郑州市二七区南部产业片区
雷电灾害风险区域评估报告

河南科安工程检测有限公司

2020 年 11 月

统一社会信用代码
91410103MA446EPA3X

营业执照

（副 本） 1-3

扫描二维码登录"国家企业信用信息公示系统"了解更多登记、备案、许可、监管信息。

名　　称　河南科安工程检测有限公司

类　　型　有限责任公司（非自然人投资或控股的法人独资）

法定代表人　朱翠红

经营范围　防雷装置的检测；环境检测；气象灾害（雷电、大风、暴雨）风险评估。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）

注册资本　伍佰零壹万圆整

成立日期　2017年07月19日

营业期限　长期

住　　所　郑州市管城区南三环2号2层201号

登记机关

2020年 03月 20日

国家企业信用信息公示系统网址：http://www.gsxt.gov.cn

国家市场监督管理总局监制

项目名称：	郑州市二七区南部产业片区雷电灾害风险区域评估报告
评估单位：	河南科安工程检测有限公司
协作单位：	郑州市防雷中心
项目负责人：	李建东
现场勘查人：	温凯杰、张素霞、刘玉山、李洪亮、张兆锋
报告编制人：	陈　菲
校　　对：	李雷茹
审　　核：	田金华
报告提交日期：	2020 年 11 月

前　言

为准确把握郑州市二七南部产业片区建设项目潜在的雷电灾害风险，有效降低二七南部产业片区内的各建设项目建成后遭受雷击而引发雷电灾害的概率，指导二七南部产业片区内各在建及未建项目过程中设施设备防雷安全工作，河南科安工程检测有限公司承担该项目的雷电灾害风险区域评估服务。

我公司在二七南部产业片区组织开展了项目地理环境、土壤电阻率等实地勘查和采样，分析了二七南部产业片区雷电活动规律及其周边环境，进行雷电灾害风险统计分析，编制《郑州市二七南部产业片区雷电灾害风险区域评估报告》，为郑州市二七南部产业片区的防雷设计、施工、运营等各个阶段的雷电防护提出措施和建议。

本报告内容只适用于郑州市二七南部产业片区建设项目，不适用于其他地域内项目的雷电灾害风险评估。本评估报告的内容只作为指导二七南部产业片区内建设项目规划设计参考，不可作为商业用途，避免他人误用《评估报告》内容，造成不良后果。

在本次评估工作中，我们得到了郑州市气象局、郑州市二七区应急管理局、郑州市防雷中心的大力支持与密切配合，在此深表谢意！

目　　录

第一章 评估说明 1

1.1 项目名称 1

1.2 委托单位 1

1.3 项目概况 1

1.4 评估目的 3

1.5 评估原则 4

1.6 评估范围 4

1.7 评估依据和参考资料 4

1.7.1 法律法规 4

1.7.2 标准、技术规范 5

1.7.3 技术资料及其他相关资料 7

1.8 评估进度 7

1.8.1 制定评估方案 7

1.8.2 评估时间进度 8

第二章 现场勘测及数据采集分析 9

2.1 现场勘测说明 9

2.1.1 目的 9

2.1.2 内容 9

2.1.3 技术方法 10

2.2 地理环境 10

2.3 土壤环境 11

2.4 现场勘察 12

2.5 基础数据采集 14

2.5.1 地理位置参数 14

2.5.2 土壤电阻率测量说明 14

2.5.2.1 测量目的 14

2.5.2.2 测量方案 15

2.5.2.3 测量方法 15

2.5.3 土壤电阻率测量与分析 18

2.5.3.1 测点 1 19

2.5.3.2 测点 2 20

2.6 工程现场勘测 22

第三章 气候背景分析 25

3.1 气象环境 25
3.2 资料来源及说明 26
3.3 气温 26
3.4 气压 27
3.5 降水 30
3.5.1 年最大日降水量 31
3.5.2 年最长连续无降水日数 32
3.6 相对湿度 32
3.7 风速风向 34
3.8 极端气温 42
3.9 雷电预警信号发布数据 42
3.10 暴雨日数 43
3.11 雷暴 45
3.12 冰雹 46
3.13 风向风速极端值 47
3.14 基本气候特征 56

第四章 大气雷电环境资料分析 57

4.1 资料收集 58
4.2 雷暴数据资料分析 60
4.2.1 雷暴日特性 60
4.2.2 雷电活动时空分布特征分析 62
4.2.2.1 地闪密度特征分析 63
4.2.2.2 地闪强度特性分析 65
4.3 雷电灾害分析 69
4.4 项目区域雷电灾害风险区划 72
4.4.1 项目所在区域地闪密度空间分布 73
4.4.2 地闪强度空间分布 76
4.5 大气雷电环境特征总结和建议 79

第五章 雷电灾害风险区域评估 83

5.1 评估指标体系 84
5.2 雷电灾害风险 85
5.2.1 风险源 85

5.2.1.1 直击雷 85
5.2.1.2 雷电波侵入 86
5.2.1.3 感应过电压 86
5.2.1.4 地电位反击 86
5.3 雷电风险辨识 87
5.4 雷电风险区划 91
5.4.1 主要方法 92
5.4.2 致灾因子分析 93
5.4.2.1 气象因子 93
5.4.2.2 环境因子 95
5.4.3 项目区域雷电灾害风险区划 98
5.5 雷电灾害风险区划小结和建议 100
第六章 雷电风险控制措施 101
6.1 总体要求 101
6.2 各专业系统 103
6.2.1 一般建（构）筑物 103
6.2.1.1 接闪器 104
6.2.1.2 引下线 105
6.2.1.3 接地装置 105
6.2.1.4 建筑物内的各等电位连接 106
6.2.1.5 建筑物内金属设施设备等电位连接 106
6.2.1.6 侧击雷防护 106
6.2.2 电气系统 107
6.2.3 电子信息系统 108
6.2.4 等电位连接及接地 112
6.2.5 屏蔽与布线 112
6.2.6 安装 SPD 113
6.2.7 其他 113
6.3 特殊建（构）筑物 113
6.3.1 建（构）筑物多类型考虑 113
6.3.2 金属屋面构筑物 114
6.3.2.1 必须考虑防击穿、发热点、存放易燃材料等问题 115
6.3.2.2 不需重点考虑防击穿或存放易燃材料的引燃 116
6.3.2.3 设置接闪器 116

6.3.3 玻璃屋面建（构）筑物 118
6.3.4 具有悬臂部件建（构）筑物 119
6.4 医院 121
6.5 防雷设计参数分析 121
6.5.1 接地网参数分析 121
6.5.1.1 接地电阻 122
6.5.1.2 电源系统雷击过电流估算 123
6.6 施工期间防雷安全管理 125
6.6.1 合理安排施工工期的内容 125
6.6.2 施工现场采取防雷措施 126
6.7 安全运营防雷指导意见 130
6.7.1 运营管理应结合雷暴活动规律 130
6.7.2 防雷设施检测和维护 131
6.7.3 雷击事故处置方法 131
6.8 人身安全防护指导意见 131
6.8.1 加强防雷知识培训 131
6.8.2 现场施工人员防雷应急措施 132
6.8.3 人员的防雷应急措施 133
6.8.4 雷击时的应急措施 134
6.9 雷电监测和预警 135
第七章 结论及建议 136
7.1 参证站选取 136
7.2 现场勘测论述 136
7.3 区域气候概况 137
7.4 大气雷电环境概况 138
7.5 项目区域雷灾风险区划 139
7.6 雷电灾害风控及建议 139

第一章 评估说明

1.1 项目名称

郑州市二七南部产业片区雷电灾害风险区域评估

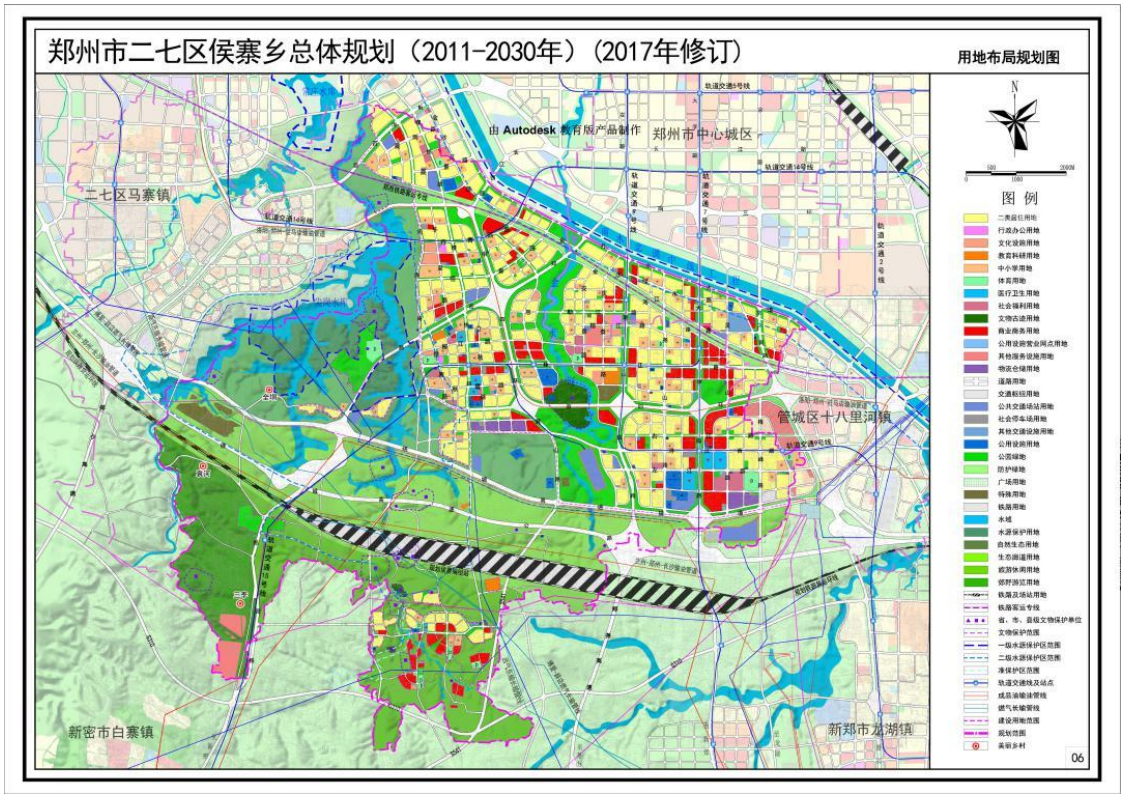
1.2 委托单位

郑州市二七区应急管理局

1.3 项目概况

郑州市二七南部产业片区以健康产业和绿色产业为主导，产业金融为驱动，商业服务业为配套保障的“全面健康”产业体系，大力发展以医院、医疗机构、互联网医疗、医疗检测与研发为主导的健康产业和以基础设施绿色提升和绿色服务为内容的绿色产业，辅以健康金融和绿色金融，将二七南部产业片区建设成为产融互动发展的创新典范、健康生活方式的乐活社区、创新人才汇聚的活力都心，打造“商都发展新动能人本城市新典范”。

郑州市二七南部产业片区位于郑州市二七区南部，由绕城高速辅道、尧山南路、左江路、铜山南路、百禄路、灵山路、敏山路等多条道路所围合，规划面积约为2.49 km^2。



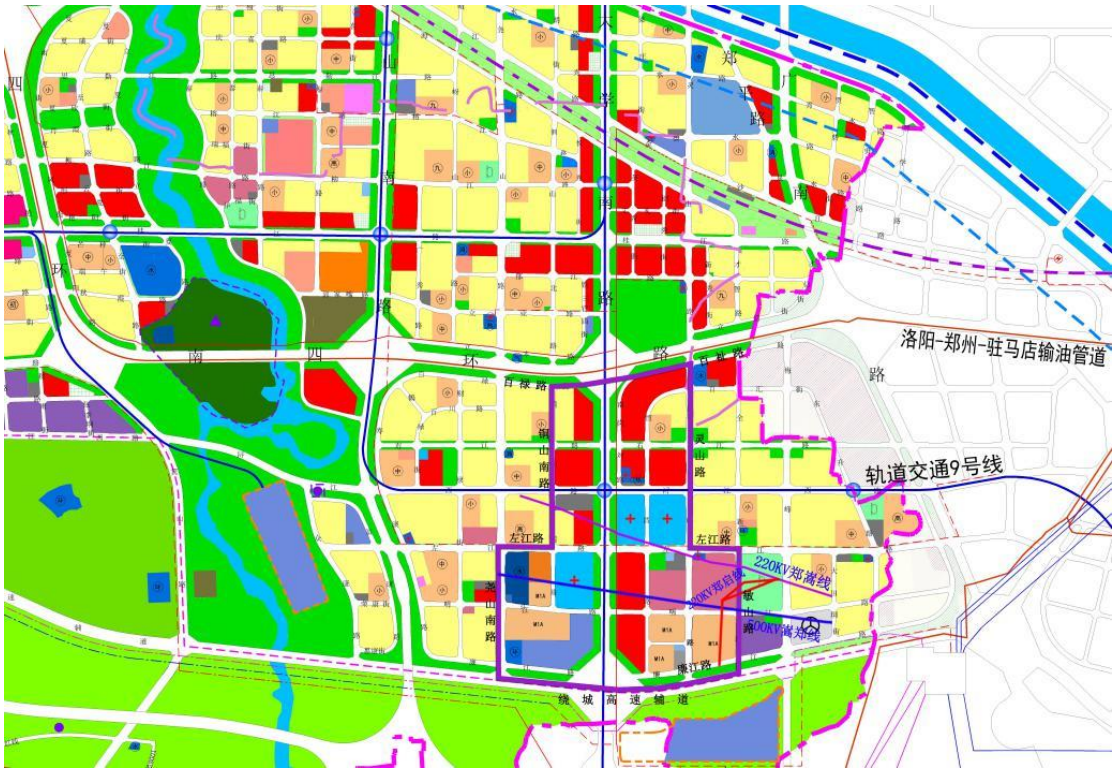


图 1.3-1 郑州市二七南部产业片区规划图

1.4 评估目的

雷电灾害风险评估属于灾害评估的一种，目前在灾害评估方面，受关注最多的是地震、洪水、干旱等自然灾害，雷电灾害具有随机性和瞬时性，不受大家重视。一般对于雷电灾害现行做的最多的是灾后评估，即某处遭受雷击之后，通过实地调查，得到接近准确的灾害损失情况，为灾后重建提供依据，同时积累历史资料。

随着城市化建设的快速发展，通过统计气象观测资料和气象灾害，结果表明雷电灾害的发生有逐年上升的趋势。因此，通过开展雷电灾害风险区域评估工作，为区域的项目选址、功能分区布局、防雷类别（等级）与防雷措施确定、雷灾事故应急方案制定等提供科学依据，就显得十分必要。

根据项目区域所在地的大气雷电环境、地理地质条件等参数，特别是极端气象条件及气象灾害可能造成的影响，以及二七南部产业片区内工程项目的地质环境条件、建设规模、结构特点等，针对不同功能区域可能遭受雷击的概率及雷击后产生后果的严重程度进行分析计算。结合二七南部产业片区规划和项目分布，通过估算损害概率，分析和评估二七南部产业片区雷电灾害规模及危害程度，估测二七南部产业片区内雷电灾害风险等级，为基础设施和工程实施可行性研究设计提供参考，为二七南部产业片区的规划设计提供防灾减

灾依据。

通过这一系列的评估程序，对防雷设计者提供判定其防雷设计是否有效适用的简便方法，并对防雷装置进行了优化，而且可以避免不必要的防雷设计，具有更大的经济效应。

1.5 评估原则

根据该项目实际情况，坚持政策性、针对性、科学性和实用性相结合的原则。

1.6 评估范围

以郑州市二七区侯寨乡综合防灾规划为工作基础，按照《郑州市二七南部产业片区雷电灾害风险区域评估服务合同》的内容，对郑州市二七区南部产业片区进行雷电灾害风险区域评估。

1.7 评估依据和参考资料

1.7.1 法律法规

（1）《中华人民共和国气象法》

（2）《气象灾害防御条例（修订）》国务院令第 570 号

（3）《防雷减灾管理办法（修订）》中国气象局 24 号令

（4）《国家气象灾害应急预案》

（5）《国家气象灾害防御规划（2009-2020 年）》

（6）《国务院办公厅关于全面开展工程建设项目审批制度改革的实施意见》（国发办〔2019〕11 号）

（7）《河南省人民政府办公厅关于实施工程建设项目区域评估的指导意见》（豫政办〔2019〕10 号）

（8）《郑州市工程建设项目区域评估实施方案的通知》（郑政办〔2019〕43 号）

（9）《郑州市工程建设项目压覆重要矿产资源区域评估工作指引（试行）》（郑自然资文〔2019〕814 号）

1.7.2 标准、技术规范

IEC62305-2010 （Protection against lightning）

GB/T 50057-2010	《建筑物防雷设计规范》
GB/T 50343-2012	《建筑物电子信息系统防雷技术规范》
QX/T 22-2004	《地面气候资料 30 年整编常规项目及其统计方法》
GB/T 179410.1-2000	《接地系统的土壤、接地阻抗和地面电位测量导则第一部分　常规测量》

GB/T 33674-2017 《气象数据集核心元数据》

GB/T 21714.1-2015 《雷电防护 第一部分》

GB/T 21714.2-2015 《雷电防护 第二部分》

GB/T 21714.3-2015 《雷电防护 第三部分》

GB/T 21714.4-2015 《雷电防护 第四部分》

MZ/T 027-2011 《自然灾害风险管理基本术语》

QX/T 85-2018 《雷电灾害风险评估技术规范》

DB41/T 936-2014 《雷电灾害风险评估报告编制规范》

QX/T 246-2014 《建筑施工现场雷电安全技术规范》

GB/T 27921-2011 《风险管理—风险评估技术》

GB/T 24353-2009 《风险管理原则与实施指南》

GB/T 34132-2017 《雷电灾害应急处置规范》

DL/T 5159-2012 《电力工程物探技术规程》

GB/T 50065-2011 《交流电气装置的接地设计规范》

GB 50169-2016 《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》

GB 50303-2015 《建筑电气工程施工质量验收规范》

1.7.3 技术资料及其他相关资料

（1）郑州市二七区侯寨乡综合防灾规划；

（2）2008 年至 2017 年《全国雷电灾害实例汇编》。

1.8 评估进度

1.8.1 制定评估方案

2020 年 10 月上旬完成评估方案的制定，评估方案的主要内容有制定评估计划、选择评估方法、开展风险分析、进行风险估测、确定风险等级、提出措施建议、编制评估报告等主要环节。评估工作主要包括：

（1）基础资料收集：进行类比工程调研，用定性与定量相结合的方法，对工程设计的项目进行初步分析和危险、危害因素识别，划分评估单元，选择评估方法；

（2）现场总体风险评估：利用科学的评估方法，进行定性分析和定量计算本项目孕险环境与致险因子，确定项目总体风险等级，提出安全对策措施；

（3）编制评估报告书：汇总各种资料、数据，编制出雷电灾害风险评估报告初稿。报告内容应包括评估依据、项目概况、评估方法、评估步骤、评估内容、评估结论及对策建议等；

（4）组织专家评审：根据专家提出的意见，完善得出结

论与建议，完成雷电灾害风险评估报告的编制。评估结论应当明确风险等级、可能发生事故的关键部位、区域或节点、事故可能性等级、规避或者降低风险的建议措施等内容。

1.8.2 评估时间进度

（1）选择评估标志性测点，编制评估工作方案（五个工作日）；

（2）召开项目启动会，完成现场勘查、收集整理评估所需相关资料（三十个工作日）；

①收集评估所需相关气象要素基础资料，并进行数据资料整理分析；

②现场采集评估区域内的重要设施、周边设施，以及区域内近期建设项目的基础数据，并进行数据资料分析；

（3）收集雷电数据，进行雷电数据分析（十五个工作日）；

（4）召开中期分析会，并进行评估报告的编纂工作（十个工作日）；

（5）完成评估报告，邀请相关专家进行评审，评审后出具评审意见（十个工作日）；

（6）修改整理，制成最终雷电灾害风险评估报告（二十个工作日）。

第二章 现场勘测及数据采集分析

2.1 现场勘测说明

2020 年 10 月中旬至 11 月上旬，在郑州市二七区应急管理局的大力支持下，我公司对郑州市二七南部产业片区进行现场数据采集，记录现场环境情况和地表土壤性质状况，为雷电灾害风险区域评估提供基础资料和有关资料。

2.1.1 目的

（1）勘测项目地理环境，为项目所在地区雷暴活动的规律提供参考。

（2）为雷电灾害风险评估提供准确的土壤电阻率。

2.1.2 内容

（1）勘查二七南部产业片区所在地的地势、天然地物、人工地物的位置及地表形态，板块内重要设施的地理坐标、周围环境以及人员分布等；

（2）勘测二七区南部产业片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；

（3）测量二七区南部产业片区内近期建设项目的地理坐标、下垫层的土壤电阻率。

2.1.3 技术方法

（1）使用 GPS 定位仪，采集二七区南部产业片区拟建的大型项目和主要公共设施的地理信息；

（2）使用多功能数字直流激电仪，采集二七区南部产业片区拟建的大型项目项的土壤电阻率。

2.2 地理环境

郑州市是河南省省会，位于河南省中部偏北，东经 112° 42'-114° 14'，北纬 34° 16'-34° 58'，北临黄河，西依嵩山，东南为广阔的黄淮平原。由于地处中原腹地，“雄峙中枢，控御险要”，因此，郑州历来为全国重要的交通、通讯枢纽，新亚欧大陆桥上的重要城市，也是国家开放城市和国家历史文化名城。郑州市二七南部产业片区位于郑州市二七区，规划面积约 2.49 km^2。

二七区南部产业片区雷电灾害风险区域评估项目所涉及的行政辖区为郑州市，所以评估所采用的基础数据以郑州市为主。

图 2.2-1 郑州市二七南部产业片区地理位置图

2.3 土壤环境

郑州市土壤属于暖温带落叶阔叶林干旱森林草原棕壤褐土地带—豫西北丘陵黄土区。地表广泛覆盖第四系冲、洪、积层，局部为风积层。其土质特征以砂质潮土最多，整个表层土壤疏松，郑州市土壤类型有褐土、潮土和风砂土等土类。

不同土壤类型有不同的土壤电阻率，会较大程度地影响雷电灾害的发生，从而影响雷电流疏散的难易程度。雷电流泄放入地与接地电阻有很大关系，而接地电阻大小与土壤电阻率有关，土壤电阻率变化与湿度、温度、含水量、水质、

含盐碱量、季节修正系数等都有连带关系。

2.4 现场勘察

2020 年 10 月中旬，我公司技术人员进行了现场勘查工作，利用无人机拍摄二七南部产业片区内在建及未建的现状情况。

图 2.4-1 郑州市二七南部产业片区测点 1 俯瞰图

图 2.4-2 郑州市二七南部产业片区测点 1 俯瞰图

图 2.4-3 郑州市二七南部产业片区测点 2 俯瞰图

图 2.4-4 郑州市二七南部产业片区测点 2 俯瞰图

2.5 基础数据采集

2.5.1 地理位置参数

2020 年 10 月下旬采用 GPS 定位仪，对郑州市二七南部产业片区进行地理位置测量，进行地理位置测量的项目如下：

（1）重要设施；

（2）周边设施；

（3）二七南部产业片区内在建及未建项目组团。

2.5.2 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，对电流的导电性能。接地体的接地电阻在很大程度上受土壤电阻率的约束，土壤电阻率 ρ 的定义是当有电流流过 $1m^3$土壤时所呈现的电阻值，他的单位为 Ω · m。

2.5.2.1 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、温度以及土壤中含有的可溶性电解质等因素有关，是防雷接地工程的重要参数，在设计、计算接地装置时应测量土壤电阻率在地面横向以及垂直方向的变化规律。

2.5.2.2 测量方案

根据郑州市二七南部产业片区场地条件，按如下方案选择数据采集点进行土壤电阻率测量,如图 2.5-1。

图 2.5-1　项目片区内建设项目及标志性建设项目地理坐标

（1）测量二七南部产业片区重要设施、周边设施、在建及未建项目等区域标志性建筑物地理坐标。

（2）测量二七南部产业片区重要设施、周边设施，以及在建及未建项目下垫层的土壤电阻率。

2.5.2.3 测量方法

本次土壤电阻率测量方法按《电力工程物探技术规程》

（DL/T 5159-2012）中的相关规定执行。

土壤电阻率计算采用的公式为：

$$\rho_s = K\frac{U_1}{I}$$

式中：ρ_s——电阻率（Ω·m）；

K——装置系数（m）；

U_1—— 一次电场强度（V）；

I——供电电流（A）。

高密度电法是采用高密度布点，进行二维地电断面测量的一种勘探方法。高密度电法设计采用温纳装置方式（WN），电极排列规律：A、M、N、B（其中 A、B 是供电电极，M、N 是测量电极），*AM=MN=NB* 为一个电极间距，随着间隔系数 n 由 n（MIN）逐渐增大到 n（MAX），四个电极之间的间距也均匀拉开。该装置适用于固定断面扫描测量，其特点是测量断面为倒梯形，电极排列如下：

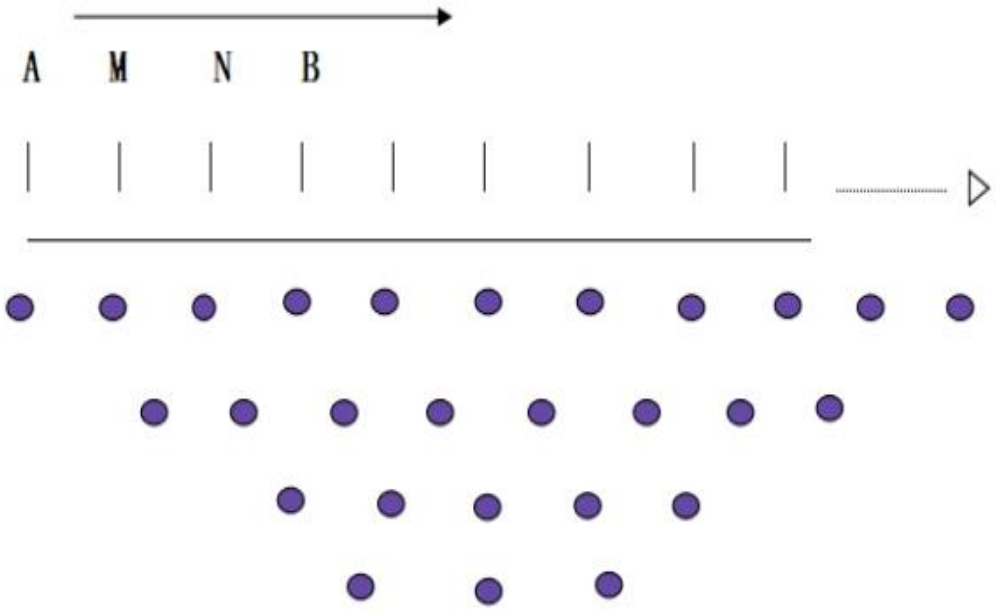


图 2.5-2　高密度跑极方式示意图

土壤电阻率勘探测量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。

表 2.5-1　根据土壤性质决定的季节修正系数表

土壤性质	深度（m）	Ψ1	Ψ2	Ψ3
粘土	0.5～0.8	3	2	1.5
粘土	0.8～3	2	1.5	1.4
陶土	0～2	2.4	1.36	1.2
砂砾盖以陶土	0～2	1.8	1.2	1.1
园地	0～3		1.32	1.2
黄沙	0～2	2.4	1.56	1.2
杂以黄沙的砂砾	0～2	1.5	1.3	1.2
泥炭	0～2	1.4	1.1	1.0
石灰石	0～2	2.5	1.51	1.2

注：Ψ1——在测量前数天下过较长时间的雨时选用；
Ψ2——在测量时土壤具有中等含水量时选用；
Ψ3——在测量时，可能为全年最高电阻，即土壤干燥或测量前降雨不大时选用。

从现场土壤电阻率勘测资料和施工可操作性考虑，在土层浅、中、深层（0-20m 极间距）范围取平均值。

2.5.3 土壤电阻率测量与分析

2020 年 11 月上旬，对二七南部产业片区内具有代表性的拟建、未建、在建的项目，以及周围的土壤特性和构造及土壤电阻的分布情况等,进行数据采集，并对影响土壤电阻的因素进行分析。由于土壤构造的不均匀性，土壤电阻率的变化大且复杂，现场测试数据的分析或许是测量过程中最困难的。

采集前三天无大量降水，数据测量作业时无降水。

2.5.3.1 测点 1

测点 1 现场采集土壤电阻率数据如表 2.5-2，土壤电阻率断面图如图 2.5-3，现场勘测照片如图 2.5-4。

表 2.5-2 土壤电阻率测量表（单位Ω·m）

二七南部产业片区	土壤电阻率（Ω·m） 供电极距（AB/2）（m）								
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
测点 1	120.0	80.0	57.5	43.6	30.7	24.4	18.7	19.8	33.1

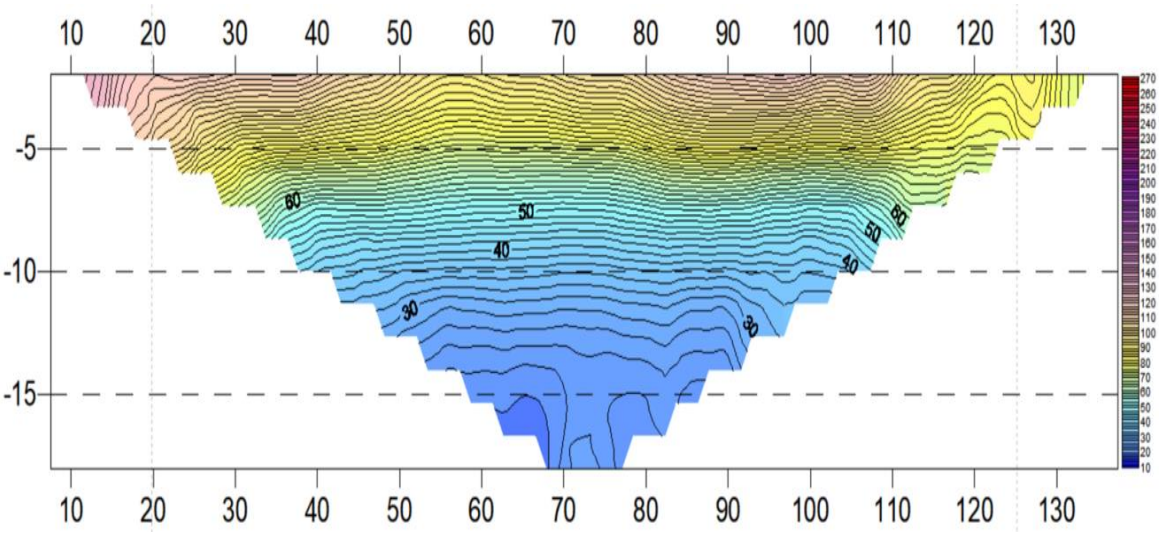


图 2.5-3 土壤电阻率断面图

图 2.5-4 现场勘测照片

2.5.3.2 测点 2

测点 2 现场采集土壤电阻率数据如表 2.5-3，土壤电阻率断面图如图 2.5-5，现场勘测照片如图 2.5-6。

表 2.5-3 土壤电阻率测量表（单位Ω·m）

二七南部产业片区	土壤电阻率（Ω·m） 供电极距（AB/2）（m）								
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
测点 2	95.0	81.0	56.7	40.0	26.4	23.6	21.1	19.9	15.6

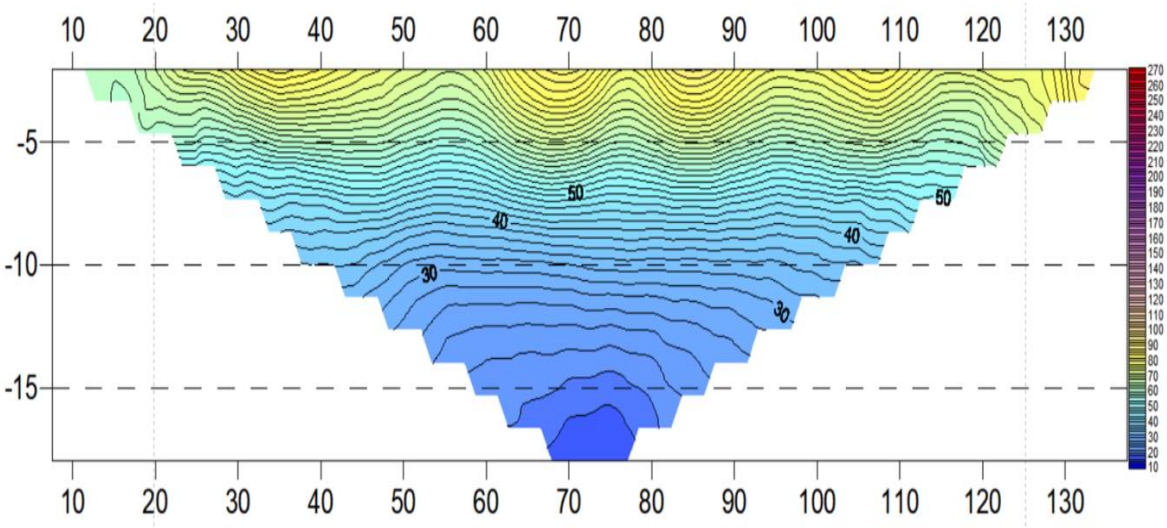


图 2.5-5 土壤电阻率断面图

图 2.5-6 现场勘测照片

表 2.5-4 二七南部产业片区土壤电阻率数据汇总表（单位Ω·m）

项目	测点	经度	纬度	土壤电阻率（Ω·m） 供电极距（AB/2）（m）									季节调节系数
				2	4	6	8	10	12	14	16	18	
二七南部产业片区	测点 1	113.644874°	34.658663°	120.0	80.0	57.5	43.6	30.7	24.4	18.7	19.8	33.1	1.2
	测点 2	113.645604°	34.648849°	95.0	81.0	56.7	40.0	26.4	23.6	21.1	19.9	15.6	1.2

2.6 工程现场勘测

（1）2020 年 10 月中旬至 11 月上旬完成了郑州市二七南部产业片区的重要设施、周边设施、在建及未建项目的现场基础数据采集。

（2）对二七南部产业片区现场测量记录了 2 组土壤电阻率数值。从数据中可知，土层中浅层（测量间距 2m、4m、6m、8m），土壤电阻率值介于 40.0-120.0Ω·m之间，土层深层（测量间距 10m、12m、14m、16m、18m）土壤电阻率值介于 15.6-43.6Ω·m之间。

（3）二七南部产业片区测得土壤电阻率数据变化不大，整体土壤层土质大体相同，各土壤层数据变化不大，分布比较均匀有规律。

从表 2.6-1 的数据可知，郑州市二七南部产业片区属低土壤电阻率范围，在大规模土建工程的防雷设计、施工、验收过程中，接地电阻的大小作为衡量防雷工程质量的重要指标，以及对现代建筑物多个接地系统（防雷接地、设备保护接地、屏蔽接地、防静电接地等）的接地电阻值的修正起着决定性作用,具有重要的意义。

表 2.6-1 地质期和地质构造与土壤电阻率

<table>
<tr><th>土壤电阻率
Ω•m</th><th>第四纪</th><th>白垩纪
第三纪
第四纪</th><th>石炭纪
三叠纪</th><th>寒武纪
奥陶纪
泥盆纪</th><th>寒武纪前
和寒武纪</th></tr>
<tr><td rowspan="4">10（特低）
30（甚低）
100（低）
300（中）
1000（高）
3000（甚高）

10000（特高）</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">砂质黏土
粘土
白垩</td><td></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">白垩
暗色岩
辉绿岩
页岩
石灰石
砂岩</td></tr>
<tr><td rowspan="2">表层为砂砾和石子的土壤</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">页岩
石灰石
砂岩
大理石</td><td rowspan="2">砂岩
石英岩
板石岩
花岗岩
片麻岩</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
</table>

从现场土壤电阻率勘测资料和施工可操作性考虑，在每个测点的土层中浅层(极间距 0-8m)和深层(极间距 10-18m)分别取平均值，详见图 2.6-1、图 2.6-2。

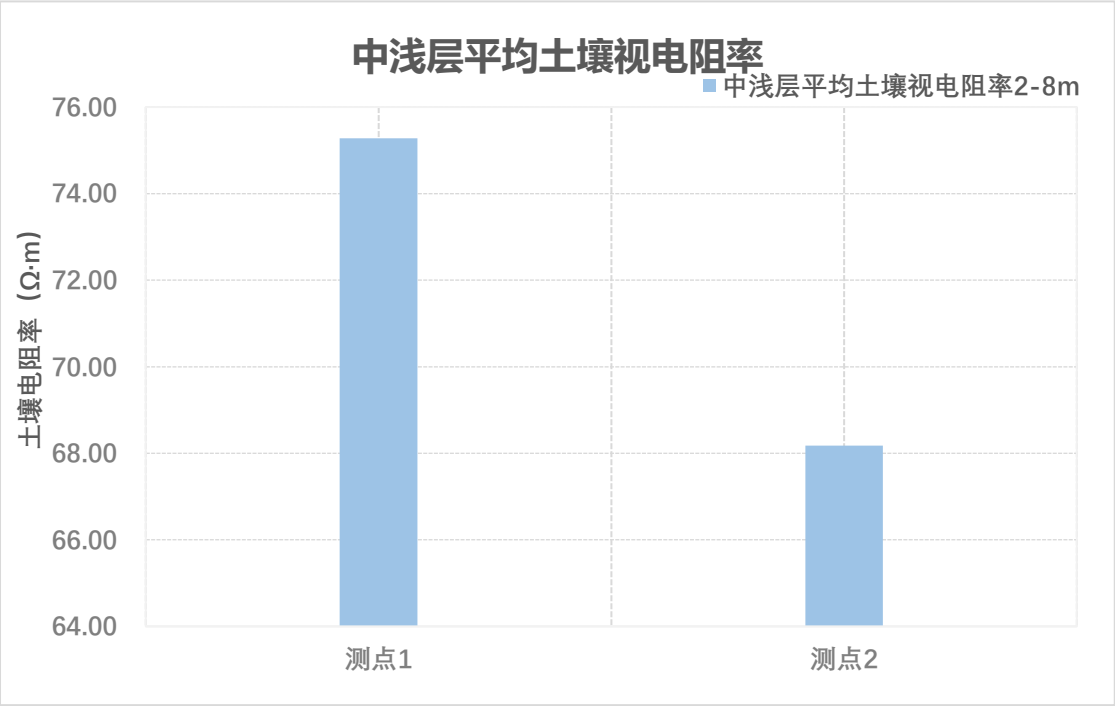


图 2.6-1 测点中浅层（极间距 0-8m）平均土壤电阻率图

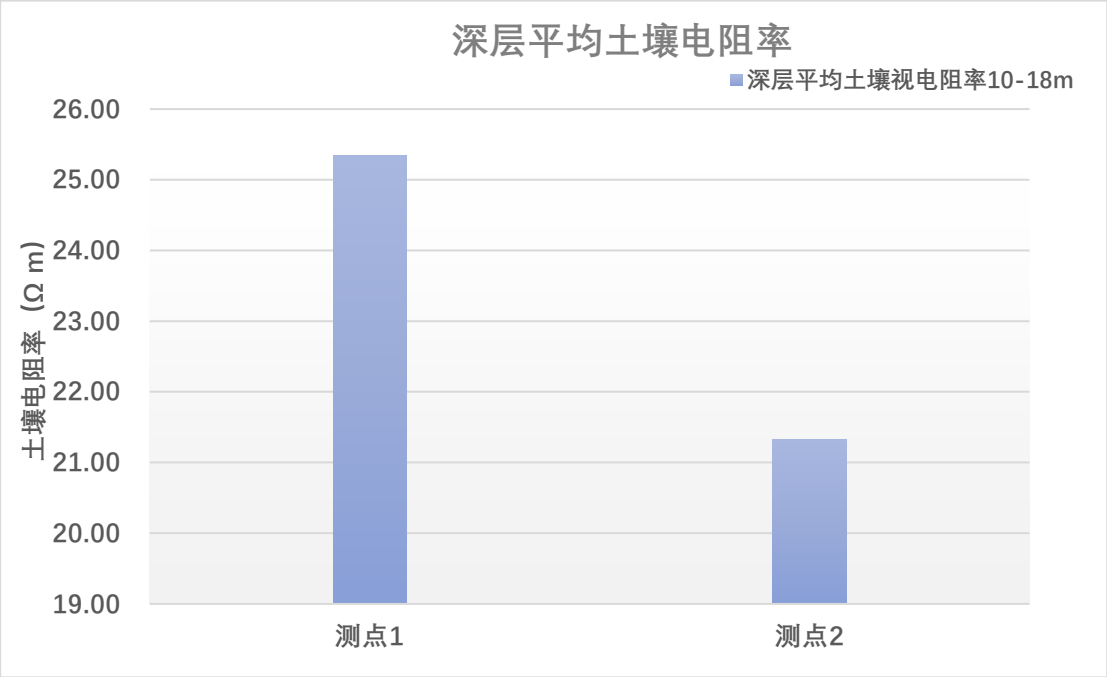


图 2.6-2 测点深层（极间距 10-18m）平均土壤电阻率图

第三章 气候背景分析

3.1 气象环境

气象环境是影响雷电灾害最重要的自然环境因素之一。项目所在区域属北温带大陆性季风气候，四季分明，春季干旱少雨，夏季炎热多雨，秋季晴朗日照长，冬季寒冷少雨。呈冬季最长，夏季次之，春季较短的基本气候特征。气候对居住环境的影响是长期存在的，不同的气候类型对建筑物有着不同的要求，使用目的不同的建筑物也有不同的建筑特性，在健康、安全、舒适这三大要求的基础上，更好的实现资源利用和管理，要更加重视气候因素。

因此，房屋建筑就要适应当地气候并尽量地改善不利气候条件，创造舒适的室内工作和生活环境。例如，炎热地区需要考虑通风、遮阳、隔热、降温等；寒冷地区需要采暖、防寒、保温等；这些是宏观选址要考虑的，但还要注意具体地点的小气候和微气候情况。

本章节主要利用郑州国家级气象站1990-2019年(30年)资料进行统计和计算。通过分析气温、气压、降水、相对湿度、风向风速等气象要素，为本项目的设计、施工、运营提供必要的气象数据支撑和设计依据。

3.2 资料来源及说明

采用 1990-2019 年郑州国家级气象站观测资料，包括气温（平均、最高、最低）、降水、气压、相对湿度、风向风速等气象要素，分析其累年统计值。

3.3 气温

根据 1990-2019 年郑州国家级气象站气温资料统计（图 3.3-1），年平均气温为 15.3℃，冬季（12 月-次年 2 月）平均气温 2.6℃，春季（3-5 月）平均气温 16.2℃，夏季（6-8 月）平均气温 26.9℃，秋季（9-11 月）平均气温 15.6℃。最冷月出现在 1 月份，最热月出现在 7 月份。

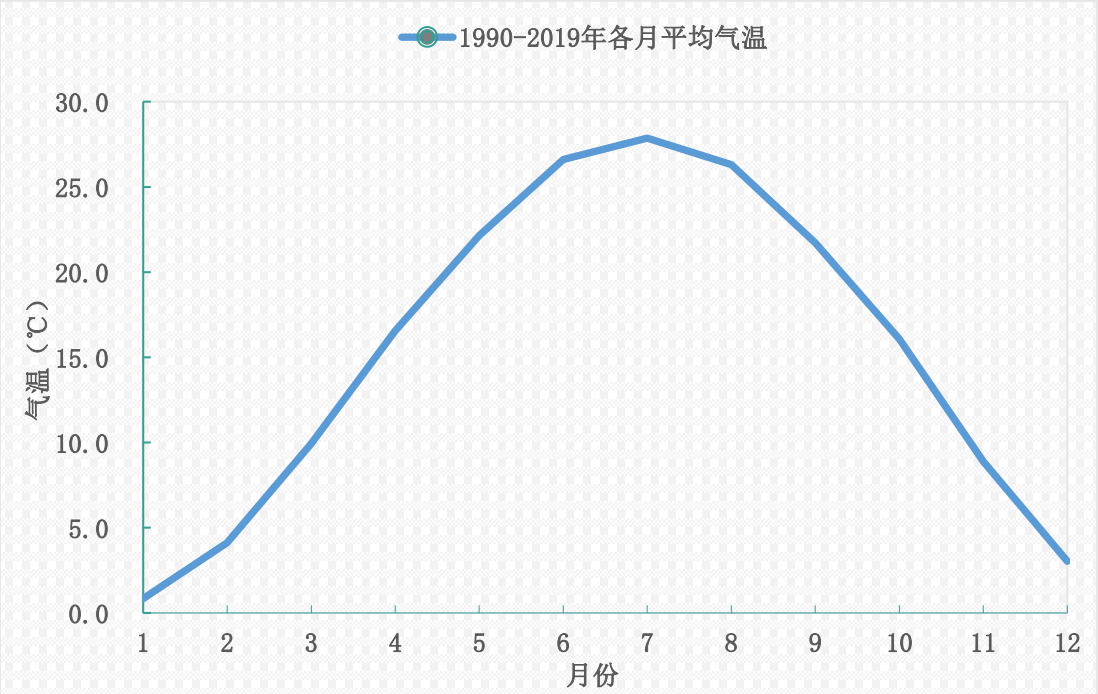


图 3.3-1　1990-2019 年郑州站各月平均气温变化

从 1990-2019 年郑州国家级气象站气温逐年变化（图

3.3-2）可见，2017 年平均气温最高，为 16.8℃，1991 年平均气温最低，为 13.9℃。

图 3.3-2　1990-2019 年郑州站逐年平均气温变化

3.4 气压

根据 1990-2019 年郑州国家级气象站气压资料统计（图 3.4-1），年平均气压值为 1003.7hPa，各月的平均气压值介于 990.8-1014.5hPa，其中平均最高气压出现在 12 月份和 1 月份，平均最低气压出现在 7 月份。

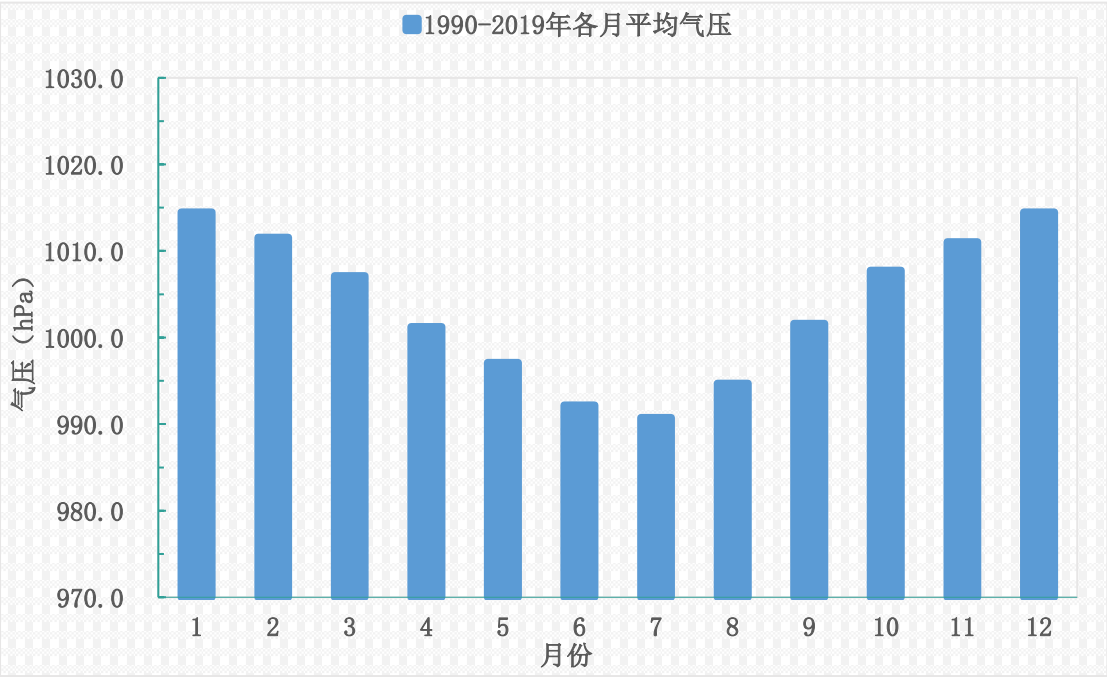


图 3.4-1　1990-2019 年郑州站各月平均气压变化

根据 1990-2019 年郑州国家级气象站气压逐年变化（图 3.4-2）可见，年平均气压 1992 年和 1993 年最高，为 1004.9hPa，年平均气压 2013 年最低，为 1003.0hPa。

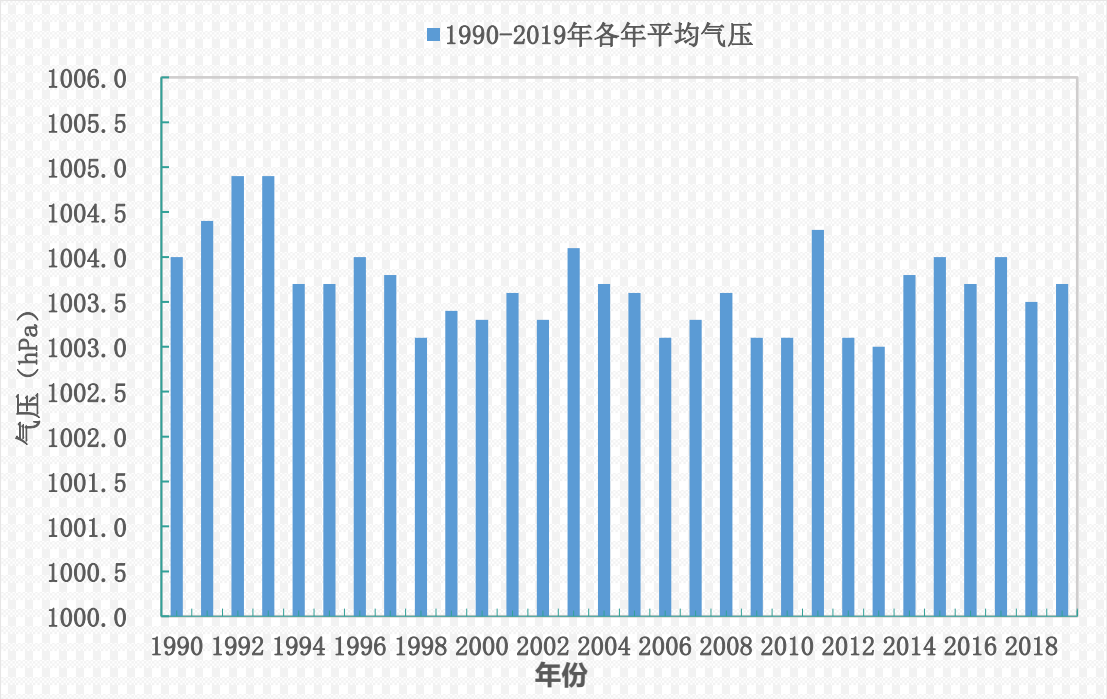


图 3.4-2　1990-2019 年郑州站逐年平均气压变化

根据 1990-2019 年郑州国家级气象站气压逐年变化（图 3.4-3、图 3.4-4）可见，最高气压 1034.5hPa，出现在 2008 年 12 月 22 日和 2009 年 11 月 2 日，最低气压 978.5hPa，出现在 2009 年 2 月 12 日。

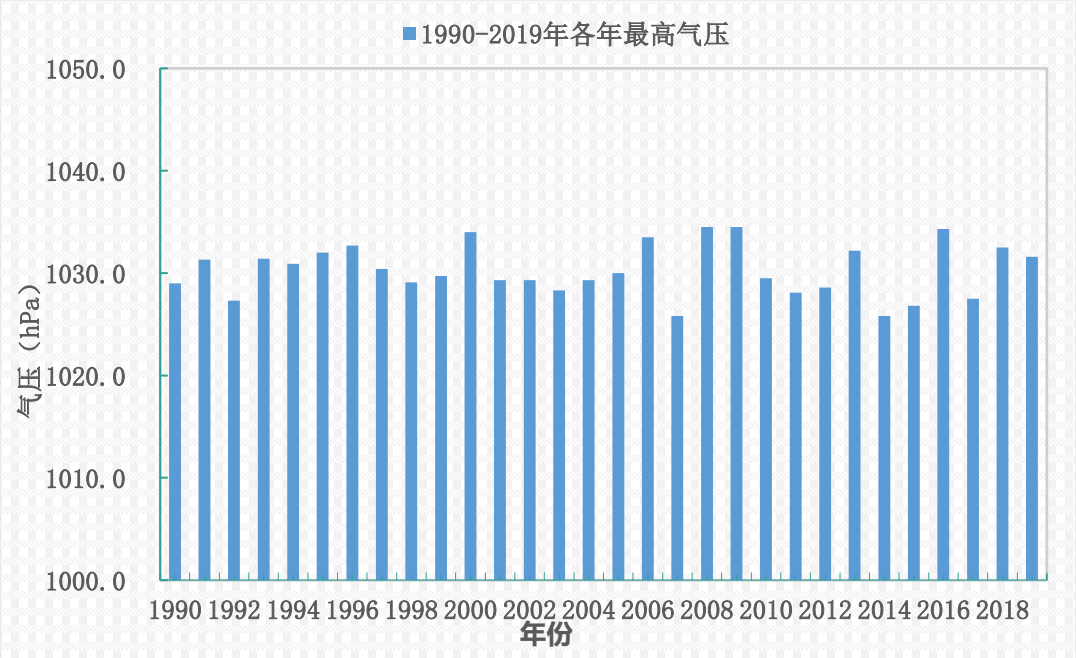


图 3.4-3　1990-2019 年郑州站各年最高气压值

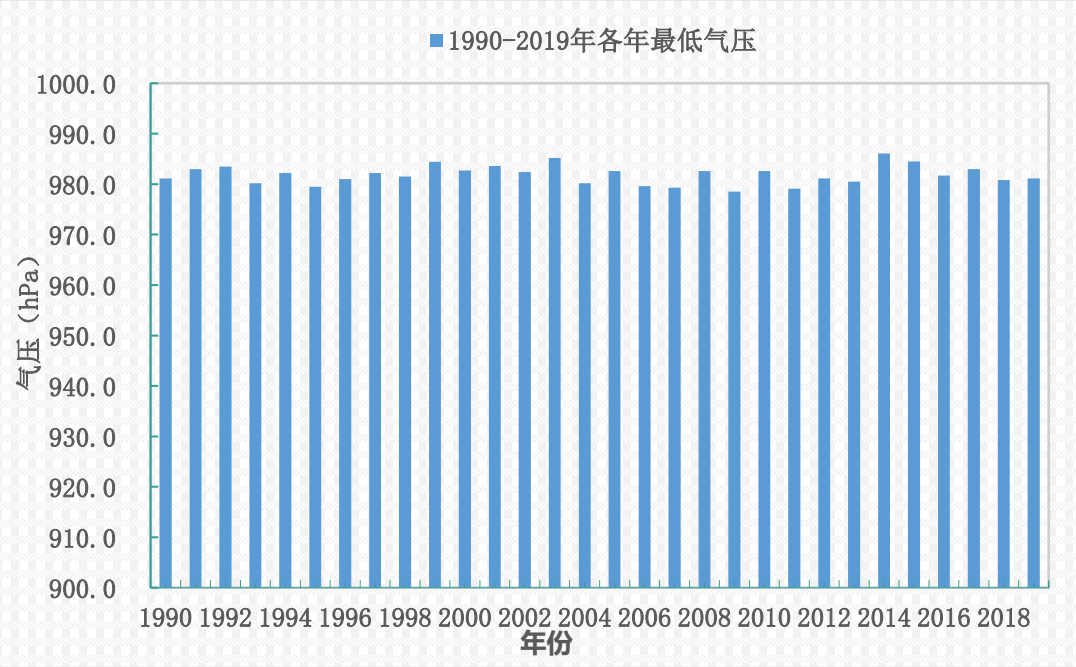


图 3.4-4　1990-2019 年郑州站各年最低气压值

3.5 降水

根据 1990-2019 年郑州国家级气象站降水量资料统计（图 3.5-1），年平均降水为 635.4mm，降水量主要集中在 5 月到 9 月，其降水量占全年降水量的 75.4%，尤以 7 月、8 月降水量最为集中，月平均降水量分别为 138.2mm 和 137.2mm，占全年降水量的 43.3%。冬季（12 月-次年 2 月）平均降水量 31.3mm，占全年降水量 4.9%；春季（3-5 月）平均降水量 118.3mm，占全年降水量 18.6%；夏季（6-8 月）平均降水量 342.2mm，占全年降水量 53.9%；秋季（9-11 月）平均降水量 143.6mm，占全年降水量 22.6%，冬季降水量最少。

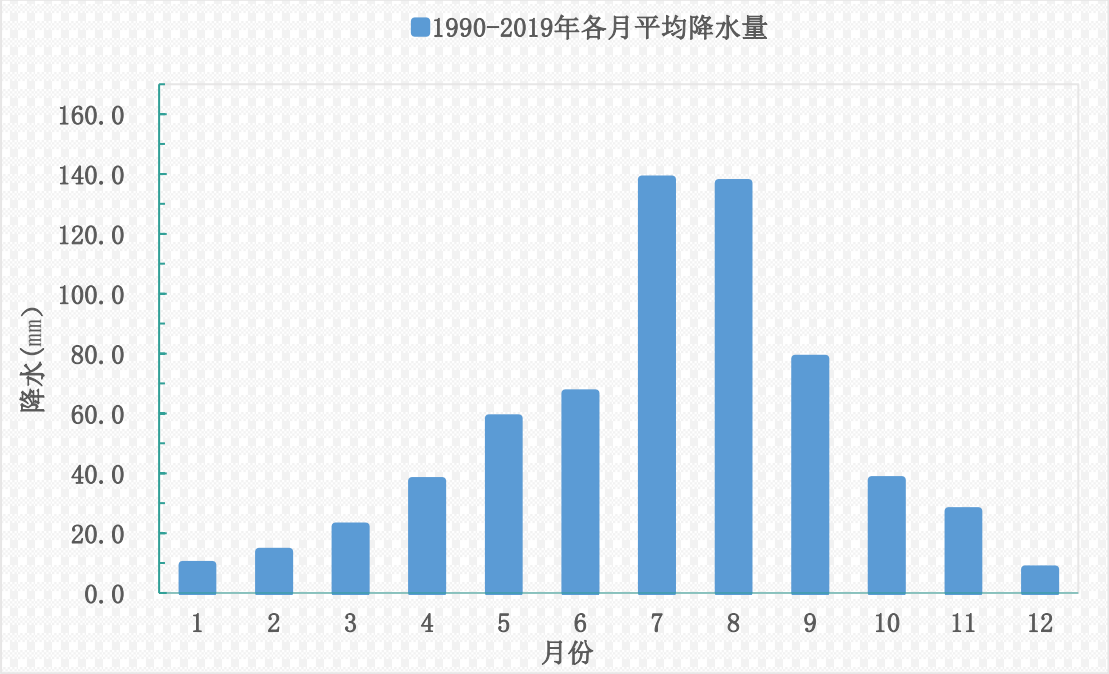


图 3.5-1 1990-2019 年郑州站月平均降水量

根据 1990-2019 年郑州国家级气象站降水量逐年变化（图 3.5-2）可见，年降水量 2003 年最多（953.9mm），2013 年最少（353.2mm）。

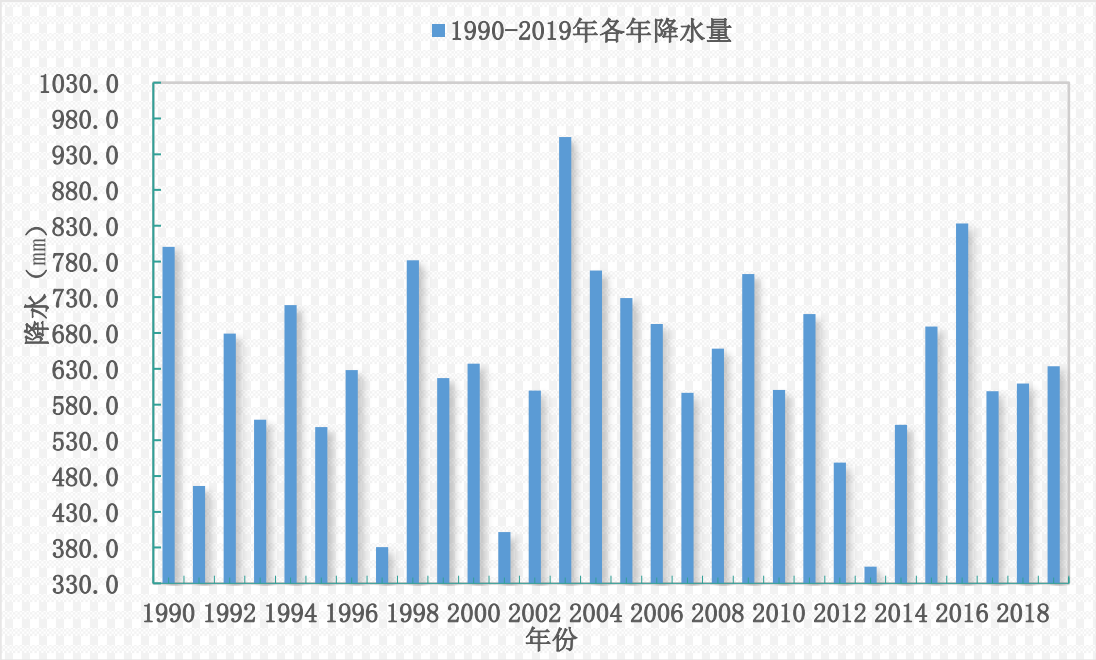


图 3.5-2 1990-2019 年郑州站逐年降水量

3.5.1 年最大日降水量

根据 1990-2019 年郑州国家级气象站降水量资料统计（图 3.5-3），近 30 年最大日降水量 160.7mm，出现在 2008 年 7 月 14 日。

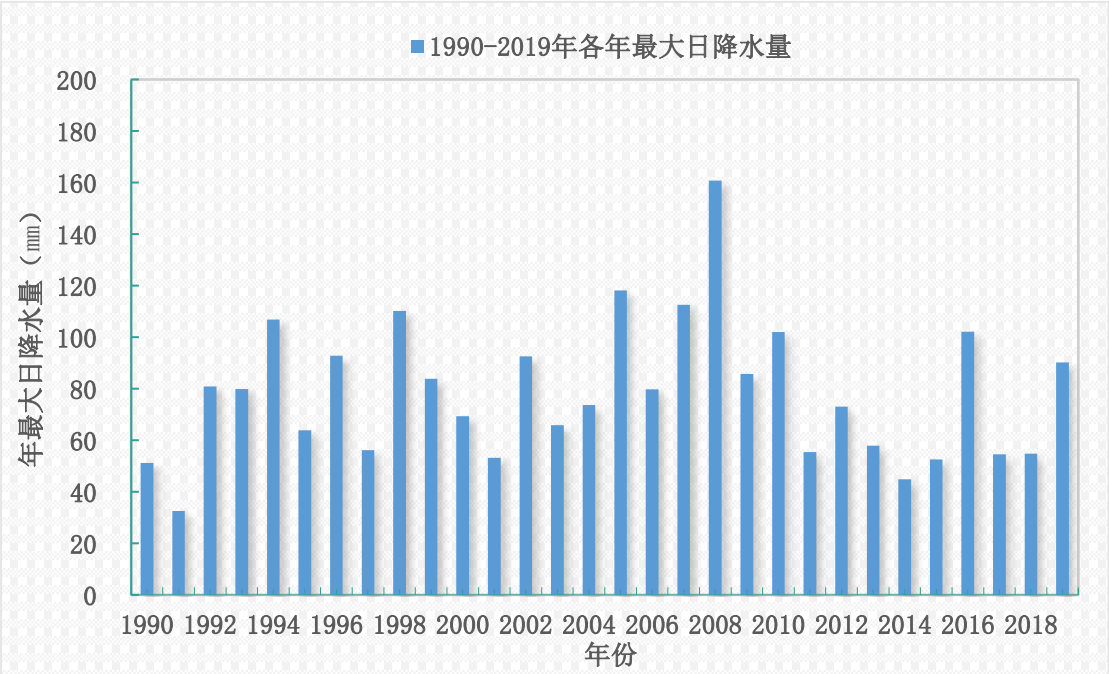


图 3.5-3 1990-2019 年郑州站各年最大日降水量

3.5.2 年最长连续无降水日数

根据 1990-2019 年郑州国家级气象站降水量资料统计（图 3.5-4），近 30 年最长连续无降水日数最多达 98 天（2011 年），最长连续无降水日数最少为 18 天（2007 年）。

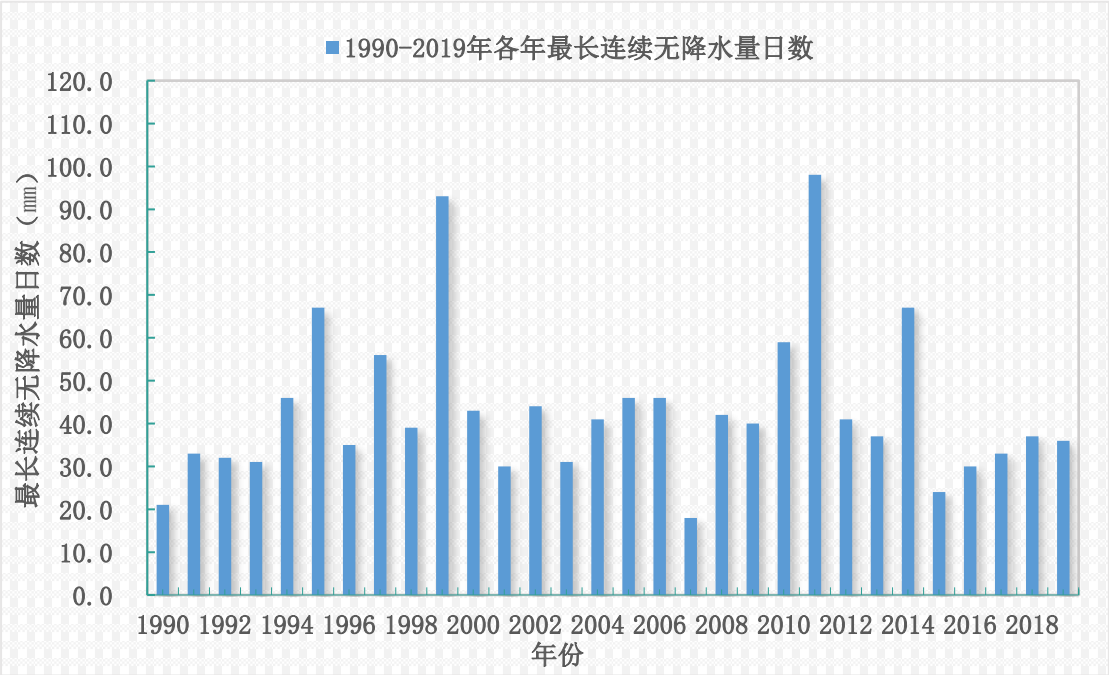


图 3.5-4 1990-2019 年郑州站各年最长连续无降水日数

3.6 相对湿度

根据 1990-2019 年郑州国家级气象站相对湿度资料统计（图 3.6-1），年平均相对湿度为 62%，各月的平均相对湿度值介于 55-76%，其中 8 月份最高为 76%，3 月份最低为 55%。

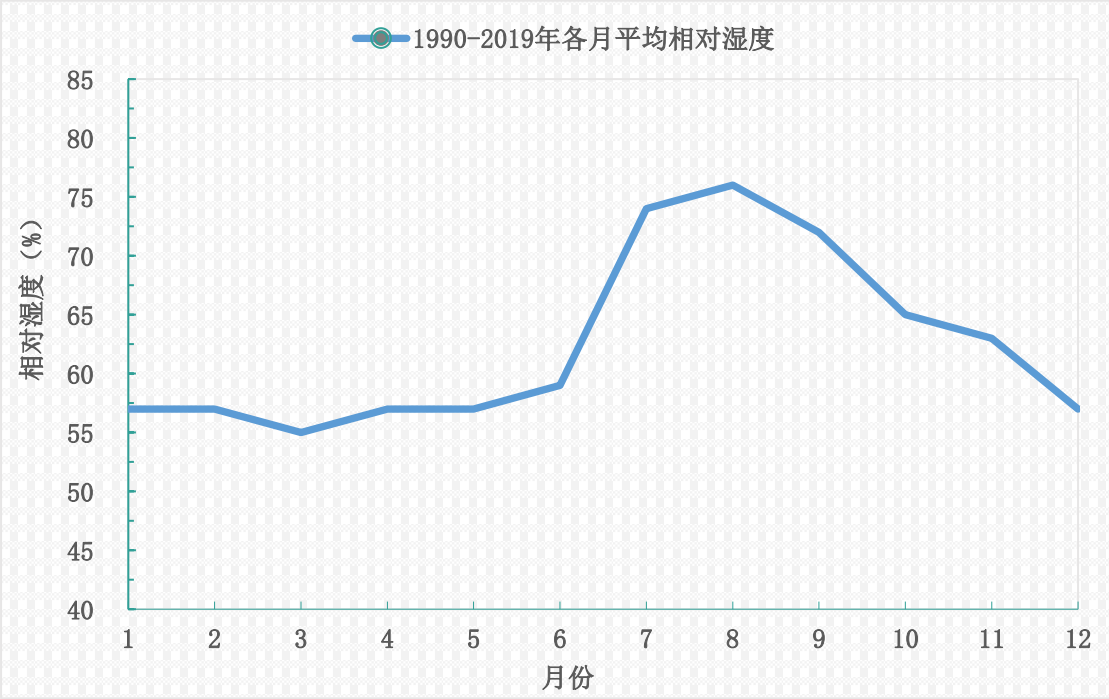


图 3.6-1　1990-2019 年郑州站各月平均相对湿度变化

根据 1990-2019 年郑州国家级气象站相对湿度逐年变化（图 3.6-2）可见，年平均相对湿度 1990 年最高（74%），2012 年和 2013 年最低（53%）。

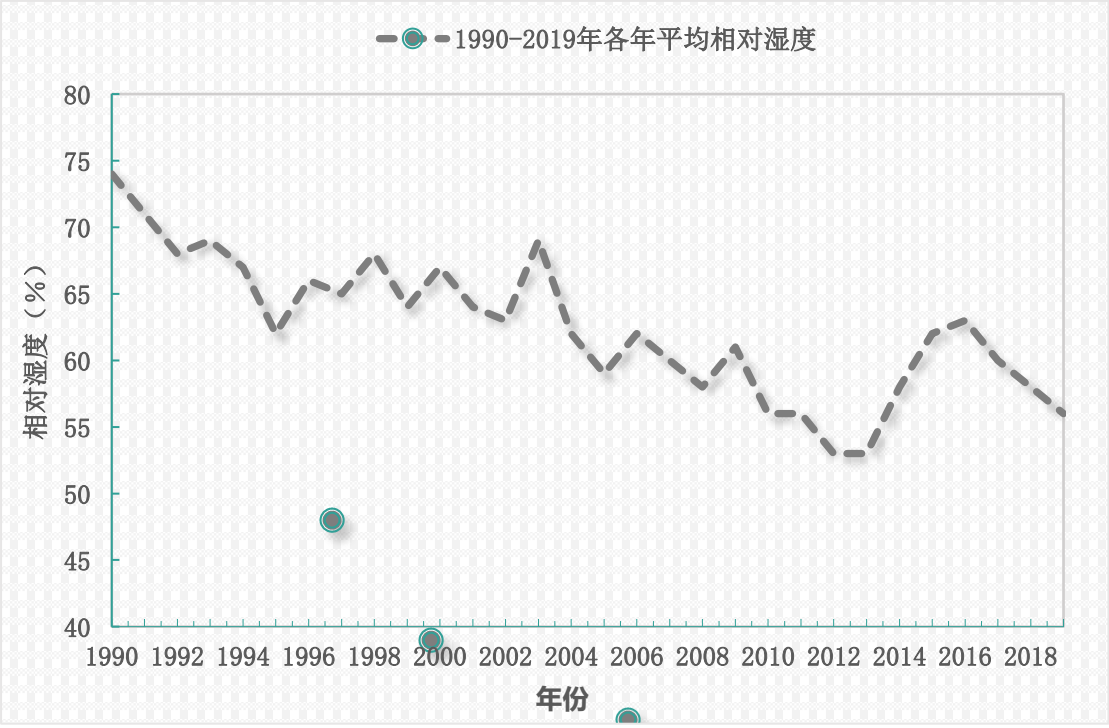


图 3.6-2　1990-2019 年郑州站逐年相对湿度变化

3.7 风速风向

风向是指风的来向，最多风向是指在规定时间段内出现频数最多的风向。

风速是指单位时间内空气移动的水平距离。风速以米/秒（m/s）为单位，保留 1 位小数。

根据 1990-2019 年郑州国家级气象站风向风速资料统计（图 3.7-1），年平均风速为 2.1m/s，各月平均风速介于 1.7-2.6m/s，其中 4 月份最大（2.6m/s），9 月份和 10 月份最小（1.7m/s）。

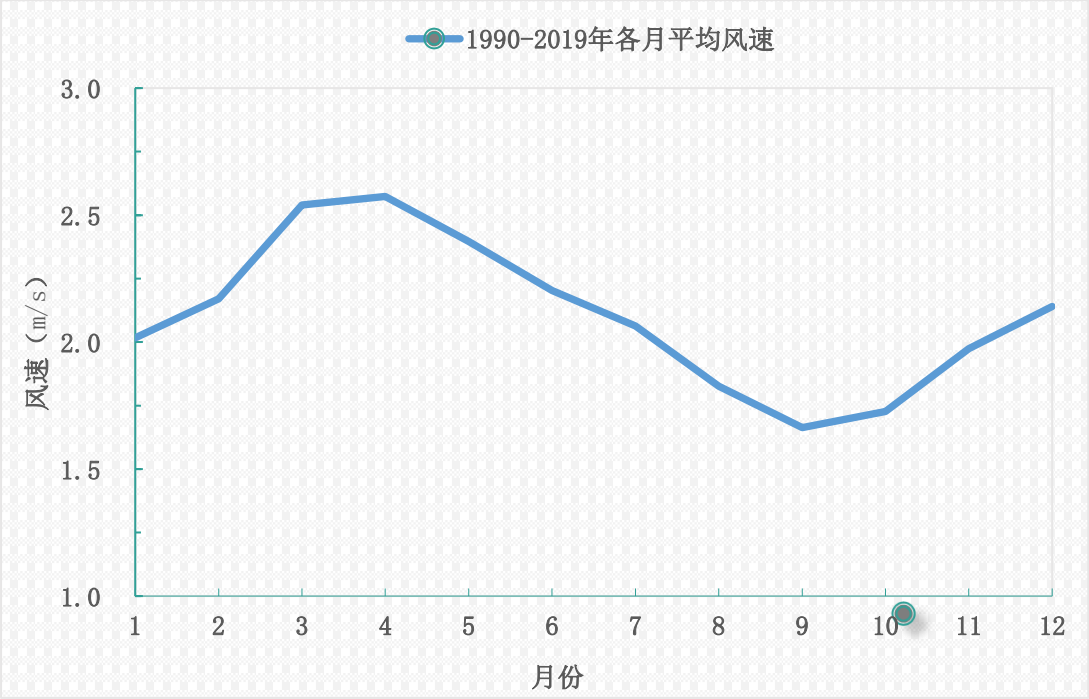


图 3.7-1　1990-2019 年郑州站各月平均风速变化

根据 1990-2019 年郑州国家级气象站平均风速逐年变化可见（图 3.7-2），年平均风速 2003 年最大，为 2.4m/s；2019 年最小，为 1.8m/s。

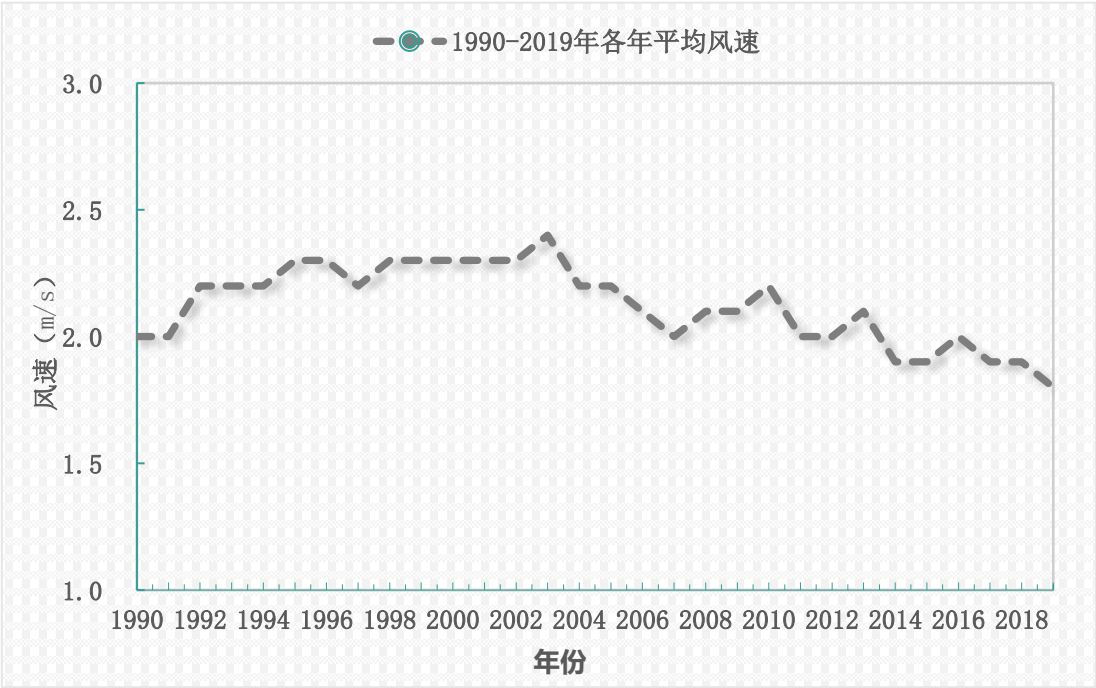


图 3.7-2　1990-2019 年郑州站逐年平均风速变化

根据 1990-2019 年郑州国家级气象站风向风速资料统计，主导风向为东北风和东北偏东风，平均出现频率为 9%，次多风向为南风，出现频率为 8%，详见图 3.7-3。

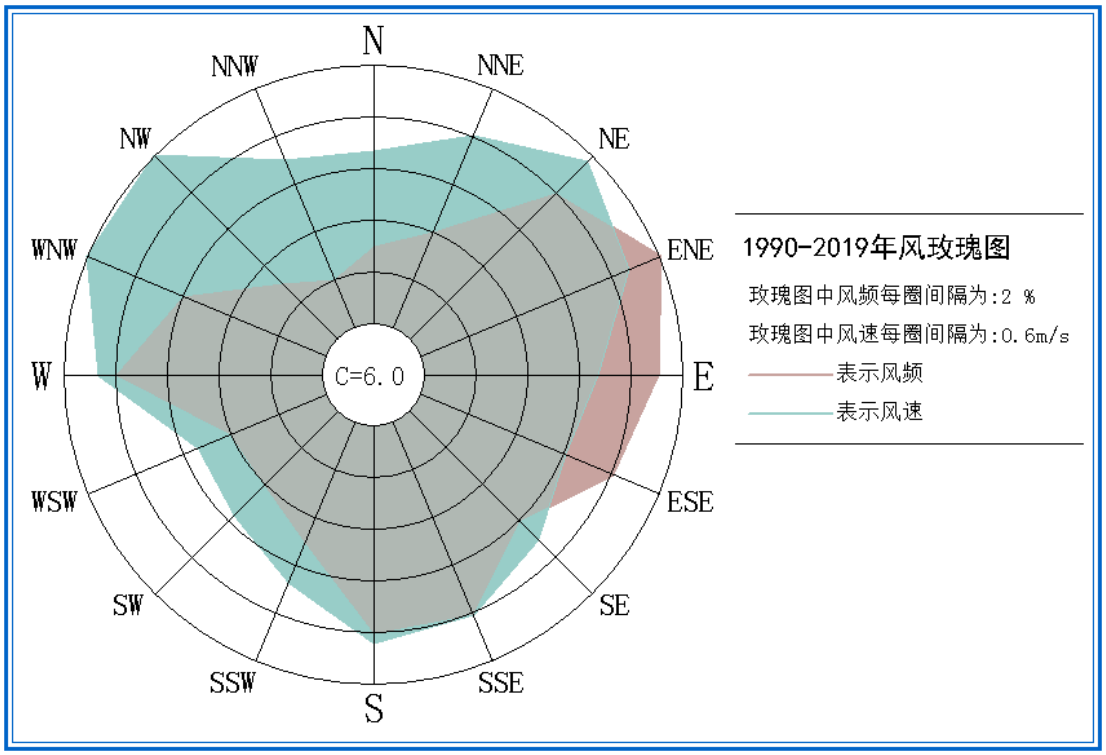


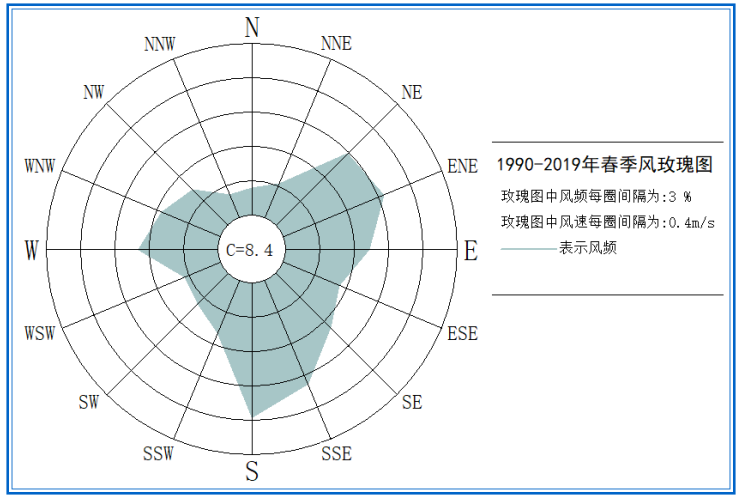
图 3.7-3　1990-2019 年郑州站风向风速玫瑰图

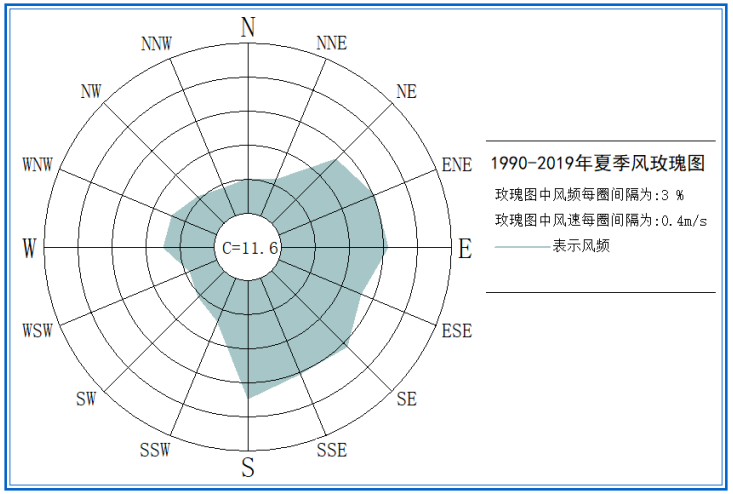
风向的季节变化比较明显（表 3.7-1），春季（3-5 月）出现频率最多的风向是南风（12%），夏季（6-8 月）出现频率最多的风向是南风（10%），秋季（9-11 月）出现频率最多的风向是东北风（9%），冬季（12 月-次年 2 月）出现频率最多的风向是东北风和东北偏东风（10%），各季节风向出现频率见图 3.7-4。

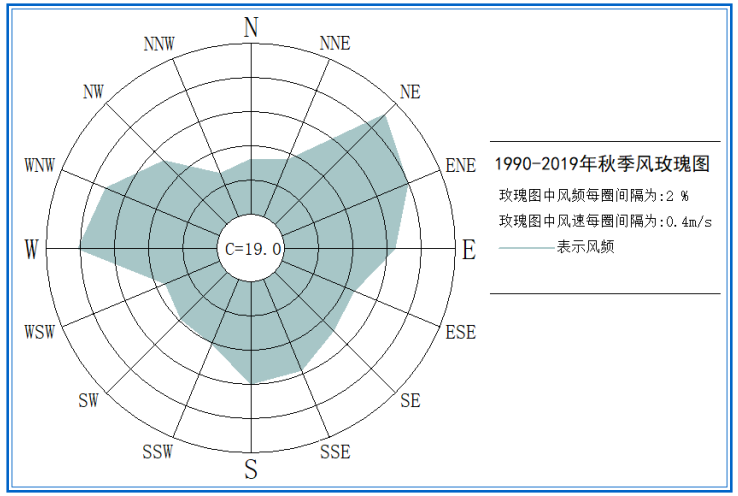
根据 1990-2019 年郑州国家级气象站风向出现频率资料统计（图 3.7-5、图 3.7-6、图 3.7-7）可知，1 月、2 月和 3 月风向出现频率最多的是东北风和东北偏东风，4 月、5 月、6 月和 7 月风向出现频率最多的是南风，8 月和 9 月风向出现频率最多东北风，10 月、11 月和 12 月向出现频率最多的是东北风和西风。

表 3.7-1 1990-2019 年郑州站平均风向出现频率

风向 月份	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
1 月	2%	4%	10%	11%	7%	5%	4%	5%	5%	4%	4%	5%	8%	7%	4%	2%	15%
2 月	2%	4%	12%	11%	7%	6%	5%	7%	7%	5%	4%	4%	7%	6%	4%	2%	13%
3 月	2%	3%	11%	11%	7%	5%	5%	9%	11%	5%	3%	3%	6%	6%	4%	2%	9%
4 月	2%	3%	9%	9%	8%	5%	7%	11%	13%	5%	4%	3%	7%	5%	4%	2%	8%
5 月	2%	3%	7%	8%	7%	5%	7%	9%	11%	5%	4%	4%	7%	6%	5%	2%	9%
6 月	3%	3%	6%	9%	8%	8%	10%	10%	13%	5%	3%	3%	5%	4%	4%	3%	9%
7 月	2%	3%	7%	8%	11%	8%	10%	10%	11%	5%	3%	3%	4%	4%	3%	2%	11%
8 月	4%	4%	11%	10%	9%	7%	9%	6%	6%	3%	3%	2%	4%	4%	4%	3%	14%
9 月	4%	4%	9%	8%	8%	5%	6%	7%	7%	3%	3%	3%	7%	6%	4%	3%	20%
10 月	3%	3%	8%	7%	6%	4%	4%	5%	6%	4%	4%	4%	8%	8%	5%	3%	20%
11 月	3%	4%	10%	9%	6%	4%	4%	5%	5%	5%	4%	4%	9%	8%	6%	2%	17%
12 月	2%	3%	10%	9%	6%	4%	4%	4%	4%	5%	5%	5%	11%	10%	5%	2%	13%
年	3%	3%	9%	9%	7%	6%	6%	7%	8%	4%	4%	3%	7%	6%	4%	2%	13%
春	2%	3%	9%	9%	7%	5%	7%	10%	12%	5%	4%	3%	7%	5%	4%	2%	8%
夏	3%	3%	8%	9%	9%	8%	9%	9%	10%	4%	3%	2%	4%	4%	3%	3%	12%
秋	3%	4%	9%	8%	6%	5%	5%	6%	6%	4%	4%	3%	8%	7%	5%	3%	19%
冬	2%	4%	10%	10%	7%	5%	4%	5%	5%	4%	4%	4%	9%	8%	5%	2%	14%







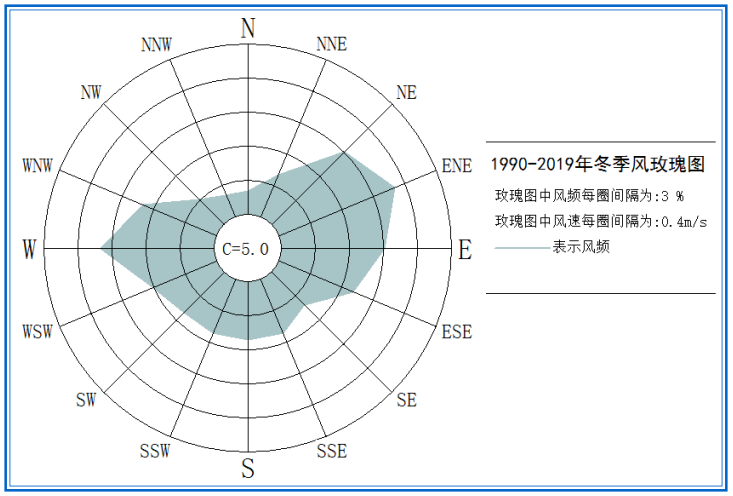


图 3.7-4 1990--2019 年郑州各季节平均风向频率玫瑰图

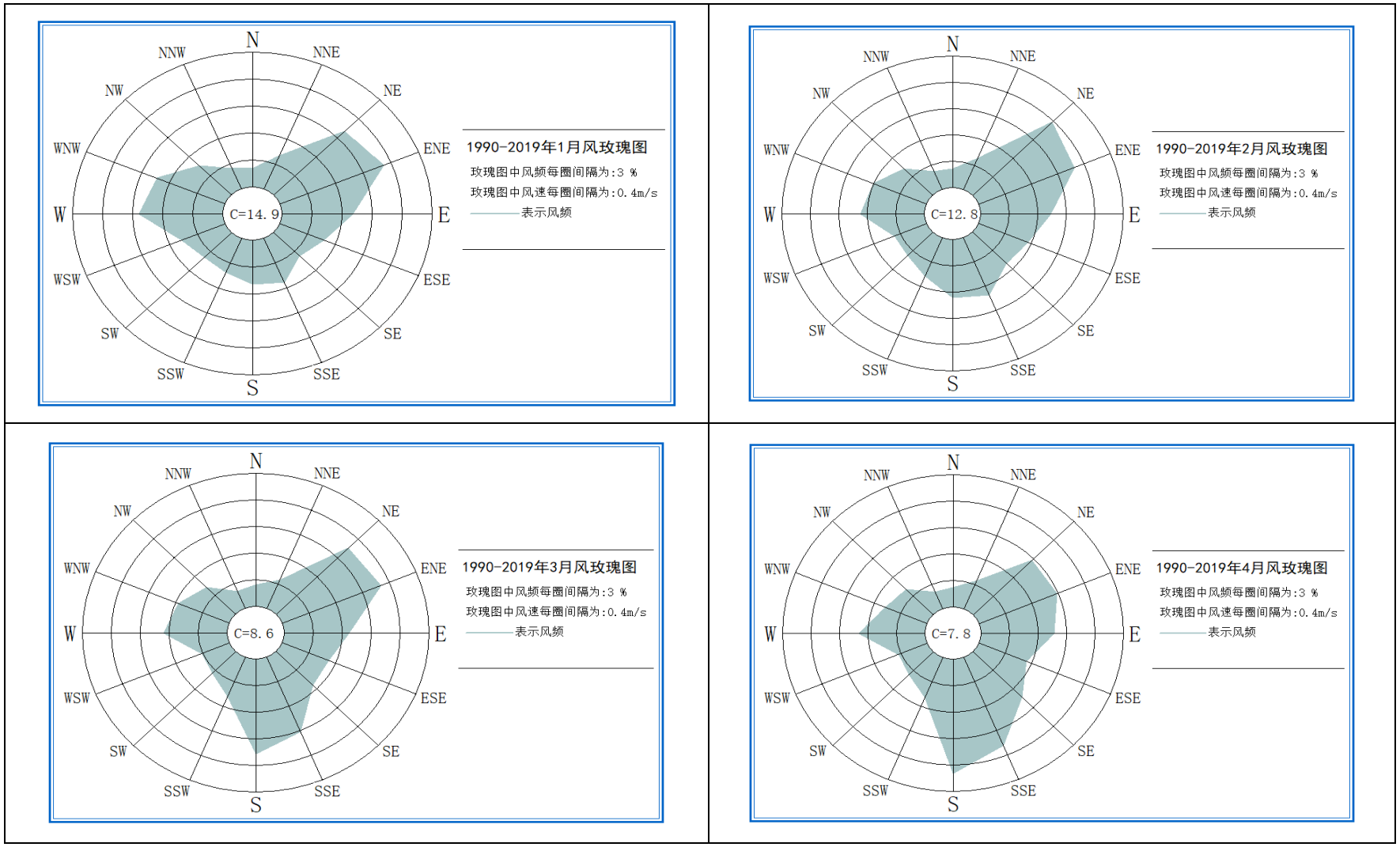
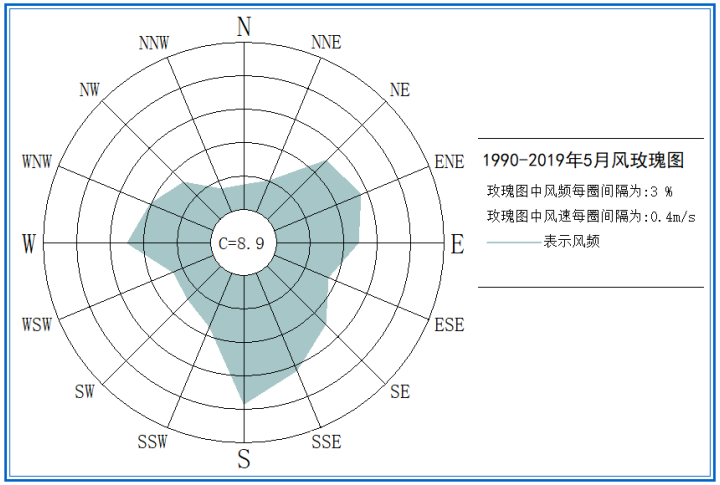
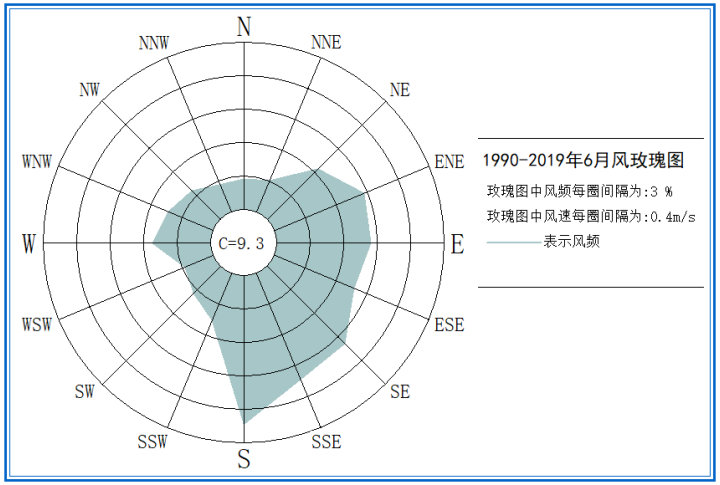
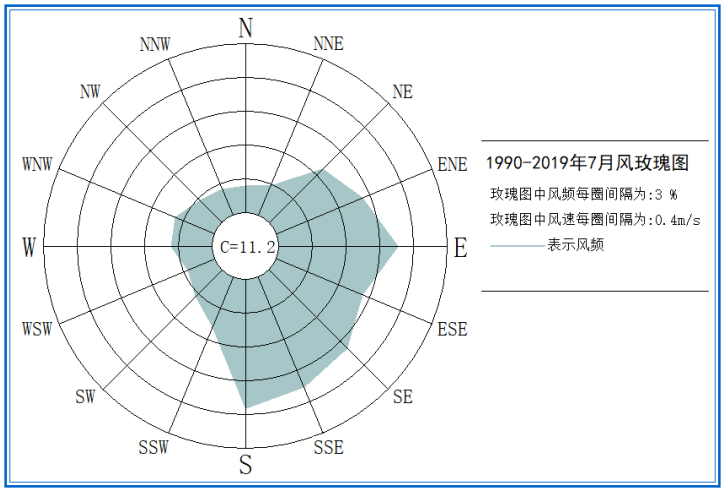


图 3.7-5 1990-2019 年郑州站 1-4 月份平均风向频率玫瑰图







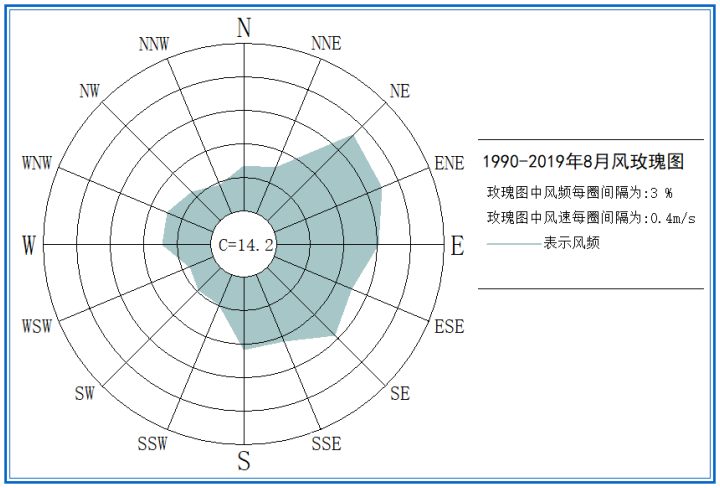


图 3.7-6 1990-2019 年郑州站 5-8 月份平均风向频率玫瑰图

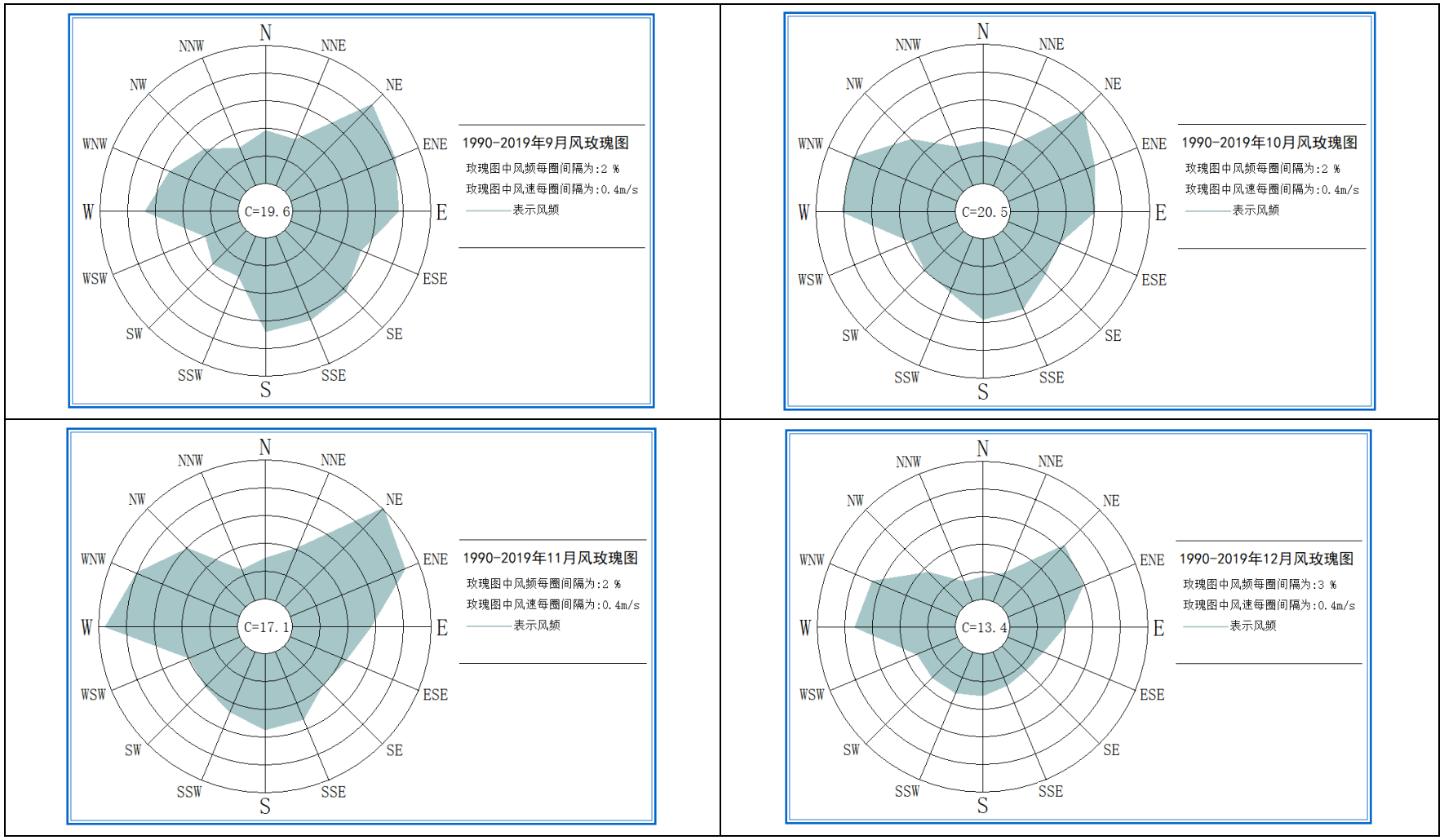


图 3.7-7 1990-2019 年郑州站 9-12 月份平均风向频率玫瑰图

3.8 极端气温

根据 1990-2019 年郑州国家级气象站气温资料统计，从表 3.8-1、表 3.8-2 可见，近 30 年郑州站极端最高温度 42.5℃，出现在 2011 年 6 月 8 日；极端最低气温-17.9℃，出现在 1990 年 2 月 1 日。

表 3.8-1 郑州站多年逐月极端最高气温统计表（单位：℃）

月份 台站	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年
郑州	20.3	25.2	32.8	38.7	39.7	42.5	41.5	39.6	37.9	34.0	28.2	21.8	42.5

表 3.8-2 郑州站多年逐月极端最低气温统计表（单位：℃）

月份 台站	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年
郑州	-16.3	-17.9	-7.5	-1.4	5.7	13.0	17.4	11.9	6.8	0.1	-13.1	-10.2	-17.9

3.9 雷电预警信号发布数据

根据郑州市气象局近 5 年（2015-2019 年）雷电预警信号发布数据统计，郑州市近 5 年共发布雷电预警信号 141 条，2015 年发布 28 条，2016 年发布 31 条，2017 年发布 35 条，2018 年发布 24 条，2019 年发布 23 条。发布的雷电预警信号主要集中在每年的 4 月至 9 月，以 7 月、8 月为主，详见图 3.9-1。

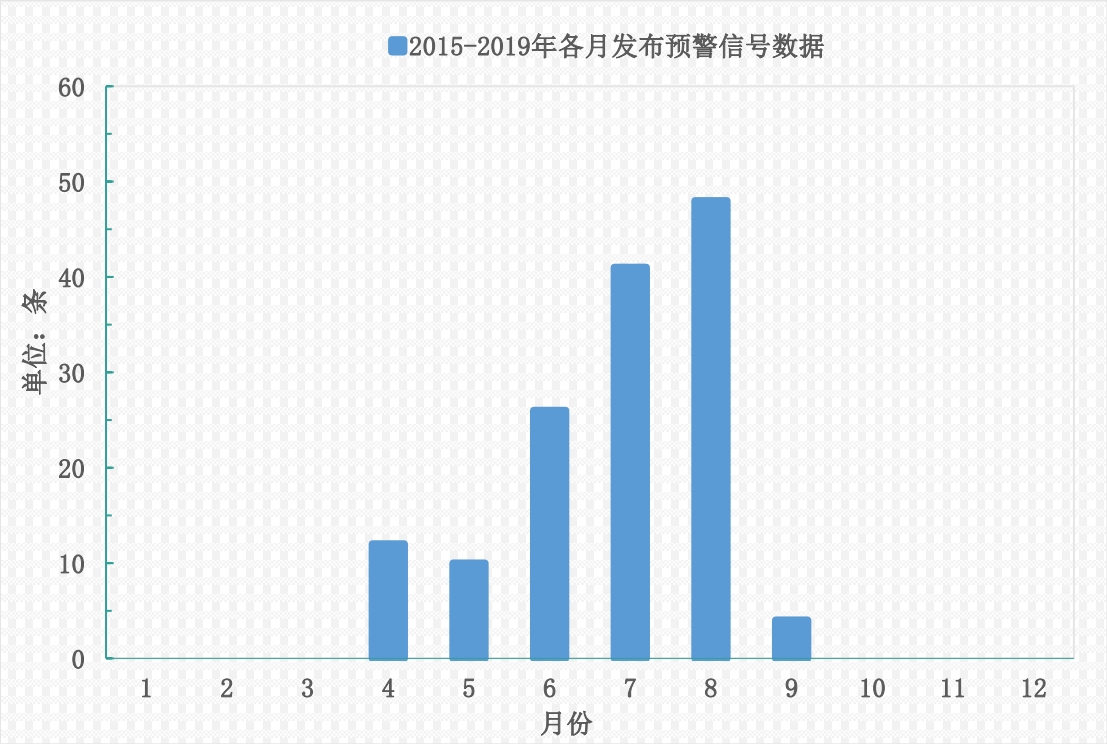


图 3.9-1 2015-2019 年郑州市各月雷电预警信号发布数据

3.10 暴雨日数

暴雨日数指日降水量≥50mm 的日数。

根据 1990-2019 年郑州国家级气象站降水量资料统计（图 3.10-1），近 30 年暴雨日数共为 57 天，年平均暴雨日数为 1.9 天，暴雨天气主要出现在 5-8 月份，以 7 月、8 月份为主。

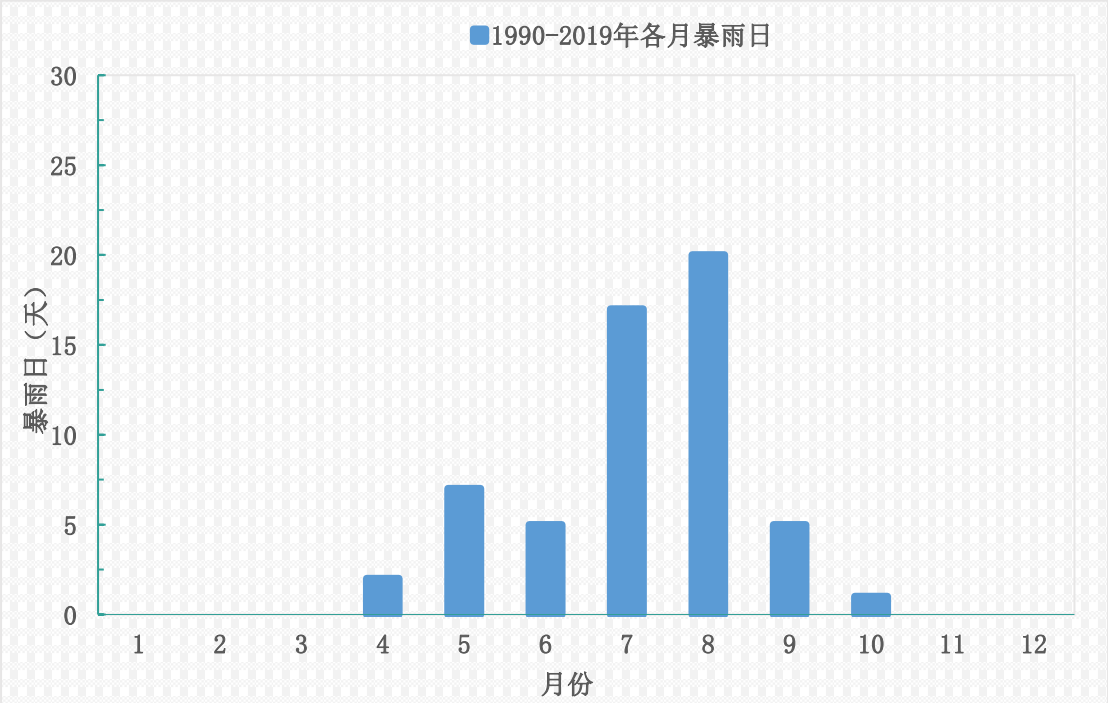


图 3.10-1 1990-2019 年郑州站各月暴雨日数

根据 1990-2019 年郑州国家级气象站降水逐年变化（图 3.10-2）可见，暴雨日数 1994 年和 1999 年出现日数均为 4 天，1991 年和 2014 年，均未达到暴雨标准。

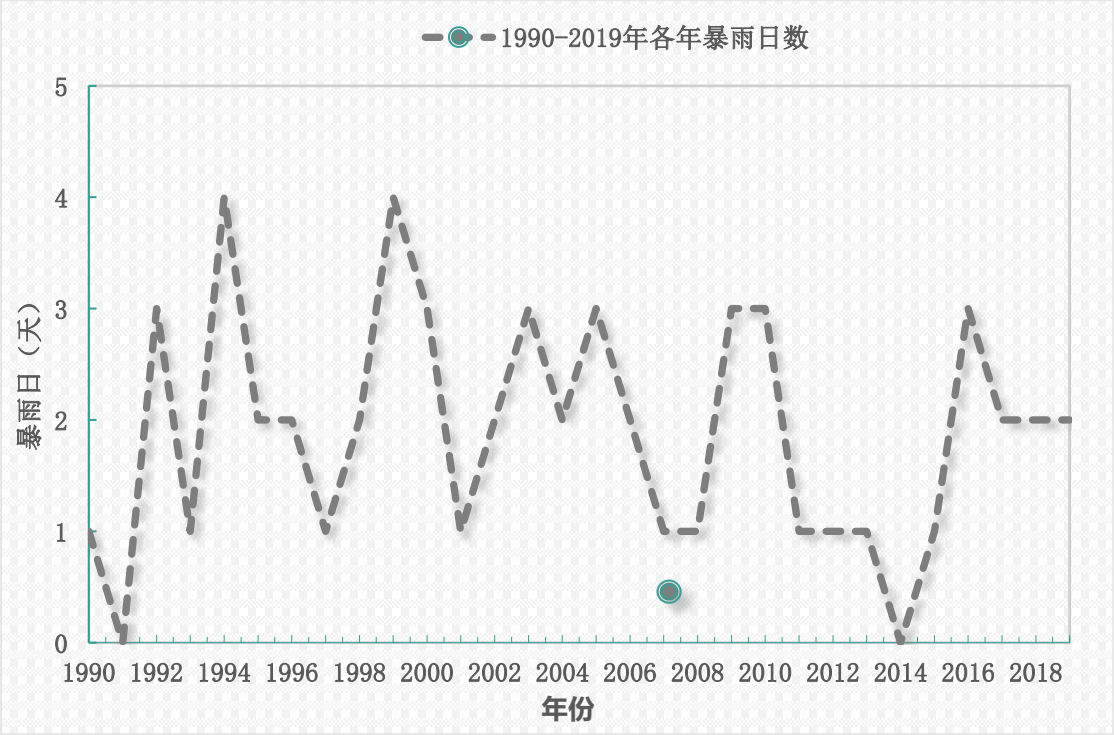


图 3.10-2 1990-2019 年郑州站逐年暴雨日数

3.11 雷暴

雷暴日是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。

根据 1984-2013 年郑州国家级气象站雷暴资料统计（图 3.11-1），近 30 年雷暴日数为 584 天，年平均雷暴日数为 19.5 天，雷暴天气主要出现在 5-8 月份，以 7 月、8 月份为主。

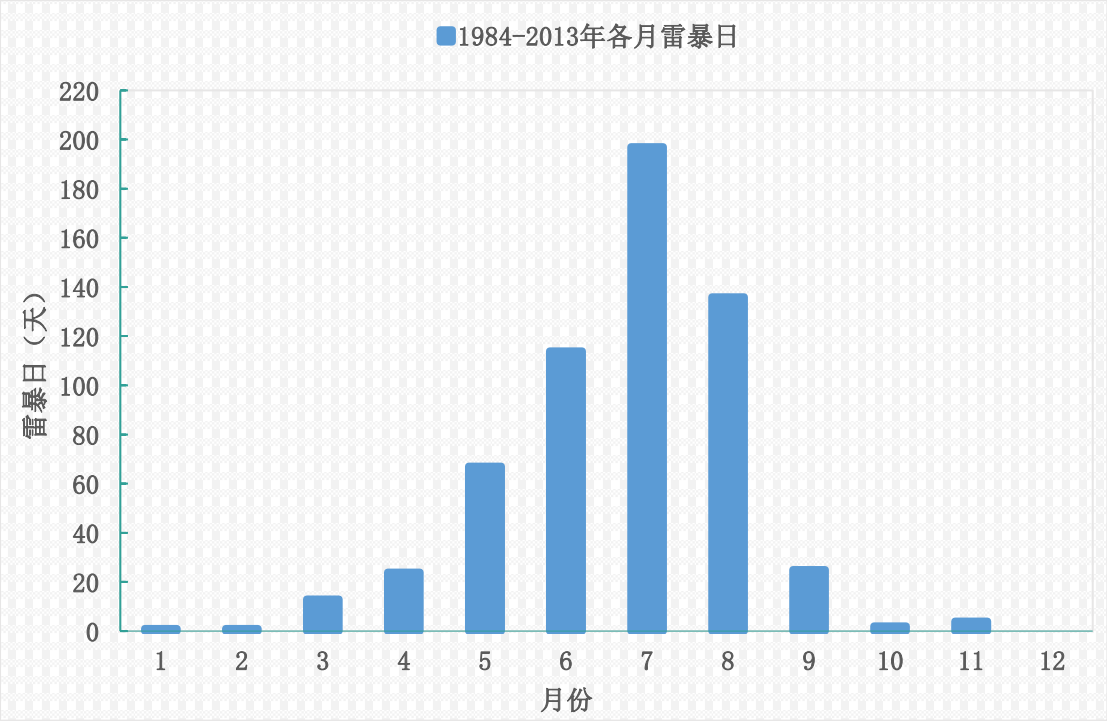


图 3.11-1 1984-2013 年郑州站各月雷暴日数

根据 1984-2013 年郑州国家级气象站雷暴逐年变化（图 3.11-2）可见，雷暴 2004 年出现日数最多，为 34 次，1988 年和 2013 年出现日数最少，均为 11 次。

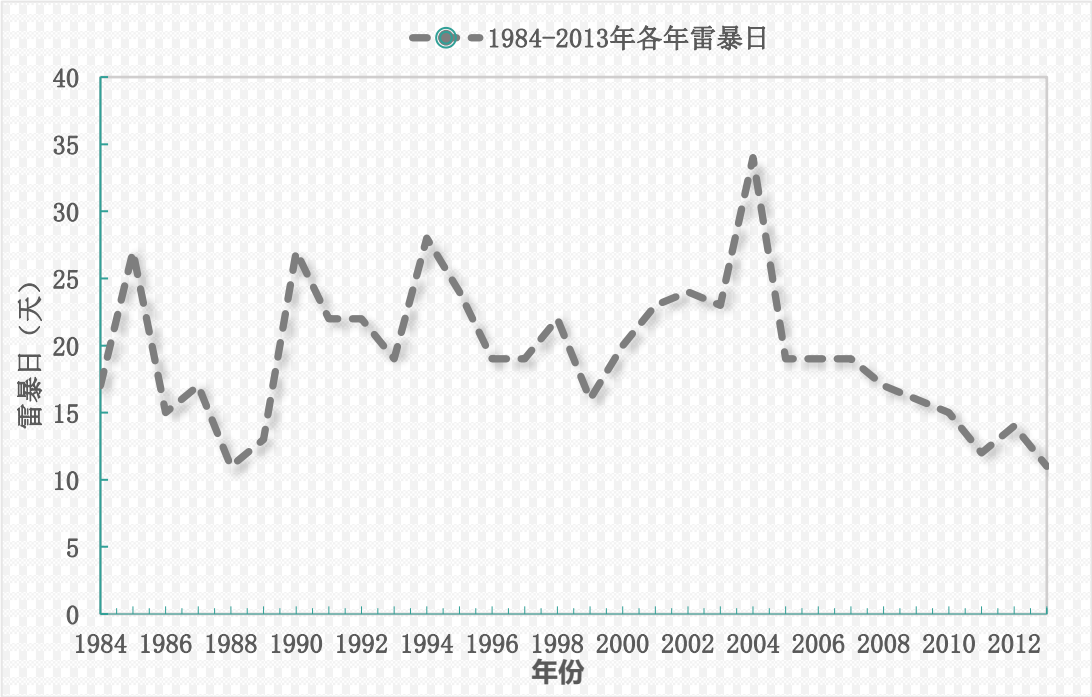


图 3.11-2 1984-2013 年郑州站逐年雷暴日数

3.12 冰雹

根据 1990-2019 年郑州国家级气象站冰雹资料统计（图 3.12-1），近 30 年冰雹出现次数为 8 次，主要出现在 4 月、6 月、7 月和 8 月，其中 6 月和 8 月均出现 3 次。

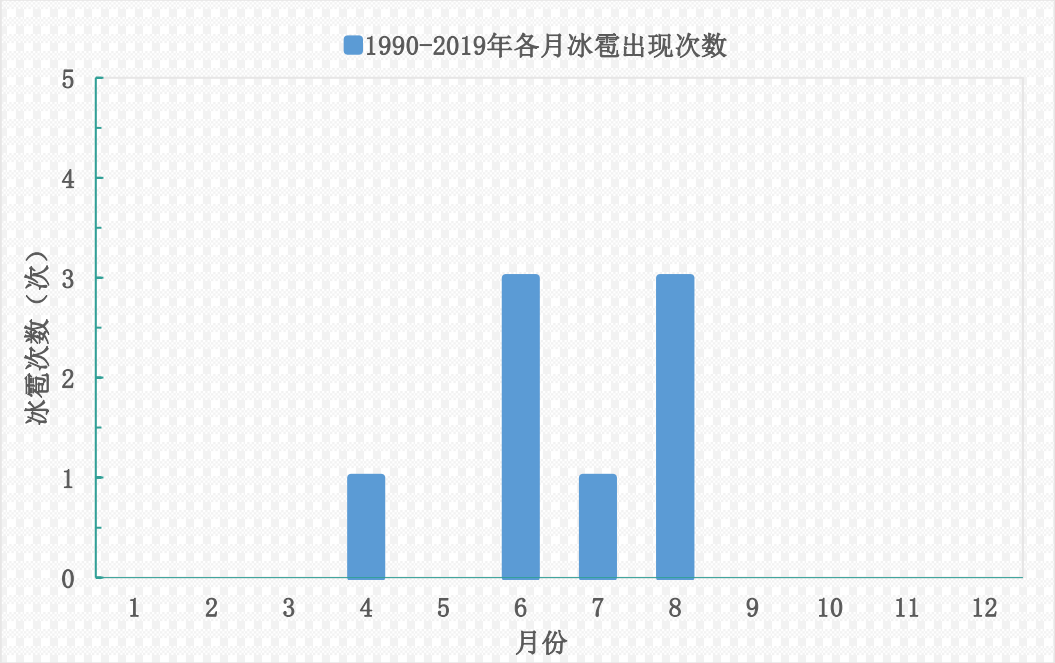


图 3.12-1 1990-2019 年郑州各月冰雹出现次数

3.13 风向风速极端值

最大风速是指在某个时段内出现的最大 10min 平均风速值。

极大风速(阵风)是指某个时段内出现的最大瞬时风速值。瞬时风速是指 3s 的平均风速。

根据 2005-2019 年（15 年）郑州国家级气象站风向风速资料统计（2005 年气象观测站实现自动观测，风向风速的观测更具有连续性），从表 3.13-1、表 3.13-2 可见，郑州站日最大风速 14.9m/s，出现在 2011 年 7 月 26 日；日极大风速 23.6m/s，出现在 2016 年 6 月 14 日。

表 3.13-1 郑州站多年各月最大风速统计表（单位：m/s）

月份 台站	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年
郑州	12.2	8.8	11.5	10.6	9.5	11.9	14.9	10.8	8.7	9.8	11.5	11.1	14.9

表 3.13-2 郑州站多年各月极大风速统计表（单位：m/s）

月份 台站	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年
郑州	20.3	16.7	18.7	19.1	17.4	23.6	21.0	18.4	13.7	19.9	19.1	17.5	23.6

根据 2005-2019 年郑州国家级气象站风向风速资料统计，年最大平均风速 6.1m/s，年风向出现频率最多为东北偏东风（图 3.13-1）。

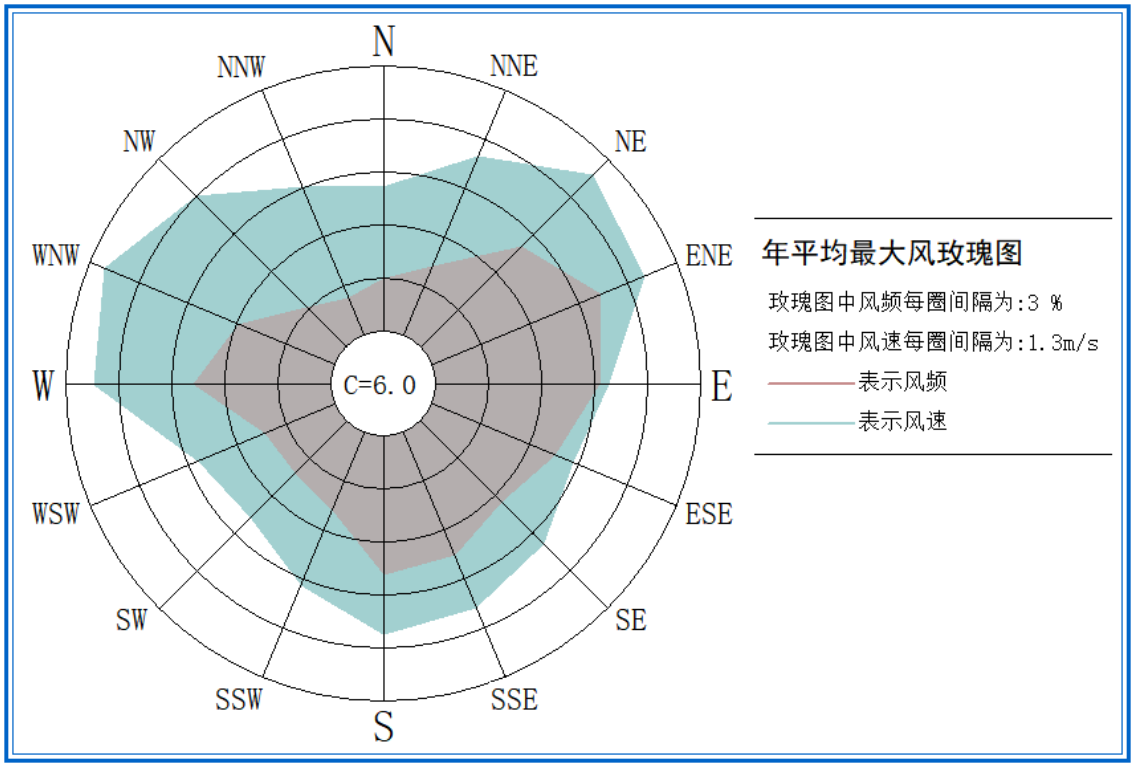


图 3.13-1 2005-2019 年郑州站年平均最大风向风速玫瑰图

春季出现频率最多的风向为南风（对应最大平均风速 5.9m/s），春季出现最大平均风速为 6.8m/s（对应出现频率最多的风向为东北风）；夏季出现频率最多的风向为东北偏东风（对应最大平均风速 5.3m/s），夏季出现最大平均风速为 5.4m/s（对应出现频率最多的风向为东北风）；秋季出现频率最多的风向为东北偏东风和西风（对应最大平均风速分别为 5.3m/s 和 5.7m/s），秋季出现最大平均风速为 6.1m/s（对应出现频率最多的风向为西北偏西风）；冬季出现频率最多的风东北偏东风（对应最大平均风速 5.4m/s），冬季出现最大平均风速为 6.9m/s（对应出现频率最多的风向为西北偏西风），详见表 3.13-3、表 3.13-4、图 3.13-2。

1 月、2 月和 3 月出现频率最多的风向为东北偏东风

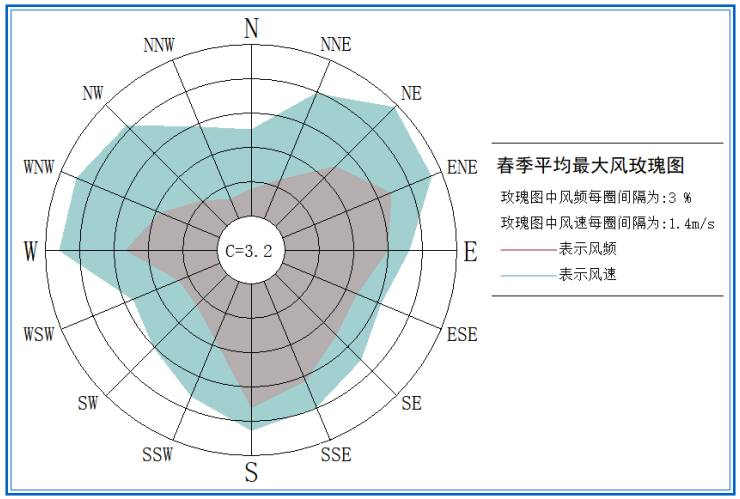
（12%、13%、12%），4 月和 5 月出现频率最多的风向为南风（11%），6 月出现频率最多的风向为东南偏南风和南风（12%）；7 月出现频率最多的风向为东风、东南偏东风、东南偏南风（11%）；8 月和 9 月出现频率最多的风向为东北偏东风(12%、10%)；10 月出现频率最多的风向为东风(9%)，11 月和 12 月出现频率最多的风向为西风（11%、13%），详见表 3.13-3、表 3.13-4、图 3.13-3、图 3.13-4、图 3.13-5。

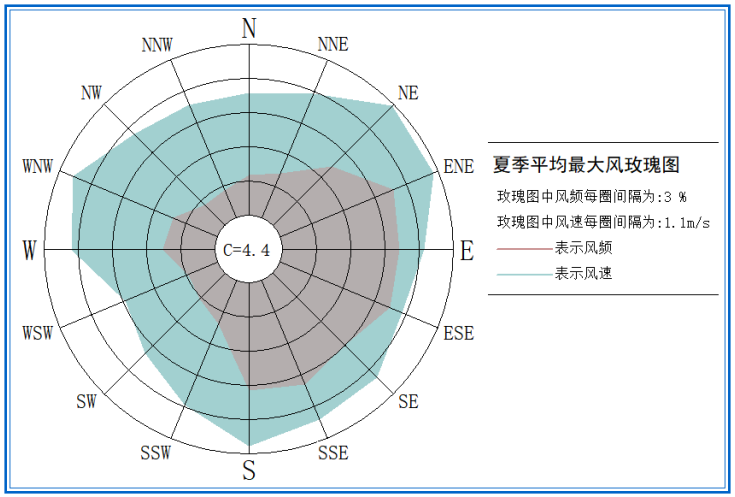
表 3.13-3 2005-2019 年郑州站各月平均最大风速（单位：m/s）

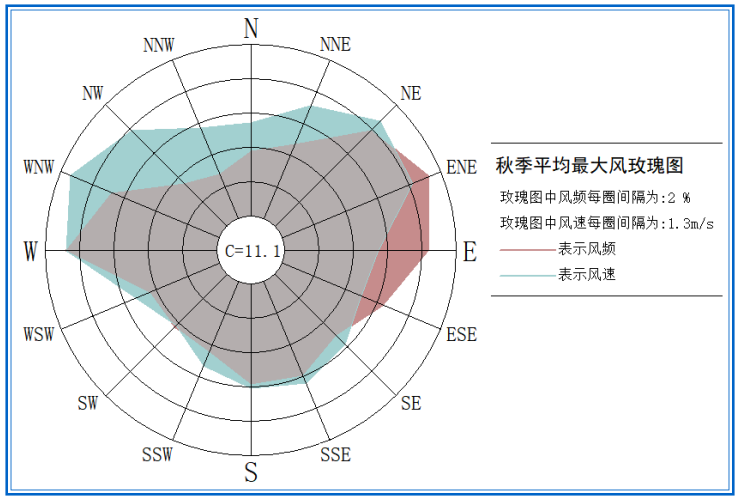
风向 月份	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
1 月	3.0	4.5	6.0	5.1	3.8	2.9	3.6	3.7	3.8	3.2	2.9	3.8	6.9	6.8	6.6	4.6	0.0
2 月	3.3	4.8	6.8	6.2	4.1	3.6	3.7	4.5	4.7	3.4	3.1	3.7	5.6	6.3	5.0	3.7	0.0
3 月	3.5	5.6	7.0	7.0	4.9	4.3	4.5	5.3	5.7	4.6	4.0	3.3	6.7	6.3	6.2	4.5	0.0
4 月	3.5	5.7	7.1	6.7	5.1	4.1	5.1	5.3	6.0	5.0	4.1	4.2	6.0	6.1	5.8	3.5	0.0
5 月	3.3	5.0	6.3	5.9	5.0	4.6	5.1	5.9	5.9	5.4	4.5	4.0	6.4	6.4	5.4	4.1	0.0
6 月	3.7	4.7	5.6	5.9	5.0	4.5	5.0	4.8	5.8	4.5	4.2	3.3	5.5	5.2	4.3	4.3	0.0
7 月	3.5	4.0	4.7	5.0	4.6	4.1	4.9	5.0	5.7	4.8	3.8	3.1	4.3	4.4	3.9	3.6	0.0
8 月	4.4	4.3	5.8	4.9	4.0	3.8	4.4	4.5	4.2	3.4	2.7	3.1	4.2	5.3	4.1	3.7	0.0
9 月	3.9	4.4	5.5	5.4	3.7	3.6	4.0	4.5	3.8	3.4	2.9	3.0	4.5	4.7	4.4	4.1	0.0
10 月	3.5	4.7	5.7	5.4	3.4	2.9	3.5	4.0	4.2	3.5	2.7	3.2	6.0	6.5	5.3	3.7	0.0
11 月	3.1	4.6	5.6	5.2	3.4	3.1	3.6	3.9	3.6	3.4	2.4	4.1	6.5	6.9	5.5	3.2	0.0
12 月	2.9	4.0	5.0	4.9	3.8	3.0	3.1	3.7	3.8	3.3	2.8	4.3	7.2	7.7	6.4	4.1	0.0
年	3.5	4.7	5.9	5.6	4.2	3.7	4.2	4.6	4.8	4.0	3.3	3.6	5.8	6.1	5.2	3.9	0.0
春	3.5	5.5	6.8	6.5	5.0	4.3	4.9	5.5	5.9	5.0	4.2	3.8	6.4	6.3	5.8	4.0	0.0
夏	3.9	4.3	5.4	5.3	4.5	4.2	4.7	4.8	5.2	4.3	3.6	3.2	4.6	5.0	4.1	3.9	0.0
秋	3.5	4.6	5.6	5.3	3.5	3.2	3.7	4.1	3.9	3.4	2.6	3.4	5.7	6.1	5.1	3.7	0.0
冬	3.1	4.5	5.9	5.4	3.9	3.1	3.5	4.0	4.1	3.3	2.9	3.9	6.6	6.9	6.0	4.1	0.0

表 3.13-4 2005-2019 年郑州站各月最大风向出现频率

风向 月份	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
1 月	2%	4%	9%	12%	11%	7%	4%	5%	5%	4%	5%	7%	9%	6%	3%	2%	5%
2 月	2%	4%	12%	13%	10%	8%	6%	7%	6%	5%	4%	5%	8%	6%	2%	2%	4%
3 月	3%	4%	8%	12%	9%	7%	6%	8%	10%	5%	4%	4%	8%	6%	3%	2%	3%
4 月	2%	4%	8%	10%	9%	7%	8%	10%	11%	5%	3%	4%	8%	4%	3%	2%	3%
5 月	2%	3%	6%	9%	8%	7%	8%	9%	11%	6%	4%	4%	9%	6%	3%	2%	3%
6 月	3%	3%	5%	11%	10%	10%	9%	12%	12%	5%	4%	3%	5%	4%	3%	2%	3%
7 月	3%	3%	6%	10%	11%	11%	10%	11%	10%	5%	3%	3%	4%	4%	3%	2%	4%
8 月	5%	6%	11%	12%	10%	10%	8%	6%	6%	3%	3%	2%	4%	5%	2%	3%	6%
9 月	4%	5%	7%	10%	9%	8%	6%	7%	6%	4%	4%	3%	7%	6%	4%	3%	11%
10 月	4%	4%	8%	8%	9%	6%	4%	6%	6%	5%	5%	5%	8%	7%	3%	3%	12%
11 月	3%	5%	8%	10%	7%	5%	4%	5%	6%	5%	5%	5%	11%	7%	4%	3%	11%
12 月	3%	4%	8%	9%	8%	5%	4%	4%	4%	5%	6%	7%	13%	9%	4%	2%	6%
年	3%	4%	8%	10%	9%	8%	6%	8%	8%	5%	4%	4%	8%	6%	3%	2%	6%
春	2%	4%	7%	10%	9%	7%	7%	9%	11%	5%	4%	4%	8%	6%	3%	2%	3%
夏	3%	4%	7%	11%	10%	10%	9%	10%	9%	4%	3%	3%	5%	4%	2%	3%	4%
秋	4%	5%	8%	9%	8%	6%	5%	6%	6%	4%	4%	4%	9%	7%	4%	3%	11%
冬	2%	4%	9%	11%	9%	7%	4%	5%	5%	5%	5%	6%	10%	7%	3%	2%	5%







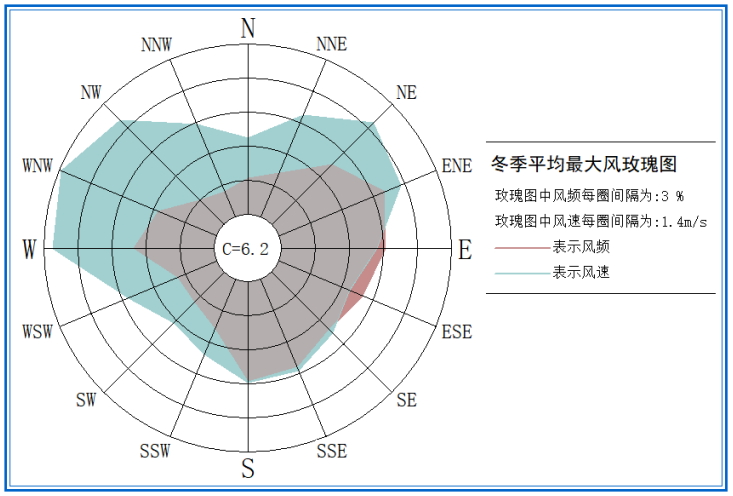
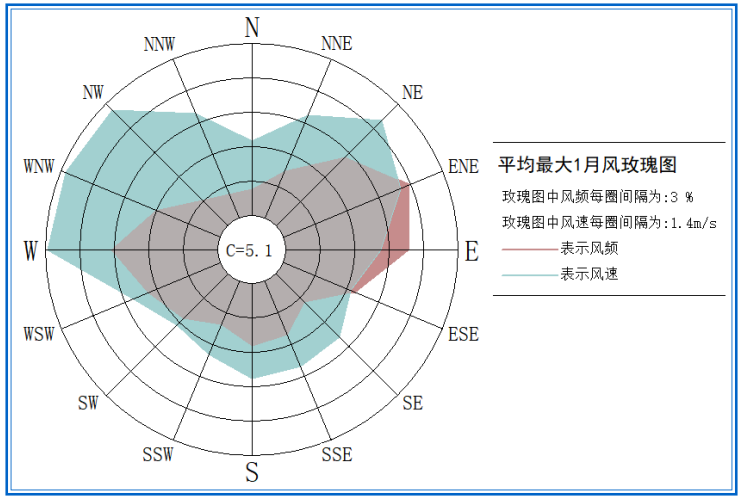
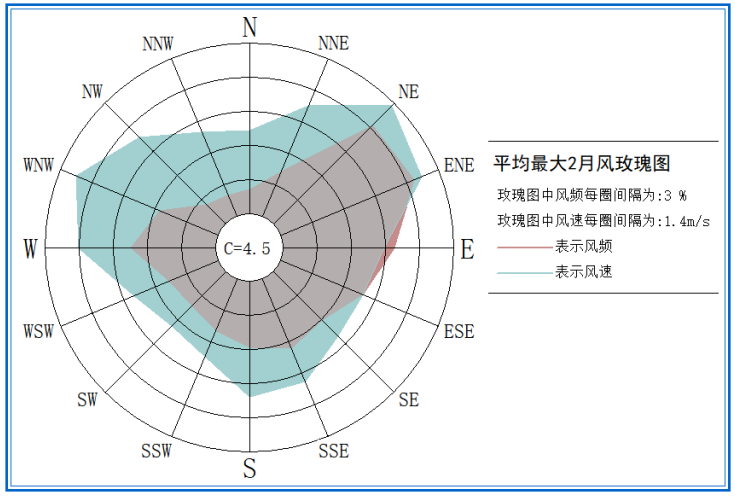
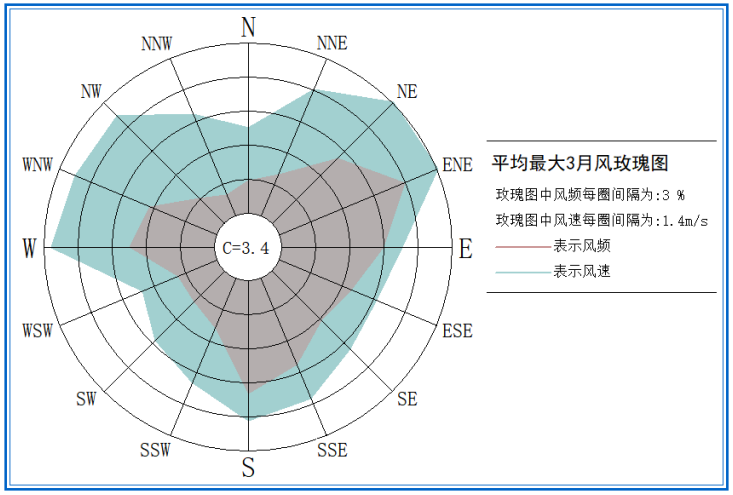


图 3.13-2 2005-2019 年郑州站各季平均最大风向风速玫瑰图







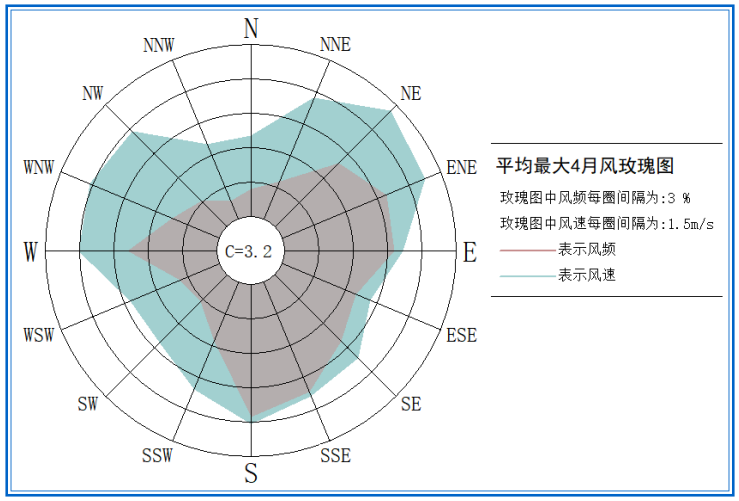
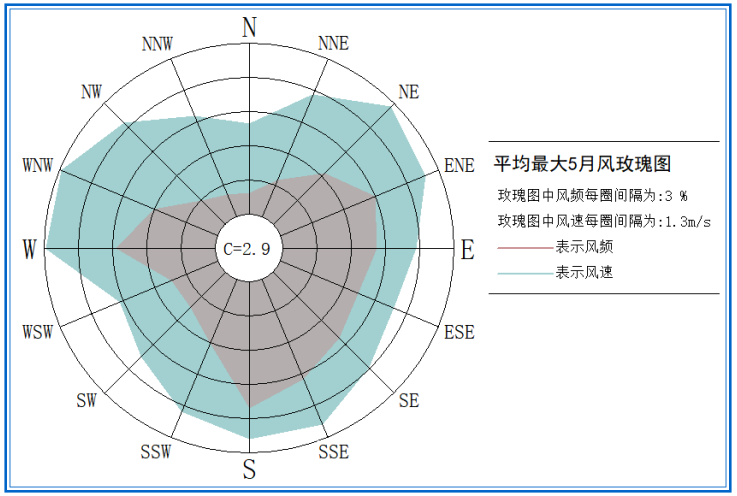
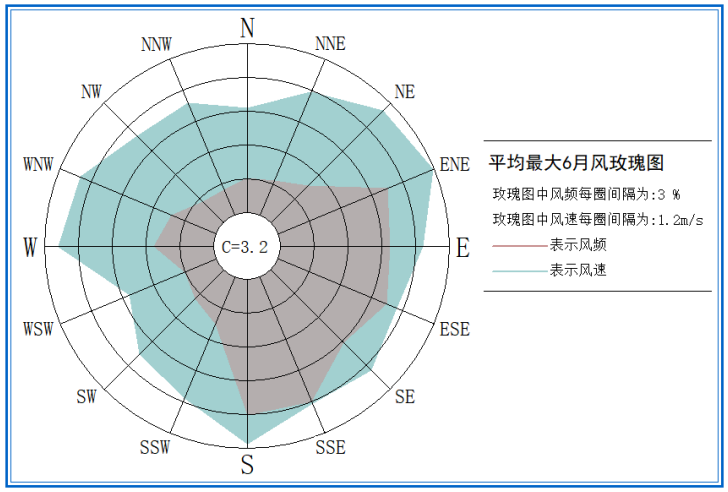
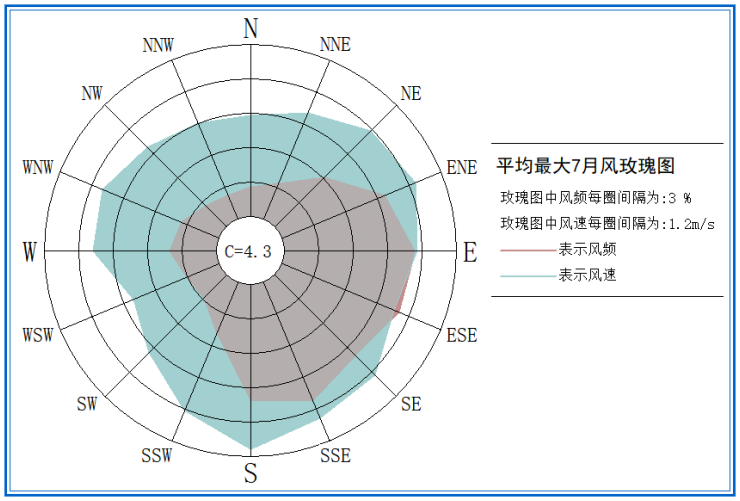


图 3.13-3 2005-2019 年郑州站 1-4 月份平均最大风向风速玫瑰图







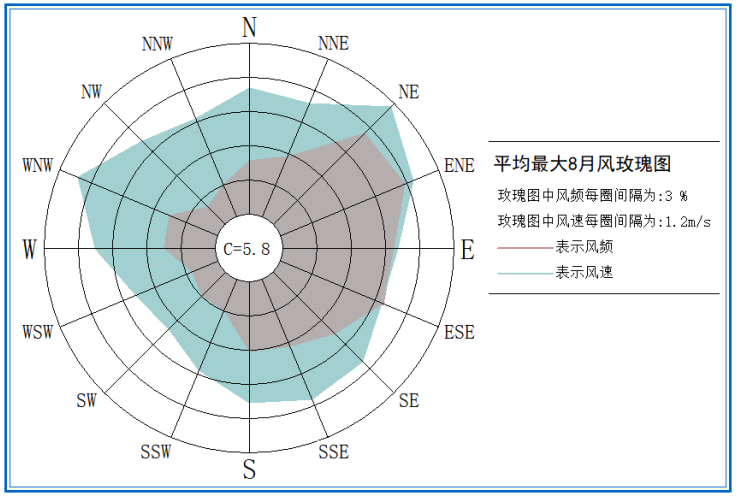
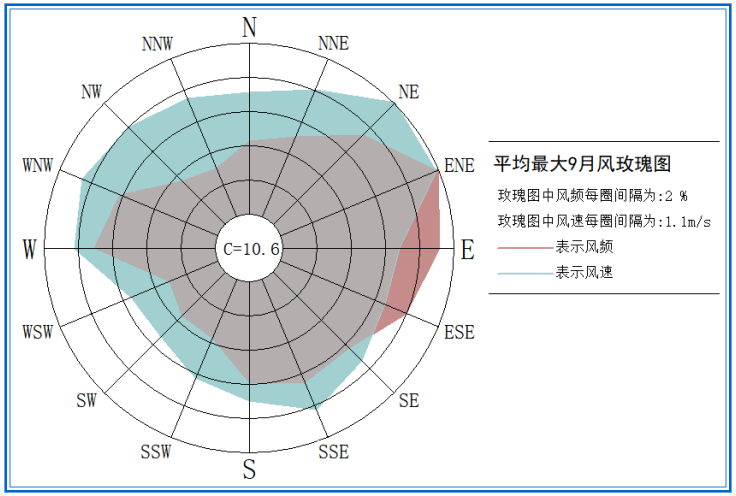
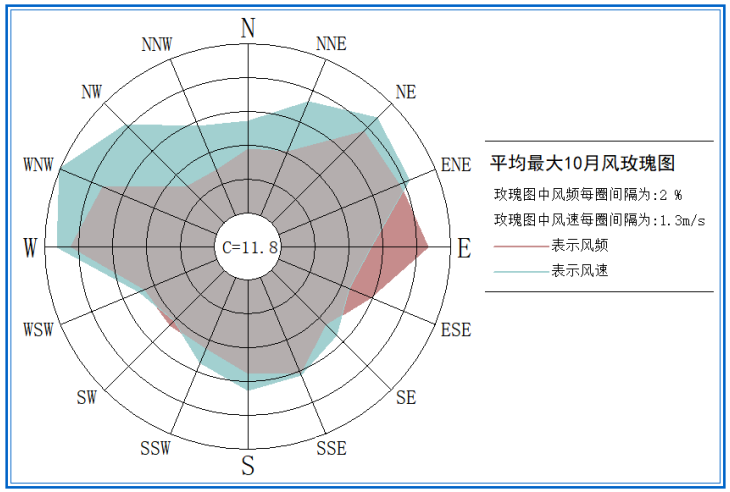
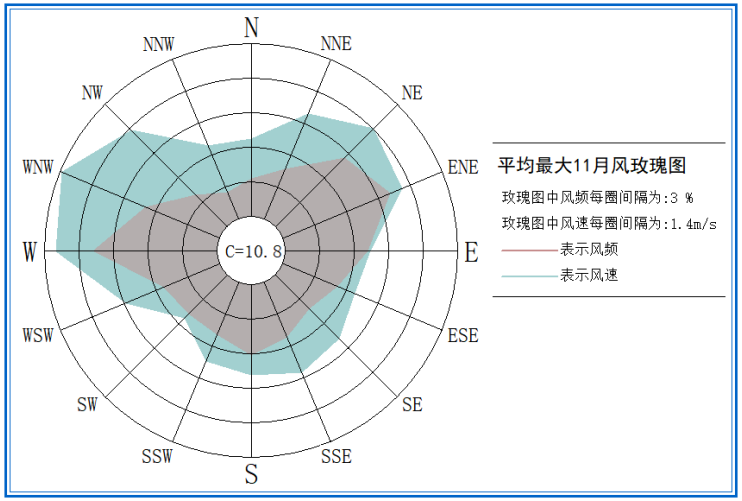


图 3.13-4 2005-2019 年郑州站 5-8 月份平均最大风向风速玫瑰图







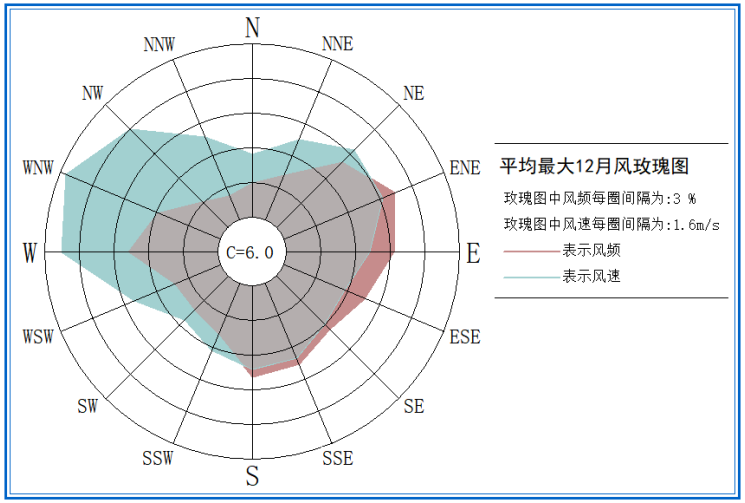


图 3.13-5 2005-2019 年郑州站 9-12 月份平均最大风向风速玫瑰图

3.14 基本气候特征

根据 1990-2019 年（30 年）郑州国家级气象站资料统计分析，年平均气温为 15.3℃，极端最高气温 42.5℃，出现在 2011 年 6 月 8 日，极端最低气温-17.9℃，出现在 1990 年 2 月 1 日，高温日数（日最高气温大于等于 35℃）为 575 天。年平均气压为 1003.7hPa，最高气压 1034.5hPa，出现在 2008 年 12 月 22 日和 2009 年 11 月 2 日，最低气压 978.5hPa，出现在 2009 年 2 月 12 日。年平均降水为 635.4mm，出现暴雨日数（日降水量大于等于 50mm）为 57 天，大暴雨日数（日降水量大于等于 100mm，小于 200mm）为 7 天，暴雨天气主要出现在 5 至 9 月份,以 7 月、8 月份为主。最大日降水量 160.7mm,出现在 2008 年 7 月 14 日，最长连续无降水量日数为 98 天。年平均风速为 2.1m/s，年出现频率最多风向为东北偏东风。雷暴日数为 584 天，年平均雷暴日数为 19.5 天。冰雹出现次数为 8 次，主要出现在 4 月、6 月、7 月和 8 月，其中 6 月和 8 月均出现 3 次。

根据 2005-2019 年（15 年）郑州国家级气象站资料统计分析，日最大风速 14.9m/s，出现在 2011 年 7 月 26 日，日极大风速 23.6m/s，出现在 2016 年 6 月 14 日。2005-2019 年日极大风速达到 17.0m/s 的日数为 25 天。

第四章 大气雷电环境资料分析

郑州市位于河南省中部偏北，地处西南山前丘陵和东部黄河冲击平原的过渡地带，北临黄河，西依嵩山，东南为广阔的黄淮平原。市区西部地形由西南向东北倾斜、东部由西北向东南倾斜，呈阶梯状降低，由山区、丘陵过渡到平原。

通过气象资料分析，雷暴是郑州市经常出现的天气现象之一，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，伴随着一个典型的雷暴的发生、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，雷电电磁场的主要特征表现为时变场、电流、电压随时间变化的速率极快，功率极高。

雷电流强度是雷电防护中极为重要的闪电参数，通常用幅值表示，单位为千安培（kA）。雷电放电具有重复性，一次雷电平均包括 3-4 次放电,通常第一次放电的电流幅值最高。雷电流幅值的大小与许多因素有关，各地区有很大的差别，一般平原地区比山地雷电大，正闪击比负闪击大，第一闪击比随后闪击大。其中正闪第一闪击的电压可高达数百兆伏，电流达 400kA，中心温度达 30000℃，其电流的宽束能量是太阳表面的 6 倍。

4.1 资料收集

大气雷电环境是影响雷电灾害最重要的自然环境因素之一，亦是影响雷电灾害最重要的自然因素。对多年雷暴活动地理分布特性和时间演变规律进行分析和比较，基于网格化资料统计分析，总结二七南部产业片区地雷电活动特点和雷电活动时空分布。以评估项目所在行政区域为范围，提取2015-2019 年雷电资料。

本报告中所采用的雷暴日数据取自邻近项目所在地的郑州国家级气象站 30 年（1984-2013 年）数据平均值；雷电资料来自河南省雷电监测定位系统及三维闪电定位系统（2015-2019 年）的数据；雷电灾害资料数据采用来源是根据中国气象局社会管理处发布的 2008-2019 各年的《全国雷电灾害实例汇编》。

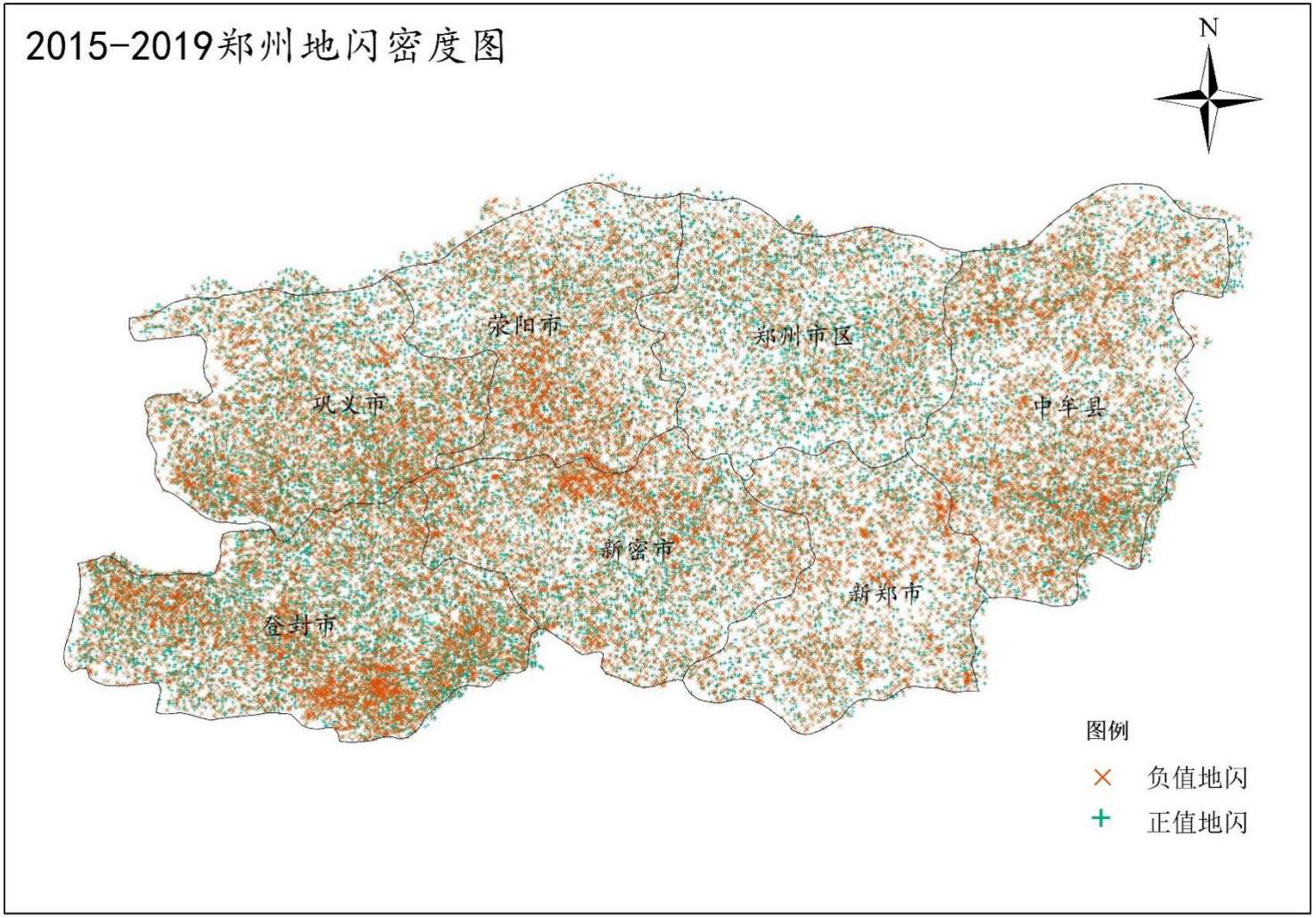


图 4.1-1 郑州市近五年地闪密度分布图

4.2 雷暴数据资料分析

雷暴是一种伴有雷电、大风、暴雨和冰雹等多种天气现象的中小尺度天气过程，气象部门对大气中雷暴天气现象的观测已有很长的历史，资料积累丰富。因此，使用气象部门的雷暴观测资料来分析研究雷电活动是合理和科学的。大气中的雷暴与气候特性、地理环境和地质条件等许多自然因素有关，这些因素很大程度上影响着大气中雷电发生的地理分布和雷电流强度等参数。

本报告重点分析雷暴日数、地闪空间分布密度（落雷密度）与强度（雷电流幅值）及雷电自然灾害等数据，目的在于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，以提高防雷设计的科学性、针对性和有效性，从而加强区域防雷减灾和安全生产工作。

4.2.1 雷暴日特性

气象学上的雷暴日是指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，而不论该天雷暴发生的次数和持续时间，雷暴日用 Td 表示。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，可初步得出二七南部产业片区的一般雷电活动气候规律。

郑州市二七南部产业片区雷暴日数据取自项目所在地的郑州国家级气象站 30 年（1984-2013 年）数据。

图 4.2-1 是郑州国家级气象站 30 年雷暴日年分布图，最高年份可达 34 天（2004 年），最低年份 11 天（1988 年和 2013 年）。从图 4.2-2 雷暴日月平均分布图可得知，5 至 8 月为雷电高发期，7 月份最强。

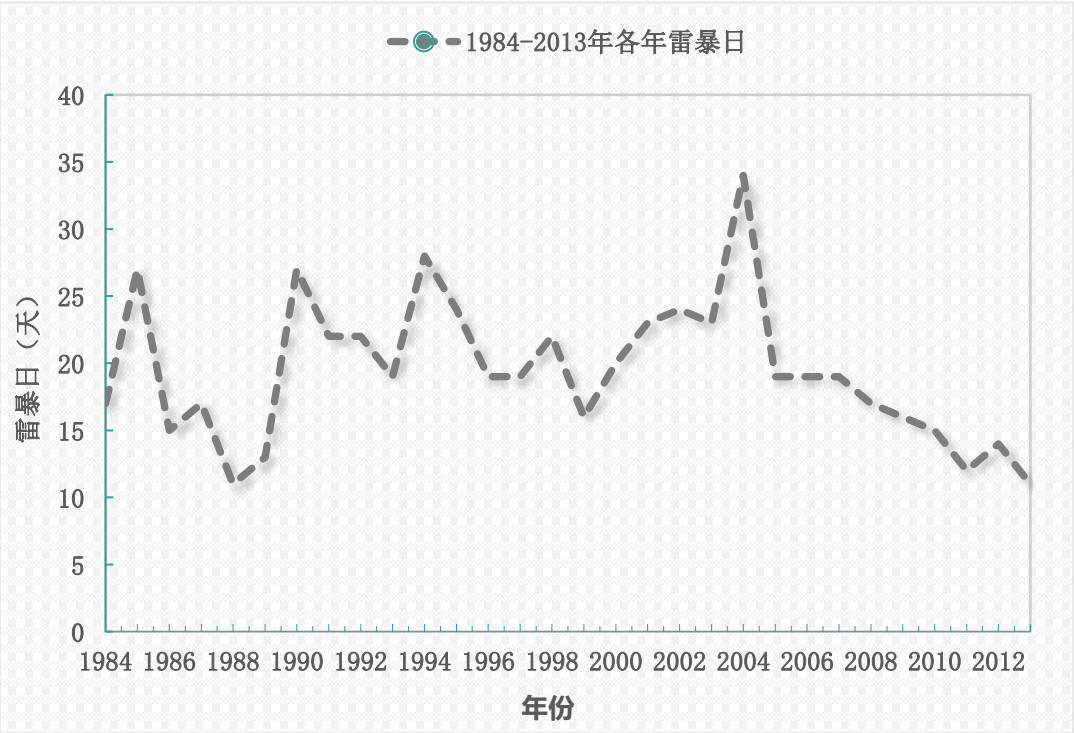


图 4.2-1 项目所在地 30 年（1984-2013 年）雷暴日年平均分布图

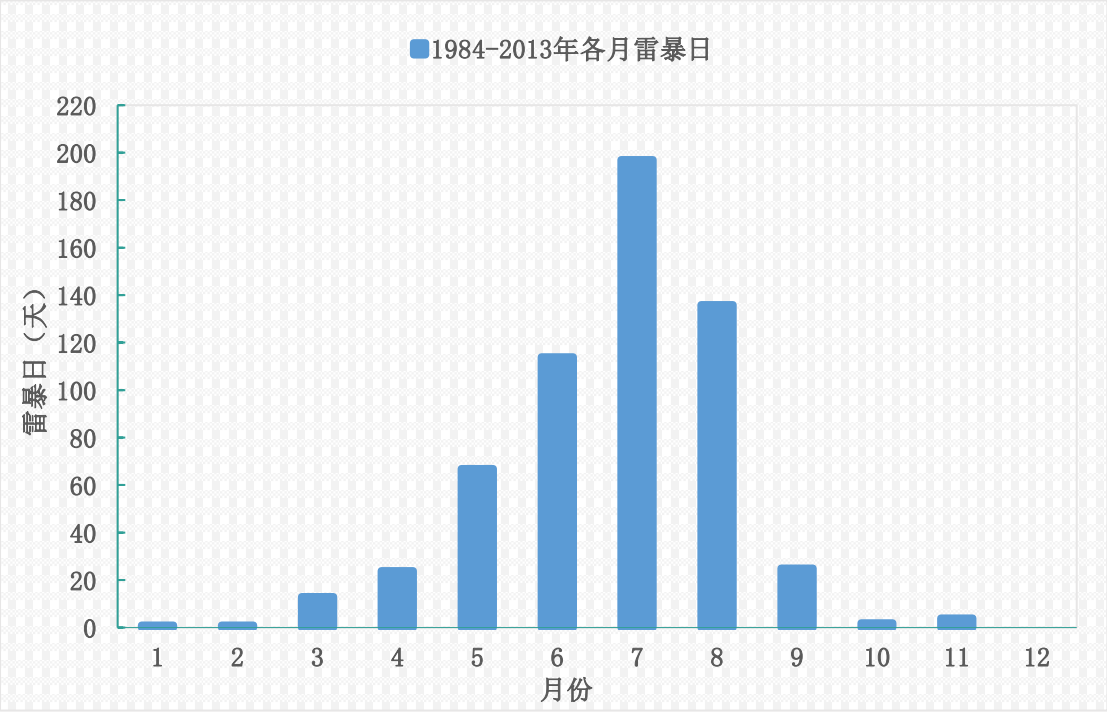


图 4.2-2 项目所在地 30 年（1984-2013 年）雷暴日月平均分布图

4.2.2 雷电活动时空分布特征分析

雷电发生在雷暴的活动期，分析雷暴活动气候的时空分布特征可在一定程度上反映出二七南部产业片区雷电活动气候规律。地闪密度和地闪强度均是描述区域雷电活动时空分布特征的主要参数：**地闪密度**是每个雷电日每平方公里上的平均落雷次数，单位是次/平方公里•年（次/（$km^2 \cdot a$））；**地闪强度**是用雷电流幅值表示，单位是千安培（kA）。从防雷角度分析，地闪发生的频数是确定地闪对人类和建筑物的最重要的参数。

二七南部产业片区雷电数据资料取自郑州市雷电实时监测定位系统（2015-2019 年）的数据。

4.2.2.1 地闪密度特征分析

根据 2015-2019 年雷电实时监测定位系统数据（图 4.2-3），雷暴月日数变化分布特征明显：郑州市除 1、2、10、12 月份以外的其他各月都会出现雷电，主要集中在 4-8 月份，6-8 月占全年的 80.0%，7、8 月份各月都比较均衡。

从图 4.2-4 可知，5 月份雷暴日数共 11 天，落雷次数为 2013 次；7 月份雷暴日数共 49 天，落雷次数为 1388 次；8 月份雷暴日数共 36 天，落雷次数为 1172 次。从而可知，雷暴日数与落雷密度并非正相关。

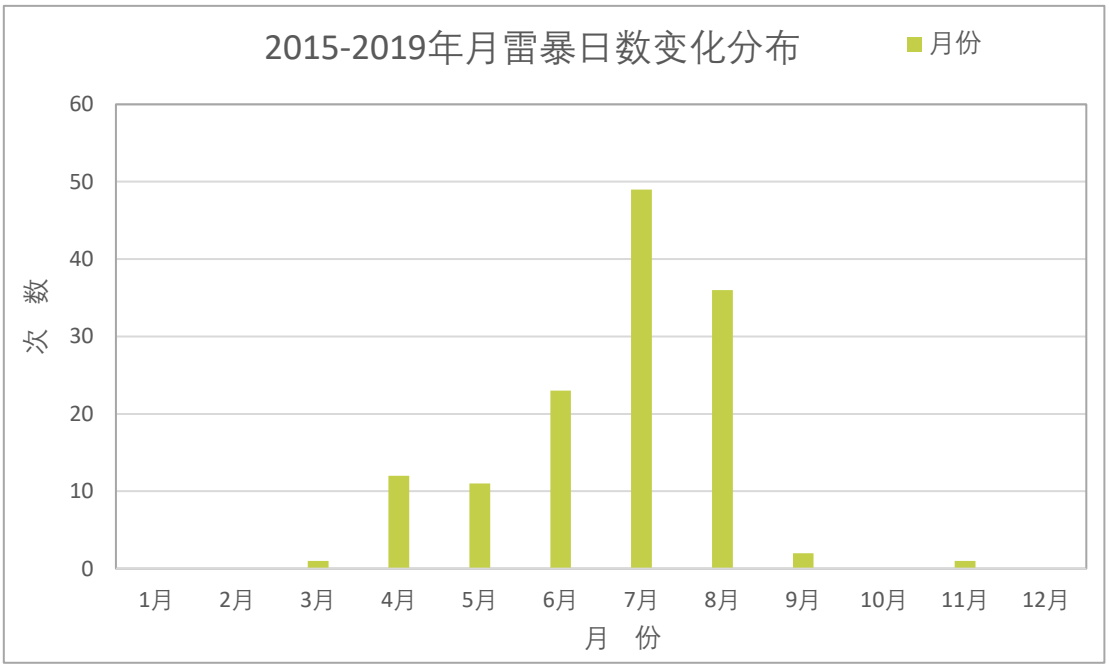


图 4.2-3 项目所在地 2015 年至 2019 年月雷暴日数变化分布图

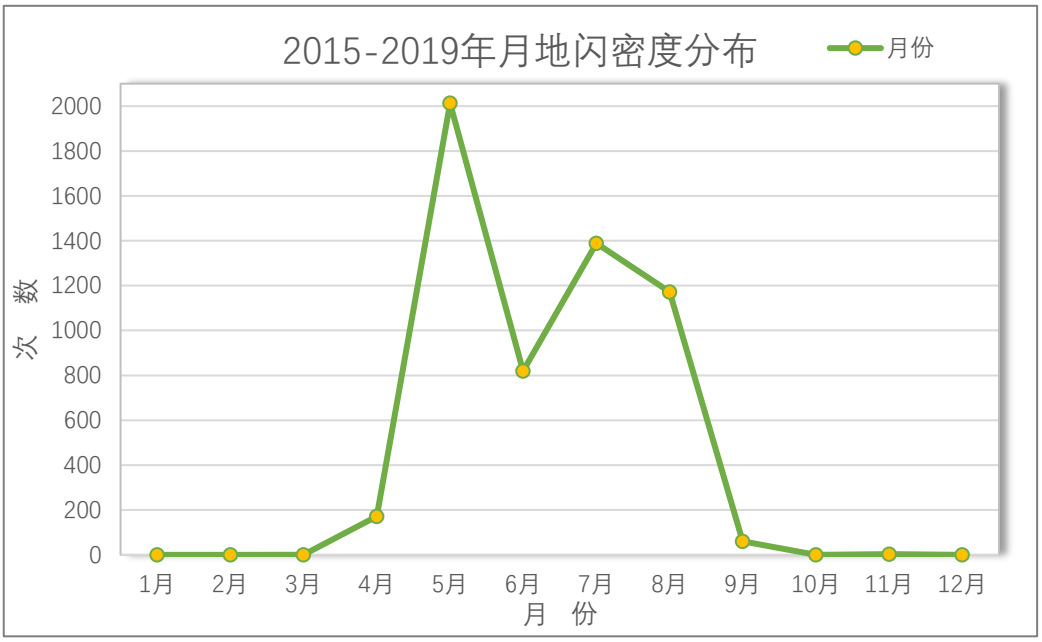


图 4.2-4 项目所在地 2015 年至 2019 年月地闪密度分布图

从图 4.2-5 地闪密度时变化可知，雷暴活动规律性较强，时段分布比较集中，主要在 13 时至次日凌晨 1 时，高发时段为 19 时前后，可达 1249 次，次之为 17 时前后，可达 837 次。

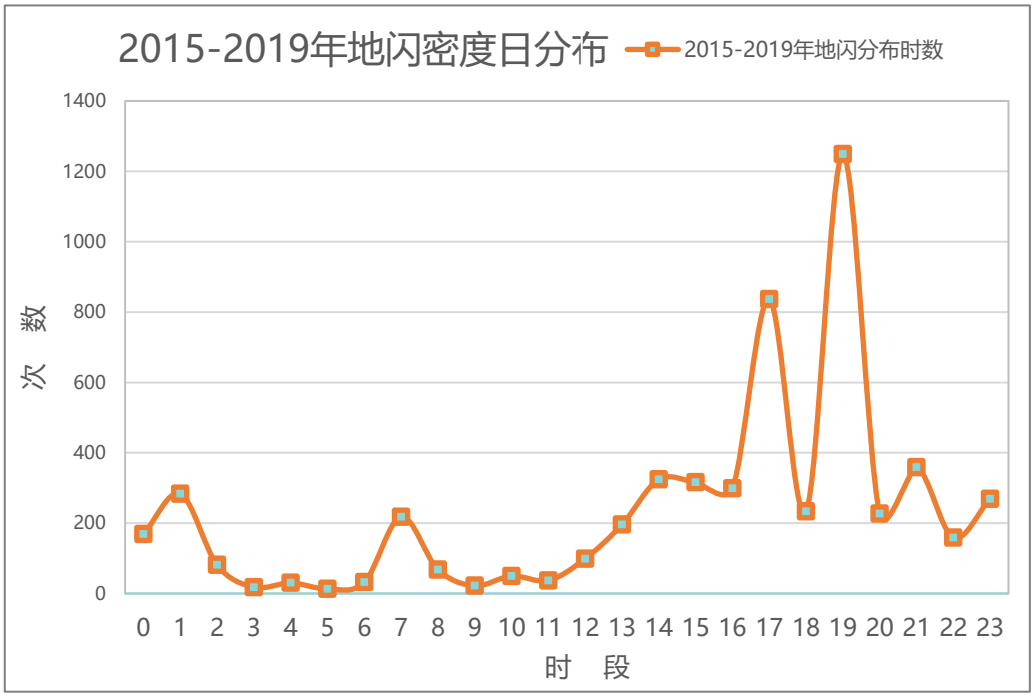


图 4.2-5 项目所在地 2015 年至 2019 年地闪密度日分布图

4.2.2.2 地闪强度特性分析

雷电放电具有重复性，一次雷电平均包括 3-4 次放电，通常第一次放电的电流幅值最高，雷电流幅值的平均范围在 20-40kA。

根据 2015-2019 年雷电实时监测定位系统数据，从图 4.2-6 可知，＞10kA的雷电流幅值超过 81.03%，而＞200kA 的雷电流幅值几乎趋近于零，随着雷电流强度的增加，雷电流幅值占比越大越少。

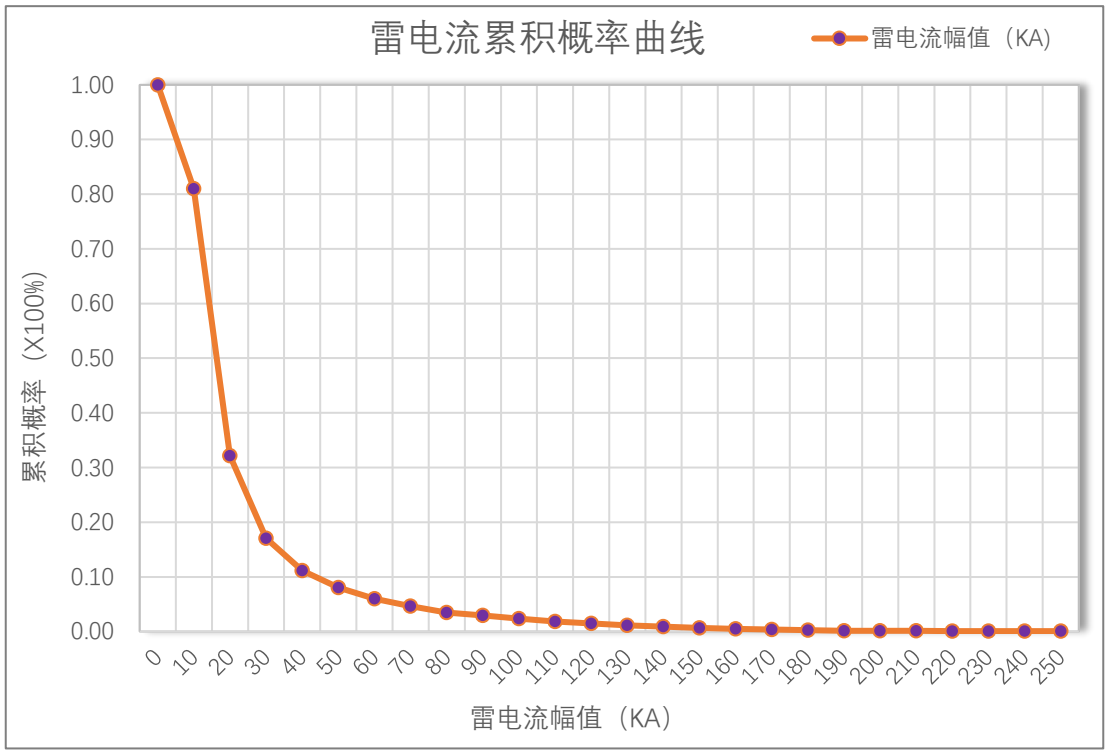


图 4.2-6 项目所在地 2015 年至 2019 年雷电流累积概率曲线图

从图 4.2-7 可知,5 月份雷暴日数占全年总比的 8.15%，雷电流幅值累积值达 27.88%；相比较 6 月份就比较均衡；而 7 月份雷暴日数较多达全年的 36.30%，雷电流幅值累积却达

21.09%，原因是 5 月份正处于春夏之交，一个雷暴日中会出现多次雷暴过程，雷电流幅值累积值相对增加；8 月份雷电流幅值达到全年的峰值，雷暴日数和地闪强度（雷电流幅值累积）较均衡。由此可见，雷暴日数与地闪强度非正比关系。

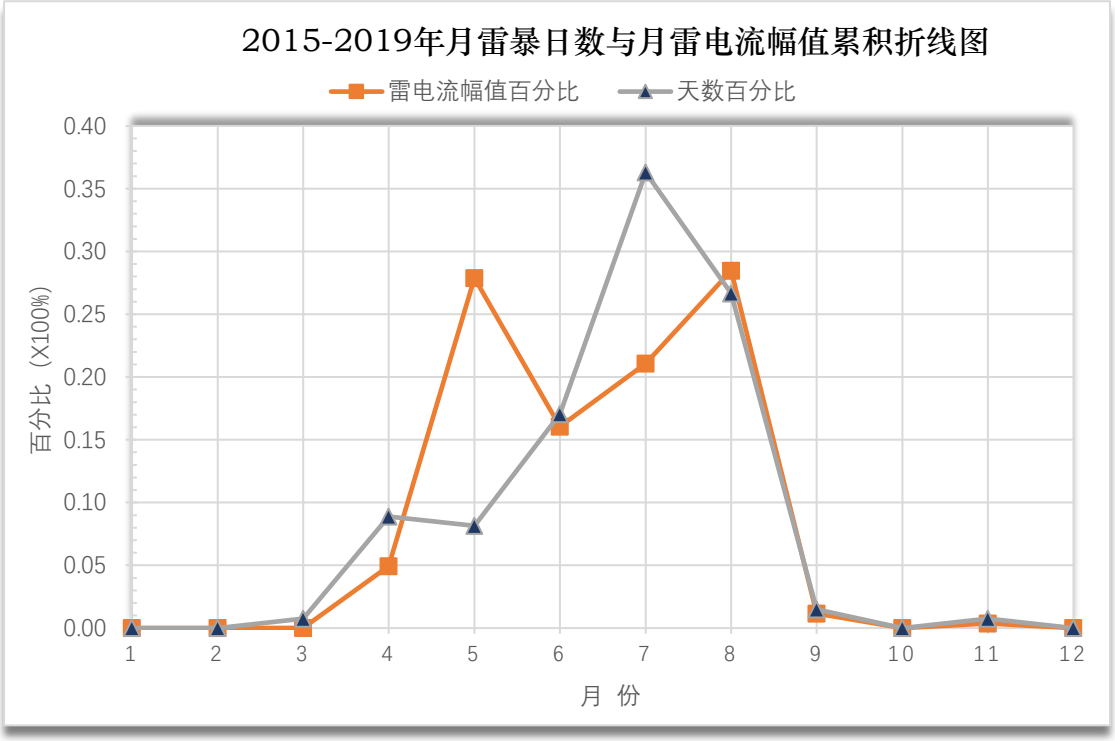


图 4.2-7 项目所在地 2015 年至 2019 年月雷暴日数与月雷电流幅值累积折线图

郑州市雷暴活动规律性较强，时段分布也比较集中，主要在午后至夜里。从图 4.2-8 可知，19 时前后的地闪密度与强度均达到峰值，次之为 17 时前后，密度与强度比较均衡。而比如 16 时前后的地闪密度占比为 5.65%，但地闪强度（雷电流幅值累积）的占比却为 7.28%，所以地闪密度（落雷次数）与地闪强度非正比关系，应注意高峰时段的雷电预警措施。

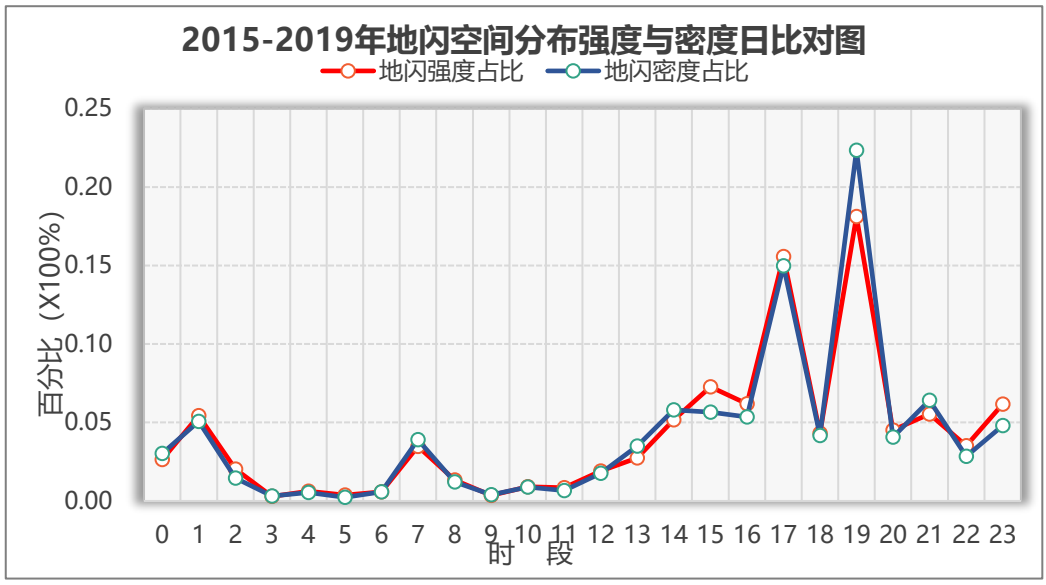


图 4.2-8 项目所在地 2015 年至 2019 年地闪空间分布强度与密度日比对图

郑州市主汛期（6-8 月）雷暴活动与年雷暴活动基本一致，时段分布也比较集中，主要在午时后至次日凌晨 1 时。从图 4.2-9 和图 4.2-10 可知，17 时前后的地闪密度与地闪强度均达到峰值，年地闪密度与地闪强度则是 19 时前后为峰值，而主汛期傍晚至次日凌晨 1 时的地闪密度与强度基本低于年值。

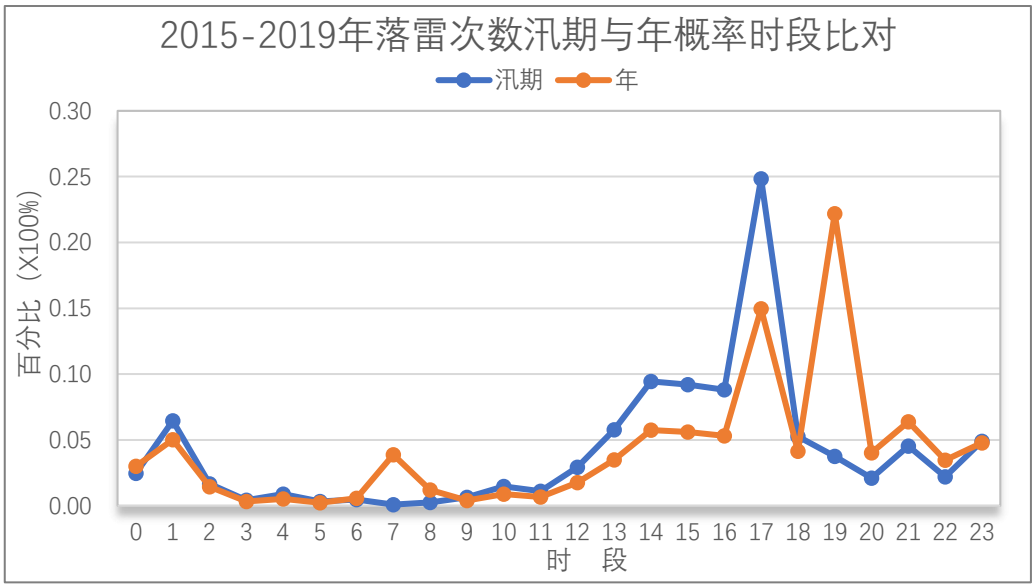


图 4.2-9 项目所在地 2015 年至 2019 年落雷次数主汛期与年概率时段比对图

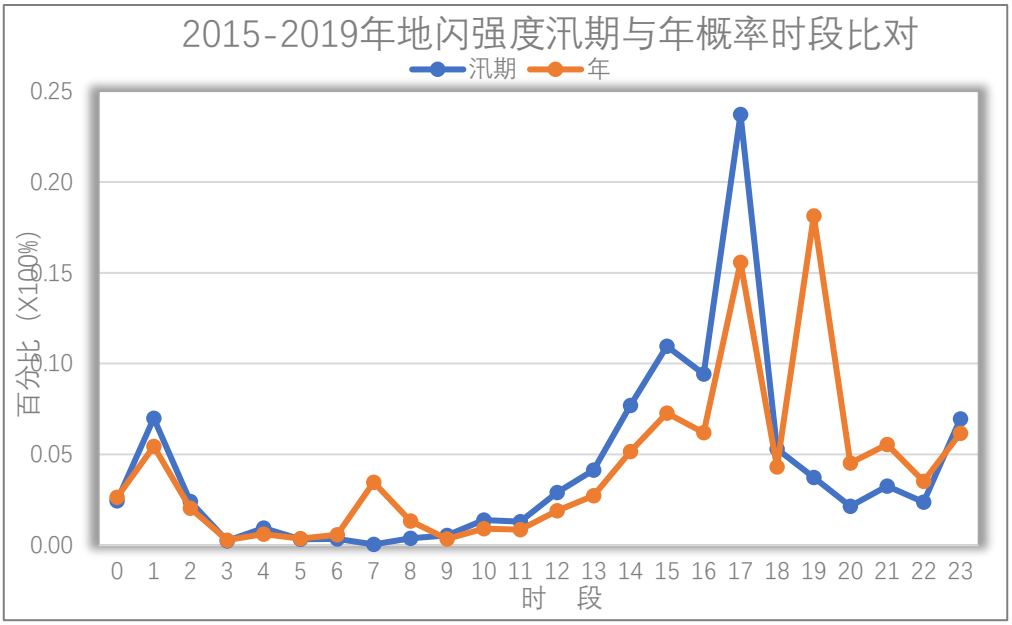


图 4.2-10 项目所在地 2015 年至 2019 年地闪强度主汛期与年概率时段比对图

从图 4.2-11 和 4.2-12 可知，郑州市主汛期（6-8 月）雷电流幅值累积（地闪强度），8 月份占整个汛期的 43.39%，而时段主要集中在上午至 23 时；6、7 月份雷电流幅值累积分别占整个汛期的 24.48%和 32.13%，主要时段分别也不同，6 月份多为凌晨，7 月份多为白天。

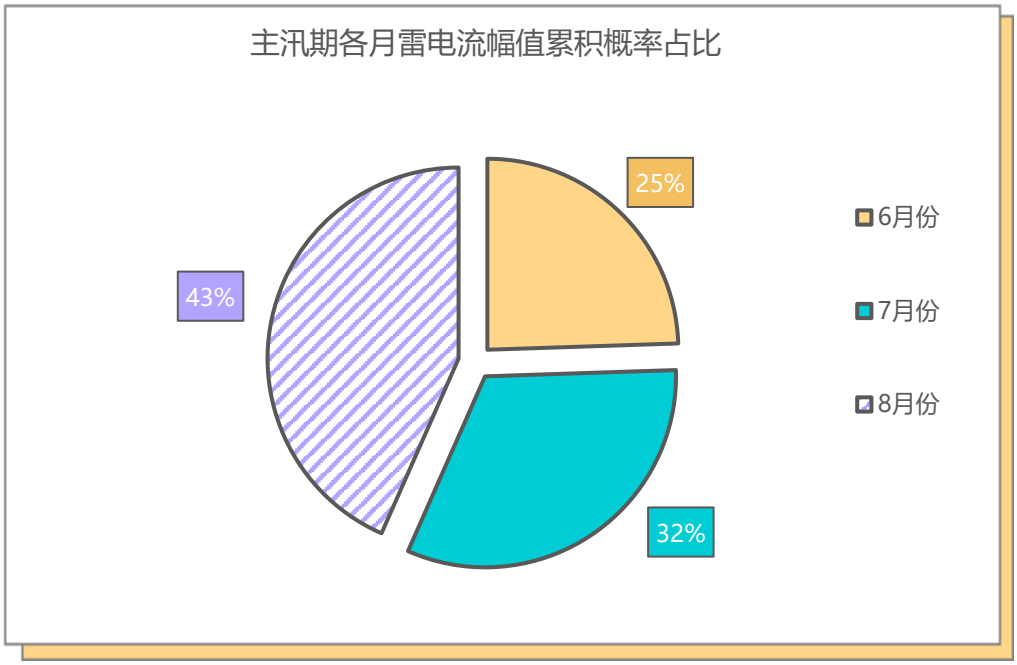


图 4.2-11 项目所在地 2015 年至 2019 年主汛期地闪强度各月占比图

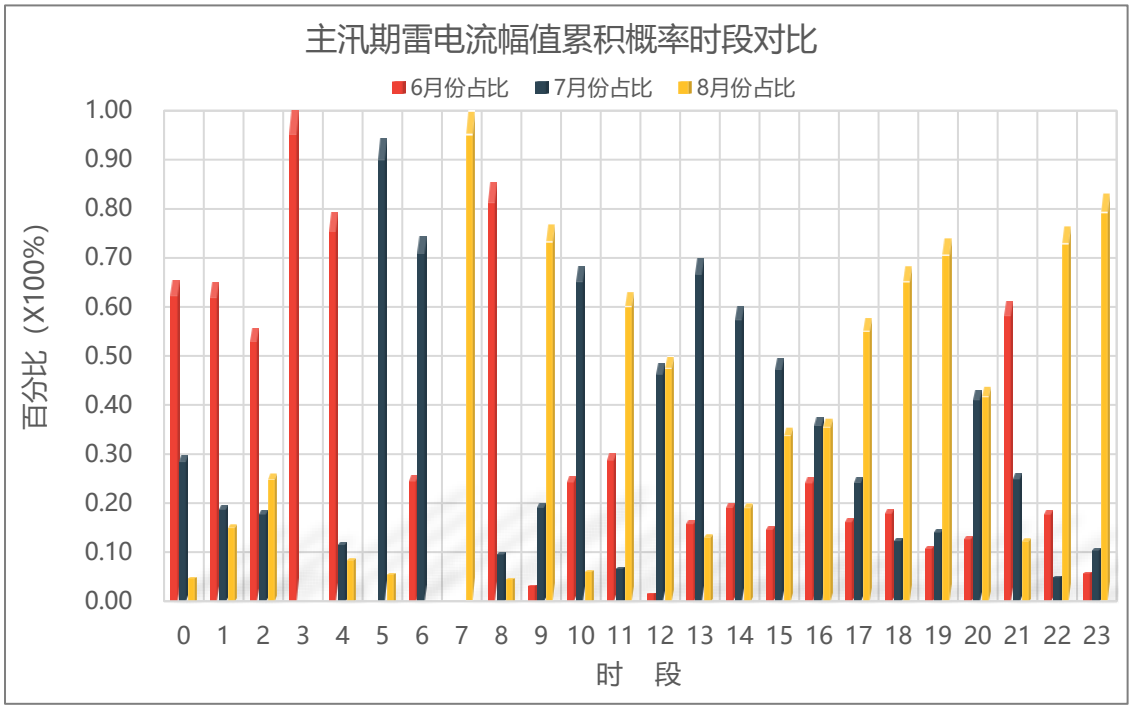


图 4.2-12 项目所在地 2015 年至 2019 年主汛期地闪强度各时段对比图

4.3 雷电灾害分析

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、牲畜影响不大，但是云层对大地的放电对建筑物，电子电器设备和人、畜危害甚大。

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，能够在瞬间产生巨大的破坏作用，常常导致人员伤亡，致使建筑物、供配电系统、通信设备损坏，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，引起森林大火，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。

雷电是每年重复发生的自然现象，具有突发性、多样性、复杂性、破坏性和选择性等特征。雷电灾害具有发生范围广、次数多、人员伤亡严重、经济损失较重、雷击时间集中、感应雷击多、雷击对象多为微电子设备等特点，雷电灾害危害程度和造成的经济损失及社会影响也越来越大。

据不完全统计（图 4.3-1），2008 年至 2017 年，河南省共发生雷电灾害 340 宗，其中 2008 年雷电灾害发生最多，达 161 宗，造成的直接经济损失达 1375.86 万元，间接经济损失达 1863.7 万元。

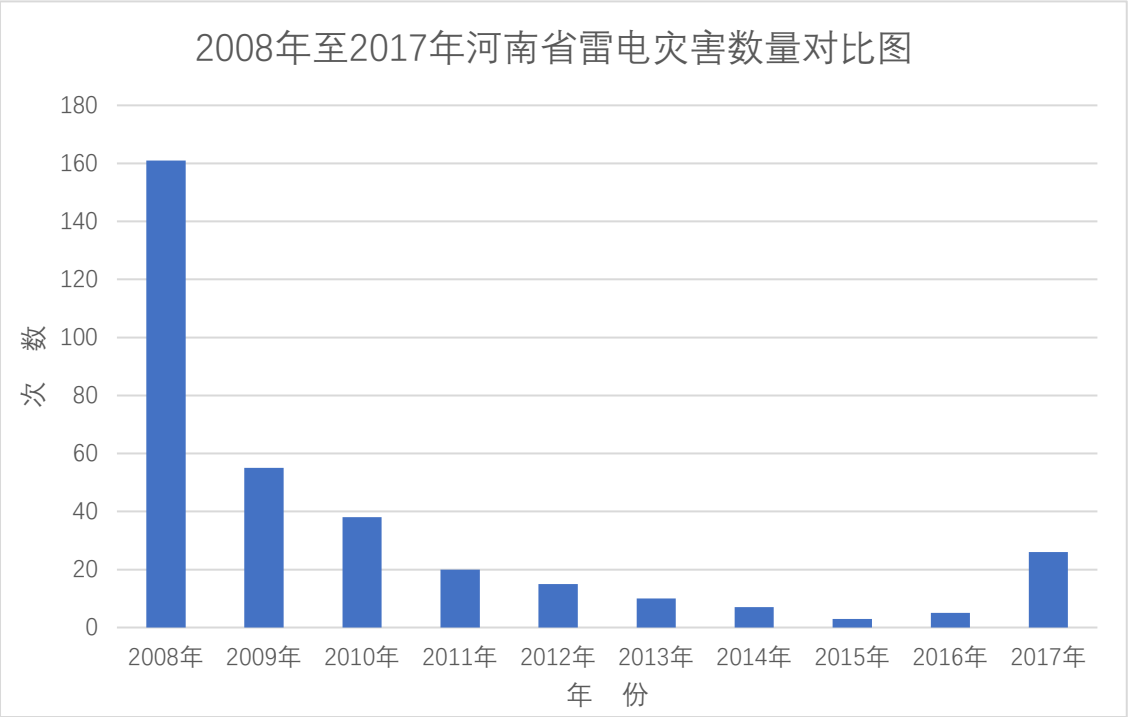


图 4.3-1 2008 年至 2017 年河南省雷电灾害数量对比图

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，电力行业占比最高，通讯业次之。

雷电灾害原因主要是：

（1）未安装防雷装置；

（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。

4.4 项目区域雷电灾害风险区划

雷暴日的统计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，也包括云际闪和云际闪发出的，并不能完全准确的表征地面落雷的频繁程度。本报告在进行建筑物年雷击次数统计和估算时，采用建筑物所在区域测得的地闪密度为准。地闪密度和地闪强度的空间分布特征可作为设施布局和风险计算的重要参考依据。

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/（km^2·a）。**地闪强度**是用雷电流幅值表示，单位是千安培（kA）。

为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，专门对雷电发生进行监测和定位，并利用雷达、卫星等监测手段，对闪电及雷暴活动特征的监测，提供了更为丰富、科学的数据。

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。

以二七南部产业片区建设项目现场测量的地理坐标为基础数据，并结合近五年雷电数据对二七南部产业片区及扩

充的 5km、10km、15km半径范围进行统计分析，并把此值作为雷电风险评估的基础参考数据之一。

并通过网格化（格点 1km×1km）计算进行区域划分，计算各网格内的地闪密度，得到二七南部产业片区建设项目所在区域雷电空间分布图（图 4.4-1）。

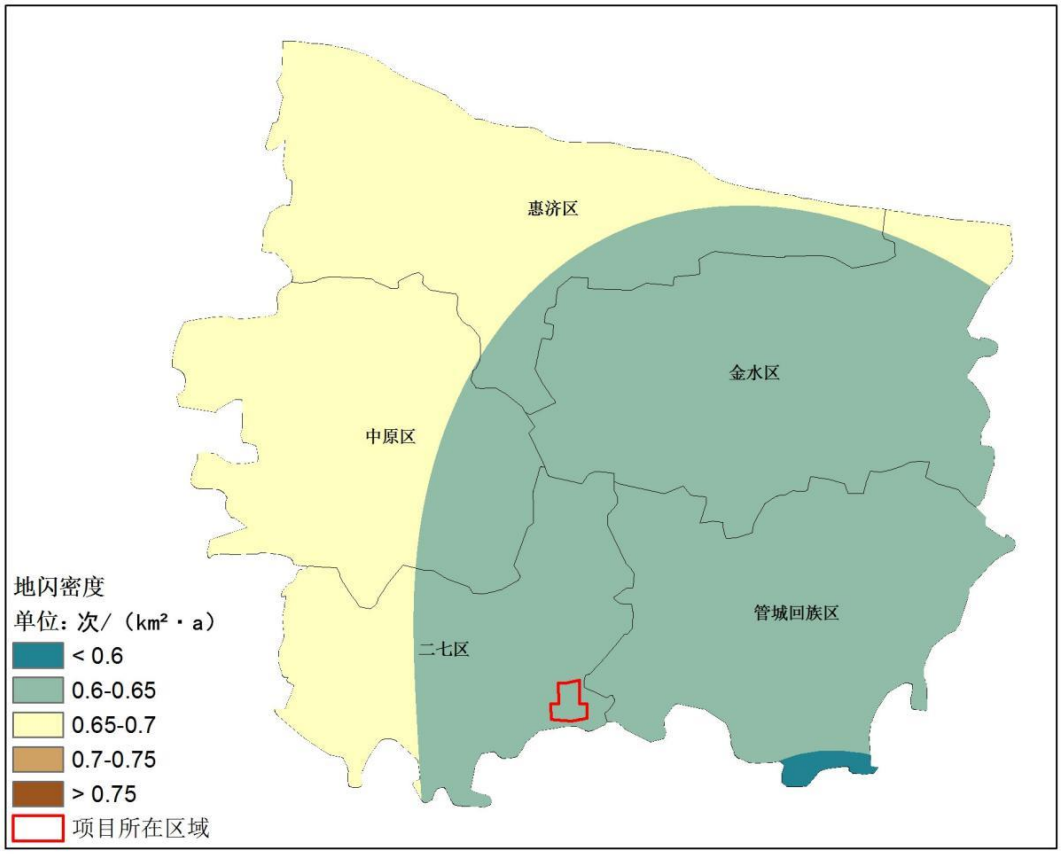


图 4.4-1 郑州市二七南部产业片区地闪区域分布图

4.4.1 项目所在区域地闪密度空间分布

根据近五年（2015-2019 年）雷电监测数据，郑州市年平均落雷次数约为 0.83 次/（km^2·a），二七南部产业片区年平均落雷次数约为 1.00 次/（km^2·a），图 4.4-2 是二七南部产业片区近五年平均地闪密度分布图。

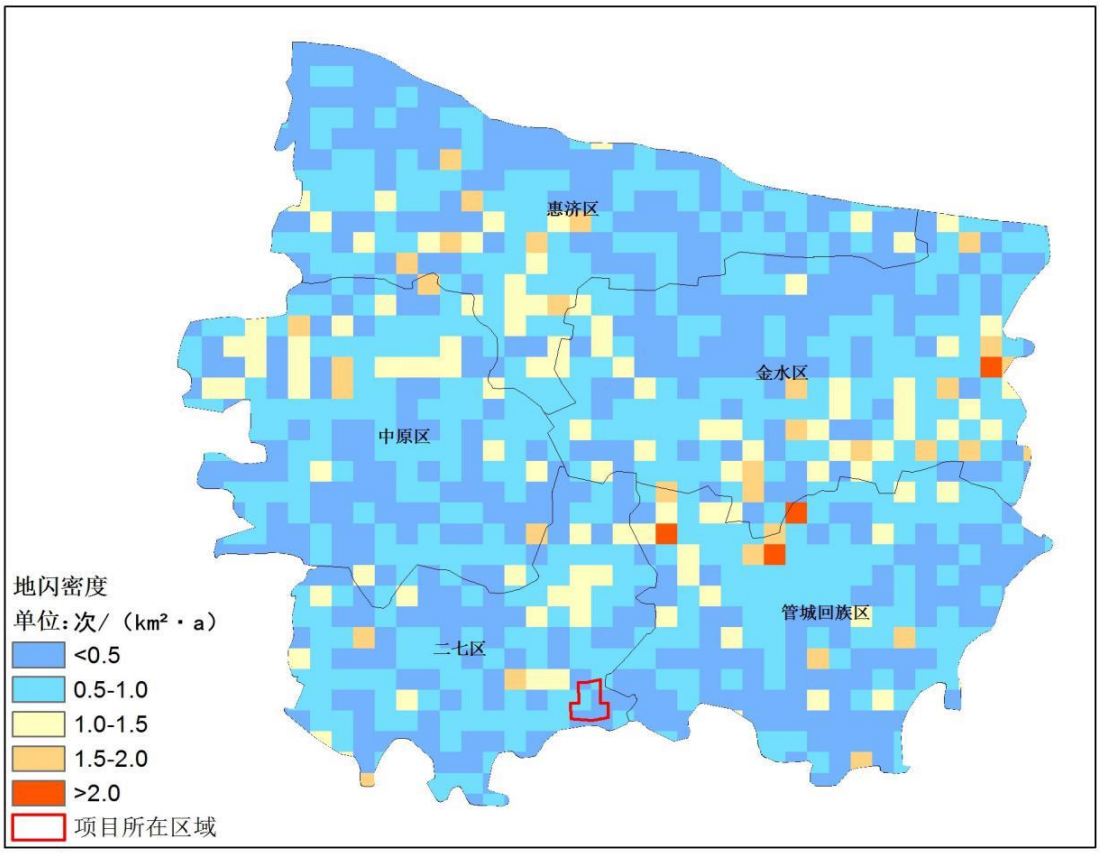


图 4.4-2 郑州市二七南部产业片区地闪密度图

图 4.4-3 是二七南部产业片区地闪密度分布图（格点 1 km×1km），平均地闪密度值为 1.00 次/（km^2·a），最小值为 1.00 次/（km^2·a），最大值为 1.00 次/（km^2·a）。

二七南部产业片区向外扩充不同范围（5km、10km、15km）的平均地闪密度值，详见表 4.4-1、图 4.4-4。5km扩充范围内最小值为 0.20 次/（km^2·a），最大值为 1.80 次/（km^2·a），10km扩充范围内的最小值为 0.20 次/（km^2·a），最大值为 2.20 次/（km^2·a），15km扩充范围内的最小值为 0.20 次/（km^2·a），最大值为 2.20 次/（km^2·a）。

表 4.4-1 二七南部产业片区及向外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)）
郑州市二七南部产业片区	1.00
5km	0.60
10km	0.66
15km	0.70

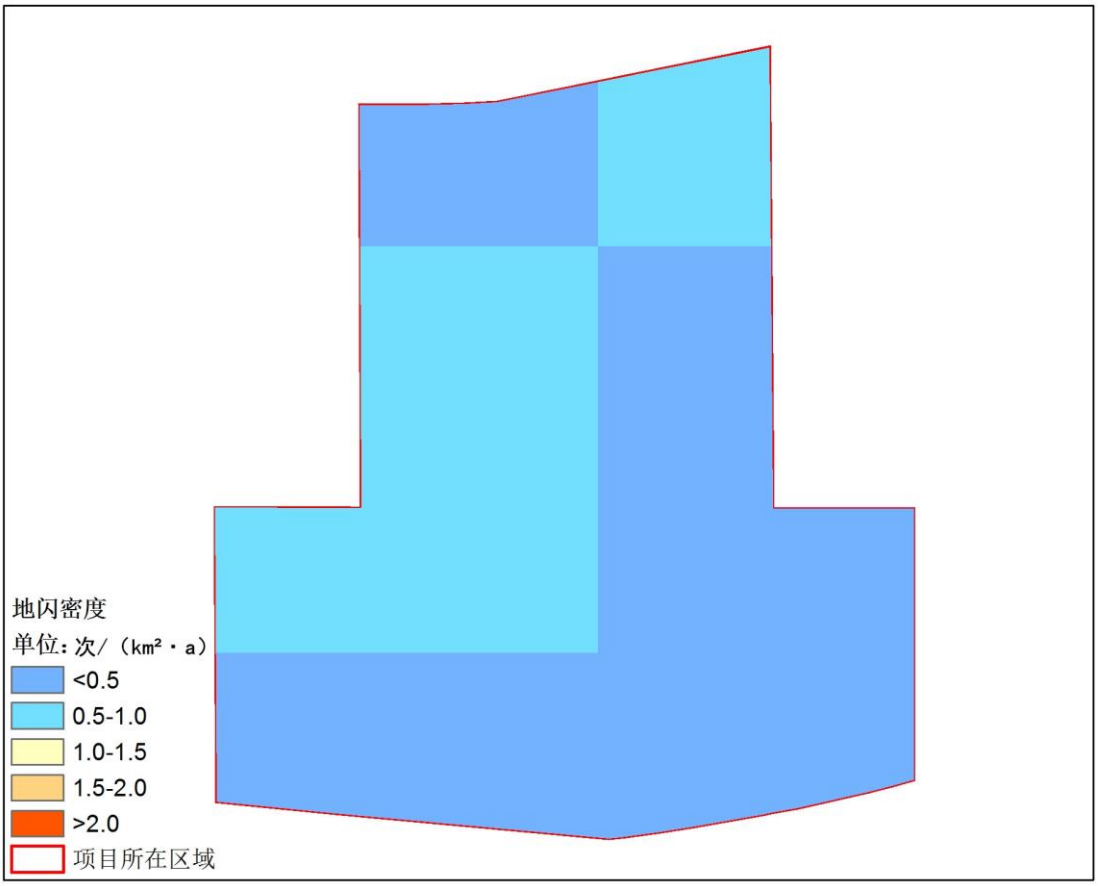


图 4.4-3 二七南部产业片区地闪密度分布图（格点 1km×1km）

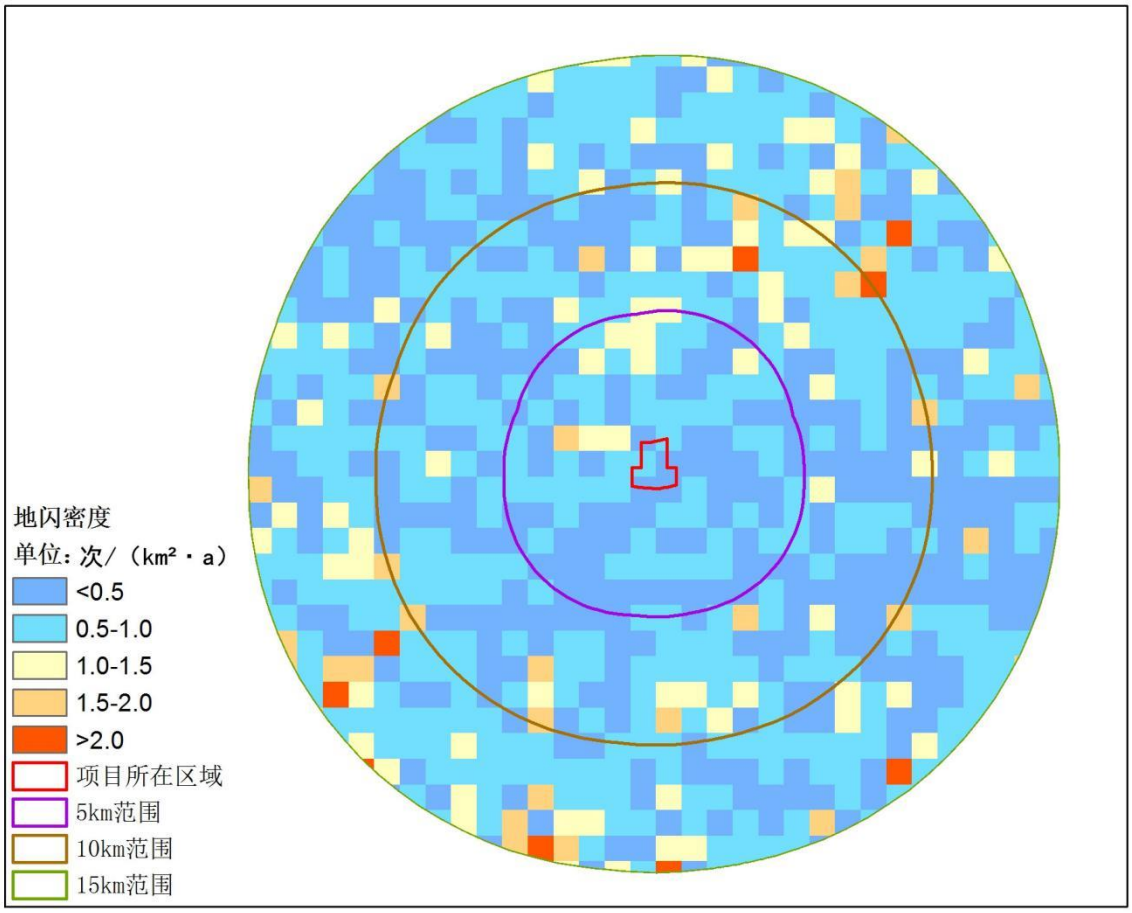


图 4.4-4 二七南部产业片区向外扩充不同范围地闪密度分布图（格点 1km×1km）

4.4.2 地闪强度空间分布

根据近五年（2015-2019 年）雷电监测数据，郑州市地闪强度约为 16.19kA，二七南部产业片区平均地闪强度值为 44.60kA，图 4.4-5 是二七南部产业片区的平均地闪强度值。

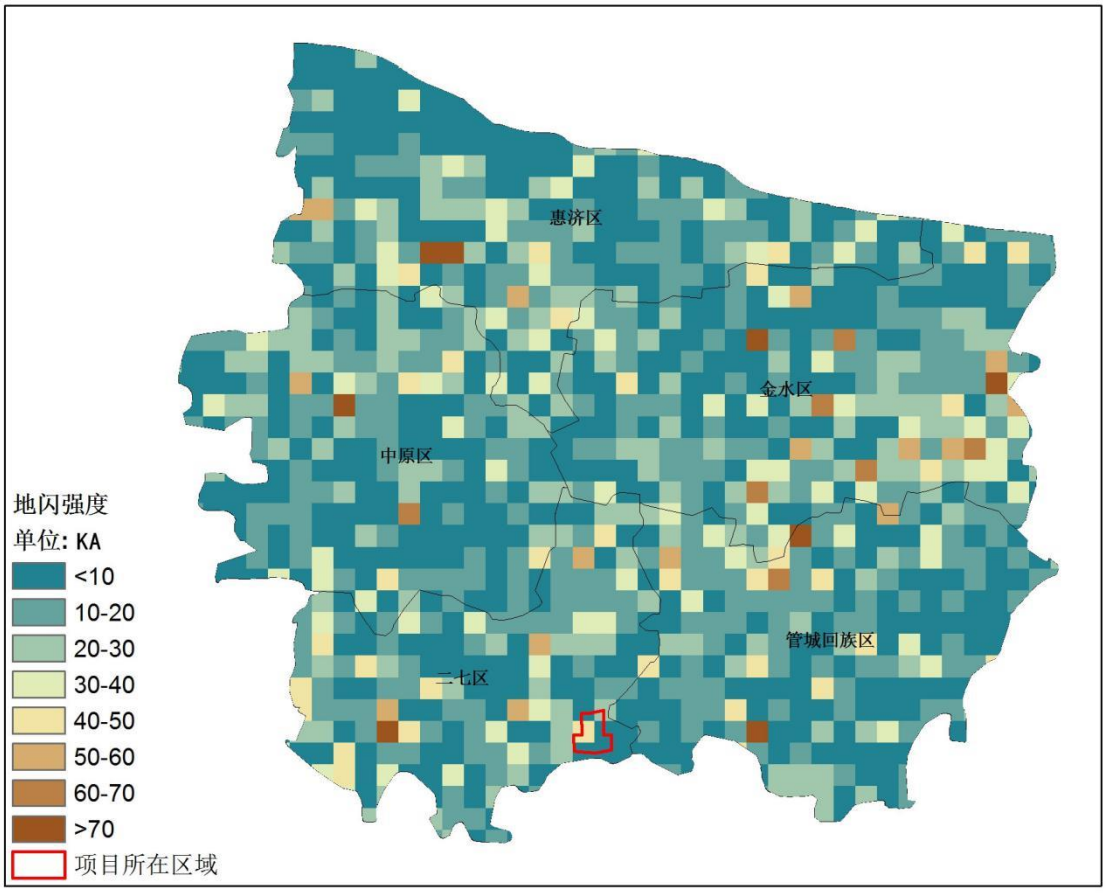


图 4.4-5 二七南部产业片区地闪强度图（格点 1km×1km）

图 4.4-6 是二七南部产业片区地闪强度分布图（格点 1 km×1km），平均地闪强度值为 44.60kA，最小值为 44.60 kA，最大值为 44.60kA。

二七南部产业片区向外扩充不同范围（5km、10km、15km）平均地闪强度值，详见表 4.4-2、图 4.4-7。5km扩充范围内最小值为 1.40kA，最大值为 55.40kA，10km扩充范围内的最小值为 1.40kA，最大值为 102.20kA，15km扩充范围内的最小值为 1.40kA，最大值为 126.80kA。

表 4.4-2 二七南部产业片区所在区域及向外扩充不同范围平均地闪强度值

范围	地闪强度值（单位：kA）
二七南部产业片区	44.60
5km	16.29
10km	17.90
15km	19.06

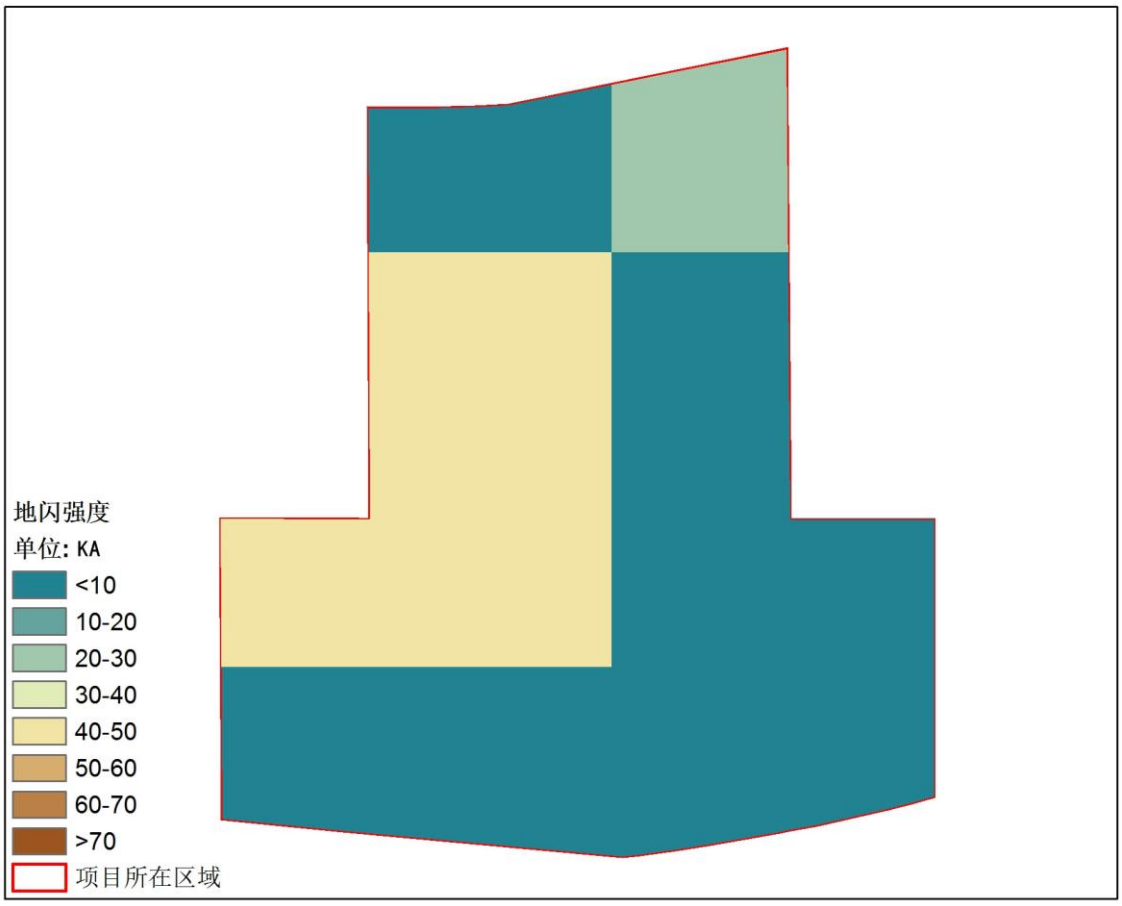


图 4.4-6 二七南部产业片区地闪强度分布图（格点 1km×1km）

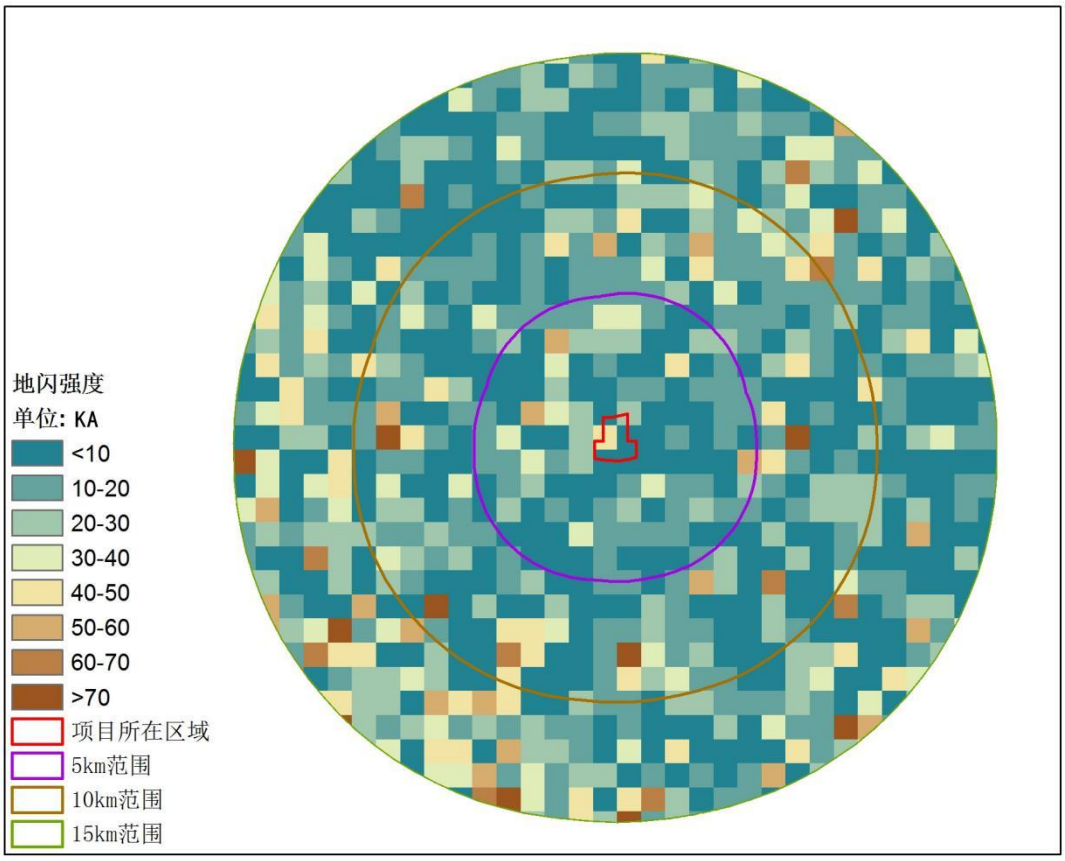


图 4.4-7 二七南部产业片区向外扩充不同范围地闪强度分布图（格点 1km×1km）

4.5 大气雷电环境特征总结和建议

综上所述，从雷暴数据资料、雷电灾害分析、雷电活动时空分布、地闪密度与地闪强度特征变化、雷电风险区域划分等进行了详细分析和描述，现总结以下几点主要特征：

（1）二七南部产业片区位于郑州市二七区南部，雷暴日数据取自上述项目所在地的郑州国家级气象站 30 年（1984-2013 年）数据平均值，年平均雷暴日为 19.5 天，最高年份可达 34 天（2004 年），最低年份 11 天（1988 年和 2013 年），5 至 8 月为雷电高发期，7 月份最强，属少雷区。

（2）雷暴月日数变化分布特征明显，除 1、2、10、12 月份外其他各月均出现雷暴活动，主要集中在 4-9 月，6-8 月占全年的 80.0%。

（3）雷暴日数与落雷密度并非正相关：5 月份雷暴日数共 11 天，落雷次数为 2013 次；7 月份雷暴日数共 49 天，落雷次数为 1388 次;8 月份雷暴日数共 36 天,落雷次数为 1172 次。

（4）5 月份雷暴日数占全年总比的 8.15%，雷电流幅值累积值达 27.88%；相比较 6 月份就比较均衡；而 7 月份雷暴日数较多达全年的 36.30%，雷电流幅值累积却达 21.09%，原因是 5 月份正处于春夏之交，一个雷暴日中会出现多次雷暴过程，雷电流幅值累积值也相对会增加；8 月份雷电流幅值达到全年的峰值，雷暴日数和地闪强度（雷电流幅值累积）较均衡。由此可见，雷暴日数与地闪强度非正比关系。

（5）雷暴活动规律性较强，时段分布比较集中，主要在午后至夜里，其中多发时段为 13 时至次日凌晨 1 时。高发时段为 19 时前后，可达 1249 次，次之为 17 时前后，可达 837 次。

（6）主汛期（6-8 月）雷电流幅值累积（地闪强度）8 月份占整个汛期的 43.39%，而时段主要集中上午至 23 时；6、7 月份雷电流幅值累积分别占整个汛期的 24.48%和 32.13%，

主要时段也分别不同，6 月份多为凌晨，7 月份多为白天。

（7）二七南部产业片区的地闪密度值、电流强度、主汛期 6-8 月所占比例和雷电高发时段等参数特征对应表见表 4.5-1。

表 4.5-1 二七南部产业片区对应的参数特征表

站点名	地闪密度值（次（km² •a））	平均雷电流强度（kA）	6-8 月所占比例	雷电多发时段
二七南部产业片区	1.00	44.60	80.0%	14 时至次日凌晨 1 时

（8）从地闪密度值来看，二七南部产业片区及扩充的 5km、10km、15km范围对应的近五年平均地闪密度值介于 0.60-0.70 次/（km² •a）。二七南部产业片区外扩充的 5 km、10 km、15 km范围对应的近五年雷电平均电流强度介于为 16.29-19.06kA之间。

（9）二七南部产业片区所在区域是少雷区，一年平均雷暴日数在 19.5 天，但是也不代表不会发生雷电灾害，像夏季的强过流天气过程，区域性、随机性较强，容易生成强雷暴天气，进而次生雷电灾害。

（10）根据 2008 年到 2017 年雷灾统计数据，河南省共发生雷电灾害共 640 宗，郑州市共 183 宗。其中，电子设施设备受损占总宗数比例最高，其次是建筑物受损，再次是雷灾人身伤亡事故。

郑州市二七南部产业片区内雷电活动特征都比较明显，雷电流也较大，因此雷电灾害事故发生的概率也会相应增加。建议开展防雷基础设计和施工时，应严格按照国家现行相关标准规范要求的雷电防护等级做相好相应的措施。

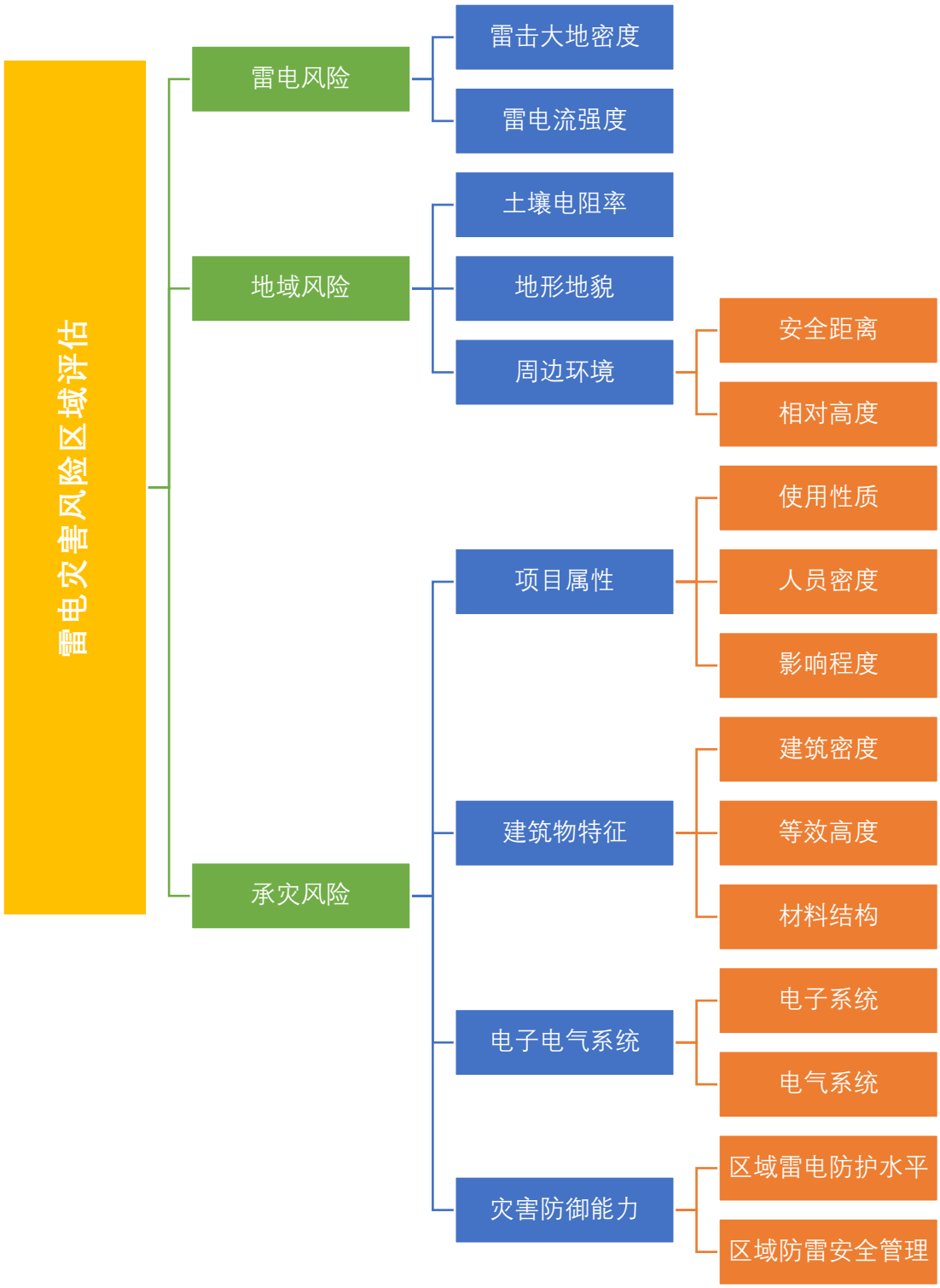
第五章 雷电灾害风险区域评估

雷电灾害造成的损失涉及到社会许多方面，因此，很难精确的计算这种损失。但是，为了保护自身的安全和发展，为了减轻雷电灾害造成的损失和影响，又十分需要了解雷电可能造成的或已经造成的后果，所以就需要对这种损失进行评价和估计，即雷电灾害风险评估。

雷电灾害风险评估是通过综合考虑评估对象所处位置的雷电活动时空分布特征、灾害特征、孕灾体特征等影响，对生命、财产、生计和人类赖以生存的环境等可能带来潜在的雷电威胁的孕灾环境、致灾因子和承灾体的脆弱性进行分析和评估，从而获得雷击范围，判定风险性质的一种过程。通过研究雷电危害的不确定性，试图将这些不确定性以一种确定性的方式表达出来，将不确定性降低到最低限度，从总体上把握建筑物抵抗雷电闪击的能力。雷电灾害风险评估是开展综合防雷的必经程序，也是实现科学防雷的必要条件，体现了预防为主，防治结合的理念。

5.1 评估指标体系

雷电灾害风险区域评估的组成按层次分析法分为四级。



5.2 雷电灾害风险

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、医疗以及其他现代生活的各个领域，例如大型 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。总之，各行各业几乎都会受到雷电灾害的影响。

5.2.1 风险源

雷电灾害主要有四种类型：直击雷、雷电波侵入、感应过电压和地电位反击。

5.2.1.1 直击雷

雷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。他的破坏力十分巨大，若不能迅速将其泄放入大地，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、损坏和伤害——甚至发生火灾，致使建筑物损坏、电子电气系统摧毁，甚至危及人畜的生命安全。

5.2.1.2 雷电波侵入

雷电不直接击中建筑和设备本身，而是集中布放在建筑物外部的线缆并放电。线缆上的雷电波或电压几乎以光速沿着电缆线扩散，侵入并危及室内电子设备和自动化控制等各个系统。

5.2.1.3 感应过电压

雷电击中设备设施或线路的附近，或雷电不直接对地放电，只在云层与云层之间发生放电现象。雷电释放电荷，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。

雷击放电于装设有避雷设施的建筑物时，雷电波沿着建筑物顶部的接闪器（接闪带、接闪线、接闪网或接闪杆）、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；严重可引起元器件击穿及电路板烧毁，使整个系统陷于瘫痪。

5.2.1.4 地电位反击

如果雷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。

5.3 雷电风险辨识

随着近些年大气环境的恶劣变化及我国社会经济的迅速发展，特别是电子信息设备广泛使用，雷电可能导致火灾、爆炸、建筑物损坏、信息系统瘫痪等安全事故，可导致整个建筑物（其构成部分及内部装置）和公共设施受到损害，同时也可以使设备发生故障，尤其是电气及电子系统，这些损害及故障甚至可能会影响建筑物周围及其附近区域。

郑州市土壤属于暖温带落叶阔叶林干旱森林草原棕壤褐土地带—豫西北丘陵黄土区。郑州市褐土约占土地总面积的 74.8%；潮土和风砂土分布较少，占土地总面积的 18.3%和 6.9%。二七南部产业片区有很多待建的建筑物，水汽充沛，利于雷暴的发生和发展。

二七南部产业片区内未来规划兴建大量建（构）筑物，在区域规划阶段加强雷电风险防控，有助于保障二七南部产业片区内的防雷安全。二七南部产业片区内在室外设置的大型设施、设备，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、户外大型设备等遭受直接雷击时，可能造成被雷击损坏，造成一定的经济损失；高层建筑和设备等被击打的碎片从高处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，引起设备误动作和损坏。

（3）发生雷击时，雷电流分流到配电系统、信号线路、其他金属管道中的雷电流引起设备过电压（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）户外建设项目的大型设施设备在运行时，可能遭受直接雷击导致弱电系统过压损坏。敷设的架空线路可能遭到直接雷击致设备故障；雷电也可能击打到支撑杆塔敷设的电源和弱电线路，甚至侵入控制机房导致设备损坏或人身伤亡、线缆起火等引发火灾。

（6）雷闪时，户外活动会使人容易遭受雷击。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；在户外泳池、河面上、江面上游泳；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、呼吸和心脏骤停等，导致人身伤亡事故。雷电还可能击中其他物体如建（构）筑物、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等引起火灾导致人员伤亡。

（9）根据二七南部产业片区内发展规划，将兴建大量建（构）筑物，人口数量也会大幅度增加。从郑州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2015-2019年的雷电数据，根据其他地区的数据对比经验，二七南部产业片区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。

注：雷电灾害对不同建筑物造成损害具有不同的类型，主要有以下五种：①建（构）筑物直接性损坏；②人身的伤亡；③不可接受的对公众服务的中止；④无法复原的文化遗产的损失；⑤不包括人身、文化及社会价值等的损失；与第⑤类相同，但不包括灵敏设备。

雷击对各类建筑物可能造成的危害归纳总结如下表

<table>
<tr><th>类别</th><th>建筑类型</th><th colspan="2">雷击造成的后果</th></tr>
<tr><td rowspan="8">一般建筑物</td><td>住宅</td><td>电气设备的绝缘击穿、着火及材料损坏。损坏一般局限于处于雷击点或雷电通道的物体。</td><td rowspan="8">建（构）筑物的直接性损坏</td></tr>
<tr><td>农村建筑</td><td>主要危险是着火及危险的跨步电压，次要的危险是停电造成的后果，以及由于通风及饲料供给系统等的电子控制系统的故障，而对牲畜的生命造成危害。</td></tr>
<tr><td>剧院、学校、百货商店、体育馆等场所</td><td>电气设施（如照明系统）的损坏很可能引起公众的恐慌。火警等系统的故障导致灭火工作的延误。</td></tr>
<tr><td>银行、保险公司、商业公司等</td><td>如上栏，另外由于通讯中断、计算机故障及数据丢失所产生的问题。</td></tr>
<tr><td>医院、疗养、监狱</td><td>如上栏，另外受特别护理的病人的问题及救援不能行动人员的困难。</td></tr>
<tr><td>工业建筑</td><td>由于工厂存放物的不同而产生的一些另外的后果，从微小的损害到不可接受的损害，甚至停产。</td></tr>
<tr><td>博物馆及考古发掘现场</td><td>不可复原文化遗产的损失</td></tr>
<tr><td>具有危险性的建筑物</td><td>电信站、发电厂、有着火危险性的工业建筑</td><td colspan="2">不可接受的对公众服务的中止。由于着火等原因而对紧邻的周围事物构成的间接危害。</td></tr>
</table>

对周围构成危险的建筑物	炼油厂、加油站、化工品工厂、弹药工厂	引起工厂及其周围着火及爆炸。
对环境造成危险的建筑物	化工工厂、核电厂、生化实验室及生化工厂	由于工厂着火及发生故障而对当地乃至全球环境构成危害。

由于各种不同的成因，在建筑物上可能出现不止一种类型的损害。

5.4 雷电风险区划

近几十年来，随着气候环境的日益恶化，城市规模的逐渐扩大，雷电灾害也给郑州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。从近几年的雷电统计数据来看，郑州市的雷电数据依然在缓慢增加，防雷形势仍不容懈怠。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。

为科学评价雷电风险，合理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《河南省气象灾害防御》等法律法规，结合二七南部产业片区实际，开展雷电灾害风险区域区划工作，把气象防雷安全风险管控做在隐患前面。雷电灾害风险区域区划的最终目的就是提供决策服务以减少雷电灾害损失，为二七南部产业片区各项目提供气象防雷安全保障。

5.4.1 主要方法

根据《风险管理 风险评估技术》（GB/T27921-2011）中附录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：

$$r_{ij}=\frac{a_{ij}-\min_j a_{ij}}{\max_j a_{ij}-\min_j a_{ij}}$$

而对小者为优的指标，归一化公式为：

$$r_{ij} = \frac{\max_j a_{ij} - a_{ij}}{\max_j a_{ij} - \min_j a_{ij}}$$

（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 个指标的熵权，$h_i = \sum_{j=1}^{n} f_{ij}\, ln f_{ij}$，式中$f_{ij} = r_{ij} / \sum_{j=1}^{n} r_{ij}$，其中，$k=1/ln\, n$ ，当$f_{ij} = 0$时，令$f_{ij} ln f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} r_{ij}}$，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。

$$w_i = \frac{1-h_i}{m-\sum_{i=1}^{m} h_i} \quad (0 \leqslant w_i \leq 1，\sum_{i=1}^{m} w_i = 1)$$

5.4.2 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。

5.4.2.1 气象因子

气象因子主要指地闪密度和地闪强度。

单位面积上年平均的地闪次数称为地闪密度，单位是次

/平方公里·年（次/（$km^2 \cdot a$））。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均是描述区域雷电活动时空分布特征的主要参数。

通过网格化（格点 1km×1km）统计计算，将二七南部产业片区进行划分，得出各网格内的地闪密度和地闪强度，得到二七南部产业片区的地闪密度空间分布图和地闪强度空间分布图。

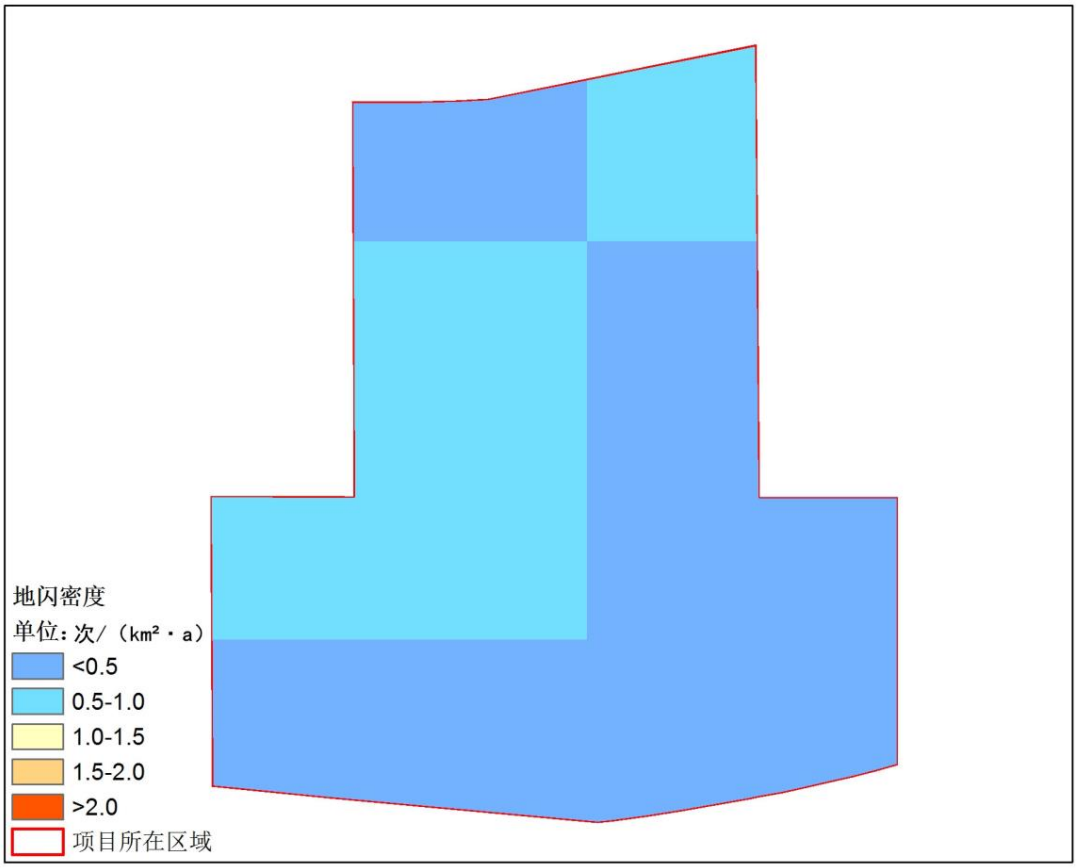


图 5.4-1 二七南部产业片区地闪密度分布图（格点 1km×1km）

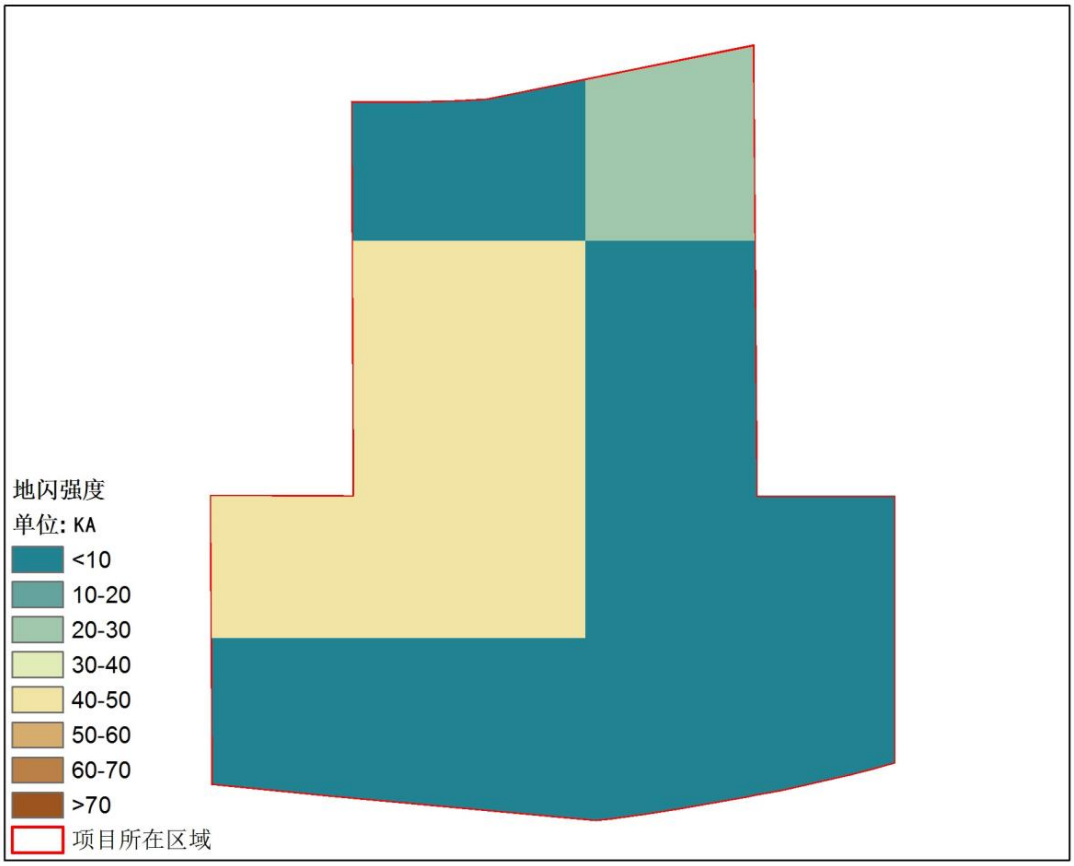


图 5.4-2 二七南部产业片区地闪强度分布图（格点 1km×1km）

5.4.2.2 环境因子

环境因子主要指项目所在地的海拔高度和地形起伏。

海拔高度也称绝对高度，就是某地与海平面的高度差，通常以平均海平面做标准来计算，是表示地面某个地点高出海平面的垂直距离。海拔的起点叫海拔零点或水准零点是某一滨海地点的平均海水面。他是根据当地测潮站的多年记录，把海水面的位置加以平均而得出的。根据地表的海拔高低、起伏状况来判别不同的高度。

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。

雷暴是由旺盛积雨云所引起的伴有雷电、雷鸣和强阵雨的局地风暴，是一种伴有冰雹、大风和雷电等多种天气现象的中小尺度天气过程，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、峰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。由于山地在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，最易称为雷暴源地。特别是被平原包围的山地，即使范围不大，只要达到与雷暴单位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风量较大，山坡也比较陡峭，

地形抬升作用明显，就会形成雷暴。

通过对 DEM 数据进行提取，获取区域海拔高度，将区域划分为 1km×1km 的网格，计算各网格内的高程值和高程标准差，得到区域高程分布图（图 5.4-3）和地形起伏分布图（图 5.4-4）。

综上可以看出，海拔高度和地形面貌对雷暴的形成有重大影响。

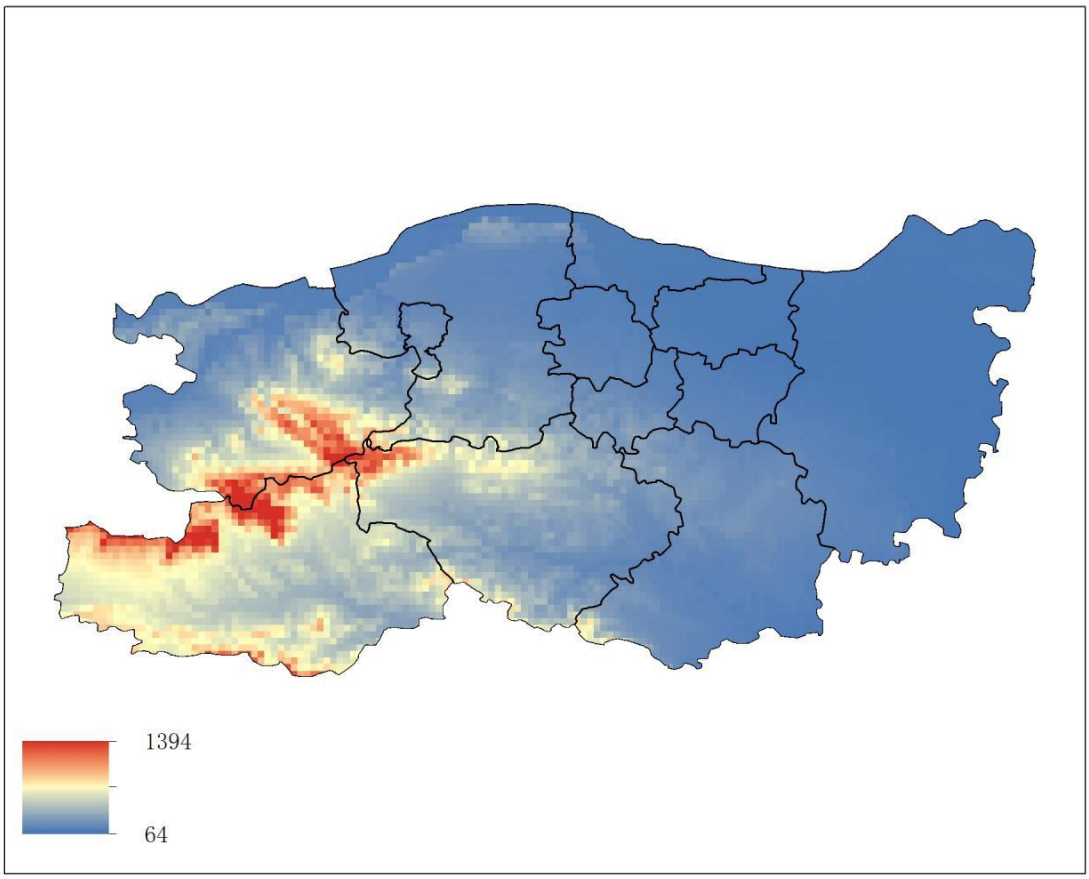


图 5.4-3 郑州市行政区高程分布图（格点 1km×1km）

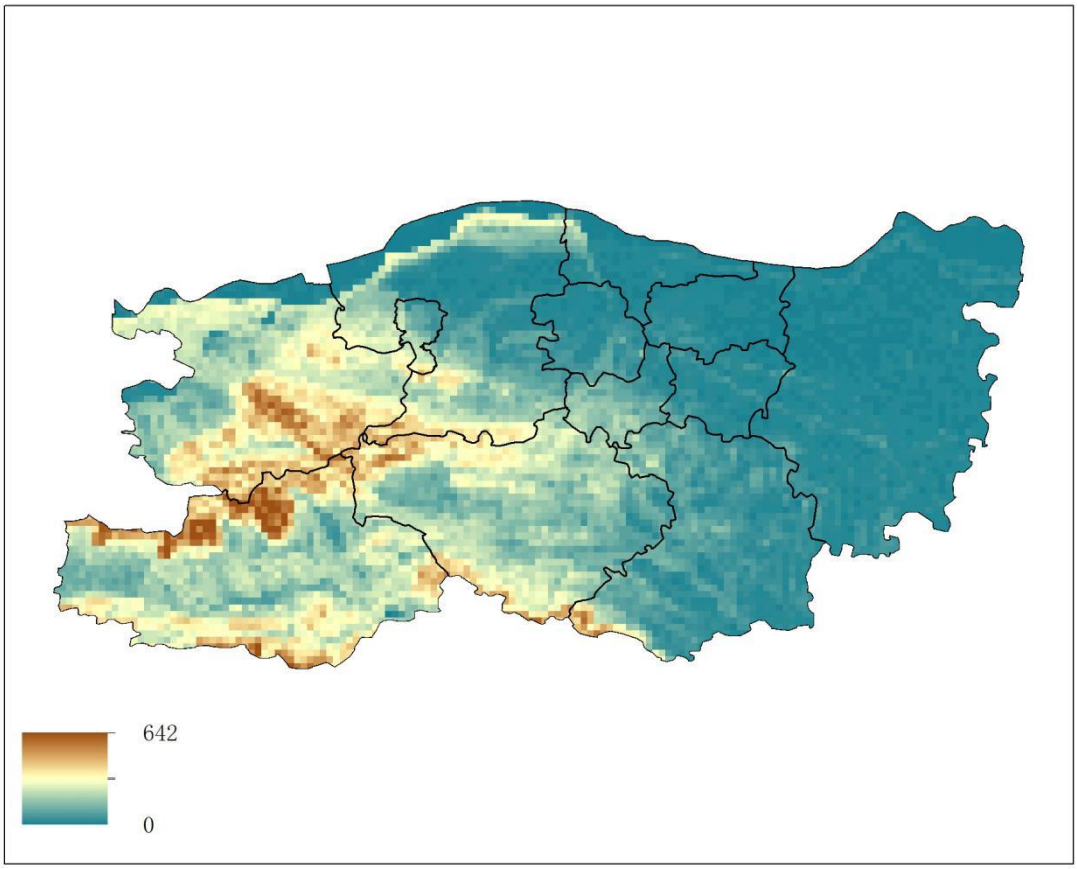


图 5.4-4 郑州市行政区地形起伏分布图（格点 1km×1km）

5.4.3 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 5.4-1）。

表 5.4-1 各因子权重表

因子	权重
二七南部产业片区地闪密度	0.0114
二七南部产业片区地闪强度	0.7646
海拔高度	0.1080
地形起伏	0.1160

获取每个因子及其对应的权重，利用下式计算得到各个网格雷电灾害风险综合得分。

$$雷电灾害风险综合得分=\sum 因子\times 权重$$

雷电灾害风险区划为低风险区、一般风险区和高风险区，依据雷电灾害风险指数大小，采用熵值法，得到二七南部产业片区区划图。从图 5.4-5 可知，雷电灾害风险区划在空间分布上存在一定的规律，二七南部产业片区属中高风险区，其中南部和东北部小部分为高风险区，对于雷电灾害的防御不能放松，尤其要在夏季雷雨季节来临之前及时检查建设项目的防雷设施。

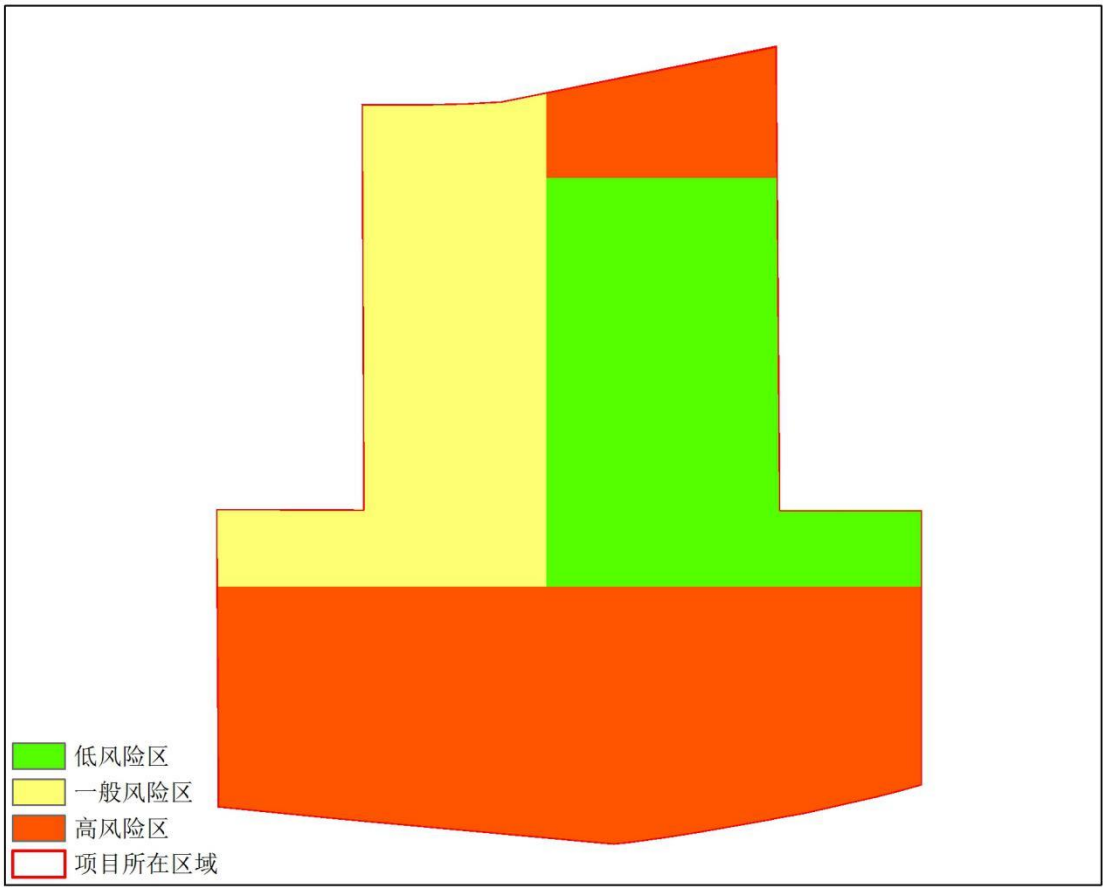


图 5.4-5 郑州市二七南部产业片区雷电灾害风险区划图

5.5 雷电灾害风险区划小结和建议

利用熵值法，结合气象资料和地理信息资料，客观的对二七南部产业片区所在区域进行了雷电灾害风险区划。

二七南部产业片区内人群聚集的公共场所，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。

二七南部产业片区内有中高层建筑物，应加强建筑物的雷电防护，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)。

二七南部产业片区内雷电活动特征都比较明显，雷电流也较大，因此雷电灾害事故发生的概率也会相应增加。建议开展防雷基础设计和施工时，应严格按照国家现行相关标准规范要求的雷电防护等级做相好相应的措施。

第六章 雷电风险控制措施

郑州市二七南部产业片区根据现有规划，构建“全面健康”产业体系，大力发展以医院、医疗机构、互联网医疗、医疗检测与研发为主导的健康产业和以基础设施绿色提升和绿色服务为内容的绿色产业。如果发生雷击事故，可能造成电子设备受损、人身伤亡或者建筑物、户外大型设施设备故障损坏等，进而造成重大人身伤亡、巨大的经济损失和不良社会影响。

据前文列举的气候背景和雷电环境分析、雷电灾害分析和区域雷电灾害风险区划分析结果，该南部产业片区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二七南部产业片区内地域性、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二七南部产业片区。

6.1 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。

（2）公园绿地休闲生活区的小型孤立建（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。

（3）雷电电磁脉冲的防护应符合《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010、《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。

（4）二七南部产业片区内各项目应当设置综合接地系统，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。

（5）二七南部产业片区内各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。

（6）二七南部产业片区内各项目规划宜参考雷电灾害风险区划结论，公共场所及人员密集的项目，如工业区、居住区等功能区规划应尽可能加强雷电防护能力（如适当提高雷电防护等级，加强雷电监测和预警等等）。

（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。

（8）公园绿地休闲生活区的金属高杆灯可以做自然接闪器，金属高杆灯应与行人通道间保持一定的安全距离，以防金属高杆灯接闪时对周边行人造成伤害。

（9）为防止高电位引入，架空进去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。

（10）户外大型设施设备配电房和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，保障设施设备的安全。

（11）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应按标准规范要求保持适当的安全距离，且应做好防接触电压和跨步电压的防护措施。

6.2 各专业系统

6.2.1 一般建（构）筑物

从现有规划来看，二七南部产业片区内中高层建筑物所占比例较高，应重视建（构）筑物雷电防护。

二七南部产业片区内建（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。

6.2.1.1 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镀锌类的钢材，也亦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、烟筒等金属物体，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作为接闪的设备，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、接闪带或混合接闪器）加以保护。

6.2.1.2 引下线

（1）建筑物宜利用建筑结构柱内两根φ16及以上对角主筋通长焊接作防雷引下线。当选用φ8-φ12mm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。

6.2.1.3 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换土等方法，人工改善土壤电阻率等方法降低接地电阻值。

（2）各栋建筑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φ16）沿建筑物四周通长焊通。

建（构）筑物的接地装置，与场内综合接地网（装置）有两点以上电气连接。

6.2.1.4 建筑物内的各等电位连接

建筑物设总等电位连接，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、弱电引出点间隔5m以上的距离。

6.2.1.5 建筑物内金属设施设备等电位连接

凡正常不带电，而当绝缘破坏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。

6.2.1.6 侧击雷防护

二七南部产业片区中属于第二类防雷建筑物的建筑中高层，建议做好侧击雷防护，其防护措施如下：

（1）从45m开始，应至少每三层设均压环。均压环可利用外圈梁内两根Φ16及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）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段均应与防雷装置焊接。

（3）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。

（4）高于60m的建筑物，其上部占高度20%并超过60m的部位应防侧击雷，防侧击应符合下列措施。

①在建筑物上部占高度20%并超过60m的部位，各表面上的尖物、绝缘、设备以及显著突出的物体，应按屋顶的保护措施考虑。

②在建筑物占高度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。

（5）建筑物上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。

6.2.2 电气系统

二七南部产业片区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或各建筑入口处总配电柜均设置第一级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。

6.2.3 电子信息系统

电子信息系统：由计算机、通信设备、处理设备、控制设备、电力电子装置及其相关的配套设备、设施（含网络）等的电子设备构成的，按照一定应用目的和规则对信息进行采集、加工、存储、传输、检索等处理的人机系统。

建筑物电子信息系统可根据其重要性、使用性质和价值，按下表选择确定雷电防护等级。

电子信息系统雷电防护等级应按防雷装置拦截效率（用E表示）确定，并应符合下列规定：

（1）当E大于0.98时，定为A级；

（2）当E大于0.90小于或等于0.98时，定为B级；

（3）当E大于0.80小于或等于0.90时，定为C级；

（4）当E小于或等于0.80时，定为D级。

表 6.2-1 建筑物电子信息系统雷电防护等级

雷电防护等级	建筑物电子信息系统
A 级	1.国家级计算中心、国家级通信枢纽、特级和一级金融设施、大中型机场、国家级和省级广播电视中心、枢纽港口、火车枢纽站、省级城市水、电、气、热等城市重要公用设施的电子信息系统； 2.一级安全防范单位，如国家文物、档案库的闭路电视监控和报警系统； 3.三级医院电子医疗设备。
B 级	1.中型计算中心、二级金融设施、中型通信枢纽、移动通信基站、大型体育场（馆）、小型机场、大型港口、大型火车站的电子信息系统； 2.二级安全防范单位，如省级废弃物、档案库的闭路电视监控和报警系统； 3.雷达站、微波站电子信息系统，高速公路监控和收费系统； 4.二级医院电子医疗设备； 5.五星及高星级宾馆电子信息系统。
C 级	1.三级金融设施、小型通信枢纽电子信息系统； 2.大中型有线电视系统； 3.四星及以下级宾馆电子信息系统。
D 级	除上述 A、B、C 级以外的一向用途的需防护电子信息设备。

除第一类防雷建筑物外，其他建筑物应利用建筑物内的金属支撑物、金属框架或钢筋混凝土的钢筋等自然构件、金属管道、低压配电系统的保护线（PE）等与外部防雷装置连接构成共用接地系统。当互相邻近的建筑物之间有电力和通

信电缆连通时，宜将其接地装置互相连接。

表 6.2-2 接地电阻（或冲击接地电阻）允许值

接地装置的主体	允许值/Ω
汽车加油、加气站	≤10
电子信息系统机房	≤4
配电电气装置（A 类）或配电变压器（B 类）	≤4
移动基（局）站	≤10
注 1：加油加气站防雷接地、防静电接地、电气设备的工作接地、保护接地及信息系统的接地当采用共用接地装置时，其接地电阻不应大于 4Ω。 注 2：电子信息系统机房宜将交流工作接地（要求≤4Ω）、交流保护接地（要求≤4Ω）、直流工作接地（按计算机系统具体要求确定接地电阻值）、防雷接地共用一组接地装置，其接地电阻按其中最小值确定。	

雷击电磁冲屏蔽要求：为减少雷电电磁脉冲在电子信息系统内产生的浪涌，宜采用建筑物屏蔽、机房屏蔽、设备屏蔽、线缆屏蔽和线缆合理布设措施，这些措施应综合使用。

（1）建筑物的屋顶金属表面、立面金属表面、混凝土内钢筋和金属门窗框架等大尺寸金属件等应等电位连接在一起，并与防雷接地装置相连。

（2）屏蔽电缆的金属屏蔽层应两端接地，并宜在各防雷区交界处做等电位连接，并与防雷接地装置相连。如要求一端接地的情况下，应采取两层屏蔽，外屏蔽层应两端接地。

（3）建筑物之间用于敷设非屏蔽电缆的金属管道、金属格栅或钢筋成格栅形的混凝土管道，两端应电气贯通，且两

端应与各自建筑物的等电位连接带连接。

（4）屏蔽材料宜选用铜材或钢材。选用板材时，其厚度宜为 0.3mm-0.5mm 间。

电子信息系统的屏蔽和布线措施具体要求应符合 GB50343-2012 中 5.3.2-5.3.4。

等电位连接：在建筑物的地下室或地面层处，建筑物金属体、金属装置、建筑物内系统、进出建筑物的金属管线等均应与防雷装置做等电位连接。

电子信息系统的各设备，如配电柜（盘）内部的 PE 排和外露金属导体、UPS 及电池柜金属外壳、电子设备的金属外壳、设备机架、金属操作台、机房内消防设施、其他配套设施金属外壳、线缆的金属屏蔽层、光缆屏蔽层和金属加强筋、金属线槽、配线架、防静电地板支架、各金属门窗及隔断等均应与等电位连接带（或等电位端子板）做好电气连接，等电位连接具体要求应符合 GB50057-2010 中 6.3.1 和 6.3.4。

浪涌保护器的选择：室外进、出电子信息系统机房的电源线路不宜采用架空线路；电子信息系统设备由 TN 交流配电系统供电时，从建筑物内总配电柜（箱）开始引出的配电线路必须采用 TN-S 系统的接地形式。电源线路浪涌保护器、信号线路浪涌保护器及天馈线路浪涌保护器的选择具体要求应符合 GB50343-2012 中 5.4.3-5.4.5。

6.2.4 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）所有信号线都对应接地；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。

6.2.5 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，否则应用金属材质做隔离，以免相互干扰。

6.2.6 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、出线路端口，应装设适配的信号线路 SPD。

6.2.7 其他

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）。

6.3 特殊建（构）筑物

6.3.1 建（构）筑物多类型考虑

二七南部产业片区内建（构）筑物需考虑是否兼有第一、二、三类防雷建筑物（参照 GB50057-2010 中 3.0.2-3.0.4），

其防雷分类和防雷措施宜符合下列规定：

（1）当第一类防雷建筑物部分的面积占建筑物总面积的30%及以上时，该建筑物宜确定为第一类防雷建筑物。

（2）当第一类防雷建筑物部分的面积占建筑物总面积的 30%以下，且第二类防雷建筑物部分的面积占建筑物总面积 30%及以上时，或当这两部分防雷建筑物的面积均小于建筑物总面积的30%，但其面积之和又大于30%时，该建筑物宜确定为第二类防雷建筑物。但对第一类防雷建筑物部分的防闪电感应和防闪电电涌侵入，应采取第一类防雷建筑物的保护措施。

（3）当第一、二类防雷建筑物部分的面积之和小于建筑物总面积的 30%，且不可能遭直接雷击时，该建筑物可确定为第三类防雷建筑物；但对第一、二类防雷建筑物部分的防闪电感应和防闪电电涌侵入，应采取各自类别的保护措施；当可能遭直接雷击时，宜按各自类别采取防雷措施。

固定在建筑物上的节日彩灯、航空障碍信号灯及其他用电设备和线路应根据建筑物的防雷类别采取相应的防止闪电电涌侵入措施。

6.3.2 金属屋面构筑物

二七南部产业片区内建（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）必须考虑防击穿、发热点、存放易燃材料等问题。

（2）不需重点考虑防击穿或存放易燃材料的引燃。

6.3.2.1 必须考虑防击穿、发热点、存放易燃材料等问题

当必须考虑金属屋面作为接闪器防击穿、发热点、存放易燃材料等问题时，金属板应符合表 6.3-1 的材料要求。金属体与闪击通道接触处的热效应过程可用简化的模型表示假定，接触区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（Ue，以下计算取其值为 30V），使金属加热的能量为$W = Ue \cdot Q$（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，雷击每库伦（As）电荷能熔化金属物的体积，铁：$V/Q \approx 4.4\,mm^3/As$；铜：$V/Q \approx 5.4mm^3/As$；铝：$V/Q \approx 12\,mm^3/As$。

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的被熔化的深度。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 0.084-0.503mm，铜为 0.103-0.619mm，铝为 0.229-1375mm。

因此直接利用材质厚度为 0.5mm的铁板作为接闪器时，

会有屋面板遭受雷击而被烧穿或击坏的可能。

一般外露情况下的接闪装置都伤痕累累，是雷击时雷电瞬间热熔的原因。金属板屋面作为接闪器，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。

6.3.2.2 不需重点考虑防击穿或存放易燃材料的引燃

当不需要重点考虑防击穿或金属屋面下易燃材料的引燃的情况时，金属屋面构筑物可利用其屋面作为接闪器，金属板也应符合表 6.3-1 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，在构造时就应实现电气连通。

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，人字型钢柱、主三角形钢管桁架，工字钢柱等分别上下焊接贯通。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。

6.3.2.3 设置接闪器

表 6.3-1 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^b/mm
Ⅰ至Ⅵ	铅	-	2.0

	钢	4	0.5
	钢、热镀锌钢	4	0.5
	铜、镀锡铜	5	0.5
	电镀不锈钢	4	0.5
	钛	4	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			

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时，建筑物屋面在符合接闪器的规范要求下，可采用金属屋面作为接闪器保护，亦可以另行考虑设置独立接闪装置保护。金属板应无绝缘被覆层（薄的油漆保护层或 1mm 厚沥青层或 0.5mm 厚聚氯乙烯层均不应属于绝缘被覆层）。

专门敷设的接闪器，可单独或任意组合采用接闪杆、接闪带、接闪网。接闪网网格尺寸为第一类防雷建筑物≤5m×5m或≤6m×4m、第二类防雷建筑物≤10m×10m或≤12m×8m、第三类防雷建筑物≤20m×20m或≤24m×18m。沿屋面外檐明敷接闪针、带，在角位、金属顶窗、裙楼等处设接闪短针保护。为了更有效地泄放雷电流，除第一类防雷建

筑物及突出屋面的放散管、风管、烟囱等物体外，屋顶上永久性金属物宜作为接闪器，但其各部件之间均应连成电气贯通。

防雷引下线应沿外墙明敷，并经最短路径接地，应在距地面 0.5m处设测试卡子。引下线间距不大于 18m，上端与接闪器焊接，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。

金属屋面建（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、坏境、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。

6.3.3 玻璃屋面建（构）筑物

二七南部产业片区内建(构)筑物，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；焊接处做防腐处理，不同金属压接，要做防电化腐蚀处理。

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应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》(GB500057－2010）的相关规定。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。

6.3.4 具有悬臂部件建（构）筑物

二七南部产业片区内建(构)筑物，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:

$$d>2.5+s\,(m)\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

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。

$$S=k_i\frac{k_c}{k_m}l \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2)$$

式中：

k_i一取决于所选择的 LPS 类型见表 6.3-2

k_c一取决于流经引下线的雷电流见表 6.3-3

k_m一取决于电气绝缘材料见表 6.3-4

l一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 6.3-2 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 6.3-3 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 根和 3 根以上	0.04
3 根或 3 根以上，5×5 的网格或接闪系统的的连续金属薄板	1/n
如：每一接地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，	

表 6.3-4 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
如:当有多种绝材料串接时，k 值取各种材料中较低的值	

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。如不能满足式（2）的条件，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。

6.4 医院

二七南部产业片区内医疗保健等功能区域，医院等人员密集的公共场所，考虑到建筑本身的使用性质，防雷安全尤其重要。

各类三级医院应按照 GB50057-2010 版《建筑物防雷设计规范》中规定应划分为第二类防雷建筑物，并按第二类防雷建筑物采取防直击雷的措施。

6.5 防雷设计参数分析

6.5.1 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。这是防雷工

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。

对二七南部产业片区内建设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二章相关内容。

6.5.1.1 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：

$$R = 0.5\frac{\rho}{\sqrt{S}} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

则，接地网的面积：

$$S = \left(\frac{0.5\rho}{R}\right)^2 \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2)$$

公式中：ρ：土壤电阻率（Ω·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，基要达到设计要求，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 ρ 有关。根据前文接地电阻率数据分析报告，对郑州市二七南部产业片区建设项目区域在 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 6.5-1。

$$R_V = \frac{\rho}{2\pi d}(ln\frac{4L}{d}) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots 3.$$

$$R_h = \frac{\rho}{2\pi L}(ln\frac{L^2}{hd} + A) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots 4.$$

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。

表 6.5-1 二七区南部产业片区测点复合式接地网面积估算

站点	ρ（Ω·m）		S（m²）		
	范围	平均值	R=10Ω	R=1Ω	R=0.5Ω
二七区南部产业片区测点 1	18.7~120.0	47.5	5.64	564.06	2256.25
二七区南部产业片区测点 2	15.6~95.0	42.10	4.43	443.10	1772.41

6.5.1.2 电源系统雷击过电流估算

假设二七南部产业片区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、电力系统和其他金属管道间分配进行讨论。

假定总雷电流$\mathrm{i_o}$的 50%流入建筑物的 LPS 的接地装置中，而其余的 50%的$\mathrm{i_o}$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$\mathrm{I_1}$为：

$$I_1 = I_{1(350)} = i_o \times 50\% \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{4}(kA) \cdots\cdots\cdots \text{（1）}$$

即 SPD1 的$\mathrm{I_{imp} = I_1(kA)}$；

当使用（8/20μs）波形时，可通过单位能量推算知：

$$I_{1(20)} = I_{1(350)} \times \sqrt{\frac{T_{2(350)}}{T_{2(20)}}}(kA) \cdots\cdots\cdots\cdots \text{（2）}$$

$$\sqrt{\frac{T_{2(350)}}{T_{2(20)}}} = \sqrt{\frac{350}{20}} \approx 4.18 \cdots\cdots\cdots\cdots \text{（3）}$$

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：

$$I_2 = I_{1(20)} \times 50\%(kA) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{（4）}$$

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：

$$I_3 = I_2 \times 50\%(kA) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（5）$$

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：

$$I_4 = I_3 \times 50\%(kA) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（6）$$

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%的安全余量，同时适当提高第一级 SPD 的通流量。

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。

6.6 施工期间防雷安全管理

6.6.1 合理安排施工工期的内容

二七区南部产业片区工程建设项目位于郑州市辖区的南部，从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。

根据大气雷电环境分析结论，7、8 月是全年雷电密度最大的月份，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，应尽可能避开这两个月份进行。

二七南部产业片区内的雷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 时至次日凌晨 1 时。主要是局地热力抬升作用而形成。由于 7、8 两个月的雷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。

6.6.2 施工现场采取防雷措施

（1）应按照 GB50057-2010 中 7.2 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（$LPZ0_B$ 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大树、铁塔、电杆、塔吊、物料提升机等易受雷击的物体，并按照 GB50057-2010 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，如能利用作为接闪器可不另设接闪器，否则应在架体顶端设置接闪器。可利用其金属结构作为防雷引下线，无需另外敷设引下线，但应保证其良好电器连接导通性。

（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30m。

（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：

①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。

②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，并保证其电器连通。

③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配电为220/380V，中性点直接接地的变压器时，其低压配电应采用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，每处重复接地装置的接地电阻值不应大于 30Ω。

（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GB50057-2010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GB50057-2010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，应由具有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。

6.7 安全运营防雷指导意见

6.7.1 运营管理应结合雷暴活动规律

从二七南部产业片区所在地近五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生活区的管理工作，可将潜在雷击危险显著降低。

二七南部产业片区内重要庆典、活动的安排宜避开 6-8 月这三个月进行，尤其是 7、8 月，如实在无法避开，宜结合雷电预警预报合理安排进行。

二七南部产业片区内雷电活动规律性比较强，分布比较集中，有明显的多发时段，多发时段为 14 时至次日凌晨 1 时。因此，在雷电高发的 6-8 月应加强二七南部产业片区内的雷电预警预报工作，在雷闪临近时，应及时到达防雷安全区域。

6.7.2 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。

6.7.3 雷击事故处置方法

（1）二七南部产业片区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。

（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。

6.8 人身安全防护指导意见

6.8.1 加强防雷知识培训

如果忽视防雷安全管理，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击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。

6.8.2 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。处于施工阶段的建（构）筑物金属罐体，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、高耸的灯杆附近走路或停留，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。建筑物附近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。

6.8.3 人员的防雷应急措施

项目在投入使用后，需要加强对二七南部产业片区人员的防雷安全培训，提高人员的雷电防护意识，指导产业片区人员如何在雷雨天气中采取正确的防护措施。

当出现强对流雷雨天气时，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机和其他电子通信类产品。

（3）在建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）二七南部产业片区在接收到雷雨等气象预警后，应借助片区内显示屏、广播等系统及时传播气象预警信息，同时工作人员应引导二七南部产业片区内人员有序的就近躲避。

6.8.4 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，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，常常会发生心脏停跳、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 求救。

（3）二七南部产业片区工作人员应熟知气象灾害应急机制，参与过气象灾害应急演练，并熟练掌握基本的心肺复苏（CPR）技巧。

6.9 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（6-8 月），二七区南部产业片区所在区域局地性强对流天气频发。二七南部产业片区内现有为垦区和绿地，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，宜加强与气象部门的合作，并及时获取雷电等气象预警信息。

二七南部产业片区内项目多，人流比较大，可建设多个预警信息显示屏，以便及时向二七南部产业片区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班机制，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。

第七章 结论及建议

通过上文对郑州市二七南部产业片区所在区域的地理位置环境、土壤环境、气候背景特征、大气雷电环境、雷电灾害等资料数据的筛选分析，对项目所在区域进行了雷电灾害风险区域评估与论证。

7.1 参证站选取

郑州市二七南部产业片区位于郑州市二七区南部，距离郑州国家级气象站约 5Km，所以选取郑州国家级气象站作为气候背景分析的参证站具有较好的区域代表性；大气雷电环境资料，如雷暴日、地闪密度、地闪强度及雷电灾害资料等均以郑州市行政辖区作为参证站进行数据资料分析。

7.2 现场勘测论述

（1）2020 年 10 月下旬至 11 月上旬，对郑州市二七南部产业片区内重要设施的地理坐标、周围环境、人员、地势、天然地物、人工地物的位置、地表形态、土壤电阻率等情况，进行现场采集。

（2）郑州市二七南部产业片区共测量记录了 2 组土壤电阻率数据，土层中浅层（测量间距 2-8m），土壤电阻率值介于 40.0-120.0Ω·m之间，土层深层（测量间距 10-18m）

土壤电阻率值介于15.6-43.6Ω·m之间。根据区域内土壤电阻率数据分布情况，土壤层整体土质大体相同，郑州市二七南部产业片区均属低土壤电阻率范围，对进行大规模土建工程提高防雷设施接地电阻值，以及接地电阻值的修正起着正向作用,具有重要的意义。

7.3 区域气候概况

气候对居住环境、建筑形式及布局都存在长期影响，房屋建筑要适应当地气候并尽量改善不利的气候条件，郑州市二七南部产业片区建设更要注意具体地点的小气候和微气候情况。

根据1990-2019年（30年）郑州国家级气象站资料统计分析：年平均气温为15.3℃，极端最高气温42.5℃，极端最低气温-17.9℃。年平均气压为 1003.7hPa，年平均降水为635.4mm，暴雨天气主要出现在5至9月份,以7月、8月份为主。最大日降水量160.7mm,出现在2008年7月14日，最长连续无降水量日数为98天。年平均风速为2.1m/s，年出现频率最多风向为东北风和东北偏东风。雷暴日数为584天，年平均雷暴日数为19.5天,冰雹出现次数为8次。且据2005-2019年（15年）资料统计分析，最大风速14.9m/s，极大风速23.6m/s。

7.4 大气雷电环境概况

通过对雷暴数据资料、雷电灾害分析、雷电活动时空分布、地闪密度与地闪强度特征变化、雷电风险区域划分等数据进行详细分析后，现总结以下几点主要特征：

（1）根据近五年雷暴监测数据可知，雷暴活动规律性较强，雷电月分布特征明显，郑州市除 1、2、10、12 月份外其他各月均有出现雷暴活动，主要分布在 4-9 月，6-8 月占全年的 80.0%。时段分布比较集中，多发时段为 14 时至次日凌晨 1 时。20 时前后的地闪密度与强度均达到峰值，高发时段为 19 时前后，可达 1249 次。

（2）雷暴日数与落雷密度并非正相关：5 月份雷暴日数共 11 天，落雷次数为 2013 次；7 月份雷暴日数共 49 天，落雷次数为 1388 次;8 月份雷暴日数共 36 天,落雷次数为 1172 次。

（3）主汛期（6-8 月）雷电流幅值累积（地闪强度）8 月份占整个汛期的 43.39%，近半值，而时段主要集中在上午至 23 时;6、7 月份雷电流幅值累积分别占整个汛期的 24.48%和 32.13%，主要时段也分别不同，6 月份多为凌晨，7 月份多为白天。

7.5 项目区域雷灾风险区划

（1）郑州市二七南部产业片区所在区域是少雷区，一年平均雷暴日数在 19.5 天，夏季的强过流天气区域性、随机性较强，容易生成强雷暴天气，进而次生雷电灾害，要重视加强直击雷防护，提高雷电防护等级。

（2）郑州市二七南部产业片区内设置的商业区、医院、居住区等人群聚集的公共场所，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）雷电灾害风险区划在空间分布上存在一定的规律，郑州市二七南部产业片区属中高风险区，其中南部和东北部小部分为高风险区，对于雷电灾害的防御不能放松，尤其要在夏季雷雨季节来临之前及时检查建设项目的防雷设施。

（4）郑州市二七南部产业片区内雷电活动特征比较明显，雷电流较大，因此雷电灾害事故发生的概率会相应增加。建议开展防雷基础设计和施工时，要适当提高雷电防护级别，尽可能提高直击雷保护范围和雷电电磁脉冲的综合防护水平。

7.6 雷电灾害风控及建议

雷电灾害主要有四种类型：直击雷、雷电波侵入、感应过电压和地电位反击。

根据雷电灾害分析、郑州市二七南部产业片区规划及雷电灾害风险区划，片区内人身防护是重点。人员密集场所如商业区、医院、居住区等的选址应尽量避开高风险区，如无法避开，应加强雷电防护措施并辅助雷电监测预警，降低雷电可能造成的人身伤害风险。

郑州市二七南部产业片区内中高层建筑物，应加强建（构）筑物的雷电防护，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）。

郑州市二七南部产业片区内大型通信基站、电力变电站、学校、供水供气站等公用设施应避开高风险区设置，否则应加强雷电防护措施。

因雷电灾害具有突发性、随机性等特点，且雷电活动随季节和时段不同有明显变化，应根据季节变化和日变化的合理安排经休闲生活的管理工作，采取相应消减雷电灾害风险的对策和措施。同时防雷安全管理的方式和手段必须与之相适应，避免和减轻雷电灾害造成的损失，最大程度地减轻雷电灾害带来的不利影响。

具体措施可参考第六章相关内容。

本次评估深入研究郑州二七南部产业片区规划说明后，充分考虑规划设计、建设和运行过程中雷电灾害及其衍生灾

害的影响，建立健全雷电灾害应急预案，将潜在雷击风险降到最低。

郑州市气象局

郑气函〔2020〕37号

郑州市气象局关于《郑州市二七区南部产业片区雷电灾害风险区域评估报告》专家评审结果的函

郑州市二七区应急管理局:

根据《郑州市工程建设项目区域评估实施方案的通知》(郑改办〔2019〕43号)和《郑州市工程建设项目雷电灾害风险区域评估工作指引(试行)》(郑自然资文〔2019〕814号)的要求，2020年11月13日，郑州市气象局组织召开了《郑州市二七区南部产业片区雷电灾害风险区域评估报告》(以下简称《评估报告》)专家评审会。经专家组评审，同意《评估报告》通过评审，该《评估报告》可以在郑州市区域评估业务协同平台等相关系统上进行共享使用。

附件:《郑州市二七区南部产业片区雷电灾害风险区域评估报告》专家评审意见

郑州市气象局

2020年11月20日

《郑州市二七区南部产业片区雷电灾害风险区域评估报告》专家评审意见

2020年11月13日，郑州市气象局组织召开了《郑州市二七区南部产业片区雷电灾害风险区域评估报告》（以下简称《评估报告》）评审会。会议组成专家组（名单附后），参加会议的有郑州市气象局、郑州市二七区应急管理局等单位的代表。与会代表听取了编制单位河南科安工程检测有限公司对《评估报告》的汇报，审阅了《评估报告》，通过质询、答疑和研究、讨论，形成如下意见：

一、《评估报告》落实《郑州市工程建设项目雷电灾害风险区域评估工作指引（试行）》内容，符合《雷电灾害风险评估报告编制规范》(DB41/T 936-2014)要求。《评估报告》充分考虑了雷电灾害及其衍生灾害的影响，对评估区域内的建设项目规划设计具有指导意义。

二、《评估报告》编制目的明确，结构完整，基础资料充实，内容全面，同意《郑州市二七区南部产业片区雷电灾害风险区域评估报告》编制内容。

三、专家组建议修改完善以下内容

1. 进一步补充完善产业片区基本情况及主导产业定位。

2. 完善雷暴资料分析相关内容，修订致灾因子权重比例。

3. 修改建筑物的高度及防雷类别的定性。

专家组组长（签字）：杨曙荣

2020年11月13日

郑州市二七区南部产业片区雷电灾害风险区域评估报告

评审专家组名单

	姓名	单位	职务/职称	签名
组长	段玉荣	河南省建筑设计研究院	高工	段玉荣
成员	郭志	黄河勘测规划设计研究院有限公司	教高	郭志
	冯丹	河南省气象局	科长	冯丹
	程芳芳	郑州市气象局	高工	程芳芳
	张欣	郑州市二七区应急管理局		张欣

2020 年 11 月 13 日