111）作为气象参考站。建议江门滨海新城的工程项目建设时参考 10m 高度 50 年一遇 10min 平均风速取值 40.7m/s，阵风 54.9m/s，相应的基本风压为 1KN/m²。

10.8 风暴潮灾害风险评估

根据调查资料显示，滨海新城建成部分海堤海拔高度为 5.2 米（珠基），查询表 10.8-1，可知 500 年一遇的潮位为 3.04 米。建成部分海堤海拔高于 500 年一遇的潮位。结合项目所在区域台风“山竹”、“天鸽”登陆时及其他历史风暴潮灾情记录，本报告认为按照已建海堤基于珠基 5.2 米的标准建设未完工海堤，本地区可免受风暴潮直接影响。但需考虑高潮位时对排水系统的顶托作用，造成城市排水不顺畅，从而导致城市内涝。

三灶站重现期最高潮位及极值增水见表 10.8-1；官冲站、西炮台站重现期最高潮位见表 10.8-2。

表 10.8-1 三灶站重现期最高潮位及极值增水（1984 年~2018 年资料）

| | | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 重现期 (a) | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 | 2000 |
| 最高潮位 | 1.44 | 1.78 | 2.21 | 2.51 | 2.80 | 3.09 | 3.46 | 3.73 | 4.00 |
| 极值增水 | 1.09 | 1.46 | 2.05 | 2.56 | 2.95 | 3.48 | 4.66 | 4.92 | 5.62 |

表 10.8-2 官冲站、西炮台站重现期最高潮位

| | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| 重现期 (a) | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 |
| 官冲站 | 0.94 | 1.17 | 1.46 | 1.66 | 1.86 | 2.05 |
| 西炮台站 | 0.67 | 0.89 | 1.15 | 1.35 | 1.54 | 1.73 |

综合项目所在区域风暴潮灾害发生的可能性等级和后果等级，参照“表 6.2-4 灾害风险分级矩阵”，江门滨海新城区域尚未完全按照现有基于珠基 5.2 米的标准建设区域所有海堤，区域的风暴潮风险等级为 1 级，即红色极高风险；江门滨海新城区域在按照现有基于珠基 5.2 米的标准建设区域所有海堤后，区域的风暴潮风险指数为 8，即黄色中等风险。本报告分别对于项目的设计阶段、建设阶段提出了风暴潮灾害的防御建议，具体建议见章节 8.3。

10.9 雷电灾害风险评估

项目所在区域是雷电的多雷区，也是雷电灾害的高发区之一。

根据 2012 年到 2017 年雷灾统计数据，广东省共发生雷电灾害 3141 宗，江门市 207 宗，其中，电子电器受损占总宗数的比例最高，其次是建构筑物受损，再次是雷灾人身伤亡事故。

2012 年到 2017 年，广东省因雷电灾害导致人身伤亡事故 86 宗，江门市 6 宗。人员伤亡事故主要发生在农村地区。

雷电灾害月分布特征明显，主要分布在3~9七个月，占99.51%，其中5、6、7、8月份是雷电高发月份，占77.67%以上，与雷电月分布特征一致。

根据雷电灾害分析、核心区规划以及核心区雷电灾害风险区划（区划图见图9.2-6），核心区内人身防护是重点。人员密集型项目如游乐项目、酒店项目、居住区等的选址应尽量避免高风险区，尤其是极高风险区，如无法避开，应加强雷电防护措施并辅助雷电监测预警，降低雷电可能造成人身伤害风险。

户外游艇设施、游艇俱乐部、湿地公园、滨水体验设施等尽量避免高风险区尤其是极高风险区设置，如无法避开，应加强雷电防护措施并辅助雷电监测预警，做好雷电安全管理工作。

核心区设置的研发中心、会展中心、交易中心、水产养殖基地以及院士工作站等等，应加强电子电器设备雷电防护，减低雷电造成电子电器设备受损的风险；

户外的游乐设施、索道系统等控制中心应加强电子电器设备雷电防护，减低因雷电造成电子电器设备故障，导致人员伤亡以及服务中断引起恐慌的危险。

区域内高层建筑尤其是超高层建筑物受雷电直击的风险非常高，应加强建构物的雷电防护，减低因雷电造成建筑物损坏、设备损坏、人身伤亡以及由此产生的次生伤害（如雷击建筑物，产生的碎块高空坠落伤害人身、汽车及其他物体）。

核心区内大型通信基站、电力变电站、学校、供水供气站等公用设施应避开高风险区尤其是极高风险区设置，否则应加强雷电防护措施。

根据雷电灾害风险分析，本项目在未来各功能区的设计、施工、运营过程中应采取相应消减雷电风险的对策和措施。区域内建（构）筑物的防雷分类及防雷措施，宜结合地理、地质、土壤、气象、雷电环境、项目特

点等因素，在雷电灾害风险区划结论的基础上，根据相关标准执行。建筑物外装饰的防雷与防风应统一考虑。位于雷电灾害高风险区和极高风险区的建（构）筑物，宜加强防护措施，极高风险区可考虑提高防护等级。

5、6、7 和 8 月是全年闪电密度最大的月份，多发时段为 14 时至 19 时，区域内工程施工及危险性作业时要尽量避开多发月份以及多发时段。区域内项目的运营管理应结合雷电高发期来安排。同时加强区域内重点项目的雷电监测和预警工作，核心区内景区的开放和关闭宜结合雷电等气象预警信息，科学合理的安排。

具体雷电防护措施可参考本报告 9.3 节相关内容。

综上所述，江门市银湖湾滨海新城核心区规划设计、建设和运营过程中要充分考虑暴雨、大风、雷电、风暴潮等气象灾害或气象衍生灾害的影响，建立健全气象灾害应急预案，避免和减轻高影响天气气候事件造成的损失。工程设计中应综合考虑气象因素的影响，并将推算的工程设计气象参数、暴雨强度公式及重现期日雨量等应用于工程设计中，最大程度地减轻气象灾害带来的不利影响。项目建成后，对局地气候可能产生的影响较小。