

密县古城保护开发区域 雷电灾害风险区域评估报告

河南科安工程检测有限公司

2022年7月





项目名称:	密县古城保护开发区域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:	陈菲
现场勘查人:	张小红、李雷茹、章红霞、温凯杰、李洪亮、张兆锋、李云飞
报告编制人:	王辉 朱翠红 陈菲
校 对:	刘玉山
审 核:	张素霞
报告提交日期:	2022 年 7 月

前 言

据中国气象局统计，全国每年气象灾害造成的经济损失已占全民生产总值的 1%~3%左右，严重危害着人民生命财产安全，影响着国民经济和社会发展。雷电灾害损失仅次于暴雨洪涝灾害和干旱灾害造成的损失，目前被联合国有关部门列为“最严重的十种自然灾害之一”，特别是随着国民经济的高速发展，我国现已迈入以电力和电子为主的现代化时代，微电子器件和信息技术应用也日渐普及，雷电灾害造成的经济损失越来越大，影响也越来越大，被国际电工委员会（IEC）称为“电子化时代的一大公害”。

为准确把握密县古城保护开发区域所处地域雷电活动规律，合理有效的指导防雷设计以减少或避免因雷电而引发的人员伤亡和设备损坏所造成的经济损失，指导密县古城保护开发区域内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。

我公司在密县古城保护开发区域内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《密县古城保护开发区域雷电灾害风险区域评估报告》。根据雷电灾害风险评估情况，对区域现状及未来规划建设情况提出雷击风险管理建议，确保雷电防护装置合理性，保证区域内人身安全

全，减少因雷电灾害造成的经济财产损失。

本报告内容只适用于密县古城保护开发区域建设项目，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密县古城保护开发区域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、郑州溱洧文化旅游开发有限公司、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	2
1.5 评估原则	3
1.6 评估范围	3
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
1.8 评估工作流程	7
第二章 现场勘测及数据采集分析	8
2.1 现场勘测说明	8
2.2 基础数据采集	9
2.3 土壤电阻率数据采集	22
2.3.1 测量目的	22
2.3.2 测量方法	23
2.4 土壤电阻率测量	25
2.4.1 密县古城保护开发区域测点 1	26
2.4.2 密县古城保护开发区域测点 2	27
2.4.3 密县古城保护开发区域测点 3	28
2.4.4 密县古城保护开发区域测点 4	29
2.4.5 密县古城保护开发区域测点 5	30
2.4.6 密县古城保护开发区域测点 6	31
2.5 现场采集分析	33
第三章 气候背景分析	35
3.1 气象环境	35
3.2 资料来源及说明	36
3.3 气温	36
3.4 气压	37

3.5 降水 40

3.6 风速风向 42

3.7 极端气温 51

3.8 雷电预警信号发布数据 52

3.9 暴雨日数 53

3.10 雷暴 54

3.11 冰雹 56

3.12 基本气候特征 56

第四章 大气雷电环境资料分析 58

4.1 雷电灾害分析 59

4.2 雷电资料收集 61

4.3 雷暴数据资料分析 62

4.4 雷电活动时空分布特征分析 64

 4.4.1 地闪密度特征分析 64

 4.4.2 地闪强度特性分析 66

4.5 项目区域雷电灾害风险区划 71

 4.5.1 项目所在区域地闪密度空间分布 72

 4.5.1.1 密县古城保护开发区域地闪密度空间分布 72

 4.5.2 项目所在区域地闪强度空间分布 75

 4.5.2.1 密县古城保护开发区域地闪强度空间分布 75

4.6 大气雷电环境特征总结和建议 78

第五章 雷电灾害风险区划 81

5.1 评估指标体系 82

5.2 雷电灾害风险 83

 5.2.1 直击雷 83

 5.2.2 雷电波侵入 84

 5.2.3 感应过电压 84

 5.2.4 地电位反击 84

5.3 雷电风险辨识 85

5.4 雷电风险区划 89

 5.4.1 主要方法 89

 5.4.2 致灾因子分析 91

 5.4.2.1 气象因子 91

5.4.2.2 环境因子	93
5.4.3 项目区域雷电灾害风险区划	94
5.5 雷电灾害风险区划小结和建议	97
第六章 雷电风险控制措施	99
6.1 总体要求	99
6.2 综合防雷系统	101
6.2.1 接闪器	101
6.2.2 引下线	102
6.2.3 接地装置	103
6.2.4 建筑物内的各等电位连接	103
6.2.5 建筑物内金属设施设备等电位连接	103
6.2.6 侧击雷防护	104
6.2.7 电气系统	105
6.2.8 电子信息系统	106
6.2.9 等电位连接及接地	109
6.2.10 屏蔽与布线	110
6.2.11 安装浪涌保护器（SPD）	110
6.2.12 其他	111
6.3 防雷设计参数分析	111
6.3.1 接地网参数分析	111
6.3.1.1 接地电阻	112
6.3.1.2 电源系统雷击过电流估算	114
6.4 特殊建（构）筑物	116
6.4.1 建（构）筑物多类型考虑	116
6.4.2 金属屋面构筑物	117
6.4.2.1 必须考虑防击穿、发热点、存放易燃材料等问题	117
6.4.2.2 不需重点考虑防击穿或存放易燃材料的引燃	118
6.4.2.3 设置接闪器	119
6.4.3 玻璃屋面建（构）筑物	120
6.4.4 具有悬臂部件建（构）筑物	121
6.5 景区	123
6.6 电子和电气系统外部安装设备的防护措施	124
6.6.1 外部设备的防护	125
6.6.2 减小电缆中的过电压	126

6.6.3 建筑物之间互连的改进	126
6.6.3.1 绝缘线	126
6.6.3.2 金属线	127
6.6.4 既有建筑接入新的内部系统	127
6.7 古文化遗址	128
第七章 雷电防护安全建议	129
7.1 雷电防护指导意见	129
7.1.1 商住区雷电防护建议	129
7.1.2 户外装置区场所雷电防护建议	130
7.1.3 机器设备区雷电防护建议	133
7.2 施工阶段雷电防护安全建议	133
7.2.1 施工宜避开雷暴高发期和时段	133
7.2.2 施工现场采取防雷措施	134
7.2.3 施工期间雷电防护安全指导意见	138
7.3 安全运营防雷指导意见	140
7.3.1 运营管理应结合雷暴活动规律	140
7.3.2 防雷设施检测和维护	141
7.4 人身防护指导建议	141
7.4.1 加强防雷知识培训	142
7.4.2 现场施工人员防雷应急措施	142
7.4.3 雷雨天防雷措施	143
7.4.4 雷击急救措施	144
7.5 雷电监测和预警	146
7.6 雷电灾害发生时应对措施	147
第八章 结论及建议	148
8.1 参证站选取	148
8.2 现场勘测论述	148
8.3 区域气候概况	149
8.4 大气雷电环境概况	150
8.5 项目区域雷灾风险区划	151
8.6 雷电灾害风控及建议	153
附录 A 相关术语	155
附录 B 防雷知识	159

第一章 评估说明

本次雷电灾害风险评估为区域评估，采用区域评估办法，不同于针对具体项目和单体建筑物的常规雷击风险评估方法。

区域评估结论为一般性适用结论，当涉及火灾爆炸危险项目、超高建筑等重点项目时仍需要针对性雷电灾害风险评估。

1.1 项目名称

密县古城保护开发区域雷电灾害风险区域评估

1.2 委托单位

郑州溱洧文化旅游开发有限公司

1.3 项目概况

密县古城是全国 17 座遗存丰富古城之一，古城核心板块位于新密市主城区南侧，北至龙潭路、东至开阳路、南至洧水路、西至长乐路，规划面积约 1.5 平方公里。三个安置区分别为：新密市双泊河安置区项目（东安置区），位于开阳路东侧、龙潭路北侧；古城保护开发西安置区，位于城关镇西街村（核心区西部）；古城保护开发南安置区，位于城关镇南街村（核心区南部）。两个街坊位于新密市双泊河安

置区项目（东安置区）南。以古城核心板块为支撑，按照“文化引领、生态优先、低密疏朗、产城融合”的高品质规划原则，从严控制用地，加快有机更新，加强产业植入，融合美丽乡村建设，打造疏朗时尚、文化古韵的城市风格，形成宜居宜业宜游的南部新城。

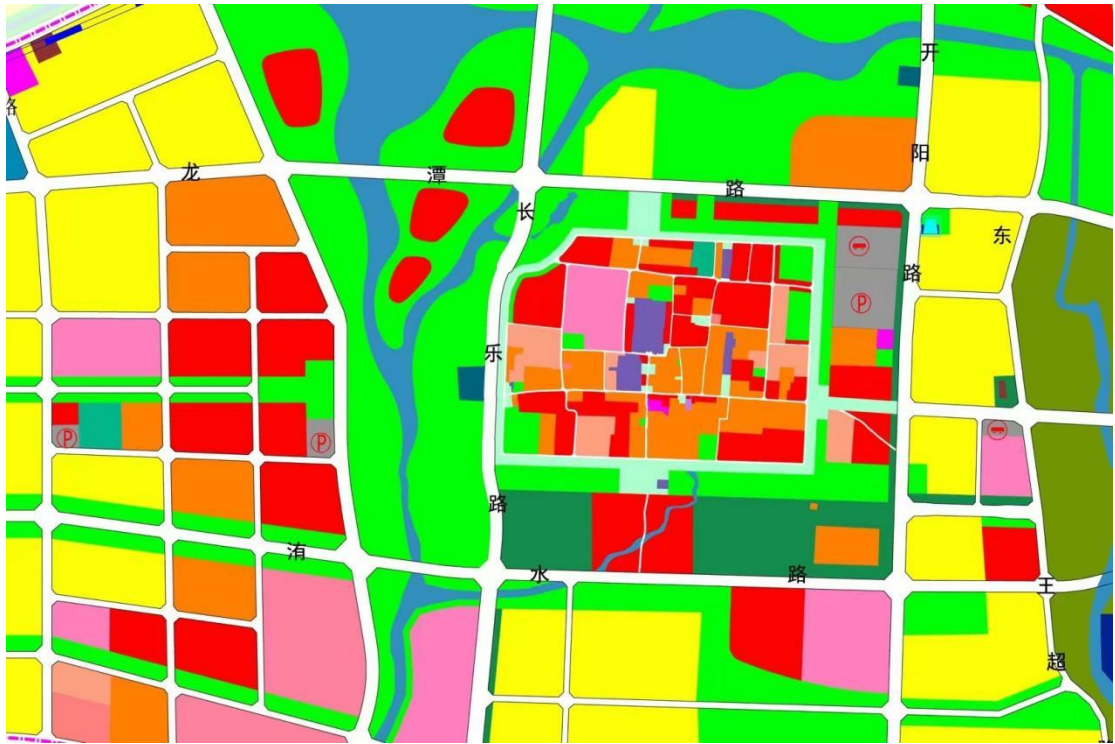


图 1.3-1 新密市古城保护开发区规划图

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。

为了减少雷击造成的损失，可能需要采取防雷措施，应当通过风险评估来确定是否需要采取防雷措施以及防护到什么程度。具体为：

雷电灾害风险评估可以更加全面地反映评估对象的雷电防护现状；

通过雷电灾害风险评估，可以知道建筑物可能遭受雷击的主要风险分量，做好相应的防护措施，把损失减到最低；

通过雷电灾害风险评估，可以更加合理的采取防雷措施，避免盲目的浪费；

通过雷电灾害风险评估，可以提出全面的防雷措施，包括直击雷防护、雷电磁脉冲防护、雷电波侵入防护及雷电感应防护等，做到科学有效、安全可靠。

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

以密县古城保护开发区域城市设计文本及板块概况为

工作基础，按照《密县古城保护开发区域雷电灾害风险区域评估服务合同》的内容，对密县古城保护开发区域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) 郑州市自然资源和规划局 郑州市发展和改革委员会

会 郑州市水利局 郑州市应急管理局 郑州市气象局 关于印发《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）》等六个文件的通知（郑自然资文〔2019〕814号）

1.7.2 标准、技术规范

GB 50057-2010	《建筑物防雷设计规范》
GB 50343-2012	《建筑物电子信息系统防雷技术规范》
GB 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》
GB 50174-2017	《电子信息系统机房设计规范》
GB 50311-2016	《建筑与建筑群综合布线系统工程设计规范》
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》
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》
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》
QX/T 246-2014	《建筑施工现场雷电安全技术规范》
QX/T 22-2004	《地面气候资料 30 年整编常规项目及其统计方法》
QX/T 264-2015	《旅游景区雷电灾害防御技术规范》
DB41/T 936-2014	《雷电灾害风险评估报告编制规范》
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) 古城简介；

(2) 2008 年至 2017 年《全国雷电灾害实例汇编》。

1.8 评估工作流程

(1) 根据评估项目区域制作地理位置图，选择测点（五个工作日）；

(2) 进行土壤电阻率现场勘测，进行数据资料分析（二十个工作日）；

(3) 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（十五个工作日）；

(4) 收集雷电数据，进行雷电数据分析（十五个工作日）；

(5) 资料汇总，进行评估报告的编纂工作（十个工作日）；

(6) 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）；

(7) 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

我公司根据密县古城保护开发区域产业布局、基础设施、地形地貌、水文、地质、土壤、气候、气象等基本情况及该区域各项目实际建设情况进行了实地勘查，对区域内土壤电阻率数值进行实地采集，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。

（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（图 2.1-1）。

（2）使用多功能数字直流激电仪，采集密县古城保护开发区域内土壤电阻率数据，为雷电灾害风险评估提供准确的土壤电阻率。



图 2.2-1 密县古城保护开发区域测点 1 东方



图 2.2-2 密县古城保护开发区域测点 1 西方



图 2.2-3 密县古城保护开发区域测点 1 南方



图 2.2-4 密县古城保护开发区域测点 1 北方



图 2.2-5 密县古城保护开发区域测点 2 东方



图 2.2-6 密县古城保护开发区域测点 2 西方



图 2.2-7 密县古城保护开发区域测点 2 南方



图 2.2-8 密县古城保护开发区域测点 2 北方



图 2.2-9 密县古城保护开发区域测点 3 东方



图 2.2-10 密县古城保护开发区域测点 3 西方



图 2.2-11 密县古城保护开发区域测点 3 南方



图 2.2-12 密县古城保护开发区域测点 3 北方



图 2.2-13 密县古城保护开发区域测点 4 东方



图 2.2-14 密县古城保护开发区域测点 4 西方



图 2.2-15 密县古城保护开发区域测点 4 南方



图 2.2-16 密县古城保护开发区域测点 4 北方

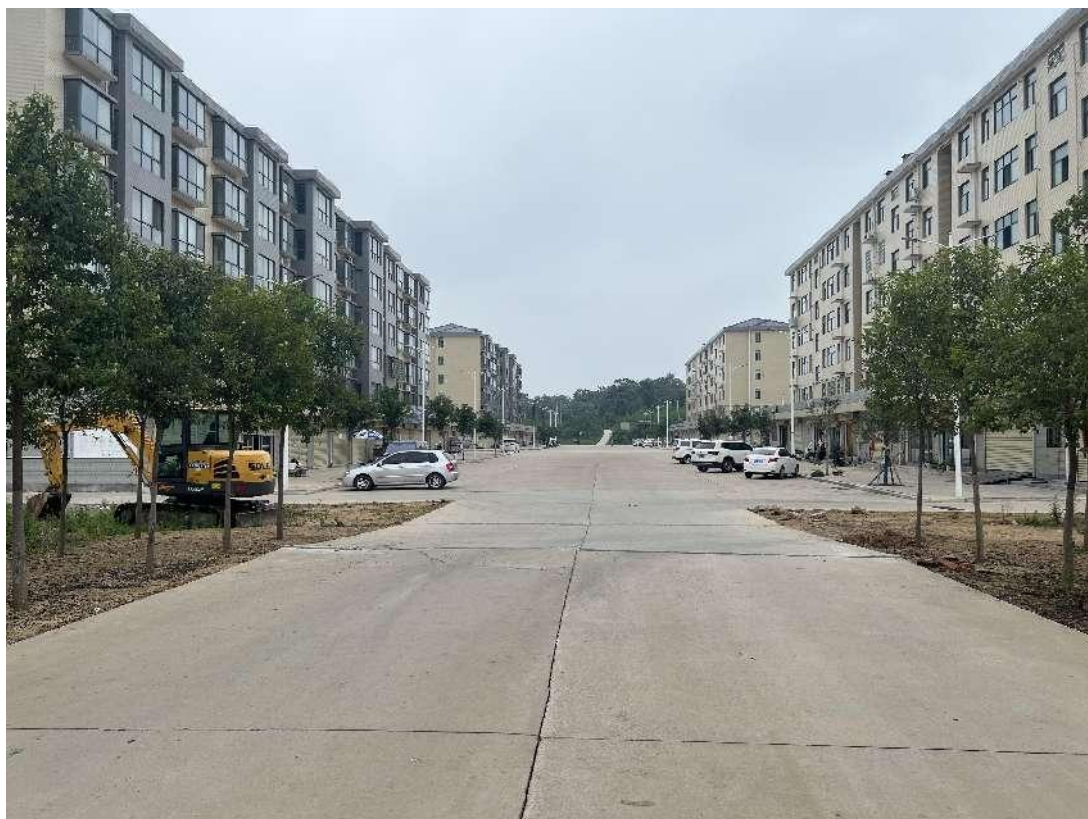


图 2.2-17 密县古城保护开发区域测点 5 东方

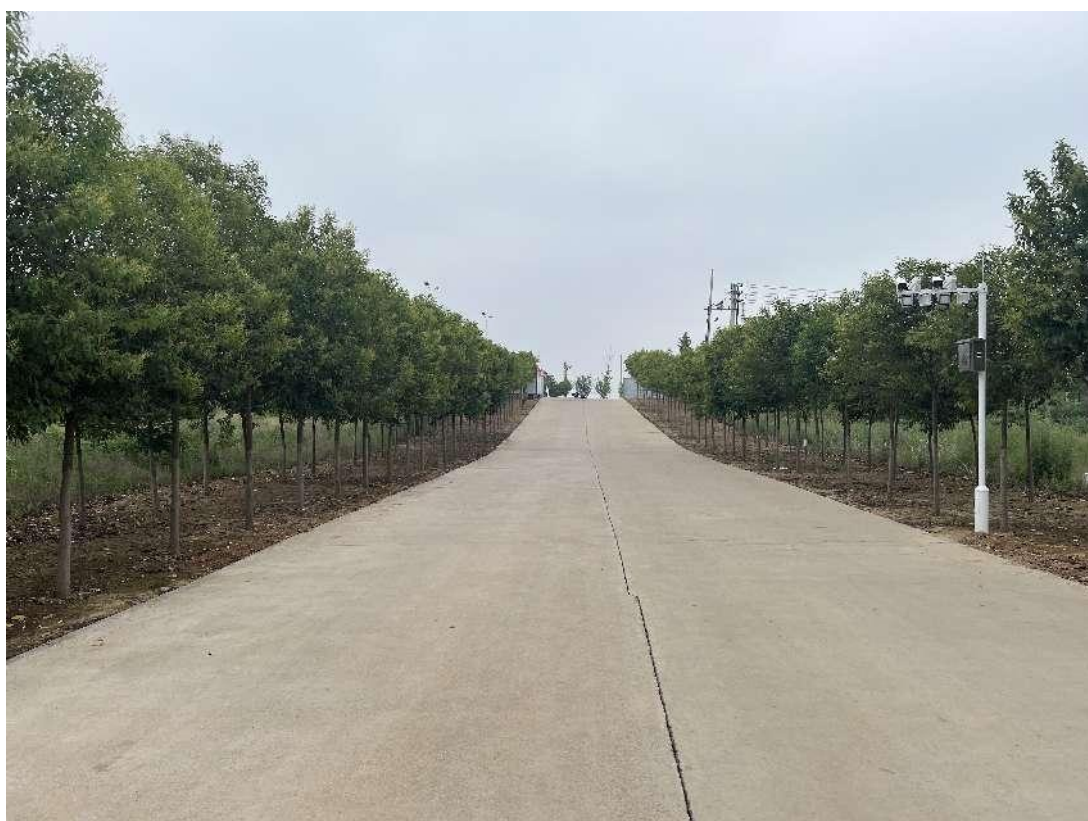


图 2.2-18 密县古城保护开发区域测点 5 西方



图 2.2-19 密县古城保护开发区域测点 5 南方



图 2.2-20 密县古城保护开发区域测点 5 北方



图 2.2-21 密县古城保护开发区域测点 6 东方



图 2.2-22 密县古城保护开发区域测点 6 西方



图 2.2-23 密县古城保护开发区域测点 6 南方



图 2.2-24 密县古城保护开发区域测点 6 北方

2.3 土壤电阻率数据采集

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 $\Omega \cdot \text{m}$ 。

2.3.1 测量目的

不同土壤类型有不同的土壤电阻率，会较大幅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。

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。

根据密县古城保护开发区域场地条件，选择数据采集点进行土壤电阻率测量，如图 2.3-1。

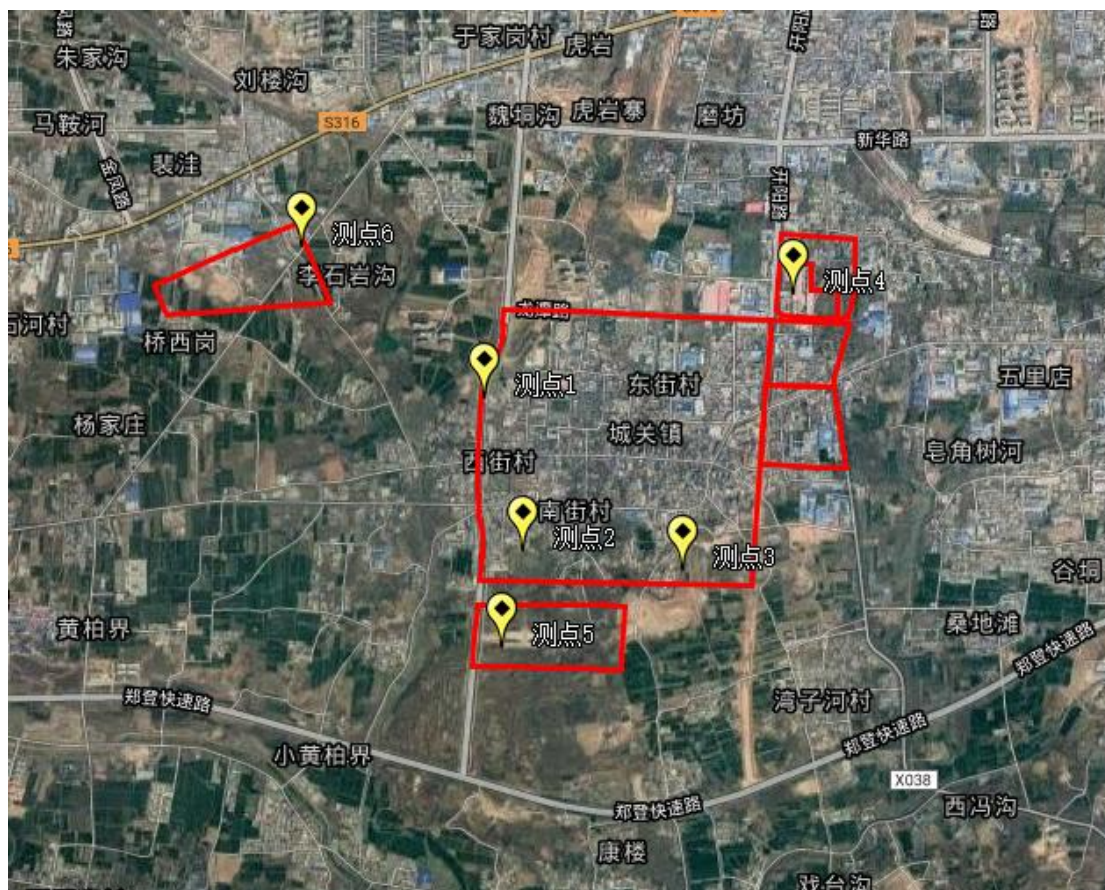


图 2.3-1 密县古城保护开发区建设项目及标志性建设项目地理坐标

(1) 测量密县古城保护开发区域内在建及未建项目等区域标志性建筑物地理坐标。

(2) 测量密县古城保护开发区域下垫层的土壤电阻率。

2.3.2 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（ $\Omega \cdot m$ ）；

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），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：

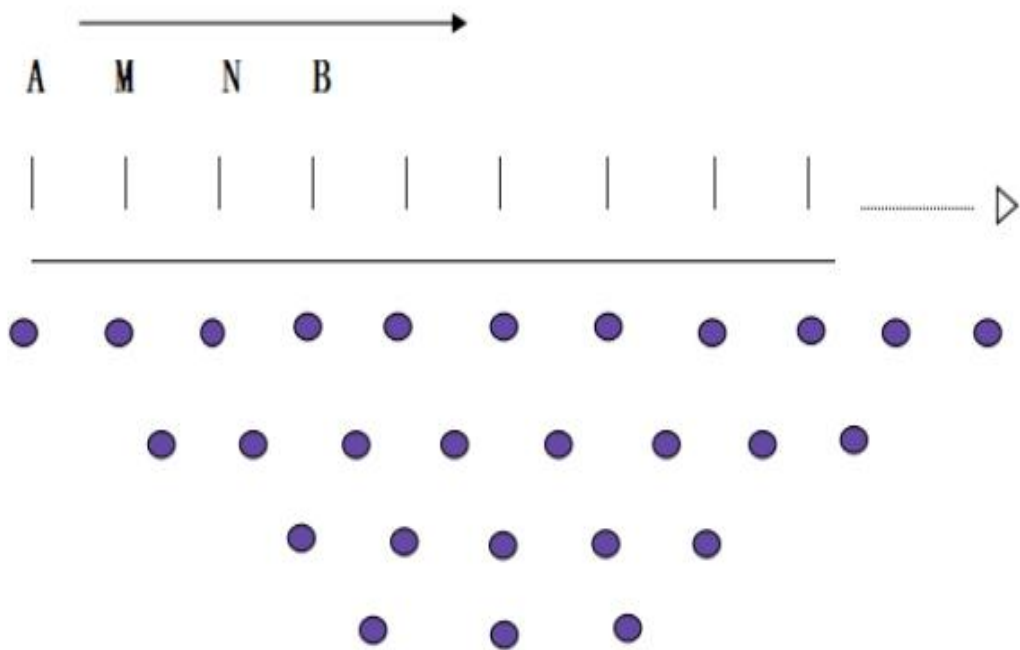


图 2.3-3 高密度跑极方式示意图

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 2.3-1 根据土壤性质决定的季节修正系数表

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。				

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。

2.4 土壤电阻率测量

2022 年 3 月中旬及 7 月中旬，对密县古城保护开发区域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，并对影响土壤电阻率的因素进行分析。采集前三天无大量降水，数据测量作业时无降水。

2.4.1 密县古城保护开发区域测点 1

测点 1 未建，现场采集土壤电阻率数据如表 2.4-1，土壤电阻率断面图如图 2.4-1，现场勘测照片如图 2.4-2。

表 2.4-1 土壤电阻率测量表（单位 $\Omega\cdot\text{m}$ ）

密县古城保护开发区域 测点 1									
供电极距 (AB/2) (m)	2	4	6	8	10	12	14	16	18
土壤电阻率 ($\Omega\cdot\text{m}$)	21.37	16.86	19.49	21.45	23.05	24.54	25.80	26.62	27.63

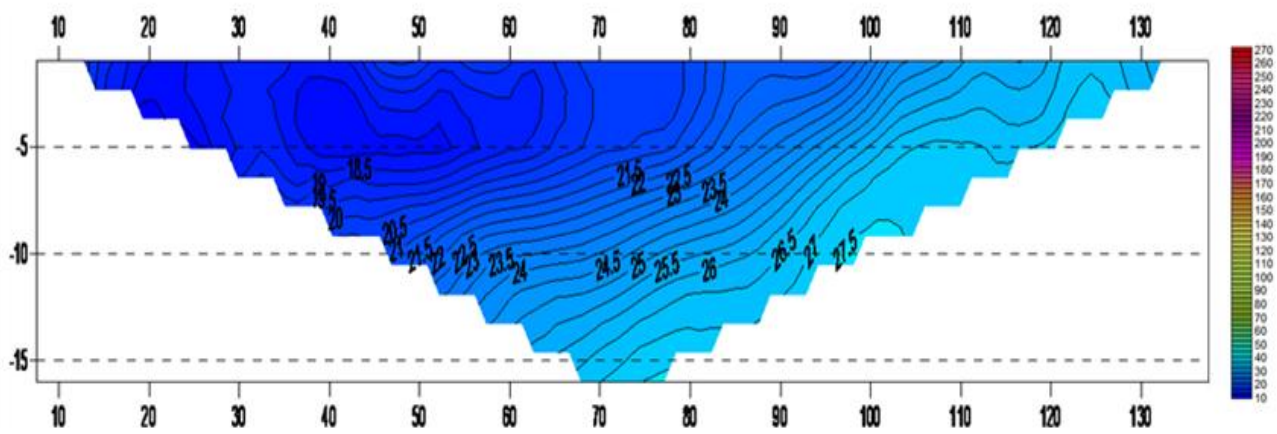


图 2.4-1 土壤电阻率断面图



图 2.4-2 现场勘测照片

2.4.2 密县古城保护开发区域测点 2

测点 2 未建，现场采集土壤电阻率数据如表 2.4-2，土壤电阻率断面图如图 2.4-3，现场勘测照片如图 2.4-4。

表 2.4-2 土壤电阻率测量表（单位 $\Omega\cdot\text{m}$ ）

密县古城保护开发区域 测点 2									
供电极距 (AB/2) (m)	2	4	6	8	10	12	14	16	18
土壤电阻率 ($\Omega\cdot\text{m}$)	13.89	17.89	20.77	22.16	23.07	25.12	27.12	29.15	31.66

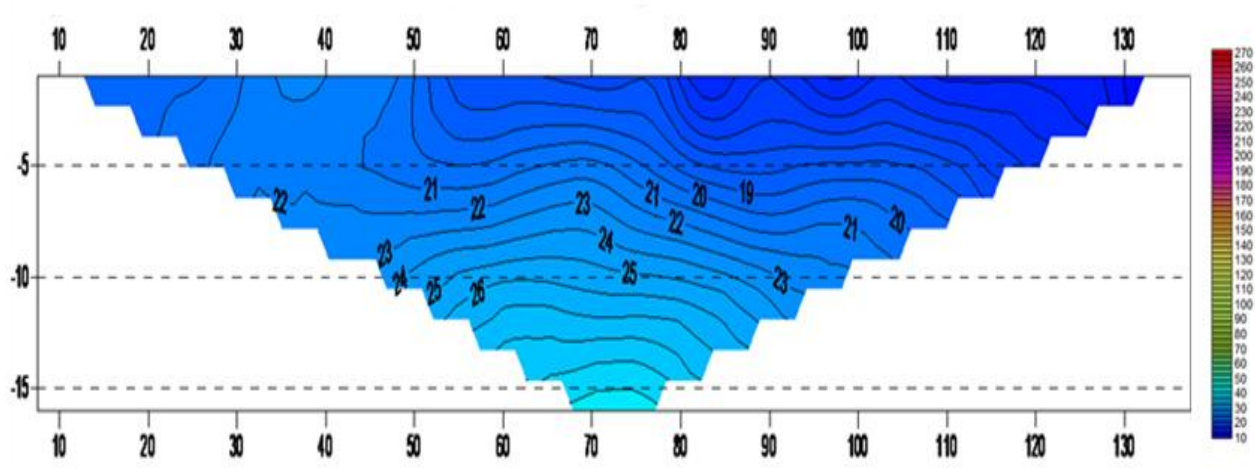


图 2.4-3 土壤电阻率断面图



图 2.4-4 现场勘测照片

2.4.3 密县古城保护开发区域测点 3

测点 3 未建，现场采集土壤电阻率数据如表 2.4-3，土壤电阻率断面图如图 2.4-5，现场勘测照片如图 2.4-6。

表 2.4-3 土壤电阻率测量表（单位 $\Omega\cdot\text{m}$ ）

密县古城保护开发区域 测点 3									
供电极距 (AB/2) (m)	2	4	6	8	10	12	14	16	18
土壤电阻率 ($\Omega\cdot\text{m}$)	164.05	223.52	290.35	344.82	398.98	442.12	461.18	474.93	476.57

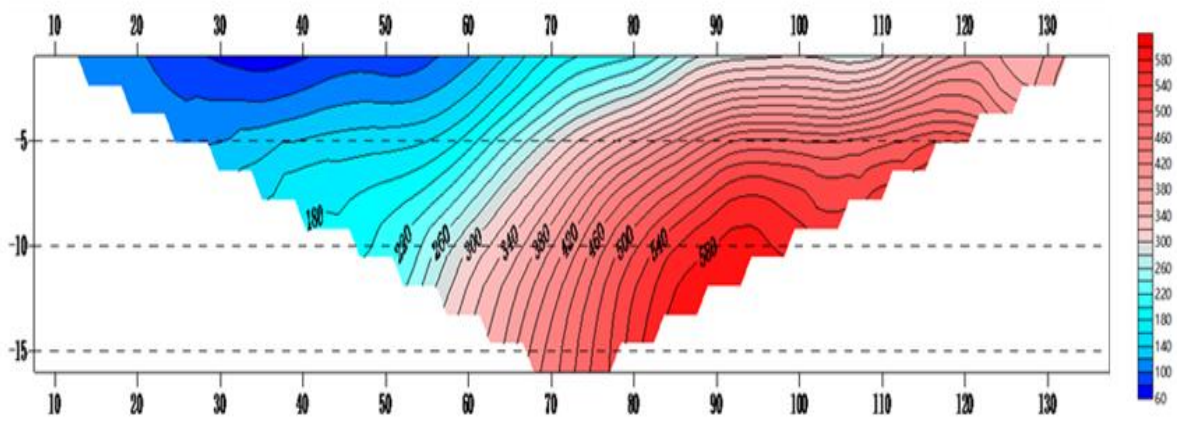


图 2.4-5 土壤电阻率断面图



图 2.4-6 现场勘测照片

2.4.4 密县古城保护开发区域测点 4

测点 4 在建中，为东安置区及两个街坊项目区域，现场采集土壤电阻率数据如表 2.4-4，土壤电阻率断面图如图 2.4-7，现场勘测照片如图 2.4-8。

表 2.4-4 土壤电阻率测量表（单位 $\Omega\cdot\text{m}$ ）

密县古城保护开发区域 测点 4									
供电极距 (AB/2) (m)	2	4	6	8	10	12	14	16	18
土壤电阻率 ($\Omega\cdot\text{m}$)	37.83	29.54	29.55	29.49	29.95	30.88	31.24	31.98	32.65

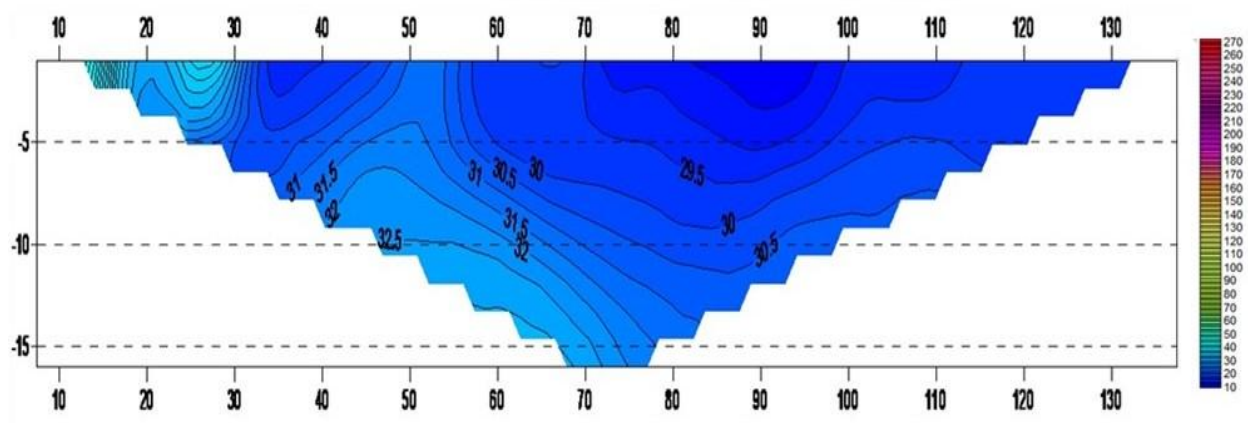


图 2.4-7 土壤电阻率断面图



图 2.4-8 现场勘测照片

2.4.5 密县古城保护开发区域测点 5

测点 4 已建成，为南安置区项目区域，现场采集土壤电阻率数据如表 2.4-5，土壤电阻率断面图如图 2.4-9，现场勘测照片如图 2.4-10。

表 2.4-5 土壤电阻率测量表（单位 $\Omega\cdot\text{m}$ ）

密县古城保护开发区域 测点 5									
供电极距 (AB/2) (m)	2	4	6	8	10	12	14	16	18
土壤电阻率 ($\Omega\cdot\text{m}$)	59.89	80.72	81.72	86.69	93.35	95.07	97.37	91.90	76.28

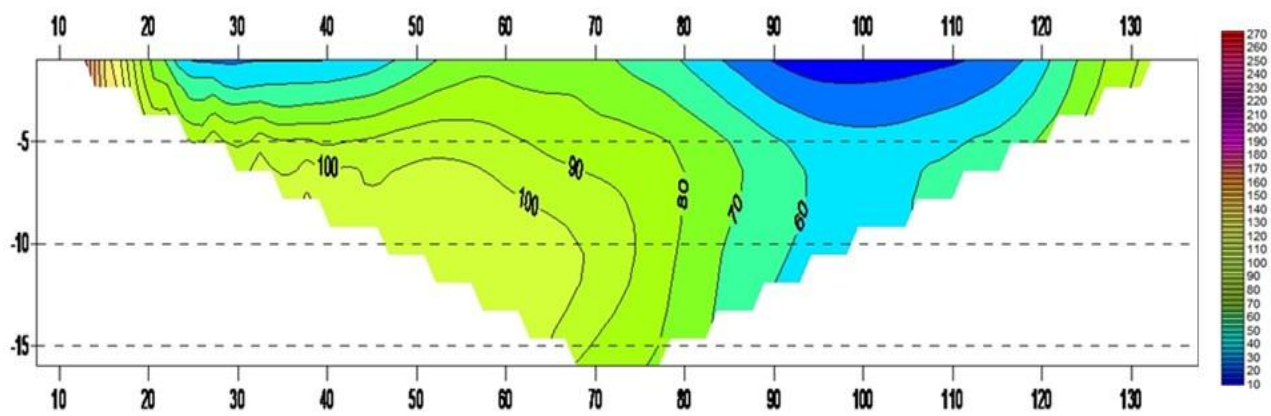


图 2.4-9 土壤电阻率断面图



图 2.4-10 现场勘测照片

2.4.6 密县古城保护开发区域测点 6

测点 5 未开工建设，为西安置区项目区域，现场采集土壤电阻率数据如表 2.4-6，土壤电阻率断面图如图 2.4-11，现场勘测照片如图 2.4-12。

表 2.4-6 土壤电阻率测量表（单位 $\Omega\cdot\text{m}$ ）

密县古城保护开发区域 测点 6									
供电极距 (AB/2) (m)	2	4	6	8	10	12	14	16	18
土壤电阻率 ($\Omega\cdot\text{m}$)	25.20	29.88	36.11	37.75	36.50	33.65	33.95	37.66	39.16

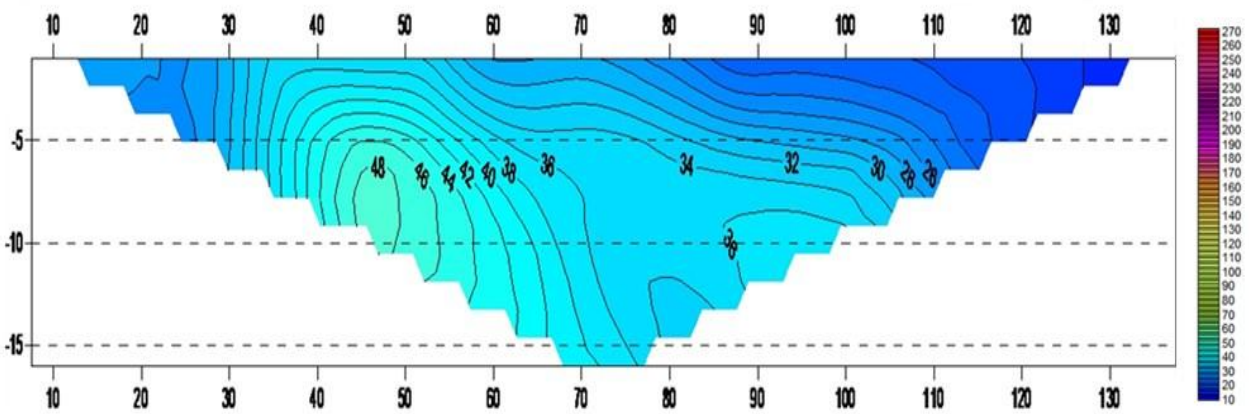


图 2.4-11 土壤电阻率断面图



图 2.4-12 现场勘测照片

表 2.4-7 密县古城保护开发区域土壤电阻率第一次测量数据汇总表（单位 $\Omega \cdot m$ ）

项目	测点	经度	纬度	土壤电阻率（ $\Omega \cdot \text{m}$ ）									供电极距（AB/2）（m）	季节 调节 系数
				2	4	6	8	10	12	14	16	18		
密县古城 保护开发 区域	测点 1	113.363056°	34.515°	21.37	16.86	19.49	21.45	23.05	24.54	25.80	26.62	27.63	1.2	
	测点 2	113.365°	34.508889°	13.89	17.89	20.77	22.16	23.07	25.12	27.12	29.15	31.66	1.2	
	测点 3	113.372778°	34.508056°	164.05	223.52	290.35	344.82	398.98	442.12	461.18	474.93	476.57	1.2	
	测点 4	113.378611°	34.519167°	37.83	29.54	29.55	29.49	29.95	30.88	31.24	31.98	32.65	1.2	
	测点 5	113.363889°	34.505°	59.89	80.72	81.72	86.69	93.35	95.07	97.37	91.90	76.28	1.2	
	测点 6	113.354167°	34.521111°	25.20	29.88	36.11	37.75	36.50	33.65	33.95	37.66	39.16	1.2	

2.5 现场采集分析

密县古城保护开发区域现场测量记录了 6 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），土壤电阻率平均值介于 $13.89\text{--}344.82\ \Omega \cdot \text{m}$ 之间，土层深层（测量间距 10m、12m、14m、16m、18m）土壤电阻率平均值介于 $23.05\text{--}476.57\ \Omega \cdot \text{m}$ 之间。测点 3 土壤电阻率数据变化大，土壤下层有石头；其他测点土壤电阻率数据无明显差别。整体土壤层土质大体相同，分布比较均匀有规律。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 2.5-1、图 2.5-2。

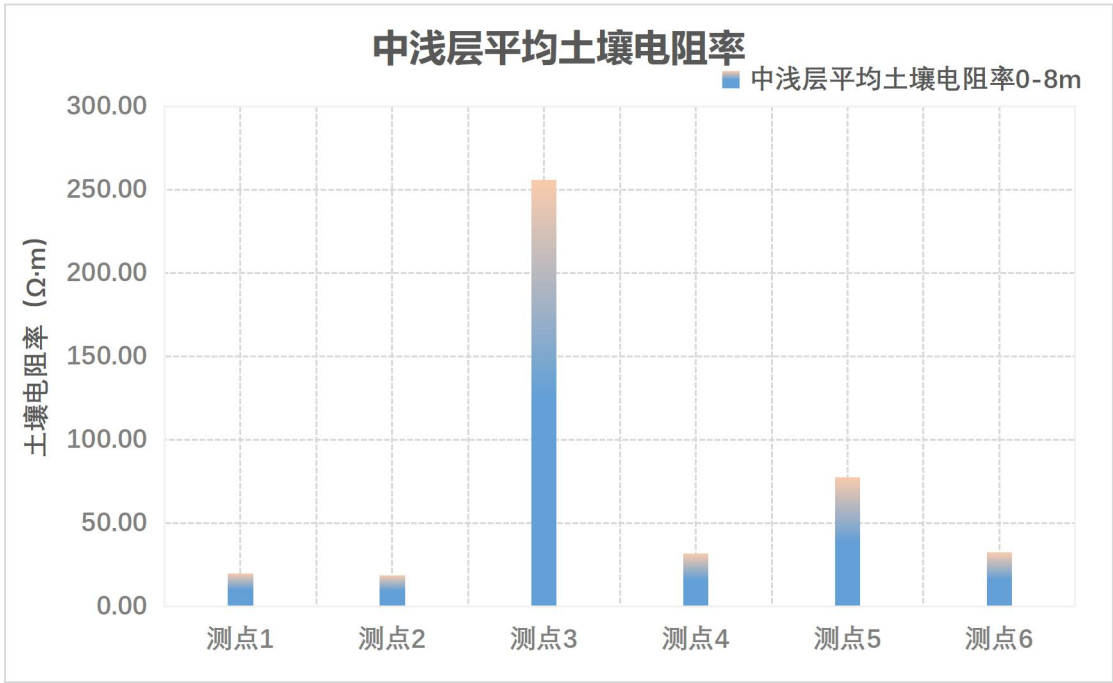


图 2.5-1 密县古城区域测点中浅层（极间距 0-8m）平均土壤电阻率图

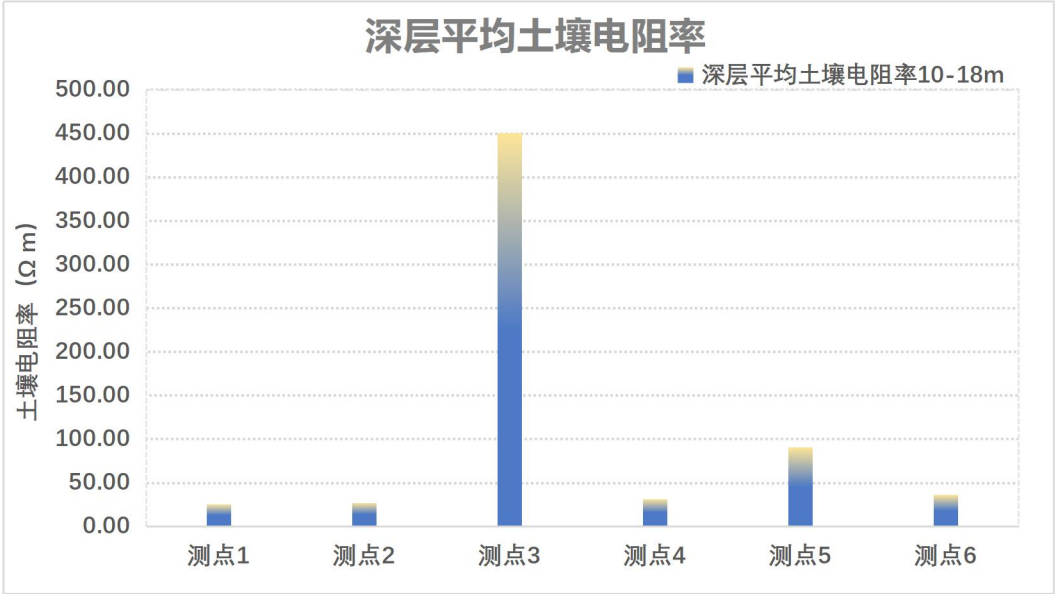


图 2.5-2 密县古城区域测点深层（极间距 10-18m）平均土壤电阻率图

从表 2.5-1 的数据可知，密县古城保护开发区域属中低土壤电阻率范围，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 2.5-1 地质期和地质构造与土壤电阻率

土壤电阻率 Ω·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
10（特低） 30（甚低） 100（低） 300（中） 1000（高） 3000（甚高）		砂质黏土 粘土 白垩	白垩 暗色岩 辉绿岩 页岩 石灰石 砂岩	页岩 石灰石 砂岩 大理石	
10000（特高）	表层为砂砾和石子的土壤				砂岩 石英岩 板石岩 花岗岩 片麻岩

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。项目所在区域属暖温带季风气候，冷暖气团交替频繁，春、夏、秋、冬，四季分明。春季干燥少雨多春旱，冷暖多变大风多，夏季炎热雨水多，秋季气候凉爽，冬季漫长而干冷。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，更好地实现资源利用和管理，需要更加重视气候因素。

因此，房屋建筑要适应当地气候并尽量改善不利气候条件，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。

本章节主要利用新密国家级气象站 1992-2021 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 1992-2021 年新密国家级气象站资料,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 1992-2021 年新密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 3.1℃,春季(3-5 月)平均气温 16.2℃,夏季(6-8 月)平均气温 26.4℃,秋季(9-11 月)平均气温 15.5℃。最冷月出现在 1 月份,最热月出现在 7 月份。

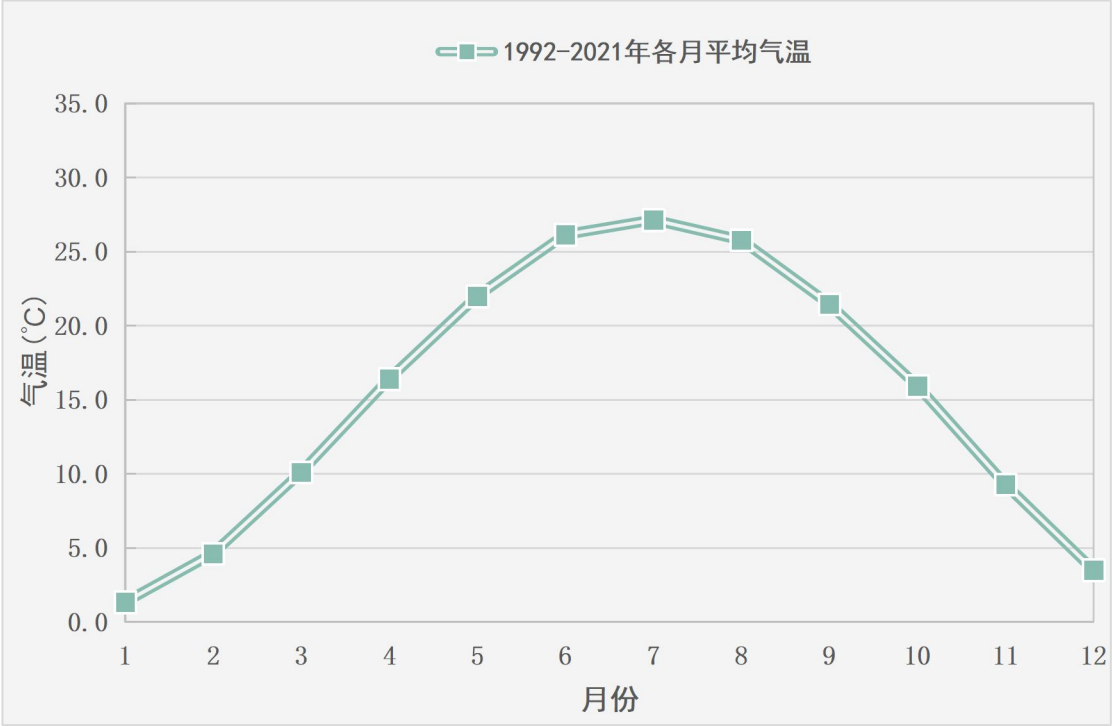


图 3.3-1 1992-2021 年新密站各月平均气温变化

从 1992-2021 年新密国家级气象站气温逐年变化（图 3.3-2）可见,2007 年和 2021 年平均气温最高,均为 16.8℃, 2011 年平均气温最低,为 14.1℃。

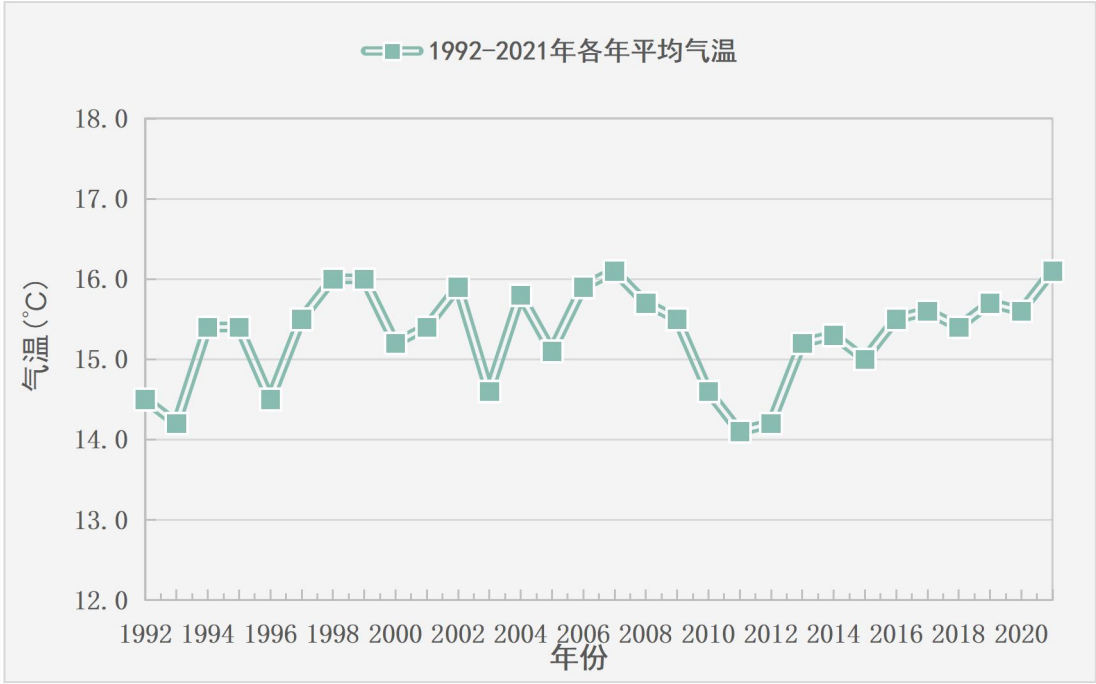


图 3.3-2 1992-2021 年新密站逐年平均气温变化

3.4 气压

根据 1992-2021 年新密国家级气象站气压资料统计（图 3.4-1），年平均气压值为 984.0hPa，各月的平均气压值介于 982.2-986.3hPa，其中平均最高气压出现在 12 月份，平均最低气压出现在 7 月份。

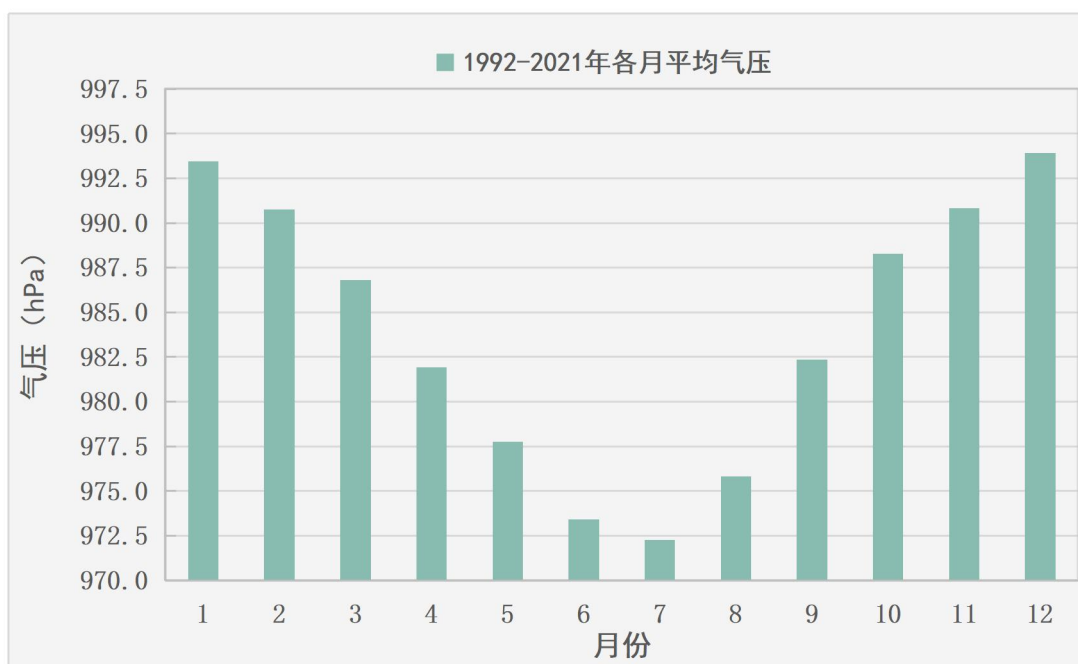


图 3.4-1 1992-2021 年新密站各月平均气压变化

根据 1992-2021 年新密国家级气象站气压逐年变化（图 3.4-2）可见，年平均气压 2011 年和 2017 年最高，为 986.3hPa，年平均气压 1998 年最低，为 982.2hPa。

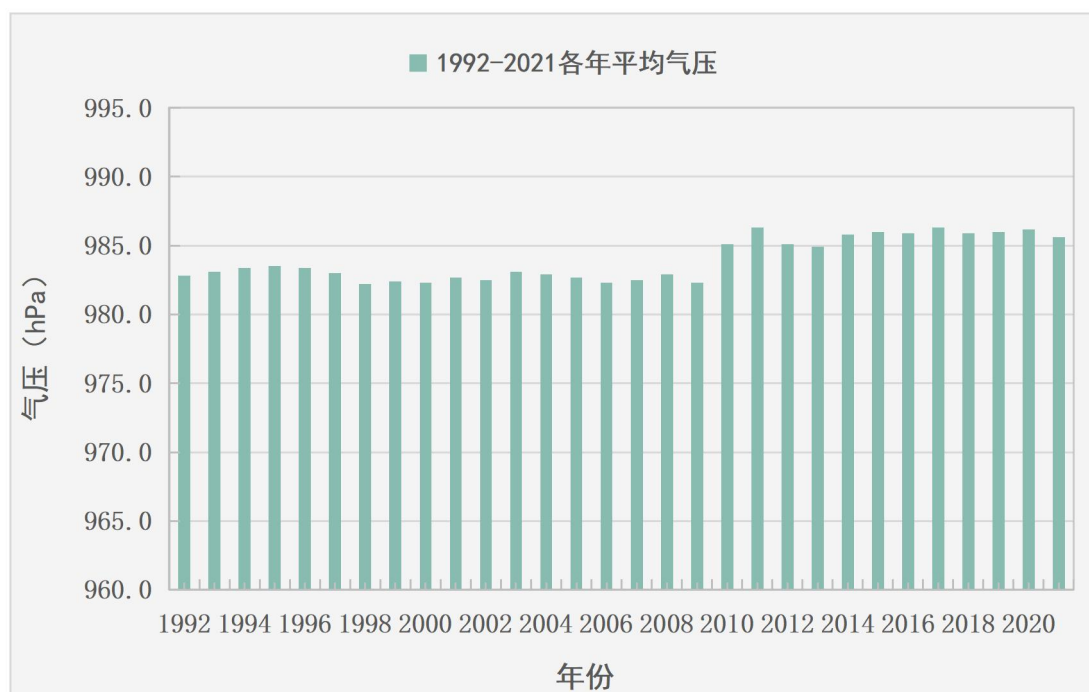


图 3.4-2 1992-2021 年新密站逐年平均气压变化

根据 1992-2021 年新密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 1014.3hPa，出现在 2016

年 1 月 24 日，最低气压 957.8hPa，出现在 2009 年 2 月 12 日。

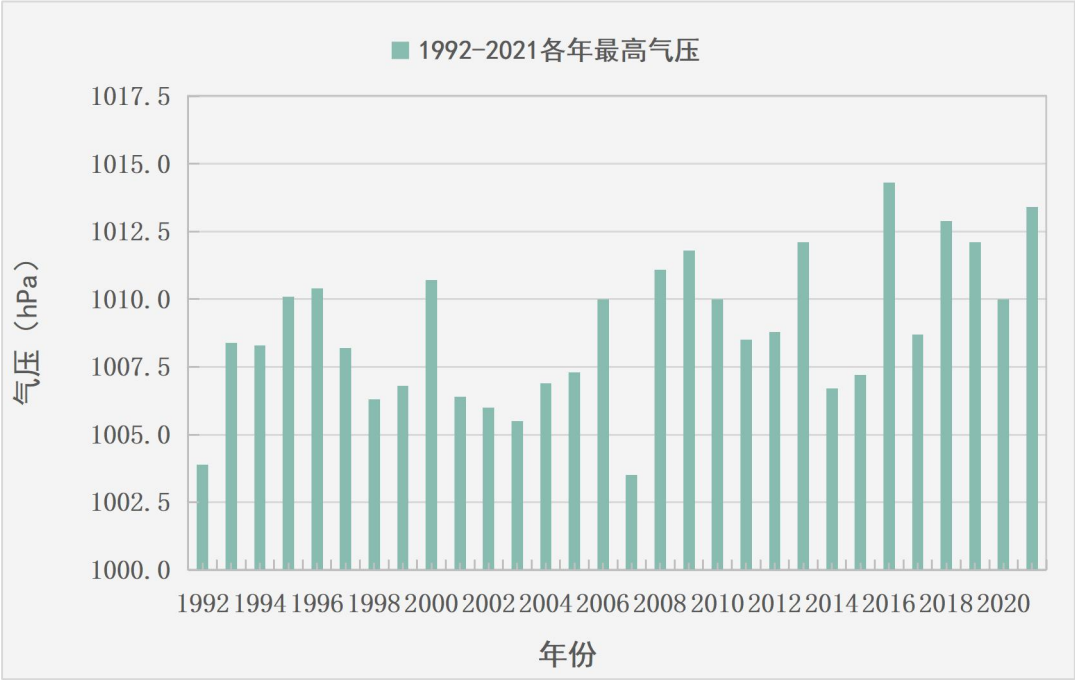


图 3.4-3 1992-2021 年新密站各年最高气压值

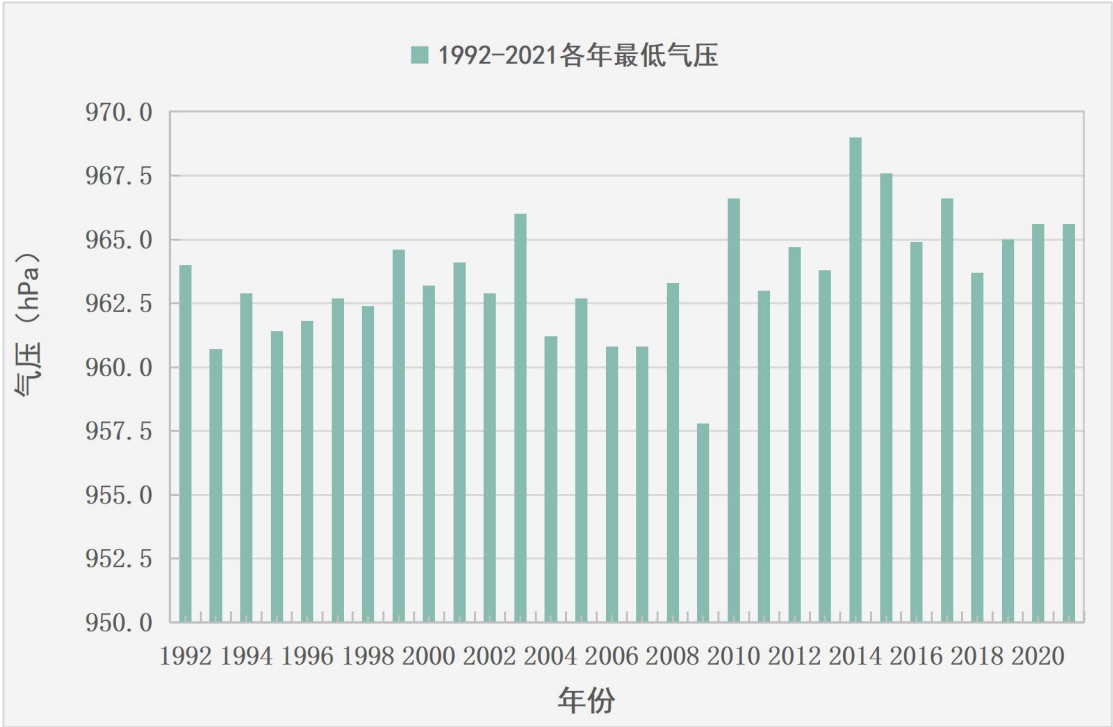


图 3.4-4 1992-2021 年新密站各年最低气压值

3.5 降水

根据 1992-2021 年新密国家级气象站降水量资料统计（图 3.5-1），年平均降水为 662.4mm，降水量主要集中在 5 月到 9 月，其降水量占全年降水量的 76.8%，尤以 7 月、8 月降水量最为集中，月平均降水量分别为 176.1mm 和 128.6mm，占全年降水量的 46.0%。冬季（12 月-次年 2 月）平均降水量 30.2mm，占全年降水量 4.8%；春季（3-5 月）平均降水量 109.1mm，占全年降水量 16.5%；夏季（6-8 月）平均降水量 371.8mm，占全年降水量 56.1%；秋季（9-11 月）平均降水量 151.6mm，占全年降水量 22.9%，冬季降水量最少。

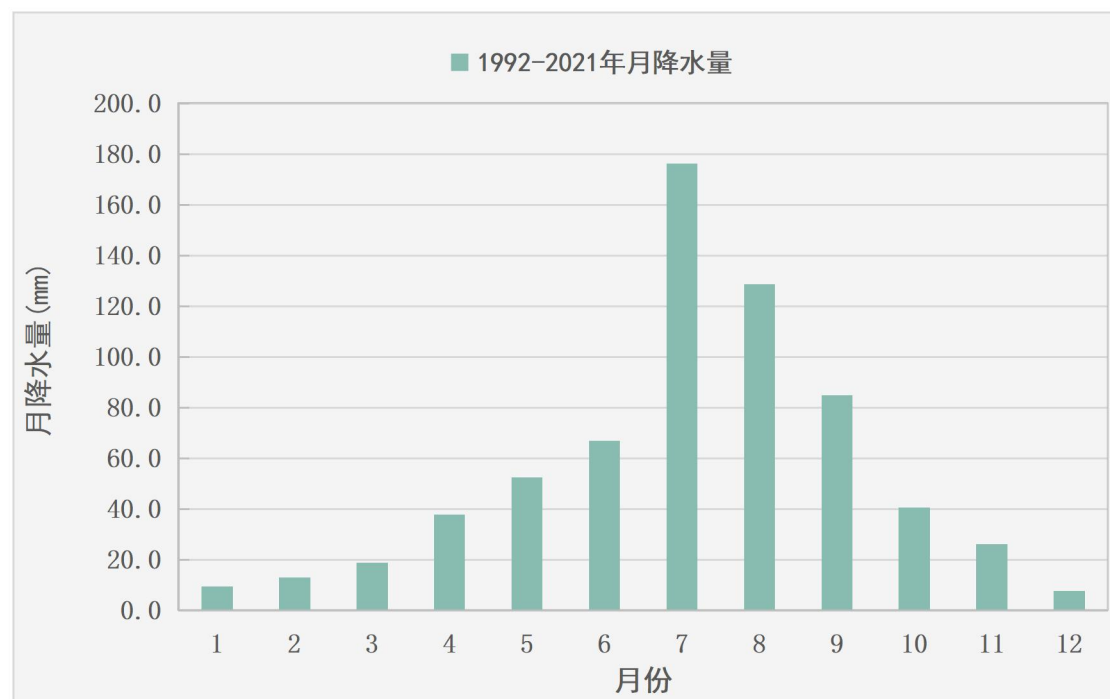


图 3.5-1 1992-2021 年新密站月平均降水量

根据 1992-2021 年新密国家级气象站降水量逐年变化（图 3.5-2）可见，年降水量 2021 年最多（1410.8mm），1997 年最少（428.3mm）。

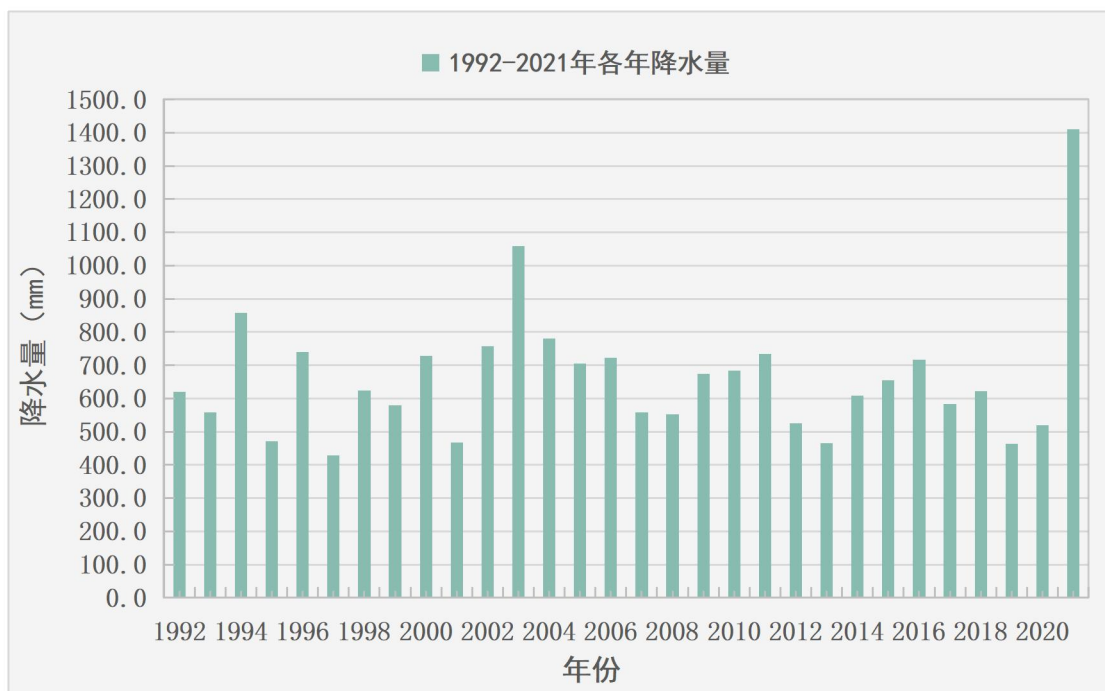


图 3.5-2 1992-2021 年新密站逐年降水量

根据 1992-2021 年新密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 448.3mm, 出现在 2021 年 7 月 20 日。

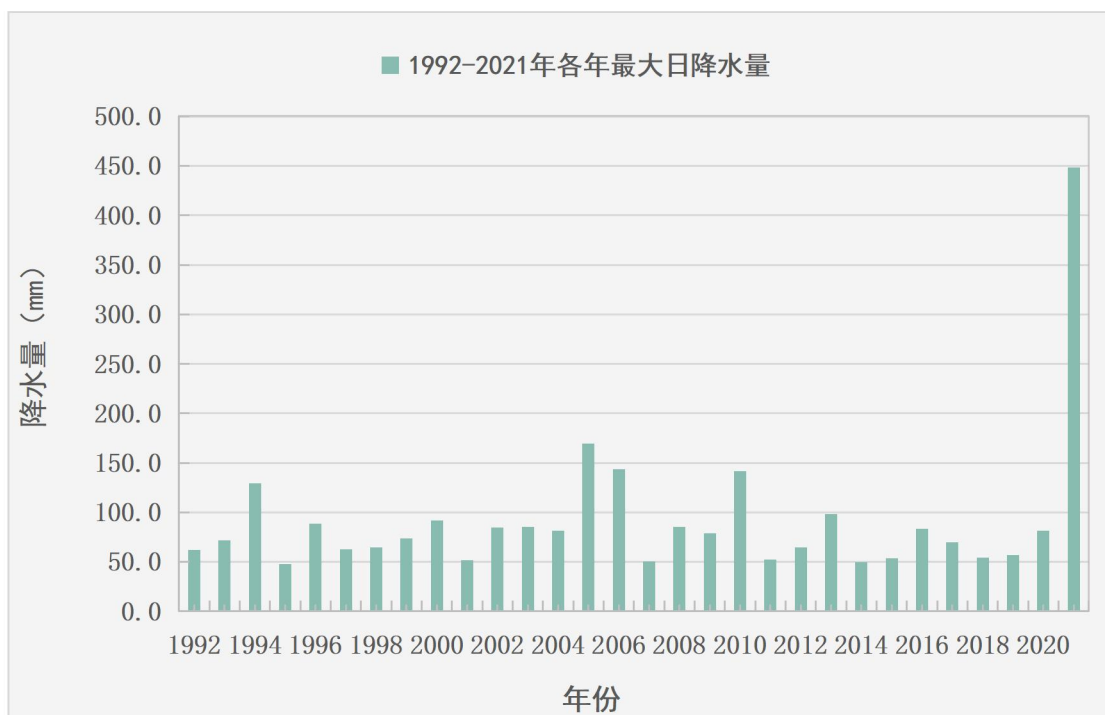


图 3.5-3 1992-2021 年新密站各年最大日降水量

根据 1992-2021 年新密国家级气象站降水量资料统计（图 3.5-4），近 30 年最长连续无降水如数为 92 天，出现在 1999 年。

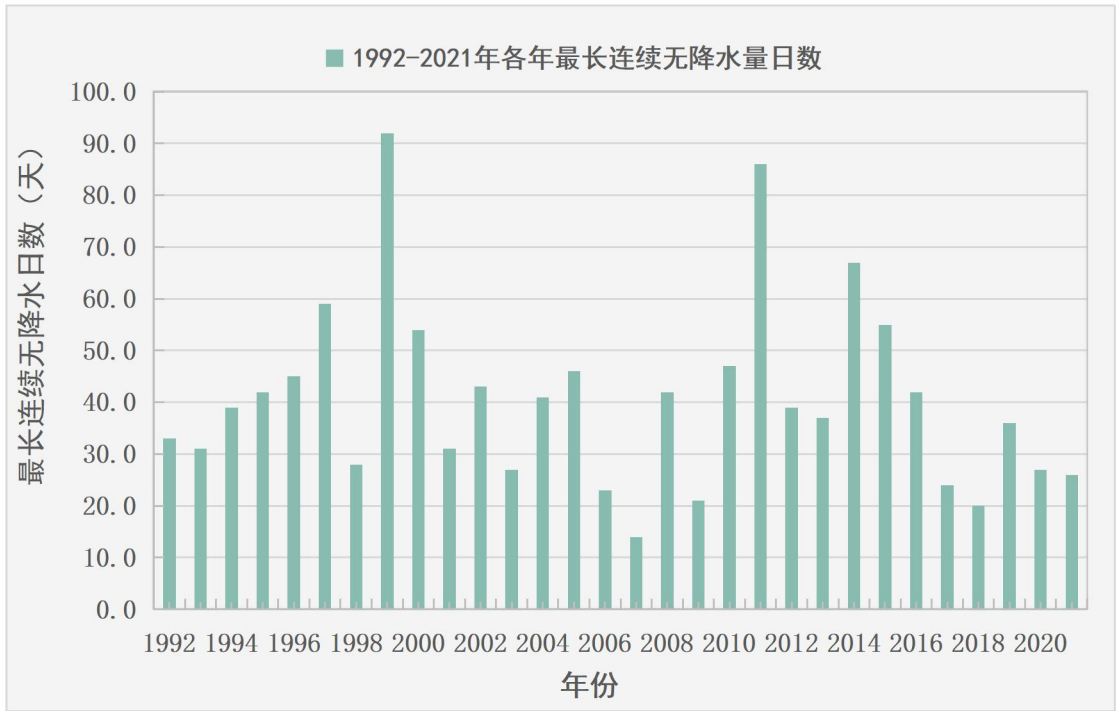


图 3.5-4 1992-2021 年新密站各年最长连续无降水日数

3.6 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 1992-2021 年新密国家级气象站风向风速资料统计（图 3.6-1），年平均风速为 1.4m/s，各月平均风速介于 1.0-2.2m/s，其中 6 月份最大（2.2m/s），9 月份和 10 月份

最小（1.0m/s）。

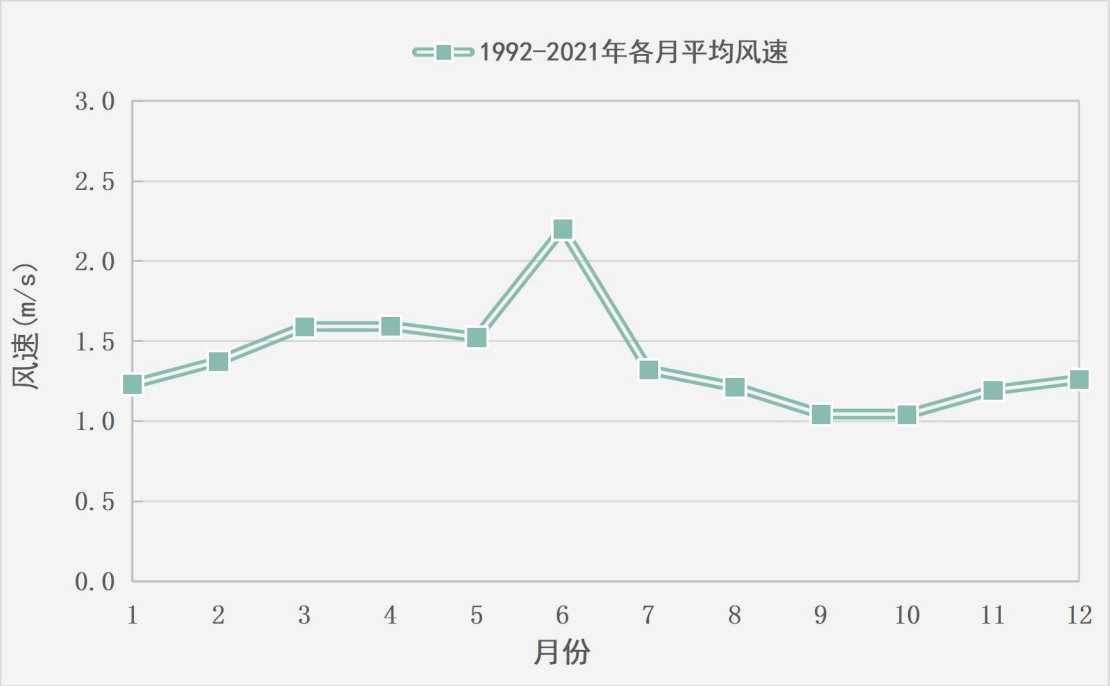


图 3.6-1 1992-2021 年新密站各月平均风速变化

根据 1992-2021 年新密国家级气象站平均风速逐年变化可见（图 3.6-2），年平均风速 2010 年、2016 年和 2021 年最大，为 1.7m/s；1998 年和 2003 年最小，为 1.0m/s。

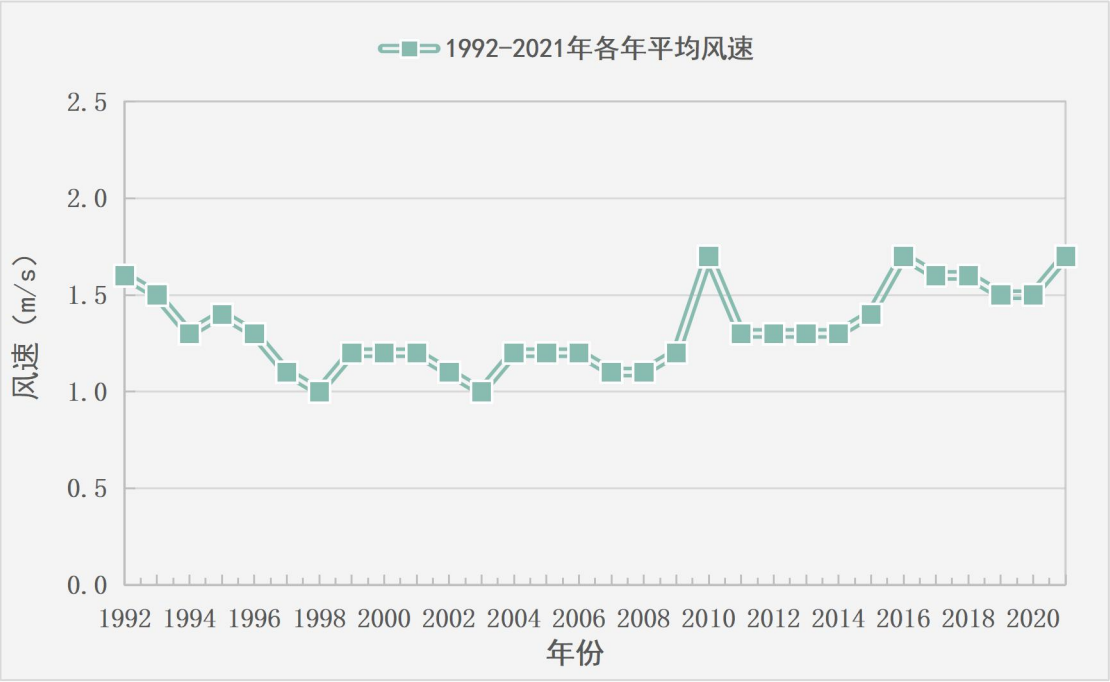


图 3.6-2 1992-2021 年新密站逐年平均风速变化

根据 1992-2021 年新密国家级气象站风向风速资料统计，主导风向为东北偏东风和西北偏西风，出现频率为 7%，次多风向为东南偏东风、西南偏南风 and 西北风，出现频率为 6%，详见图 3.6-3。

风向的季节变化比较明显（表 3.6-1），春季（3-5 月）出现频率最多的风向是西北偏西风（9%），夏季（6-8 月）出现频率最多的风向是东北偏东风和东南偏东风（7%），秋季（9-11 月）出现频率最多的风向是西北偏西风和西北风（8%），冬季（12 月-次年 2 月）出现频率最多的风向是西北偏西风和西北风（9%），各季节风向出现频率见图 3.6-4。

根据 1992-2021 年新密国家级气象站风向出现频率资料统计（图 3.6-5、图 3.6-6、图 3.6-7）可知，1 月、2 月、3 月、4 月、5 月、9 月、10 月、11 月和 12 月风向出现频率最多的是西北偏西风和西北风，6 月、7 月和 8 月风向出现频率最多的是西南偏南风、东北偏东风、东南偏南风和南风。

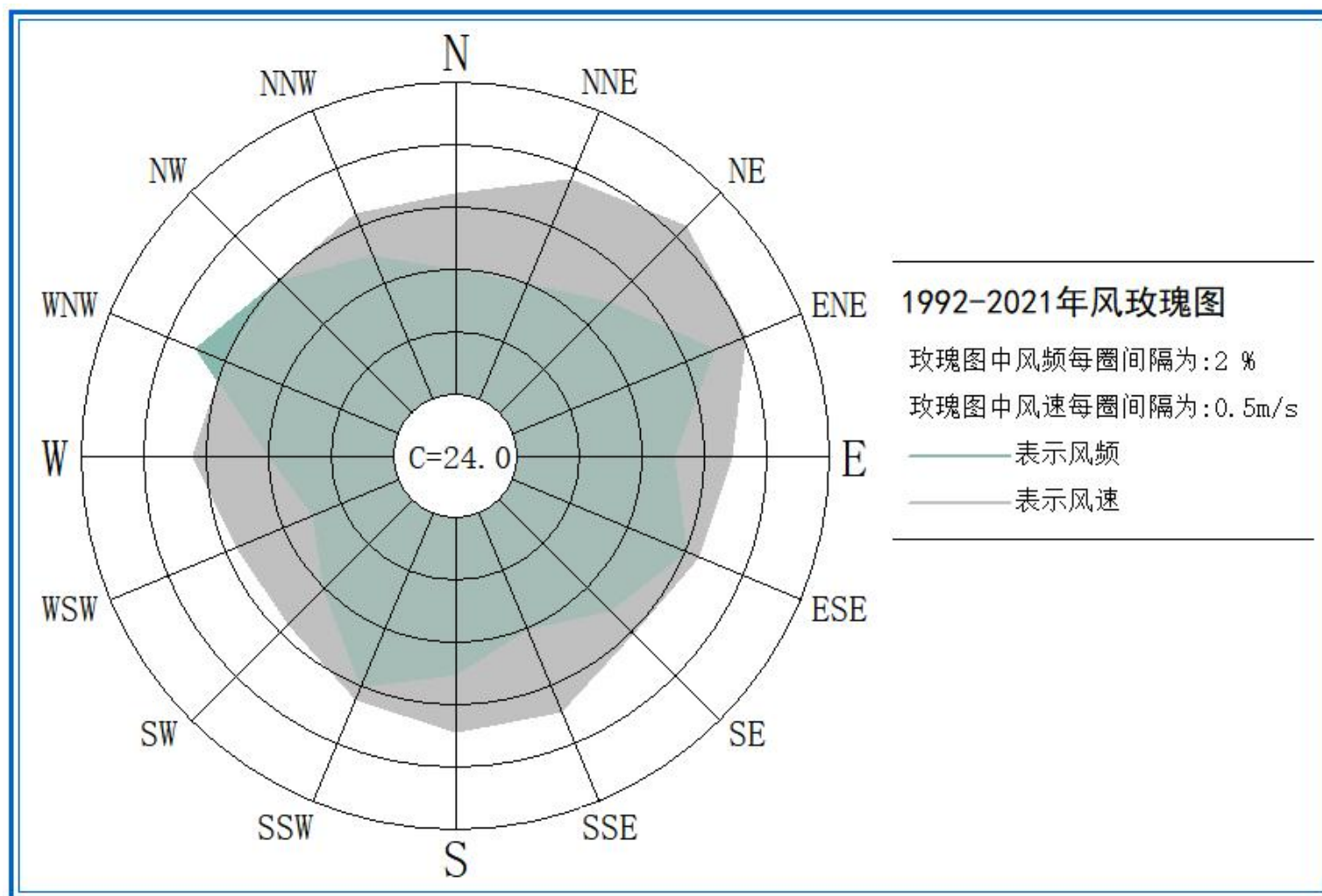


图 3.6-3 1992-2021 年新密站风向风速玫瑰图

表 3.6-1 1992-2021 年新密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	4%	4%	5%	6%	5%	5%	4%	3%	3%	3%	3%	4%	6%	9%	9%	5%	24%
2 月	4%	5%	5%	7%	6%	6%	4%	3%	4%	4%	3%	4%	5%	9%	10%	5%	22%
3 月	3%	4%	6%	8%	7%	6%	4%	4%	4%	5%	4%	3%	5%	9%	9%	5%	18%
4 月	4%	4%	5%	7%	5%	6%	5%	5%	5%	6%	4%	4%	6%	9%	7%	5%	16%
5 月	3%	4%	4%	7%	5%	6%	4%	5%	5%	7%	4%	5%	5%	8%	8%	5%	16%
6 月	3%	5%	4%	6%	6%	7%	6%	6%	7%	8%	4%	3%	4%	6%	5%	4%	19%
7 月	3%	4%	5%	7%	6%	8%	6%	7%	7%	7%	4%	3%	3%	5%	4%	3%	20%
8 月	4%	5%	8%	9%	6%	7%	5%	4%	4%	4%	3%	3%	3%	4%	5%	4%	24%
9 月	4%	5%	6%	7%	5%	5%	4%	4%	4%	4%	4%	3%	4%	6%	7%	5%	31%
10 月	4%	4%	5%	6%	4%	4%	3%	3%	3%	4%	3%	3%	4%	8%	8%	5%	31%
11 月	4%	4%	5%	6%	4%	4%	4%	3%	3%	4%	3%	4%	6%	10%	8%	6%	28%
12 月	3%	4%	4%	5%	4%	4%	3%	3%	3%	4%	4%	5%	7%	10%	8%	6%	26%
年	4%	4%	5%	7%	5%	6%	5%	4%	5%	6%	4%	3%	4%	7%	6%	5%	24%
春	3%	4%	5%	7%	6%	6%	4%	4%	5%	6%	4%	4%	5%	9%	8%	5%	17%
夏	3%	5%	6%	7%	6%	7%	6%	6%	6%	6%	4%	3%	4%	5%	5%	4%	21%
秋	4%	4%	5%	6%	4%	4%	4%	3%	3%	4%	3%	3%	5%	8%	8%	5%	30%
冬	4%	4%	5%	6%	5%	5%	4%	3%	3%	4%	3%	4%	6%	9%	9%	5%	24%

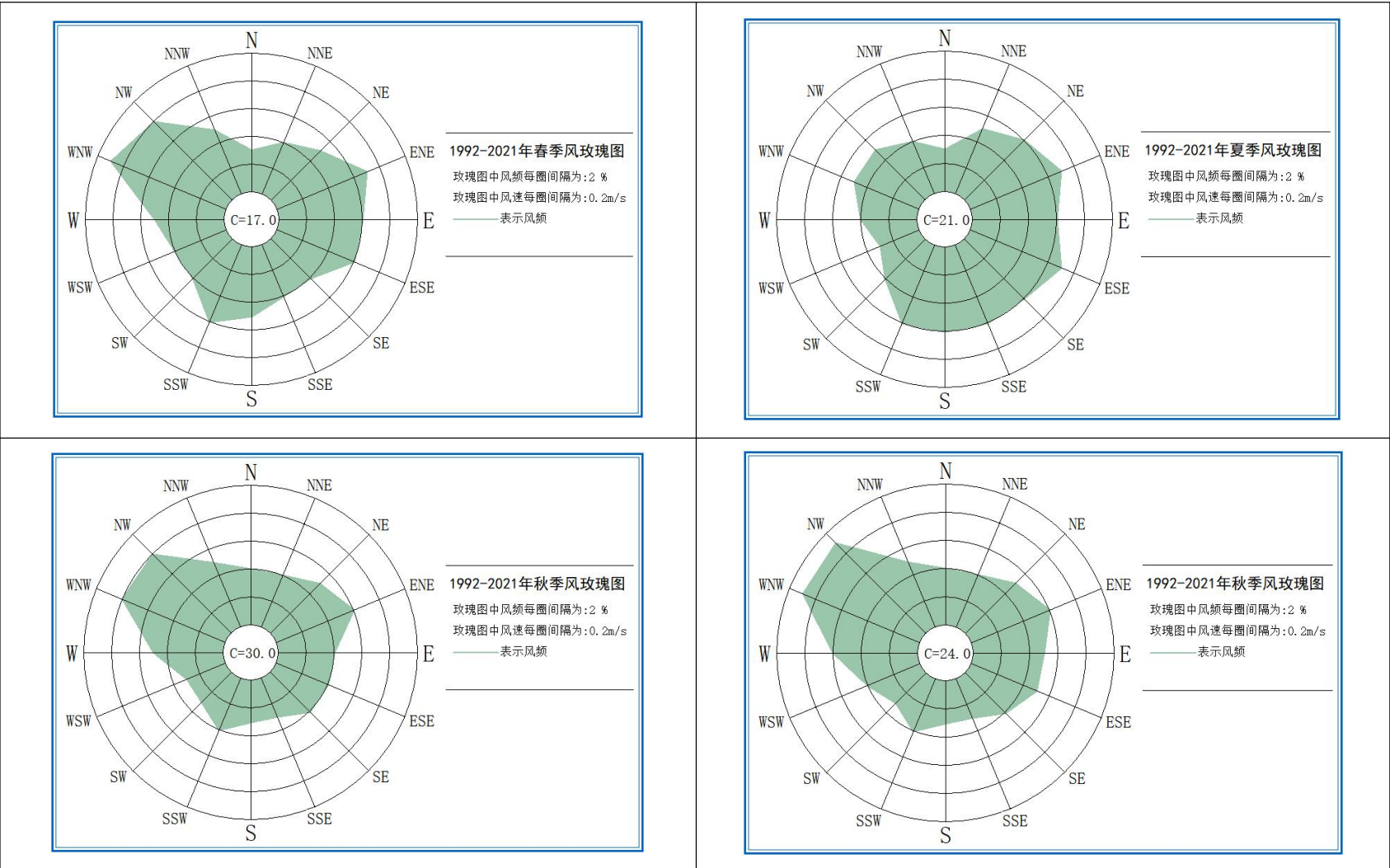


图 3.6-4 1992—2021 年郑州各季节平均风向频率玫瑰图

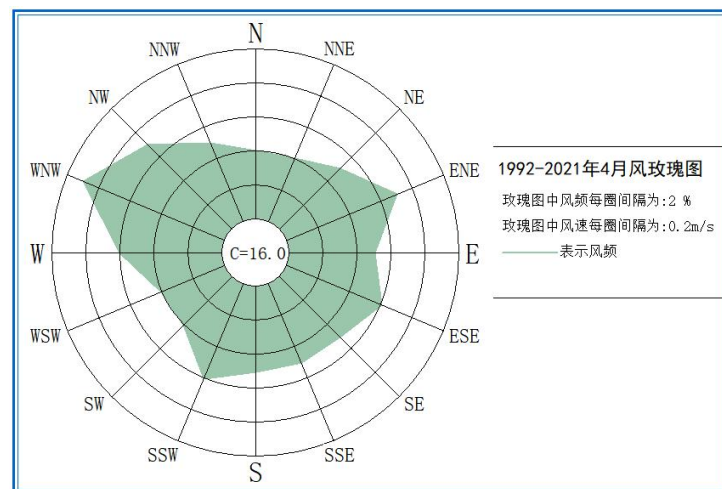
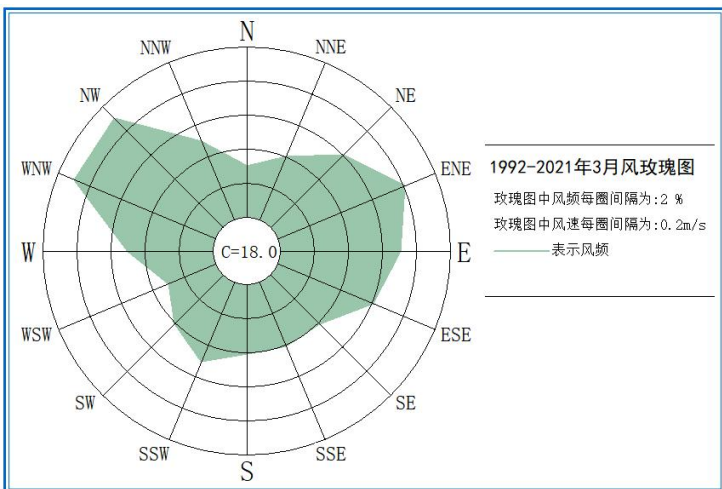
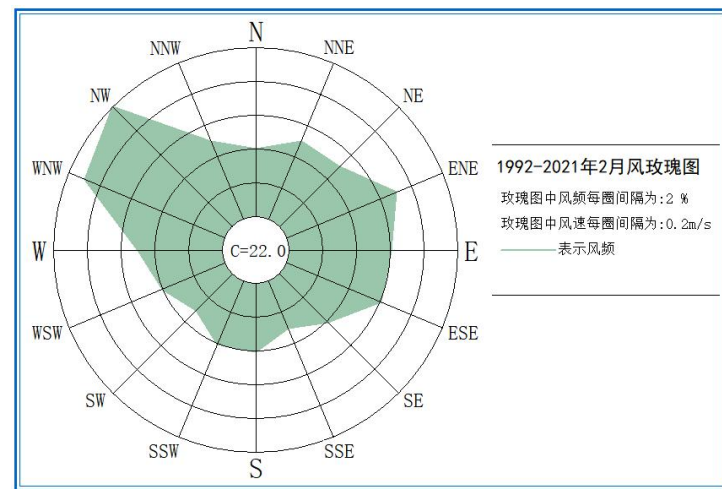
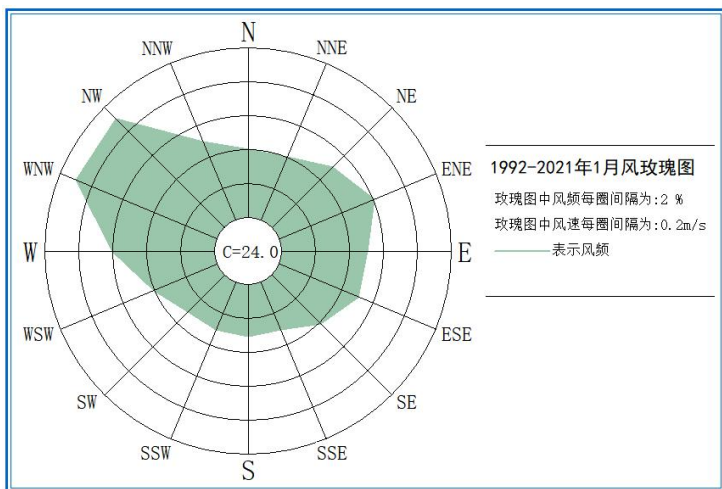


图 3.6-5 1992-2021 年新密站 1-4 月份平均风向频率玫瑰图

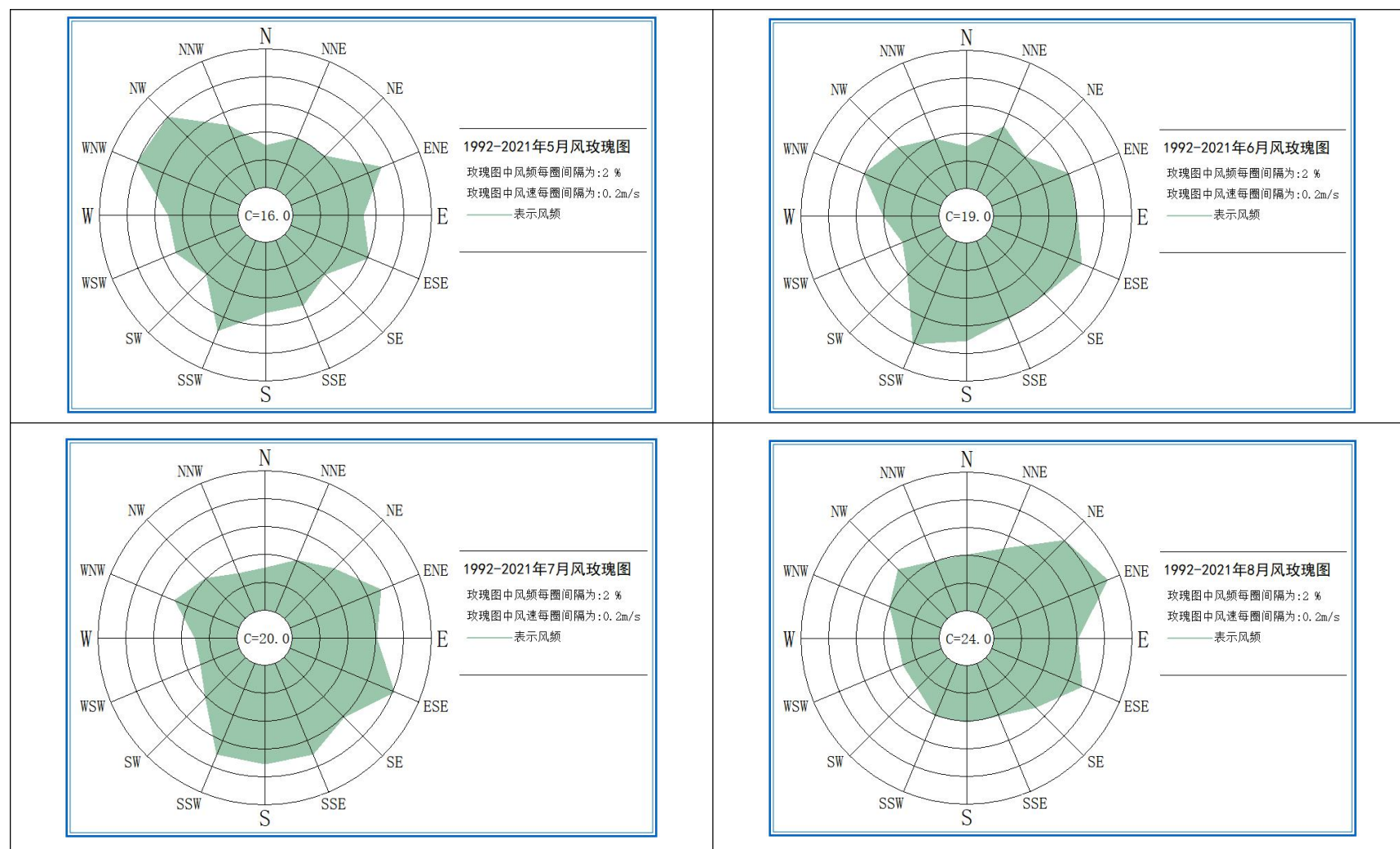


图 3.6-6 1992-2021 年新密站 5-8 月份平均风向频率玫瑰图

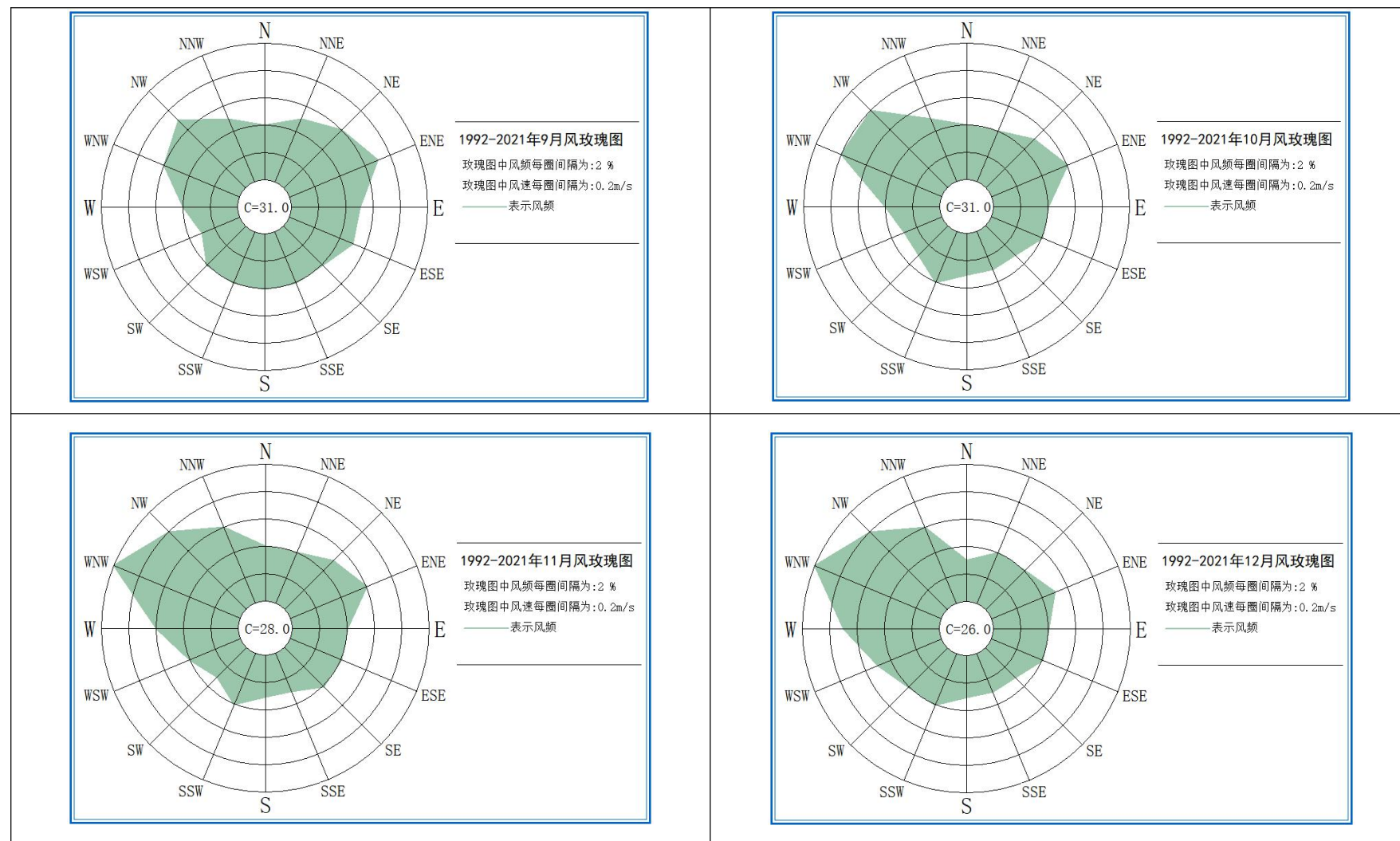


图 3.6-7 1992-2021 年新密站 9-12 月份平均风向频率玫瑰图

3.7 极端气温

根据 1992-2021 年新密国家级气象站气温资料统计，从表 3.7-1、表 3.7-2 可见，近 30 年新密站极端最高温度 41.6℃，出现在 2011 年 6 月 8 日；极端最低气温-11.1℃，出现在 2011 年 1 月 16 日。

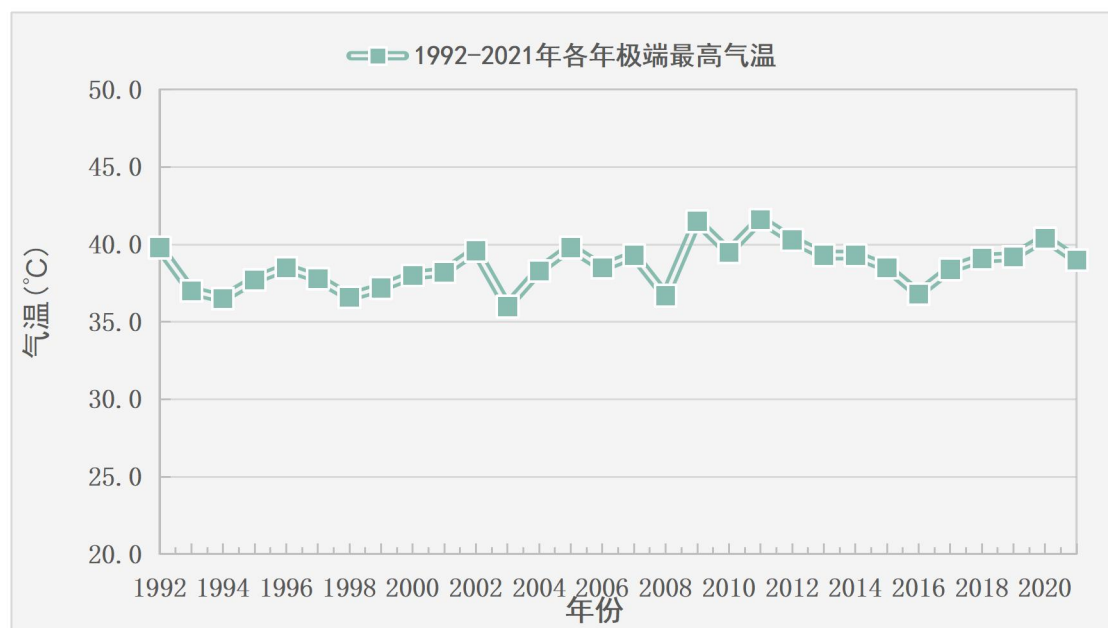


图 3.7-1 1992-2021 年新密站年极端最高温度变化

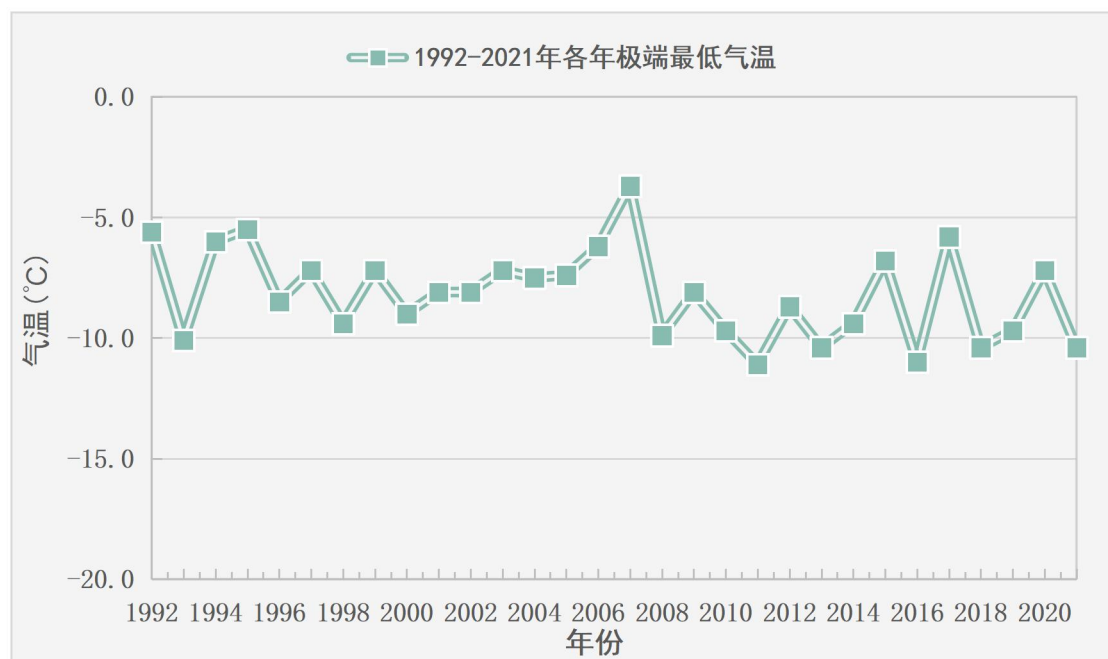


图 3.7-2 1992-2021 年新密站年极端最低温度变化

3.8 雷电预警信号发布数据

根据新密市气象局近 7 年（2015-2021 年）雷电预警信号发布数据统计,新密市近 7 年共发布雷电预警信号 199 条,2015 年发布 22 条,2016 年发布 28 条,2017 年发布 33 条,2018 年发布 28 条,2019 年发布 21 条、2020 年发布 22 条,2021 年发布 45 条,详见图 3.8-1。

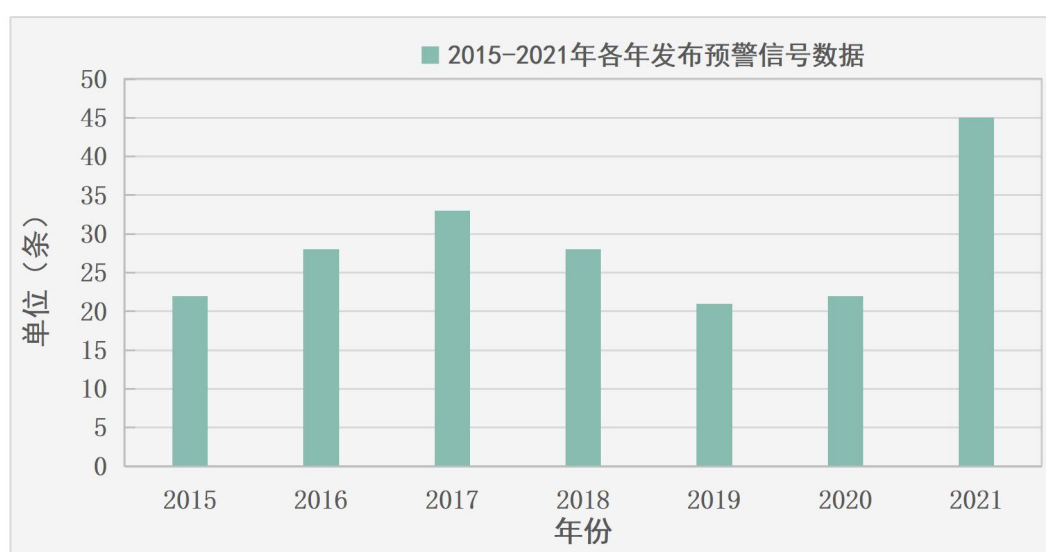


图 3.8-1 2015-2021 年新密市年雷电预警信号发布数据

发布的雷电预警信号主要集中在每年的 5 月至 8 月,以 7 月、8 月为主,详见图 3.8-2。

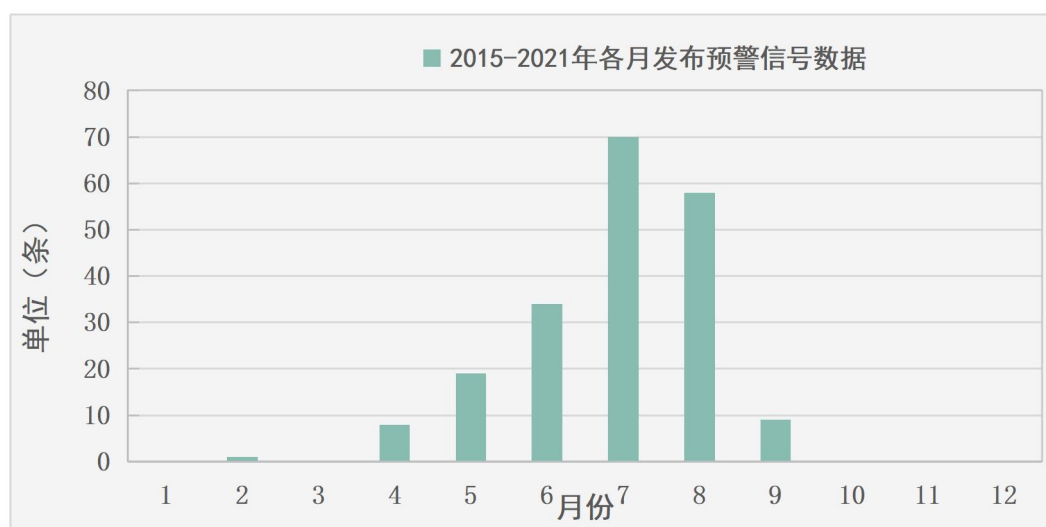


图 3.8-2 2015-2021 年新密市月雷电预警信号发布数据

3.9 暴雨日数

暴雨日数指日降水量 $\geq 50\text{mm}$ 的日数。

根据 1992-2021 年新密国家级气象站降水量资料统计（图 3.9-1），暴雨日数为 56 天，暴雨天气主要以 7 月、8 月份为主。

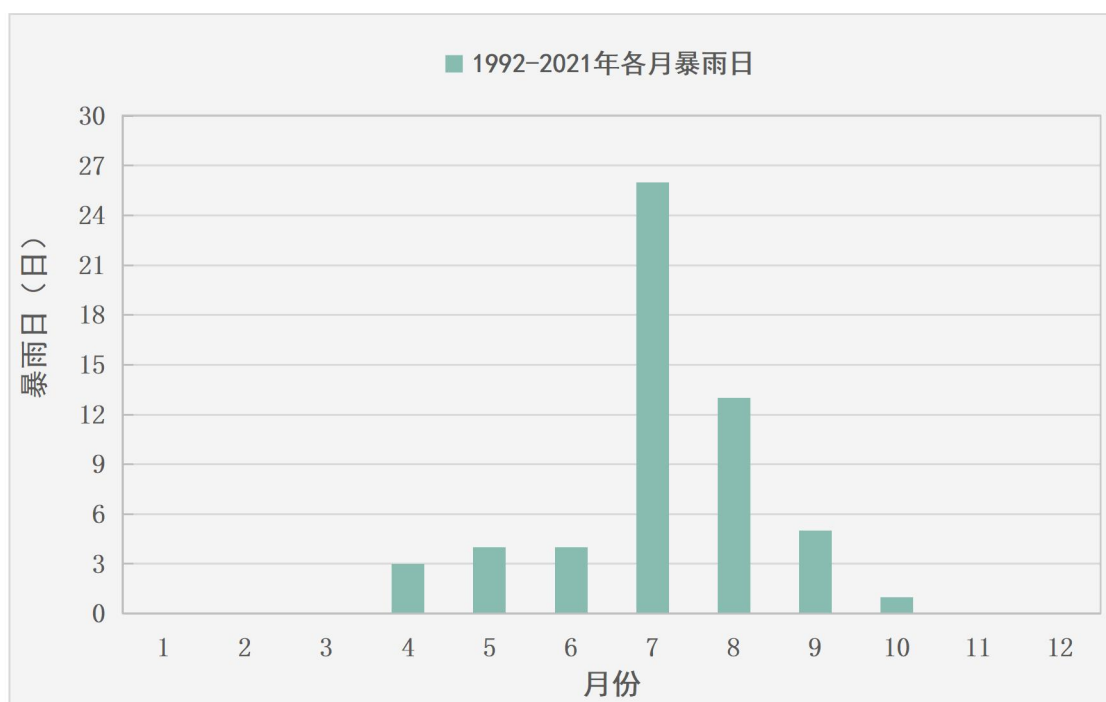


图 3.9-1 1992-2021 年新密站各月暴雨日数

根据 1992-2021 年新密国家级气象站降水逐年变化（图 3.9-2）可见，暴雨日数 2021 年出现日数为 5 天，1995 年和 2014 年，均未达到暴雨标准。

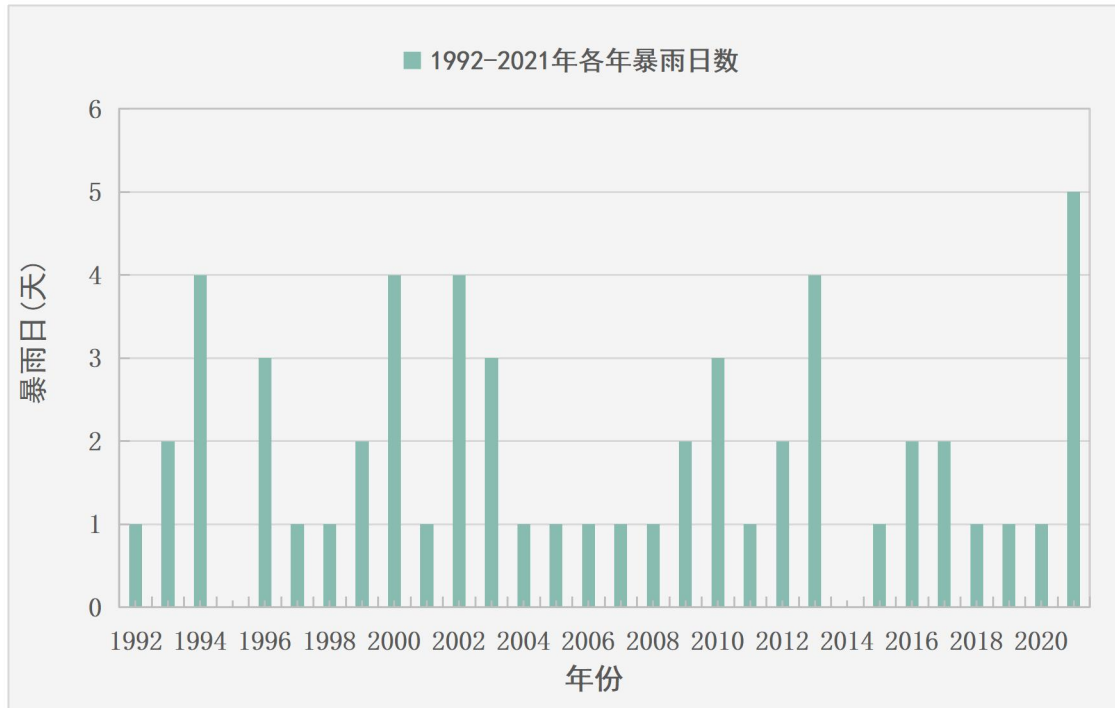


图 3.9-2 1992-2021 年新密站逐年暴雨日数

3.10 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 年新密国家级气象站雷暴资料统计（图 3.10-1），近 30 年雷暴日数为 558 天，年平均雷暴日数为 18.6 天，雷暴天气主要出现在 5-8 月份，以 7 月、8 月份为主。

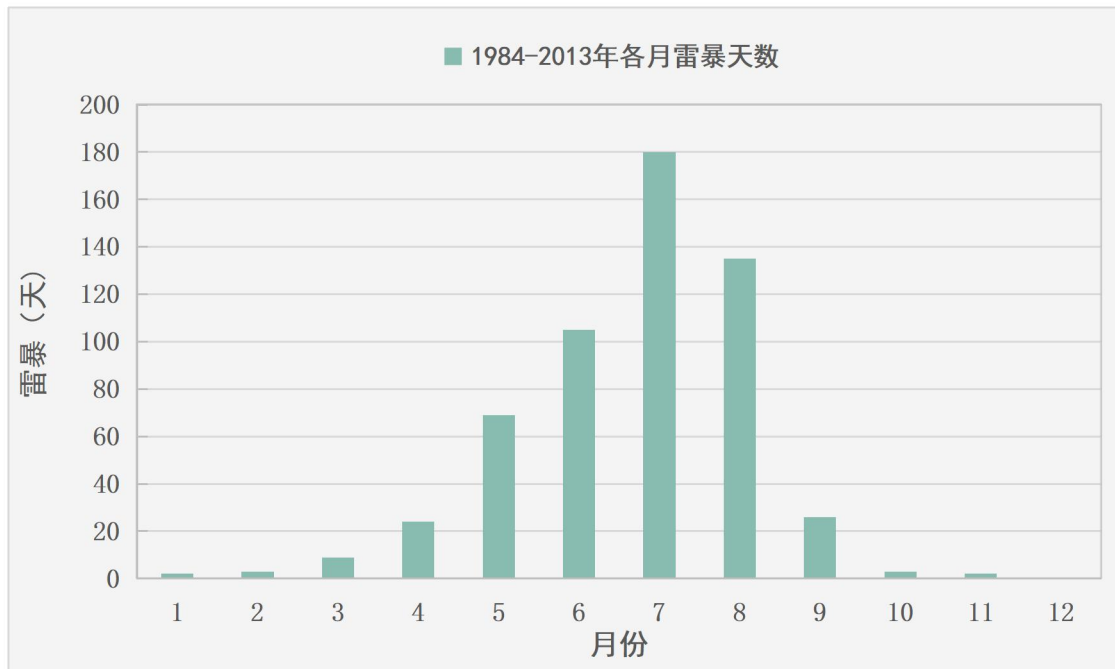


图 3.10-1 1984-2013 年新密站各月雷暴日数

根据 1984-2013 年新密国家级气象站雷暴逐年变化（图 3.10-2）可见，雷暴 1985 年出现日数最多，为 26 次，1989 年和 2011 年出现日数最少，均为 10 次。

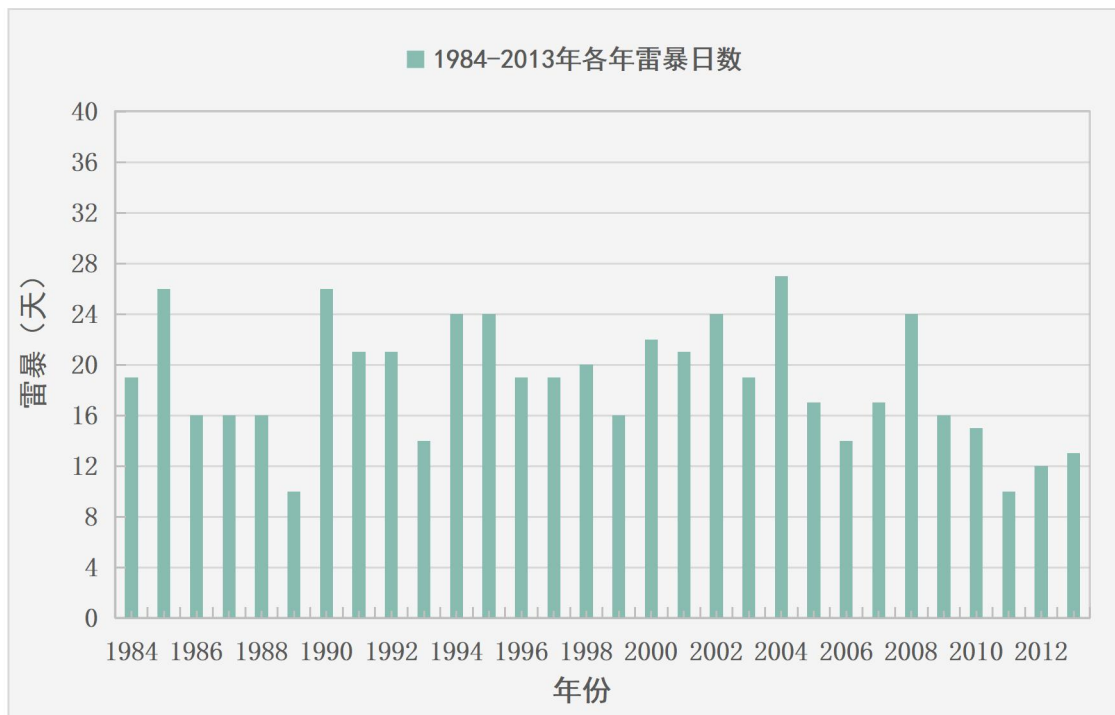


图 3.10-2 1984-2013 年新密站逐年雷暴日数

3.11 冰雹

根据 1992-2021 年新密国家级气象站冰雹资料统计（图 3.11-1），近 30 年冰雹出现次数为 16 次，主要出现在 4 月、5 月、6 月、7 月和 8 月，其中 6 月出现次数最多为 5 次。

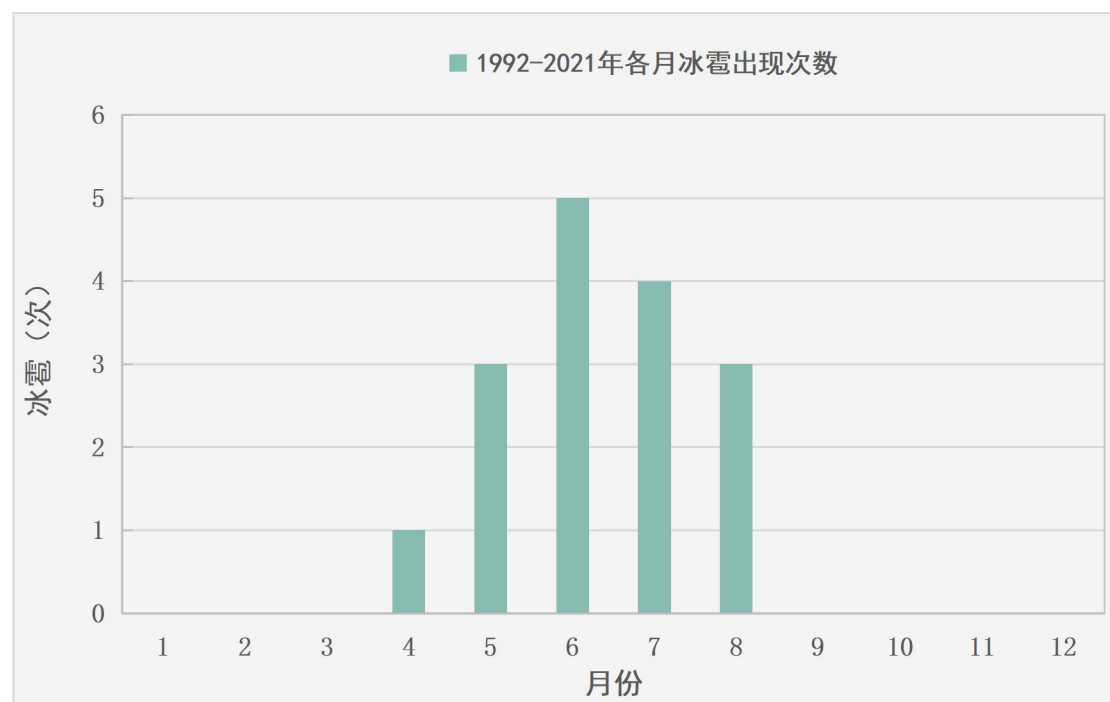


图 3.11-1 1992-2021 年新密站各月冰雹出现次数

3.12 基本气候特征

根据 1992-2021 年（30 年）新密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 41.6℃，出现在 2011 年 6 月 8 日，极端最低气温 -11.1℃，出现在 2011 年 1 月 16 日。年平均气压为 984.0hPa，最高气压 1014.3hPa，出现在 2016 年 1 月 24 日，最低气压 957.8hPa，出现在 2009 年 2 月 12 日。年平均降水为 662.4mm，最大日降水量 448.3mm，出现在 2021 年 7 月 20 日。暴雨天气主要出现在 7 月和 8 月，

暴雨日数（日降水量大于等于 50mm）为 56 天。年平均风速为 1.4m/s，年出现频率最多风向为东北偏东风和西北偏西风。雷暴日数为 558 天，年平均雷暴日数为 18.6 天。冰雹出现次数为 16 次，主要出现在 4 月、5 月、6 月、7 月、8 月，其中 6 月份出现次数最多，为 5 次。

第四章 大气雷电环境资料分析

新密市位于中原腹地、嵩山东麓伏羲山脚下、溱洧河畔，是华夏文明之源、山川密境之城。新密市古城，始建于隋代大业十二年（公元 616 年），距今已有 1406 年，历史文化厚重，文物古迹众多，该区域集中了多处历史文化资源，包括 2 处省市级乃至 2 处全国重点文物保护单位，不可移动文物及历史建筑 116 处（挂牌 25 处）。古城核心板块位于新密市主城区南侧，北至龙潭路、东至开阳路、南至洧水路、西至长乐路，规划面积约 1.5 平方公里。三个安置区分别为：新密市双洎河安置区项目（东安置区），位于开阳路东侧、龙潭路北侧；古城保护开发西安置区，位于城关镇西街村（核心区西部）；古城保护开发南安置区，位于城关镇南街村（核心区南部）；两个街坊位于新密市双洎河安置区项目（东安置区）南。古城协调发展区东到农业路、西到未来大道、北到新华路、南到郑登快速路，面积 12 平方公里。该区域以古城核心板块为支撑，按照“文化引领、生态优先、低密疏朗、产城融合”的高品质规划原则，从严控制用地，加快有机更新，加强产业植入，融合美丽乡村建设，打造疏朗时尚、文化古韵的城市风格，形成宜居宜业宜游的南部新城区。

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 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 4.1-1），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。

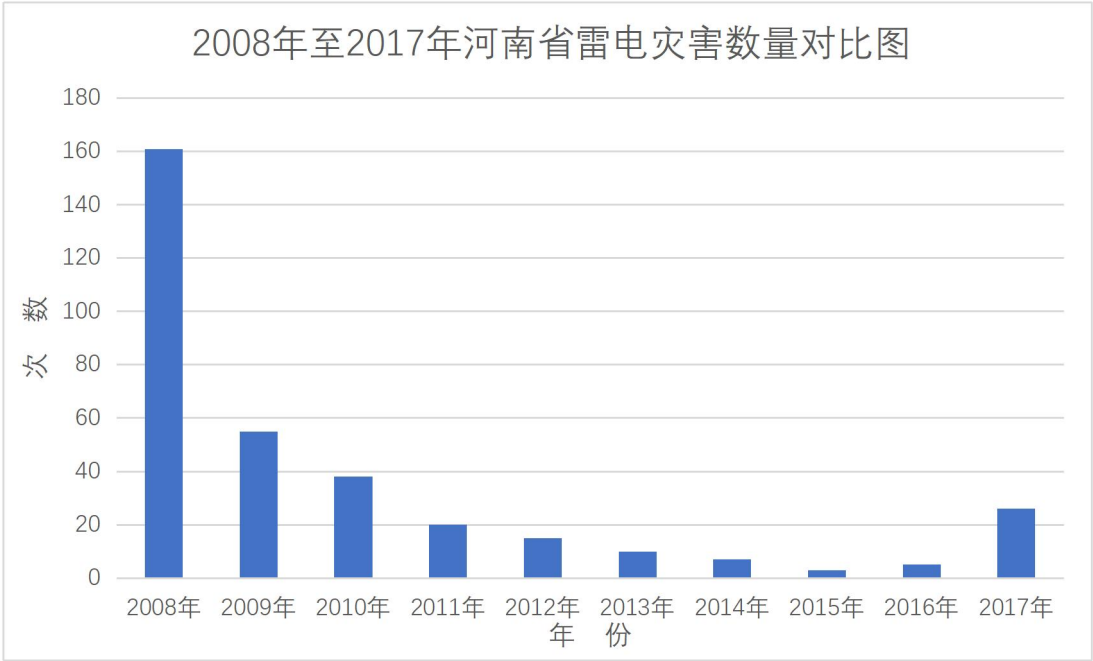


图 4.1-1 2008 年至 2017 年河南省雷电灾害数量对比图

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。

4.2 雷电资料收集

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，总结密县古城保护开发区域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 2012-2021 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新密市国家级气象站 30 年（1984-2013 年）数据值；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（2012-2021 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》。

4.3 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。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 T_d 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，可初步得出密县古城保护开发区域的一般雷电活动气候规律。

本报告重点分析雷暴日数、地闪密度空间分布（落雷次数）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，提高防雷设计的科学性、针对性和有效性，对于该区域防雷减灾和安全生产工作，具有重要的指导作用和参考意义。

图 4.3-1 是新密国家级气象站 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 4.3-2 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。

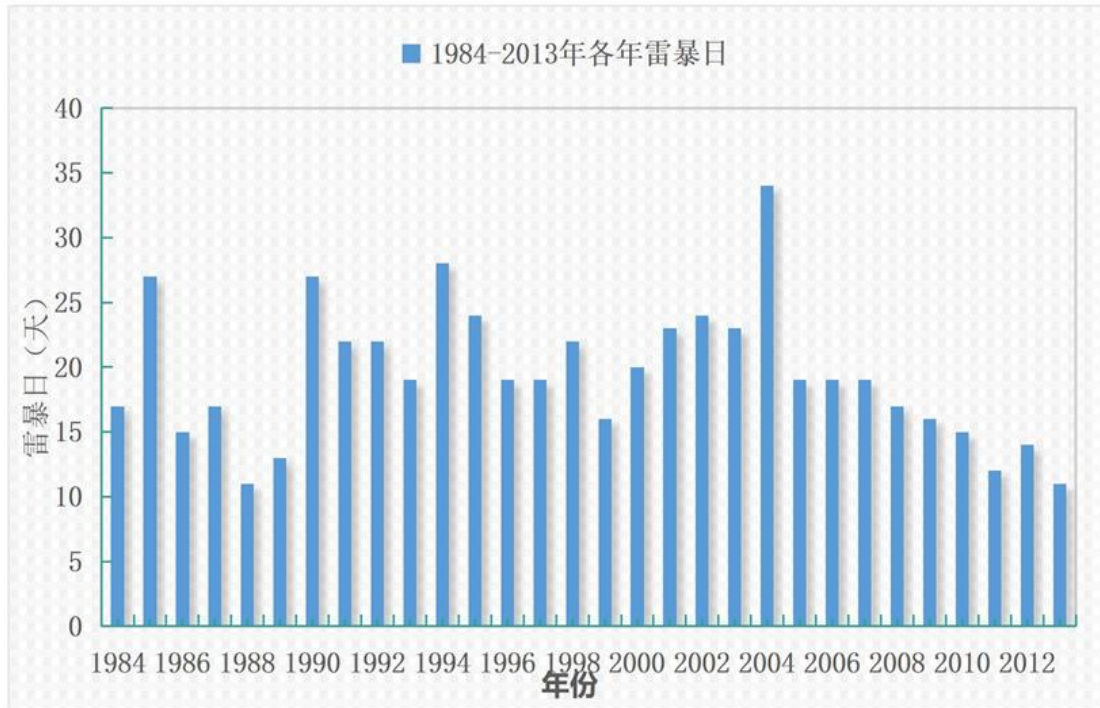


图 4.3-1 项目所在地 30 年（1984-2013 年）雷暴日年平均分布图

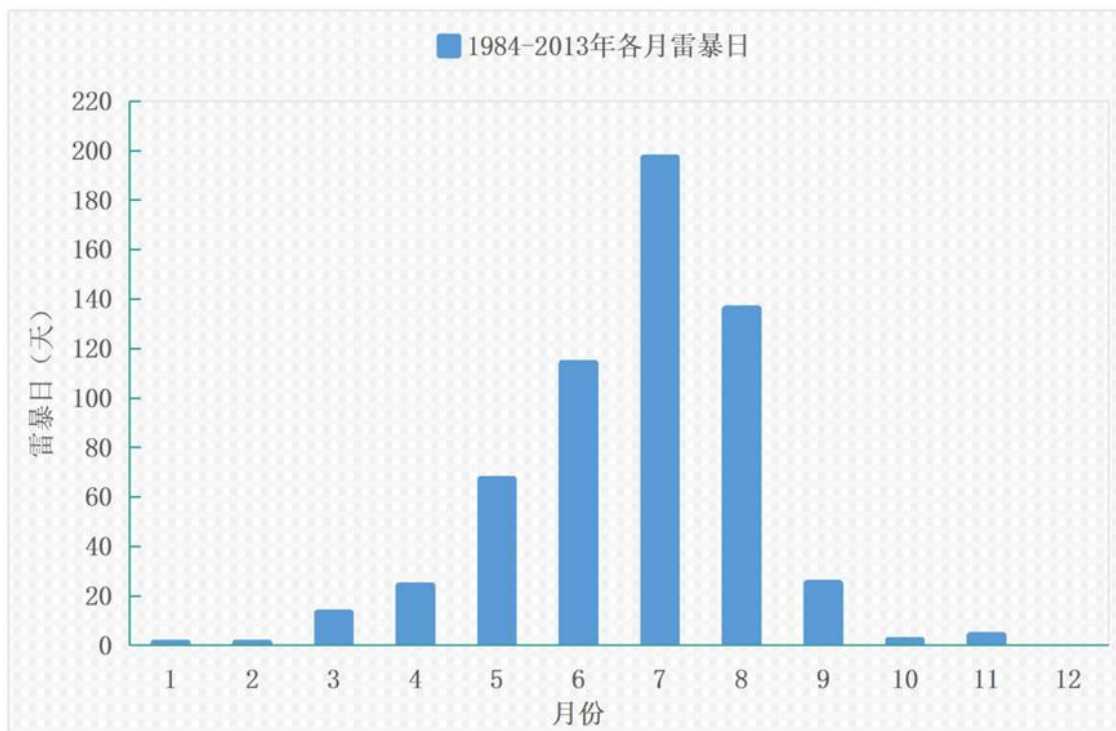


图 4.3-2 项目所在地 30 年（1984-2013 年）雷暴日月平均分布图

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

密县古城保护开发区域雷电数据资料取自郑州市雷电实时监测定位系统（2012-2021 年）的数据。

4.4.1 地闪密度特征分析

根据 2012-2021 年雷电实时监测定位系统数据（图 4.4-1），雷暴月日数变化分布特征明显：新密市除 1、12 月份以外的其他各月都会出现雷电，主要集中在 6-8 月份，约占全年的 77.3%，其中又以 7 月份最为突出，约占全年的 33.3%。

从图 4.4-2 可知，5 月份雷暴日数共 16 天，落雷次数为

1310 次；7 月份雷暴日数共 85 天，落雷次数为 2362 次；8 月份雷暴日数共 77 天，落雷次数为 2487 次。从而可知，雷暴日数与落雷密度并非正相关。

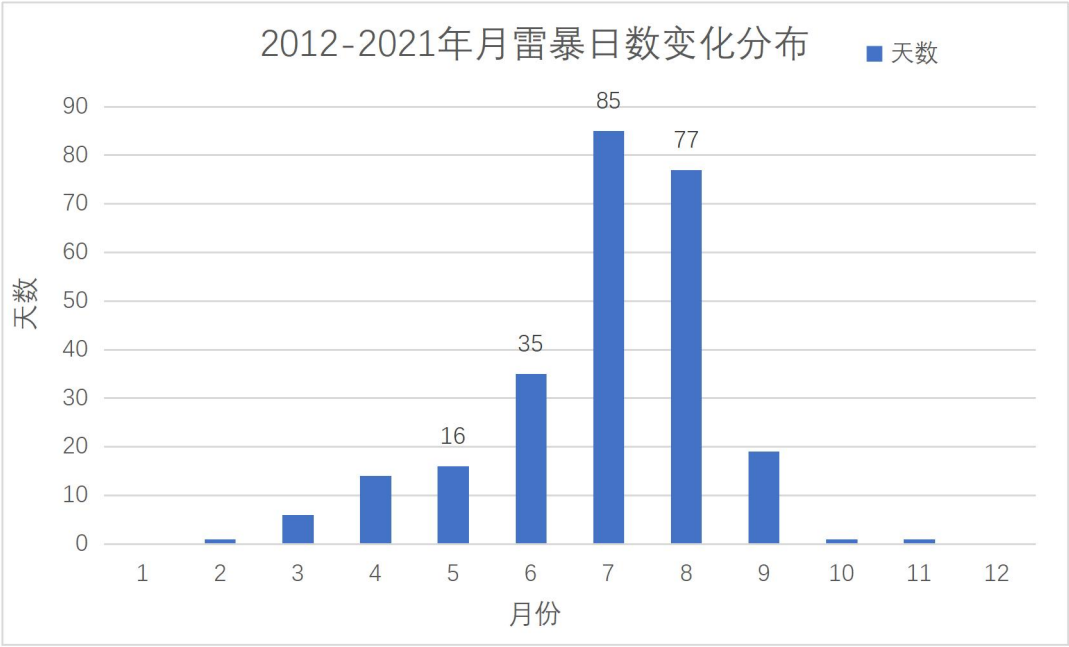


图 4.4-1 项目所在地 2012 年至 2021 年月雷暴日数变化分布图

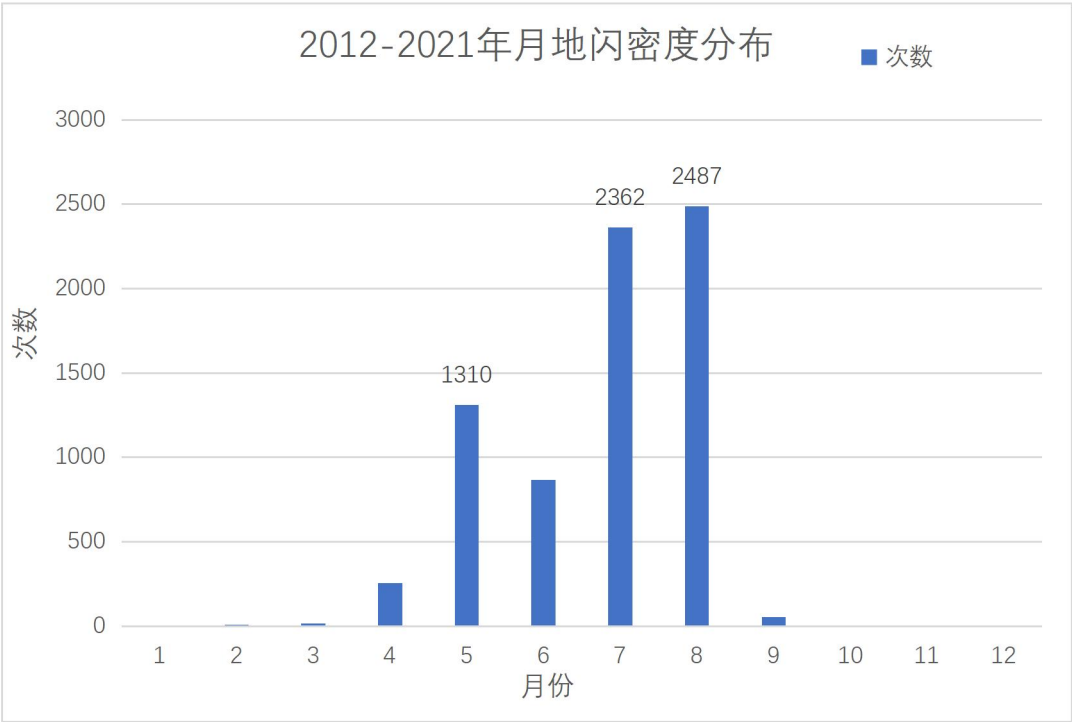


图 4.4-2 项目所在地 2012 年至 2021 年月地闪密度分布图

从图 4.4-3 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,主要在中午 12 时至次日凌晨 2 时,高发时段为 19 时前后,可达 1393 次,次之为 16 时前后,可达 829 次。



图 4.4-3 项目所在地 2012 年至 2021 年地闪密度日分布图

4.4.2 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 2012-2021 年雷电实时监测定位系统数据,从图 4.4-4 可知, >10kA 的雷电流幅值约为 99.76%, >200kA 的雷电流幅值仅有 0.29%,而 >250kA 的雷电流幅值趋近于零。

随着雷电流强度的增加，雷电流幅值占比越来越少。

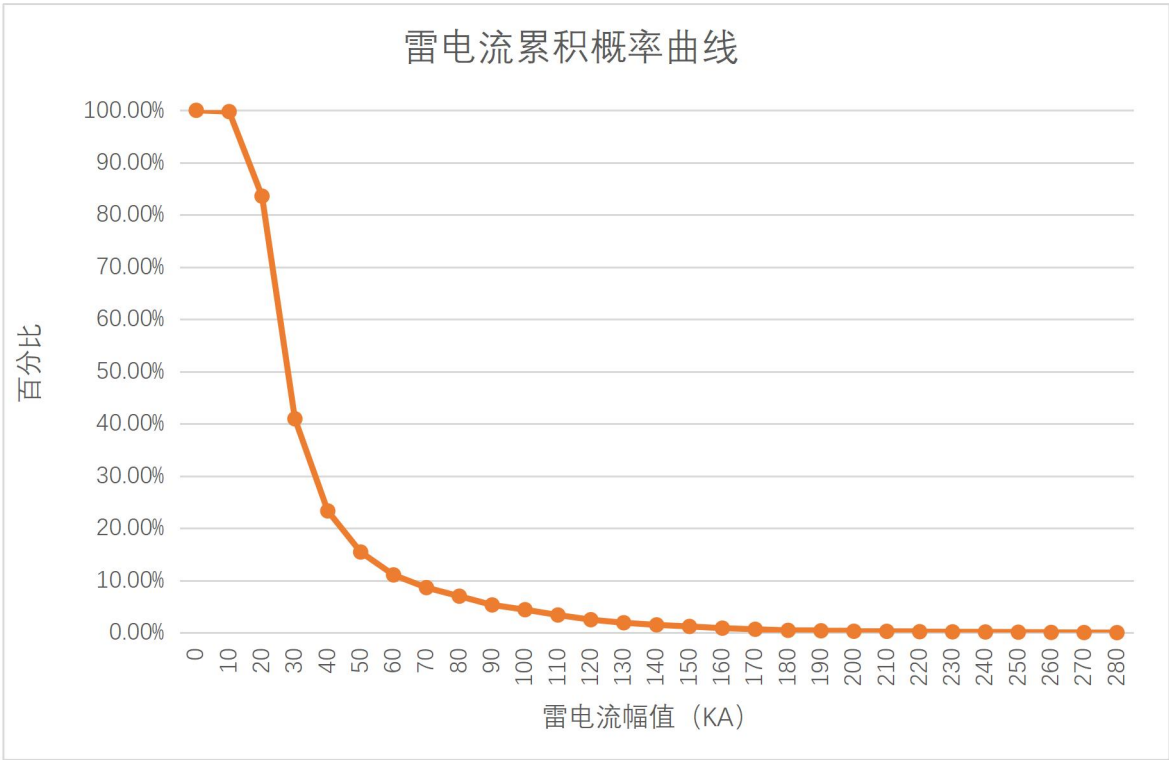


图 4. 4-4 项目所在地 2012 年至 2021 年雷电流幅值曲线图

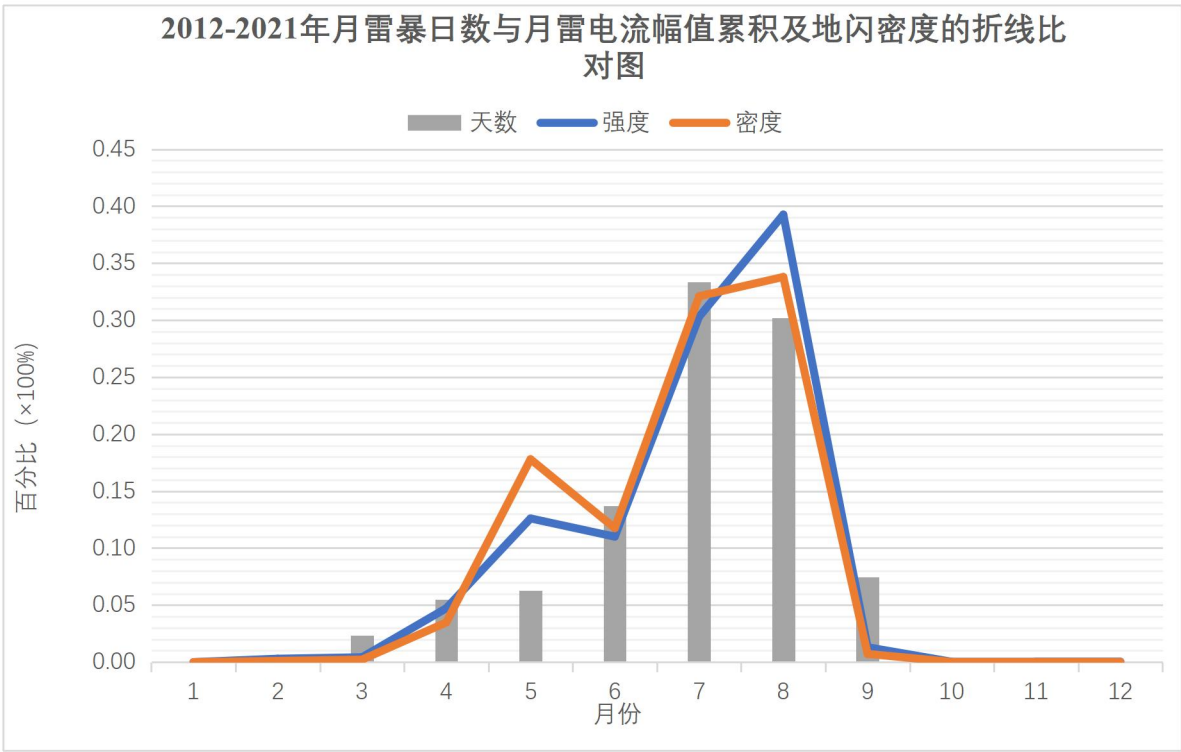


图 4. 4-5 项目所在地 2012 年至 2021 年月雷暴日数与月雷电流幅值及地闪密度折线图

从图 4.4-5 可知，5 月份雷暴日数占全年的 6.27%，地闪密度为 17.80%，雷电流幅值累计为 12.61%；相比较 6、7 月份的雷暴日数、落雷密度及雷电流的幅值累计都相对比较均衡；而 8 月份雷暴日数占全年的 30.2%，地闪密度为 33.8%，雷电流幅值累计为 39.27%。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，雷电流强度相对增加；而 8 月份地闪密度与地闪强度（雷电流幅值）达到全年的峰值。

新密市雷暴活动规律性较强，时段分布也比较集中，主要在中午 12 时之至次日凌晨 2 点。从图 4.4-6 可知，傍晚的 19 时前后的地闪密度达到峰值，次之为 16 时前后，而 19 时前后地闪强度相对反而偏小；再比如下午的 14 时至 17 时前后的地闪密度与强度相对比较均衡。地闪密度与地闪强度非正比关系，且应注意高峰时段的雷电预警措施。

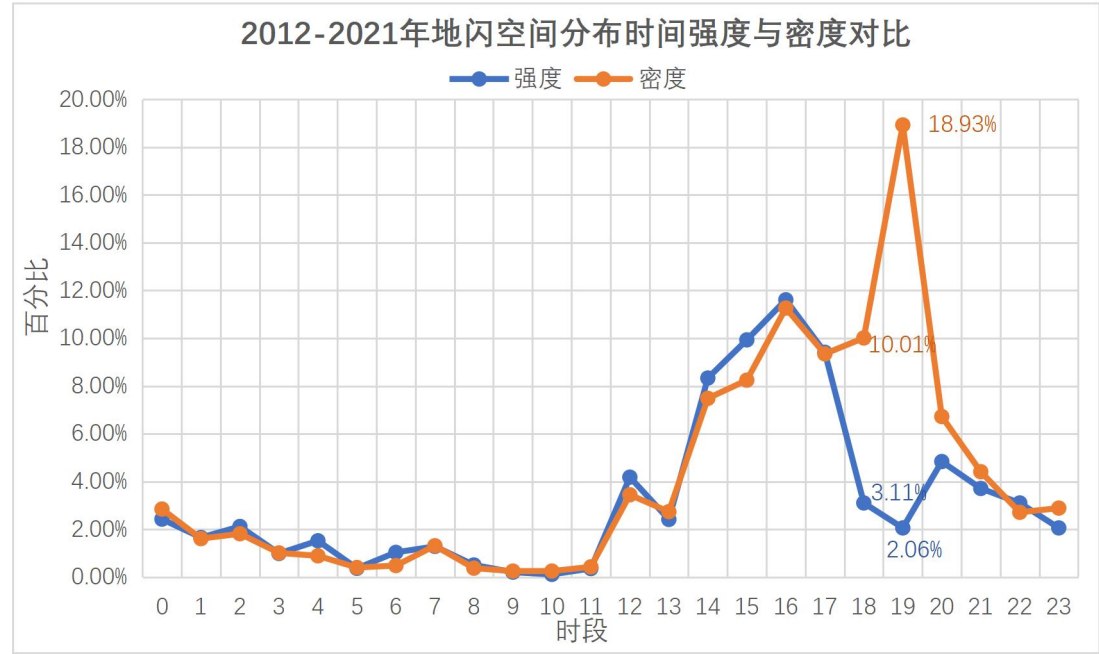


图 4.4-6 项目所在地 2012 年至 2021 年地闪空间分布强度与密度日比对图

从图 4.4-7 和图 4.4-8 可知，新密市 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，主要在中午 12 时之至次日凌晨 2 时，19 时前后均达到峰值。

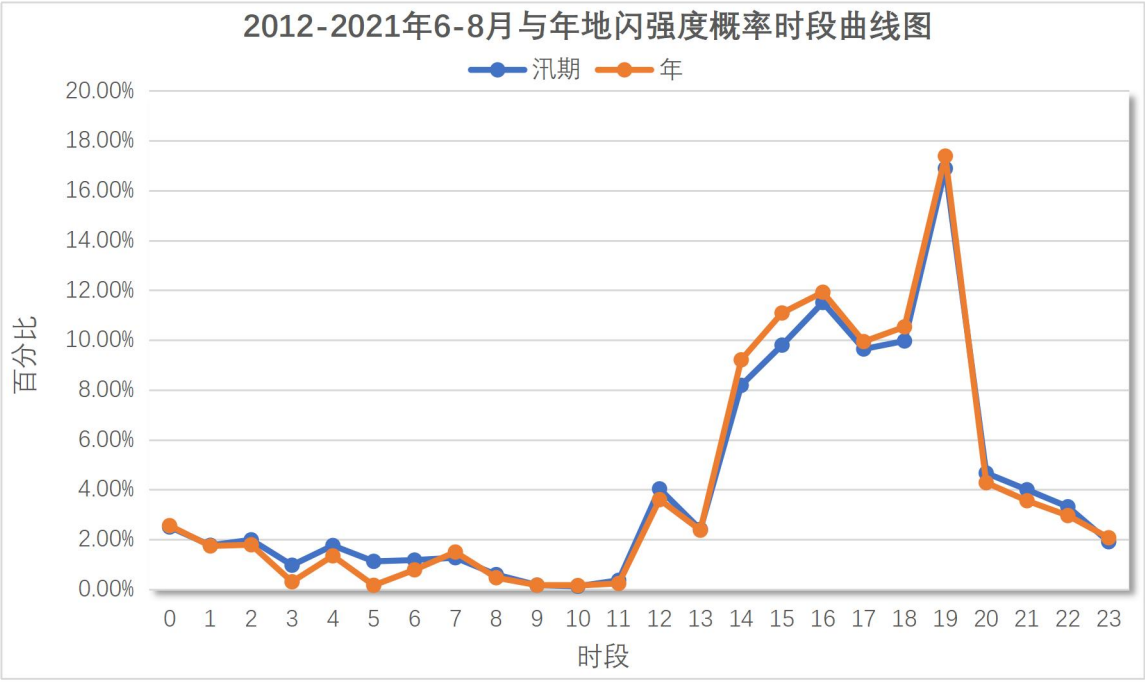


图 4.4-7 项目所在地 2012 年至 2021 年地闪密度 6-8 月年时段比对图

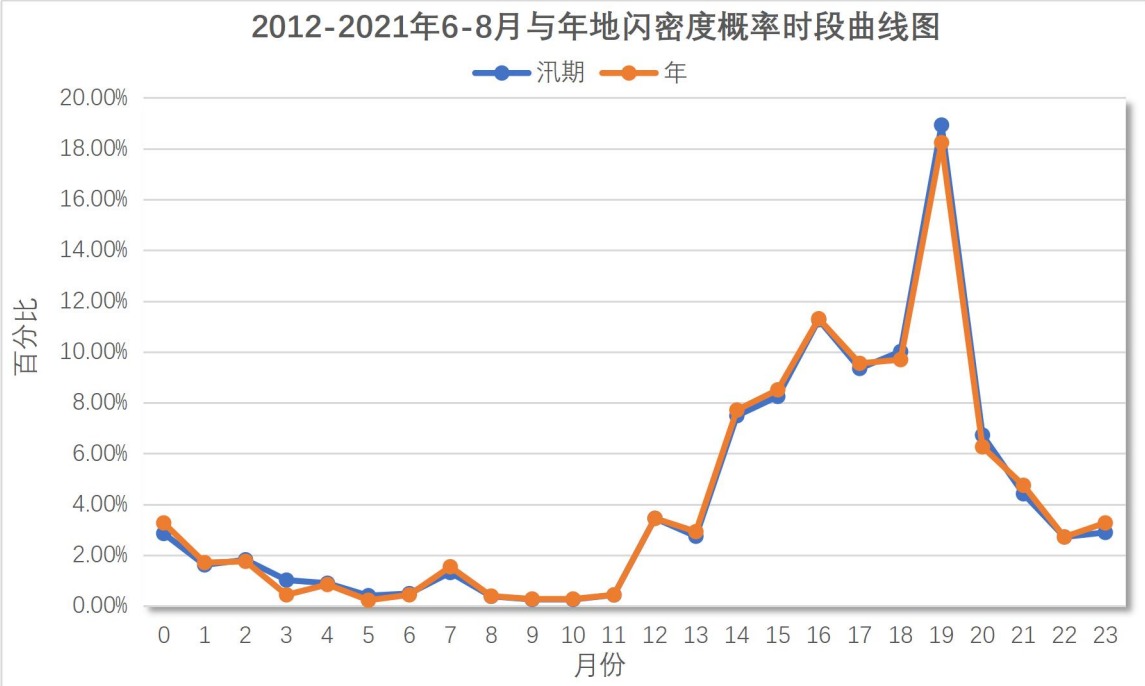


图 4.4-8 项目所在地 2012 年至 2021 年地闪强度 6-8 月与年时段比对图

从图 4.4-9 和图 4.4-10 可知，新密市 6-8 月雷电流幅值累计（地闪强度），8 月份占整个 6-8 月的半值 49.89%，而时段主要集中在午后 15 时至傍晚 20 时前后；6、7 月份雷电流幅值累计分别占整 6-8 月的 14.43%和 36.7%，主要时段分布也基本相同，多为午后及傍晚时分，只高峰时段稍有差异。

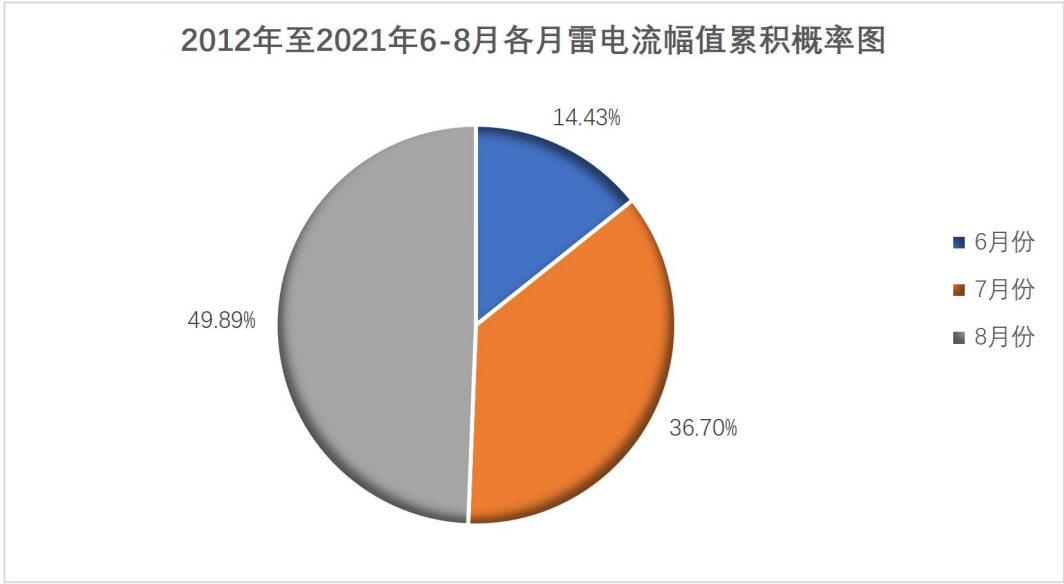


图 4.4-9 项目所在地 2012 年至 2021 年 6-8 月地闪强度各月占比图

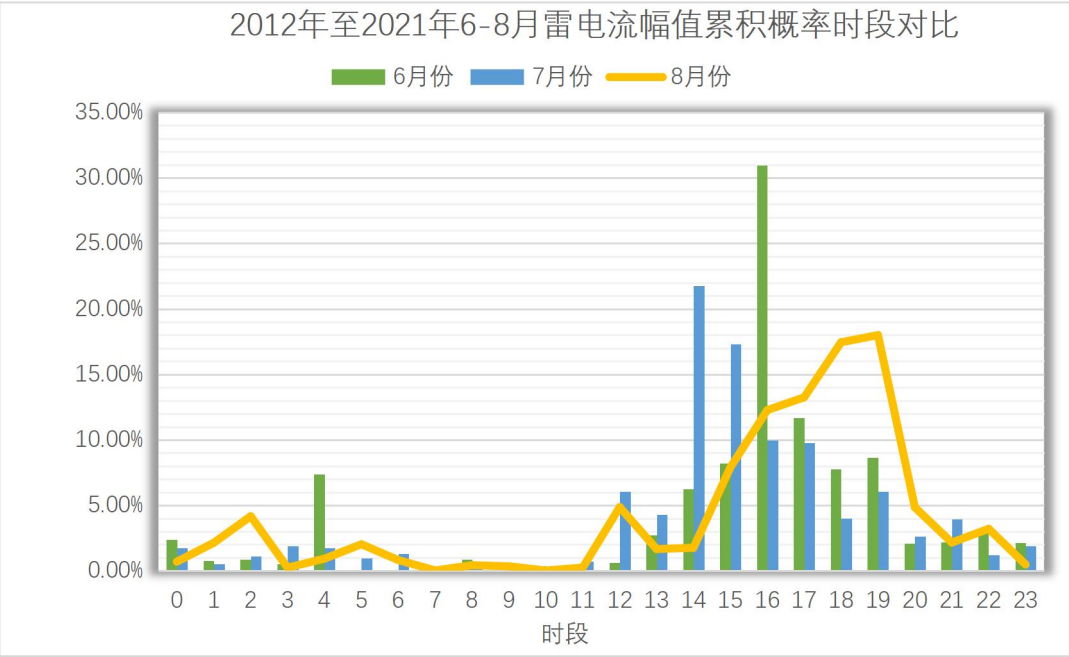


图 4.4-10 项目所在地 2012 年至 202 年 6-8 月地闪强度各时段对比图

4.5 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，也包括云际闪和云间闪发出的，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。

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。

以密县古城保护开发区域建设项目现场测量的地理坐标为基础数据，并结合近 10 年雷电数据对密县古城保护开发区域及扩充的 5km、10km、15km 半径范围进行统计分析，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，得到密县古城保护开发区域建设项目所在区域雷电空间分布图（图 4.5-1）。

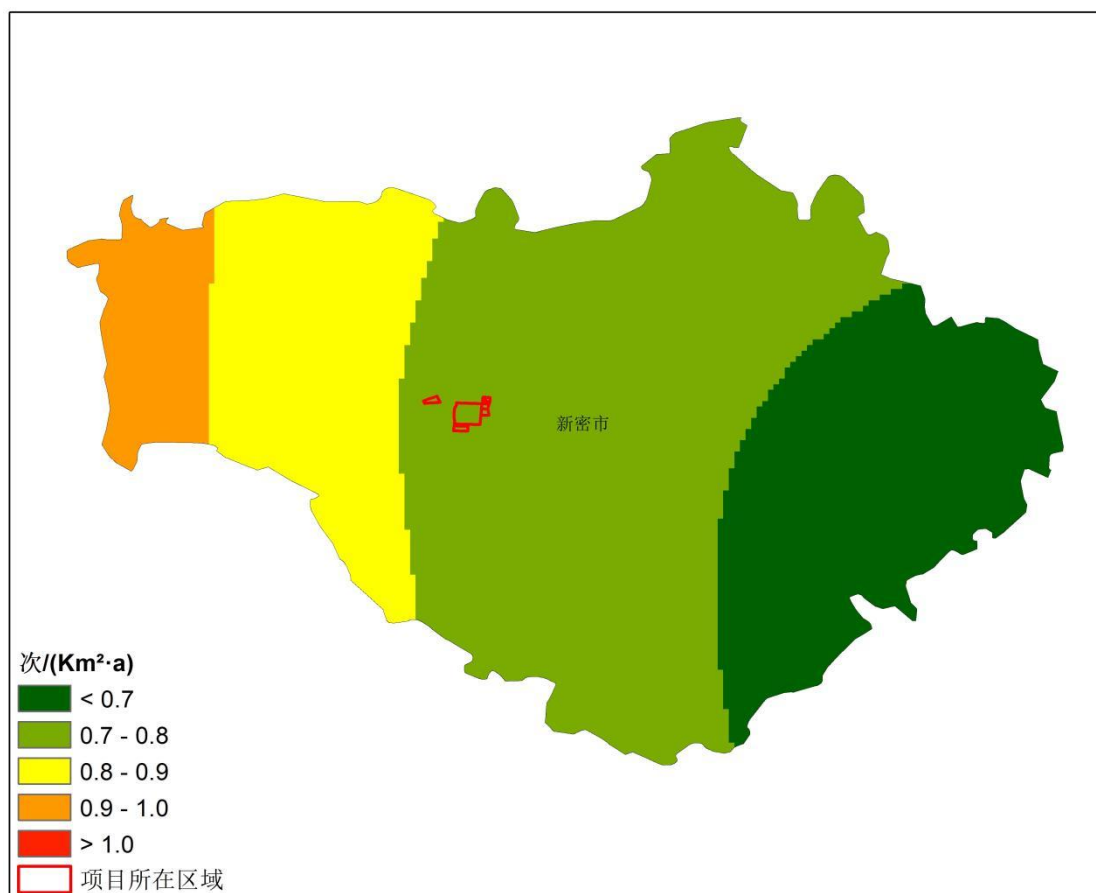


图 4.5-1 密县古城保护区域地闪区域分布图

4.5.1 项目所在区域地闪密度空间分布

4.5.1.1 密县古城保护开发区域地闪密度空间分布

根据近 10 年（2012-2021 年）雷电监测数据，郑州市近 10 年平均落雷次数为 $N_g=0.60$ 次/（ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ），根据近十年（2012-2021 年）雷电监测数据，密县古城保护开发区域年平均落雷次数为 $N_g=0.58$ 次/（ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ），图 4.5-3 是密县古城保护开发区域近 10 年平均地闪密度分布图。

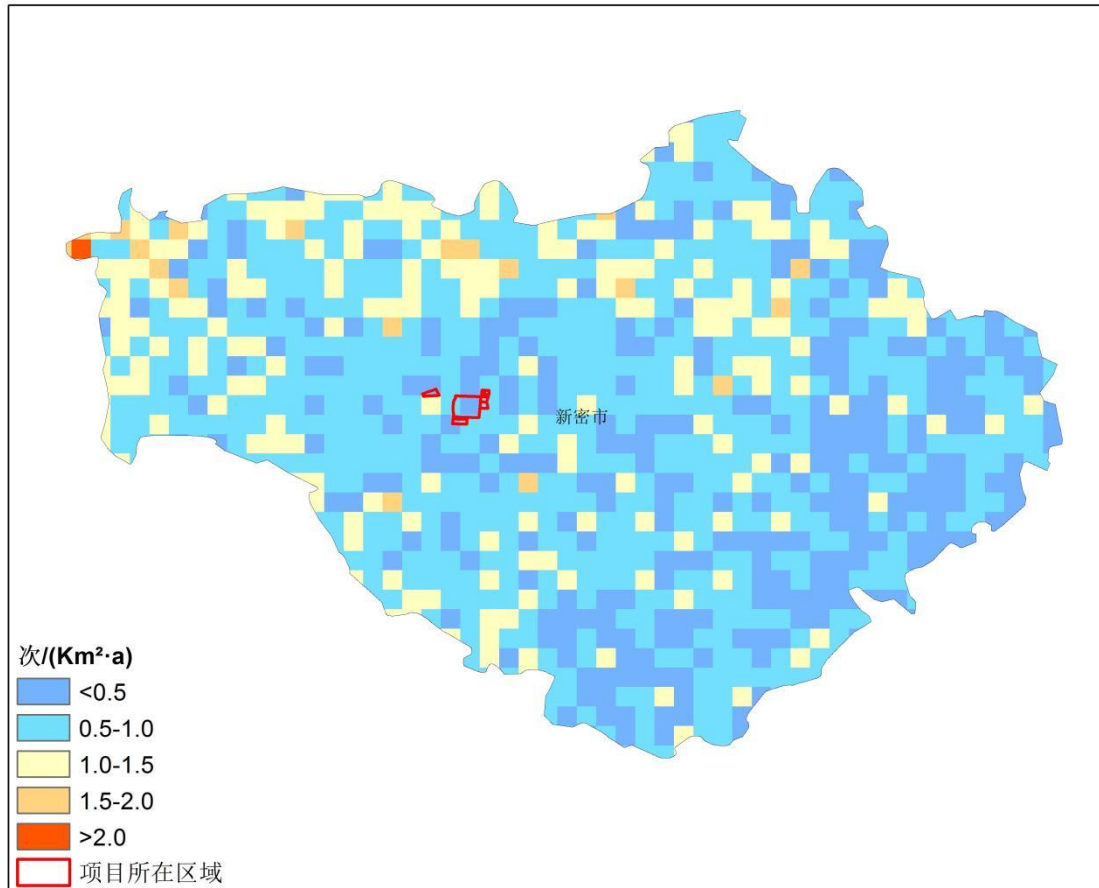


图 4.5-3 密县古城保护开发区域地闪密度图

图 4.5-4 是密县古城保护开发区域地闪密度分布图（格点 $1\text{km} \times 1\text{km}$ ），平均地闪密度值为 $N_g=0.58$ 次/（ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ），最小值为 0.30 次/（ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ），最大值为 0.9 次/（ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ）。

密县古城保护开发区域向外扩充不同范围（ 5km 、 10km 、 15km ）的平均地闪密度值，详见表 4.5-1、图 4.5-5。 5km 扩充范围内最小值为 0.0 次/（ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ），最大值均为 1.7 次/（ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ）， 10km 扩充范围内最小值为 0.0 次/（ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ），最大值为 1.7 次/（ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ）， 15km 扩充范围内的最小值为 0.0 次/（ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ），最大值为 2.3 次/（ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ）。

表 4.5-1 密县古城保护开发区域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))
密县古城保护开发区域	0.58
5km	0.63
10km	0.69
15km	0.72

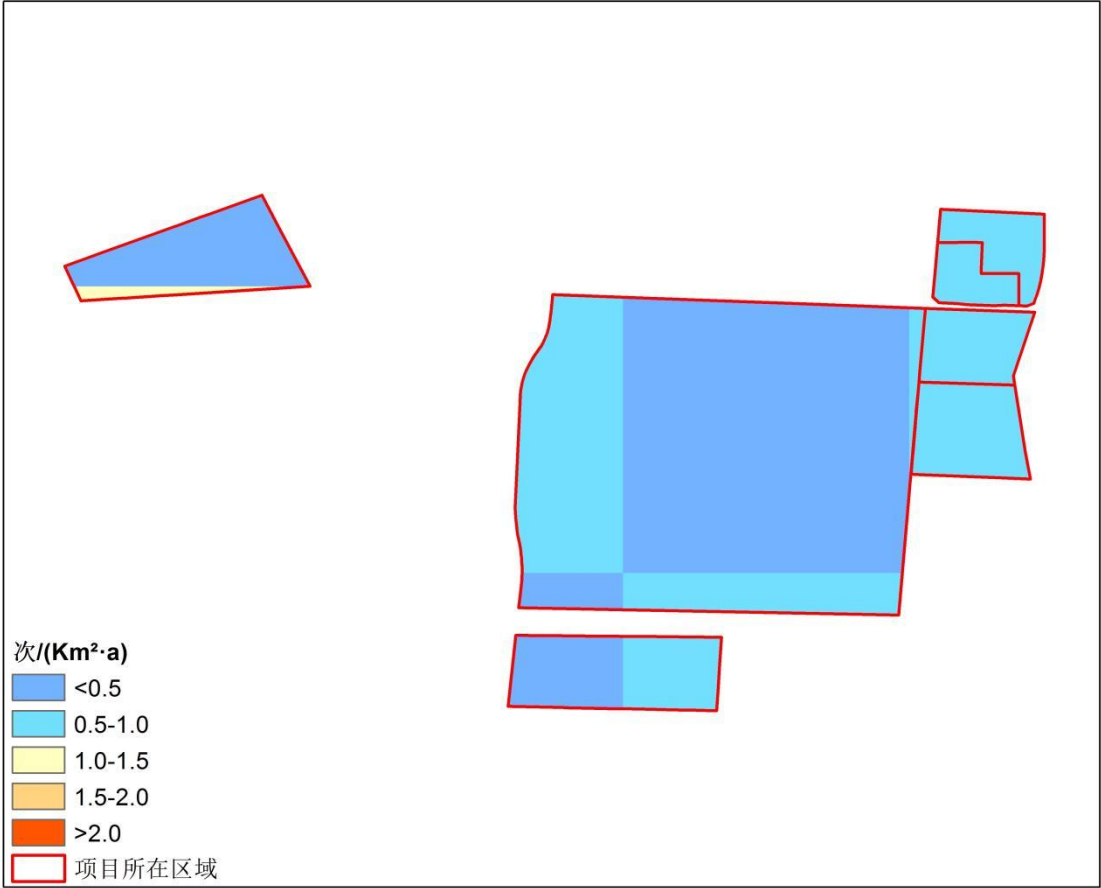


图 4.5-4 密县古城保护开发区域地闪密度分布图（格点 1km×1km）

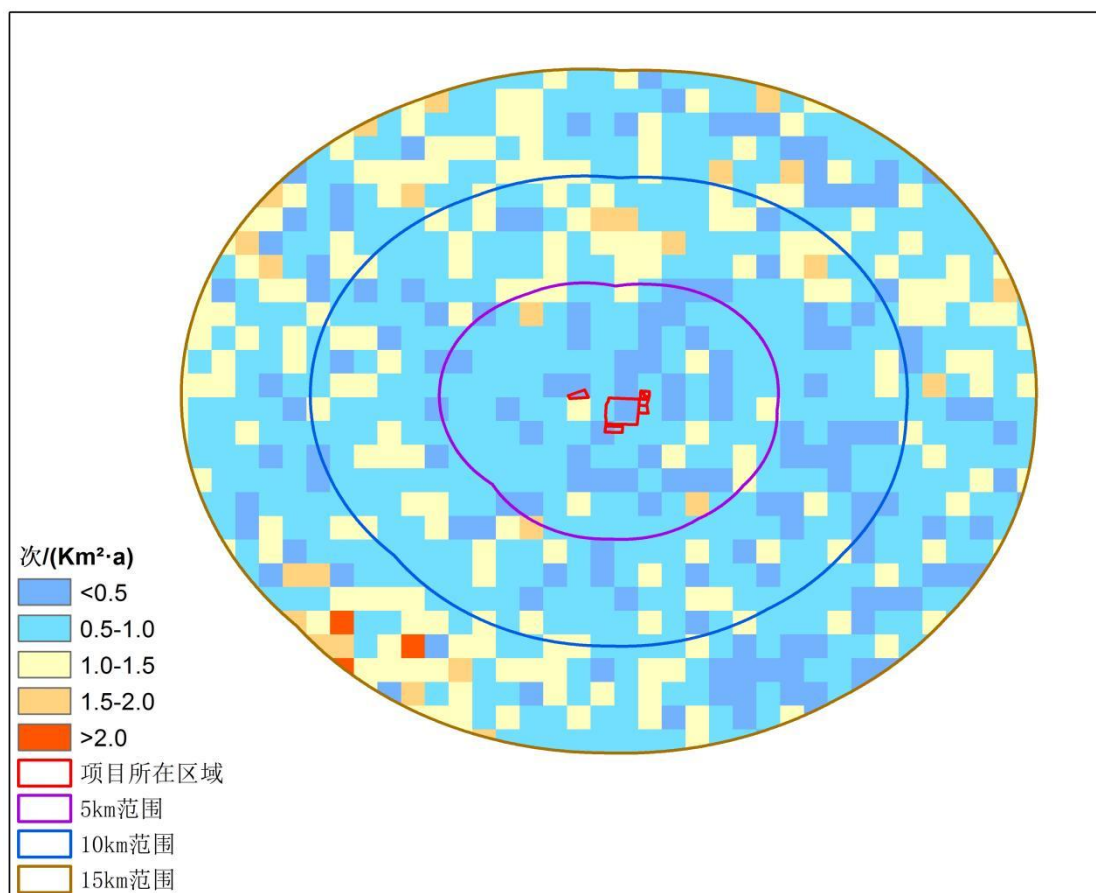


图 4.5-5 密县古城保护区域向外扩充不同范围地闪密度分布图(格点 1km×1km)

4.5.2 项目所在区域地闪强度空间分布

4.5.2.1 密县古城保护开发区域地闪强度空间分布

根据近 10 年（2012-2021 年）雷电监测数据，郑州市平均地闪强度值为 18.70kA，密县古城保护开发区域近 10 年平均地闪强度值为 30.82kA，图 4.5-6 是密县古城保护开发区域的平均地闪强度值。

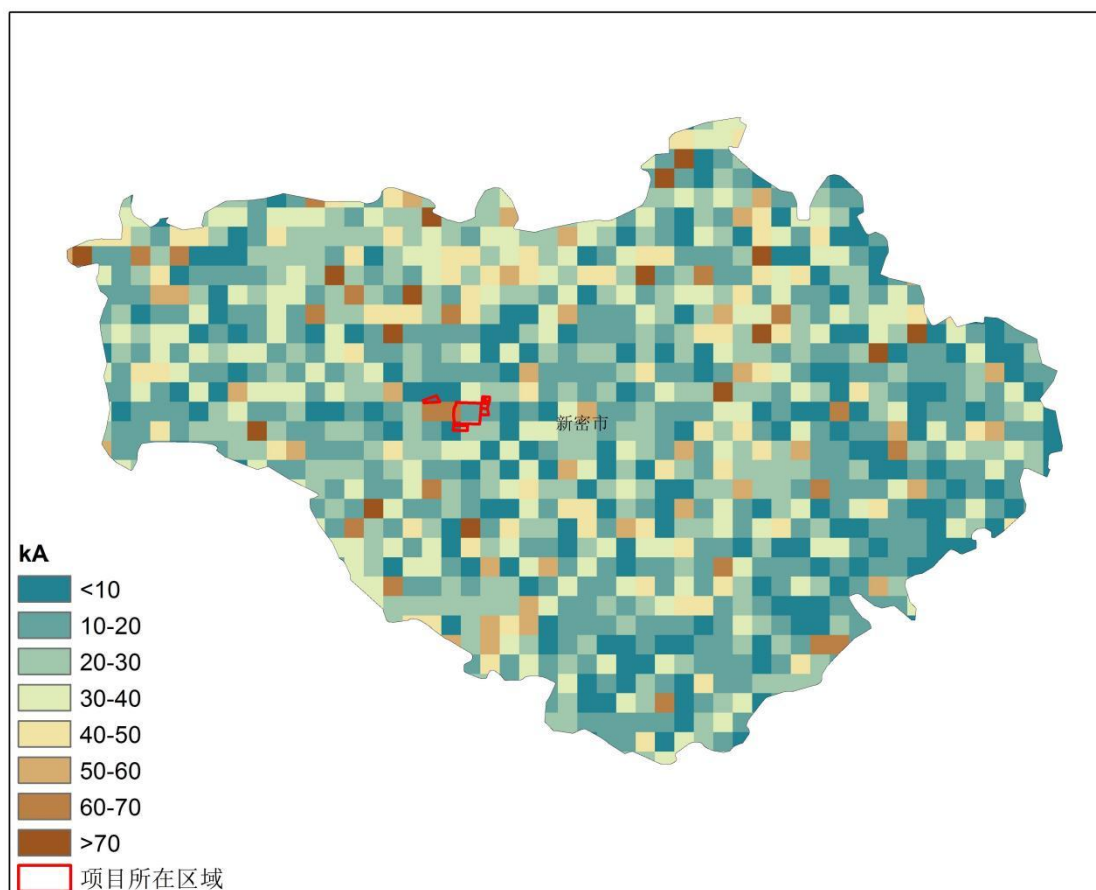


图 4.5-6 密县古城保护开发区域地闪强度图（格点 1km×1km）

图 4.5-7 是密县古城保护开发区域地闪强度分布图（格点 1km×1km），平均地闪强度值为 30.82kA，最小值为 8.92kA，最大值为 66.24kA。

密县古城保护开发区域向外扩充不同范围（5km、10km、15km）平均地闪强度值，详见表 4.5-2、图 4.5-8。5km、10km、15km 扩充范围内最小值均为 0.0kA，最大值均为 143.35kA。

表 4.5-2 密县古城保护开发区域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)
密县古城保护开发区域	30.82
5km	21.53
10km	22.48
15km	21.77

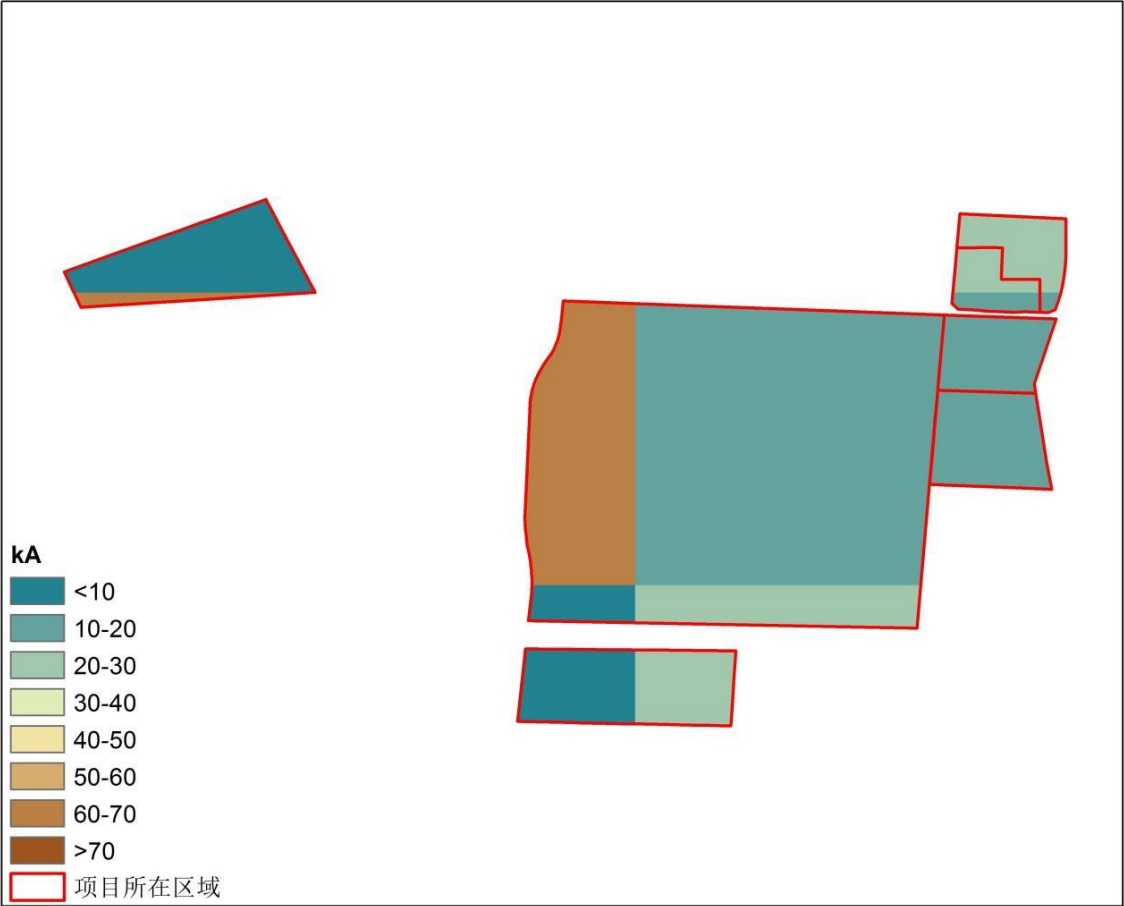


图 4.5-7 密县古城保护开发区域地闪强度分布图 (格点 1km×1km)

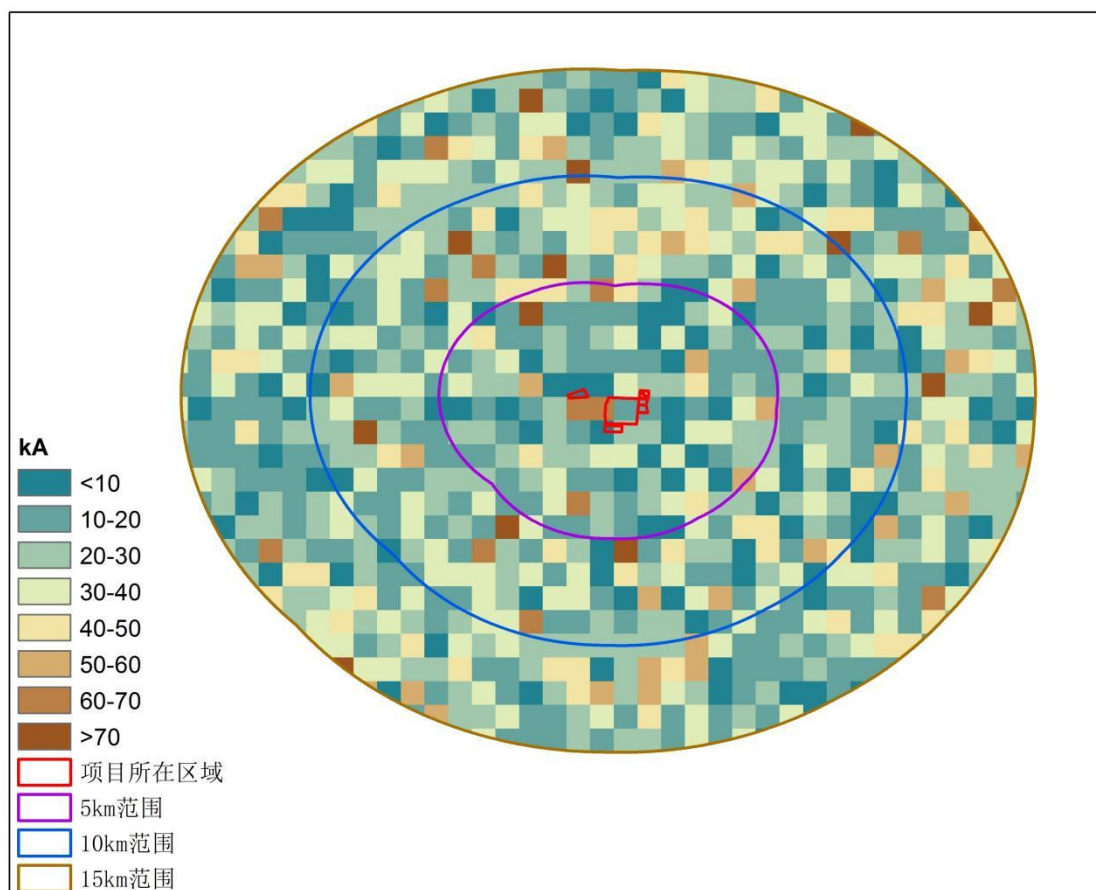


图 4.5-8 密县古城保护区域向外扩充不同范围地闪强度分布图 (格点 $1\text{km} \times 1\text{km}$)

4.6 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) 项目所在区域年平均雷暴日为 18.6 天，最高年份可达 34 天（2004 年），5 至 8 月为雷电高发期，7 月份最强。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。

(2) 密县古城保护开发区域内以历史文旅为重点，区

域内西部地闪密度相对较高，布局时应当注意将敏感电子设备和重点线路等尽量避开地闪高发区域，加强其雷电防护措施。

(3) 雷暴月日数变化分布特征明显，除 1、12 月份外其他各月均出现雷暴活动，主要集中在 6-8 月份，约占全年的 77.3%，建议在夏季 6-8 月份密切关注雷雨天气活动。

(4) 雷暴日数与落雷密度并非正相关：5 月份雷暴日数共 16 天，落雷次数为 1310 次；7 月份雷暴日数共 85 天，落雷次数为 2362 次；8 月份雷暴日数共 77 天，落雷次数为 2487 次。

(5) 5 月份雷暴日数占全年的 6.27%，地闪密度为 17.80%，雷电流幅值累计为 12.61%；而 8 月份雷暴日数占全年的 30.2%，地闪密度为 33.8%，雷电流幅值累计为 39.27%。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，雷电流幅值相对增加。

(6) 雷暴活动规律性较强，时段分布也比较集中主要在中午 12 时前后之至次日凌晨 2 时前后，高发时段为 19 时前后，可达 1393 次，次之为 16 时前后，可达 829 次。雷雨天气的 16 时前后至 19 时前后尽量不安排外出和户外活动，例行巡查时也应特别加强雷电防护措施。

(7) 雷电流强度 8 月份占 6-8 月的 49.89%，而时段主要集中在午后 15 时至傍晚 20 时前后；6、7 月份雷电流幅值

累计分别占 6-8 月的 14.43%和 36.7%，主要时段分布也基本相同，多为午后及傍晚时分，只高峰时段稍有差异。

(8) 密县古城保护开发区域的地闪密度值、雷电流强度、6-8 月所占比例和雷电多发时段等参数特征对应表见表 4.6-1。

表 4.6-1 密县古城保护开发区域对应的参数特征表

站点名	地闪密度值 (次(km ² ·a))	平均雷电流 强度 (kA)	6-8 月 所占比例	雷电多发时段
密县古城保护开发区域	0.58	30.82	77.6%	13 时至次日凌晨 1 时

(9) 从地闪密度值来看，密县古城保护开发区域及扩充的 5km、10km、15km 范围对应的近 10 年地闪密度值介于 0.5-0.8 次/ (km²·a)，雷电电流强度介于为 20.0-35.0kA 之间。

(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。

密县古城保护开发区域内西部雷电活动特征都比较明显，雷电流强度较大，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好相应的措施。

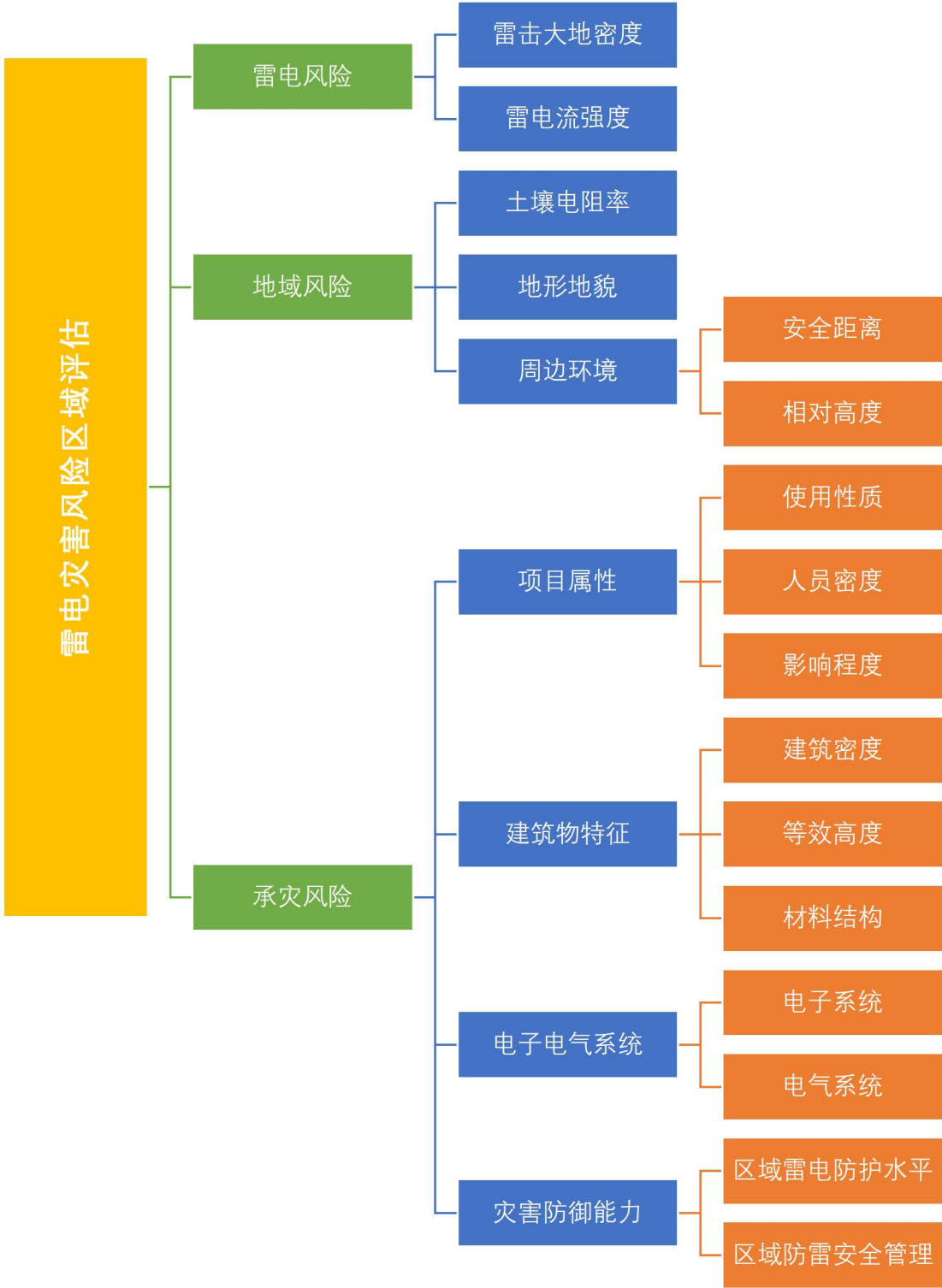
第五章 雷电灾害风险区划

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。

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 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。

5.2.2 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。

5.2.3 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。

雷击放电子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。

5.2.4 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。密县古城保护开发区域打造为包括遗址展示区、古城复兴区、文旅体验区等多种业态在内的生态文旅示范区；大运河文化片区打造一个文化体验、生态旅游、商务度假、娱乐休闲和研学教育等文旅深度融合文化区。区域内室外设置的大型设施、设备，高大建筑物、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，站在高楼的天台、户外大型设备顶端、站在大树底下等。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）密县古城保护开发区域从文化旅游的角度，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 2012-2021 年的雷电数据，根据其他地区的数据对比经验，密县古城保护开发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

类别	建筑类型	雷击造成的后果	
一般建筑物	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、体育馆等场所	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。	
	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入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。

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，雷电灾害也给新密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，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，结合密县古城保护开发区域实际，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，为密县古城保护开发区域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。

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

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。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。在雷电风险中, 雷击密度因子占比重较大, 区域内项目建设时应密切关注气象台发布的雷电预警信号, 及时做好预防措施。

通过网格化 (格点 $1\text{km} \times 1\text{km}$) 统计计算, 将密县古城保护开发区域进行划分, 得出各网格内的地闪密度和地闪强度, 得到密县古城保护开发区域的地闪密度空间分布图和地闪强度空间分布图。

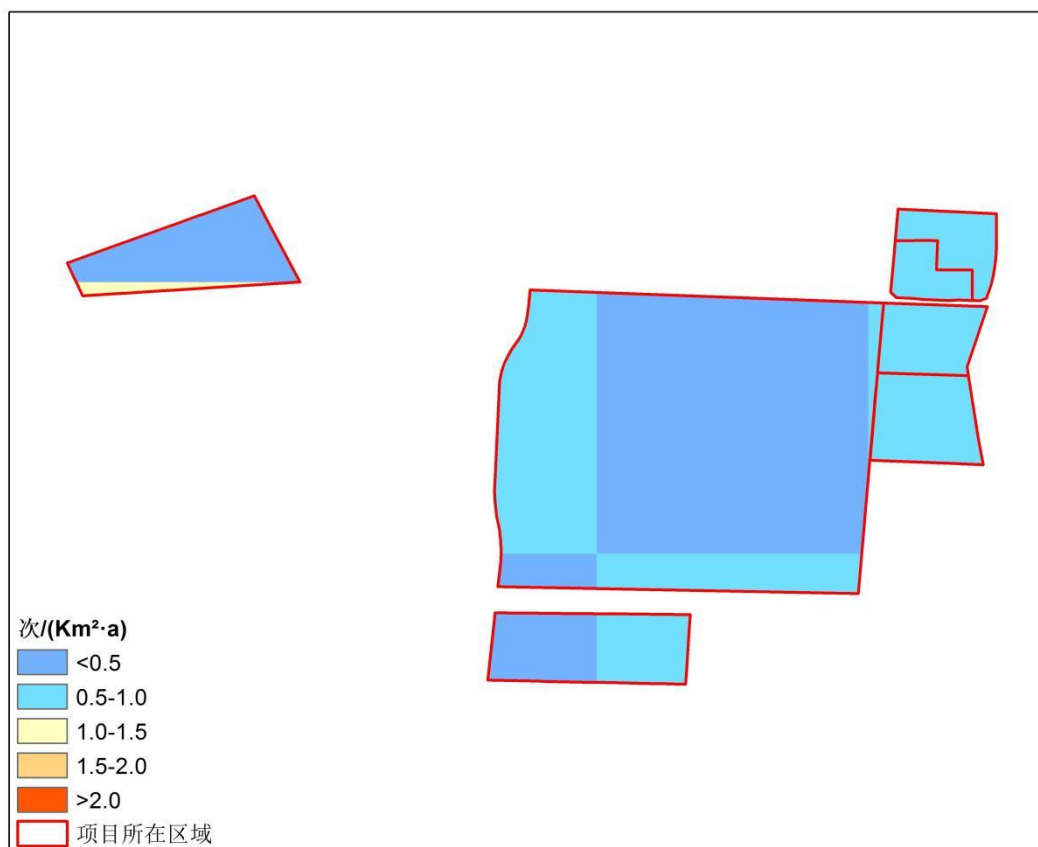


图 5.4-1 密县古城保护开发区域地闪密度分布图（格点 1km×1km）

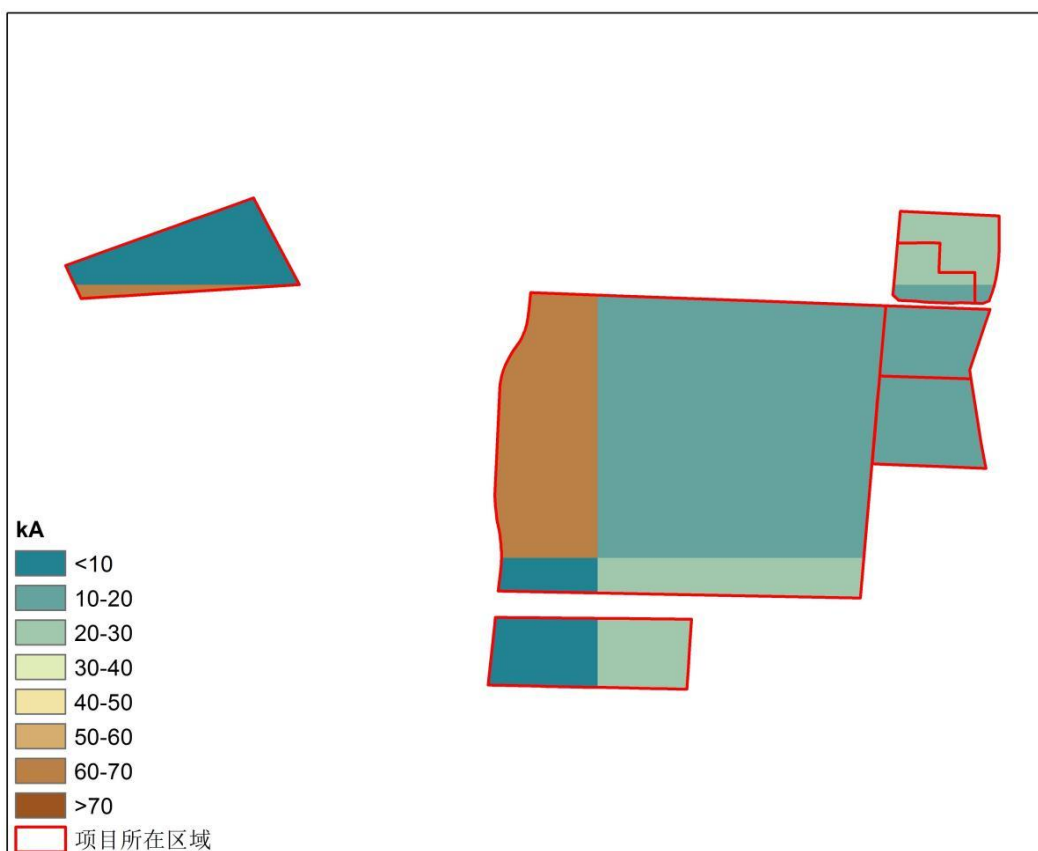


图 5.4-2 密县古城保护开发区域地闪强度分布图（格点 1km×1km）

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。地形起伏程度是表达某一区域地形特征的元素。海拔高度和地形面貌对雷暴的形成有重大影响。

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

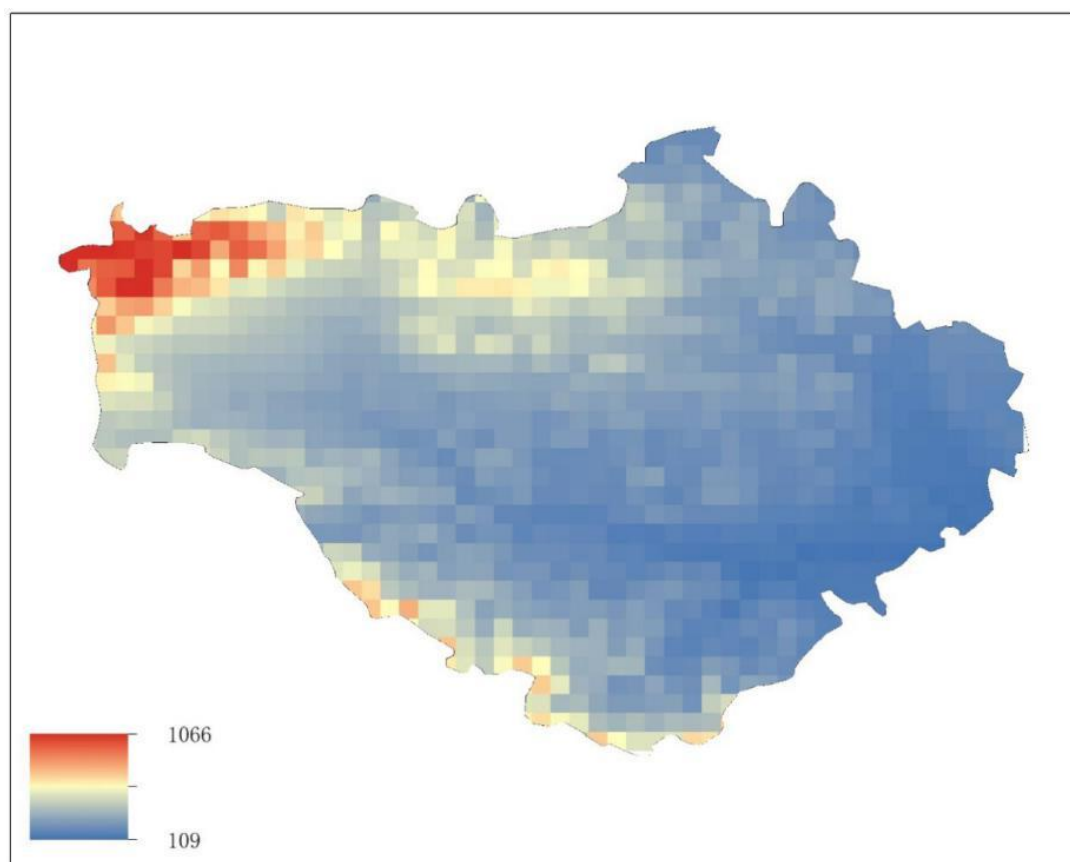


图 5.4-3 新密市行政区高程分布图（格点 $1\text{km} \times 1\text{km}$ ）

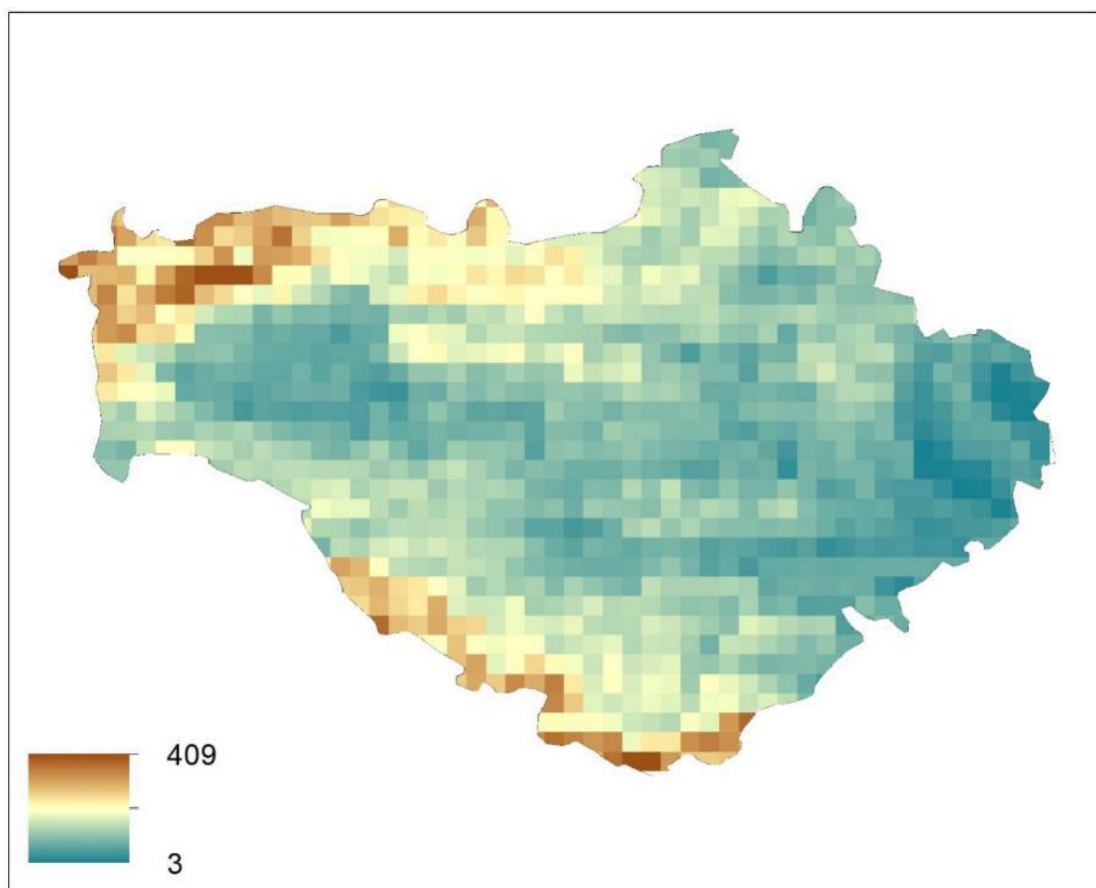


图 5.4-4 新密市行政区地形起伏分布图（格点 1km×1km）

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 密县古城保护开发区域各因子权重表

因子	权重
地闪密度	0.3151
地闪强度	0.5835
海拔高度	0.0537
地形起伏	0.0477

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。

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

雷电灾害风险区划为低风险区、较低风险区、中等风险区、较高风险和高风险区，依据雷电灾害风险指数大小，采用熵值法，得到密县古城保护开发区域雷击风险区划图。从图 5.4-5 至图 5.4-6 可知，雷电灾害风险区划在空间分布上存在一定的规律，密县古城保护开发区域属中高风险区，其中区域西部和南部部分区域为高风险区，西安置区为中低风险区，南安置区为中高风险区，东安置区和两个街坊为中风险区，对于雷电灾害的防御不能放松，尤其要在雷雨季节来临之前及时检查建设项目的雷电防护设施。

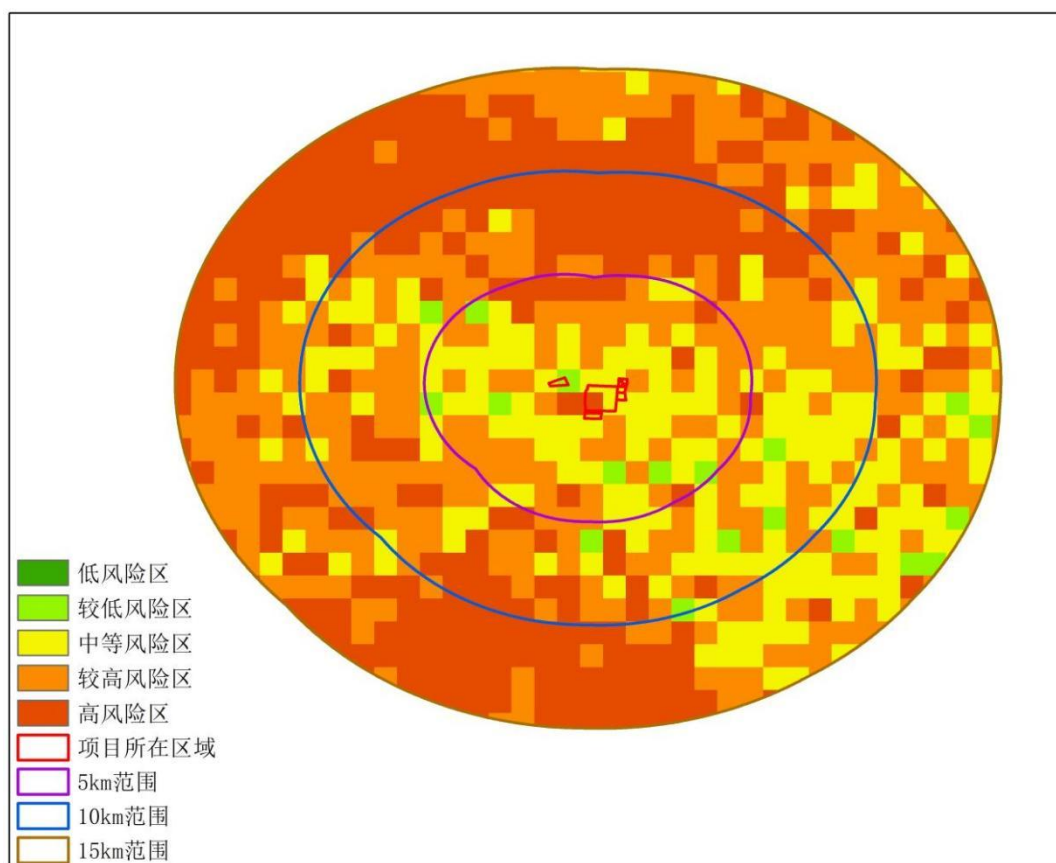


图 5.4-5 项目区域向外扩充（格点 $1\text{km} \times 1\text{km}$ ）雷电灾害风险区划图

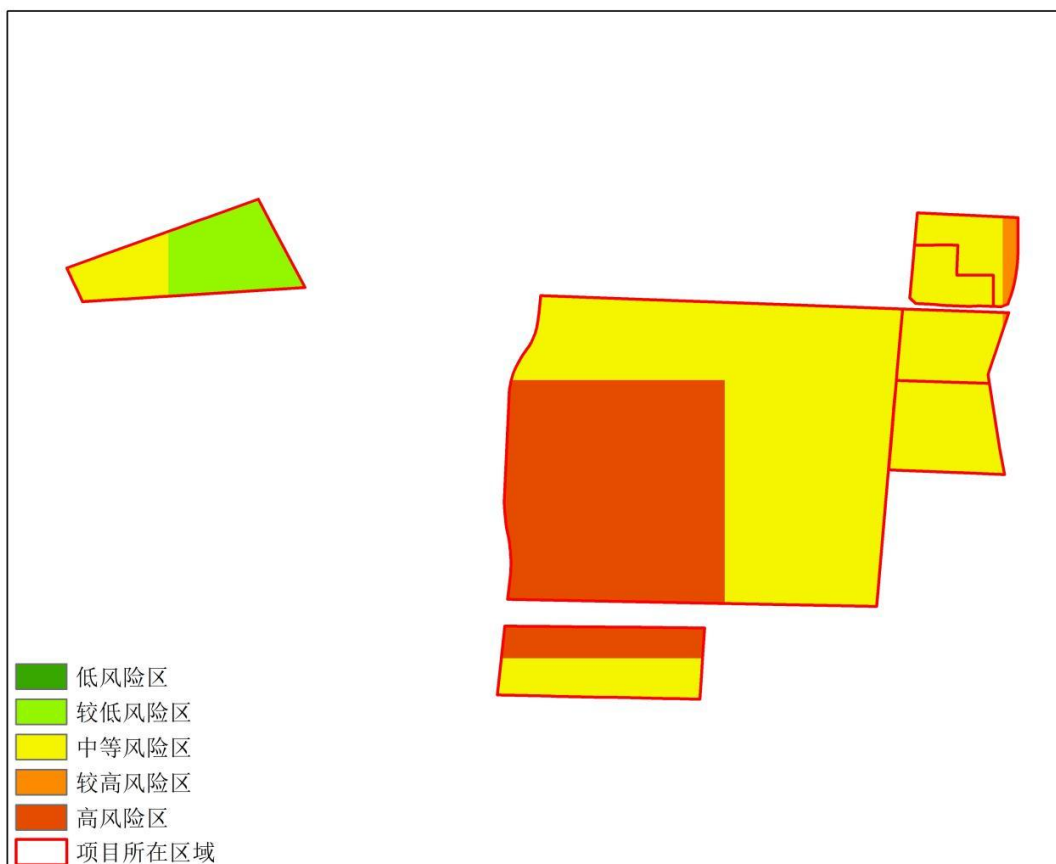


图 5.4-6 密县古城保护开发区域雷电灾害风险区划图

密县古城保护开发区域雷电主要发生在春夏交替的5月及6-8月，其中6-8月内雷电活动特别突出，密县古城保护开发区域内的生产活动中要特别注意这三个月的雷电防护工作，9月以后雷电活动虽然相对明显减少，但仍有雷电发生，其危害强度并不小，所以秋季的防雷工作也不能忽视。从日变化上来看，19时前后是雷电活动的高发期，要密切注意在此时间段内发生雷电时的人员安全防护。

5.5 雷电灾害风险区划小结和建议

通过地理信息资料、气象资料和雷电资料分析，结合熵值法客观的对密县古城保护开发区域所在区域进行了雷电灾害风险区划，结论如下：

(1) 人身防护是重点：密县古城保护开发区域内文化体验、生态旅游、商业区、居住区等建设项目在设计时应着重考虑发生雷击时人员触及雷电流泄放途径、跨步电压等、屋面金属物体、金属门窗、栏杆的物体应与均压环或引下线做好等电位连接；引下线附近应做好防跨步电压措施；同时在人可触及的部位和室外露天区域采取有效的大地等电位连接过隔离措施或做绝缘处理，并设置警示标志；有条件的情况下可以改变活动区域的地面类型。

(2) 密县古城保护开发区域属中高风险区，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。密县古城保护开发区域近 10 年平均落雷次数为 $N_g=0.58$ 次/ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ，在建筑物防雷装设计时，该数据可供设计院参考采用。密县古城保护开发区域内各单体建筑物的防雷类别应按 GB50057-2010《建筑物防雷设计规范》第 3 章和附录 A 进行划分。

(3) 密县古城保护开发区域内大型通信基站、电力变电站、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。

密县古城保护开发区域内雷电活动特征都比较明显，雷电流强度较大，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应措施。

第六章 雷电风险控制措施

密县古城保护开发区域未来将融合美丽乡村建设、历史文化街区的文物保护、周边相应配套项目、基础设施完善、公共服务设施配套等基础设施改造及提升，打造疏朗时尚、文化古韵的城市风格，形成宜居宜业宜游的南部新城区。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，该区域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密县古城保护开发区域内地域性、功能特性等评价的，具有其针对性，因此本部分雷电风险控制措施仅适用于密县古城保护开发区域。

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，按相关规定设计安装防直击雷的外部防雷装置，可作为紧急避雷（雨）场所。

(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) 密县古城保护开发区域内各项目应设置综合接地系统，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) 密县古城保护开发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。

(6) 密县古城保护开发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）。

(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浪涌保护器（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 综合防雷系统

密县古城保护开发区域内建（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。

6.2.1 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。

6.2.2 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 $\Phi 8$ — $\Phi 12\text{mm}$ 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。

6.2.3 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。

6.2.4 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。

6.2.5 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做可靠电气连接。

6.2.6 侧击雷防护

密县古城保护开发区域中的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 $\Phi 16$ 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。

6.2.7 电气系统

进出建筑物的各种电气、电子线路及管道，采用架空线埋地引入（出），在入户端应将电缆金属外皮、金属管道、金属套管等与外墙上的预埋件相连，平行及交叉敷设的金属管道、构架等主要金属物，应就近与防雷接地预埋件相连。

(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浪涌保护器（SPD），分配电柜设置第二级浪涌保护器（SPD），信息设备房或机房内配电箱设置第三级浪涌保护器（SPD），重要设备前端设置第四级浪涌保护器（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。

6.2.8 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，按表 6.2-1 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	<ol style="list-style-type: none"> 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	<ol style="list-style-type: none"> 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	<ol style="list-style-type: none"> 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 $\leq 4\Omega$ ）、交流保护接地（要求 $\leq 4\Omega$ ）、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。

6.2.9 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。

6.2.10 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。

6.2.11 安装浪涌保护器（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浪涌保护器（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）浪涌保护器（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浪涌保护器（SPD）。

（3）现场安装的浪涌保护器（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浪涌保护器（SPD）。

6.2.12 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 防雷设计参数分析

6.3.1 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。

对密县古城保护开发区域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。

6.3.1.1 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：

$$S = (\frac{0.5\rho}{R})^2 \dots\dots\dots (2)$$

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，对位于密县古城保护开发区域内的建设项目区域在 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 6.3-1。

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

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

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。

表 6.3-1 密县古城保护开发区域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
新密市古城测点 1	16.86~27.63	23.0	1.32	132.25	529.00
新密市古城测点 2	13.89~31.66	23.40	1.37	136.89	547.56
新密市古城测点 3	164.05~476.57	364.10	331.42	33142.2	132568.81
新密市古城测点 4	29.49~37.83	31.50	2.48	248.06	992.25
新密市古城测点 5	59.89~97.37	84.4	17.81	1780.84	7123.36
新密市古城测点 6	25.2~39.16	34.4	2.96	295.84	1183.36

6.3.1.2 电源系统雷击过电流估算

假设密县古城保护开发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。

则浪涌保护器（SPD）1 的通流量 I_1 为：

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

即浪涌保护器（SPD）1 的 $I_{imp} = I_1 (kA)$ ；

当使用（8/20 μs ）波形时，可通过单位能量推算知：

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

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

雷电流经过浪涌保护器（SPD）1 后，会有 50%-30%的残

余施加于浪涌保护器（SPD）2 上，这里考虑较坏的情况，假定有 50%的残余雷电流施加于浪涌保护器（SPD）2 上，则浪涌保护器（SPD）2 的标称通流量为：

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

同样，雷电流经过浪涌保护器（SPD）2 后，会有 50%-30%的残余施加于浪涌保护器（SPD）3 上，这里考虑较坏的情况，假定有 50%的残余雷电流施加于浪涌保护器（SPD）3 上，则浪涌保护器（SPD）3 的标称通流量为：

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

同样，雷电流经过浪涌保护器（SPD）3 后，会有 50%-30%的残余施加于浪涌保护器（SPD）4 上，这里考虑较坏的情况，假定有 50%的残余雷电流施加于浪涌保护器（SPD）4 上，则浪涌保护器（SPD）4 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，可以选择各级浪涌保护器（SPD）的通流量预留 100%的安全余量，同时适当提高第一级浪涌保护器（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。

6.4 特殊建（构）筑物

6.4.1 建（构）筑物多类型考虑

密县古城保护开发区域内建（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；当可能遭受直接雷击时，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。

6.4.2 金属屋面构筑物

密县古城保护开发区域内建（构）筑物、大型设施设备等屋面若采用金属结构，雷电防护系统接闪器的选择应分两种情况：

- （1）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。

6.4.2.1 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 6.4-1 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 $0.084\text{--}0.503\text{mm}$ ，铜为 $0.103\text{--}0.619\text{mm}$ ，铝为 $0.229\text{--}1375\text{mm}$ 。

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。

6.4.2.2 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 6.4-1 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。

6.4.2.3 设置接闪器

表 6.4-1 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。

6.4.3 玻璃屋面建（构）筑物

密县古城保护开发区域内建（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 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 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；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。

6.4.4 具有悬臂部件建（构）筑物

密县古城保护开发区域内建(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：

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

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。

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

式中：

k_i —取决于所选择的 LPS 类型见表 6.4-2

k_c —取决于流经引下线的雷电流见表 6.4-3

k_m —取决于电气绝缘材料见表 6.4-4

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 6.4-2 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 6.4-3 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，	

表 6.4-4 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。

6.5 景区

密县古城保护开发区域规划有文物保护、周边配套项目、基础设施及公共服务配套设施等，历史文物及生态景区不同

于城市环境，容易遭受雷击的部位主要有：

（1）景区内高大的建（构）筑物，包括高大树木、珍贵古树、大型景观建（构）筑物；

（2）处于暴露空旷地带的建筑设施，包括凉亭、金属结构的游乐设施等；

（3）电子信息系统，包括监控设备、机房、网络设备、消防系统及控制系统等；

除此之外，对防雷安全的不够重视也是景区频繁遭受雷击的原因之一。

综合雷电防护措施是有效降低景区雷击风险的必要手段，同时要加强雷电安全宣传和防雷常识的普及，提高游客的防雷安全意识，才能真正确保景区财产安全及游客的人身安全。

景区的建筑物防雷类别、景区的建筑物防雷类别可依据《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 来进行详细确认。景区不同于一般的城市建筑物，有很多特殊性，通常情况下会混合一、二、三类防雷建筑物，要视实际情况确定其建筑物类别，做综合雷电防护措施。

6.6 电子和电气系统外部安装设备的防护措施

外部安装设备有各种敏感装置，如天线、气象探测仪、

监视 TV 摄像头、生产车间外部传感器（压力传感器、温度传感器、流速传感器、开关位置传感器等）和其他任何安装在建筑物、塔杆和工作容器以外位置上的电气、电子或无线电设备。

6.6.1 外部设备的防护

只要有可能，就应将设备置于雷电防护区域（LPZ0_B）的保护范围，例如，采用局部接闪器，防止其遭受到直接雷。

在高大建筑上，应当用滚球法（见 GB/T 21714.3-2015）确定建筑物顶部与侧面的设备是否会遭受到直接雷击；若有遭到直接雷击的可能，应另行安装接闪器。在许多场合，手扶栏杆、金属扶梯、管道等也能很好地起到接闪器的作用。除某些种类的天线外的所有设备都可以用这种方式保护。天线有时安装在暴露位置以避免附近的雷电导体（如接闪器导体）对天线的功能产生不利影响。有些天线本身具有自保护能力，因为天线只有良好接地的传导部件才能允许暴露在雷闪中。其他类型天线，需要再其馈线电缆上加装浪涌保护器（SPD）以防止过大的瞬态电流通过电缆向下流到接收机和发射机。当天线有外部 LPS 时，天线的支架应与其连接。

6.6.2 减小电缆中的过电压

将电缆设在电缆管道、干线管道或金属导管中，可以防止很高的感应电压和感应电流。所有与各自设备连接的电缆应当在单点离开电缆管道。如果可能的话，应当利用建筑物本身固有的屏蔽特性，将电缆放置在建筑物的管状构件中。若无此可能，例如对加工容器，需要将电缆敷设在外部，应当靠近建筑物，并最大限度利用金属管道、钢扶梯和其他任何良好导电材料所提供的天然屏蔽。采用 L 形角钢的天线塔，电缆应敷设在 L 角内，以得到最大限度的保护。

6.6.3 建筑物之间互连的改进

连接独立建筑间的线路有下列两种：

——绝缘线（无金属屏蔽的光缆）；

——金属线（例如导线组、多芯线、波导管、同轴电缆，也包括有连续金属部件的光缆）防护要求取决于线路的类型、线路的数目、建筑物间的接地装置是否互相连。

6.6.3.1 绝缘线

如果采用无金属光缆（即无金属护套、无防潮金属箔或无钢质内部加强线）连接独立的建筑物，不需要采用防

护措施。

6.6.3.2 金属线

分离的建筑物的接地系统间没有严格地互连,则互连线路会对雷电流构成一个低阻抗路径。这样,大部分雷电流将沿互连线路流动。这种情况下:

——两个分离的建筑物各自的 LPZ1 直接或通过进线人口处浪涌保护器 (SPD) 进行等电位化连接只能保护该区内部的设备,而线路外部仍处于无防护状态;

——增设一路并行的连接保护线可以保护线路,雷电流将在线路和这一连接导体之间分流;

——建议将线路敷设在密封而互连的金属管道内,这样线路和设备都得到保护。

分离的建筑物的接地装置恰当互连时,仍建议用互连的电缆管保护线路。当互连建筑之间有许多电缆时,若电缆的屏蔽层或铠装在两端都做了接地,则可用其代替电缆管。

6.6.4 既有建筑接入新的内部系统

在既有建筑内增加新的电子系统时,既有设备可以采用的防护措施可能会被限制。

6.7 古文化遗址

密县古城保护开发区域内有古文化遗址，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接闪杆、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他室内外金属类构件，也增加了雷电侵入和地电位反击的危害。

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。

第七章 雷电防护安全建议

7.1 雷电防护指导意见

7.1.1 商住区雷电防护建议

商住区内的主要用途是商业区和住宅区，有可能规划学校等教育机构，属于人员密集场所和电子设备相对较多的区域，应当重点加强防护。

(1) 直击雷防护建议

商住区均宜按照第二类防雷建筑物进行设计，宜利用屋面接闪带作为接闪器。当屋面设有较高物体时应增加接闪杆、引下线及接地网设计应符合《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 的相关要求。

(2) 人身安全防护建议

密县古城保护开发区域内的商业区，人员密集，尤其是节假日时人员密集更高，因此应当从防接触电压、跨步电压、防雷击起火等方面入手，保障人员安全。防雷击起火应当做好电气及电子系统的相应防护措施，防止雷击电磁脉冲造成电气和电子系统起火；防雷引下线周边不应堆放易燃易爆物品。

(3) 电气及电子系统防护建议

进出建筑物的各种电气、电子线路及管道，采用架空线

埋地引入（出），在入户端应将电缆金属外皮、金属管道、金属套管等与外墙上的预埋件相连，平行及交叉敷设的金属管道、构架等主要金属物，应就近与防雷接地预埋件相连。

（4）电梯防护措施

随着社会经济发展，因雷击引起电梯故障，造成人员被困的时间越来越多，对于商住区，电梯使用频繁的区域应当加强电梯防护。

位于楼顶的电梯机房六面墙体內的钢筋宜适当加密，墙体內的钢筋网孔尺寸不宜大于 $200\text{mm} \times 200\text{mm}$ ，圆钢直径不宜小于 8mm 。

电梯控制柜不应靠近外墙安装，控制柜门不宜敞开。控制柜內的主微机板、信号处理通讯板等宜安装金属屏蔽器，并与柜壳做好等电位连接，进出控制柜的线路宜敷设在电线桥架或屏蔽管内。

电梯机房內宜预留接地端子，设置等电位连接带，机房內的电梯控制柜外壳、曳引机底座、电梯轨迹、电缆桥架、金属屏蔽管等均应与等电位连接带连接并接地。

7.1.2 户外装置区场所雷电防护建议

防直击雷的接闪器设计，应符合下列规定：

（1）应利用生产设备的金属实体作为防直击雷的接闪器；

(2) 用作接闪器的生产设备应为整体封闭、焊接结构的金属静设备，转动设备不应用作接闪器；

(3) 用作接闪器的生产设备应有金属外壳，其易受直击雷的顶部和外侧上部应有足够的厚度，钢制设备的壁厚应大于或等于 4mm。

易受直击雷且在附近高大生产设备、框架和大型管架（例：高大、耸立（坐地）的生产设备，高大炉体、塔体、桶仓及大型彩钢框架，较长的卧式容器和管道）等的大型设备装置的防雷措施：

(1) 接闪装置：（已用作接闪器设备装置）等的防雷保护范围之外的下列设备，应另行设置接闪器：

- ①转动设备；
- ②不能作为接闪器的金属设备；
- ③非金属外壳的静设备。

(2) 防直击雷的引下线设计，应符合下列规定：

①应优先利用金属体（框架）作为引下线；应至少使用两根引下线，引下线的间距不应大于 18m；

②在高空布置，较长的卧式容器和管道应在两端设置引下线，间距超过 18m 时应增加引下线数量；

③引下线应以尽量直的和最短的路径直接引到接地体

去，应有足够的截面和厚度，并在地面以上加机械保护；

④利用柱内纵向主钢筋作为引下线时，柱内纵向主钢筋应采用箍筋绑扎或焊接。

(3) 防感应雷的设计，应符合下列规定：

①在户外装置区场所，所有金属的设备、框架、管道、电缆保护层（铠装、钢管、槽板等）和放空管口等，均应连接到防雷电感应的接地装置上；设专用引下线时，钢筋混凝土柱子的钢筋，亦应在最高层顶和地面附近分别引出接地线（网）；

②设专用引下线时，钢筋混凝土柱子的钢筋，亦应在最高层顶和地面附近分别引出接到接地线（网）；

③平行敷设的金属管道、框架和电缆金属保护层等，当其间净距离小于 100mm 时应每隔 30m 进行金属连接，相交或相距处净距小于 100mm 时亦应连接。

(4) 防雷的接地装置设计，应符合下列规定：

①利用金属外壳作为接闪器的生产设备，应在金属外壳底部分不少于 2 处接至接地体；

②防直击雷用的每根引下线所直接连接的接地体，其冲击接地电阻不应大于 $10\ \Omega$ ；在接地电阻计算中，每处接地体各支线的长度应小于或等于接地体的有效长度 $1e$ ； $1e$ 的计

算和冲击接地电阻的换算应按现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 的有关规定执行。

③防感应雷用的接地体，其工频接地电阻不应大于 30 Ω 。

④防直击雷用的接地体宜与防雷电感应和电力设备用的接地体连接成一个整体的接地系统，但是防直击雷用的接地体，其接地电阻应满足本条第 3 款的要求。

7.1.3 机器设备区雷电防护建议

(1) 机器设备和电气设备应位于保护区内，避免遭受直击雷击。

(2) 机器设备和电动机如安装在同一个金属底板上，应将金属底板接地，安装在单独混凝土底座上或位于其它低导电材料制作的单独底板上，则应将此二者用接地体连接在一起并进行接地。

7.2 施工阶段雷电防护安全建议

7.2.1 施工宜避开雷暴高发期和时段

密县古城保护开发区域工程建设项目位于郑州新密市主城区南侧，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，呈现出一定的时空分布，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，区域内雷电活动的季节特征明显，雷电高发期主要集中在 5-8 月，约占全年的 83.53%，其中又以 7 月份最为突出，约占全年的 33.4%。因此，区域外场设备的安装调试，应尽可能避开此雷暴高发期，相关工作最好安排在春季（3-4 月）和秋冬季（9 月-次年 2 月）。

雷电活动频繁时段为午后 14 时之至晚上 20 时前后，傍晚 19 时前后达到顶峰，建议在雷暴高发期的上述时段不安排各类敏感设备的安装调试。当发生雷暴天气过程时应停止一切外场作业，所有人员尽量位于安装有雷电防护装置的建筑物之内，远离高耸建（构）筑物，避免在空旷处停留，室内作业人员不宜靠近外部金属结构，建议设立警示牌。

7.2.2 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，但应保证其良好电气连接导通性。

（4）桩基基础的塔式起重机应利用其桩基钢筋作为接地装置，并与塔式起重机主体做电气连接。当采用人工接地体时，接地装置的施工应符合规范要求，还应符合下列要求：轨道两端各设一组接地装置；轨道的接头处作电气连接，两条轨道端部做环形连接；较长轨道每隔不超过 30m 加一组接地装置。

（5）落地式外墙金属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，并保证其电气连通。

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 Ω 。

(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。

7.2.3 施工期间雷电防护安全指导意见

(1) 施工现场办公板房、宿舍板房等应有直击雷防护设施，防雷接地电阻应不大于 10Ω 。

(2) 施工现场的交流电源工作接地、各类施工机械电气保护接地、防雷接地宜共用接地装置，接地电阻应不大于 4Ω ，可利用基础接地装置作为公共接地装置。

(3) 可利用施工现场等各机械设备作为施工作业区直击雷防护的接闪装置，利用其金属结构体作为防雷引下线，无需另外敷设引下线，但应保证其良好电气连接导通线。

(4) 机械设备操作人员乘坐室宜采取直击雷防护措施，可设置 1-3m 的接闪杆，接闪杆与金属箱体应进行等电位连

接。

(5) 大型钢模板和设备就位后应及时与预留的接地端子等电位连接，施工过程中使用的临时支撑就位后，应及时与预留接地端子等电位连接。

(6) 施工现场临时用电主干线宜采用屏蔽电缆，屏蔽层两端应做等电位连接和接地处理。

(7) 临时电气设备等重要设备电力电缆、信号控制电缆应采用屏蔽电缆，屏蔽层两端应做等电位连接和接地处理；当采用非屏蔽电缆时，应穿金属管敷设，金属管两端应做等电位连接和接地处理。

(8) 施工现场临时变压器高、低压侧宜分别安装高、低压电源避雷器，同时对配电线路安装 2-3 级电气系统浪涌保护器（SPD）：

第一级安装在低压电源线路的出线处， $I_n \geq 100kA$ （8/20 μs ）或 $I_{imp} \geq 25kA$ （10/350 μs ）；

第二级安装在各用电区的配电箱处， $I_n \geq 40kA$ （8/20 μs ）；

塔吊等重要机械设备前端配电箱内，设置第三级浪涌保护器（SPD）， $I_n \geq 20kA$ （8/20 μs ），且保护水平 U_p 满足设备耐压水平要求。

(9) 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，可不设置警示标志）。

(10) 施工单位应制定防雷安全管理制定，并对施工人员进行防雷安全知识培训

7.3 安全运营防雷指导意见

7.3.1 运营管理应结合雷暴活动规律

从密县古城保护开发区域所在地近十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，可将潜在雷击危险降低。

密县古城保护开发区域内重要庆典、活动的安排尽可能避开 5-8 月这四个月进行，尤其是 7、8 月份，宜结合雷电预警预报合理安排进行。

密县古城保护开发区域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，多发时段为午后 14 时前后至晚上 20 时前后。因此，在雷电高发的 5-8 月应加强密县古城保护开发区域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。

7.3.2 防雷设施检测和维护

防雷装置投入使用后，由于受雷电流冲击及外部环境、人员触动的影 响，防雷装置的性能将逐步下降，甚至不符合技术要求，造成雷击隐患。因此，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。

7.4 人身防护指导建议

户外防雷知识：雷电通常会击中户外最高的物体尖顶，所以孤立的高大树木或建筑物往往最易遭雷击，人们在雷电大作时，在户外应遵守相应规则，以确保安全。

室内防雷知识：电视机的室外天线在雷雨天要与电视机脱离，而与接地线连接，雷雨天气应关好门窗，防止球形闪电窜入室内造成危害。

7.4.1 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，容易引起雷击伤亡和火灾爆炸事故，造成很大的灾害和损失。因此，为避免在工作过程中发生雷击事故，应对工作人员采取以下措施：

（1）应提高工作人员对雷电及其火灾危险性的认识，提高人员的防雷安全素质，加强工作人员的防雷安全管理。

（2）为避免在工作过程中，违反防雷安全规定和规则、人为造成火灾事故，应对工作人员进行上岗前防雷培训，使其系统地掌握防雷安全知识，通晓防雷安全的“应知应会”内容。实行持证上岗制度，相关工作人员要经过考试合格取得证书方才能上岗。

7.4.2 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。

(7) 密县古城保护开发区域在接收到雷雨等气象预警后，应借助区域内显示屏、广播等系统及时传播气象预警信息，同时施工人员应有顺序的就近躲避。

7.4.3 雷雨天防雷措施

打雷时，人员若处于户外，应注意如下问题：

(1) 不宜停留在山顶、山脊或建（构）筑物顶部；

(2) 不宜停留在小型无雷电防护装置的建筑物、车棚、车库附近；

(3) 不宜停留在铁栅栏、金属晒衣绳、架空金属体及铁路轨道附近；

(4) 不宜停留在水库、游泳池、湖泊、海滨或孤立的树下；

(5) 有迅速躲入有防雷保护的建（构）筑物内，或有金属顶的各种车辆及有金属壳体的船舶内；

(6) 若不具备上述条件时，应立即双膝下蹲，向前弯曲，双手抱膝。

打雷时，若人员处于室内，应注意下述问题：

(1) 雷雨天气应关好门窗，以防球形雷侵入；

(2) 打雷时，应尽可能关闭各类家用电器，并拔掉电源插头，以防雷电沿电源线入侵，造成火灾或人员触电伤亡；

(3) 发生雷电时，尽可能不要打电话，同时应关闭电视机、电脑，更不能使用电视机的室外天线；

(4) 不要穿潮湿的衣服，不要靠近潮湿的墙壁。

7.4.4 雷击急救措施

雷击损害人体的生理效应大体有三种：

(1) 强大的脉冲电流通过心脏时，受害者会出现血管痉挛、心搏停止，严重时会出现心室纤维性颤动，使心脏供血功能发生障碍或心脏停止跳动；

(2) 当雷电电流伤害大脑神经中枢时，使受害者停止呼吸；

(3) 会造成电灼伤或肌肉闪电性麻痹，严重者导致死亡。

通常，被雷击中者会发生心脏停跳、呼吸停止的“假死”现象，如抢救及时，生还的概率在 90%以上，因此，掌握雷击急救方法，及时施救非常关键。

雷电灼伤急救

(1) 注意观察遭受雷击者有无意识丧失和呼吸，心跳骤停的现象，先进行心肺复苏抢救，再处理电灼伤创面。

(2) 如果伤者遭受雷击引起衣服着火，可往身上泼水，或者用厚外衣、毯子将身体裹住扑灭火焰。着火者也可在地上翻滚以扑灭火焰，或者爬在有水的洼地、池中熄灭火焰。

(3) 电灼伤创面的处理，用冷水冷却伤处，然后盖上敷料，若无敷料可用清洁床单、被单、衣服等将伤者包裹后转送医院。

(4) 原则上就近转送当地医院，如当地无条件治疗需

要转送者，应掌握运送时机，要求伤者呼吸道通畅，无活动性出血，休克基本得到控制，转运途中要输液，采取抗休克措施，并注意减少途中颠簸。

“假死”人工呼吸急救

遭受雷击者出现雷击“假死”现象时，要立即组织现场抢救，将受伤者平躺在地，进行口对口（鼻）人工呼吸，到时要做心外按摩，一般持续抢救的时间不少于 40 分钟，抢救的同时要立即拨打急救电话，通知急救中心的专业人员多受伤者进行有效的处置和抢救。

7.5 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 6-8 月，密县古城保护开发区域所在区域局地性强对流天气频发。密县古城保护开发区域内现有围垦区和绿地，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，根据目前雷暴预测手段和水平，施工阶段实施雷电预警可有效减小遭受雷击的危险，因此，建议施工期间实施雷电预警，并且施工单位应密切关注气象台发布的雷电预警信号，及时做好预防措施。

密县古城保护开发区域内项目多，人流比较大，可建设多个预警信息显示屏，以便及时向文化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。

7.6 雷电灾害发生时应对措施

（1）密县古城保护开发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）发生雷击事故后，岗位人员要沉着、镇静，第一时间启动应急预案，及时开展救助和妥善安置人员，并迅速安排人员保护现场，等待救援人员的到来。

（3）发生雷击事故后，应及时通知当地防雷减灾机构，有防雷减灾机构组织相关部门以及人员进行雷电灾害调查，作出雷灾鉴定。对雷灾的起因、影响、责任等应进行分析，调查和评估。

（4）雷击事故发生后，要组织人员对临近的设备管线的雷电防护装置进行仔细检查，避免雷击频繁发生。

第八章 结论及建议

通过对密县古城保护开发区域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。

8.1 参证站选取

密县古城保护开发区域位于郑州市新密市，距离新密市国家级气象站约 20km，所以选取新密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辖区作为参证站进行数据资料分析。

8.2 现场勘测论述

(1) 2022 年 3 月，对密县古城保护开发区域内重要设施的地理坐标、周围环境、地势、天然地物、地表形态、土壤电阻率等情况，进行现场采集。

(2) 通过对密县古城保护开发区域现场测量记录了 6 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），土壤电阻率平均值介于 13.89-344.82 $\Omega \cdot m$ 之间，土层深层（测量间距 10m、12m、14m、16m、18m）

土壤电阻率平均值介于 $23.05\sim 476.57\ \Omega\cdot\text{m}$ 之间。测点 3 土壤电阻率数据变化大，土壤下层有石头；其他测点土壤电阻率数据无明显差别。整体土壤层土质大体相同，分布比较均匀有规律，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。

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，密县古城保护开发区域建设更要注意具体地点的小气候和微气候情况。

根据 1992-2021 年（30 年）新密国家级气象站资料统计分析，年平均气温为 15.3°C ，极端最高气温 41.6°C ，出现在 2011 年 6 月 8 日，极端最低气温 -11.1°C ，出现在 2011 年 1 月 16 日。年平均气压为 984.0hPa ，最高气压 1014.3hPa ，出现在 2016 年 1 月 24 日，最低气压 957.8hPa ，出现在 2009 年 2 月 12 日。年平均降水为 662.4mm ，最大日降水量 448.3mm ，出现在 2021 年 7 月 20 日。暴雨天气主要出现在 7 月和 8 月，暴雨日数（日降水量大于等于 50mm ）为 56 天。年平均风速为 1.4m/s ，年出现频率最多风向为东北偏东风和西北偏西风。雷暴日数为 558 天，年平均雷暴日数为 18.6 天。冰雹出现次数为 16 次，主要出现在 4 月、5 月、6 月、7 月、8 月，

其中 6 月份出现次数最多，为 5 次。

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) 根据近 10 年雷暴监测数据可知，雷暴活动规律性较强，雷暴月日数变化分布特征明显，新密市除 1、12 月份以外的其他各月都会出现雷电，主要集中在 6-8 月份，约占全年的 77.6%，其中又以 8 月份最为突出，约占全年的 30.2%。建议在夏季 6-8 月份密切关注雷雨天气活动。各类机房外仪器设备安装、调试应尽可能避开这段时间，最好安排在 9-12 月份或 1-5 月份。

(2) 雷暴日数与落雷密度并非正相关：5 月份雷暴日数共 16 天，落雷次数为 1310 次；7 月份雷暴日数共 85 天，落雷次数为 2362 次；8 月份雷暴日数共 77 天，落雷次数为 2487 次。

(3) 5 月份雷暴日数占全年的 6.27%，地闪密度为 17.80%，雷电流幅值累计为 12.61%；相比较 6、7 月份的雷暴日数、落雷密度及雷电流的幅值累计都相对比较均衡；而 8 月份雷暴日数占全年的 30.2%，地闪密度为 33.8%，雷电流幅值累

计为 39.27%。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，雷电流强度相对增加；而 8 月份地闪密度与地闪强度（雷电流幅值）达到全年的峰值。

（4）雷暴活动规律性较强，时段分布也比较集中，主要在中午 12 时之至次日凌晨 2 点前后，高发时段为 19 时前后，可达 1393 次，次之为 16 时前后，可达 829 次。雷雨天气的 16 时、19 时前后不安排外出和户外活动，例行巡查时也应特别加强雷电防护措施。

（5）雷电流强度 8 月份占 6-8 月的半值 49.89%，而时段主要集中在午后 15 时至晚上 20 时前后；6、7 月份雷电流幅值累计分别占 6-8 月的 14.43%和 36.7%，主要时段分布也基本相同，多为午后及傍晚时分，只高峰时段稍有差异。雷雨天气期间不宜安排室外高空作业，室内作业人员不宜靠近外部钢结构，建议设立警示牌。

8.5 项目区域雷灾风险区划

（1）新密市年平均雷暴日数在 18.6 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。

（2）密县古城保护开发区域内电子设备相对较多的区域，应当重点加强防护，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，密县古城保护开发区域属中高风险区，其中区域西部和南部部分区域为高风险区，西安置区为中低风险区，南安置区为中高风险区，东安置区和两个街坊为中风险区，密切关注气象台发布的雷电预警信号，及时做好预防措施。16 时前后、19 时前后是雷电活动的高发期，要密切注意在此时间段内发生雷电时的人员安全防护。

(4) 密县古城保护开发区域内雷电活动特征比较明显，雷电流强度较大，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。

(5) 密县古城保护开发区域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。

(6) 密县古城保护开发区域内高层建筑物，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）。

(7) 密县古城保护开发区域内大型通信基站、电力变电站、供水供气站等公用设施应避开相对高风险区设置，

否则应加强雷电防护措施。

密县古城保护开发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，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应相应的措施。

8.6 雷电灾害风控及建议

整体来看，建议密县古城保护开发区域内建设项目应做好综合防雷系统的设计和施工，并在项目建成以后接受相关部门定期防雷装置安全检测，做好雷电应急预案，加强防雷设施的维护和管理，综合防雷系统的完善设计主要包括以下几个方面：接闪器、引下线、接地装置、等电位连接、综合布线、屏蔽、电气系统、电子系统、静电防护等。

根据雷电灾害分析、密县古城保护开发区域规划及雷电灾害风险区划，区域内人身防护是重点，建设项目在设计时应着重考虑发生雷击时人员触及雷电流泄放途径、跨步电压等、屋面金属物体、金属门窗、栏杆的物体应与均压环或引下线做好等电位连接；引下线附近应做好防跨步电压措施；同时在人可触及的部位和室外露天区域采取有效的大地等电位连接过隔离措施或做绝缘处理，并设置警示标志；有条件的情况下可以改变活动区域的地面类型。

建议对室外人员可触及的部位采取有效的大地等电位连接或隔离措施或做绝缘处理，并设置警示标志。

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。

本次评估深入研究密县古城保护开发区域规划说明后，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，建立健全雷电安全机制，将潜在雷击风险降到最低。

附录 A 相关术语

雷电灾害风险评估

根据雷击可能导致人员、财产损失程度未确定保护等级、类别的综合计算、分析方法。

雷电防护

用于建筑物（包括其内部系统、物体以及人员）防雷的整个系统，通常包括 LPS 和 SPM。

雷电防护装置

用来减小雷击建筑物造成物理损害的整个系统。

外部雷电防护装置

LPS 的一部分，由接闪器、引下线和接地装置组成。

内部雷电防护装置

LPS 的一部分，由等电位连接和/或外部 LPS 的电气绝缘组成。

接闪器

由拦截闪击的接闪杆、接闪带、接闪线、接闪网以及金属屋面、金属构件等组成。

引下线

用于将雷电流从接闪器传导至接地装置的导体。

接地装置

接地体和接地线的总和，用于传导雷电流并将其流散入大地。

电涌保护器

至少应包含一个非线性元件，用于限制暂态过电压和分离浪涌电流的装置。

雷击建筑物

雷闪击中需保护建筑物。

雷击建筑物附近

雷闪击中需保护建筑物附近且可能产生危险过电压。

电气系统

低压配电各部件构成的系统。

电子系统

含有敏感的电子部件，如通信设备、计算机、控制和仪表系统、无线电系统、电力电子装置的系统。

内部系统

建筑物内的电气和电子系统。

土壤电阻率

表征土壤导电性能的参数，为单位体积土壤的阻抗。

雷击损害概率

一次雷击事件导致需保护对象受损的概率。

雷电灾害损失

一次雷击事件引起的与某种损害类型相对应的平均损失量，与需保护对象的人员伤亡和财产损失有关。

雷击风险

雷击可能造成的年均损失量（人员伤亡和财产损失）。

雷击风险分量

取决于雷电能量和雷电危害类型形成的不同的雷击风险。

直接雷击

直接雷击于建筑物或其雷电防护装置（LPS）的雷电闪击。

间接雷击

雷击于建筑物附近大地或进入建筑物的各种设施上的雷电闪击。

电子信息系统

装有电子部件如通信设备、计算机、控制和仪表系统、无线电系统、电源电子装备的系统。

雷击电磁脉冲（LEMP）

作为干扰源的雷电流及雷电电磁场产生的电磁场效应。

闪电感应

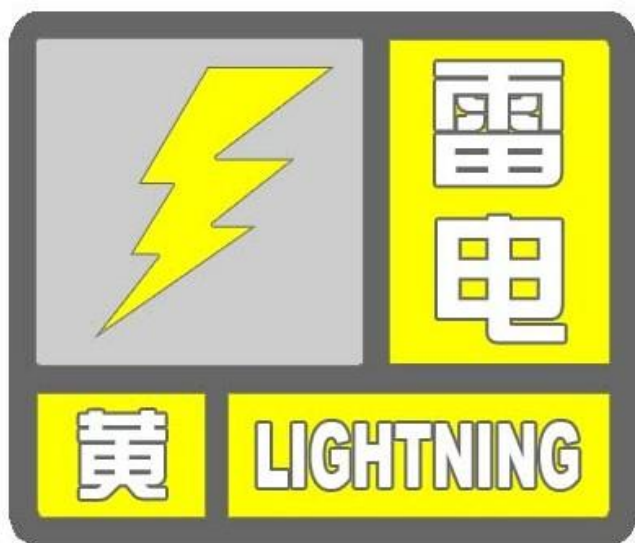
闪电放电时，在附近导体上产生的雷电静电感应和雷电电磁感应，它可能使金属部件之间产生火花放电。

附录 B 防雷知识

雷电预警信号及防御指南

夏秋季节，出现恶劣天气时，往往有雷电发生。人们可以通过电视、广播、互联网、手机短信等媒体，或者城区的预警信号发布电子显示屏得到气象部门发布的雷电预警信号，并注意采取相应的防范措施。

雷电预警信号分为三级，危害程度从低到高分别以黄、橙、红表示。



雷电黄色预警信号

含义：6 小时内可能发生雷电活动，可能会造成雷电灾害事故。防御指南：

1. 政府及相关部门按照职责做好防雷工作；

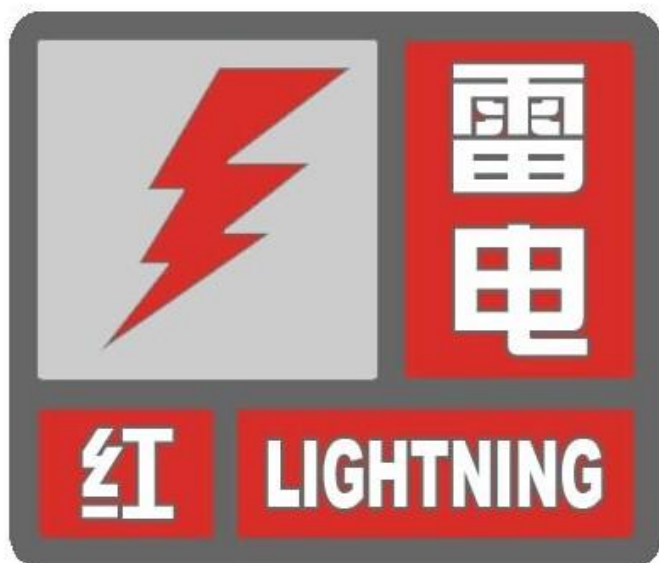
2. 密切关注天气，尽量避免户外活动。



雷电橙色预警信号

含义：2 小时内发生雷电活动的可能性很大，或者已经受雷电活动影响，且可能持续，出现雷电灾害事故的可能性比较大。防御指南：

1. 政府及相关部门按照职责落实防雷应急措施；
2. 人员应当留在室内，并关好门窗；
3. 户外人员应当躲入有防雷设施的建筑物或者汽车内；
4. 切断危险电源，不要在树下、电杆下、塔吊下避雨；
5. 在空旷场地不要打伞，不要把农具、羽毛球拍、高尔夫球杆等扛在肩上。



雷电红色预警信号

含义：2 小时内发生雷电活动的可能性非常大，或者已经有强烈的雷电活动发生，且可能持续，出现雷电灾害事故的可能性非常大。

防御指南：

1. 政府及相关部门按照职责做好防雷应急抢险工作；
2. 人员应当尽量躲入有防雷设施的建筑物或者汽车内，并关好门窗；
3. 切勿接触天线、水管、铁丝网、金属门窗、建筑物外墙，远离电线等带电设备和其他类似金属装置；
4. 尽量不要使用无防雷装置或者防雷装置不完备的电视、电话等电器；
5. 密切注意雷电预警信息的发布。