

郑州上街区

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 8 月



项目名称： 郑州上街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

报告编制人： 陈 菲、朱翠红

校 对： 李雷茹、田金华

审 核： 张兆锋

报告提交日期： 2020 年 8 月

前 言

为准确把握郑州市上街区建设项目潜在的雷电风险，有效降低郑州市上街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，指导上街区区域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。

我公司通过组织开展实地勘查和采样，分析其雷电活动规律及其周边环境，并对上街区区域进行雷电灾害风险统计分析，编制《郑州上街区雷电灾害风险区域评估报告》，为上街区区域的防雷设计、施工、运营等各个阶段的雷电防护提出措施和建议，防雷工程等具体实施应以防雷设计为准。

本报告内容只适用于郑州市上街区建设项目，不适用于其他地域其他项目的雷电灾害风险评估报告。本评估报告的内容只作为指导该区域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，我们得到了郑州市防雷中心、郑州市气象局上街区直属分局、荥阳市气象局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 项目地点.....	1
1.4 评估目的.....	3
1.5 评估原则.....	3
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.....	6
第二章 雷电灾害风险评估工作实施方案.....	7
2.1 项目概况.....	8
2.1.1 项目背景	9
2.1.2 区位优势	10
2.2 实施范围.....	14
2.3 工作内容.....	14
2.4 工作计划.....	15
2.4.1 项目实施计划	15
2.4.2 时间计划	16
2.4.3 质保措施	17
2.5 雷电灾害重点、难点分析.....	17
2.6 雷电灾害重点、难点应对措施	19
2.7 成果质量保证措施.....	21
第三章 现场勘测及数据采集分析	22
3.1 现场勘测说明	22
3.1.1 目的.....	22
3.1.2 内容.....	22
3.1.3 技术方法.....	23
3.2 地理环境.....	23
3.3 土壤环境.....	24

3.4 现场勘察.....	25
3.5 基础数据采集	31
3.5.1 地理位置参数	31
3.5.2 土壤电阻率测量说明.....	31
3.5.3 土壤电阻率测量与分析	35
3.6 工程现场勘测	41
第四章 气候背景分析	44
4.1 气象环境.....	44
4.2 资料来源及说明.....	45
4.3 气温	45
4.4 气压	46
4.5 降水	48
4.6 相对湿度.....	49
4.7 风速风向.....	50
4.8 极端气温.....	59
4.9 雷电预警信号发布数据	61
4.10 暴雨日数	61
4.11 雷暴.....	62
4.12 冰雹	64
4.13 风向风速极端值.....	64
4.14 基本气候特征	74
第五章 大气雷电环境资料分析	75
5.1 资料收集.....	76
5.2 雷暴数据资料分析	79
5.2.1 雷暴日特性	79
5.2.2 雷电活动时空分布特征分析.....	81
5.3 雷电灾害分析	89
5.3.1 河南省雷电灾害分析.....	90
5.4 项目区域地闪空间分布区划	92
5.4.1 地闪密度空间分布	93
5.4.2 项目所在区域地闪强度空间分布	96
5.5 大气雷电环境特征总结和建议	98
第六章 雷电灾害风险区域评估	102

6.1 评估指标体系	103
6.2 雷电灾害风险	104
6.2.1 风险源	104
6.3 雷电风险辨识	106
6.4 雷电灾害风险区划	110
6.4.1 主要方法	111
6.4.2 致灾因子分析	112
6.4.3 项目区域雷电灾害风险区划	118
6.5 雷电灾害风险区划小结和建议	120
第七章 雷电风险控制措施	121
7.1 总体要求	121
7.2 各专业系统	124
7.2.1 建构筑物	124
7.2.2 电气系统	128
7.2.3 信息系统	128
7.2.4 等电位连接及接地	129
7.2.5 屏蔽与布线	129
7.2.6 安装 SPD	130
7.2.7 其他	130
7.3 特殊建构筑物	131
7.3.1 建构筑物多类型考虑	131
7.3.2 金属屋面建构筑物	132
7.3.3 玻璃屋面建构筑物	136
7.3.4 具有悬臂部件建构筑物	137
7.4 游乐（园）场	139
7.5 机场设施设备	140
7.6 古建筑物及古树木	140
7.7 防雷设计参数分析	142
7.7.1 接地网参数分析	142
7.8 施工期间防雷安全管理	146
7.8.1 合理安排施工工期的内容	146
7.8.2 施工现场采取防雷措施	147
7.9 安全运营防雷指导意见	151
7.9.1 运营管理应结合雷暴活动规律	151

7.9.2 防雷设施检测和维护.....151

7.9.3 雷击事故处置方法152

7.10 人身安全防护指导意见.....152

7.10.1 加强防雷知识培训.....152

7.10.2 现场施工人员防雷应急措施153

7.10.3 工作人员和游客的防雷应急措施.....154

7.10.4 雷击时的应急措施.....156

7.11 雷电监测和预警156

第八章 综述.....158

8.1 参证站选取158

8.2 现场勘测论述.....158

8.3 区域气候概况.....159

8.4 大气雷电环境概况160

8.5 项目区域地闪空间区划161

8.6 项目区域雷电灾害风险区划161

8.7 雷电环境监测及跟踪评价163

第一章 评估说明

1.1 项目名称

郑州上街区雷电灾害风险区域评估

1.2 委托单位

郑州市气象局上街区直属分局

1.3 项目地点

上街区地处河南省北部、华北平原、黄河冲积平原扇轴部，为豫东平原和豫西丘陵的相交地带。东经 $113^{\circ} 14' 45''$ 至 $113^{\circ} 19' 05''$ ，北纬 $34^{\circ} 35'$ 至 $34^{\circ} 40'$ 之间。位于郑州市辖区西部 38km 处，周围与荥阳市接壤：东邻荥阳市城关乡，西、南分别与高山镇、刘河镇毗邻，北部与王村镇相连，全区总规划面积 61.73km^2 。

北依黄河，南邻中岳嵩山，陇海铁路、G310、中原路由东而西贯穿。连霍高速公路从北面经过，在城区西北部有高速公路上下口，交通运输极为便利。本区是郑、汴、洛“黄河之旅”旅游热线上的咽喉重地，自古就有“三秦咽喉”、“东部襟带”之称，为历代兵家必争之地。

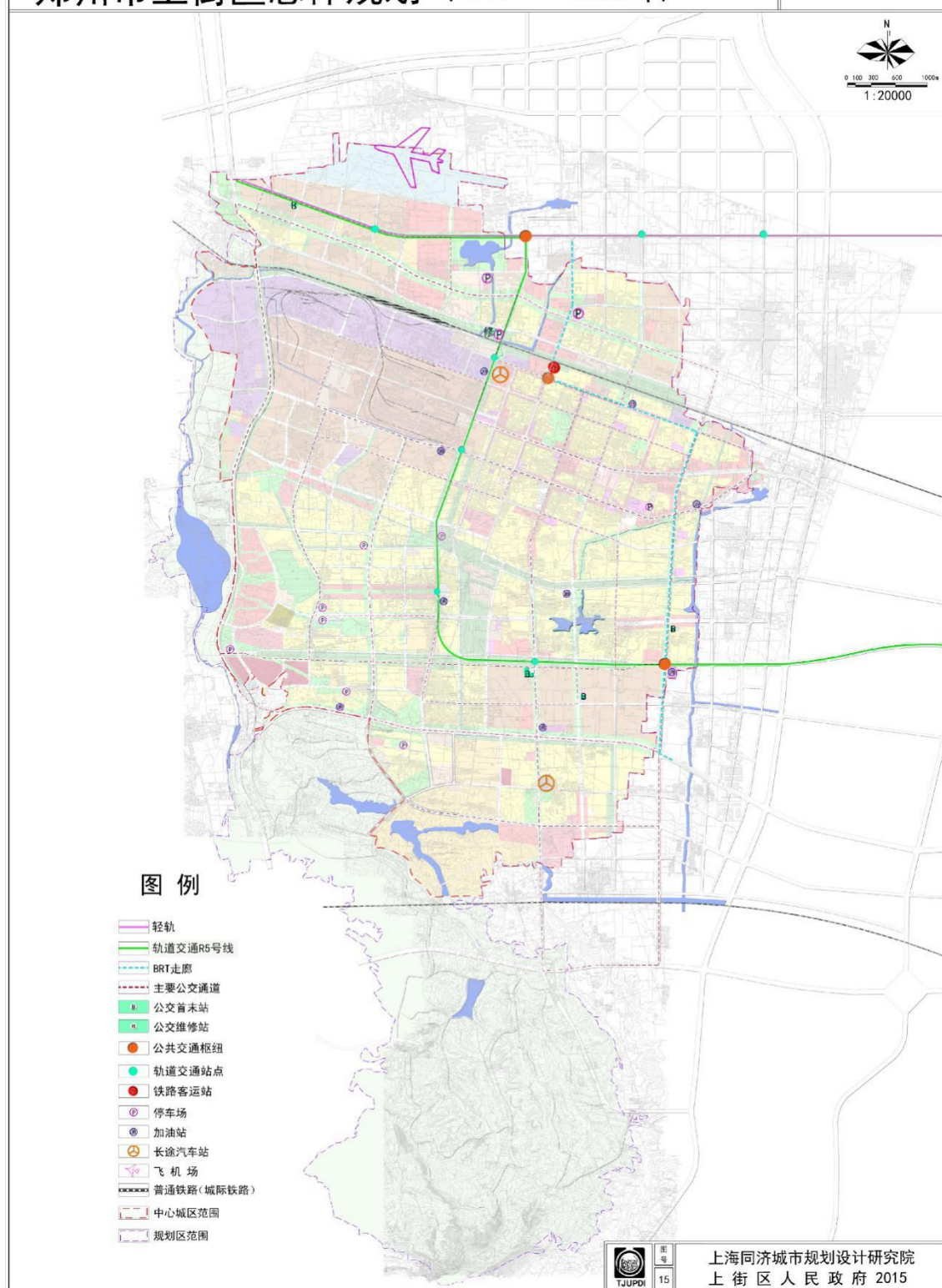


图 1.3-1 上街区交通设施规划图

1.4 评估目的

郑州市上街区均位于郑州市辖区西部 38km处，周围与荥阳市接壤，全区总规划面积 61.73km²。根据近期建设和远期发展的必要性和可能性，强化地方经济，发展第三产业，完善城市功能。扩大绿地面积，创建园林城市。

该区域的气象条件，特别是极端气象条件及气象灾害可能对上街区造成严重影响。上街区内基础设施及重点工程设计需考虑工程片区内各气象要素条件及雷电等主要气象灾害，以保证片区内安全和适宜的经济指标。

根据相关标准、规范，计算郑州市上街区所属区域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，分析和评估该地区雷电灾害规模及危害程度，进行风险分析和评估，为该区域的规划设计和区域提供防灾减灾依据。

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

以委托方提供的郑州市上街区总体规划（2015-2030）文本、说明和基础资料及其他相关资料为工作基础，按照《郑州市上街区雷电灾害风险区域评估服务合同》的内容，对郑州市上街区（ 61.73km^2 ）进行雷电灾害风险区域评估。

雷电灾害风险区域评估项目为郑州上街区整个区域，评估所需基础数据具体以上街区为主，以与其全面接壤的荥阳市行政区域为辅。

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

QX/T 39-2005 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
QX/T 264-2015	旅游景区雷电灾害防御技术规范
QX/T 246-2014	建筑施工现场雷电安全技术规范
QX/T 245-2014	雷电灾害应急处置规范
DL/T 5159-2012	电力工程物探技术规程

1.7.3 技术资料及其他相关资料

(1) 郑州市上街区总体规划（2015-2030）文本、说明和基础资料；

(2) 《2018 年郑州年鉴》；

(3) 2008 年至 2017 年《全国雷电灾害实例汇编》。

第二章 雷电灾害风险评估工作实施方案

雷电灾害是现代城市社会的主要气象灾害之一，具有突发性、多样性、复杂性、破坏性和选择性等特点。随着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。雷电又是每一年重复发生的自然现象，因此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。

雷电灾害造成的损失大小是牵涉到社会许多方面的十分复杂的问题，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。雷电灾害由于其具有更大的随机性和瞬时性，现时并不受大家重视。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。

现今灾害风险评估一般可以划分为广义与狭义两种理解。广义的灾害风险评估，是对灾害系统进行风险评估，即在对孕灾环境、致灾因子、承灾体分别进行风险评估的基础上，对灾害系统进行风险评估；狭义的风险评估则主要是针对致灾因子进行风险评估，即从对危险的识辨，到对危险性的认识，进而开展风险评估，通常是对致灾因子及其可能造成的灾情之超越概率的估算。

2.1 项目概况

本区是郑州市六区之一，也是郑州市一座具有一定独立性的新区。是以通用航空试验区、高端装备制造业为主导的，郑州市重要的新城区，与荥阳市的城区、经济紧密相联，铝业蝶阀联为一体。

在河南工业走廊中，上街位于主轴郑汴洛工业走廊上，是该工业走廊的一个重要支撑点，是铝工业基地。上街铝工业辐射荥阳、巩义等周边城市和中原城市群的城市，形成相互联系的铝工业产业链接。

上街区规划分为区域、中心城区 2 个层次，行政辖区内 1 个镇（峡窝镇）和 5 个街道办事处，全区总规划面积 61.73km^2 ，中心城区面积为 41.40km^2 ，即本区城市规划建

设用地范围。本规划期限近期为 2015—2020 年，人口规划约为 22 万人；远期为 2021—2030 年，人口规划确定为 36 万人。

2.1.1 项目背景

上街区的总体规划，是国家确定在上街建立铝工业的同时而编制的。

郑州市国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要：上街——打造郑汴洛产业走廊上的重要产业基地，巩固提升铝及铝精深加工、装备制造、绿色新材料等传统产业，大力发展高等职业教育、高端运动休闲、低空经济、现代物流、生态农业。

随着新的规划，上街区也面临着转型与机遇。全力推进郑州通用航空试验区建设，积极发展养老产业，加快产业集聚区（专业园区）建设，铝业转型升级，积极发展现代服务业。从城市的实际出发，坚持因地制宜确定城市发展目标与战略，促进城市全面协调可持续发展。根据经济、社会发展需要，尊重城市发展的客观规律，坚持节约和合理利用土地及空间资源的方针，按按照“近期适度从紧，远期略有改善，适当留有余地”的原则，确定城市发展方向和建设规模，调整城市用地结构，把上街区建成环境优美、经济发达的新区。积极发展第三产业，完善城市功能。扩大绿地面积，创建园

林城市。

2.1.2 区位优势

根据河南省城镇体系规划和郑州市二十一世纪地区发展战略。上街区的城市发展目标为以铝工业生产为基地的生态工业城市。而且峡窝镇正式划入上街区行政范围，其本身给上街区的发展带来了难得的机遇。

省、市把铝工业作为上街区优势支柱产业发展，并批准设立中国（郑州）铝工业园区，郑上快速路业现已开工建设，这为上街区今后充分发挥铝工业园区的辐射带动作用，涉铝企业来园区落户，形成铝产业的集聚效应，提供了一个良好的发展机遇。

目前全区共拥有各类工业企业 300 余家，规模以上工业企业 86 家，主要产业有装备制造、铝及铝相关、新材料、通用航空。各大型工业企业内设有专用仓储用地、原燃料堆场和工业站。在西部工业区内还设有专用仓储用地。

上街拥有民航中南地区管理局颁发的机场使用许可证的通用机场（占地 1780 亩全封闭机场，属二级永备机场）。有一条 $2000m \times 45m$ 的跑道，机场半径 $10km$ 内地势平坦，净空条件良好，可一站到达本省周边 14 个军、民用机场，是发展通用航空难得的 platform。拥有河南省内首家通航公司——河南蓝翔通用航空公司，现有通用航空企业已达到 37 家，具

有开展多种通航业务的丰富经验。

根据旅游资源空间分布及组合特点把上街区划分为两区一带，逐步形成涵盖休闲、度假、体育、健身、探险、求职、研究等内容的特色旅游区。南部山区自然环境比较好，有利于发展养老产业。全区文物古迹众多，人文资源丰富，主要分布在城区南部。文物保护单位共 13 处，其中省级 1 处、市级 11 处、县级 1 处。文物古迹具有一定的历史科研价值和观赏价值，并加以保护。

用地规划图



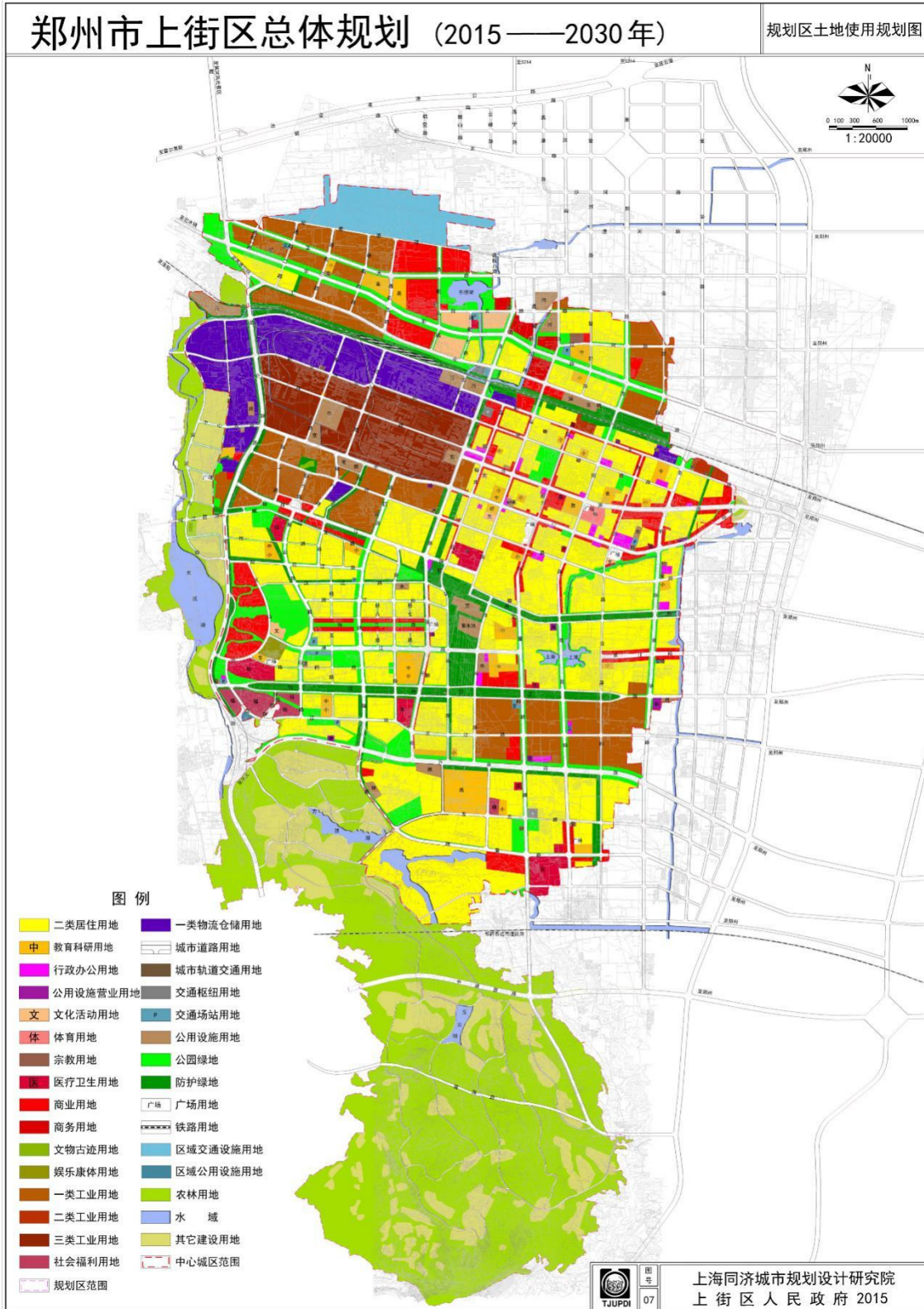


图 2.1-2 上街区土地使用规划图（远景发展规划）

2.2 实施范围

雷电灾害有逐年上升的趋势，现今雷电防护技术已经形成一个相对稳定的发展态势；为加强重大突发危机事件处理的综合指挥能力，提高应急救援反应速度和协调水平，按照市政府统一部署，全市各类经济开发区、产业集聚区、工业园区、特色小镇以及市（县）政府确定的“标准地”等其他区域开发主体要提前高质量编制区域性雷电灾害风险评估报告。

已完成区域性雷电灾害风险评估的范围内，按照有关规定需要开展雷电灾害风险评估的大型建设工程、重点工程、爆炸和火灾危险环境、人员密集场所等项目，不再单独开展该项目雷电灾害风险评估。

2.3 工作内容

按照辨识、分析、估测、控制、报告程序进行专项风险评估，采用专家调查法和指标体系法确定风险等级。

对本项目进行总体风险评估，根据工程项目的地质环境条件、建设规模、结构特点等孕险环境与致险因子，估测该区域内雷电灾害风险等级；并针对其中的重大风险源进行量化估测，提出相应的风险控制措施。

2.4 工作计划

2.4.1 项目实施计划

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、编制评估报告等方面。

第一阶段为准备阶段，主要收集有关资料，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；

第二阶段为实施现场总体风险评估阶段，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；

第三阶段为报告书的编制阶段，主要是汇总第一、二阶段所得的各种资料、数据，编制出雷电灾害风险评估初审稿。报告内容应包括评估依据、工程概况、评估方法、评估步骤、评估内容、评估结论及对策建议等。

第四阶段为组织专家进行评审阶段，专家提出意见，综合得出结论与建议，完成安全评估报告的编制。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。

2.4.2 时间计划

(1) 评估标志性站点选择，评估工作方案编制（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采集评估区域内的重要设施、周边设施，以及区域内近期启动建设项目进行现场基础数据，并进行数据资料分析；

(3) 采集雷电监测数据及进行雷电数据分析与制作（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，并邀请内外部相关专家进行报告评审（十个工作）；

(6) 评估报告的整理修改工作，并制成完整的评估报告（二十个工作日）；

(7) 评估报告验收。

2.4.3 质保措施

根据该项目所在地雷电活动时空分布特征及其灾害特征，结合现场情况进行分析，对雷电可能导致的人员伤亡、财产损失程度与危害范围等方面的综合风险计算，从而为项目选址、功能分区布局、防雷类别(等级)与防雷措施确定、雷灾事故应急预案等提出建设性意见。

通过雷电灾害风险评估可为评估对象提供雷电防护的科学设计、灾害风险控制、经济投资、应急管理等方面服务，保证防雷工程安全可靠、技术先进、经济合理。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。

2.5 雷电灾害重点、难点分析

雷电是自然界中强大的脉冲放电过程，雷电侵入地面建筑物或设备造成灾害是多渠道的，一般说来，我们可以把雷电放电对地面建筑物或设备可能产生的危害形式划分为下列几类：直雷击、雷电过电压侵入、感应过电压、系统内部操作过电压及地电位反击。

雷电的破坏作用主要是雷电流引起的，根据上述的危害形式，雷电对建筑物的破坏作用主要有这几种：

(1) 直接击在建筑物上。由于高温而引起建筑物燃烧。

在雷电流通道上，物体水分受热汽化膨胀，产生强大的机械力而使建筑物结构遭受到破坏。

(2) 由于雷电流变化梯度大而产生强大的交变磁场，使得周围的金属构件产生感应电流，从而构成火灾危险。

(3) 当雷电袭击到架空输电线路或金属管道上时，高压电流沿架空线路或金属管道侵入室内，造成人身伤亡或设备损坏。因此评估雷电灾害风险不仅要考虑到该规划区域内建筑物本身遭受雷击的风险，而且还要考虑到建筑物内的人员和设备遭受雷击的风险。

(4) 雷击的闪电过程中可产生强大的雷电流和高电位，若用其电位与电流的乘积功率来表示，雷电具有极强大的功率，能形成巨大的爆炸过程，直击到地面的建筑和各种生物上，产生强大破坏力，把雷云蕴藏的巨大能量在极短的几十微秒中释放出来，它的功率是十分巨大的。同样雷电灾害建筑物引致的损害可具有不同的类型，主要有以下四种：①人身的伤亡；②不可接受的对公众服务的中止；③无法复原的文化遗产的损失；④不包括人身、文化及社会价值等的损失；与第④类相同，但不包括灵敏设备。

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。每一种类型的损害可能由不同的损害成因所引起。直接雷电闪击下的接触电压和跨步电压，直、间接雷电闪击

引起的着火、爆炸、机械效应和化学效应都能造成人身的伤亡。而不可接受的对公众服务的中止可能是由于直接雷电闪击引起的着火、爆炸、机械效应和化学效应造成；直、间接雷电闪击下设备上的过电压以及间接雷电闪击引起的着火、爆炸、机械效应和化学效应也可造成不可接受的对公众服务的中止。直接雷电闪击和间接雷电闪击所引起的着火、爆炸、机械效应和化学效应能造成不可复原的文化遗产的损失。不包括人身、文化及社会价值的损失，主要是由于直接雷电闪击和间接雷电闪击所引起的着火、爆炸、机械效应和化学效应或直、间接雷电闪击下设备上的过电压所造成的。直接雷电闪击和间接雷电闪击所引起的着火、爆炸、机械效应和化学效应也可能造成不包括人身、文化及社会价值和灵敏设备的损失。

2.6 雷电灾害重点、难点应对措施

直击雷或感应雷都可能使导线或金属管道产生过电压。这种过电压沿着导线或金属管道从远处雷区或防雷保护区域之外传来，侵入建筑物内部或设备内部，而使建筑物结构、设备部件损坏或人员的伤亡。由于雷电过电压波沿导线或金属管道传播的距离远，扩散面积大，特别是当地并无雷电活动，人们毫无思想准备的情况下，突然传来，所以雷电过电压侵入造成的损失比较严重。在电子设备遭受的雷击事故中，

雷电过电压沿电源线侵入设备而造成的雷击故障大约要占80%，现代电子设备尤其容易遭受过电压的破坏，过电压对电子设备有致命的威胁。建筑物不仅要安装避雷带（针），也应该在进线处安装过电压保护装置。

当防雷装置接受雷击时，雷电流沿着接闪器、引下线和接地体流入大地，并且在它们上面产生很高的电位。如果防雷装置与建筑物内外电器设备、电线或其他金属管线的绝缘距离不够，它们之间就会产生放电现象，这种情况称之为“反击”。反击的发生，可能引起电器设备绝缘被破坏，金属管道被烧穿，甚至会引起火灾、爆炸及人身伤亡事故。为了防止其他事故发生，应当使防雷装置与建筑物金属导体和其他设施之间，保持一定的距离。我国的《建筑物防雷规范》中明确规定：对于第一类防雷建筑物，防雷装置与被保护物之间的距离不应小于3米。

高电位沿导线输入是用电设备被雷击的原因，高电位输入造成的雷击事故，也占雷击事故的大多数，所以凡是有用电装置的地方，都必须对高电位输入加以防备。我国在规范中对不同种类建筑物的间隙距离也分别作出了明确的规定。在因为条件限制而无法达到所规定的间隔尺寸时，应把避雷引线和金属体用金属导线连接起来，使它们成为等位体而避免发生闪击。

当雷电流经引下装置和接地装置时，由于引下装置本身和接地装置都有阻抗，因而会产生较高的电位差，这种电位差有时高达几万伏，甚至几十万伏。这时如果有人或牲畜接触引下装置或接地装置，就会受到雷电流所产生的“接触电压”的危害。为了保证人和牲畜的安全，可将引下装置和接地装置尽可能安装在人和牲畜不易接触到的地方，并在可能的条件下将引下装置在人和牲畜易接触到的部位，加以绝缘保护或隔离起来。

2.7 成果质量保证措施

雷电危害风险评估是研究雷电危害的不确定性，是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。雷电灾害风险评估中的很多方法建立在大量数据的基础上，进行雷电灾害风险评估旨在从总体上把握建筑物抵抗雷电闪击的能力。

分析雷击对建筑物所造成的损害类型和造成损害的致灾因子间的因果关系，然后通过估算损害概率，并与建筑物本身的承灾力进行对比，最终得出经济适用的防雷措施。这一系列的评估程序，对防雷设计者提供了一个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，具有更大的经济效益。

第三章 现场勘测及数据采集分析

3.1 现场勘测说明

2020年6月至7月，在郑州市气象局上街区直属分局对我公司工作的支持配合下，对郑州市上街区整个区域（ 61.73km^2 ）进行地理位置信息采集，根据现场情况进行现场环境情况记录和地表土壤性质状况记录，为雷电灾害风险区域评估提供基础资料。

3.1.1 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可靠科学的土壤电阻率。

3.1.2 内容

- （1）勘查记录郑州市上街区整个区域的地势、天然地物、人工地物的位置及地表形态，片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）勘测上街区内重要设施的地理坐标、周围环境以及人员分布等情况；
- （3）测量上街区域内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) 使用定位仪，在上街区内对拟建的大型项目所在地采集地理信息，并对片区内的主要公共设施所在地采集地理信息；

(2) 使用大型勘测仪器在上街区内对具有代表性的在建的及未建的项目所在地采集地理信息，并进行土壤电阻率数据采集。

3.2 地理环境

郑州市面积约 1010 km^2 ，地处华中地区，总的地势为西南高、东北低，呈阶梯状下降，由西部、西南部构造侵蚀中低山，逐渐下降过渡为构造剥蚀丘陵、黄土丘陵、倾斜（岗）平原和冲积平原，形成较为完整的地貌序列。郑州市属北温带大陆性季风气候，冷暖气团交替频繁，春夏秋冬四季分明。冬季漫长而干冷，雨雪稀少；春季干燥少雨多春旱，冷暖多变大风多；夏季比较炎热，降水高度集中；秋季气候凉爽，时间短促；流经境内有大小河流有 124 条，流域面积较大的河流有 29 条，分属于黄河和淮河两大水系。在植物区系划分上属于暖温带落叶阔叶林植被型，植物资源以嵩山植物和黄河湿地植物为典型。

郑州市上街区位于郑州市辖区西部 38 km 处，规划面积

共约 61.73km^2 。整个区域属黄土丘陵地，处于华北平原、黄河冲积平原扇轴部，为豫东平原和豫西丘陵的交接地带。西、南部承接丘陵山地，地势起伏不平，大部分位于古黄河一、二、三级阶地上，按地貌形态及成因类型，自南而北可划分为风成黄土岗地，冲洪积倾斜平原和冲积平原三种地貌类型。区内所覆盖的第四系松散堆积物，其浅层黄土岗地区为上更新世风积物；倾斜平原区为上更新世冲洪积物；冲积平原区为全新世冲积物及上更新世冲洪积物。上街区及附近地区地质为第四纪冲积堆积次生黄土层，厚度最深可达 200m 左右。

3.3 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。

上街区土壤为一个土类即褐土类，包括三个亚类——褐土、潮褐土和褐土性土；三个土属是立黄土、潮黄土和白土，共有 5 个土种，分别为立黄土、白立土、潮白土、砂姜底潮白土、白土，面积分别为 4930 亩、10148 亩、4559 亩、2129 亩、2308 亩，分别占辖区土壤总面积的 20.5%、42.2%、18.9%、8.8% 和 9.6%。辖区土壤以轻壤土（白立土、潮白土）为主，占总面积 70%。

上街区土地肥沃，土壤中性偏碱，水溶氟含量较高，靠近中铝河南分公司附近的土壤受工业烟尘、粉尘影响较大，有板结现象。

上街区地处中纬度暖温带地区，各类野生植物和栽培植物种类繁多。绝大多数具有耐旱、耐瘠、适应性强等特点。

土壤环境会较大程度地影响雷电灾害的发生，主要因为不同土壤类型有不同的电导率，从而影响雷电流疏散的难易程序。雷电流疏散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。

3.4 现场勘察

郑州市上街区评估范围为上街区整个区域，规划面积共约 61.73km^2 ，秉承“绿色化、人文化、智慧化、国际化”的新理念，顺应现代城市发展新趋势，以新型城区建设为抓手，融入海绵城市的新概念，着力打造生态田园城区、人文城区、智慧城区，塑造魅力城区新形象，不断提升上街国内国际影响力。建设通航之都、国际陆港、智造基地、田园城区。

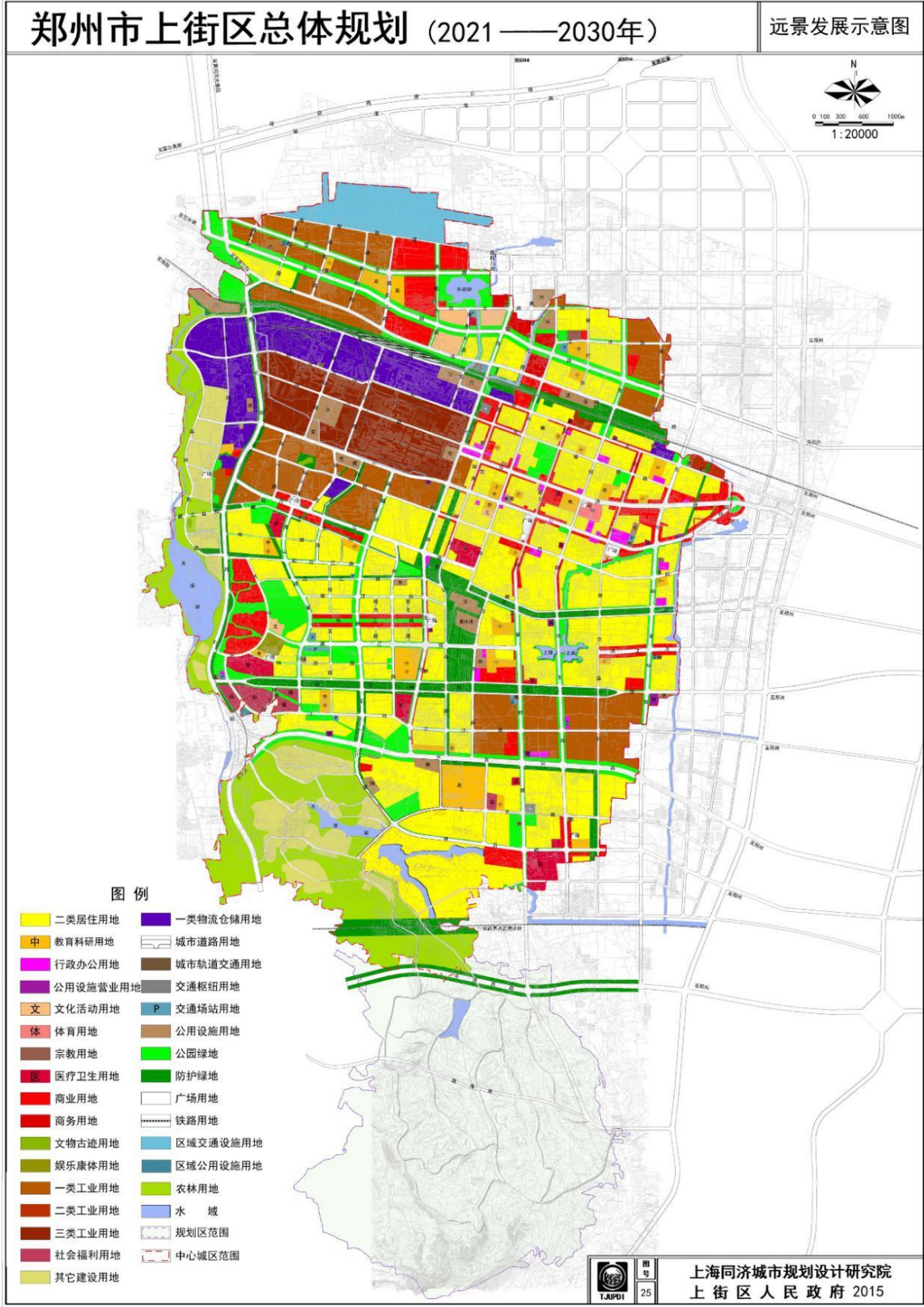


图 3.4-1 上街区远景发展规划图 1

2020 年 7 月下旬，我公司在郑州市上街区内开展了现场勘查工作，我公司利用无人机航拍了上街区近期发展及远景建设的几个具有代表性的项目组团俯瞰图，上街区城区部分已基本建成，远景规划范围大部分区域为围垦区，绿地植被等。



图 3.4-2 近期建设项目组团 1-1



图 3.4-3 近期建设 1-2



图 3.4-4 近期建设项目组团 2-1



图 3.4-5 近期建设项目组团 2-2



图 3.4-6 远景发展俯瞰图 1-1



图 3.4-7 远景发展俯瞰图 1-2

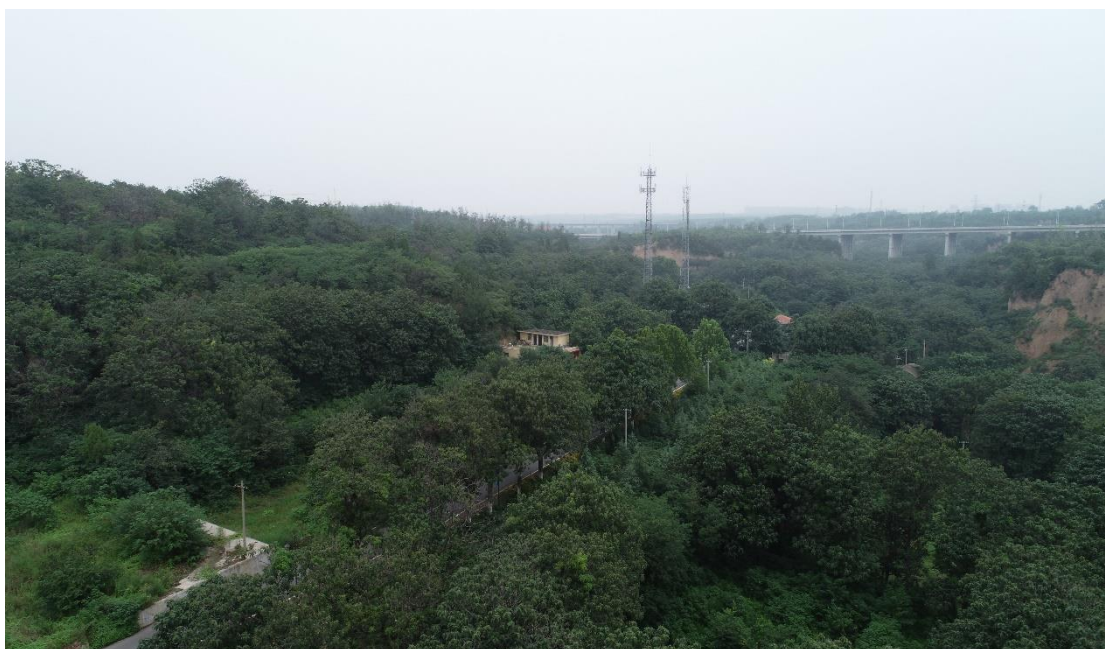


图 3.4-8 远景发展俯瞰图 2-1



图 3.4-9 远景发展俯瞰图 2-2

3.5 基础数据采集

2020 年 7 月下旬，我公司技术人员对郑州市上街区近期建设发展及远景发展规划的重要设施、周边设施、在建及未建项目组团进行了现场基础数据采集。

3.5.1 地理位置参数

2020 年 7 月下旬，我公司技术人员采用定位仪，对上街区进行地理位置测量，详见图 3.5-1，进行地理位置测量的项目如下：

- (1) 重要设施；
- (2) 周边设施；
- (3) 在建及未建项目组团。

3.5.2 土壤电阻率测量说明

土壤电阻率是大地的一种电性参数，土壤的一种基本物理特性，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，它的单位为 $\Omega \cdot m$ 。

3.5.2.1 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。

3.5.2.2 测量方案

根据郑州市上街区的场地条件，按如下方案选择数据采集点进行土壤电阻率测量。

(1) 测量郑州市上街区的重要设施、周边设施、在建及未建项目组团等区域标志性建筑物地理坐标。详见图 3.5-1。

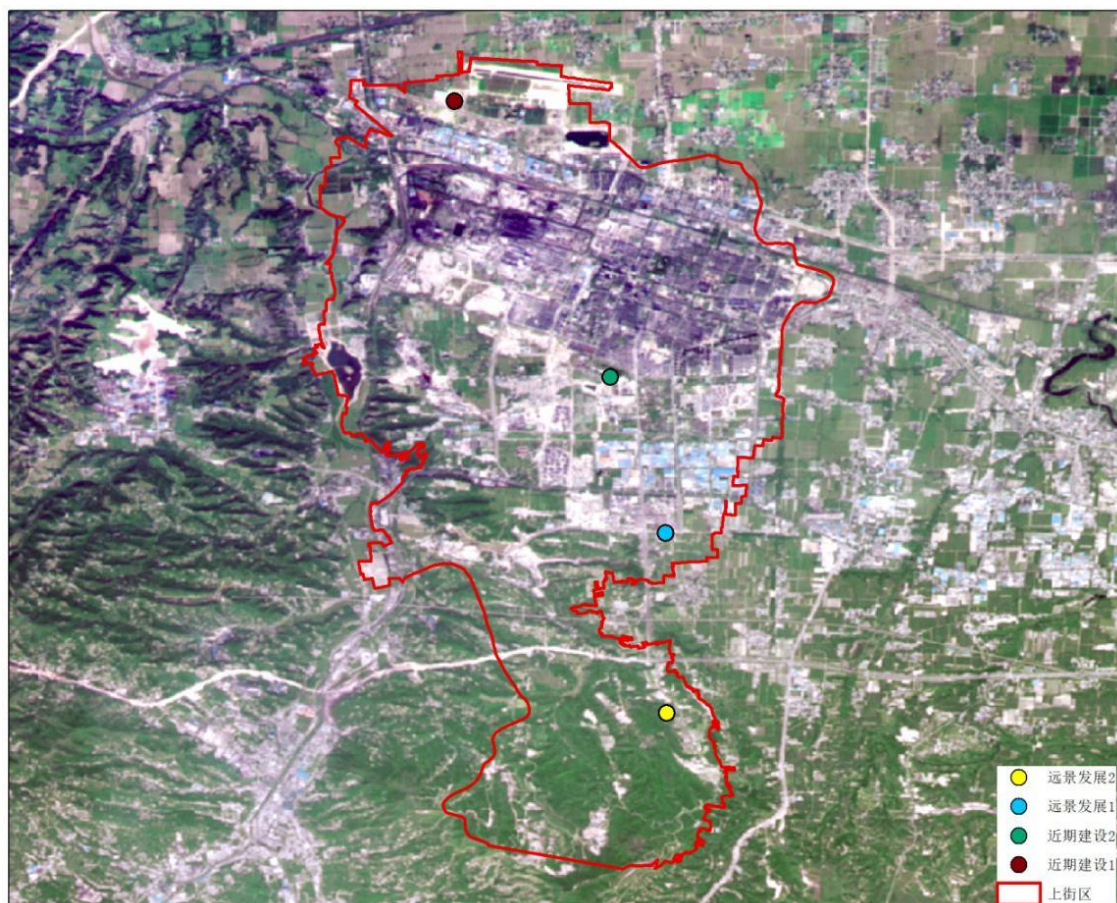


图 3.5-1 项目片区内建设项目及标志性建设项目地理坐标

(2) 测量郑州市上街区建设项目上述上街区重要设施、周边设施，以及在建及未建项目组团下垫层的土壤电阻率，详见表 3.5-5。

3.5.2.3 测量方法

本次土壤电阻率测试按《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 ($\Omega \cdot m$)；

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)，它的电极排列规律是：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：

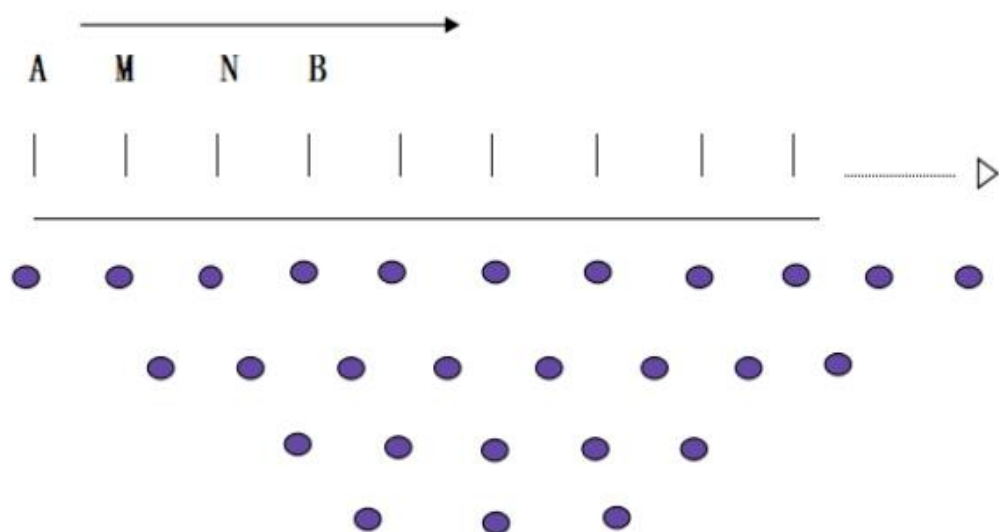


图 3.5-2 高密度跑极方式示意图

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，本报告选取季节系数根据所在地土质确定。

土壤性质	深度 (m)	Ψ_1	Ψ_2	Ψ_3
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： Ψ_1 ——在测量前数天下过较长时间的雨时选用； Ψ_2 ——在测量时土壤具有中等含水量时选用； Ψ_3 ——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。				

表 3.5-1 根据土壤性质决定的季节修正系数表

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、中、深层（0~20m 极间距）范围取平均值。

3.5.3 土壤电阻率测量与分析

为了对郑州市上街区内的土壤电阻率分布情况有一个系统、完整的了解。我公司技术人员于 2020 年 7 月下旬，对该区域内近期建设项目和远景发展规划项目组团，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。现场测试数据的分析或许是测量过程中最困难的，且由于土壤构造的不均匀性，土壤电阻率的变化是大且复杂的。

采集前三天无降水，数据测量作业时无降水。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选取季节系数根据所在地土质和土壤湿润程度确定。

采集数据如表 3.5-2 至 3.5-6，测点位置土壤电阻率断面图和勘测照片见图 3.5-3 至 3.5-10。

3.5.3.1 近期建设 1

近期建设项目组团 1 现场采集土壤电阻率数据如表 3.5-2, 土壤电阻率断面图如图 3.5-3, 现场勘测照片如图 3.5-4。

表 3.5-2 土壤电阻率测量表 (单位 $\Omega \cdot m$)

近期建设项目组团 1	供电极距 (AB/2) (m)								
	土壤电阻率 ($\Omega \cdot m$)								
1	2	4	6	8	10	12	14	16	18
测点 1	32.9	29.3	23.2	22.9	21.5	21.1	19	21.4	22.4

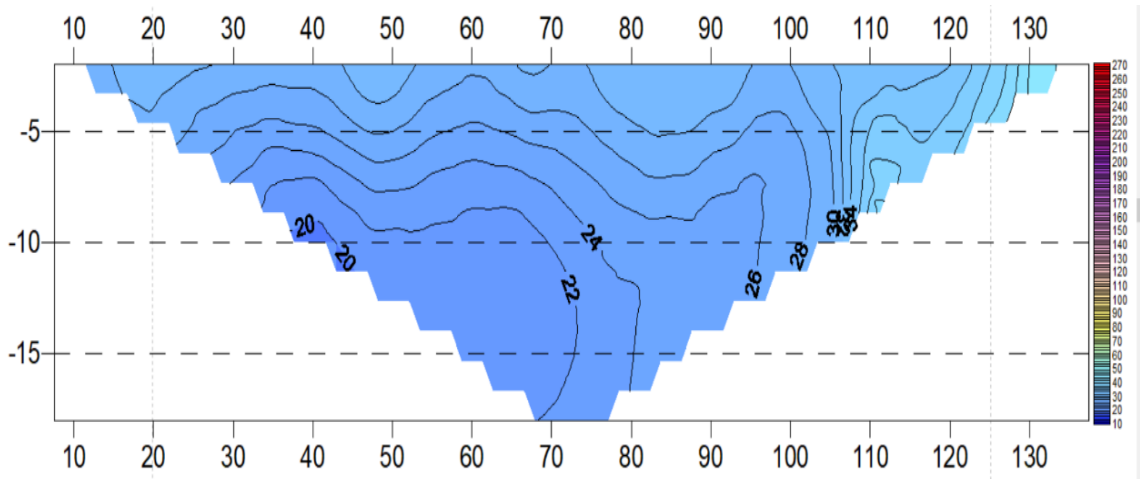


图 3.5-3 土壤电阻率断面图 1



图 3.5-4 现场勘测照片 1

3.5.3.2 近期建设 2

近期建设项目组团 2 现场采集土壤电阻率数据如表 3.5-3, 土壤电阻率断面图如图 3.5-5, 现场勘测照片如图 3.5-6。

表 3.5-3 土壤电阻率测量表 (单位 $\Omega \cdot m$)

近期建设项目组团 2	供电极距 (AB/2) (m)								
	土壤电阻率 ($\Omega \cdot m$)								
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18
测点 1	82.5	60.2	45.5	43.6	38.5	36.1	32.4	35.9	37.7

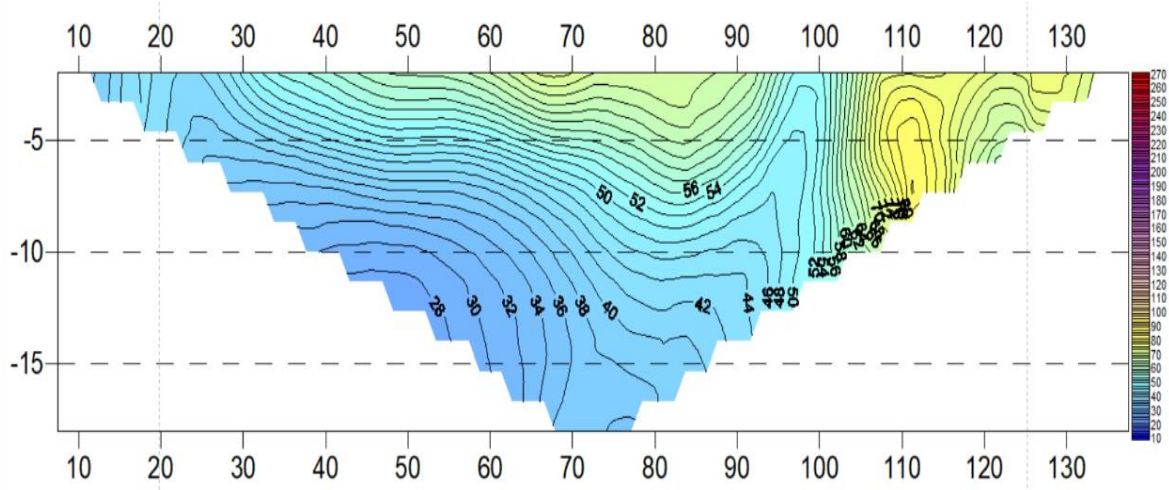


图 3.5-5 土壤电阻率断面图



图 3.5-6 现场勘测照片

3.5.3.3 远景发展规划 1

远景发展规划 1 现场采集土壤电阻率数据如表 3.5-4，土壤电阻率断面图如图 3.5-7，现场勘测照片如图 3.5-8。

表 3.5-4 土壤电阻率测量表（单位 $\Omega \cdot m$ ）

远景发展 规划 1	供电极距 (AB/2) (m)								
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
测点 1	50.2	53.2	51.9	44.6	38.1	30.9	30.1	29.7	28.4

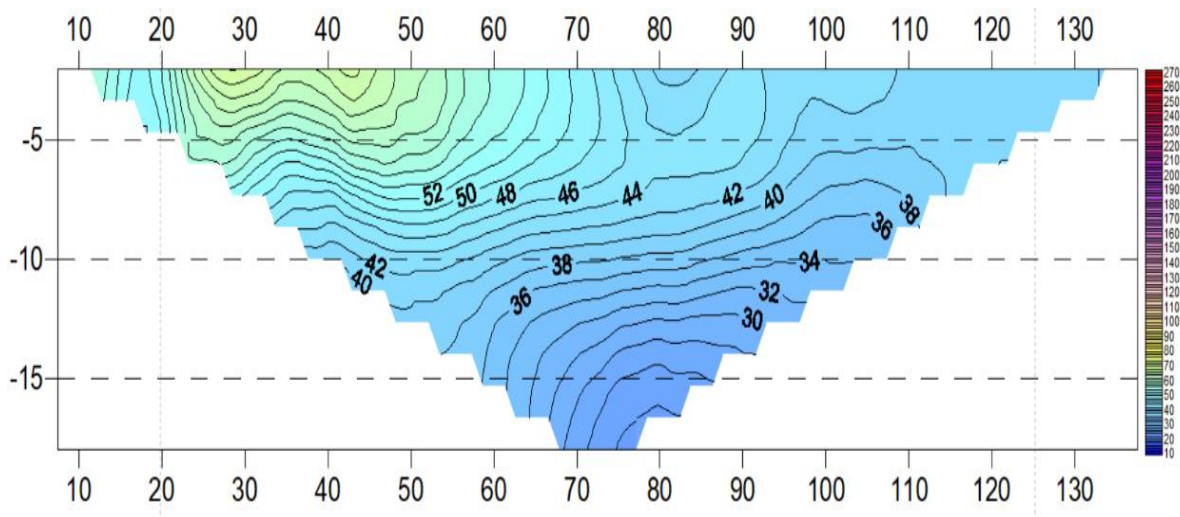


图 3.5-7 土壤电阻率断面图



图 3.5-8 现场勘测照片

3.5.3.4 远景发展规划 2

远景发展规划 2 现场采集土壤电阻率数据如表 3.5-5，土壤电阻率断面图如图 3.5-9，现场勘测照片如图 3.5-10。

表 3.5-5 土壤电阻率测量表（单位 $\Omega \cdot m$ ）

远景发展 规划 2	供电极距 (AB/2) (m)								
	土壤电阻率 ($\Omega \cdot m$)								
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
测点 1	50.7	53.7	52.4	45.3	38.5	36.1	32.4	30.1	28.7

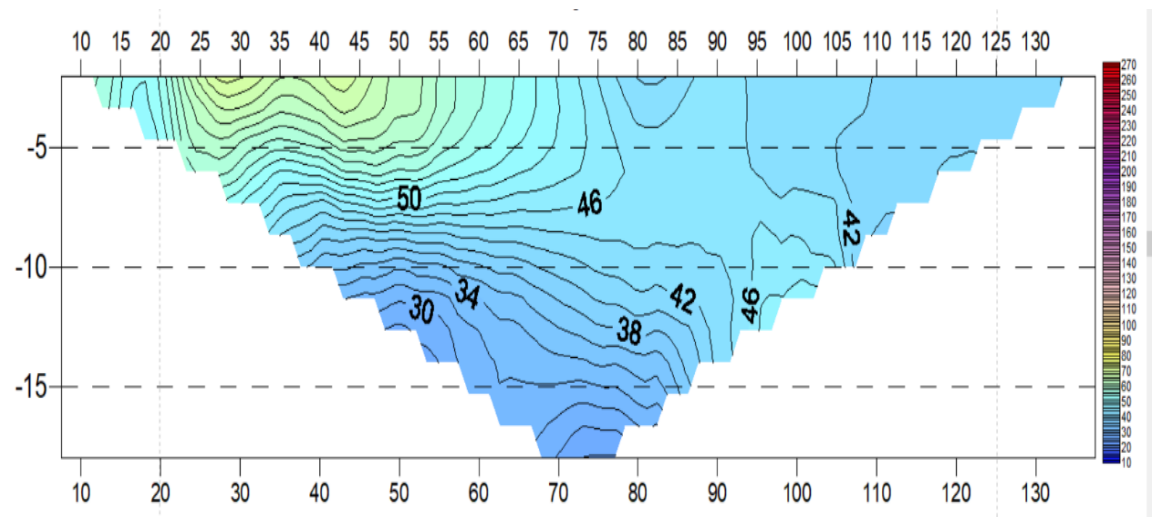


图 3.5-9 土壤电阻率断面图



图 3.5-10 现场勘测照片

表 3.5-6 上街区土壤电阻率数据汇总表 (单位 $\Omega \cdot m$)

项目	经度	纬度	土壤电阻率 ($\Omega \cdot m$)								供电极距 (AB/2) (m)				季节 调节 系数
			2	4	6	8	10	12	14	16	18				
近期建设项目组团 1	113.260690°	34.838597°	32.9	29.3	23.2	22.9	21.5	21.1	19.0	21.4	22.4			1.2	
近期建设项目组团 2	113.284782°	34.795865°	82.5	60.2	45.5	43.6	38.5	36.1	32.4	35.9	37.7			1.2	
远景发展规划 1	113.293418°	34.771707°	50.2	53.2	51.9	44.6	38.1	30.9	30.1	29.7	28.4			1.2	
远景发展规划 2	113.293544°	34.743861°	50.7	53.7	52.4	45.3	38.5	36.1	32.4	30.1	28.7			1.2	

3.6 工程现场勘测

(1) 我公司技术人员于 2020 年 7 月下旬完成了郑州市上街区内的重点设施、周边设施，片区内近期建设项目组团和远景发展规划的在建及未建项目现场基础数据采集。

(2) 对郑州市上街区现场测量并记录了共 4 组土壤电阻率数值。从数据中可知，在土层中浅层（测量间距 2m、4m、6m、8m），土壤电阻率值在 22.9~82.5 $\Omega \cdot m$ 均有测值，在土层深层（测量间距 10m、12m、14m、16m、18m）土壤电阻率值在 19.0~38.5 $\Omega \cdot m$ 之间同样均有测值。

(3) 郑州市上街区近期建设项目组团大部分区域已完成建设，少部分区域处于未建或在建，多为围垦区、耕地、植被等；远景发展规划多为绿地植被。上街区测得土壤电阻率数据变化不大，土壤层整体土质大体相同，数据分布比较均匀有规律，整体无大的差别。

从表 3.6-1 可知，上街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的测试的质量，以及接地电阻值的修正起着决定性作用，具有重要的意义。

表 3.6-1 地质期和地质构造与土壤电阻率

土壤电阻率 $\Omega \cdot m$	第四纪	白垩纪 第三纪 第四纪	石炭纪 三叠纪	寒武纪 奥陶纪 泥盆纪	寒武纪前 和寒武纪
1(海水)					
10(特低)		砂质粘土			
30(甚低)		粘土			
100(低)		白垩	白垩		
300(中)			暗色岩		
1 000(高)			辉绿岩		
3 000(甚高)			页岩	页岩	
			石灰石	石灰石	
			砂岩	砂岩	
10 000(特高)	表层为砂砾和石子的土壤			大理石	砂岩
					石英岩
					板石岩
					花岗岩
					片麻岩

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 3.6-1、图 3.6-2。

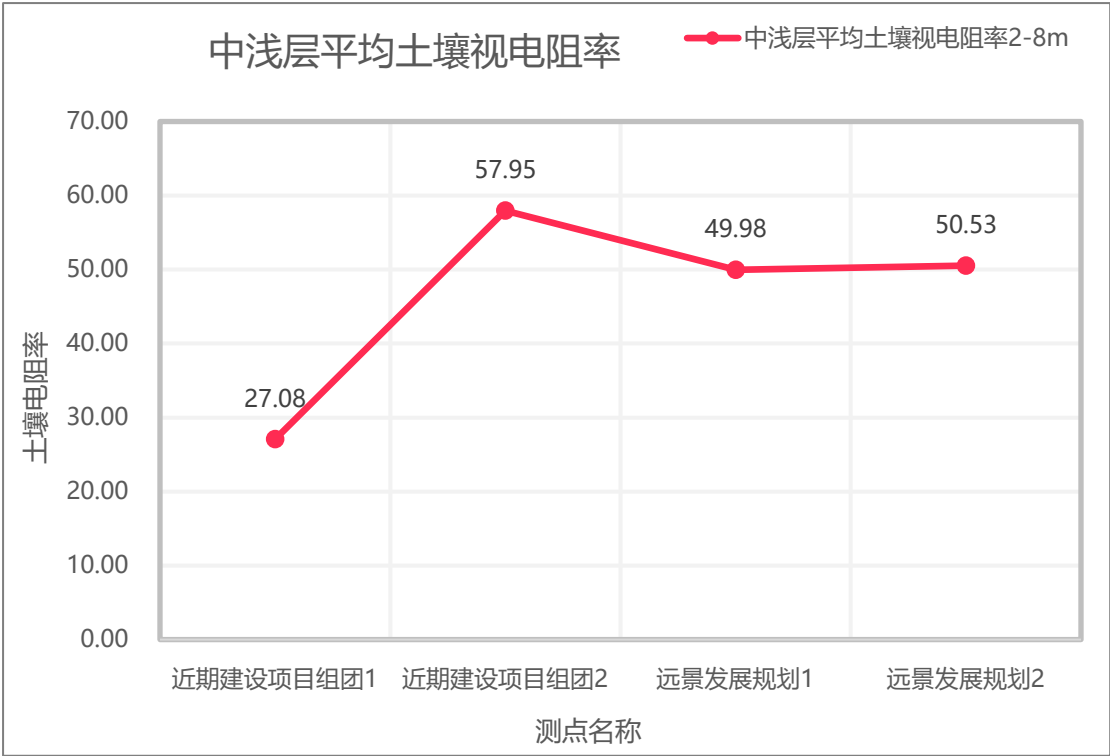


图 3.6-1 各测点中浅层（极间距 0~8m）平均土壤电阻率变化曲线图

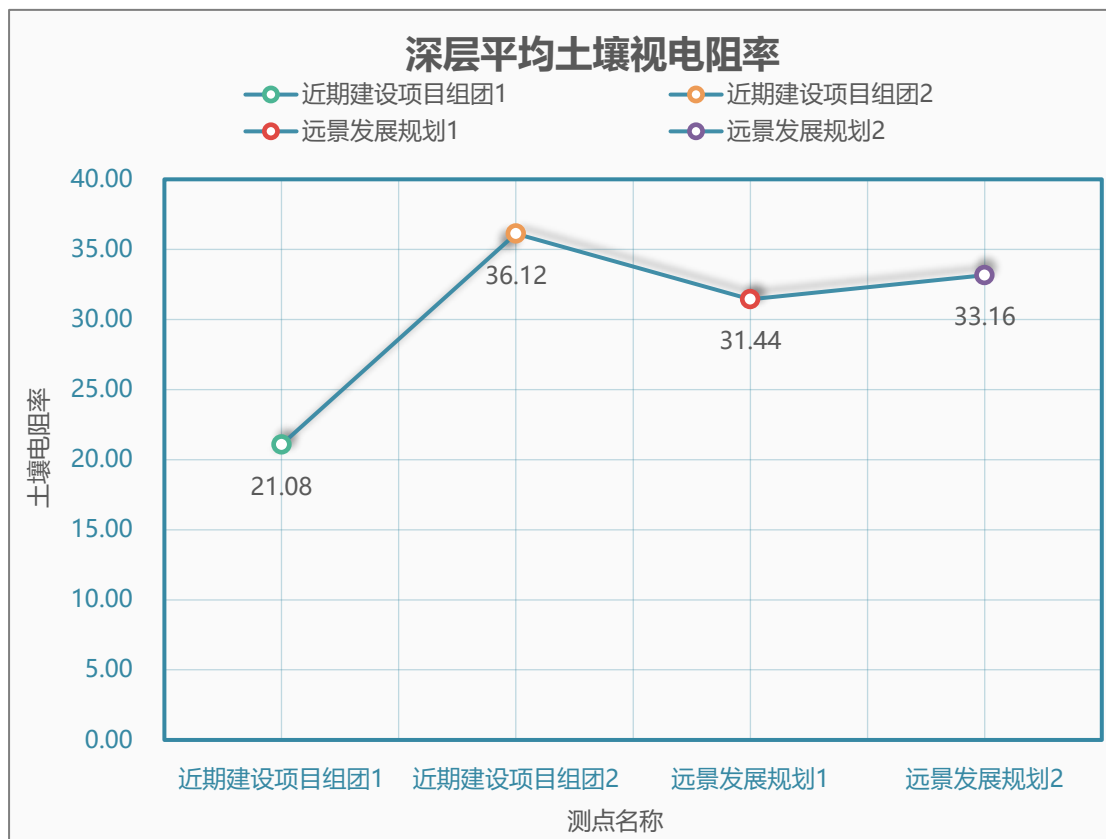


图 3.6-2 各测点深层（极间距 10~18m）平均土壤电阻率变化曲线图

第四章 气候背景分析

4.1 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，冷暖适中、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。而气候对居住环境的影响是长期存在的，气候对建筑的形式和布局等产生了尤其重要的影响，对建筑物内热湿舒适性也有着重要参考价值。不同的气候类型，对建筑物有着不同的要求，不同使用目的的建筑物，也有不同的建筑特性，为达到健康、安全、舒适这三大建筑要求的基础上，更好的实现资源利用和管理，就要求更加重视和利用气候因素。

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；沿海地区要防台风、寒湿、积水等；这些是宏观选址要考虑的，但还要注重具体地点的小气候和微气候情况。

本章节主要是利用郑州国家基准气候站 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。

4.2 资料来源及说明

采用 1990～2019 年郑州国家基准气候站观测资料，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，分析统计其累年统计值。

4.3 气温

根据 1990-2019 年郑州国家基准气候站气温资料统计（图 3.1-1），年平均气温为 15.3℃，冬季平均气温 2.6℃，春季平均气温 16.2℃，夏季平均气温 26.9℃，秋季平均气温 15.6℃。最冷月出现在 1 月份，最热月出现在 7 月份。

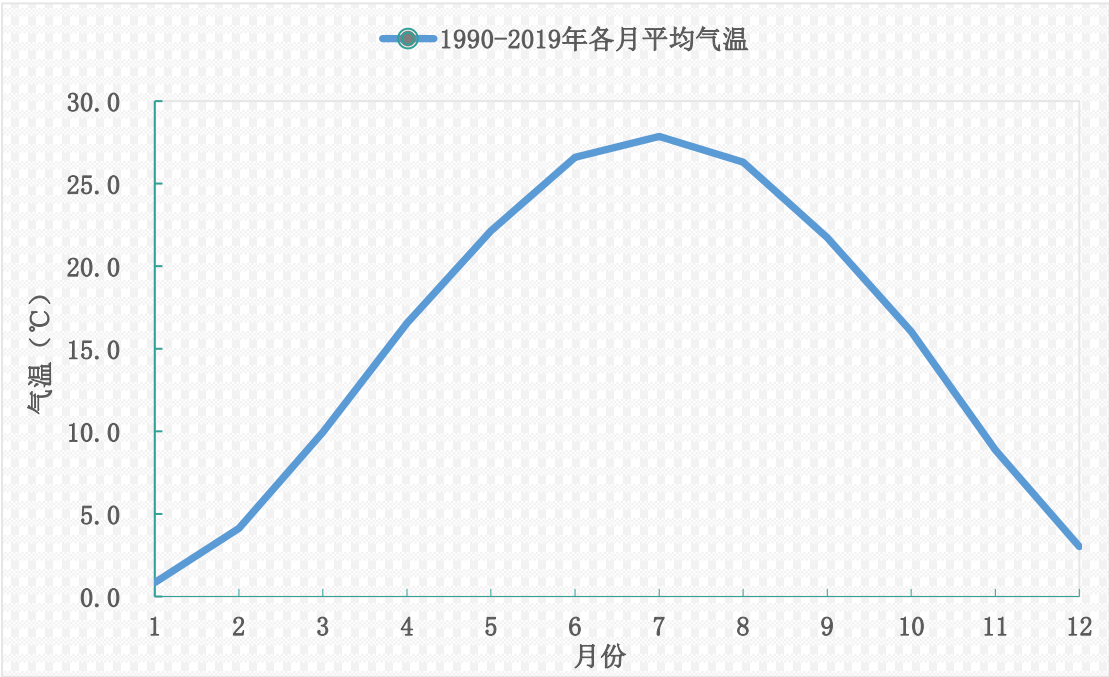


图 4.3-1 1990-2019 年郑州站各月平均气温变化

从 1990-2019 年郑州国家基准气候站气温逐年变化（图 4.3-2）可见，2017 年平均气温最高，为 16.8°C ，1991 年平均气温最低，为 13.9°C 。



图 4.3-2 1990-2019 年郑州站逐年平均气温变化

4.4 气压

根据 1990-2019 年郑州国家基准气候站气压资料统计（图 4.4-1），年平均气压值为 1003.7hPa ，各月的平均气压值介于 990.8hPa - 1014.5hPa ，其中最高月出现在 12 月份和 1 月份，最高气压值为 1014.5hPa ，最低气压出现在 7 月份，平均气压值是 990.8hPa 。

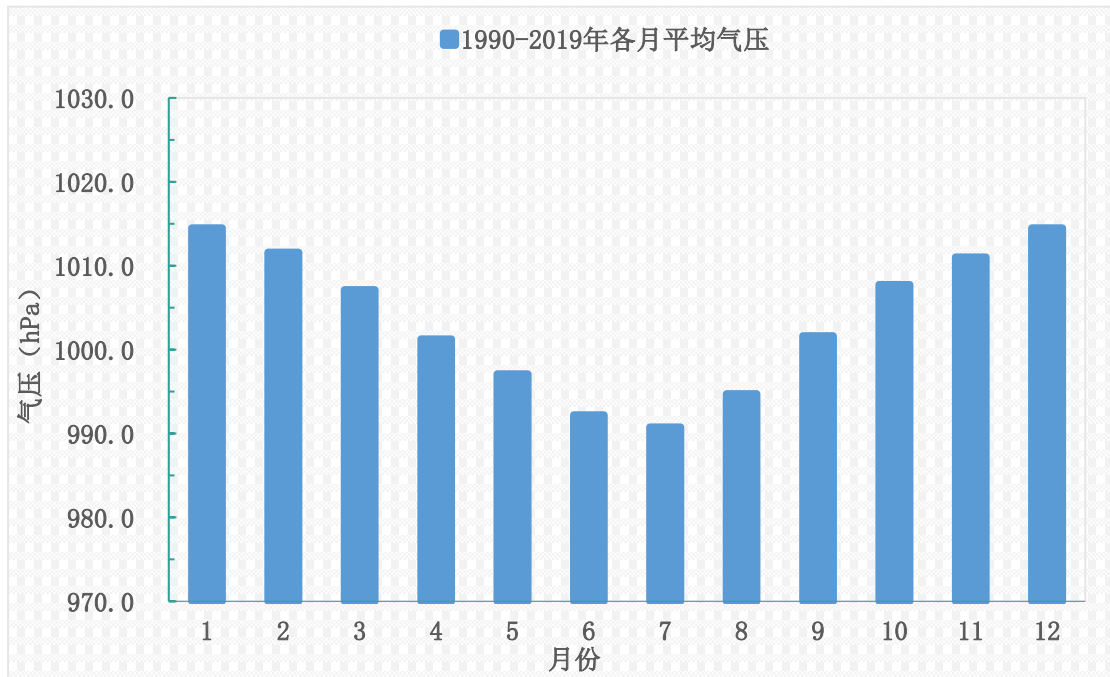


图 4.4-1 1990-2019 年郑州站各月平均气压变化

根据 1990-2019 年郑州国家基准气候站气压逐年变化 (图 4.4-2) 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。

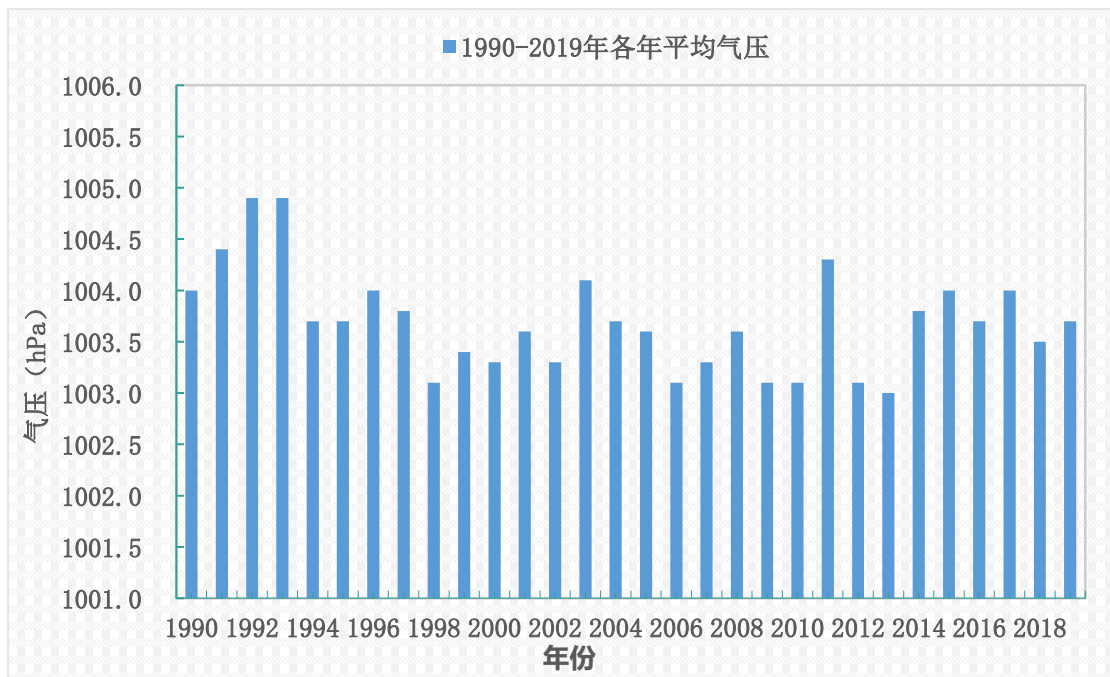


图 4.4-2 1990-2019 年郑州站逐年平均气压变化

4.5 降水

根据 1990-2019 年郑州国家基准气候站降水量资料统计（图 4.5-1），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%。春季平均降水量 118.3mm，占全年降水量 18.6%；夏季平均降水量 342.2mm，占全年降水量 53.9%；秋季平均降水量 143.6mm，占全年降水量 22.6%；冬季平均降水量 31.3mm，占全年降水量 4.9%，冬季降水量最少。

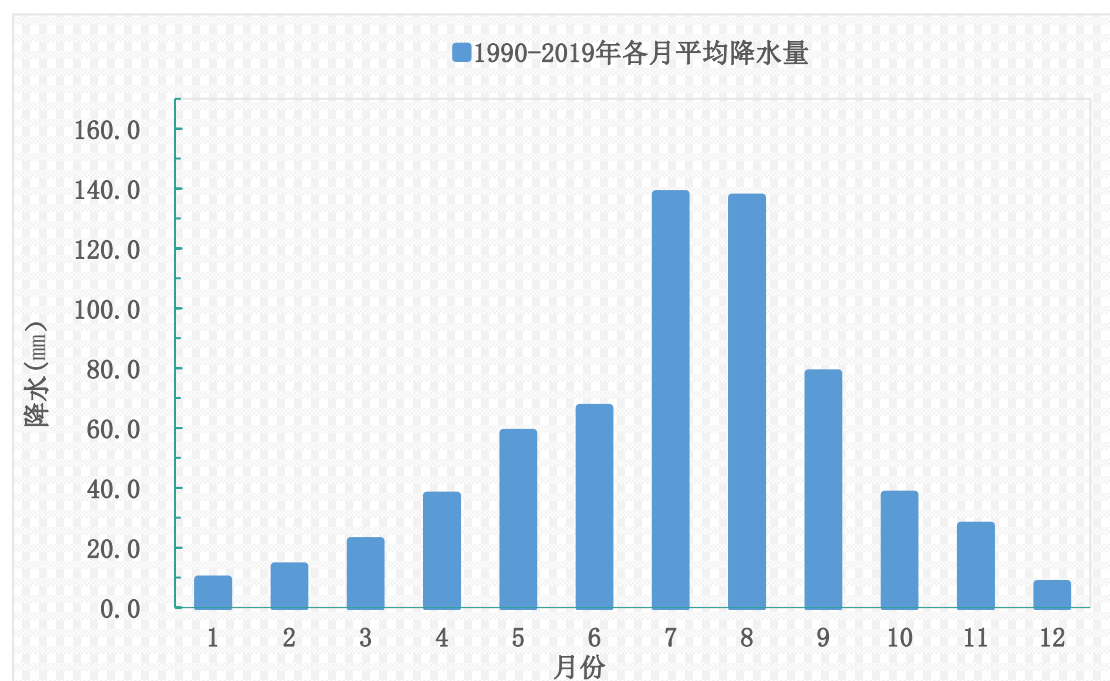


图 4.5-1 1990-2019 年郑州站各月平均降水量变化

根据 1990-2019 年郑州国家基准气候站降水量逐年变化（图 4.5-2）可见，年降水量 2003 年最多（953.9mm），2013 年最少（353.2mm）。

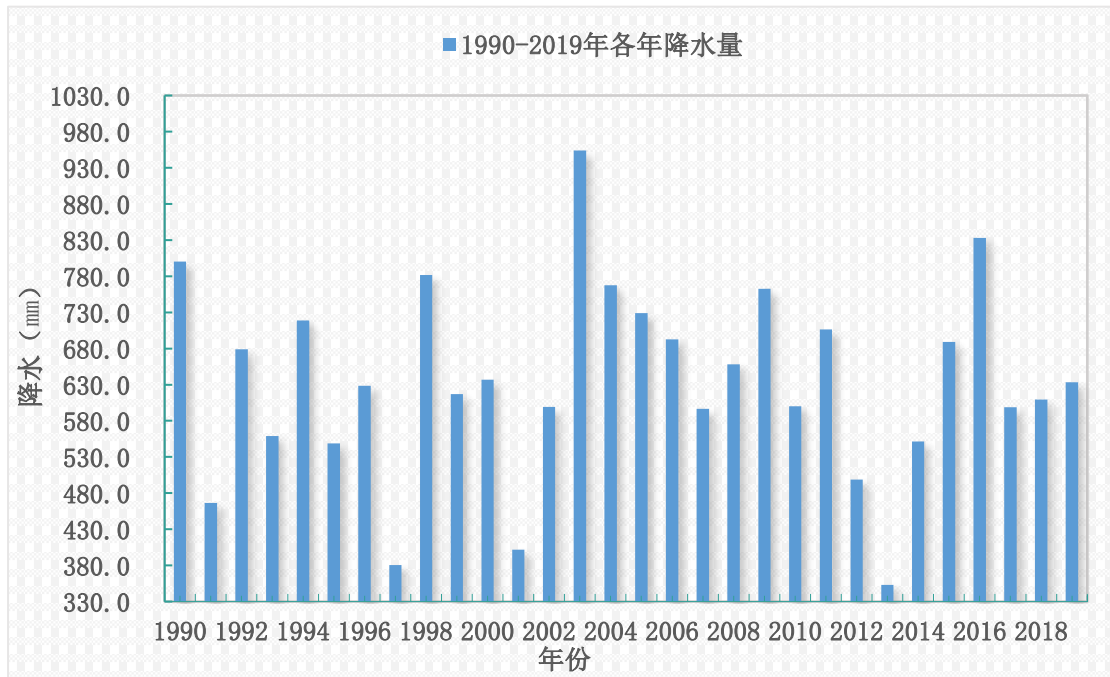


图 4.5-2 1990-2019 年郑州站逐年降水量变化

4.6 相对湿度

根据 1990-2019 年郑州国家基准气候站相对湿度资料统计（图 4.6-1），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%。

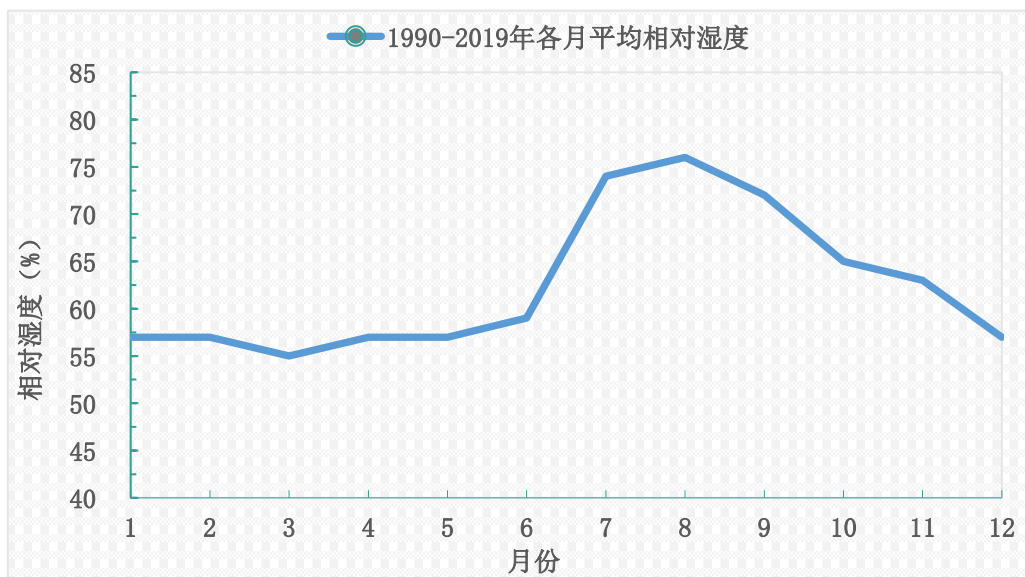


图 4.6-1 1990-2019 年郑州站各月平均相对湿度变化

根据 1990-2019 年郑州国家基准气候站相对湿度逐年变化（图 4.6-2）可见，年平均相对湿度 1990 年最高（74%），2012 年和 2013 年最低（53%）。

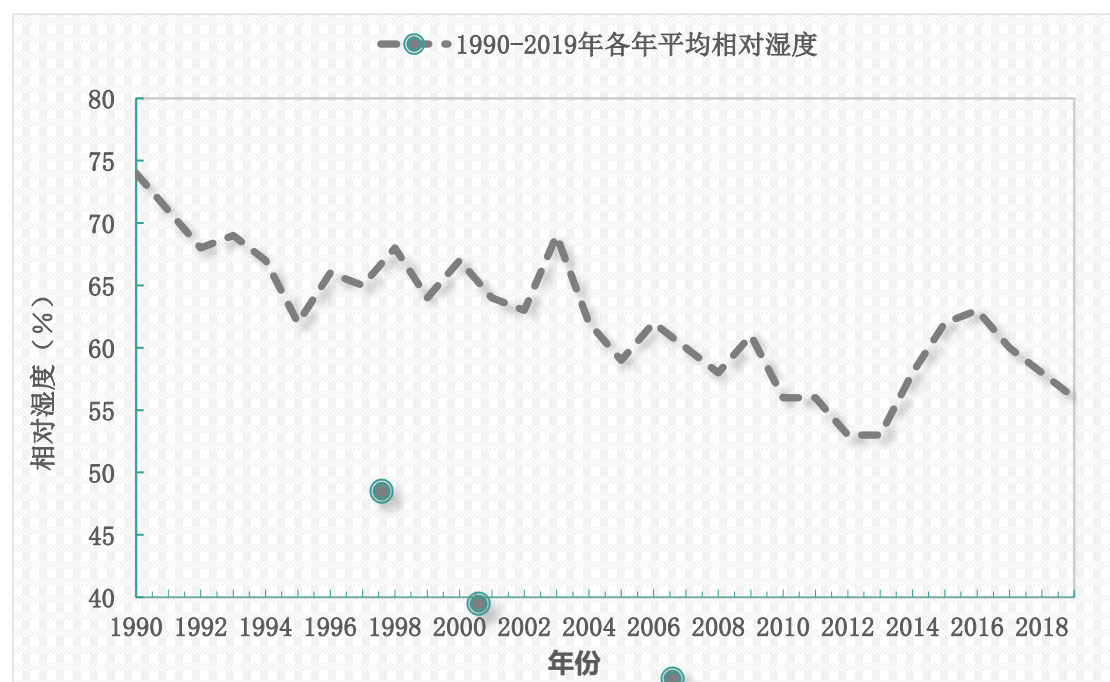


图 4.6-2 1990-2019 年郑州站逐年平均相对湿度变化

4.7 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，取 1 位小数。

根据 1990-2019 年郑州国家基准气候站风向风速资料统计（图 4.7-1），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）。

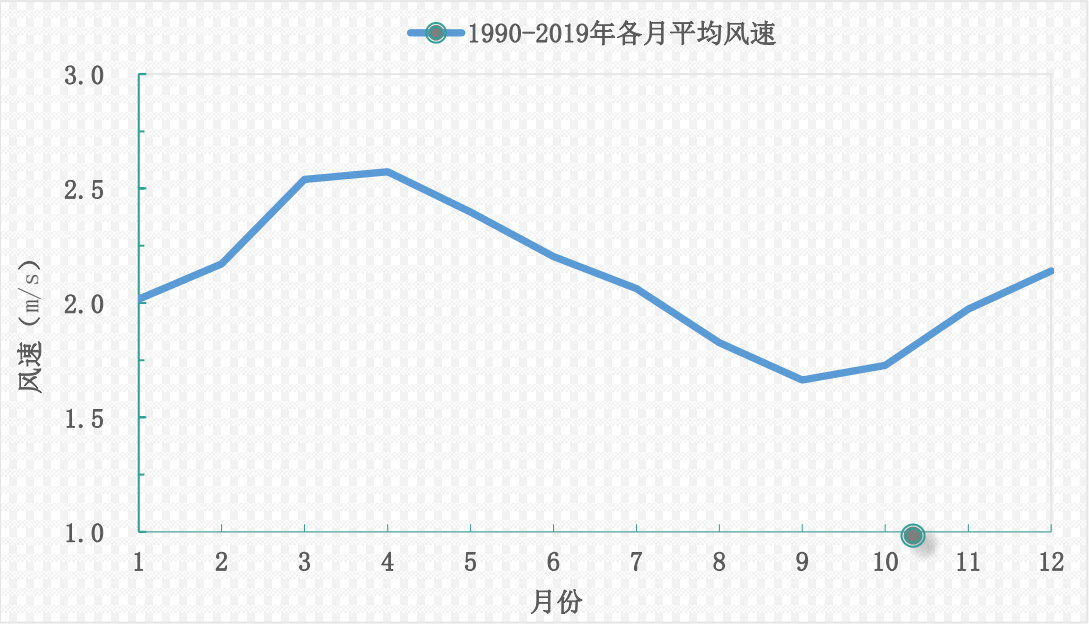


图 4.7-1 1990-2019 年郑州站各月平均风速变化

根据 1990-2019 年郑州国家基准气候站平均风速逐年变化可见（图 4.7-2），年平均风速 2003 年最大，为 2.4m/s ；2019 年最小，为 1.8m/s。



图 4.7-2 1990-2019 年郑州站逐年平均风速变化

根据 1990-2019 年郑州国家基准气候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 4.7-3。

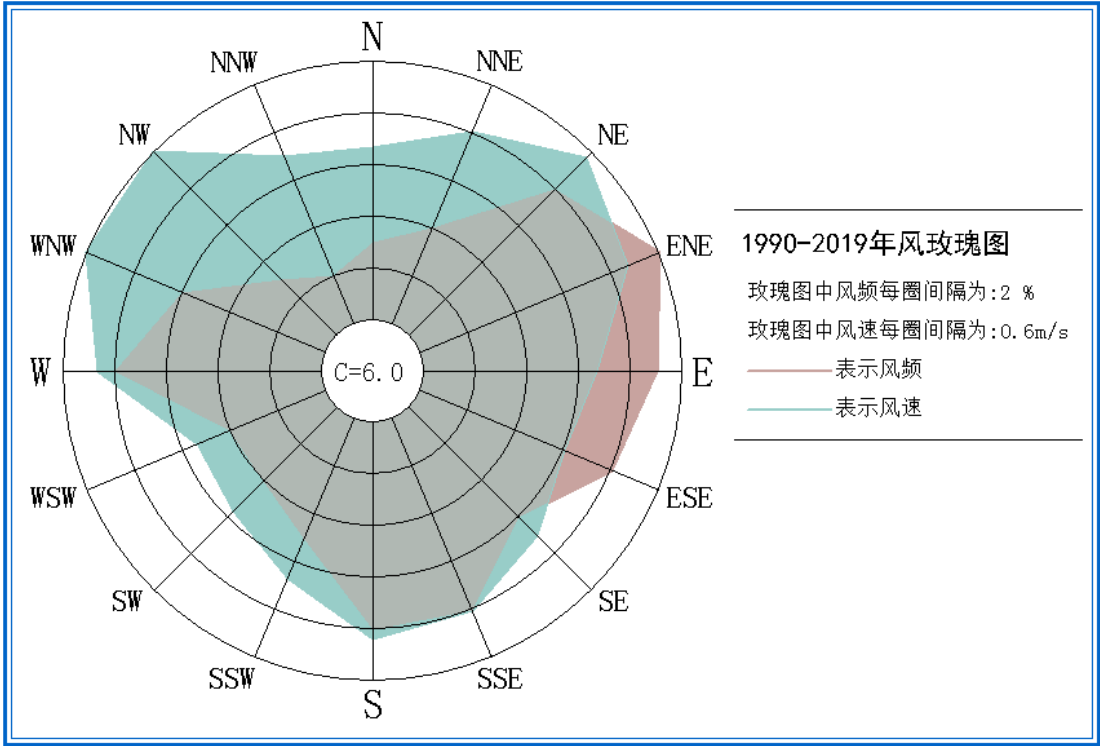


图 3.7-3 1990-2019 年郑州站风向风速玫瑰图

风向的季节变化比较明显（表 4.7-3），春季出现频率最多的风向是南风（12%），夏季出现频率最多的风向是南风（10%），秋季出现频率最多的风向是东北风（9%），冬季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 4.7-4。

根据 1990-2019 年郑州国家基准气候站风向出现频率资料统计（图 4.7-5、图 4.7-6、图 4.7-7）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 4.7-3 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%

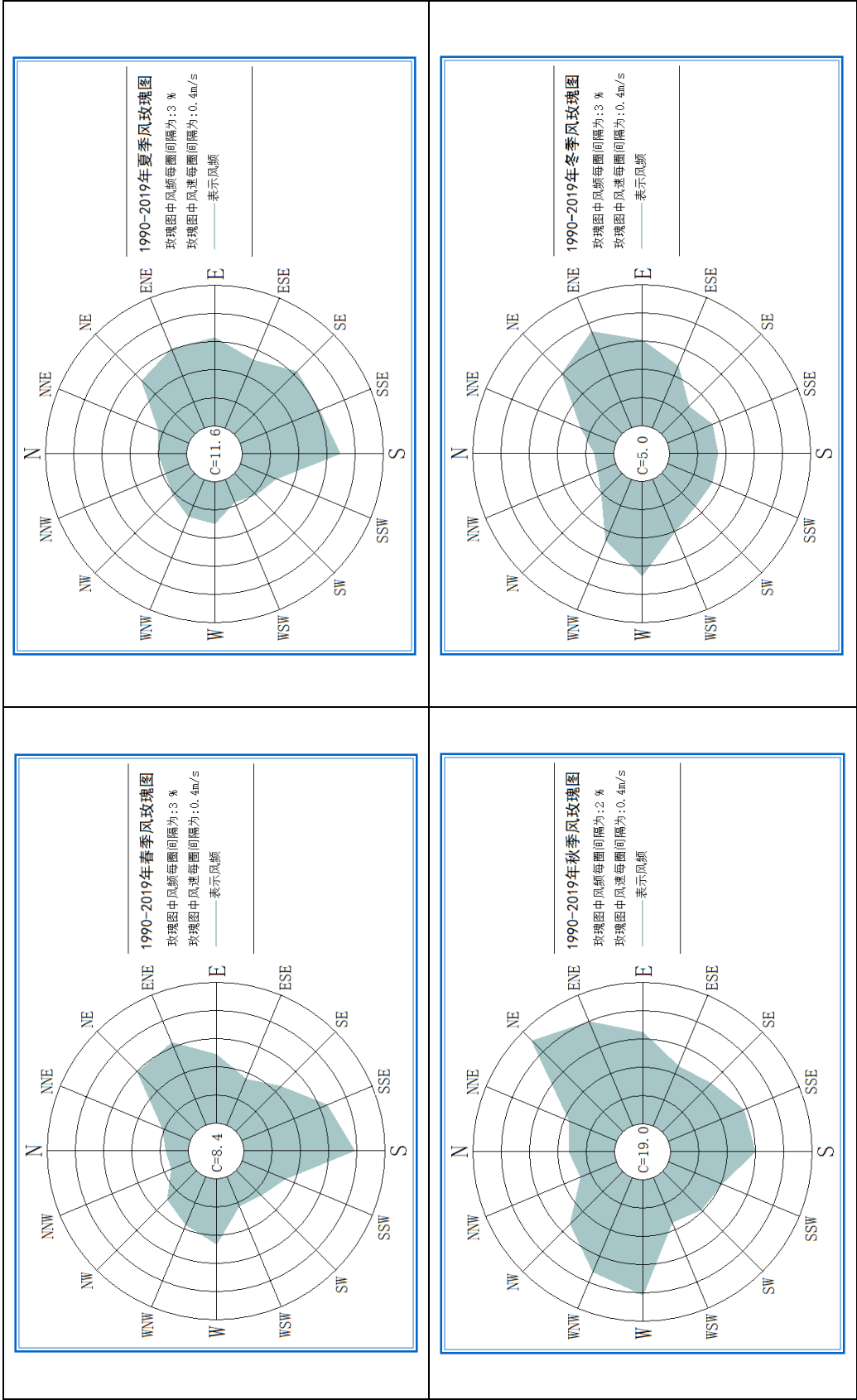
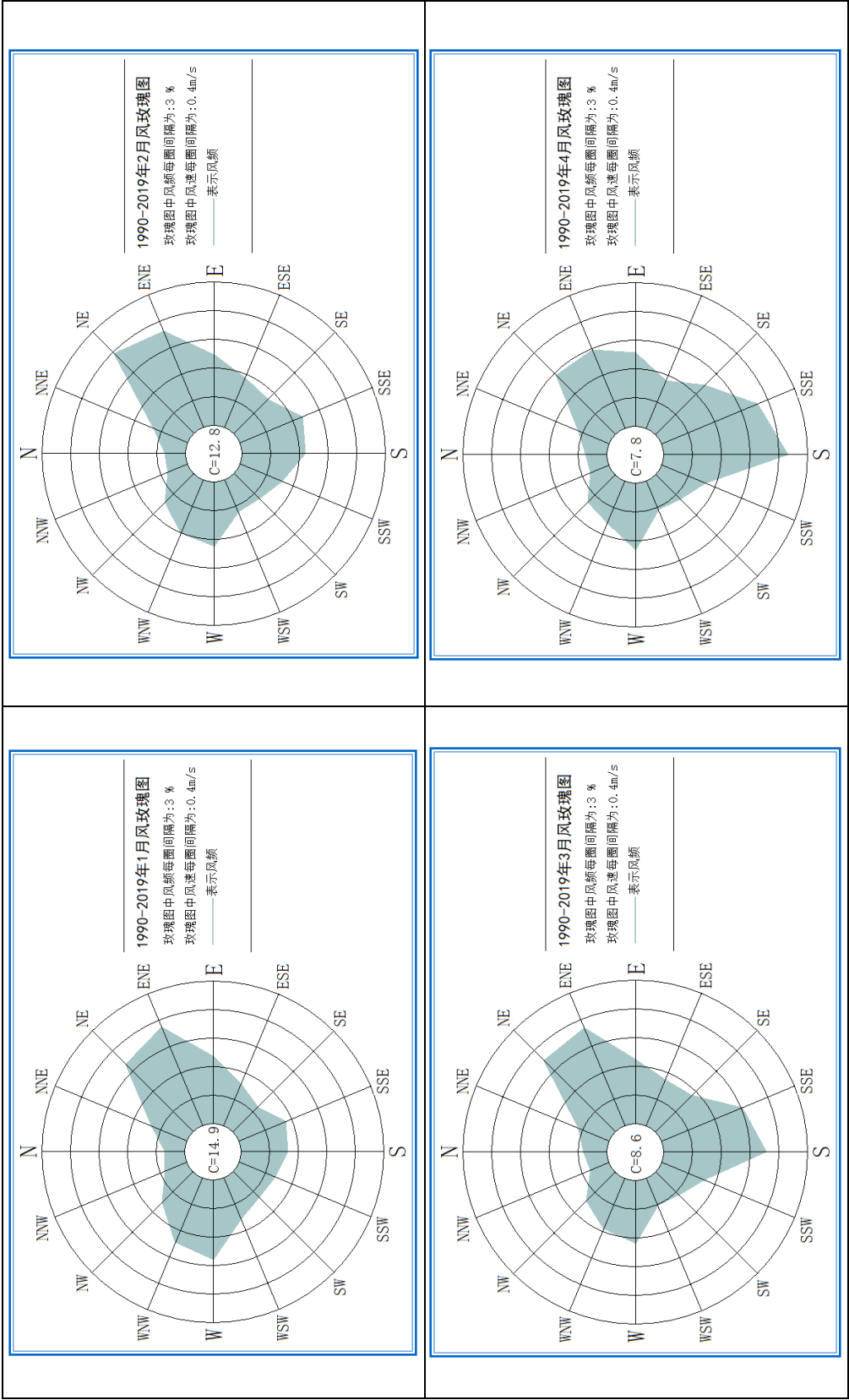


图 4.7-4 1990---2019 年郑州各季节平均风向频率玫瑰图

图 4.7-5 1990-2019 年郑州站 1-4 月份平均风向频率玫瑰图



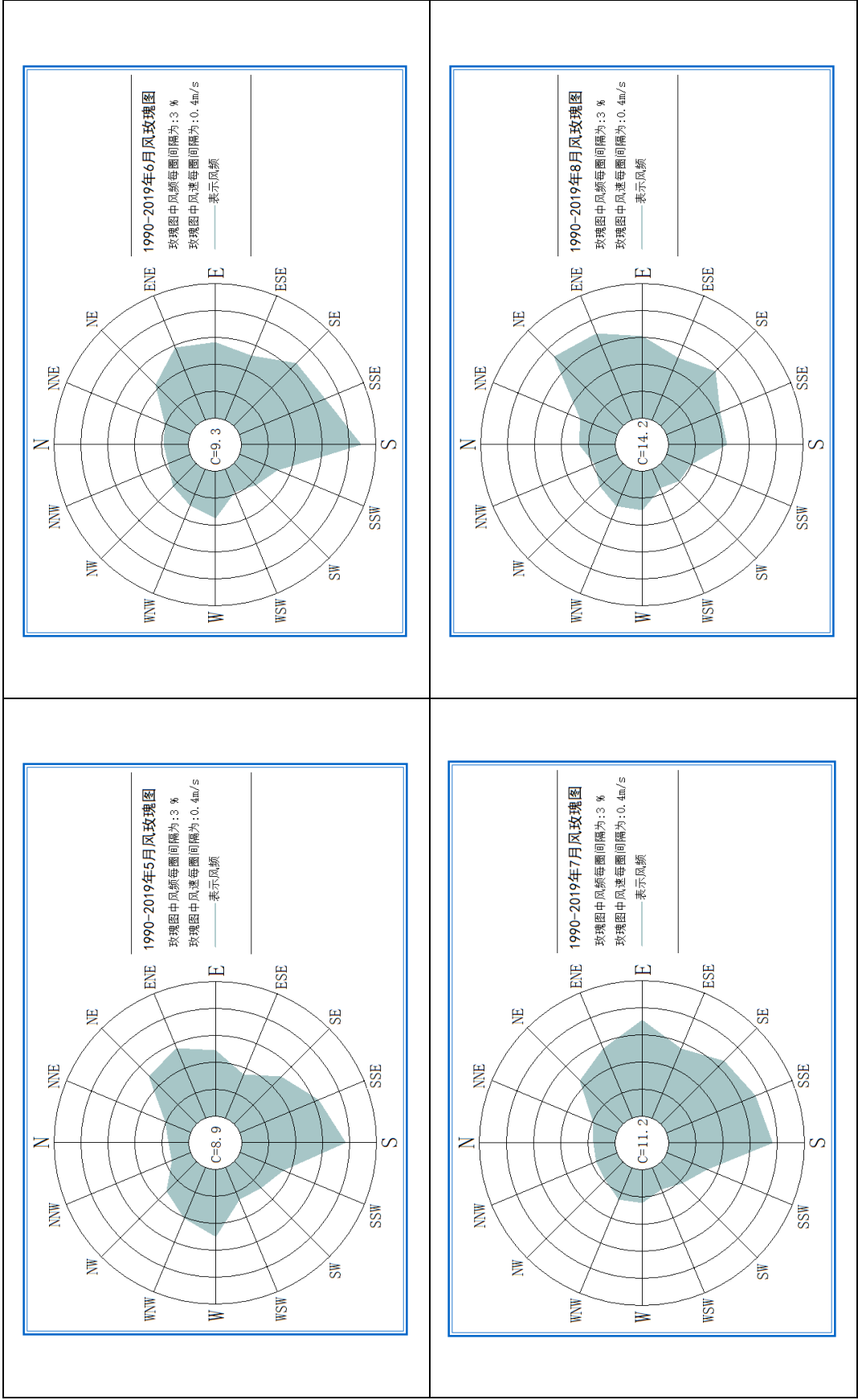
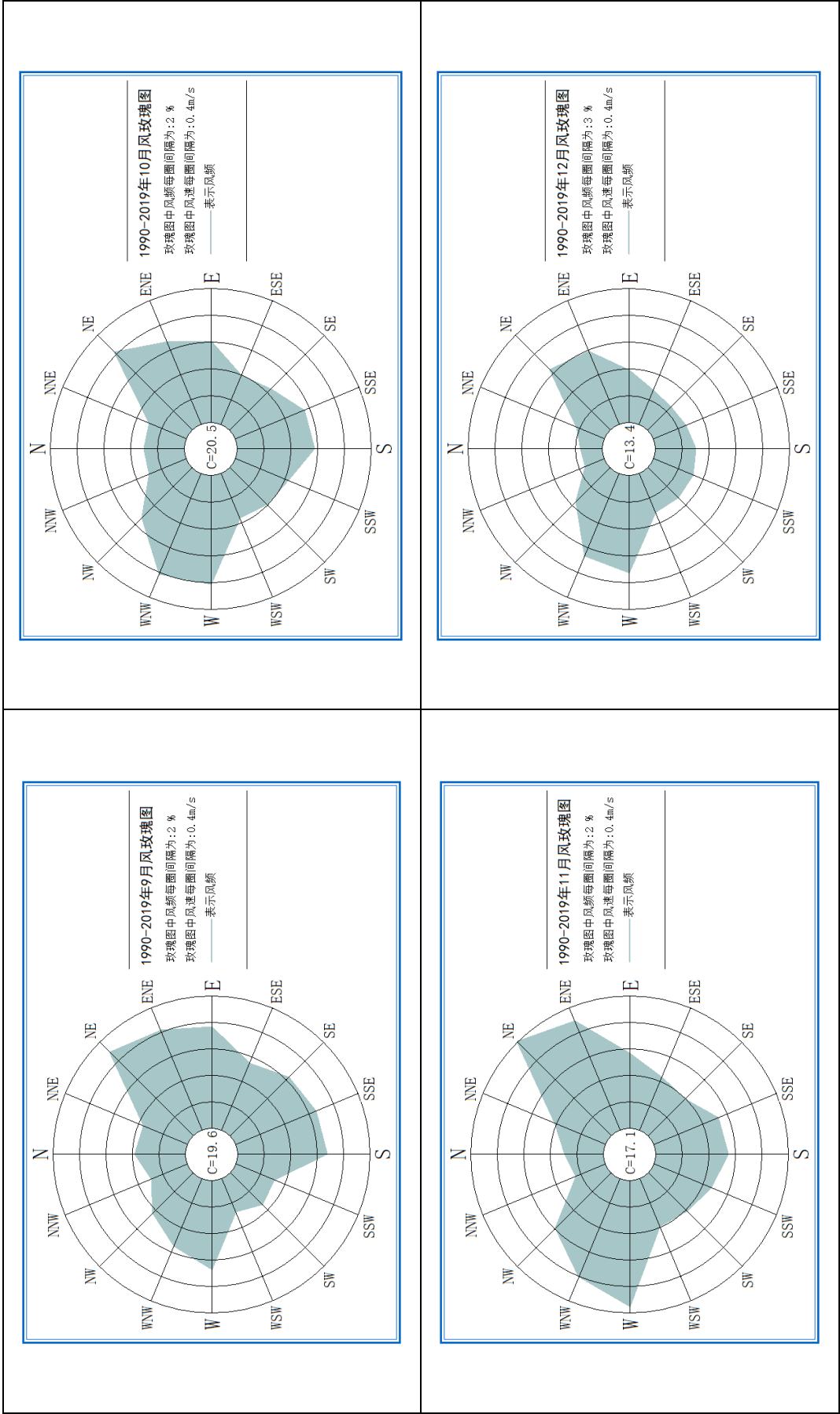


图 4.7-6 1990-2019 年郑州站 5-8 月份平均风向频率玫瑰图

图 4.7-7 1990-2019 年郑州站 9-12 月份平均风向频率玫瑰图



4.8 极端气温

根据 1990-2019 年郑州国家基准气候站气温资料统计，并进行相关的质量控制（主要利用周边相邻气象站的数据进行比对兼并考虑每个站点的自然环境）。从表 4.8-1 可见，近 30 年极端最高温度均出现在 2011 年 6 月 8 日，其中郑州站极端最高气温 42.5℃，中牟站极端最高气温 40.9℃，新郑站极端最高气温 41.5℃。

表 4.8-1 郑州站与周边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
中牟	19.2	24.5	32.6	35.7	39.4	40.9	39.7	39.6	38.3	34.3	27.8	21.1	40.9
新郑	21.0	24.2	32.2	35.5	40.4	41.5	41.0	38.9	38.6	36.8	28.1	20.7	41.5

从表 4.8-2 可见，郑州站极端最低气温-17.9℃，1990 年 2 月 1 日，中牟站极端最低气温-16.6℃，出现在 1990 年 1 月 31 日，新郑站极端最低气温-17.9℃，出现在 1990 年 2 月 1 日，从图 4.8-1、图 4.8-2。

表 4.8-2 郑州站与周边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
中牟	-16.6	-15.2	-11.7	-1.0	4.3	13.1	16.7	12.1	7.8	0.6	-13.2	-12.3	-16.6
新郑	-14.8	-17.9	-5.3	-1.3	6.0	13.1	17.5	11.6	8.8	-0.5	-10.4	-13.6	-17.9

根据 1990-2019 年郑州国家基准气候站气温资料统计，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



图 4.8-1 郑州站年极端最高气温变化



图 4.8-2 郑州站年极端最低气温变化

4.9 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 4.9-1。

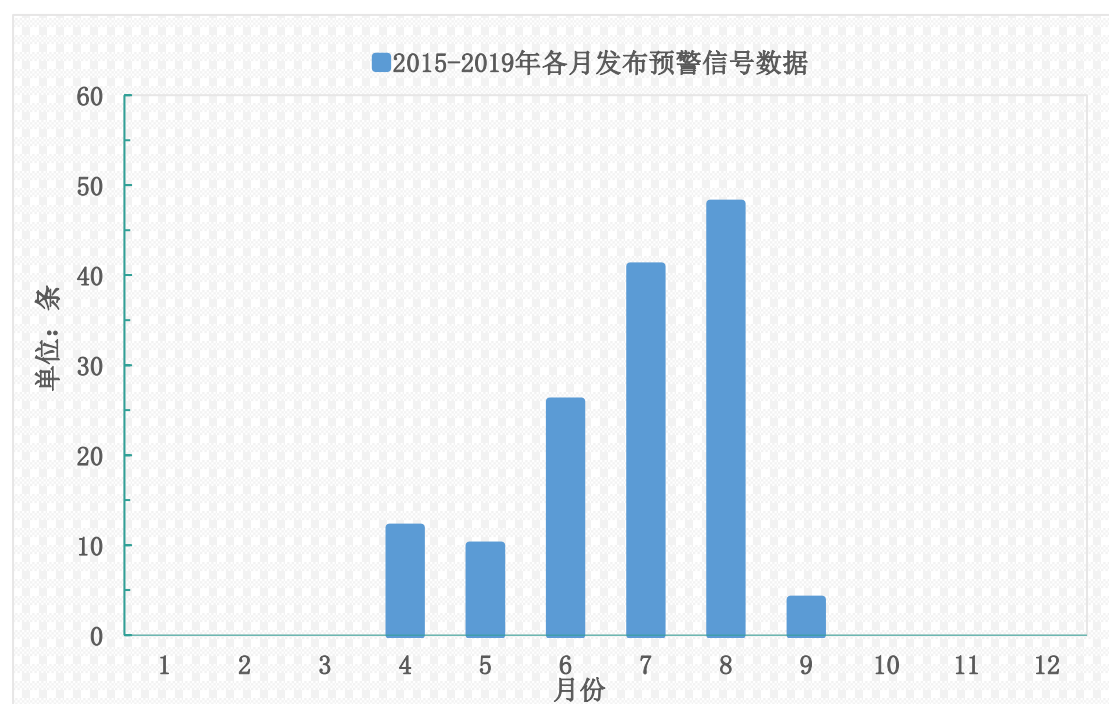


图 4.9-1 2015-2019 年郑州市各月雷电预警信号发布数据

4.10 暴雨日数

暴雨日数为日降水量 $\geq 50\text{mm}$ 的日数。

根据 1990-2019 年郑州国家基准气候站降水量资料统计,从图 4.10-1 可见,暴雨日数为 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。

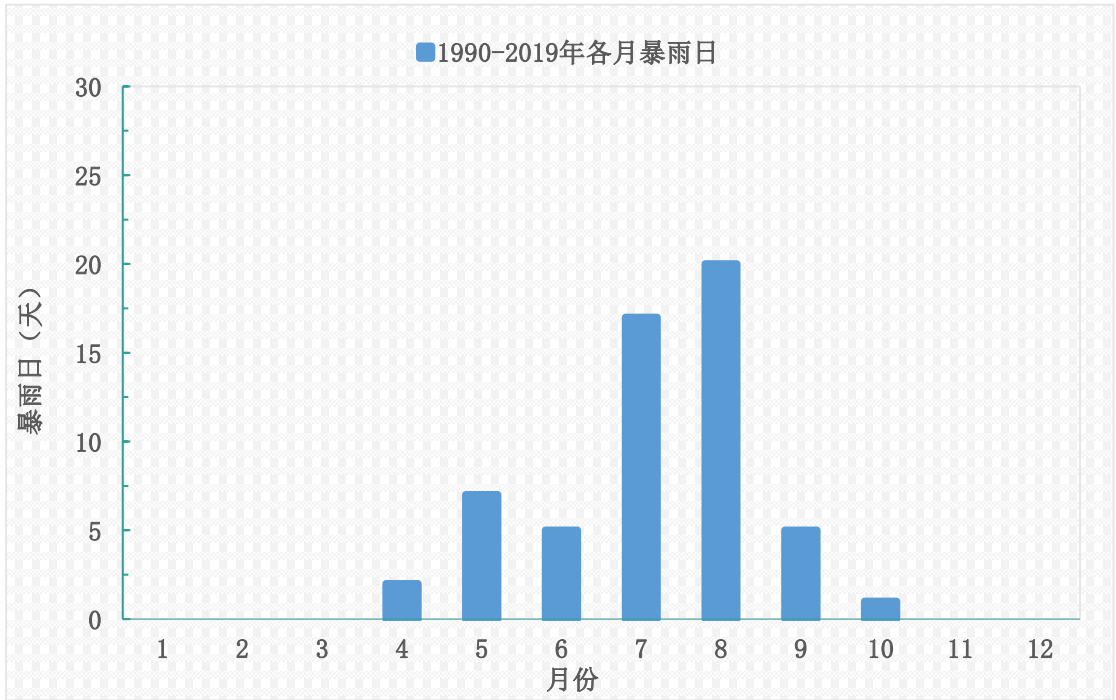


图 4. 10-1 1990-2019 年郑州站各月暴雨日数

4.11 雷暴

雷暴日是一年四季所有发生雷电放电的天数，用 Td 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 年郑州国家基准气候站雷暴资料统计（从 2014 年起，雷暴数据暂停观测）。从图 4. 11-1 可见，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。

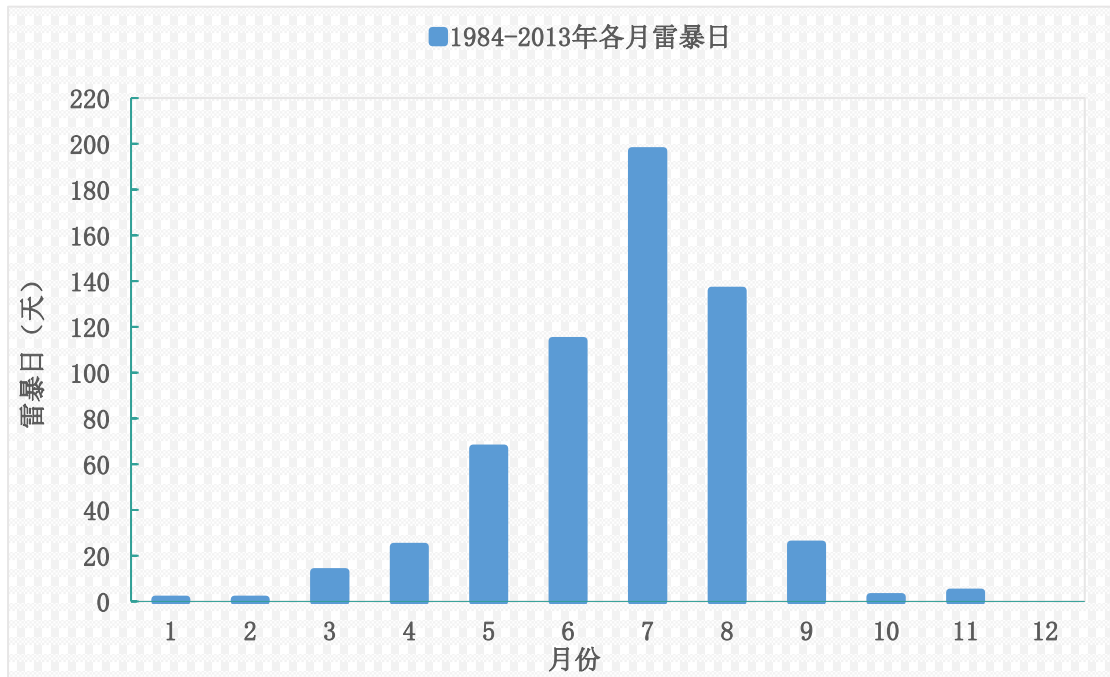


图 4. 11-1 1984-2013 年郑州站各月雷暴日数

根据 1984-2013 年郑州国家基准气候站雷暴逐年变化 (图 4. 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 4. 11-2 1984-2013 年郑州站逐年雷暴日数变化

4.12 冰雹

根据 1990-2019 年郑州国家基准气候站冰雹资料统计（图 4.12-1），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。

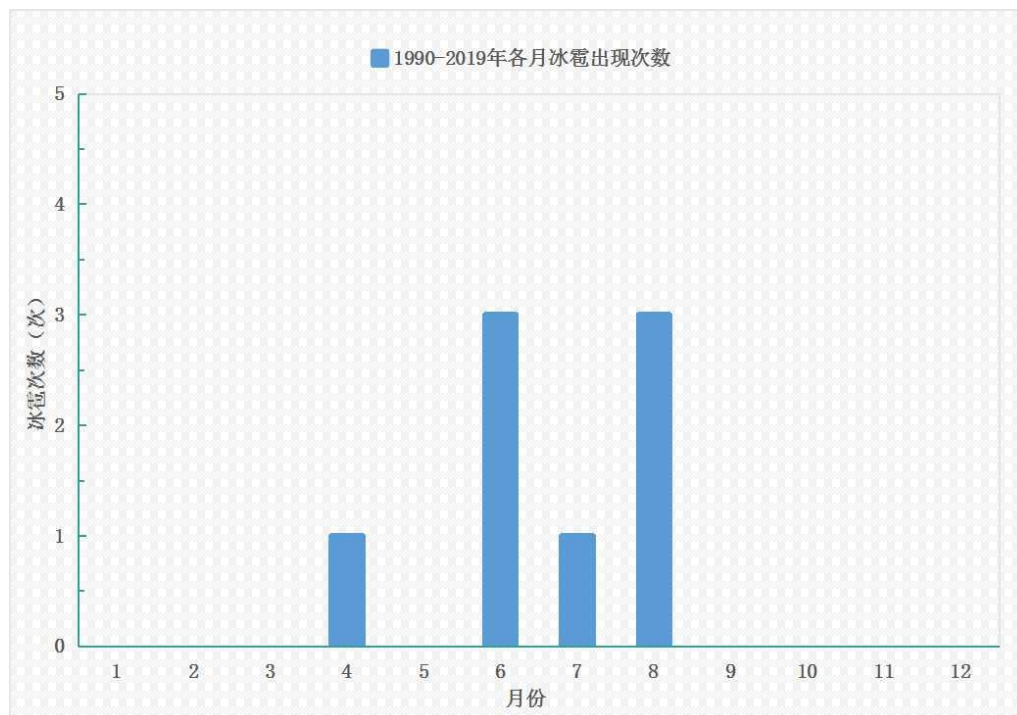


图 4.12-1 1990-2019 年郑州各月冰雹出现次数

4.13 风向风速极端值

最大风速是指在某个时段内出现的最大 10 分钟平均风速值。

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 3 秒钟的平均风速。

根据 2005-2019 年（15 年）郑州国家基准气候站风向风速资料统计，并进行相关的质量控制（主要利用周边相邻气

象站的数据进行比对兼并考虑每个站点的自然环境)。从表 4.13-1 可见, 郑州站最大风速 14.9m/s, 出现在 2011 年 7 月 26 日; 中牟站最大风速 13.4m/s; 出现在 2007 年 8 月 9 日; 新郑站最大风速 15.2m/s, 出现在 2006 年 3 月 27 日。

表 4.13-1 郑州站与周边站多年各月最大风速统计表 (单位: m/s)

<div> <div>月份</div> <div>台站</div> </div>	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
中牟	10.7	10.9	12.2	12.3	10.5	11.4	9.9	13.4	10.0	9.4	10.1	11.3	13.4
新郑	12.1	11.6	15.2	13.8	13.3	15.0	11.0	12.8	10.6	12.7	12.5	12.7	15.2

从表 4.13-2 可见, 郑州站极大风速 23.6m/s, 出现在 2016 年 6 月 14 日; 中牟站极大风速 25.0m/s, 出现在 2007 年 8 月 9 日; 新郑站极大风速 26.4m/s, 出现在 2008 年 6 月 3 日。

表 4.13-2 郑州站与周边站多年各月极大风速统计表 (单位: m/s)

<div> <div>月份</div> <div>台站</div> </div>	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
中牟	20.6	17.4	21.7	21.8	17.8	20.4	22.5	25.0	21.1	18.3	20.3	20.7	25.0
新郑	22.9	18.6	23.5	24.8	21.7	26.4	20.4	23.0	17.0	21.3	20.0	20.3	26.4

根据 2005-2019 年郑州国家基准气候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 4.13-1)。

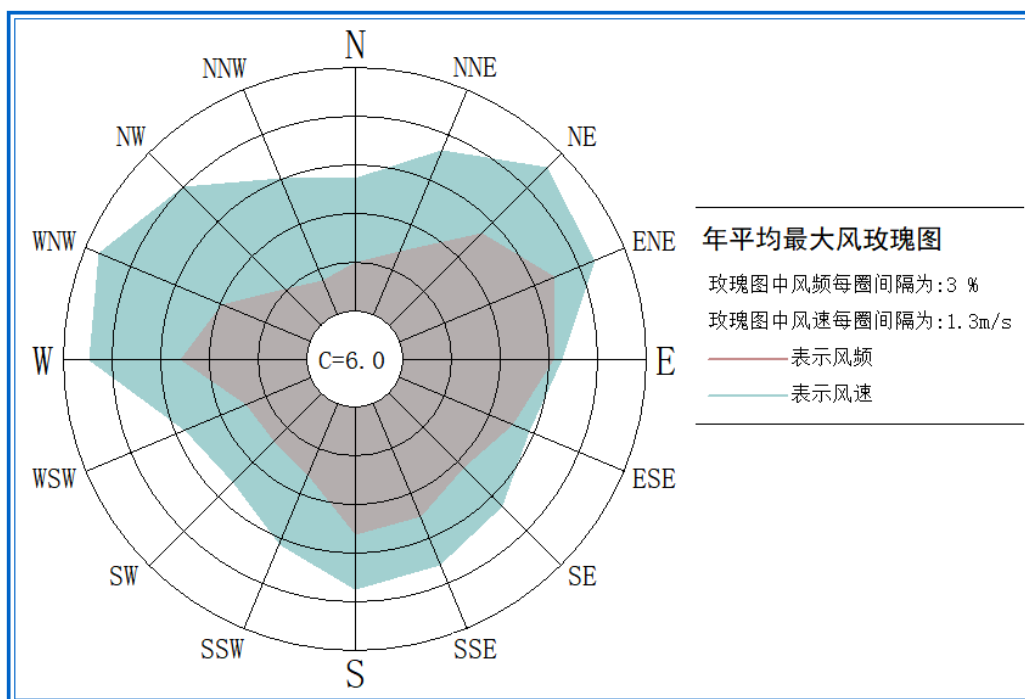


图 4.13-1 2005-2019 年郑州站年平均最大风向风速玫瑰图

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 4.13-3、表 4.13-4、图 4.13-2。

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南风(10%)，11月和12月出现频率最多的风向为北风(10%)，详见表 4.13-3、表 4.13-4、图 4.13-3、图 4.13-4、图 4.13-5。

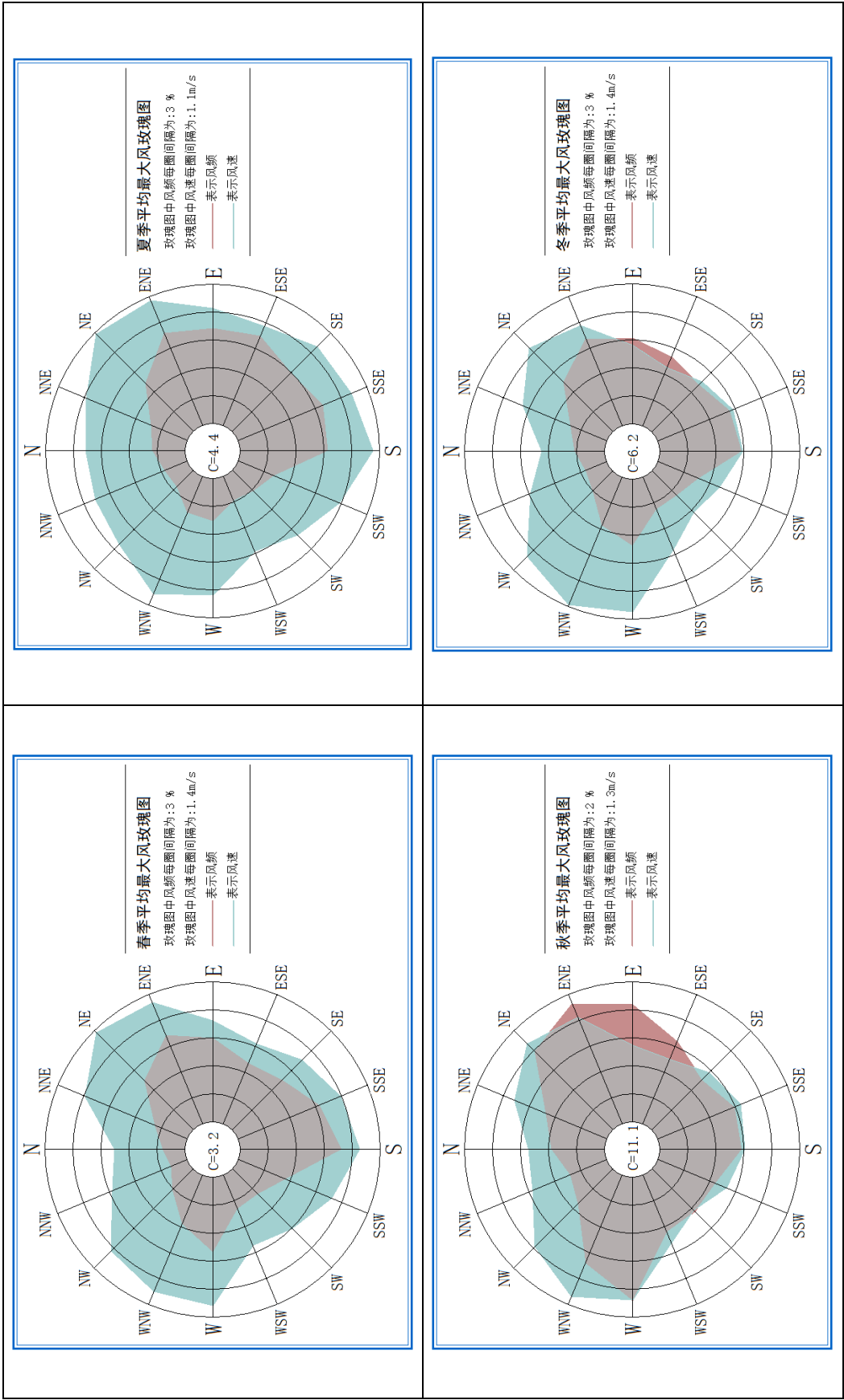
表 4.13-3 2005-2019 年郑州站各月平均最大风速 (单位: m/s)

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

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%

表 4.13-4 2005-2019 年郑州站各月最大风风向出现频率

图 4.13-2 2005-2019 年郑州站各季平均最大风向风速玫瑰图



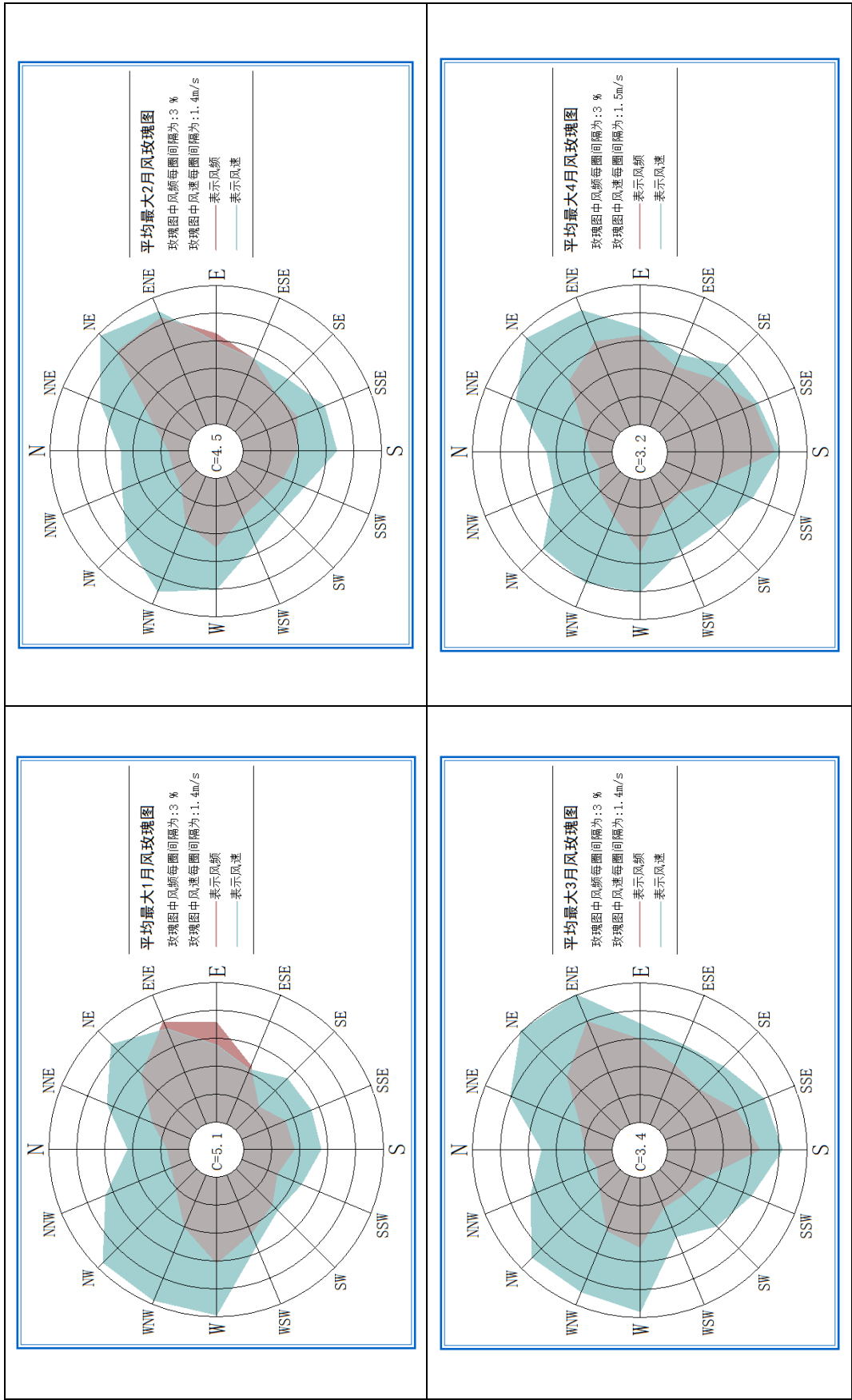
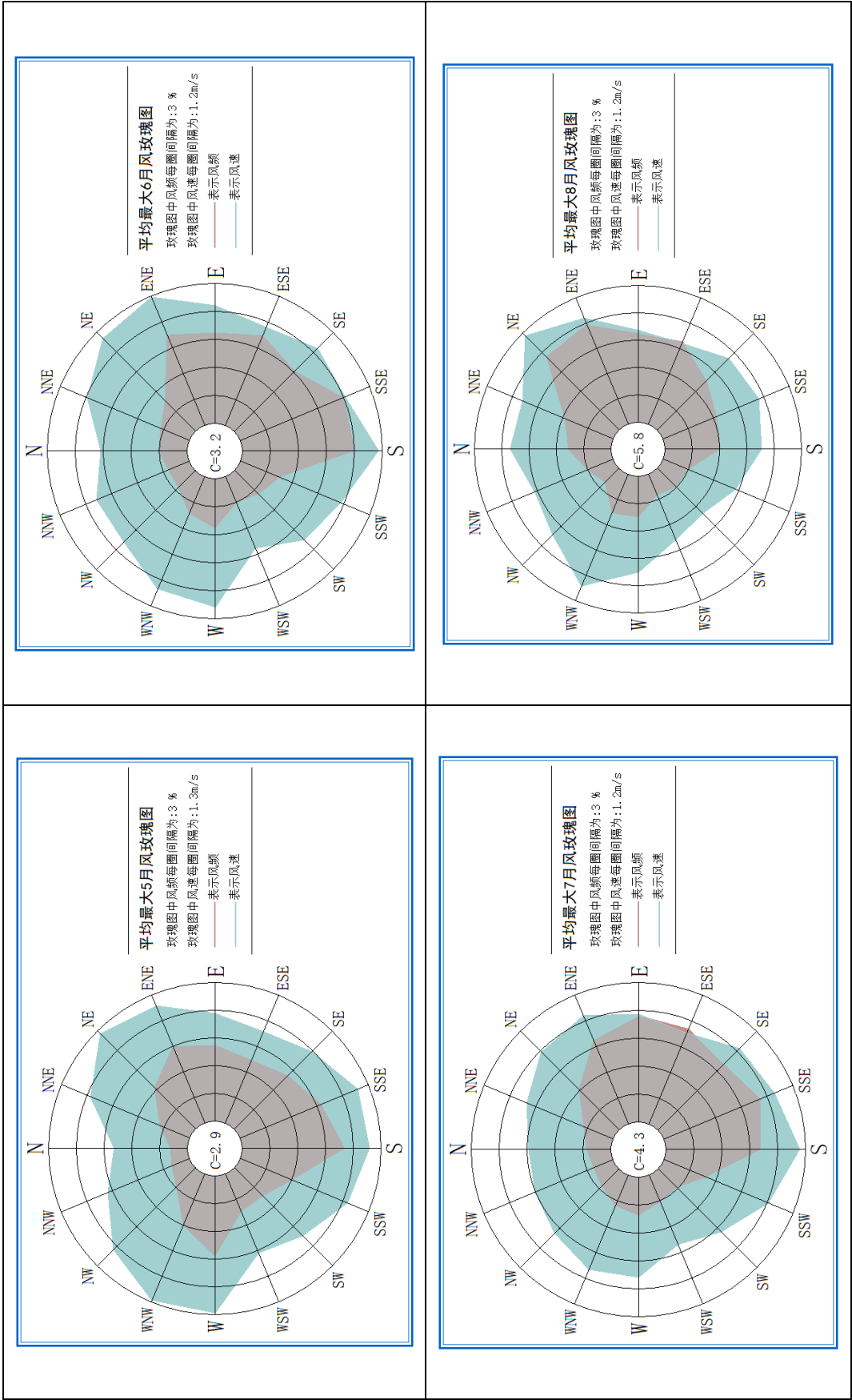


图 4.13-3 2005-2019 年郑州站 1-4 月份平均最大风向风速玫瑰图

图 4.13-4 2005-2019 年郑州站 5-8 月份平均最大风向风速玫瑰图



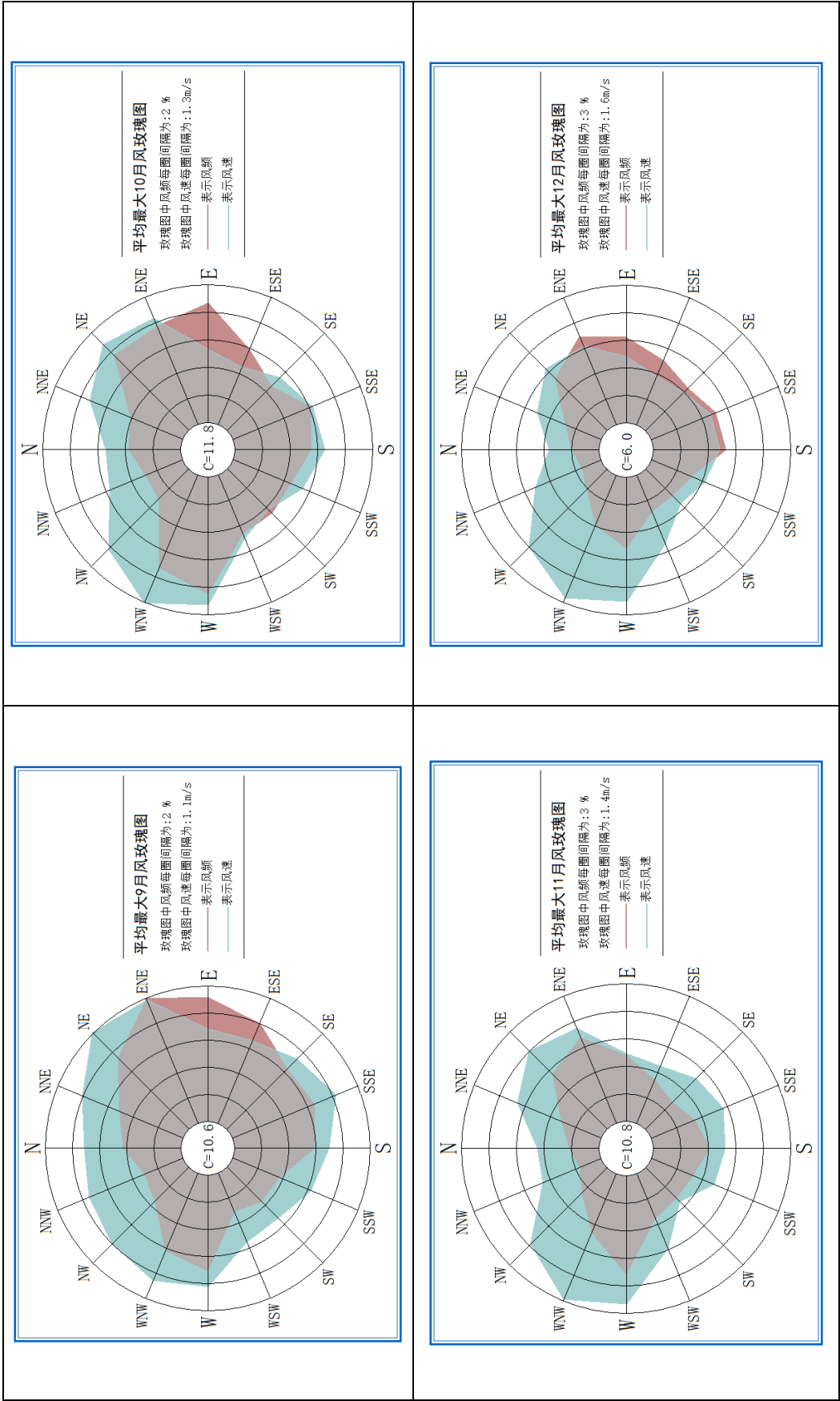


图 4.13-5 2005-2019 年郑州站 9-12 月份平均最大风向风速玫瑰图

4.14 基本气候特征

根据 1990-2019 年（30 年）郑州国家基准气候站资料统计分析，年平均气温为 15.3°C ，极端最高气温 42.5°C ，出现在 2011 年 6 月 8 日，极端最低气温 -17.9°C ，出现在 1990 年 2 月 1 日，高温日数（日最高气温大于等于 35°C ）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。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）郑州国家基准气候站资料统计分析，最大风速极端值 14.9m/s ，出现在 2011 年 7 月 26 日，极大风速极端值 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。

第五章 大气雷电环境资料分析

郑州市属河南省中部偏北区域，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，市区面积 1010.3 km^2 。上街区位于郑州市辖区西部 38km 处，属黄土丘陵地，处于华北平原、黄河冲积平原扇轴部，为豫东平原和豫西丘陵地交接地带。全区整体呈西南高、东北低的自然倾斜之势，坡度平均 $0^\circ 48' 8''$ ，海拔高度在 $110-160\text{m}$ 之间。

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。

雷电流的波形和幅值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 ）。雷电流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。而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°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 。

5.1 资料收集

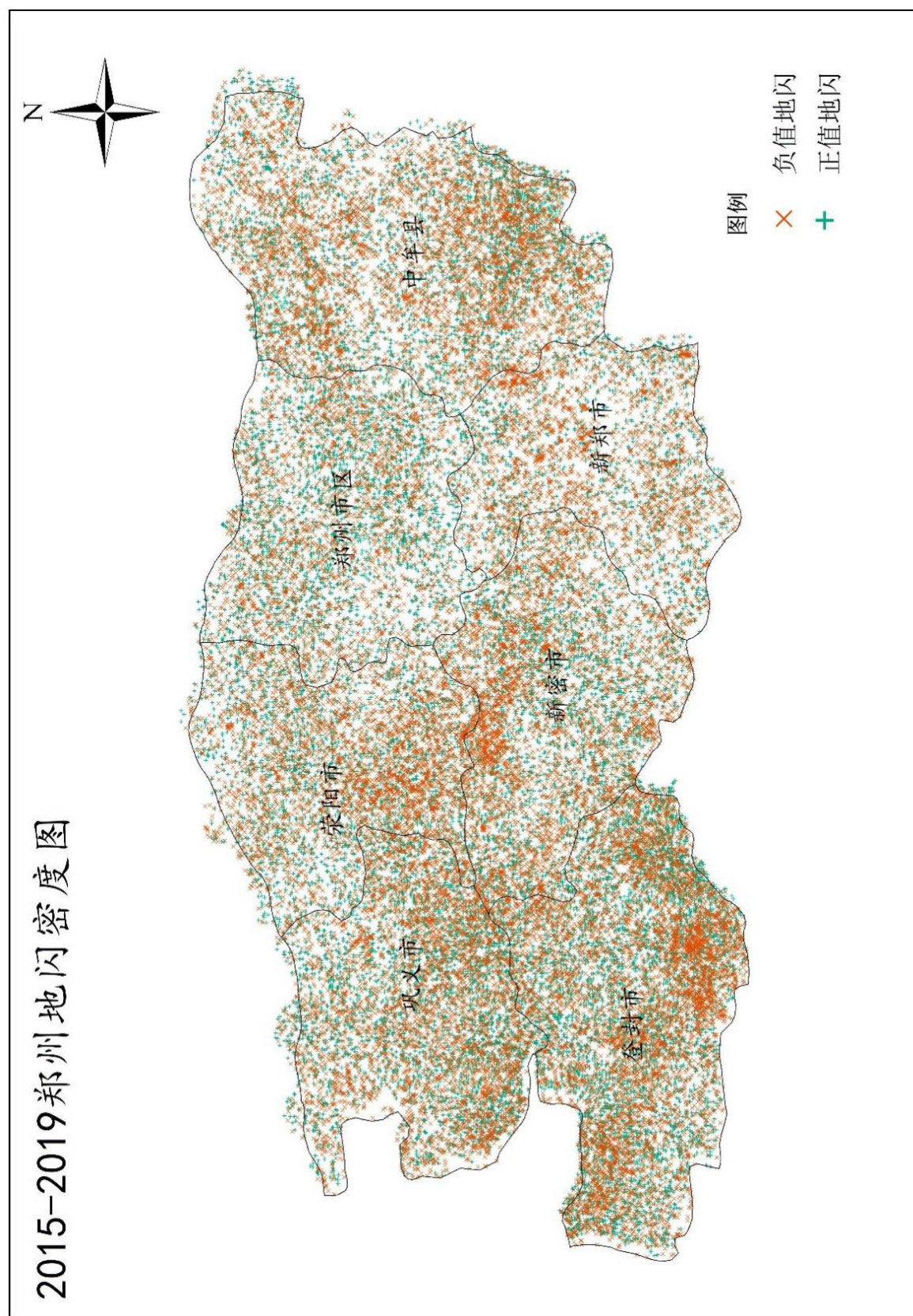
大气雷电环境是影响雷电灾害最重要的自然环境因素之一，上街辖区处于中纬度暖温带，属季风型大陆性气候。由于受南热北冷高压气团进退更迭的控制，具有典型的暖温带季风气候特征，冬冷夏热，四季分明。春季冷暖无常，多风少雨；夏季炎热多雨，水热同期；秋季凉爽，日照充足；冬季风多雪少，寒冷干燥。

根据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，目的在于了解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。

以郑州市上街区整个行政区域为范围，基于网格化资料统计，总结其雷电活动特点，分析其雷电活动时空分布概率，评估上街辖区雷电灾害风险。本报告中所采用的雷暴日数据取自上街区邻近地的荥阳国家一般气象站 30 年(1984~2013 年)数据平均值(从 2014 年起，雷暴数据暂停观测)；雷电定位资料来自雷电资料实时定位系统、三维雷电监测预警防预综合系统及雷电监测预警系统近五年(2015 年~2019 年)雷电定位监测数据(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，而专门的雷电监测平台是近些

年开始陆续运行的)；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 5. 1-1 郑州市近五年地闪密度分布图



5.2 雷暴数据资料分析

雷暴是一种伴有冰雹、大风和雷电等多种天气现象的中小尺度天气过程，因此，大气中的雷电与雷暴密切相关。此外，气象部门对大气中雷暴天气现象的观测资料积累丰富，而专门的雷电观测是近些年才开始的，因此，使用气象雷暴观测资料分析研究雷电活动是合理和现实的。大气中的雷暴与气候、地质和地理环境等许多自然因素有关，这些很大程度上也影响着大气中雷电发生的地理分布和雷电流强度等参数，使大气中的雷电具有很大的随机性。

在此着重分析雷暴日数、地面落雷密度和雷电流强度及雷电自然灾害等数据，目的在于了解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，得以加强区域防雷减灾和安全生产工作。

5.2.1 雷暴日特性

雷暴日是指该天发生雷暴的日子，即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，用 T_d 表示。年雷暴日一年中的雷暴天数。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。

郑州市上街区雷暴日数据取自与上街区接壤的荥阳市
荥阳国家一般气象站 30 年（1984～2013 年）数据平均值。
根据雷暴日观测资料统计，荥阳市雷暴日数共计 535 天，年
平均雷暴日数为 17.8 天。

图 5.2-1 是荥阳国家一般气象站 30 年雷暴日年分布图，
最高年份可达 30 天（1994 年），最低年份 8 天（2013 年）。

从图 5.2-2 雷暴日月平均分布图可得知，5 至 8 月为雷
雷暴高发期，以 7、8 月份为主，7 月份最强。

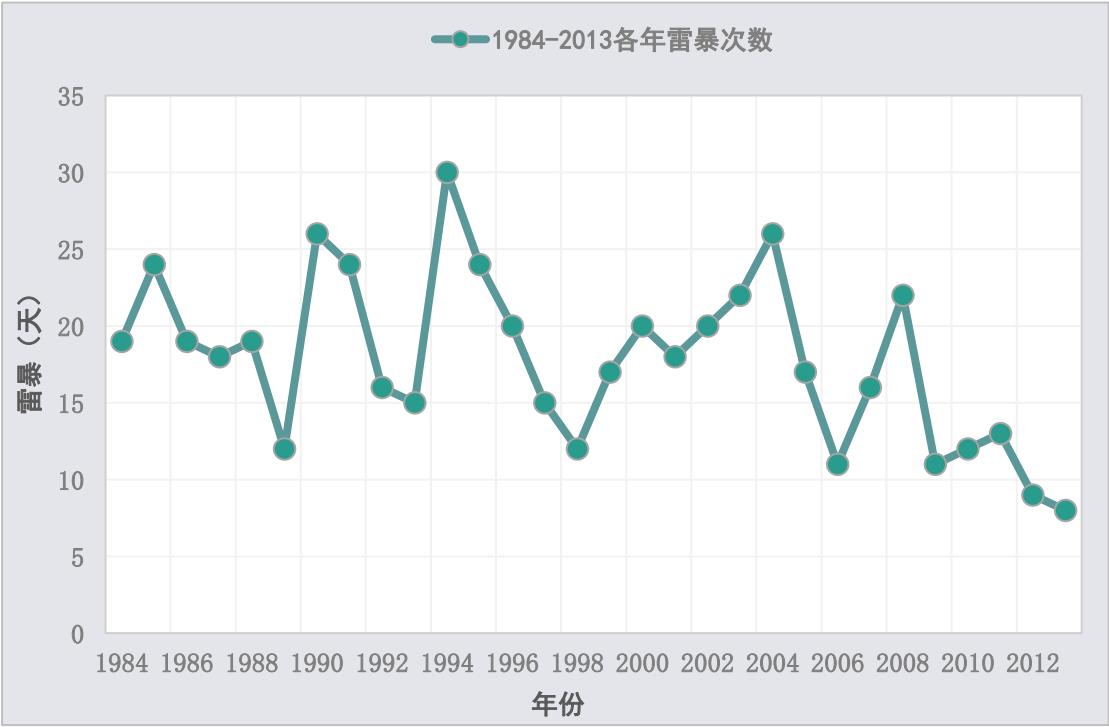


图 5.2-1 荥阳市 30 年（1984～2013 年）雷暴日年平均分布图

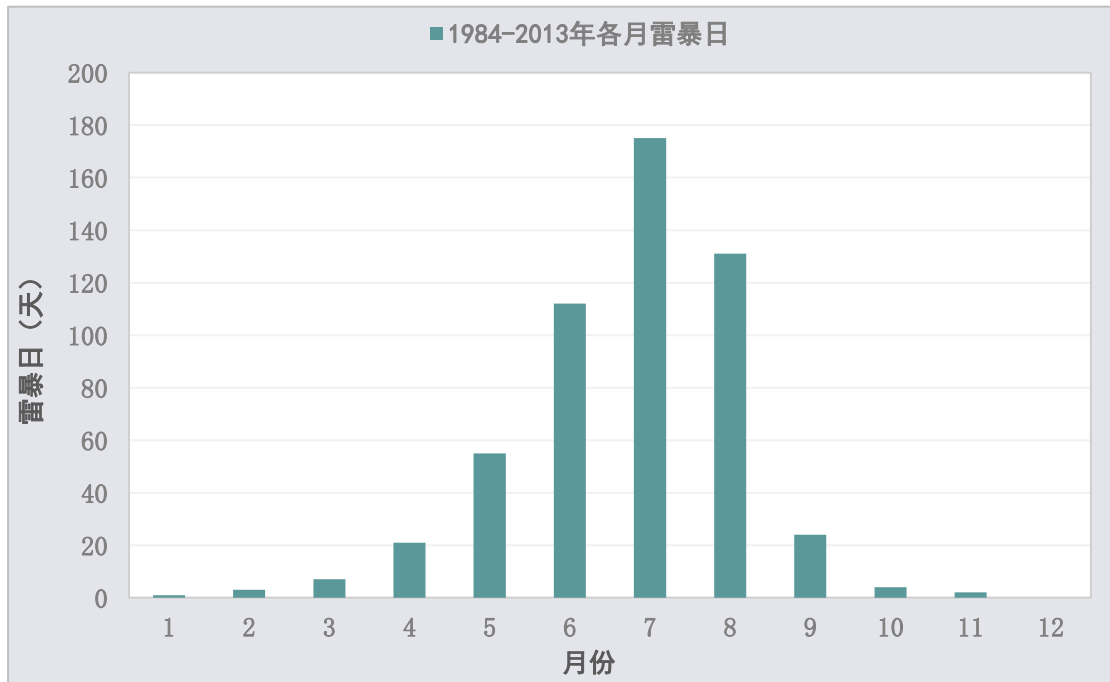


图 5.2-2 荥阳市 30 年（1984~2013 年）雷暴日月分布图

5.2.2 雷电活动时空分布特征分析

雷电是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该区域雷电活动气候规律。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千米上的平均落雷次数，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 ））。

雷电定位数据资料取自与上街区接壤的荥阳市辖区及上街区，采用的是雷电资料实时定位系统、三维雷电监测预警防预综合系统及雷电监测预警系统近五年（2015 年~2019 年）雷电定位监测数据。

5.2.2.1 地闪密度特征分析

根据 2015-2019 年雷电定位、系统监测数据，从图 5.2-3、图 5.2-4 可知。荥阳市-上街区除 1、2、10、12 月份以外的其他各月都会出现雷电，雷暴月分布特征明显，主要集中在 4~8 月份，占全年的 95.7%。

汛期为 5 至 9 月份，占全年的 89.4%，主汛期为 6 至 8 月份，占 78.7%。5 月份雷暴天数共 12 天，落雷次数为 1201 次，落雷次数同主汛期 7、8 月份落雷次数基本持平，7、8 月份各月都比较均衡。

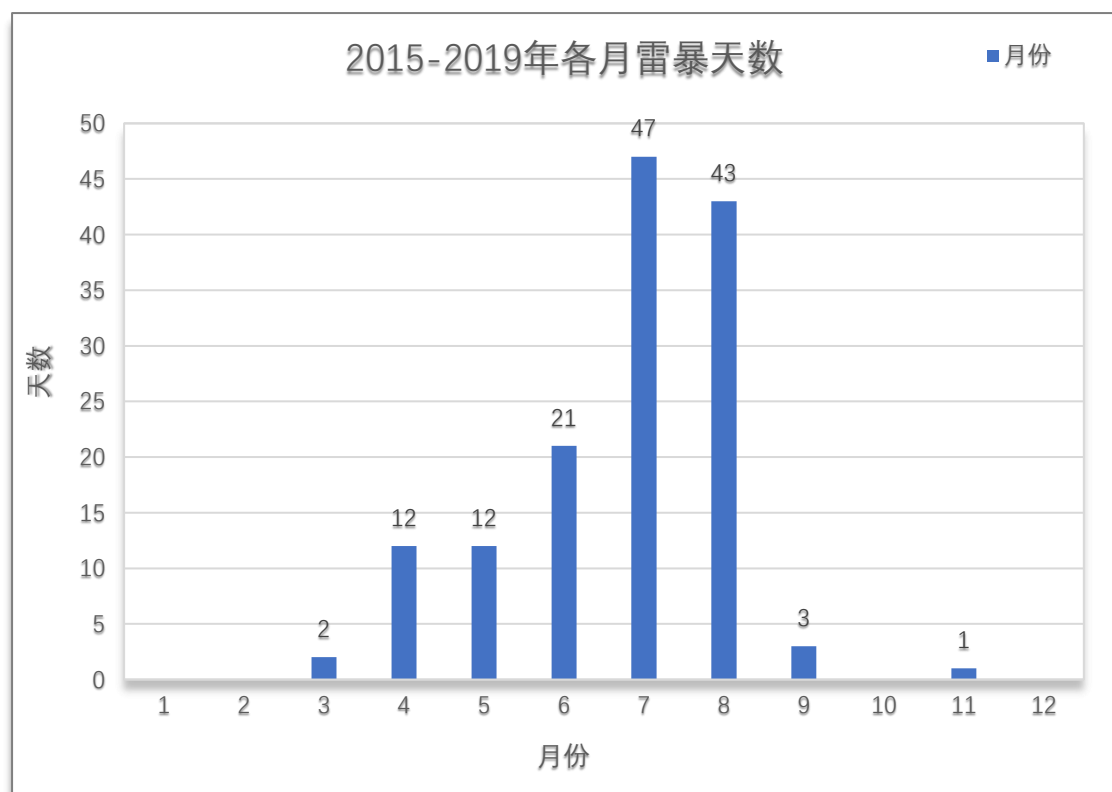


图 5.2-3 项目所在地 2015 年至 2019 年地闪月天数变化分布图

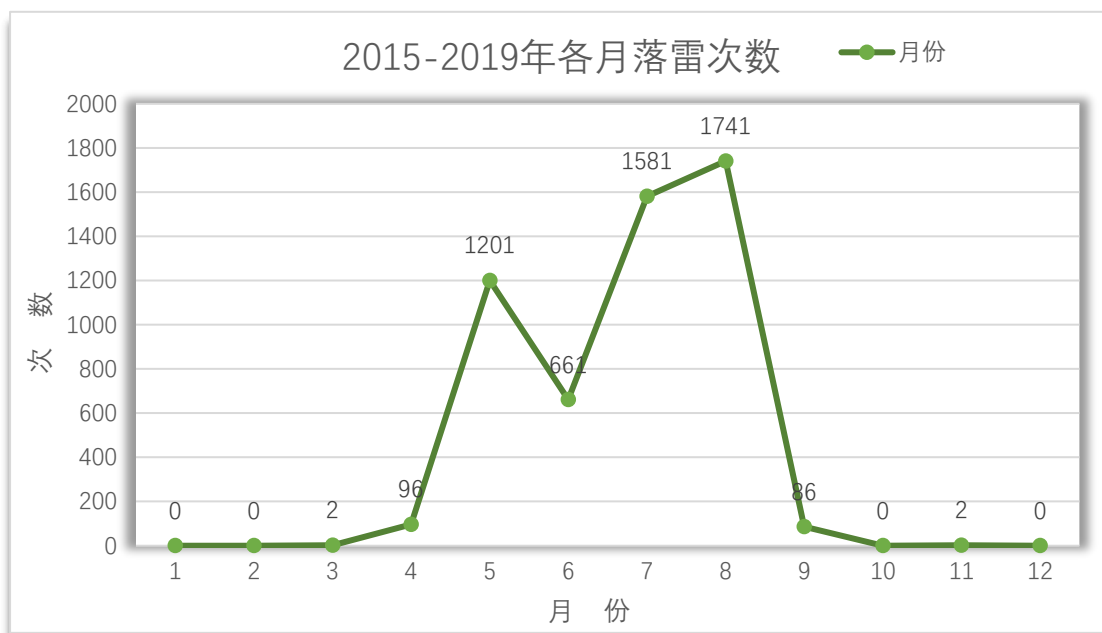


图 5.2-4 项目所在地 2015 年至 2019 年地闪月次数变化分布图

从图 5.2-5 地闪时变化可知，荥阳市-上街区雷暴活动规律性较强，时段分布比较集中，主要在午时至夜里，其中多发时段为 12 时至夜间 1 时。高发时段为傍晚 18 时，可达 613 次，次之为傍晚 17 时，可达 577 次。

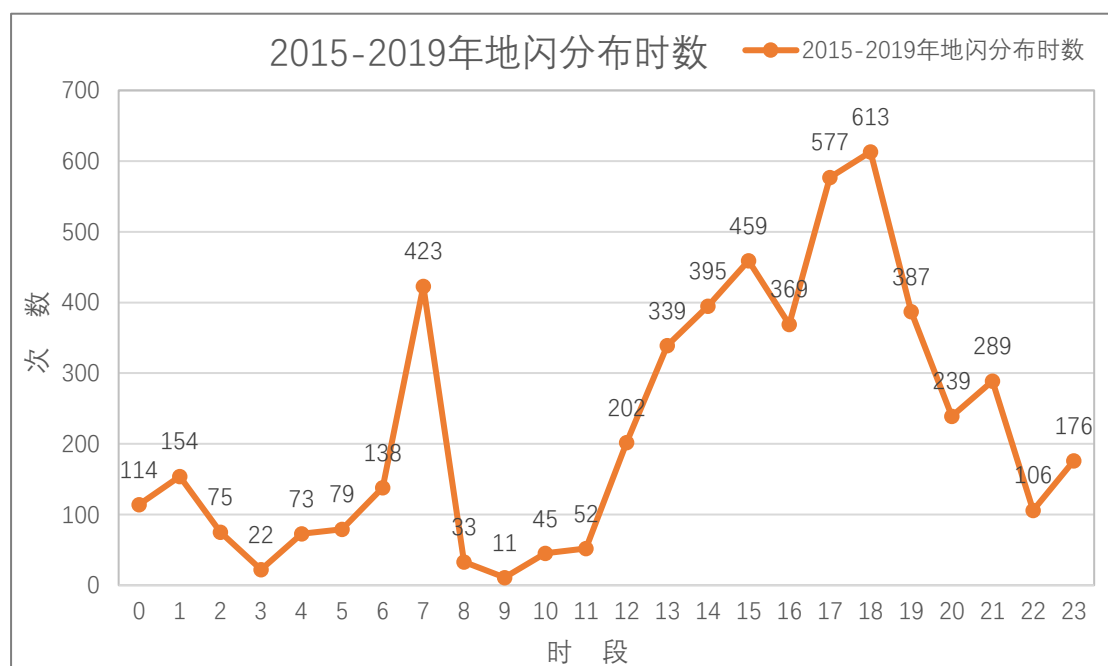


图 5.2-5 项目所在地 2015 年至 2019 年地闪时次数分布图

5.2.2.2 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 次放电过程，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 年雷电定位系统监测数据，从图 5.2-6 可知，雷电流幅值>10kA 占总闪强度比可达 75.33%，>20kA 达 33.01%，>30kA 达 18.17%，>40kA 达 11.25%，>50kA 达 7.39%，而>100kA 达 2.01%，而到>150kA 只达到 0.58%，在雷电流幅值>250kA 几乎趋近于零。

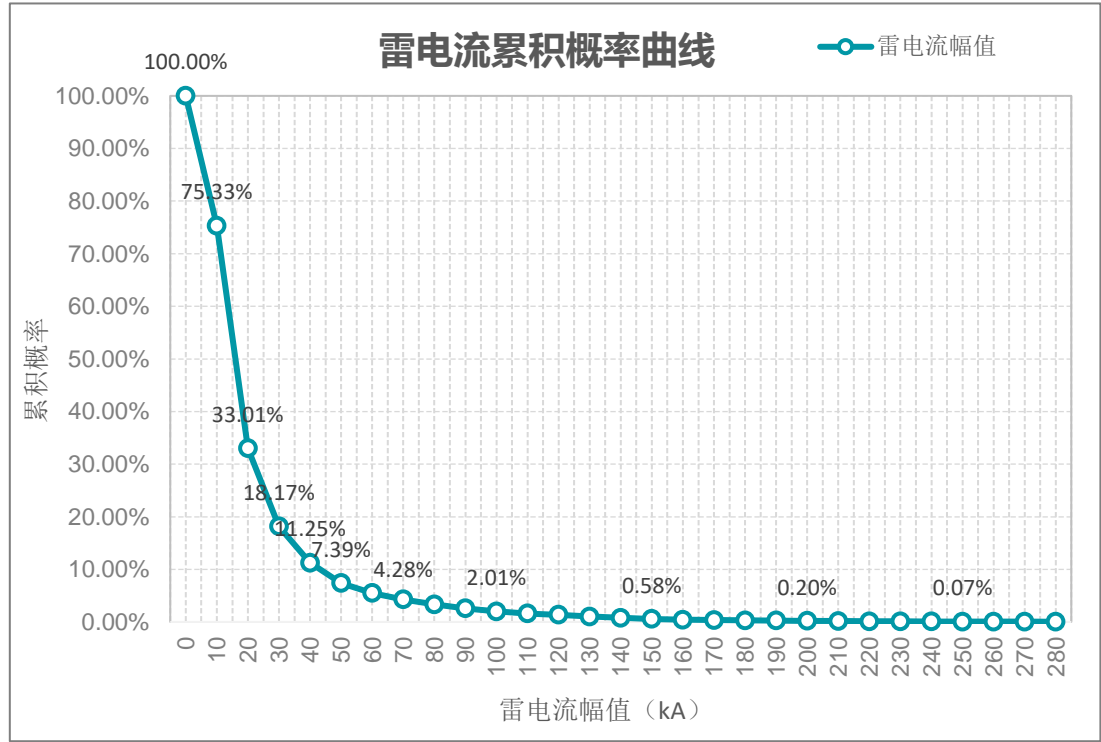


图 5.2-6 项目所在地 2015 年至 2019 年雷电流累积概率曲线图

蒙阳市-上街区除 1、2、10、12 月份以外的其他各月都会出现雷电，雷暴月分布特征明显。但从图 5.2-7 可知，5 月

份雷暴日数在全年总占比并不多只有 8.51%，但地闪密度及强度的占比均在全年的 20%左右，所以雷暴日数少并不代表落雷次数少更不代表地闪强度就小。相比较 7、8 月份就比较均衡，7 月份虽然雷暴日数占比较多为 33.33%，地闪密度占比为 29.44%，平均雷电流幅值强度占比为 22.75%，8 月份地闪强度达到全年的峰值为 38.12%，雷暴日数和地闪密度均达全年的 30%以上；但 5 月份的平均雷电流强度就远大于年值及其它月份。

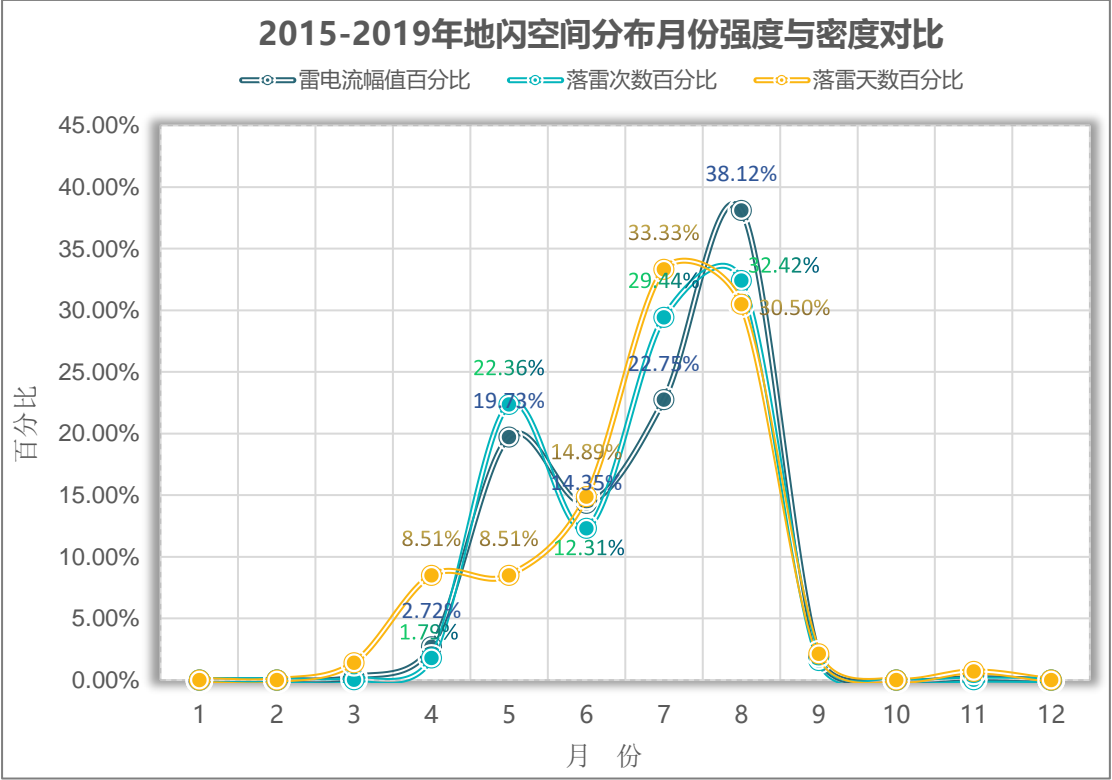


图 5.2-7 项目所在地 2015 年至 2019 年地闪空间分布月份比对图

荥阳市-上街区雷暴活动规律性比较明显，时段分布也比较集中，主要在午时至夜里 1 时。从图 5.2-8 可知，傍晚 18 时的地闪密度与平均雷电流幅值强度均达到峰值，比较均

衡。而比如 15 时的地闪密度占比为 8.55%，但平均雷电流幅值强度的占比却为 10.77%，落雷次数少但平均雷电流幅值却更大。

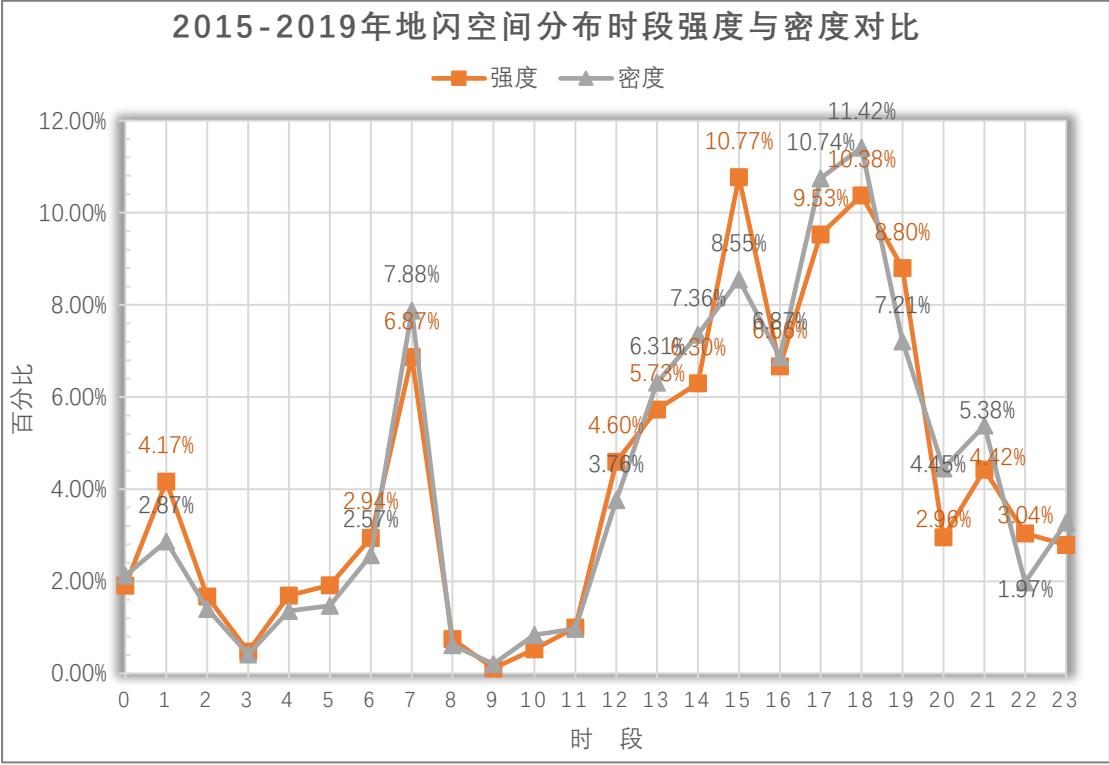


图 5.2-8 项目所在地 2015 年至 2019 年地闪空间分布时段强度与时密度比对图

荥阳市-上街区主汛期雷暴活动与年雷暴活动基本一致，时段分布也比较集中，主要在午时至夜里。从图 5.2-9 和图 5.2-10 可知，主汛期的地闪密度在傍晚 17、18 时达到峰值，地闪强度在下午 15 时达到峰值，次之为 17、18 时。主汛期地闪密度与强度高峰时段主要集中在午时至傍晚，傍晚至夜间的均低于年值，而早上 7 时的地闪密度与强度则均远低于年值。

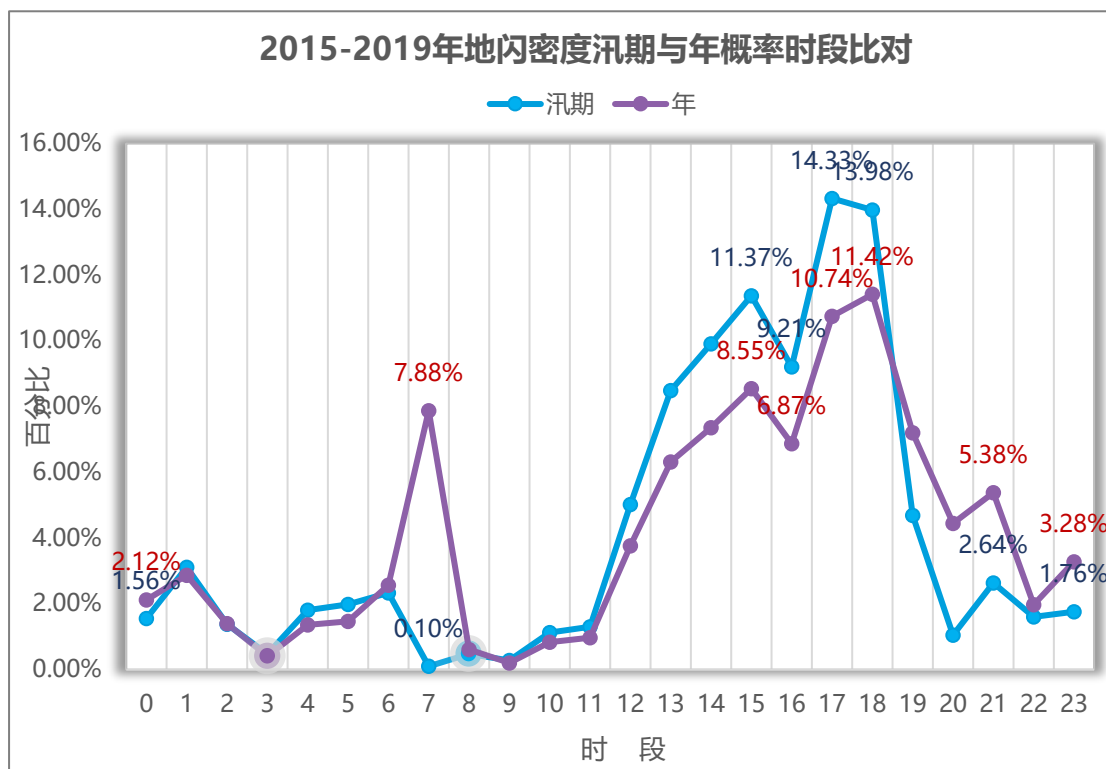


图 5.2-9 项目所在地 2015 年至 2019 年落雷次数主汛期与年概率时段比对图

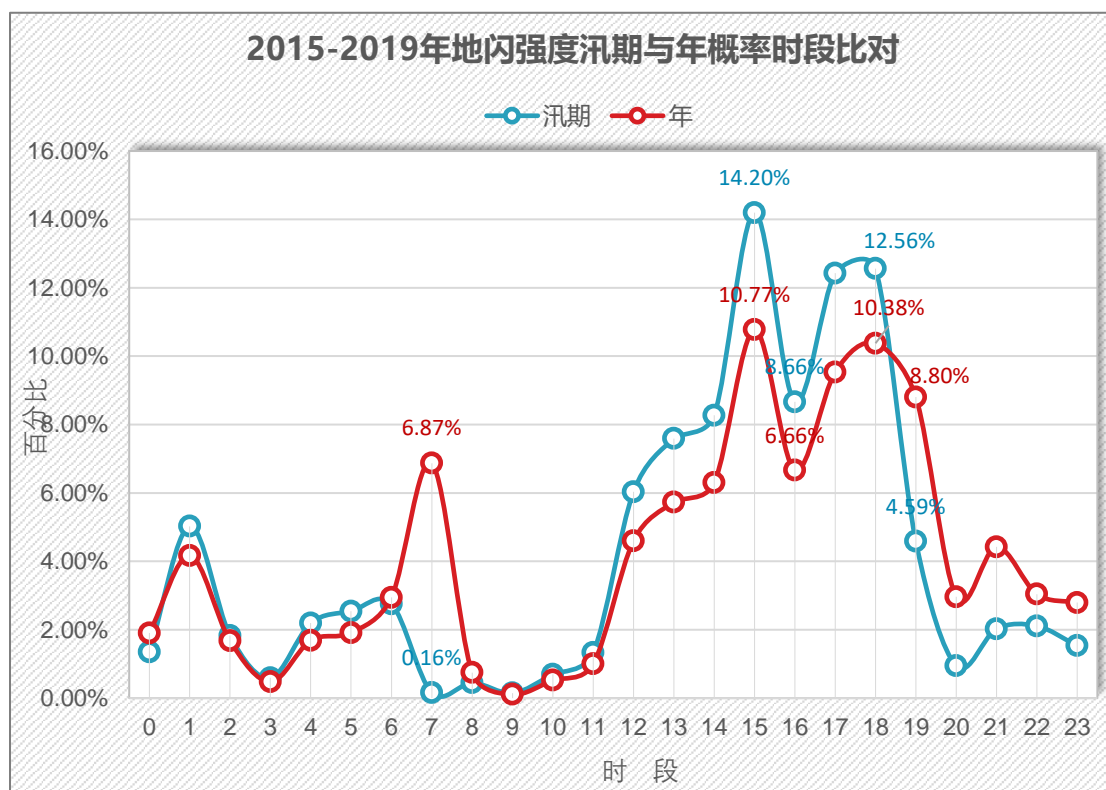


图 5.2-10 项目所在地 2015 年至 2019 年地闪强度主汛期与年概率时段比对图

从图 5.2-11 和 5.2-12 可知，荥阳市-上工贸主汛期（6 至 8 月份）雷电流幅值累积（地闪强度）8 月份占整个汛期的 50.68%，过半值，而时段主要集中在午时至傍晚时分；6、7 月份雷电流幅值累积分别占整个汛期的 19.08%和 30.25%，主要时段分布也多为下午和凌晨时分。

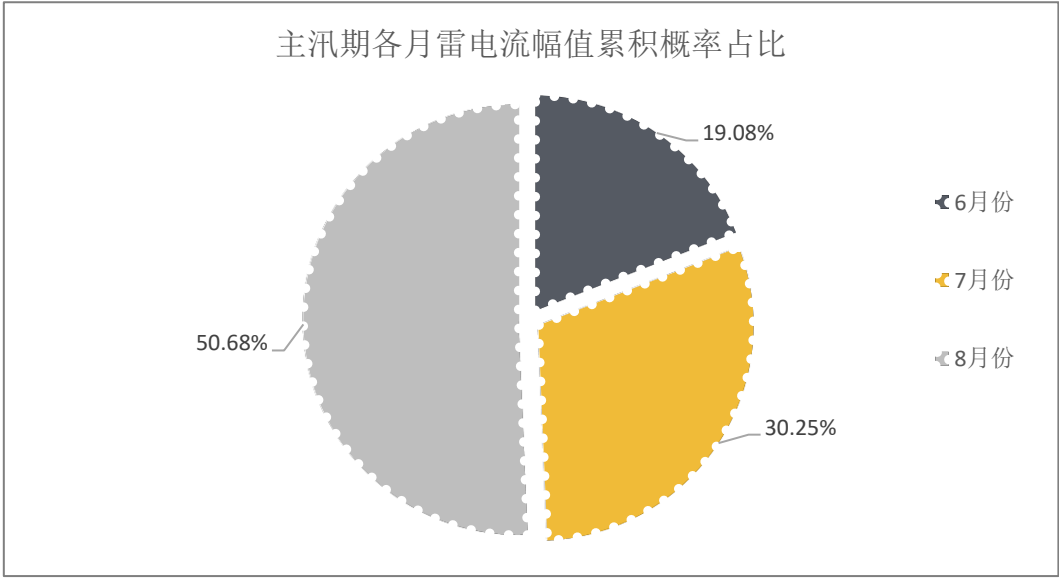


图 5.2-11 项目所在地 2015 年至 2019 年主汛期地闪强度各月占比图

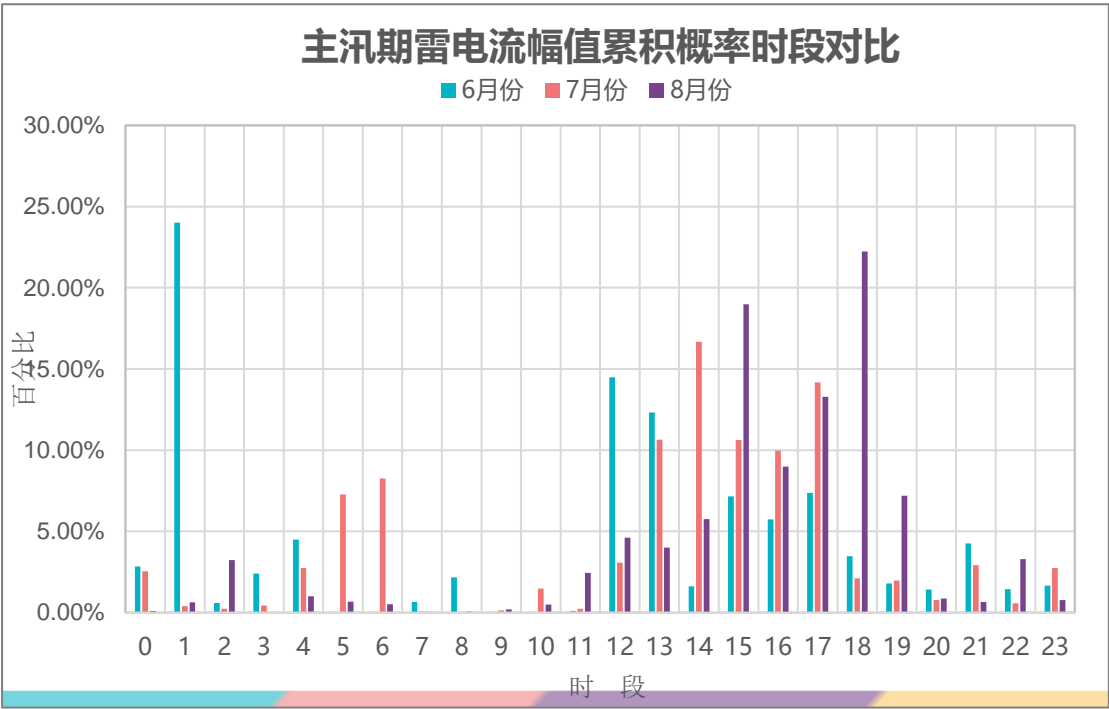


图 5.2-12 项目所在地 2015 年至 2019 年主汛期地闪强度各时段对比图

5.3 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因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则对建筑物、电子电器设备和人、畜危害甚大。一旦对万物造成危害都可以成为雷电灾害。

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、医疗以及其他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。

5.3.1 河南省雷电灾害分析

河南省雷电灾害具有发生范围较广、人员伤亡严重、经济损失较轻、多次发生大范围雷电灾害、雷击时间集中在夏季、感应雷击多、雷击对象多为微电子设备等。雷电是每一年重复发生的自然现象，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。

发生特征：具有突发性、多样性、复杂性、破坏性和选择性等特点。发生范围较广，人员伤亡严重、经济损失严重，多次发生大范围雷电灾害，雷击时间集中在夏季 6~8 月份，感应雷击多、雷击对象多为微电子设备。

据不完全统计雷电灾害材料分析，2008 年到 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。见图 5.3-1。

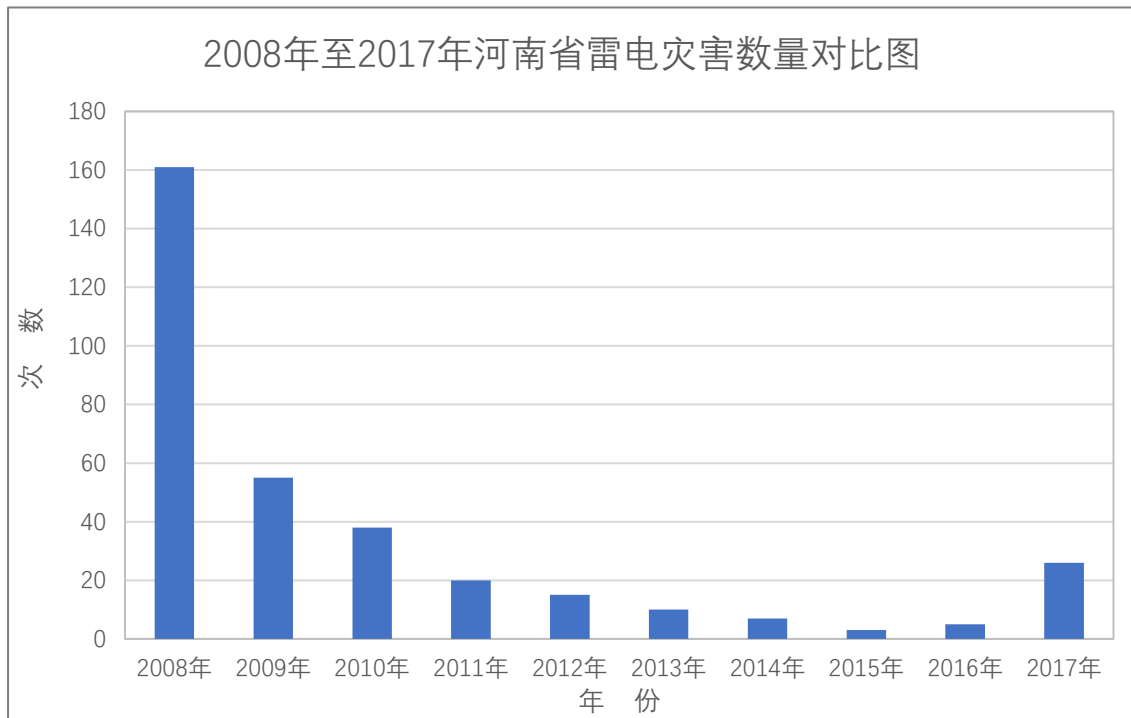


图 5.3-1 2008 年至 2017 年河南省雷电灾害数量对比图

据不完全统计，2008 年至 2017 年，河南省因雷电灾害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。

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。

5.4 项目区域地闪空间分布区划

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，也包括云际闪的。因此，不能准确表征地面落雷。在进行建筑物年雷击次数和估算时，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，本报告在估算年预计雷击次数时，采用的雷电定位系统是雷电资料实时定位系统、三维雷电监测预警防预综合系统及雷电监测预警系统实时监测资料计算得出的地闪密度和地闪强度。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/（ $km^2 \cdot a$ ）。**地闪强度**是用雷电流幅值表示，单位是千安培（ kA ）。

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，专门对雷电发生进行监测和定位，加上利用雷达、卫星等监测手段，对雷电及雷暴活动特征提供了更为丰富、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。

本报告所采用的雷电定位资料来自雷电资料实时定位系统、三维雷电监测预警防预综合系统及雷电监测预警系统近五年(2015年~2019年)雷电监测数据。

以郑州市上街区的建设项目组团现场测量的地理坐标为基础数据,并结合近五年雷电定位系统数据对上街区区域及扩充的 10km 、 20km 、 30km 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 $1\text{km}\times 1\text{km}$)计算进行区域划分,计算各网格内的地闪密度,得到上街区建设项目所在区域雷电空间分布图。

5.4.1 地闪密度空间分布

根据近五年(2015~2019年)雷电监测数据得知郑州市年平均落雷次数约为 $0.83\text{次}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。郑州市上街区规划面积共约 61.73km^2 ,资料选取与上街区接壤的荥阳市-上街区数据资料,荥阳市-上街区的年平均落雷次数约为 $0.74\text{次}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。

5.4.1.1 项目所在区域地闪密度空间分布

郑州市上街规划面积总面积约为 61.73km^2 ，图 5.5-1 是上街区所在位置近五年平均地闪密度分布图。

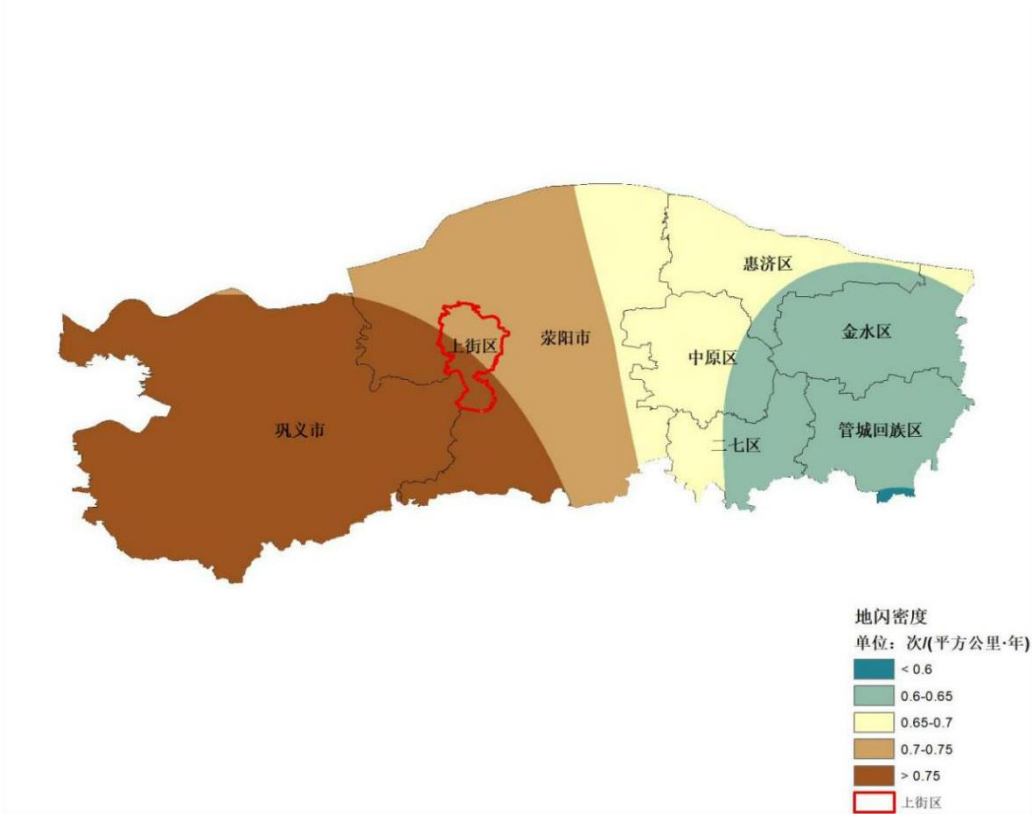


图 5.4-1 郑州市上街区地闪空间分布图

5.4.1.2 项目所在区域不同范围地闪密度分布情况

表 5.4-1 和图 5.4-2 是上街区分别向外扩充不同范围（ 10km 、 20km 、 30km ）的平均地闪密度值。图 5.5-3 是上街区所在区域地闪密度分布图（格点 $1\text{km} \times 1\text{km}$ ），上街区平均地闪密度值为 $0.80 \text{ 次}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。

表 5. 4-1 上街区所在区域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/ ($km^2 \cdot a$))
上街区	0.80
10km	0.85
20km	0.80
30km	0.80

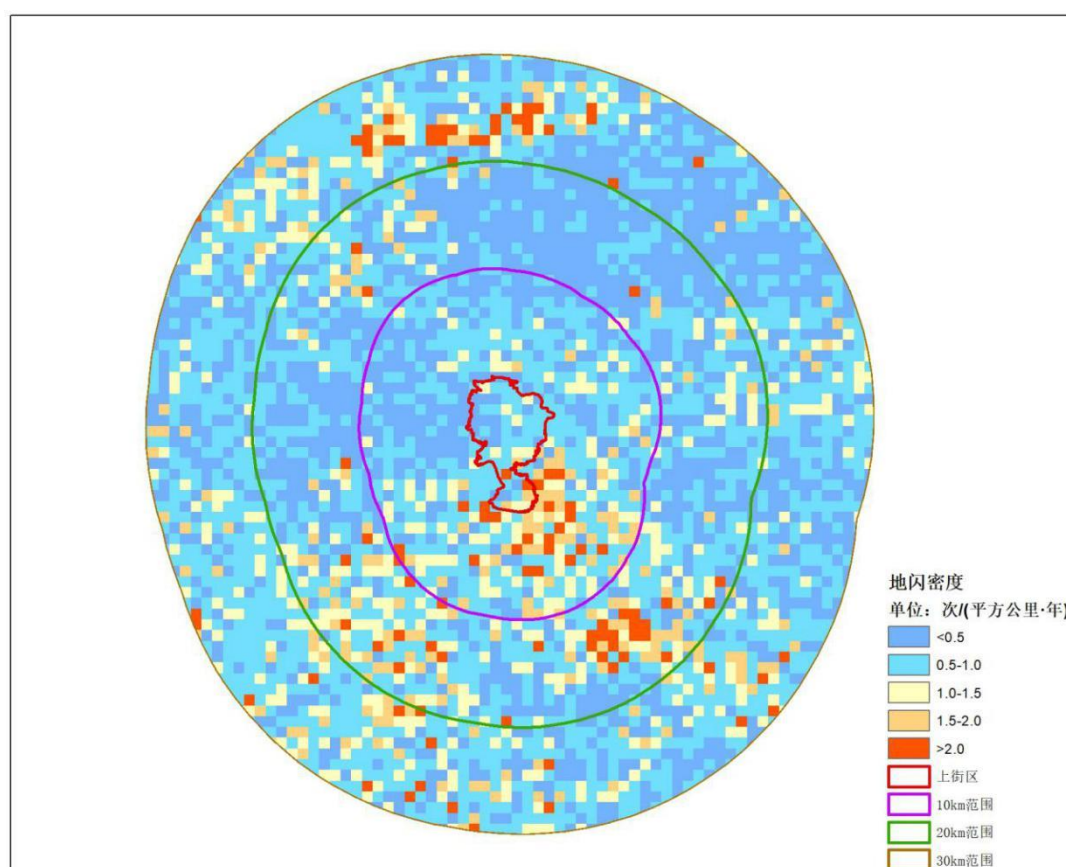


图 5. 4-2 上街区向外扩充不同范围地闪密度分布图 (格点 $1km \times 1km$)

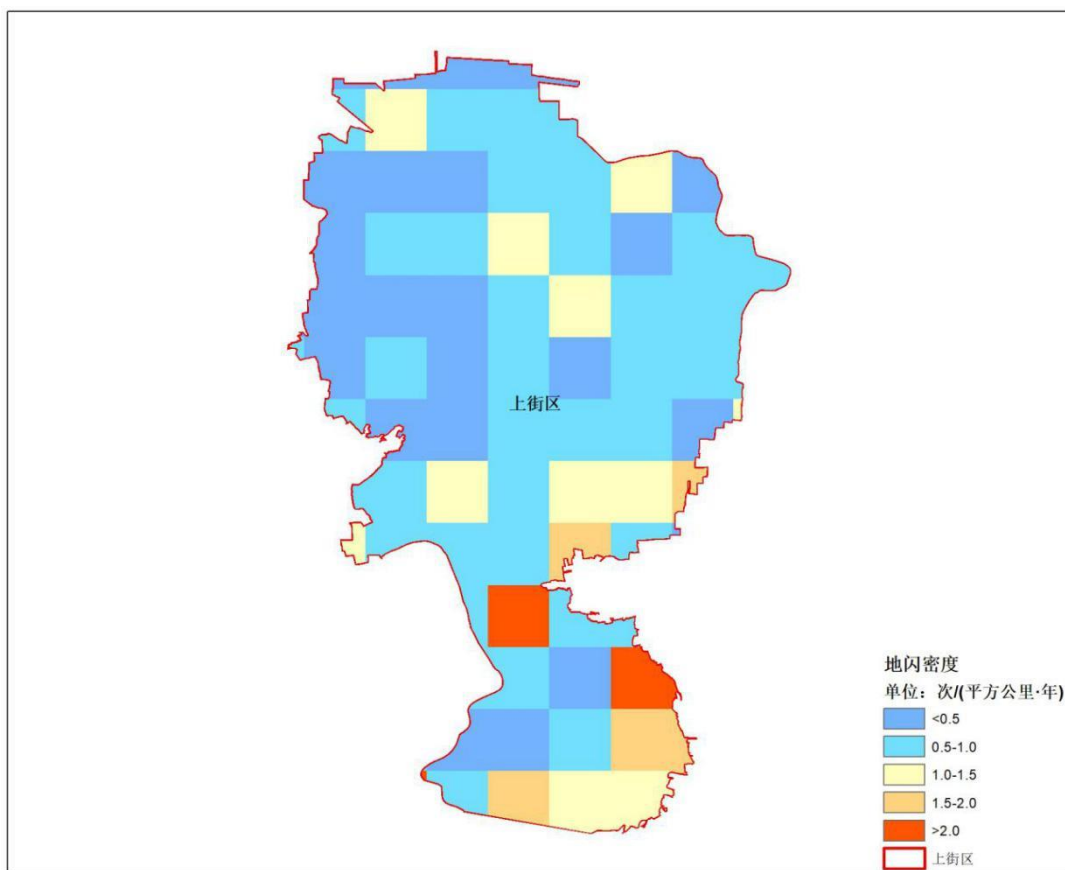


图 5.4-3 上街区地闪密度分布图 (格点 $1\text{km} \times 1\text{km}$)

5.4.2 项目所在区域地闪强度空间分布

根据近五年 (2015~2019 年) 雷电监测数据得知郑州市辖区区域地闪强度分布约为 16.19kA 。上街区规划面积共约 61.73km^2 ，属郑州市行政区，与荥阳市接壤，地闪强度为 17.59kA 。

5.4.2.1 项目所在区域地闪强度空间分布

表 5.4-2 和图 5.4-4 是上街区分别向外扩充不同范围 (10km 、 20km 、 30km) 的平均地闪强度值。图 5.5-5 是上街区所在区域地闪强度分布图 (格点 $1\text{km} \times 1\text{km}$)，上街区平均地闪强度值为 17.59kA 。

表 5. 4-2 上街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 ）
上街区	17. 59
10km	20. 20
20km	20. 01
30km	20. 40

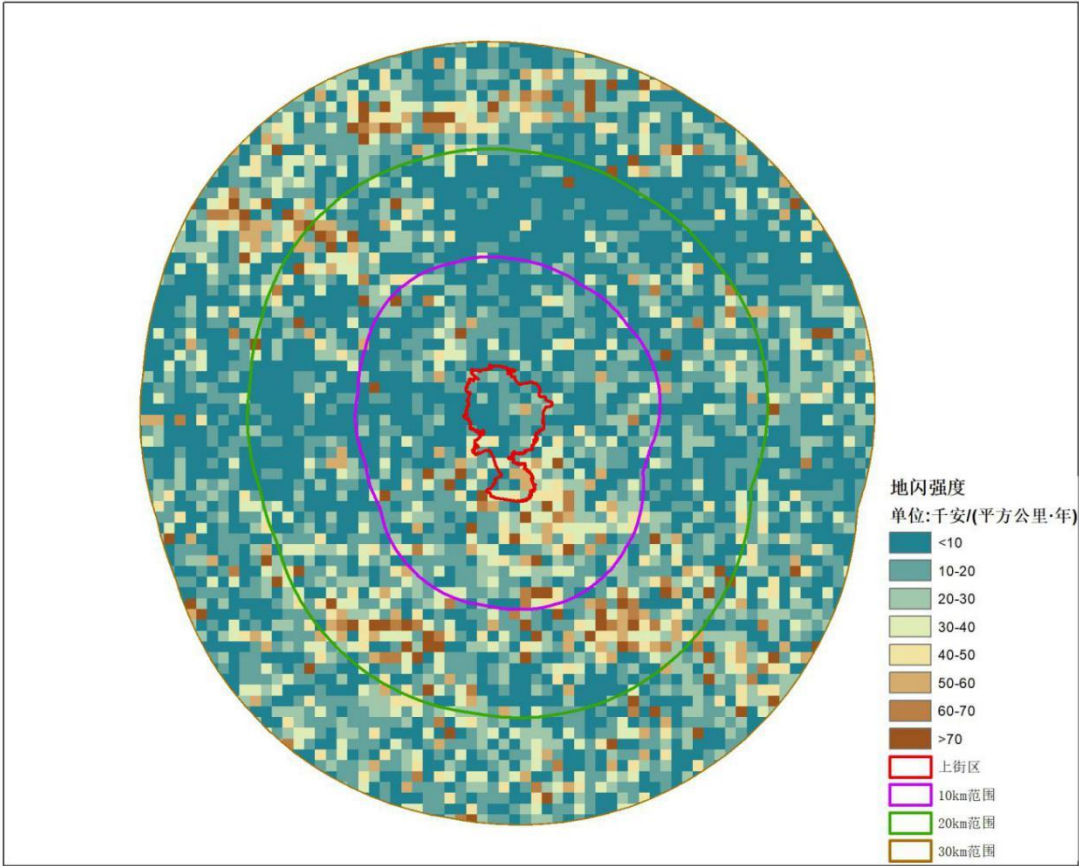


图 5. 4-4 上街区向外扩充不同范围地闪强度分布图（1km×1km）

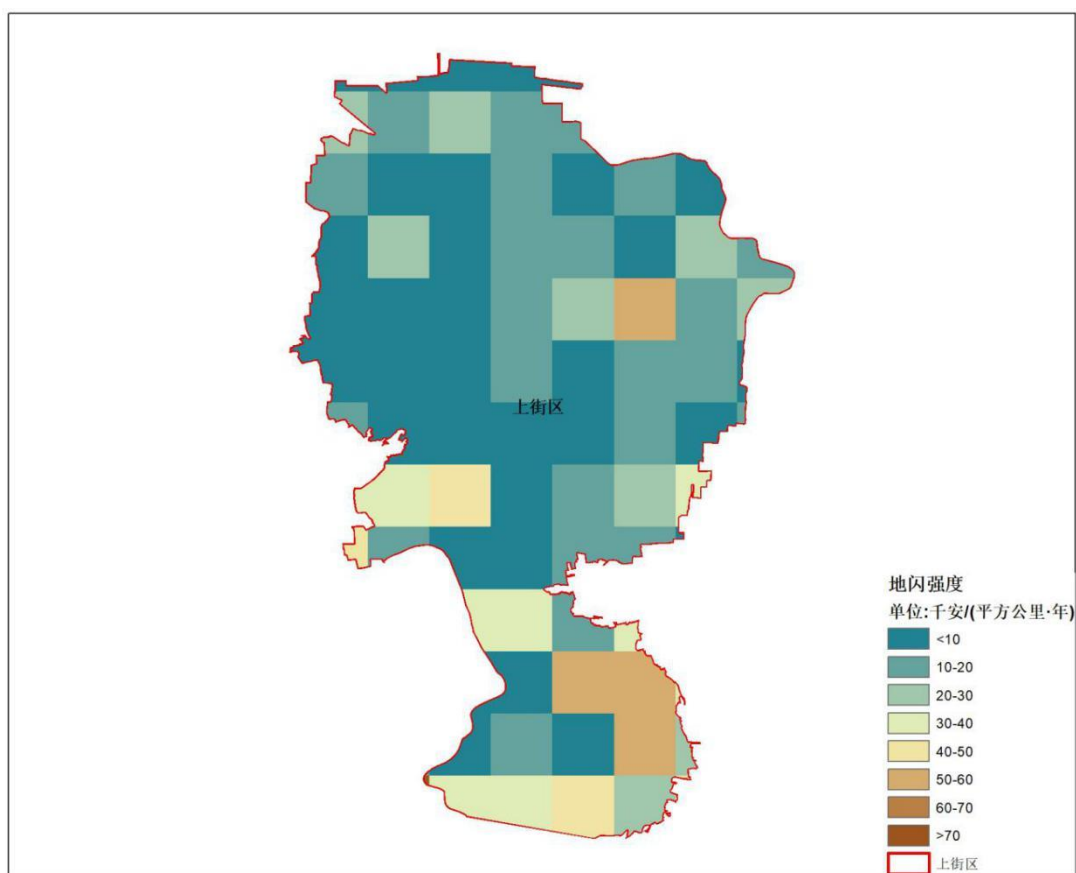


图 5.4-5 上街区地闪强度分布图（格点 1km×1km）

5.5 大气雷电环境特征总结和建议

前面对郑州市上街区内主要项目设施的雷电气候特征，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）郑州市上街区位于郑州市辖区西部，雷暴日数据取自与上街区全面接壤的荥阳市各气象要素资料，荥阳国家一般气象站 30 年（1984-2013 年）数据平均值，年平均雷暴日为 17.8 天，最高年份可达 30 天（1994 年），最低年份 8 天（2013 年），5 至 8 月为雷电高发期，以 7、8 月份为主，7

月份最强，月平均超 5.8 天，属少雷区。

(2) 且据 2015-2019 年雷电定位数据，荥阳市-上街区的全年除 1、2、10、12 月份外各月都有出现雷电，雷电月分布特征明显，主要分布在 4~8 月，占 95.7%以上，其中 7、8 月份是雷电高发月份，占 63.8%以上。

①5 月份雷暴日数共 12 天，占全年比例仅有 8.51%，落雷次数为 1201 次，地闪密度只比主汛期 7、8 月份次数的略低，地闪密度及强度的占比均在全年的 20%左右。相比较 7、8 月份就比较均衡，而 7 月份虽然天数较多占比为 33.33%，地闪密度在 29.44%，而强度为 22.75%，8 月份地闪强度达到全年的峰值为 38.12%，天数和密度均比较均衡达全年的 30%以上。

②雷暴活动规律性较强，时段分布比较集中，主要在午时至夜里，傍晚 18 时的地闪密度与强度均达到峰值，密度与强度均衡，次之为 17 时。

③主汛期雷暴活动主要在午时至夜里，地闪密度在傍晚 17、18 时达到峰值，地闪强度在下午 15 时达到峰值，次之为 17、18 时。8 月份地闪强度占整个汛期的 51%，过半值，而时段主要集中在午后至傍晚时分；6、7 月份雷电流幅值累积分别占整个汛期的 19.08%和 30.25%，主要时段分布也多为下午和凌晨时分。

(3) 结合雷电定位系统(2015-2019 年)近五年雷电监测数据分析,地闪密度值、平均电流强度、主汛期 6~8 月所占比例和雷电高发时段等五项参数特征对应表见表 5.6-1。

表 5.5-1 郑州市上街区对应的参数特征表

站点名	地闪密度值 (次 ($\text{km}^2 \cdot \text{a}$))	平均电流强度 (kA)	6-8 月 所占比例	雷电多发时段
上街区	0.80	17.59	63.83%	12 时至 1 时

(4)从地闪密度值来看,上街区及扩充的 10km 、 20km 、 30km 范围对应的近五年平均地闪密度值介于 0.8 次/ ($\text{km}^2 \cdot \text{a}$) 左右。2015 年至 2019 年期间,地闪密度值明显增加,通过距平分析,近五年上街区地闪密度以正距平为主,雷电发展主要呈增长趋势。

(5) 雷电平均电流强度介于 20kA 左右,与河南省全省平均值 22.93kA 基本持平;要重视加强直击雷防护,提高雷电防护等级。

(6) 郑州市上街区所在区域是少雷区,一年平均雷暴日数在 $15\sim 20$ 天,但是也不代表不会发生雷电灾害,像夏季的强对流天气过程,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。

(7) 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,电子电器受

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。

(8) 上街区区域内设置的学校、医院等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。

上街区个别街区有超高层建筑物（ $>100\text{m}$ ），受雷电直击的风险比较高，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)。

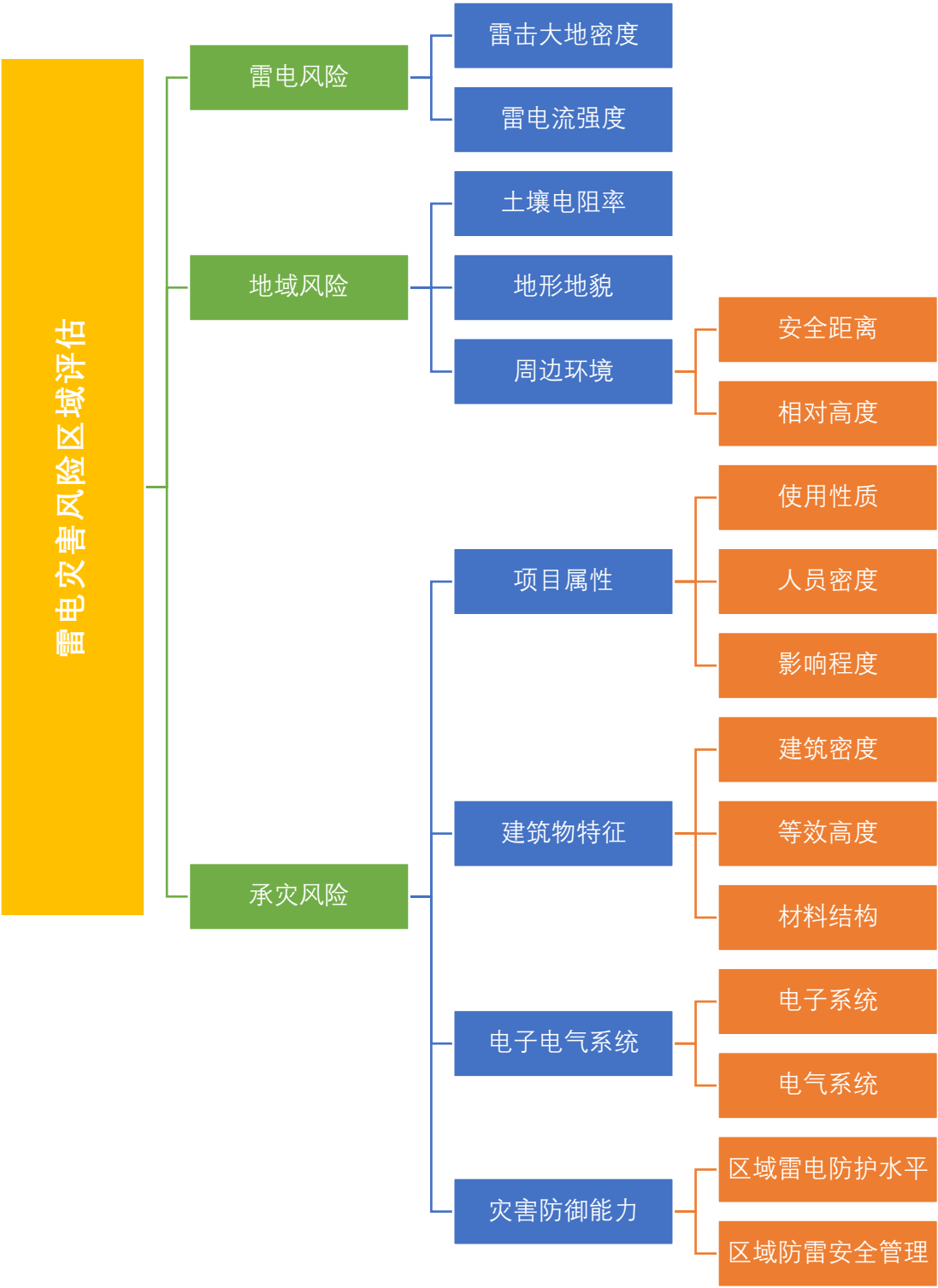
上街区雷电活动特征都比较明显，雷电流也较大，因此雷电灾害事故发生的概率也会相应增加。建议开展防雷基础设计和施工时，要适当地提高雷电防护级别，以尽可能地提高直击雷保护范围和雷电电磁脉冲的综合防护水平。

第六章 雷电灾害风险区域评估

为了认识和评估郑州市上街区区域内的雷电风险，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《河南省气象灾害防御》等法律法规，结合上街区建设项目所属区域实际情况，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，为项目所在区域提供气象防雷安全保障。

6.1 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。



6.2 雷电灾害风险

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、医疗以及其他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。

6.2.1 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。

6.2.1.1 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。它的破坏力十分巨大，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。

6.2.1.2 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。

6.2.1.3 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（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；严重可引起元器件击穿及电路板烧毁，使整个系统陷于瘫痪。

6.2.1.4 操作过电压

因雷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（或称瞬间过电压），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。

6.2.1.5 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。

6.3 雷电风险辨识

郑州市上街区所在地区属于雷暴少发区。但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%。郑州市上街区有很多待开发和待建的建构筑物，现多为农田和围垦湿地，水汽充沛，利于雷暴的发生和发展。

郑州市上街区区域内未来规划兴建大量高层建筑，甚至个别街区有超高层建筑。在区域规划阶段加强雷电风险防控，有助于保障片区内的防雷安全。高大建构筑物易遭受雷电直击；建设项目片区公共建设项目在室外设置的大型设施、设备，片区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、超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) 根据区域内发展规划，区域内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。

注：雷电灾害建筑物引致的损害可具有不同的类型，主要有以下四种：①人身的伤亡；②不可接受的对公众服务的中止；③无法复原的文化遗产的损失；④不包括人身、文化及社会价值等的损失；与第④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

类别	建筑类型	雷击造成的后果
一般建筑	住宅	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。
	农村建筑	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电子控制系统的故障，而对牲畜的生命造成危害。
	剧院、学校、百货商店、体育馆	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

物	等场所	火工作的延误。
	银行、保险公司、商业公司等	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。
	医院、疗养、监狱	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。
	工业建筑	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。
	博物馆及考古发掘现场	不可复原文化遗产的损失
具有危险性的建筑物	电信站、发电厂、有着火危险性的工业建筑	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。
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。

6.4 雷电灾害风险区划

根据雷暴日的统计，河南省属于中等风险区。但近几十年来，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及周边市县区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。从近几年的雷电统计数据来看，郑州市辖区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。

6.4.1 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。

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

6.4.2 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。

6.4.2.1 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 $1km \times 1km$ ）统计计算，将郑州市上街辖区整个区域进行划分，得出各网格内的地闪密度和地闪强度，得到整个区域的地闪密度空间分布图和地闪强度空间分布图。

表 6. 4-1 上街区平均地闪密度值和地闪强度值

地闪空间分布	上街区
地闪密度值（单位：次/（ $km^2 \cdot a$ ））	0. 80
地闪强度值（单位： kA ）	17. 59

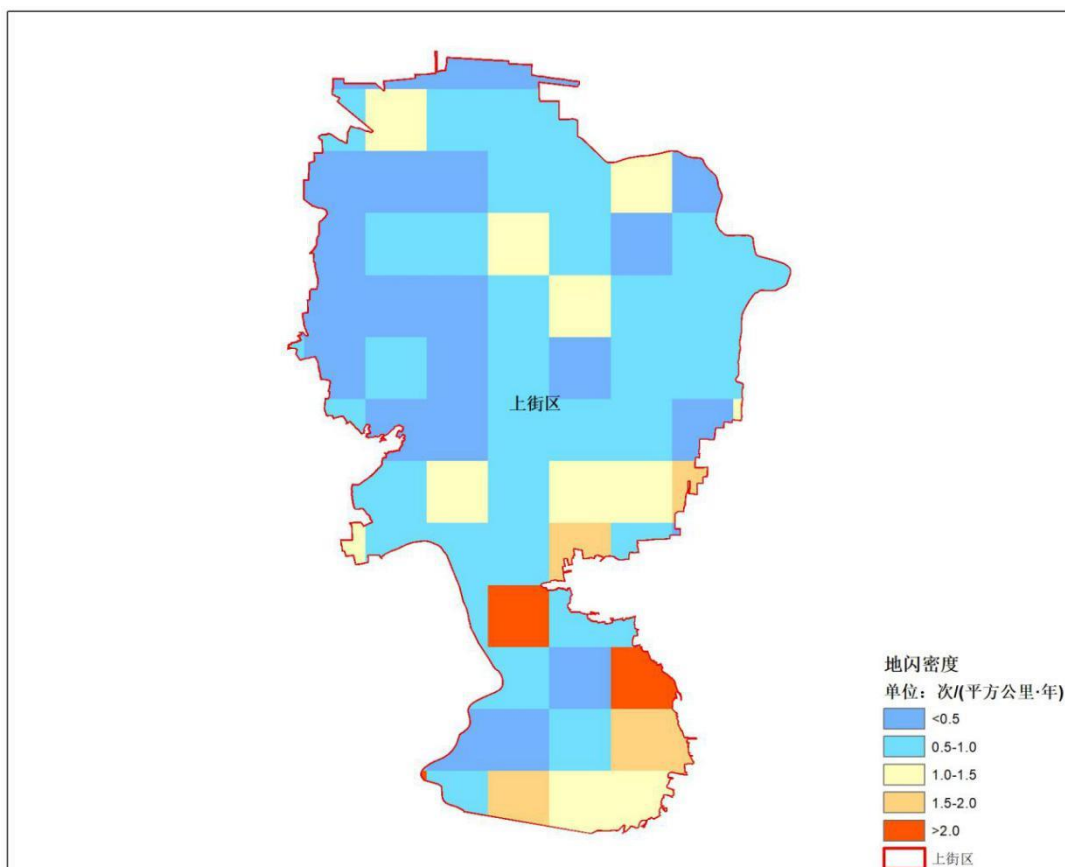


图 6.4-1 上街区地闪密度分布图 (格点 1km×1km)

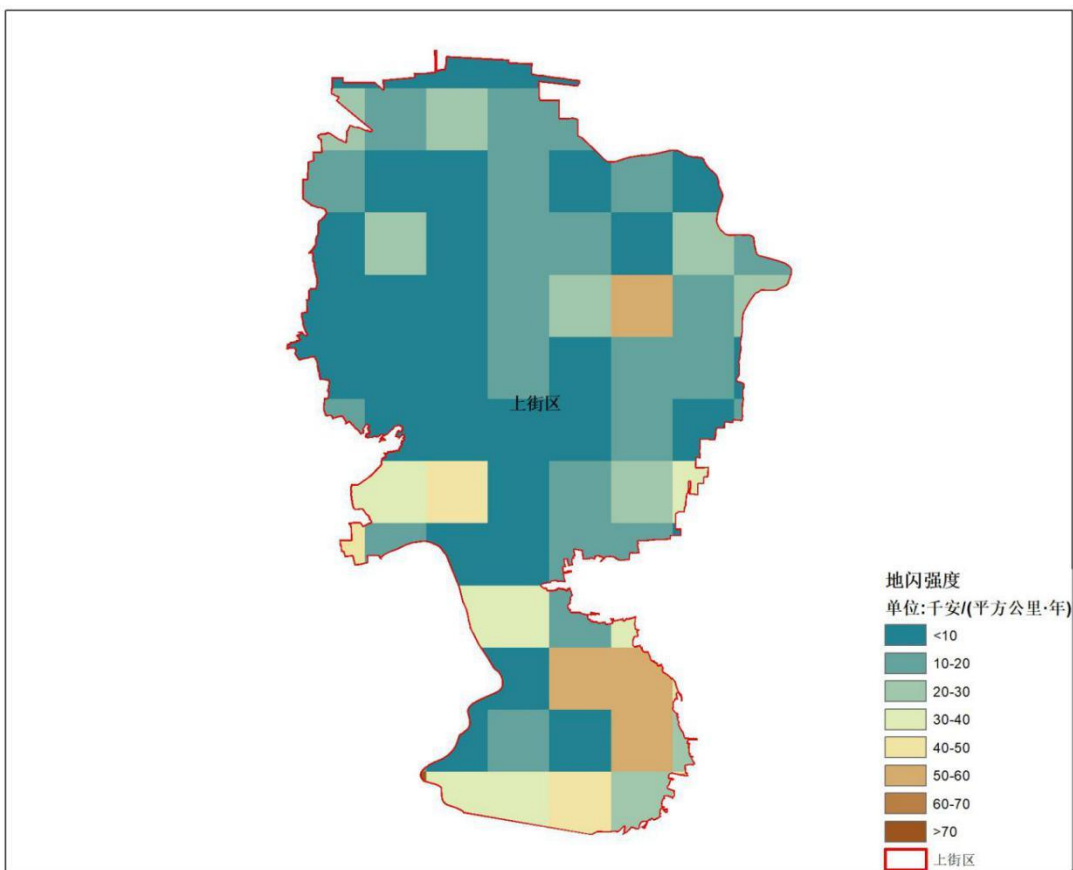


图 6.4-2 上街区地闪强度分布图 (格点 1km×1km)

6.4.2.2 环境因子

环境因子主要指项目片区内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。它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。

综上所述可以看出，海拔高度和地形面貌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。

但郑州市整个市县辖区均属平原地区，除了荥阳、巩义、登封、新密的地形有轻微起伏，其它地区地形起伏并不大。

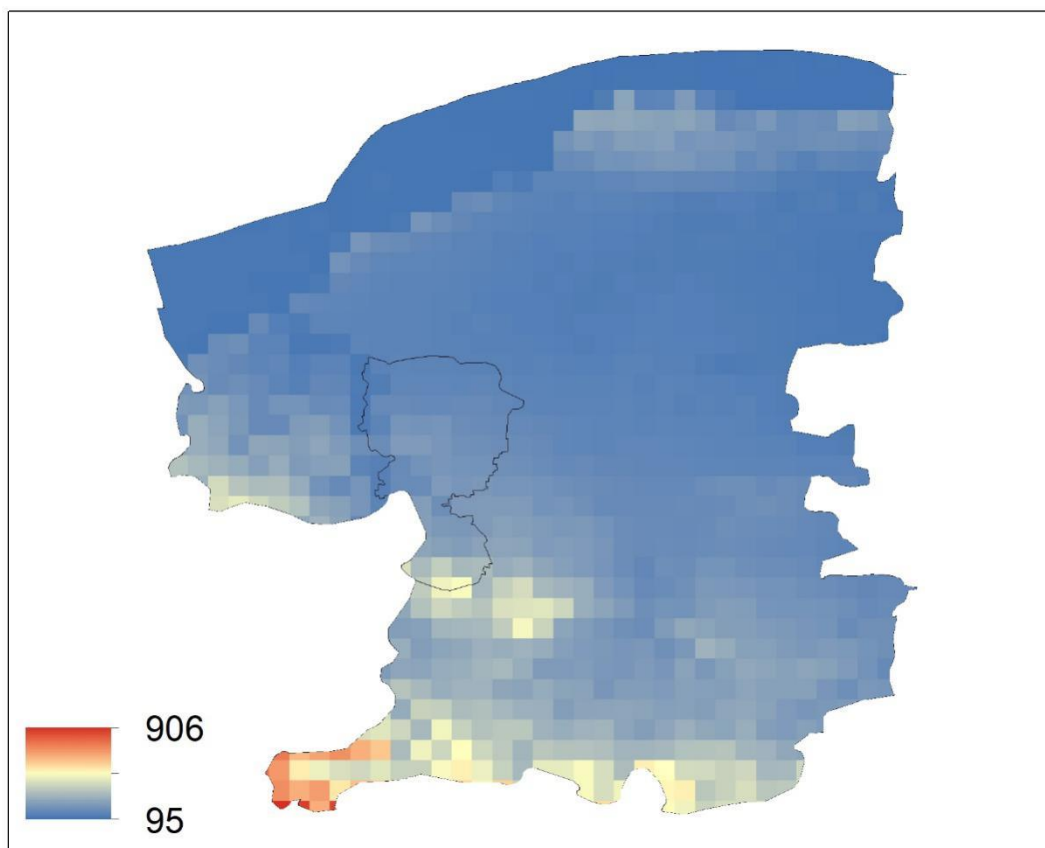


图 6.4-3 项目所在区域高程分布图（格点 1km×1km）

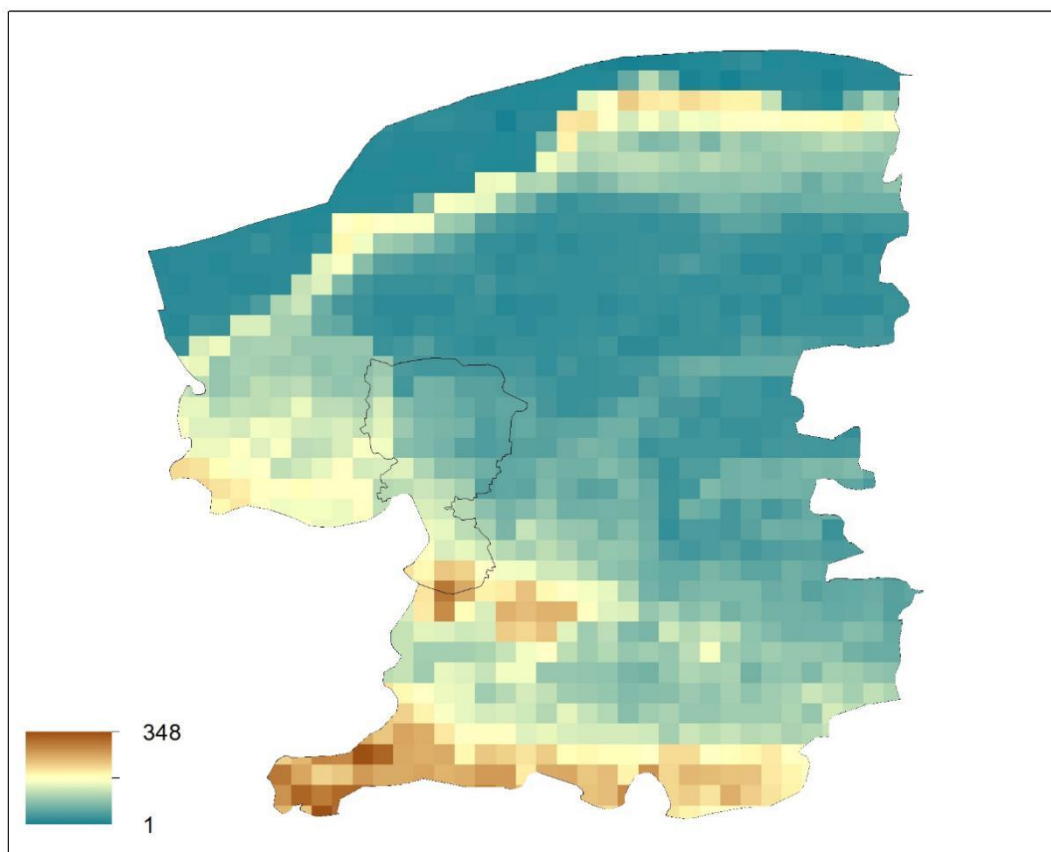


图 6.4-4 项目所在区域地形起伏分布图（格点 1km×1km）

6.4.3 项目区域雷电灾害风险区划

根据可行性原则，制定指标的评估结果由 I、II、III、IV、V 五个等级构成（表 6.4-2）。

表 6.4-2 雷电灾害风险区域评估分级标准

危险等级	说明
	综合评估用 g 表示， g 值越小代表片区内项目雷击致灾风险越低， g 值越大代表片区内项目雷击致灾风险越高， g 值区间 $[0, 10]$ 。
I 级	综合评估 $0 < g < 2$ ，低风险，产生雷击灾害事故的可能性较小。
II 级	综合评估 $2 \leq g < 4$ ，较低风险，产生雷击灾害事故的可能性较小。
III 级	综合评估 $4 \leq g < 6$ ，中等风险，产生雷击灾害事故的可能性较大。
IV 级	综合评估 $6 \leq g < 8$ ，较高风险，产生雷击灾害事故的可能性大。
V 级	综合评估 $8 \leq g < 10$ ，高风险，产生雷击灾害事故的可能性极大。

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 6.4-3）。

表 6.4-3 各因子权重表

因子	权重
地闪密度	0.01715
地闪强度	0.37725

海拔高度	0.08628
地形起伏	0.08174

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。

$$\text{雷电灾害风险综合得分} = \sum \text{因子} \times \text{权重}$$

由图 6.4-5 可知，郑州市上街区内雷电灾害风险区划在空间分布上存在一定的规律，所属区为一般风险区。但对于雷电灾害的防御仍不能放松，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。

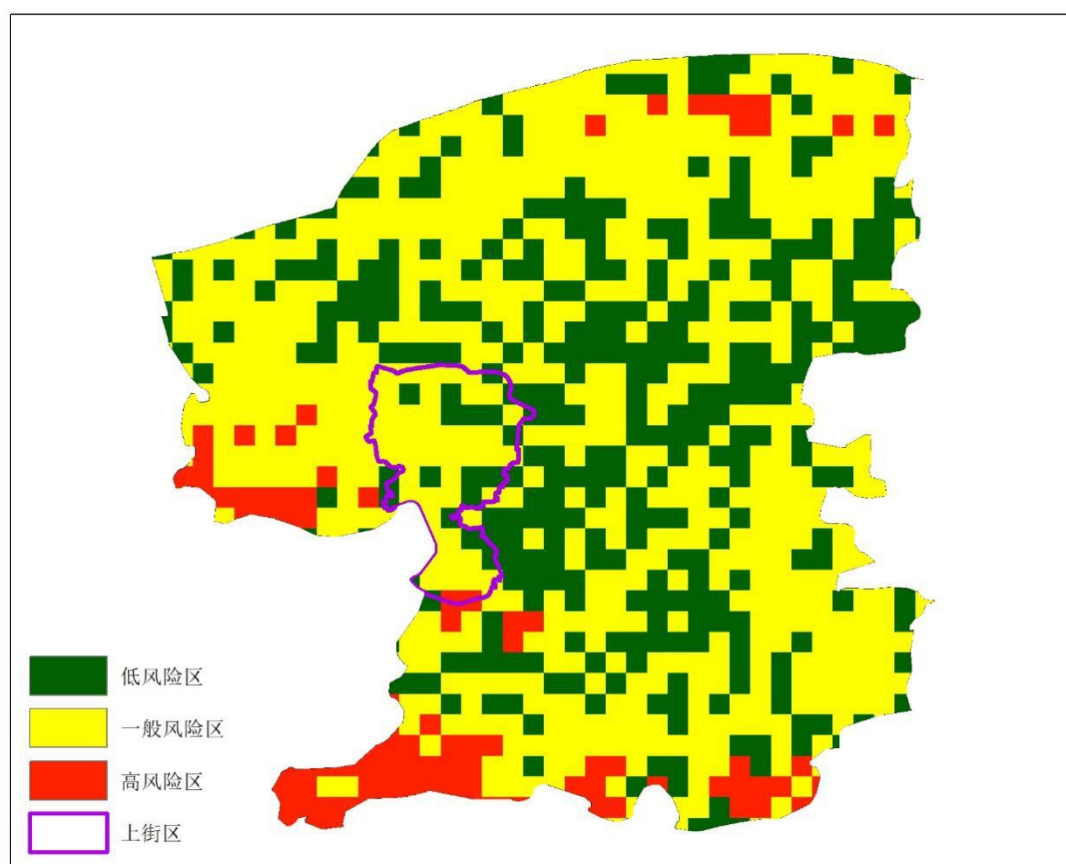


图 6.4-5 项目所在区域雷电灾害风险区划图

6.5 雷电灾害风险区划小结和建议

利用嫡值法，结合气象资料和地理信息资料客观的对郑州市上街区进行了雷电灾害风险区划。

区域内设置的学校、医院、居住区、商业场所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。

区域内有大量高层建筑物，受雷电直击的风险比较高，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)。

区域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，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。

第七章 雷电风险控制措施

郑州市上街区根据现有规划，未来将建成生态宜居新型城区，主要发展工业、居住、疗养、旅游休闲等功能分区。区域内规划城市建设用地包括居住用地、公共管理与公共服务设施用地、商业服务业设施用地、工业用地、旅游休闲等功能性划分。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、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，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郑州市上街区地域性、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郑州市上街区。

7.1 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。

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。

（2）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。

（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。

（4）区域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。

区域内现状大部分地域为已建成，远景发展规划区域为围垦区和山地旅游休闲为主，而围垦区和山地区域的地下水对钢筋、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，公共场所及人员密集的项目，如学校、医院、文教体场所、

功能分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）。

（6）根据规划，区域内未来人口密度较高，设置旅游休闲生活项目，在防雷设计时应重点考虑人身安全防护。

片区内的休闲游玩项目设置的观景平台、游乐场所、水景设施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。

（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。

公园绿地休闲生活区的金属高杆灯可以做自然接闪器，金属高杆灯应与游客保持一定的安全距离，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。

（9）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 $3m$ ，并按标准要求采取适当的防接触电压和跨步电压措施。

7.2 各专业系统

7.2.1 建构筑物

从现有规划来看，区域内建筑高度分布在三个区间： $24m$ 以下、 $24m$ 到 $60m$ 之间、 $60m$ 到 $100m$ 之间，有极个别的 $>100m$ ，高层建筑物所占比例较高，还有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。

7.2.1.1 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。

7.2.1.2 引下线

（1）建筑物宜利用建筑结构柱内两根 $\phi 16$ 及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 $8\sim 10mm$ 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）引下线上端与接闪器焊接，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。

7.2.1.3 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 $\phi 16$ ）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。

7.2.1.4 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。

7.2.1.5 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。

7.2.1.6 侧击雷防护

区域中属于第二类防雷建筑物的建筑（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 $\phi 16$ 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。

7.2.2 电气系统

区域内新建项目的低压配电系统及机场航管各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。

7.2.3 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，保安监控系统和可视对讲系统等。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。

7.2.4 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。

7.2.5 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。

7.2.6 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。

(5) 民航的航管设备均属重要电子设备，且均为实施运行系统，电源应按三级防护、信号两级以上防护、天馈线不少于一级防护的标准来安装 SPD。

7.2.7 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）。

7.3 特殊建构筑物

7.3.1 建构筑物多类型考虑

区域内建构筑物需考虑是否兼有第一、二、三类防雷建筑物，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

电涌侵入措施。

粮、棉及易燃物大量集中的露天堆场，应采用独立接闪杆或架空接闪线防直击雷。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。

7.3.2 金属屋面建构筑物

除第一类防雷建筑物外，区域内特殊建构筑物、大型设施设备，如工业园区的储藏仓库、厂房、储藏罐体等等，屋面若利用其金属屋面结构作为接闪器时，雷电防护系统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。

7.3.2.1 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

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 7.3-1 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（ 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，雷击每库伦（ As ）电荷能熔化金属物的体积，铁： $V/Q \approx 4.4 \text{ mm}^3/As$ ；铜： $V/Q \approx 5.4 \text{ mm}^3/As$ ；铝： $V/Q \approx 12 \text{ mm}^3/As$ 。

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 $50\text{--}100\text{mm}$ （其相应面积为 $1963\text{--}7854\text{mm}^2$ ），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 $0.084\sim 0.503\text{mm}$ ，铜为 $0.103\sim 0.619\text{mm}$ ，铝为 $0.229\sim 1375\text{mm}$ 。

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。

7.3.2.2 不考虑金属屋面作为接闪器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 7.3-1 的材料要求。金属板之间采用搭接时，其搭接长度不应小于 100 mm 。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。

7.3.2.3 设置接闪器

表 7.3-1 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 $\leq 5m \times 5m$ 或 $\leq 6m \times 4m$ 、第二类防雷建筑物 $\leq 10m \times 10m$ 或 $\leq 12m \times 8m$ 、第三类防雷建筑物 $\leq 20m \times 20m$ 或 $\leq 24m \times 18m$ 。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、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。

7.3.3 玻璃屋面建筑物

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 用的不锈钢带,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 $10\text{m}\times 10\text{m}$ 或 $12\text{m}\times 8\text{m}$ 。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。

7.3.4 具有悬臂部件建构筑物

区域内建(构)筑物、游览设施、机场接驳桥架塔等，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：

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

式中：

s 为根据(2)计算得出的间隔距，*m*。

2.5*m*为人体垂直伸展手掌时人站立的地方距人体指尖的高度等于 2.5，见图 7.3-2。

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

式中：

k_i—取决于所选择的 LPS 类型见表 7.3-2

k_c—取决于流经引下线的雷电流见表 7.3-3

k_m—取决于电气绝缘材料见表 7.3-4

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 7.3-2 外部 LPS 的绝缘-系数*k_i*

LPS 类型	<i>k_i</i>
--------	----------------------

I	0.08
II	0.06
III和VI	0.04

表 7.3-3 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，则 $k_c=1$ 。	

表 7.3-4 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	

表 7.3-2 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，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。

7.4 游乐（园）场

(1) 游乐园（场）应尽量避免开雷击风险高值区域。

(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，金属构件应符合游乐设施相关标准技术规范（《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，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 7.4-1 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。

表 7.4-1 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 ）
一般风险区	100	≤ 30

7.5 机场设施设备

上街区内存有机场，而机场多处在多雷区。机场的航务管理系统设备种类多、线路多、要求特殊、属不能中断的实施运行系统，除了有暴露在室外的卫星天线和各类专用收、发信天线等设施外，还有非常集中的各类弱电设备，应防御直接雷击的危害，又需防止感应雷击的侵袭。

航务管理系统的防雷应按照：综合治理、整体防御、多重保护、层层设防、经济备用、安全可靠的基本原则，进行综合防护。

7.6 古建筑及古树木

古建筑在结构、用途性质及所建地理环境与一般建筑物不同。绝大多数为砖木结构，以木质结构为主，宝塔类的大都建在地势海拔较高的山上，或建在土壤电阻率有突变的山脚边。且由于地地理环境、地质条件的不理想，建筑物的外形结构也较复杂，各防雷设施的效果也不如现代建筑物。

对古建筑物不应只限于满足安装避雷针、引下线和接地装置等防雷设施，必须根据其（古建筑物）的防雷等级、建筑结构特点、外形美观的要求及地区环境条件和存放设备、物品的性质、价值等因素进行全面考虑。

古建筑物中增设了照明、通讯、报警、消防等设备管线及其它室内外金属类构件，也增加了雷电侵入和地电位反击的危害。且旅游事业的进一步发展促使游客大量增多，雷电可能造成的接触、跨步电压等危害。

将增设的金属类构件、各金属管线和防雷系统保持一定安全距离且与其相联结，形成等电位。且为保证建筑物内总不产生反击、跨步电压和接触电压，应当使建筑物内的地面、墙面和人们能接触到的金属设备及金属管线达到同一电位，即构成等电位。

为保护名贵古树，需在树上安装避雷装置。因树干要逐渐长粗，因此支承杆的抱箍必须做成松紧的卡箍，以便不影响树木的生长。卡在树干上的避雷引下线的抱箍，如用铁卡子，常年累月的锈蚀，容易使树木腐朽，所以应使用塑料合金类的材料。

7.7 防雷设计参数分析

7.7.1 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。

我公司技术人员对郑州市上街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三章相关内容。

7.7.1.1 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：

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

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，

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，对郑州市上街区建设项目区域在 $5m$ 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

$$R_V = \frac{\rho}{2\pi d} \left(\ln \frac{4L}{d} \right) \dots\dots\dots (3)$$

$$R_h = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{L^2}{hd} + A \right) \dots\dots\dots (4)$$

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 ρ 有关，由于开挖量大，耗材多，费工费料，工程造价相当高。

郑州市上街区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

7.7-1)，可采用利用自然接地体、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 7.7-1 上街区工程建设项目上街区各测点复合式接地网面积估算

站点	$\rho (\Omega \cdot m)$		$S (m^2)$		
	范围	平均值	R=10 Ω	R=1 Ω	R=0.5 Ω
近期建设项目组团 1	19.0~32.9	23.74	1.41	140.95	563.80
近期建设项目组团 2	32.4~82.5	45.82	5.25	524.92	2099.68
远景发展规划 1	28.4~53.2	39.68	3.94	393.58	1574.33
远景发展规划 2	28.7~53.7	40.88	4.18	417.75	1670.99

7.7.1.2 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、电力系统和其他金属管道间分配进行讨论。

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

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

即 SPD1 的 $I_{imp} = I_1 (kA)$;

当使用 $(8/20\mu s)$ 波形时, 可通过单位能量推算知:

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

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

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:

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

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:

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

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：

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

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。

7.8 施工期间防雷安全管理

7.8.1 合理安排施工工期的内容

上街区位于郑州市辖区的西部，从与上街区所接壤荥阳市的荥阳国家一般气象站 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，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。

区域内的雷电活动规律性比较强，分布比较集中，有明显的多发时段，主要集中在午后之至夜里 1 时。

主要是局地热力抬升作用而形成，说明该区域的雷电大部分集中在午时和晚间。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注意多发时段和峰值时段。

7.8.2 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 ($LPZO_B$ 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 $LPZO_B$ 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 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。

7.9 安全运营防雷指导意见

7.9.1 运营管理应结合雷暴活动规律

上街区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上街区旅游休闲生活区的管理工作，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 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。

区域内的雷电活动规律性比较强，分布比较集中，有明显的多发时段，主要集中在午时至夜里 1 时。因此，在雷电高发的 6 月至 8 月应加强片区内的雷电预警预报工作，尤其是旅游度假休闲区宜根据雷暴预警信息合理引导区内游客，在雷闪临近时，应及时疏散游览区的游客到防雷安全区域。

7.9.2 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。

7.9.3 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。

(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。

7.10 人身安全防护指导意见

7.10.1 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。

7.10.2 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，施工人员不要肩抗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。

7.10.3 工作人员和游客的防雷应急措施

各项目组团在投入使用后，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。

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提电话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) 雷雨大风等强对流灾害性气象天气来临前，应加强近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片区内游客和其他人员有序的就近躲避。

(10) 雷雨期间，水上游乐设施、游船等应停止使用，户外游泳区应停止游泳，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) 雷雨大风期间应暂停开放临山休闲游玩区应及时疏散游客到防雷安全区域。

(12) 旅游休闲区内应分区域配备简易心肺复苏急救设备。

7.10.4 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上，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) 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。

7.11 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，郑州市上街区区域局地性强对流天气频发。区域内现有成片的绿地和小型水域，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，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。

区域人流比较大的项目组团和工业园区，应建设预警信

息显示屏，以便及时向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。

综上所述，郑州市上街区的设计、建设和运行过程中要充分考虑雷电灾害及其衍生灾害的影响，建立建全雷电灾害应急预案，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。

第八章 综述

郑州市上街区总规划面积约 61.73km^2 ，通过对上街区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，对整个上街区进行了雷电灾害风险区域评估与论证。

8.1 参证站选取

郑州上街区均位于郑州市行政辖区的西部 38km 处，周围与荥阳市接壤，选取荥阳国家一般基准气象站（57083）作为气候背景分析的参证站则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荥阳市-上街区进行数据资料分析。

8.2 现场勘测论述

（1）为了对上街区所在地的地势、天然地物、人工地物的位置、地表形态、土壤电阻率，片区内重要设施的地理坐标、周围环境以及人员分布等情况有一个系统、完整的了解，我公司技术人员于 2020 年 7 月下旬，进行了数据资料采集分析。

（2）上街区共测量记录了 4 组土壤电阻率数据，在土层中浅层（测量间距 $2\sim 8\text{m}$ ），土壤电阻率值在 $22.9\sim 82.5\Omega\cdot$

m ；在土层深层（测量间距 $10\sim 18m$ ），土壤电阻率值在 $19.0\sim 38.5\Omega\cdot m$ ，片区内土壤电阻率数据分布较均匀。据以上可得知土壤层整体土质大体相同，上街区均属低土壤电阻率范围，这对进行大规模土建工程，提高防雷设施接地电阻值的测试的质量，以及接地电阻值的修正起着正向作用，具有重要的意义。

8.3 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，这些是宏观选址要考虑的，片区建设更要注重具体地点的小气候和微气候情况。根据 1990-2019 年（30 年）荥阳国家一般气象站资料统计分析：

（1）年平均气温为 15.4°C ，极端最高气温 42.5°C ，极端最低气温 -16.9°C 。

（2）年平均气压为 1000.0hPa ，年最高气压 1030.4hPa ，年最低气压 975.2hPa 。

（3）年平均降水为 602.1mm ，出现暴雨日数（日降水量大于等于 50mm ）为 40 天，大暴雨日数（日降水量大于等于 100mm ，小于 200mm ）为 5 天，暴雨天气主要出现在 5 至 9 月份，以 7 月、8 月份为主。

（4）年平均风速为 1.7m/s ，年出现频率最多风向为西

风。且据 2005-2019 年（15 年）资料统计分析，最大风速 11.0m/s，极大风速 17.0m/s。

（5）极端天气冰雹在历史上曾多次发生，主要出现在 2、3 和 7 月。

8.4 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）据近 30 年荥阳国家一般气象站资料统计，郑州市雷暴日数共计 535 天，年平均雷暴日数为 17.8 天。

（2）且据 2015-2019 年雷电定位数据可知，雷暴活动规律性较强，雷电月分布特征明显，主要分布在 4~8 月，占 95.7%以上，其中 7、8 月份是雷电高发月份，占 63.8%以上。时段分布比较集中，主要在午时至夜里，其中多发时段为午时至夜间 1 时；傍晚 18 时地闪密度与强度均达到峰值。

5 月份雷暴日数共 12 天，占全年比例仅有 8.51%，但其落雷次数与雷电流幅值均占全年总比的两层左右，落雷次数为 1201 次，仅略低于主汛期 7、8 月份。而 7 月份虽然天数较多为 47 天，但雷电流幅值占比为 22.25%，8 月份的雷暴日数、落雷次数和地闪强度均达到峰值。

(3) 主汛期雷暴活动与年均值基本一致，主要在午时至夜里，地闪密度在傍晚的 17、18 时达到峰值，地闪强度则在下午 15 时达到峰值，次之为 17、18 时。8 月份地闪强度占整个汛期的 50.68%，过半值，时段主要集中在午时至傍晚时分；6、7 月份平均雷电流幅值分别占整个汛期的 19.08%和 30.25%，主要时段分别也多为下午和凌晨时分。

8.5 项目区域地闪空间区划

(1) 从前文中可知，郑州市上街区的上街区及扩充的 10m、20m、30m 范围对应的近五年平均地闪密度值介于 0.8 次/ ($\text{km}^2 \cdot \text{a}$) 左右，平均雷电流幅值强度介于 20kA 左右。

(2) 雷电灾害月分布特征明显，主要分布在 5~9 月，占比达 98%，其中 7、8 月份是雷灾高发月份，占 67%，与雷电月分布特征基本一致。

(3) 郑州市上街区所在区域是少雷区，一年平均雷暴日数在 15~20 天，夏季的强对流天气区域性、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。

8.6 项目区域雷电灾害风险区划

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。

根据雷电灾害分析、上街区的规划及雷电灾害风险区划，区域内人身防护是重点。人员密集型的项目如游乐项目、酒店项目、居住区等的选址应尽量避免高风险区，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。

户外的游乐设施等控制中心应加强电子电器设备雷电防护，减低因雷电造成雷电子电器设备故障，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、汽车及其它物体）。

区域内大型通信基站、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。

综上所述，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。郑州市经济技术开发区在未来各功能区的设计、施工、运营过程中要充分考虑雷电灾害或其它气象衍生灾害的影响。应根据季节变化和日变化的合理安排旅游休闲生活的管理工作，建立健全雷电灾害应急预案，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。

具体措施可参考第七章相关内容。

8.7 雷电环境监测及跟踪评价

本次评估深入研究郑州市上街区的规划说明后，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，提出跟踪评估方案，建立建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〕25号

郑州市气象局关于《郑州市上街区雷电灾害 风险区域评估报告》专家评审结果的函

郑州市上街区人民政府：

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8月29日，郑州市气象局组织召开了《郑州市上街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：《郑州市上街区雷电灾害风险区域评估报告》专家评审
意见



《郑州市上街区雷电灾害风险区域评估报告》 专家评审意见

2020年8月29日上午，郑州市气象局组织召开了《郑州市上街区雷电灾害风险区域评估报告》（以下简称《评估报告》）评审会。专家组由郑州市气象台、新乡市气象局等单位的5名专家组成（名单附后）。参加会议的有郑州市气象局、郑州市气象局上街区直属分局等单位的代表。与会专家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、郑州市上街区所在区域属暖温带大陆性季风气候，雷电灾害是该区域夏季主要气象灾害之一，对区域进行雷电灾害风险评估是十分必要的。

二、《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，编制目的明确，结构完整，内容全面，符合《雷电灾害风险评估报告编制规范》（DB41/T 936-2014）要求。评估结论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。

经专家组讨论，同意《评估报告》通过评审。

三、专家组建议

1. 规范文本格式，进一步完善文本内容。
2. 建议增加结论性的项目所在区域雷电灾害风险区划图。

3. 规范专业名词的描述。
4. 根据上街区不同区域用地规划提出针对性建议。

专家组组长（签字）： 李卓

2020年8月29日

郑州市上街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	李荣	郑州市气象台	站长/高工	李荣
成 员	徐如祥	郑州市自然资源和规划局	主任	徐如祥
	乔雨	新乡市气象局 气象灾害防御技术中心	主任	乔雨
	程芳芳	郑州市气象局	处长/高工	程芳芳
	周幸福	郑州市气象局上街区 直属分局	局长	周幸福

2020 年 8 月 29 日