

佛山(云浮)产业转移工业园(思劳片区)
区域雷电灾害风险评估报告
(审定稿)



云浮市生态与农业气象中心(云浮市气象卫星遥感中心)

2024 年 1 月

佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区） 区域雷电灾害风险评估报告

委托单位：佛山（云浮）产业转移工业园管理委员会

承担单位：云浮市生态与农业气象中心(云浮市气象卫星遥感中心)

单位负责人：劳均健

项目负责人：劳均健

项目审核人：谭雪芳

主要编制人员：劳均健 曾 敏 钟火金 谭成坤

陈相如 何植成 梁达中



目 录

摘 要	1
1 评估说明	3
1.1 项目名称	3
1.2 委托单位	3
1.3 项目地点	3
1.4 评估范围	3
1.5 项目规模	4
1.6 评估目的	4
1.7 评估原则	5
1.8 评估依据和参考资料	5
2 区域概况	8
2.1 项目背景	8
2.2 区块位置	8
2.3 功能定位	10
3 区域现场勘测	11
3.1 现场勘测说明	11
3.2 地理环境	12
3.3 现场勘察	12

3.4 基础数据采集	16
4 区域大气雷电环境评价	28
4.1 雷暴日参数	28
4.2 地闪空间分布	29
4.3 地闪时间变化	35
4.4 雷电流累积概率分布	39
4.5 雷电流参数特征分析	40
4.6 区域雷暴路径	44
4.7 小结	46
5 区域雷电灾害分析	47
5.1 资料与数据	47
5.2 雷电特征分析	47
5.3 雷电灾害分析	48
5.4 雷电灾害典型案例	54
6 区域雷电灾害风险评估	62
6.1 区域雷电风险辨识	62
6.2 区域雷电风险分析	63
6.3 区域雷电风险评估	83
7 区域雷电风险控制措施	86
7.1 规划阶段	86
7.2 设计阶段	87
7.3 建设阶段	98

7.4 运营阶段	100
8 评估结论	104
8.1 数据资料选取	104
8.2 数据分析结论	104
8.3 区域雷电灾害风险评估结论	105
8.4 区域雷电风险控制措施	109
8.5 入驻企业防雷指引	115
8.6 本报告适用范围和有效期说明	116
结束语	118
附件 1	119
附件 2	122
附件 3	126

摘 要

佛山（云浮）产业转移工业园是佛山、云浮两市贯彻落实广东省委、省政府促进粤东西北地区振兴发展战略部署，打造云浮现代新兴产业的重要载体，主要由思劳、都杨、河口、六都、双东、郁南六个片区组成，总体规划面积约 100 平方公里。其中佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）位于云浮市东北部，于 2013 年 12 月开始规划筹建，覆盖云城区思劳镇、腰古镇等区域，处于西江产业带上，东接肇庆、佛山，与广昆高速无缝对接，距离广佛都市圈较近。园区产业规划覆盖约 53 平方公里，启动区规划面积约 13.7 平方公里，现已完成思劳镇 1500 亩园区土地开发。

园区属北回归线附近的低纬度地区，地处亚热带，属亚热带季风气候区，冬半年受极地冷高压脊控制，盛行东北季风，天气较为干冷；夏半年则为季风低压、热带气旋所影响，盛行东南季风，高温多雨。降水量的年内分配很不均匀，其中汛期的 4~9 月约占全年降水量的 70%以上，降水多属锋面雨和热带气旋雨，前汛期(6 月以前)以锋面雨为主，降水范围广，降水量大；后汛期以台风雨为主，降水强度大。年平均雷暴日数为 71 天，年雷暴日数最多的年份为 1997 年，雷暴日数为 91 天，年雷暴日数最少的年份为 1986 年，雷暴日数为 53 天。

园区所在区域雷暴天气频发，将严重影响项目工程设计、施工及建成后的安全运营。为准确把握佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）潜在的雷电风险，有效降低其遭受雷击而引发雷电灾害的概率，本报告基于工业园附近的云浮国家基本气象站历史雷暴日观测资料、1999-2022 年广东省闪电定位系统数据、2012-2022 年《广东省雷电灾害典型实例汇编》以及园区现场勘察及实测土壤电阻率数据，分析了佛山（云浮）产业转移工业

园（思劳片区）雷电时空分布特征、雷电流参数特征、区域雷电灾害特征，对区域雷电灾害风险进行辨识、评估和分析，并给出了相应的区域雷电风险控制措施等。

本报告分为八章，主要内容包括：评估说明、区域概况、区域现场勘测、区域大气雷电环境评价、区域雷电灾害分析、区域雷电灾害风险评估、区域雷电风险控制措施和评估结论。

1 评估说明

1.1 项目名称

佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）雷电灾害风险评估。

1.2 委托单位

佛山（云浮）产业转移工业园管理委员会。

1.3 项目地点

本项目位于云浮市思劳镇，思劳镇位于云浮市云城区，东距肇庆市区 36 公里，西至云浮市区 18 公里，位于市区东北部，肇庆市西侧，与高要区白诸镇、大湾镇相邻，紧靠珠三角经济圈的西部，贯通镇内主要公路有广梧高速公路、县道 X429 线和国道 324 线，东到广州市区 120 公里，西至广西梧州 100 公里，南至新兴县城 30 公里，北至肇庆西江码头 30 公里，东距三茂铁路腰古货运中转站 8 公里。

1.4 评估范围

以委托方提供的《佛云园区域评估范围影像图》、《土地利用规划图》、区域内部分建设项目可行性研究报告及勘查报告等资料及相关评估区域限界资料等为工作基础，按照合同所约定内容，对佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）进行区域雷电灾害风险评估。

1.5 项目规模

本项目位于云浮市东北部，覆盖云城区思劳镇、腰古镇等区域，处于西江产业带上，东接肇庆、佛山，与广昆高速无缝对接，距离广佛都市圈较近。园区产业规划覆盖约 53 平方公里，启动区规划面积约 13.7 平方公里，现已完成思劳镇 1500 亩园区土地开发。

1.6 评估目的

佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）大力推进创新发展、绿色发展，率先打造全国领先的氢能源战略性新兴产业，并引入节能环保、智能装备、生物医药等产业，为云浮构建新的经济支柱。目前，园区“氢燃料电池、氢燃料电池车、加氢站、氢能产业与新材料发展研究院、氢能与燃料电池标准化检测中心”等全产业链发展集聚成势，着力打造全国领先的氢能源产业创新基地。超常规建设年产值超 100 亿元的氢能源产业基地，引入“氢燃料电池车生产、氢燃料电池整车生产、加氢站、氢能研究院、氢能与燃料电池标准化检测中心”等项目，形成年产 5000 辆氢燃料整装客车、20000 台氢燃料电堆的生产能力。目前，园区现有入园企业 37 家，多为新能源、环保、化工、科技类企业。

雷电因其强大的电流、炙热的高温、猛烈的冲击波以及强烈的电磁辐射等物理效应而瞬间产生巨大的破坏作用，常导致人员伤亡，建筑物、供电系统、通信设备损毁，造成计算机信息系统中断，仓储、炼油厂、储油（气）罐等燃烧甚至爆炸，危害财产和人身安全。雷电灾害可能会对园区造成严重影响，区域内基础设施及工程设计需考虑工程区域的雷电灾害风险，以保障区域雷电安全和经济适宜。

根据相关标准、规范，统计分析佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）雷电防护的关键设计参数。分析雷电灾害出现概率，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。结合区域规划和项目分布，对该区域雷电灾害进行风险分析和评估，为该区域的规划设计和区域内项目的建设运行提供防灾减灾依据。

1.7 评估原则

根据本项目实际情况，坚持政策性、针对性、科学性和实用性相结合的原则。

1.8 评估依据和参考资料

1.8.1 法律法规、部门规章

应遵循的法律法规、部门规章包括但不限于：

- （1）《中华人民共和国气象法》（2016 年 11 月 7 日修正版）
- （2）《气象灾害防御条例》（国务院令第 570 号，2017 年 10 月 7 日修订版）
- （3）《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》（国办发〔2019〕11 号）
- （4）《中国气象局关于修改<防雷减灾管理办法>的决定》（中国气象局令第 24 号）
- （5）《气象信息服务管理办法》（中国气象局令第 27 号）
- （6）《广东省气象灾害防御条例》（广东省人大第 27 号）
- （7）《广东省气候资源保护和开发利用条例》（广东省人大第 127 号）
- （8）《广东省气象灾害防御重点单位气象安全管理办法》（广东省人民政府令第 254 号）

(9) 《广东省防御雷电灾害管理规定》（广东省人民政府令第 284 号）

(10) 《广东省人民政府关于印发广东省全面开展工程建设项目审批制度改革实施方案的通知》（粤府〔2019〕49 号）

(11) 《关于印发<广东省工程建设项目区域评估工作指引>的函》（粤自然资函〔2019〕1931 号）

(12) 《关于印发<广东省工程建设项目区域评估操作规程>的函》（粤自然资函〔2019〕2284 号）

1.8.2 标准规范

应遵循的技术标准和规范包括但不限于：

(1) 《雷电防护 第 1 部分：总则》（GB/T 21714.1-2015）

(2) 《雷电防护 第 2 部分：风险管理》（GB/T 21714.2-2015）

(3) 《雷电防护 第 3 部分：建筑物的物理损坏和生命危险》（GB/T 21714.3-2015）

(4) 《雷电防护 第 4 部分：建筑物内电气和电子系统》（GB/T 21714.4-2015）

(5) 《风险管理-风险评估技术》（GB/T 27921-2011）

(6) 《风险管理原则与实施指南》（GB/T 24353-2009）

(7) 《建筑物防雷设计规范》（GB 50057-2010）

(8) 《建筑物电子信息系统防雷技术规范》（GB 50343-2012）

(9) 《接地系统的土壤电阻率、接地阻抗和地面电位测量导则第 1 部分：常规测量》（GB/T 17949.1-2000）

(10) 《气象灾害防御重点单位气象安全保障规范》（GB/T 36742-2018）

(11) 《城市用地分类与规划建设用地标准》（GB 50137-2011）

- (12) 《地闪密度分布图绘制方法》（GB/T 40621-2021）
- (13)《基于雷电定位系统(LLS)的地闪密度 总则》(GB/T 37047-2022)
- (14) 《雷电灾害应急处置规范》（GB/T 34312-2017）
- (15) 《雷电灾害风险评估技术规范》（QX/T 85-2018）
- (16) 《雷电灾害风险区划技术指南》（QX/T 405-2017）
- (17) 《建筑施工现场雷电安全技术规范》（QX/T 246-2014）
- (18) 《气象灾害防御 第1部分：风险区划》（DB44/T 2139.1-2018）
- (19)《气象灾害防御 第2部分：重点单位管理》(DB44/T 2139.2-2018)

1.8.3 技术资料

- (1) 1984-2013 年云浮国家基本气象站雷暴日资料
- (2) 1999-2022 年广东省闪电定位系统数据
- (3) 2012-2022 年《广东省雷电灾害典型实例汇编》，广东省防雷减灾管理中心

1.8.4 其他相关资料

- (1) 《佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）区域气候可行性论证技术报告》
- (2) 《佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）道路及周边配套基础设施工程项目可行性研究报告》
- (3) 《佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）科技企业孵化器建设项目工程可行性研究报告》
- (4) 其他相关图纸、资料

2 区域概况

2.1 项目背景

“双转移”是广东提出的“产业转移”和“劳动力转移”两大战略的统称，具体是指珠三角劳动密集型产业向东西两翼、粤北山区转移。广东省“双转移”战略的提出为区域协调发展带来了重大历史性机遇，是云浮大力推进产业园区建设的重要契机。

佛山地处经济发达的珠三角地区地区，产业发展超前、资本雄厚、政府效率高，但土地开发强度高，资源瓶颈十分突出；云浮发展相对滞后，产业基础薄弱单一，资金制约长期存在，但土地资源较为充裕，人工成本相对低廉。如何通过政府有形之手和市场无形之手，实现优势互补，需要系统的规划作为指导。

佛山（云浮）产业转移工业园是佛山、云浮两市贯彻落实广东省委、省政府促进粤东西北地区振兴发展战略部署，打造云浮现代新兴产业的重要载体，主要由思劳、都杨、河口、六都、双东、郁南六个片区组成，总规划面积约 100 平方公里。

2.2 区块位置

云浮市位于广东省中西部，西江中游以南。毗邻珠江三角洲，与肇庆、佛山、江门、阳江、茂名、广西梧州接壤，市区距省会广州 140 多千米，水路距香港 177 海里，全市位于北纬 $22^{\circ} 22'$ 至 $23^{\circ} 19'$ 和东经 $111^{\circ} 03'$ 至 $112^{\circ} 31'$ 范围内。

思劳镇位于云浮市云城区，东距肇庆市区 36 公里，西至云浮市区 18 公里，位于市区东北部，肇庆市西侧，与高要区白诸镇、大湾镇相邻，紧靠珠三角经济圈的西部，贯通镇内主要公路有广梧高速公路、县道 X429 线和国道 324 线，东到广州市区 120 公里，西至广西梧州 100 公里，南至新兴县城 30 公里，北至肇庆西江码头 30 公里，东距三茂铁路腰古货运中转站 8 公里。思劳镇地形以低山丘陵为主，总面积 95.5 平方公里，属南亚热带季风区。河流有思劳河、冲坑河。镇内地形以低山丘陵为主，土层深厚，透气性好。

佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）位于云浮市东北部，于 2013 年 12 月开始规划筹建，覆盖云城区思劳镇、腰古镇等区域，处于西江产业带上，东接肇庆、佛山，与广昆高速无缝对接，距离广佛都市圈较近。

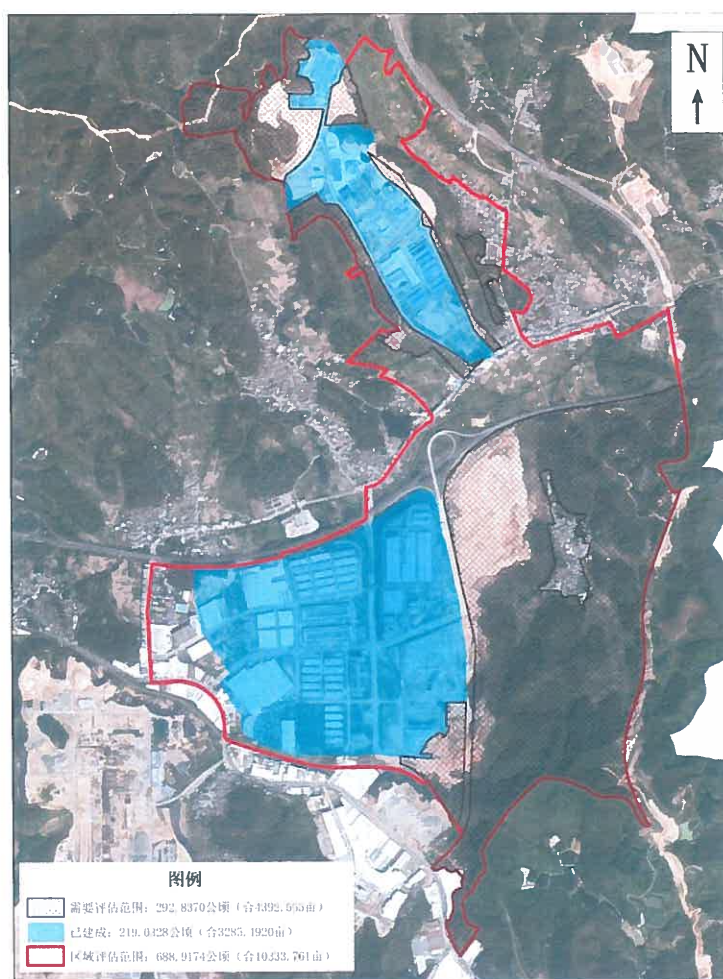


图 2.2-1 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）区域图

2.3 功能定位

佛山、云浮两市依托合作园区，坚持以产业共建为抓手，打破传统产业转移帮扶方式，大力推进创新发展、绿色发展，率先打造全国领先的氢能源战略性新兴产业，并引入节能环保、智能装备、生物医药等产业，为云浮构建新的经济支柱。园区创新推行 PPP 合作开发建设模式，引进战略合作伙伴中国中铁股份公司，以“先出租厂房再整体出售”的轻资产模式吸引优质企业落户。目前，园区“氢燃料电池、氢燃料电池车、加氢站、氢能产业与新材料发展研究院、氢能与燃料电池标准化检测中心”等全产业链发展集聚成势，着力打造全国领先的氢能源产业创新基地。园区超前谋划、超常规建设年产值超 100 亿元的氢能源产业基地，引入“氢燃料电池车生产、氢燃料电池整车生产、加氢站、氢能研究院、氢能与燃料电池标准化检测中心”等项目，形成年产 5000 辆氢燃料整装客车、20000 台氢燃料电池堆的生产能力。



图 2.2-2 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）企业图

3 区域现场勘测

3.1 现场勘测说明

2023 年 12 月，项目组技术人员对佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）进行地理位置采集，根据现场情况进行现场环境情况记录和地表土壤性状记录，为大气雷电环境评价和区域雷电灾害风险评估提供基础资料。

3.1.1 目的

1) 勘测项目地理环境，提供影响项目所在地区气候环境以及雷暴活动的重要因素。

2) 为区域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) 勘测工业园所在地的地势、天然地物、人工地物的位置及地表形态，区内重要设施的地理坐标、周围环境以及人员分布等情况。

2) 勘测工业园所在地周边的重要设施的地理坐标、周围环境以及人员分布等情况。

3) 测量工业园测点的地理坐标、下垫层土壤电阻率。

3.1.3 技术方法

1) 使用 MI2088 接地-绝缘测试仪（土壤电阻测试仪、绝缘电阻测试仪）（202241238），在工业园选择测点进行土壤电阻率数据采集。

2) 使用中海达 Qcool 系列智能手持 GPS 定位仪，在工业园采集测点的地理位置。

3.2 地理环境

3.2.1 地理位置

本项目位于云浮市思劳镇，思劳镇位于云浮市云城区，东距肇庆市 36 公里，西至云浮市区 18 公里，位于市区东北部，肇庆市西侧，与高要市白诸镇、大湾镇相邻，紧靠珠三角经济圈的西部。

3.2.2 地形地貌

云浮市地势西南高，东北低，市内主要河流罗定江（又称南江）、新兴江均大致呈西南—东北流向。西部、西南部、东南部与邻区、邻市俱以山岭为界，唯北部以西江为界。丘陵是云浮市主要地貌，多沿山地边缘发育，高丘陵海拔 250 至 450 米，低丘陵海拔 100 至 250 米。低丘陵坡度平缓，多为 15 至 20 度。在总面积中，山区面积占 60.5%，丘陵面积占 30.7%，是典型山区市。

3.2.3 气候环境

本项目位于广东省云浮市云城区，属北回归线附近的低纬度地区，地处亚热带，属亚热带季风气候区，冬半年受极地冷高压脊控制，盛行东北季风，天气较为干冷；夏半年则为季风低压、热带气旋所影响，盛行东南季风，高温多雨。降水量的年内分配很不均匀，其中汛期的 4~9 月约占全年降水量的 70%以上，降水多属锋面雨和热带气旋雨，前汛期（6 月以前）以锋面雨为主，降水范围广，降水量大；后汛期以台风雨为主，降水强度大。

3.3 现场勘察

2023 年 12 月，项目组在佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）开展了现场勘察工作。区域范围见图 3.3-1 所示的红色边界内。



图 3.3-1 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）评估范围

A 区现场环境参见图 3.3-2、3.3-3。区内有低层大型工业厂房及建设用地，绿植、绿地较多，有架空高压输电线路穿越该区域。



图 3.3-2 A 区现场环境一



图 3.3-3 A 区现场环境二

B 区现场环境参见图 3.3-4、3.3-5。区内有低层工业厂房、待开发建设用地、大面积绿地、农林用地及村庄。



图 3.3-4 B 区现场环境一



图 3.3-5 B 区现场环境二

C 区现场环境参见图 3.3-6、3.3-7。区内主要为低层工业厂房、办公楼及部分待开发建设用地。



图 3.3-6 C 区现场环境一



图 3.3-7 C 区现场环境二

3.4 基础数据采集

2023 年 12 月，项目组技术人员根据现场条件以及园区规划布置情况，对佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）选取测点并进行了基础数据采集。测量前三天天气多云间晴。

3.4.1 地理位置参数

根据区域现场条件以及园区布置情况，在佛山（云浮）产业转移工业园(思劳片区)范围内分别均匀选取土壤电阻率测点,共 11 个,详见图 3.4-1。



图 3.4-1 园区测点位置图

3.4.2 土壤电阻率测量

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。一般取每边长为10mm的正方体的电阻值为该土壤电阻率 ρ ，单位为 $\Omega \cdot m$ 。

3.4.2.1 测量目的

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

3.4.2.2 测量方法

所用仪表为 MI2088 接地-绝缘测试仪（土壤电阻测试仪、绝缘电阻测试仪）（202241238），分别取接地极间距离 $a=1、2、3、4、5、6、7、8、9、10\text{m}$ 。

将小电极埋入被测土壤呈一字排列的四个小洞中，埋入深度不超过 $0.1a$ ，直线间隔均为 a 。测试电流 I 流入外侧两电极，而内侧两电极间的电位差 V 可用电位差计或高阻电压表测量，如图 3.4-2 所示。

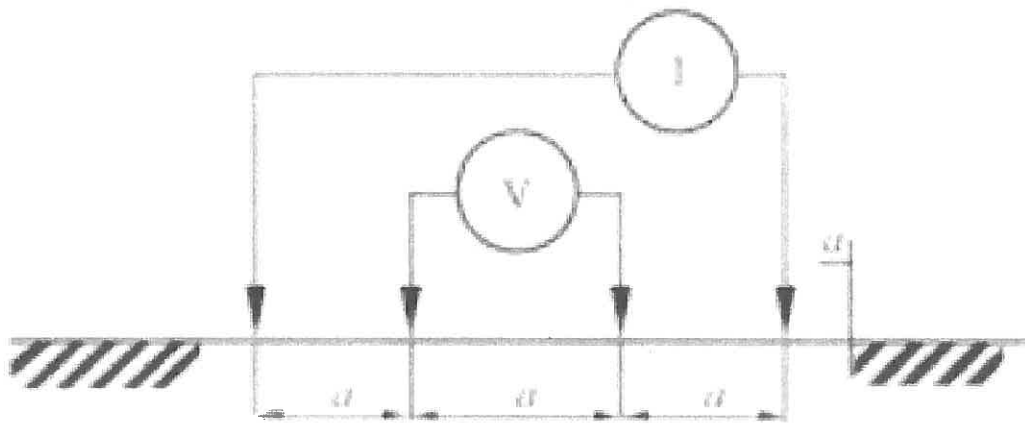


图 3.4-2 土壤电阻率测量电极均匀布置图

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

其中：

a — 测量时仪表接地极间距，单位： m ；

R — 接地极接地电阻值，单位： Ω 。

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

3.4.2.3 测量数据

综合考虑规划园区的建设情况、现场土壤电阻率勘测资料和施工可操作性，分别选取 11 个测量点进行土壤电阻率测量。测量时天气晴朗。各测点土壤电阻率数据如表 3.4-1。

表 3.4-1 各测点视在土壤电阻率（单位： $\Omega \cdot m$ ）

名称	测量间距(m)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测点 1	201.5	231.7	282.9	325.3	371.6	405	389.1	350.4	334.6	318.3
测点 2	565.8	750	900	920	945	1021	977	951	921	901
测点 3	83.1	72.6	60.8	71.4	79.6	86.5	95.4	105.3	116.5	122.3
测点 4	1460	1168.5	837	871.2	896	823.4	741	725.4	710	689.7
测点 5	862.5	1076	1296	1517	1302	1083	921	872	821	846
测点 6	380.5	596.1	791	979.3	1173	896.5	1298	1758	2100	1983
测点 7	398.2	495.4	580.2	656	661	668	683	703	732	715
测点 8	118.5	120.6	124.7	136.5	142.3	159.8	175.4	182.1	198.6	206.5
测点 9	796	820	776	724	826	538.8	508	462.8	518	486
测点 10	92.4	98.1	104.3	111.1	132.2	139.6	135.2	141.7	152.2	160.7
测点 11	663	621	595.1	565.8	508.3	445.6	432.66	423.2	409.1	396.2

根据工程地质条件和表层土壤湿润度，对各测点土壤电阻率值进行季节修正。根据现场作业时工程地质条件和土壤表层湿润程度，各测点取季节系数 1.5，修正后的数据见表 3.4-2。

表 3.4-2 各测点经修正后的土壤电阻率（单位： $\Omega \cdot m$ ）

名称	测量间距(m)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测点 1	302.25	347.55	424.35	487.95	557.4	607.5	583.65	525.6	501.9	477.45
测点 2	848.7	1125	1350	1380	1417.5	1531.5	1465.5	1426.5	1381.5	1351.5
测点 3	124.65	108.9	91.2	107.1	119.4	129.75	143.1	157.95	174.75	183.45
测点 4	2190	1752.75	1255.5	1306.8	1344	1235.1	1111.5	1088.1	1065	1034.55
测点 5	1293.75	1614	1944	2275.5	1953	1624.5	1381.5	1308	1231.5	1269

续 表 3.4-2

名称	测量间距(m)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测点 6	570.75	894.15	1186.5	1468.95	1759.5	1344.75	1947	2637	3150	2974.5
测点 7	597.3	743.1	870.3	984	991.5	1002	1024.5	1054.5	1098	1072.5
测点 8	177.75	180.9	187.05	204.75	213.45	239.7	263.1	273.15	297.9	309.75
测点 9	1194	1230	1164	1086	1239	808.2	762	694.2	777	729
测点 10	138.6	147.15	156.45	166.65	198.3	209.4	202.8	212.55	228.3	241.05
测点 11	994.5	931.5	892.65	848.7	762.45	668.4	648.99	634.8	613.65	594.3

规划园区测点 1~测点 11 现场勘测照片如图 3.4-3 至图 3.4-13。



图 3.4-3 测点 1 土壤电阻率勘测图



图 3.4-4 测点 2 土壤电阻率勘测图



图 3.4-5 测点 3 土壤电阻率勘测图



图 3.4-6 测点 4 土壤电阻率勘测图



图 3.4-7 测点 5 土壤电阻率勘测图



图 3.4-8 测点 6 土壤电阻率勘测图



图 3.4-9 测点 7 土壤电阻率勘测图



图 3.4-10 测点 8 土壤电阻率勘测图



图 3.4-11 测点 9 土壤电阻率勘测图



图 3.4-12 测点 10 土壤电阻率勘测图



图 3.4-13 测点 11 土壤电阻率勘测图

3.4.2.4 数据分析

图 3.4-20 是佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）11 个测点测量值曲线图。统计图显示：（1）测点 1、测点 3、测点 8，测点 10 土壤电阻率总体相对其他测点偏低，测点分别位于 A 区、C 区；其余测点土壤电阻率总体相对较高。（2）园区 110 项土壤电阻率数据中，最大值为 $3150\Omega\cdot\text{m}$ （测点 6），最小值为 $91.2\Omega\cdot\text{m}$ （测点 3）。

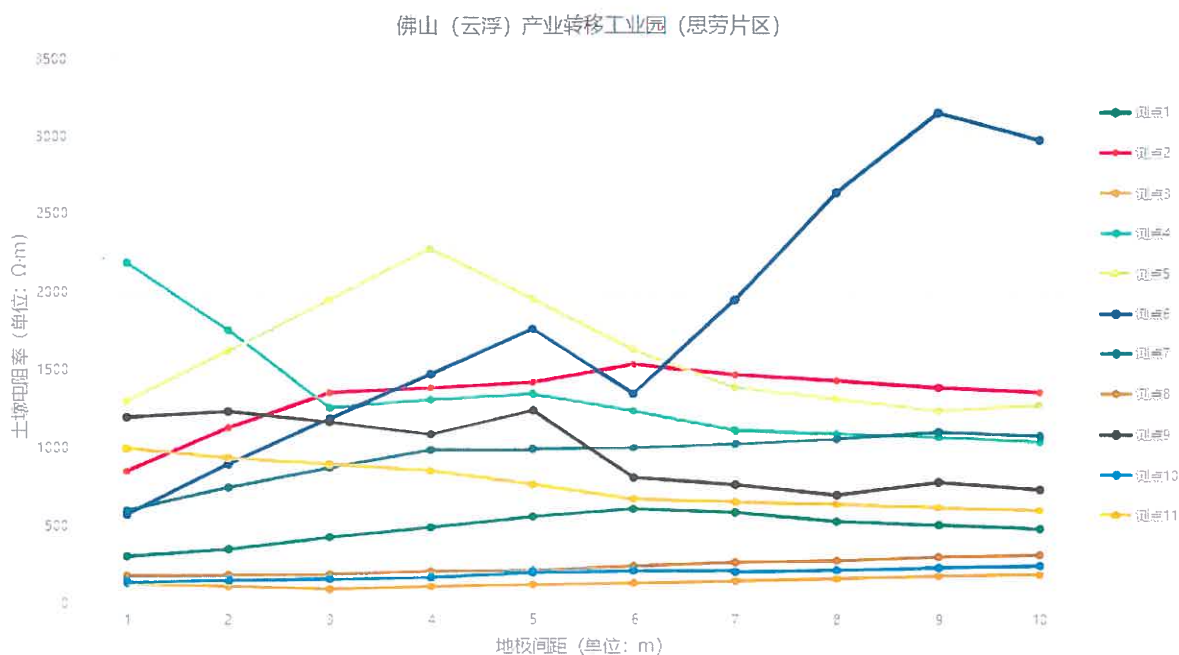


图 3.4-20 各测点土壤电阻率分布图

根据极间距，对每个测点在土壤浅层（极间距 1-3m）和深层（极间距 4-10m）分别取平均值，详见表 3.4-3 和图 3.4-21。

表 3.4-3 各测点平均土壤电阻率（单位： $\Omega\cdot\text{m}$ ）

名称	极间距 1-3m 均值	极间距 4-10m 均值
测点 1	358.05	534.49
测点 2	1107.9	1422
测点 3	108.25	145.07
测点 4	1732.75	1169.29
测点 5	1617.25	1577.57
测点 6	883.8	2183.1

续 表 3.4-3

名称	极间距 1-3m 均值	极间距 4-10m 均值
测点 7	736.9	1032.43
测点 8	181.9	257.4
测点 9	1196	870.77
测点 10	147.4	208.44
测点 11	939.55	681.61

从图 3.4-21 可以看出，测点 1、测点 2、测点 3、测点 6、测点 7、测点 8、测点 10 浅层土壤电阻率平均值小于深层土壤电阻率平均值，其他测点浅层土壤电阻率平均值大于深层土壤电阻率平均值。区域各测点间土壤电阻率变化规律存在差异，部分区域总体土壤电阻率偏高，对接地电阻有较高要求的建构筑物选址可考虑选择土壤电阻率较低的区域。接地体应按规范标准埋设，并采用耐腐蚀材料，做好防腐措施。

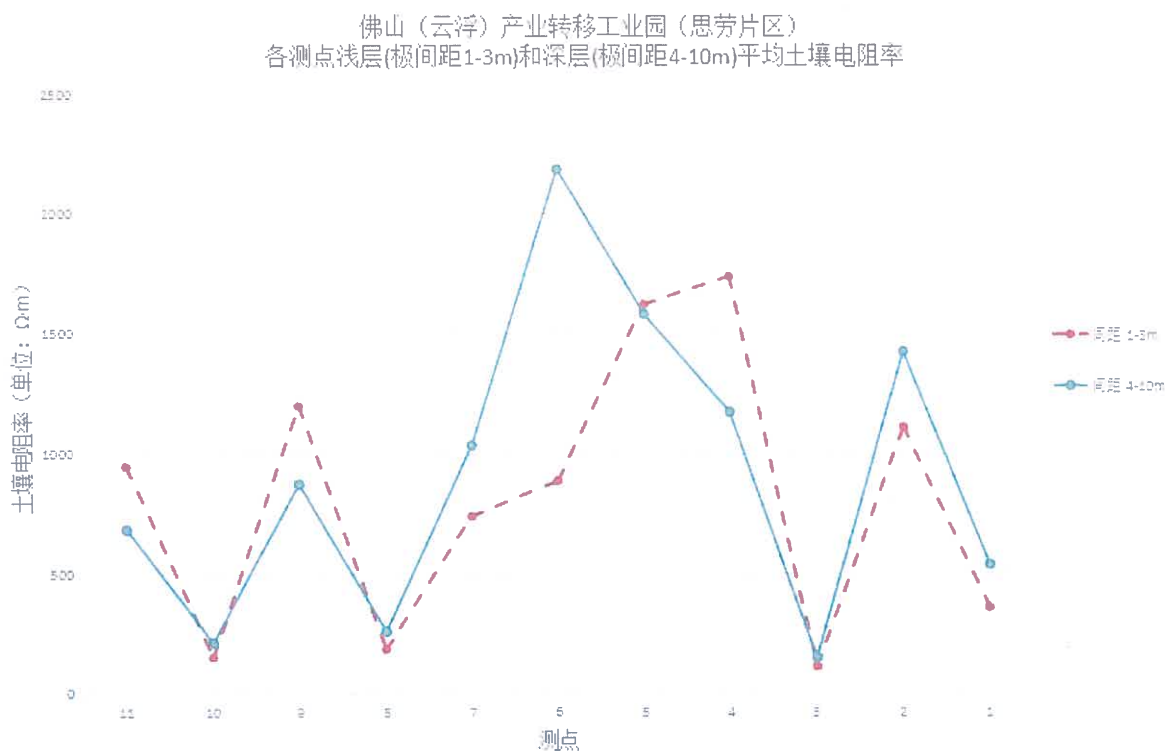


图 3.4-21 各测点浅层(极间距 1-3m)和深层(极间距 4-10m)平均土壤电阻率

4 区域大气雷电环境评价

大气雷电环境评价是对佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）基础设施建设工程所在位置的多年雷暴活动地理分布特征和时间演变规律进行分析和比较，目的在于了解和掌握雷电这一自然致灾源的气候变化特征和相关物理参数，对弥补某些技术标准的不足，提高防雷设计的科学性、针对性和有效性，以及加强区域防雷减灾和安全生产工作，都具有重要的参考意义和指导作用。

4.1 雷暴日参数

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

佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）地处云浮市云城区，距离项目最近的气象观测站是云浮国家基本气象站。国家气象观测站 2014 年停止人工观测雷暴日业务，因此，本节雷暴日数据取自云浮国家基本气象站 30 年（1984-2013 年）的数据。



图 4.1-1 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）地理位置分布图

图 4.1-2 和图 4.1-3 是云浮国家基本气象站 30 年(1984-2013 年)雷暴日年分布图和月平均分布图, 可知, 30 年平均雷暴日 71 天, 最高年份可达 91 天(1997 年), 最低年份 53 天(1986 年)。月平均雷暴日 6 天, 最高月份可达 14 天(8 月), 最低月份 0 天(1 月、12 月)。雷暴多发期在 5~8 月份, 月平均超 10 天, 雷暴月分布特征呈现单峰特性, 8 月最强。

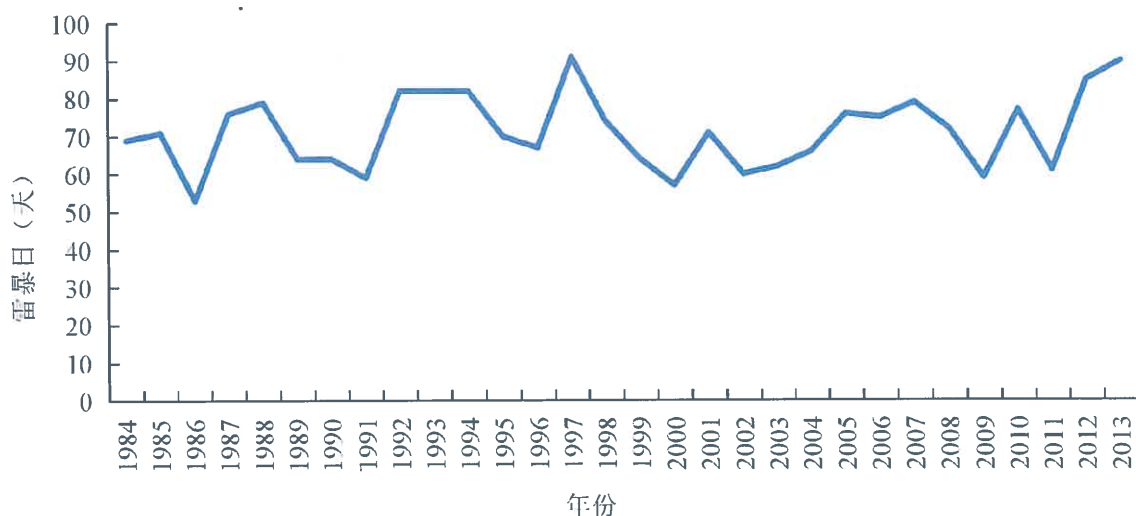


图 4.1-2 云浮国家基本气象站 30 年（1984-2013 年）雷暴日年分布图

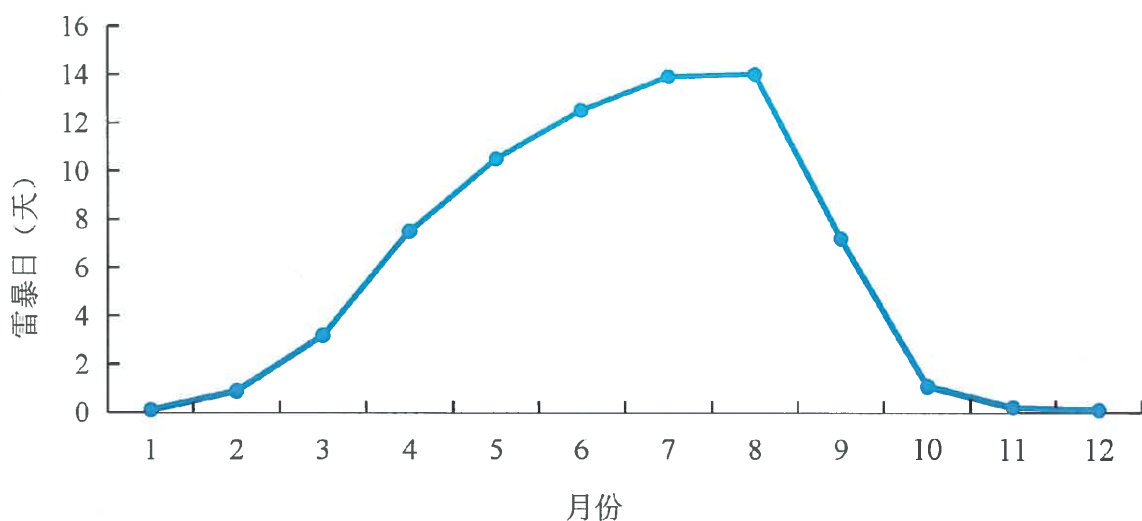


图 4.1-3 云浮国家基本气象站 30 年（1984-2013 年）雷暴日月分布图

4.2 地闪空间分布

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

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

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

本报告所采用的闪电定位资料来自广东省雷电定位系统 1999-2022 年共 24 年雷电监测数据。该系统现有广州站、花都站、肇庆金渡站、茂名站、珠海红旗站、韶关董塘站、惠州秋长站、汕尾站、汕头站、梅州站、河源

站、阳江站、云浮罗定站、湛江雷州站、湛江廉江站、连州站 16 个雷电方向时差探测站（见图 4.2-1），采用定向定位和时差定位综合定位技术，可实时测量广东省境内云地闪发生的时间、地点、幅值、极性和回击次数等参数。该系统在珠江三角洲地区的实际业务运行平均定位精度约为 320m，全省平均定位精度 800~1000m。

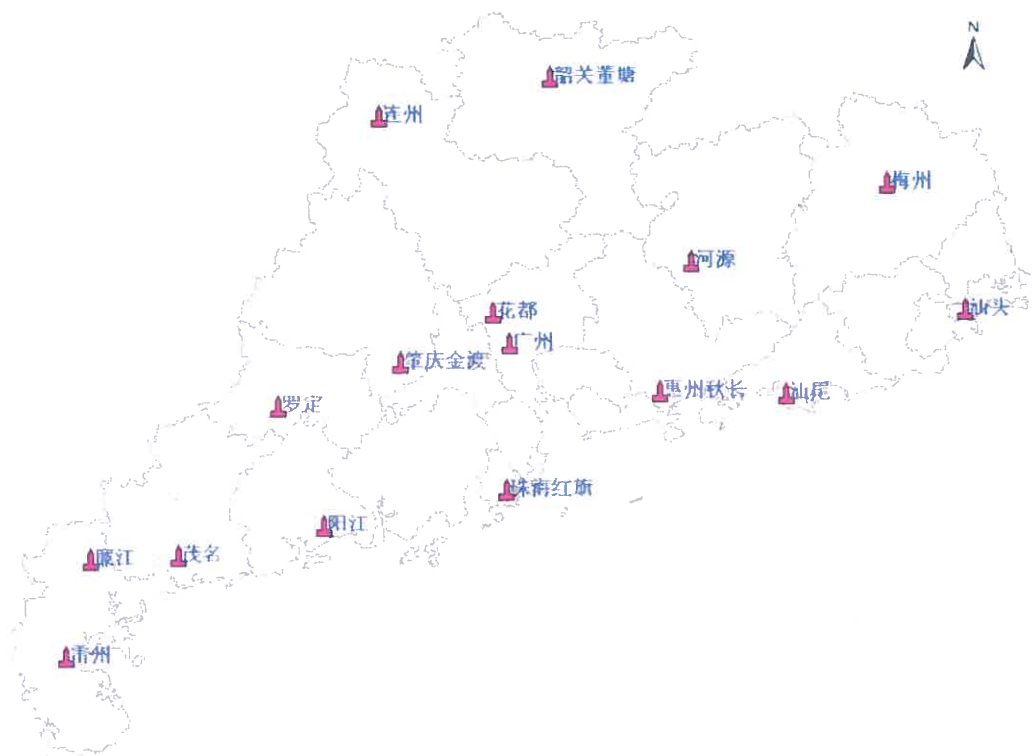


图 4.2-1 广东省雷电定位系统探测站点分布图

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

以佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）现场测量的地理坐标为基础数据，结合 1999-2022 年共 24 年闪电定位系统数据，对各个分区扩充 5km 半径范围进行统计分析，得到地闪密度分布图（见图 4.2-2 至图 4.2-4）和对应的平均地闪密度值，并把此值作为区域雷电灾害风险评估的基础参数之一。

4.2.1 区域地闪密度空间分布

图 4.2-2 至图 4.2-4 是佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）三个片区 1999-2022 年平均地闪密度分布图(图中每个格点为 $1\text{km} \times 1\text{km}$)。

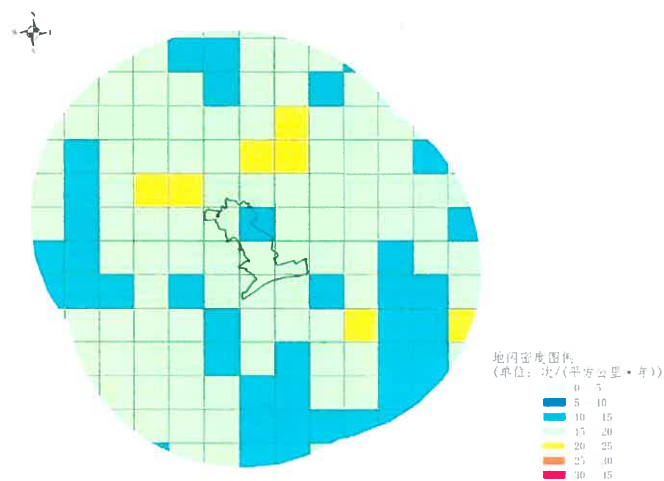


图 4.2-2 A 区地闪密度分布图

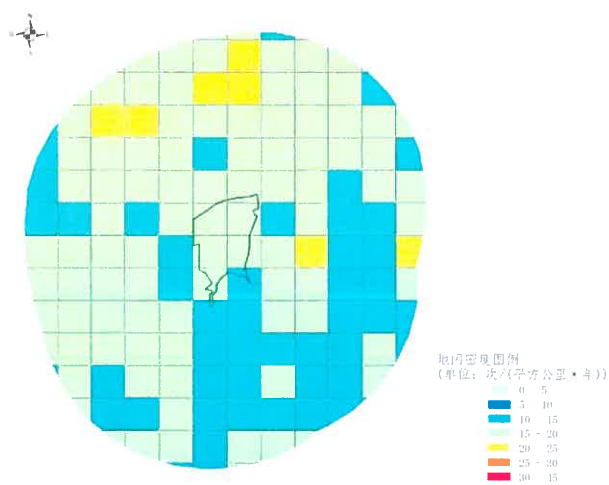


图 4.2-3 B 区地闪密度分布图

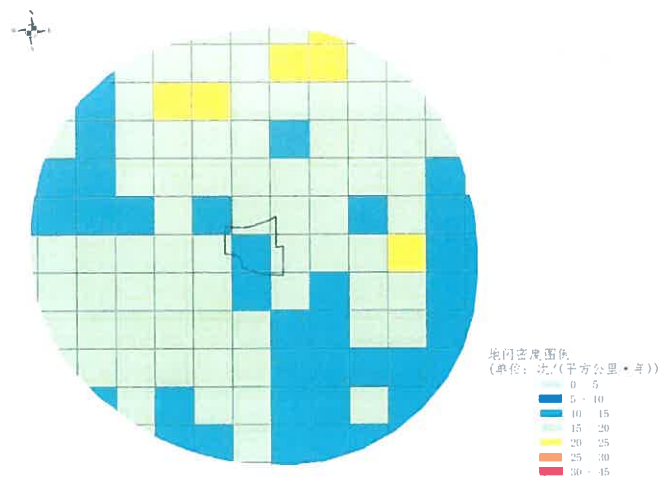


图 4.2-4 C 区地闪密度分布图

佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）各个分区 1999-2022 年平均地闪密度值见表 4.2-1。

表 4.2-1 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）各区平均地闪密度值

名称	平均地闪密度值(次/(km ² ·a))
A 区	16.24
B 区	16.02
C 区	15.94

4.2.2 区域地闪密度空间分布距平分析

距平可分为正距平和负距平。结合 1999-2022 年闪电定位系统数据，对佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）各个片区 2022 年地闪密度空间分布进行距平分析，见图 4.2-5 至图 4.2-7。图中每个格点大小为 1km×1km。

正距平表明该区域 2022 年地闪密度相比往年偏高，负距平表明该区域 2022 年地闪密度相比往年偏低。分析数据显示：各个片区绝大部分区域位于负距平区域。

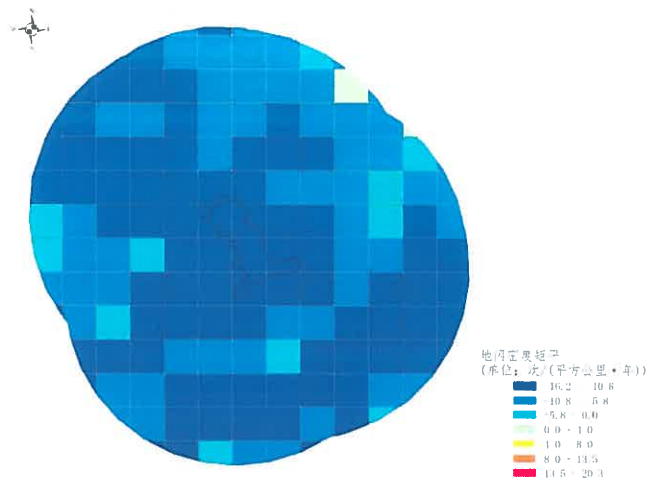


图 4.2-5 A 区 2022 年地闪密度距平图

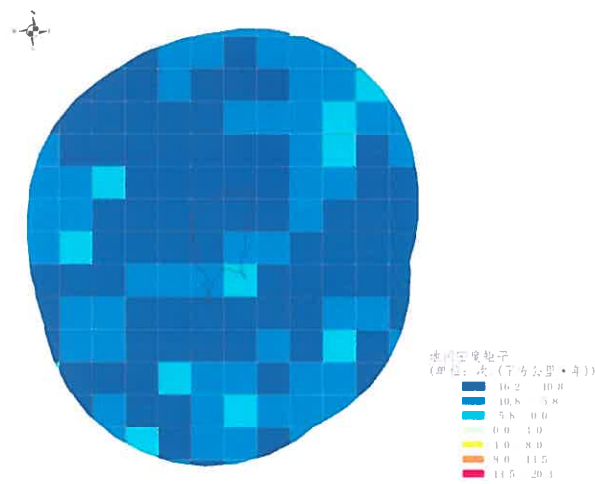


图 4.2-6 B 区 2022 年地闪密度距平图

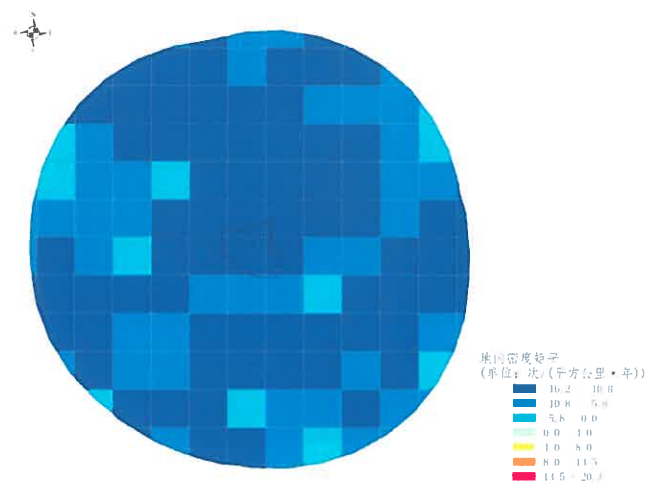


图 4.2-7 C 区 2022 年地闪密度距平图

4.3 地闪时间变化

4.3.1 地闪年际变化特征

图 4.3-1 至图 4.3-3 是佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）所在区域 1999-2022 年平均地闪密度年际变化图。1999-2022 年，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）三个片区平均地闪密度总体呈小幅上升趋势，其中在 2014 年达到峰值，近年来有所回落。说明该区域存在遭受较大雷击概率的可能性，在设施布局和风险计算时，应注意这种特征。

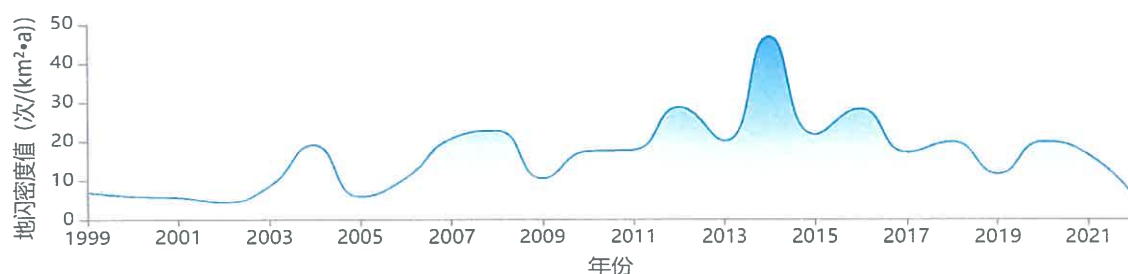


图 4.3-1 A 区地闪密度年际变化

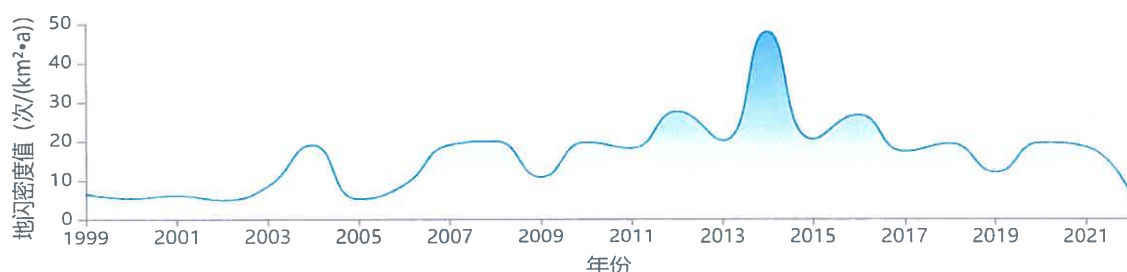


图 4.3-2 B 区地闪密度年际变化

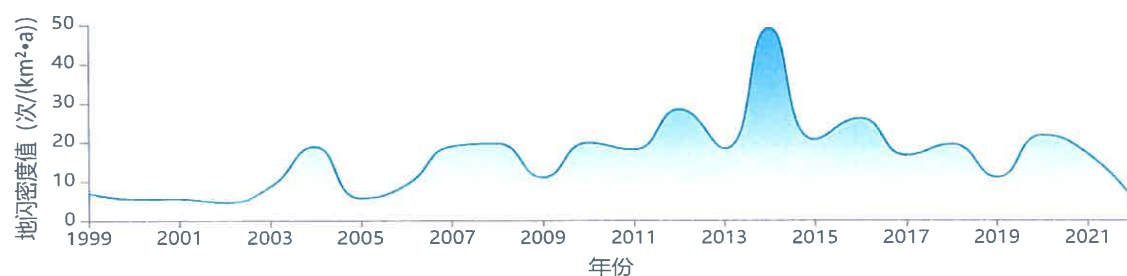


图 4.3-3 C 区地闪密度年际变化

4.3.2 地闪月变化特征

表 4.3-1 是佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）所在区域对应的汛期闪电月分布比例表。图 4.3-4 至图 4.3-6 是闪电月变化分布图。

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

表 4.3-1 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）各个片区汛期地闪月分布比例表

月份 名称	前汛期				后汛期			
	4 月	5 月	6 月	小计	7 月	8 月	9 月	小计
A 区	5.5%	17.3%	17.6%	40.4%	21.3%	17.7%	14.0%	53.0%
B 区	5.4%	16.1%	16.9%	38.4%	21.5%	18.0%	15.1%	54.6%
C 区	5.3%	16.1%	17.0%	38.4%	22.0%	18.0%	14.8%	54.8%



图 4.3-4 A 区地闪月变化



图 4.3-5 B 区地闪月变化

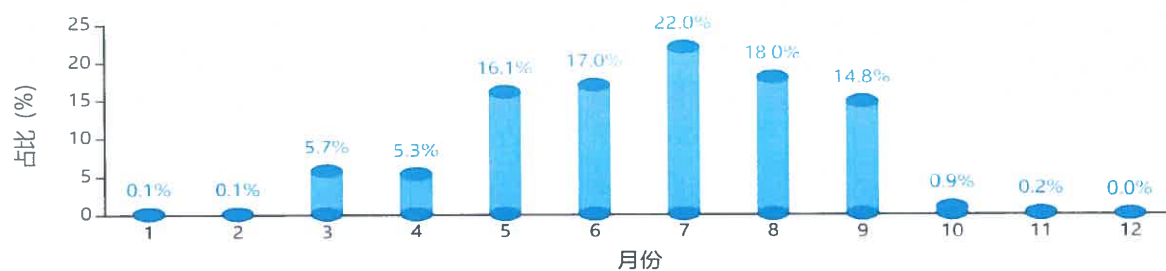


图 4.3-6 C 区地闪月变化

由表和图可见，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）三个片区的闪电月分布特征十分明显，主要集中在 4~9 月，占全年的 93% 以上；其中前汛期（4~6 月）峰值出现在 6 月；后汛期（7~9 月）峰值出现在 7 月。前汛期经常伴随着暴雨，雷电灾害频繁，而后汛期午后局部对流抬升的频繁发生以及台风的影响造成雷电增多。防雷工程规划施工及大型危险性作业要尽量避开雷电高发月份（5~9 月），并做好雷电安全防护措施。

4.3.3 地闪时变化特征

对佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）三个片区 1999-2022 年各月雷电活动进行时段分析，可以统计出雷电多发时段，对减少和预防雷电事故的发生及施工、运营具有重要的参考意义。图 4.3-7 至图 4.3-9 是对应的地闪时变化图。

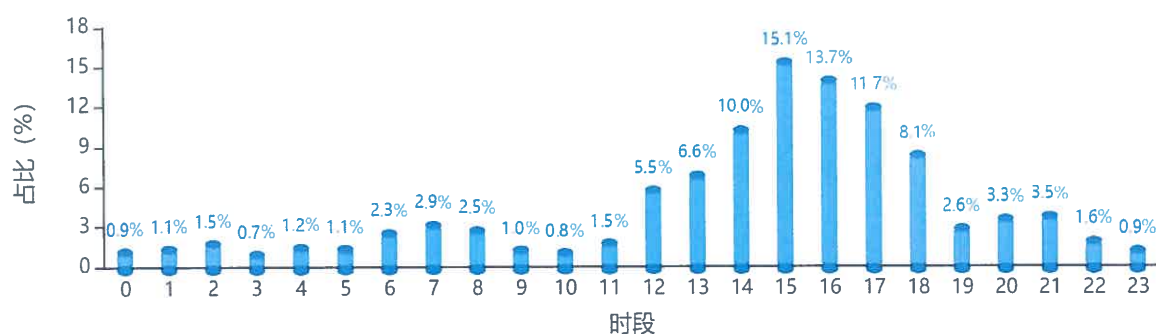


图 4.3-7 A 区地闪时变化

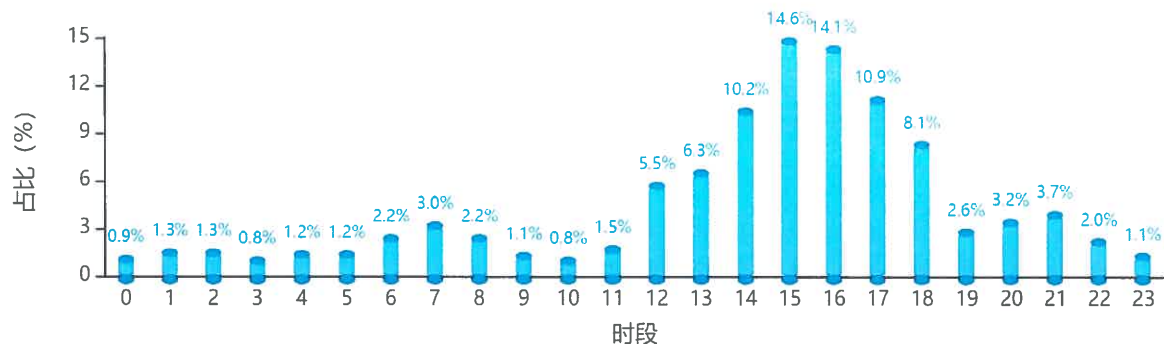


图 4.3-8 B 区地闪时变化

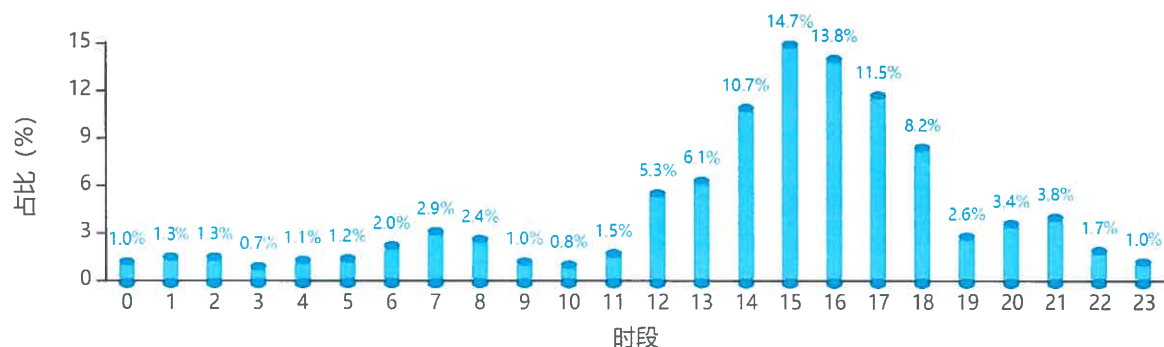


图 4.3-9 C 区地闪时变化

表 4.3-2 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）雷电高发时段表

名称	雷电多发时段	雷电峰值时段
A 区	12 时至 21 时	15 时
B 区	12 时至 21 时	15 时
C 区	12 时至 21 时	15 时

由图和表可知，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）三个片区的地闪时变化规律性较强，午后至傍晚为雷电多发时段，主要是局地热力抬升作用而形成，说明该地区的锋面雨系形成的闪电大部分集中在午后至傍晚。由于5~8月闪电密集且经常伴有暴雨，防雷工程施工及危险性作业要尽量避开多发时段。汛期的工程施工、危险性作业以及企业运营时要注意多发时段，结合多发时段进行防御和管理，对减少和预防雷电事故的发生及施工、运营具有重要的参考意义。

4.4 雷电流累积概率分布

表 4.4-1 是佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）三个片区不同累积概率对应的雷电流幅值，概率为 1%、2%、5%、10%和 50%相对应的雷电流峰值如下表所示。

表 4.4-1 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）雷电流幅值分布表

名称	1% ($p \geq x$)	2% ($p \geq x$)	5% ($p \geq x$)	10% ($p \geq x$)	50% ($p \geq x$)
A 区	96.0kA	77.7kA	56.8kA	43.6kA	18.1kA
B 区	95.7kA	76.9kA	56.1kA	43.0kA	18.0kA
C 区	95.2kA	76.4kA	55.9kA	42.9kA	18.1kA

图 4.4-1 至图 4.4-3 是佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）三个片区雷电流累积概率分布图。

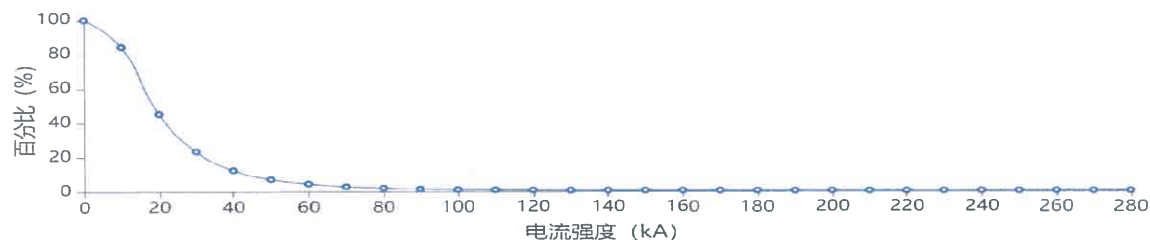


图 4.4-1 A 区雷电流累积概率分布曲线图

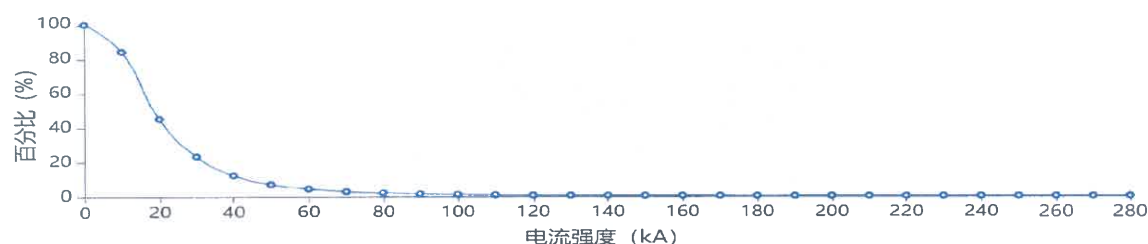


图 4.4-2 B 区雷电流累积概率分布曲线图

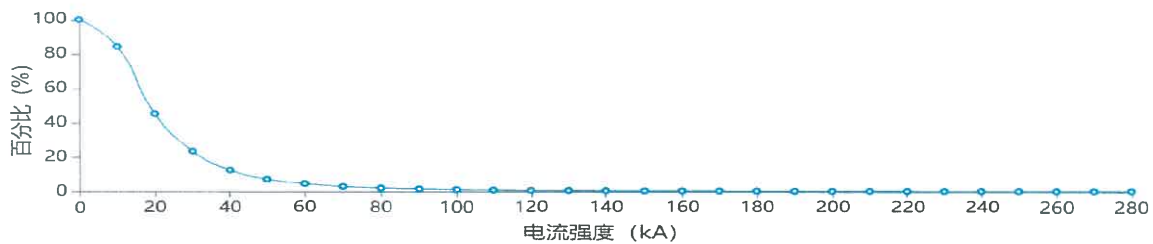


图 4.4-3 C 区雷电流累积概率分布曲线图

4.5 雷电流参数特征分析

4.5.1 平均雷电流空间分布

图 4.5-1 至图 4.5-3 是佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）三个片区 1999-2022 年平均电流强度空间分布图。图中格点大小为 1km×1km。1999-2022 年各个片区平均电流强度值见表 4.5-1，其中 A 区和 B 区的平均雷电流高于广东省全省平均值（24.08kA）。

表 4.5-1 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）各个片区平均雷电流

名称	平均雷电流（单位：kA）	正极性雷电流（单位：kA）	负极性雷电流（单位：kA）
A 区	24.21	27.55	-24.70
B 区	24.09	26.81	-24.47
C 区	24.00	26.85	-24.36

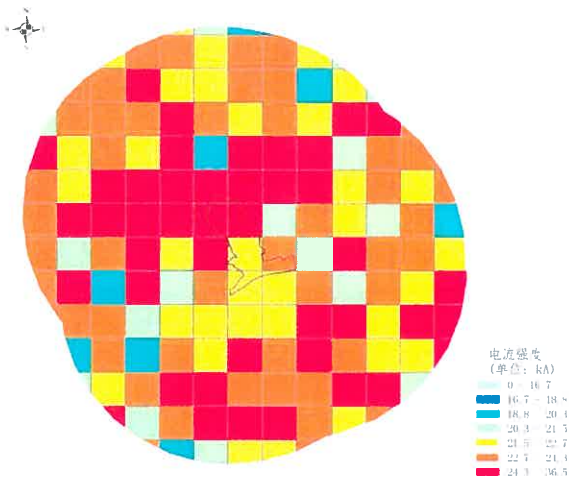


图 4.5-1 A 区平均雷电流强度空间分布图

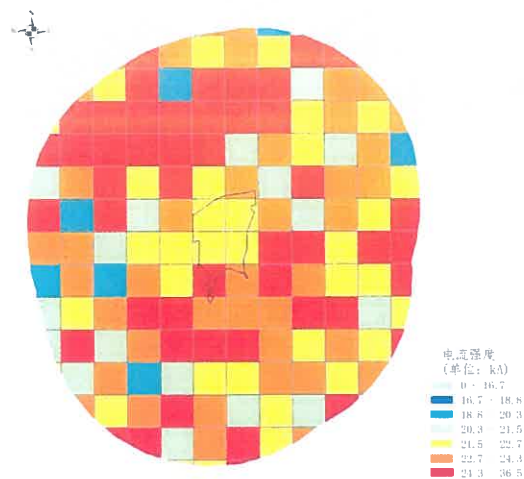


图 4.5-2 B 区平均雷电流强度空间分布图

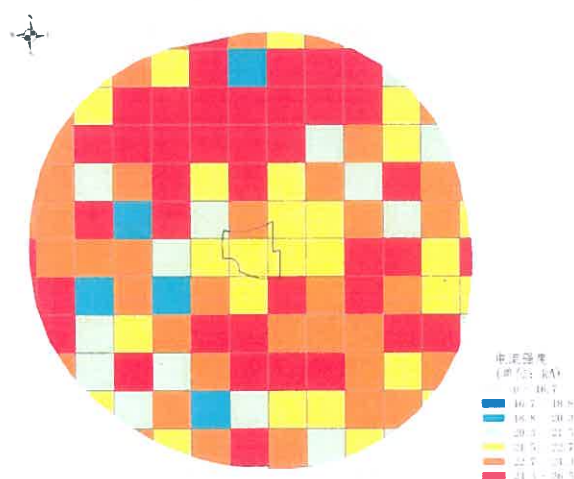


图 4.5-3 C 区平均雷电流强度空间分布图

4.5.2 平均雷电流空间分布距平分析

结合 1999-2022 年闪电定位系统数据，对佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）三个片区 2022 年平均雷电流空间分布进行距平分析，见图 4.5-4 至图 4.5-6。图中格点大小为 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 。从图可以看出，各个片区 5km 区域范围内同时存在正距平区与负距平区，在综合防雷设计和防雷工程建设时应考虑这一特征。

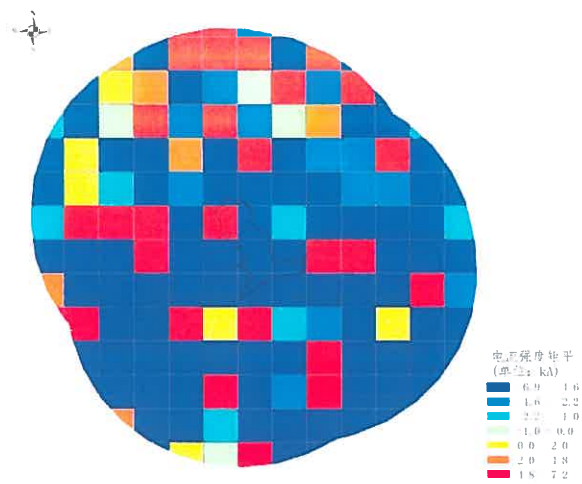


图 4.5-4 A 区 2022 年平均雷电流强度空间分布距平图

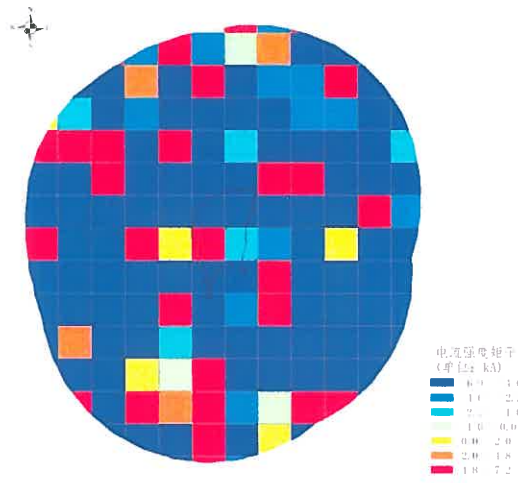


图 4.5-5 B 区 2022 年平均雷电流强度空间分布距平图

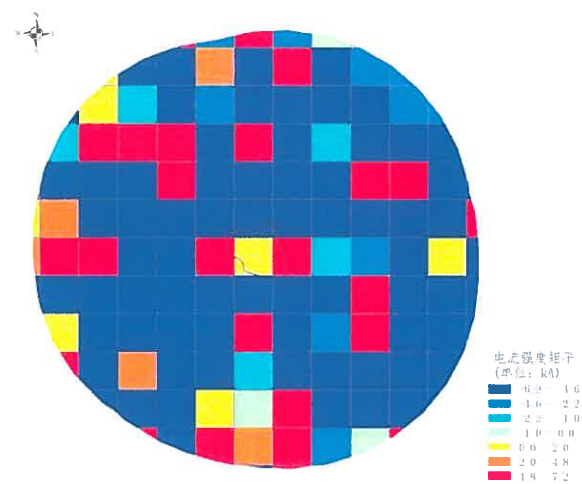


图 4.5-6 C 区 2022 年平均雷电流强度空间分布距平图

4.5.3 平均雷电流年际变化

图 4.5-7 至图 4.5-9 是佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）三个片区年平均雷电流变化图。年平均雷电流最大值为 34.76kA（2006 年，B 区），年平均雷电流最小值为 18.56kA（2018 年，C 区）。

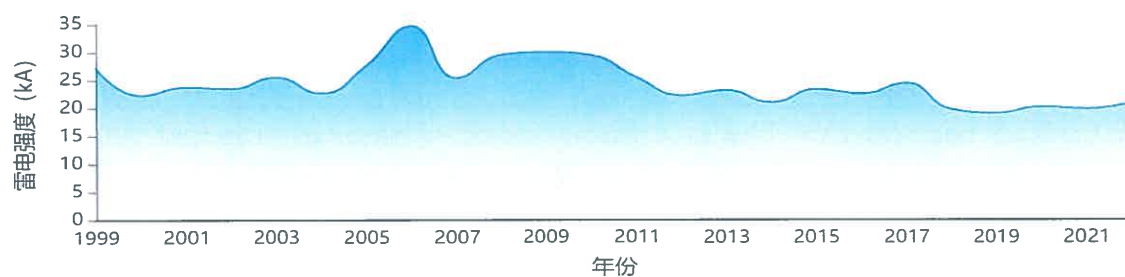


图 4.5-7 A 区年平均雷电流变化图

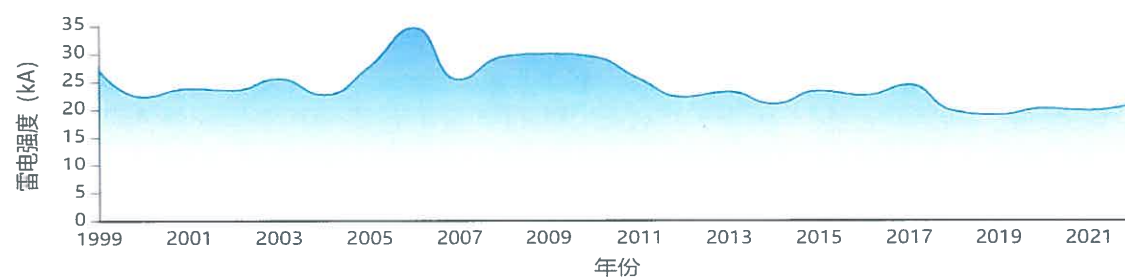


图 4.5-8 B 区年平均雷电流变化图

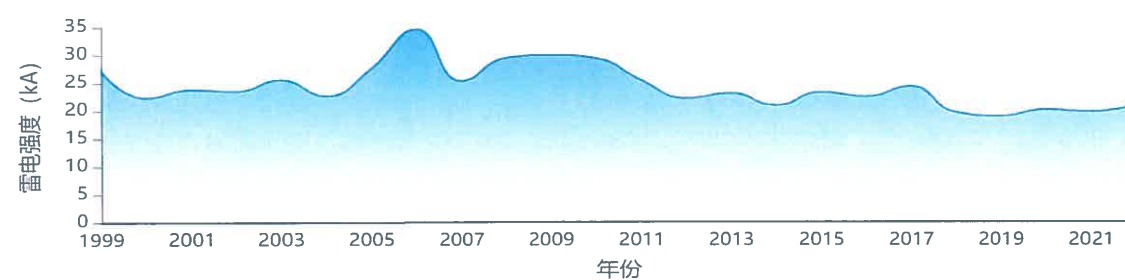


图 4.5-9 C 区年平均雷电流变化图

4.5.4 典型雷电流幅值分布

根据《雷电防护 第1部分 总则》GB/T 21714.1-2015，LPS I 滚球半径 20m，最小峰值电流为 2.91kA（峰值雷电流小于该数值的闪电有可能侵入滚球保护区）；LPS II、III、IV 对应滚球半径分别为 30m、45m、60m，对应最小峰值雷电流为 5.43kA、10.14kA、15.79kA，对应雷电流幅值累积概率分布值分别为 97%、91%和 84%。由表 4.5-2 的计算结果可知，各个片区累积概率均不满足标准规定 LPSIII、IV 的防雷装置对应的拦截效率 91%和 84%，跟标准规定的防雷装置拦截效率相比差距较大，易发生小雷电流绕击事件，在防雷设计时要注意这一特征，适当提高雷电防护等级。

表 4.5-2 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）典型雷电流累积概率表

名称	2.91kA	5.43kA	10.14kA	15.79kA
A 区	99.8%	97.1%	83.6%	58.8%
B 区	99.8%	97.0%	83.4%	58.5%
C 区	99.8%	97.1%	83.6%	58.6%

4.6 区域雷暴路径

为了研究佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）区域雷暴（针对地闪）的路径，选取广东省雷电监测网 2018-2022 年地闪资料进行统计分析。根据佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）边界外扩 5km 半径范围的地闪数据，按照整个雷暴过程中地闪移动路径判断区域雷暴路径。

将雷暴移动路径按照雷暴来向的方位分为：正北（N）、东北（NE）、正东（E）、东南（SE）、正南（S）、西南（SW）、正西（W）、西北（NW）八个方向。三个区雷暴移动路径主导方位均为东（E）。雷暴路径玫瑰图见图 4.6-1 至图 4.6-3。

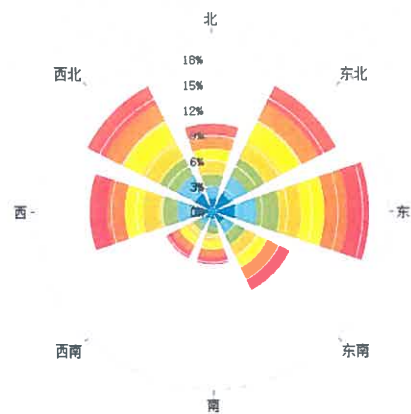


图 4.6-1 2018-2022 年 A 区雷暴路径玫瑰图

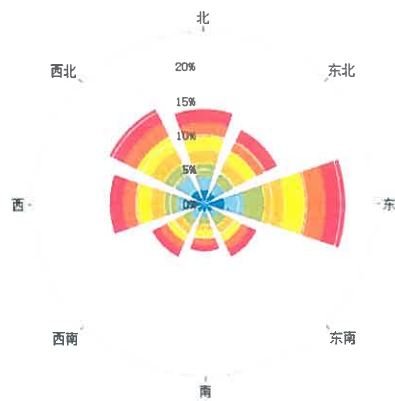


图 4.6-2 2018-2022 年 B 区雷暴路径玫瑰图

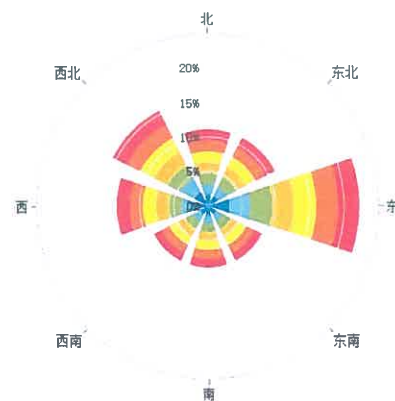


图 4.6-3 2018-2022 年 C 区雷暴路径玫瑰图

4.7 小结

本章前六节对佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）三个片区的雷电气候特征从雷暴日参数、地闪密度空间分布、地闪密度时间变化、雷电流累积概率分布、雷电流参数特征和区域雷暴路径等方面进行了详细分析和描述，小结如下：

（1）项目位于云浮市云城区，雷暴日数据取自区域所在地的云浮国家气象观测站，1984-2013 年年平均雷暴日 71 天，8 月雷暴最强。

（2）地闪密度值、平均电流强度、50%概率对应的雷电流强度、4~9 月所占比例和高发时段等五项参数特征见表 4.7-1。

表 4.7-1 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）参数特征表

名称	平均地闪密度值 (次/(km ² ·a))	平均电流 强度(kA)	50%概率所对应的 雷电流强度(kA)	4-9 月 所占比例	雷电多发 时段
A 区	16.24	24.21	18.1kA	93.4%	12 时至 21 时
B 区	16.02	24.09	18.0kA	93.0%	12 时至 21 时
C 区	15.94	24.00	18.1kA	93.2%	12 时至 21 时

（3）1999-2022 年，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）平均地闪密度总体呈小幅上升趋势，近年来有所回落。

（4）2018-2022 年，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）三个片区雷暴移动路径主导方位均为东（E）。

佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）雷电活动特征比较明显，具有明显的季节性、时间性、地域性等特征，5~8 月为雷电高发月份，13~19 时为雷电高发时段，容易发生雷电灾害事故。考虑到以上这些特征和特点，建议开展防雷基础设计和施工时，要适当地提高雷电防护级别，以尽可能地提高直击雷保护范围和雷电电磁脉冲的综合防护水平。

5 区域雷电灾害分析

5.1 资料与数据

本报告中采用的雷电灾害资料与数据来源于广东省防雷减灾管理中心发布的 2013-2022 年《广东省雷电灾害典型实例汇编》。

5.2 雷电特征分析

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

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

根据 1984-2013 年云浮国家基本气象站雷暴日观测资料，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）雷暴多发期在 5~8 月份，8 月最强。根据 1999-2022 年闪电定位数据，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）各个片区闪电月分布特征十分明显，主要集中在 4~9 月，前汛期（4~6 月）峰值出现在 6 月；后汛期（7~9 月）峰值出现在 7 月。

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而能够在瞬间产生巨大的破坏作用，常常导致人员伤亡，建筑物、供配电系统、通信设备损毁，造成计算机信息系统中断、仓储、炼油厂、油田等燃烧甚至爆炸，引起森林火灾，危害人民财产和人身安全，也会严重威胁航空航天等运载工具的安全和军队作战效能。

雷电灾害泛指雷击或雷电电磁脉冲入侵和影响造成人员伤亡或财物受损、部分或全部功能丧失，酿成不良的社会和经济后果的事件。雷电灾害的损失包括直接的人员伤亡和经济损失，以及由此衍生的经济损失和不良社会影响。

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 50~100 亿元人民币。

雷电灾害所涉及的范围几乎遍布各行各业。现代电子技术的高速发展，带来的负效应之一就是其抗雷击浪涌能力的降低。以大规模集成电路为核心组件的测量、监控、保护、通信、计算机网络等先进电子设备广泛运用于电力、航空、国防、通信、广电、金融、交通、石化、医疗以及其它现代生活的各个领域，以大型 CMOS 集成元件组成的这些电子设备普遍存在着对暂态过电压、过电流耐受能力较弱的缺点，暂态过电压不仅会造成电子设备产生误操作，也会造成更大的直接经济损失和广泛的社会影响。

5.3.1 风险源

雷电灾害主要有五种类型：直击雷、雷电波侵入、感应过电压、系统内部操作过电压和地电位反击。

（a）直击雷

闪电直接击中建筑和设备本身，即带电的云层对大地上的某一点发生猛烈的放电现象，称为直击雷。它的破坏力十分巨大，若不能迅速将其泻放入大地，将导致放电通道内的物体、建筑物、设施、人畜遭受严重的破坏或损害——火灾、建筑物损坏、电子电气系统摧毁，甚至危及人畜的生命安全。

（b）雷电波侵入

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

（c）感应过电压

闪电击中设备设施或线路的附近，或闪电不直接对地放电，只在云层与云层之间发生放电现象。闪电释放电荷，并在电源和数据传输线路及金属管道金属支架上感应生成过电压。

雷击放电子具有避雷设施的建筑物时，雷电波沿着建筑物顶部接闪器（避雷带、避雷线、避雷网或避雷针）、引下线泄放到大地的过程中，会在引下线周围形成强大的瞬变磁场，轻则造成电子设备受到干扰，数据丢失，产生误动作或暂时瘫痪；严重时可引起元器件击穿及电路板烧毁，使整个系统陷于瘫痪。

（d）操作过电压

因闪电导致断路器的操作、电力重负荷以及感性负荷的投入和切除、系统短路故障等系统内部状态的变化而使系统参数发生改变，引起的电力系统内部电磁能量转化，从而产生内部过电压，即操作过电压。

无论是感应过电压还是内部操作过电压，均为暂态过电压（或称瞬时过电压），最终以电气浪涌的方式危及电子设备，包括破坏电路线、元件

和绝缘过早老化寿命缩短、破坏数据库或使软件误操作，使一些控制元件失控等。

（e）地电位反击

如果闪电直接击中具有避雷装置的建筑物或设施，接地网的地电位会在数微秒之内被抬高数万或数十万伏。高度破坏性的雷电流将从各种装置的接地部分，流向供电系统或各种网络信号系统，或者击穿大地绝缘而流向另一设施的供电系统或各种网络信号系统，从而反击破坏或损害电子设备。同时，在未实行等电位连接的导线回路中，可能诱发高电位而产生火花放电的危险。

5.3.2 广东省雷电灾害分析

据不完全统计，2013-2022 年，广东省共发生雷电灾害 3414 宗，其中 2014 年雷电灾害发生最多，达 640 宗，见图 5.3-1。

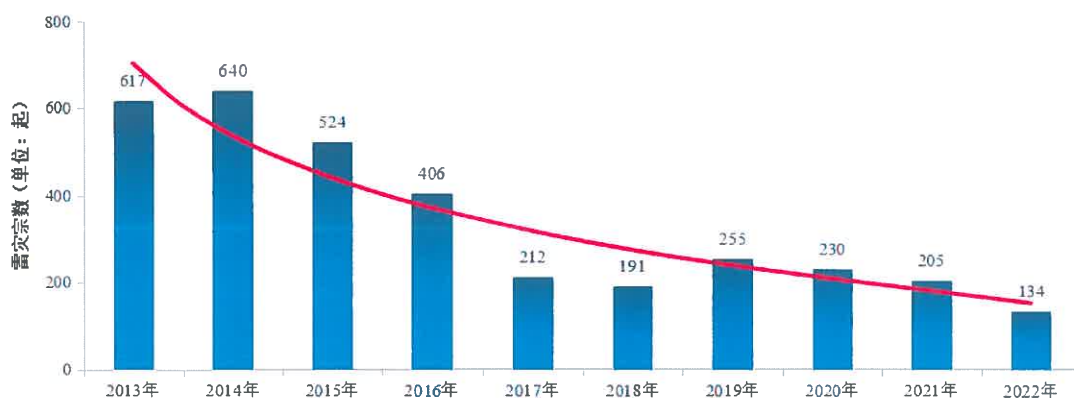


图 5.3-1 2013-2022 年广东省雷电灾害数量对比图

2013-2022 年，广东省因雷电灾害造成的直接经济损失达 13273.91 万元，间接经济损失达 15892.20 万元，见图 5.3-2。

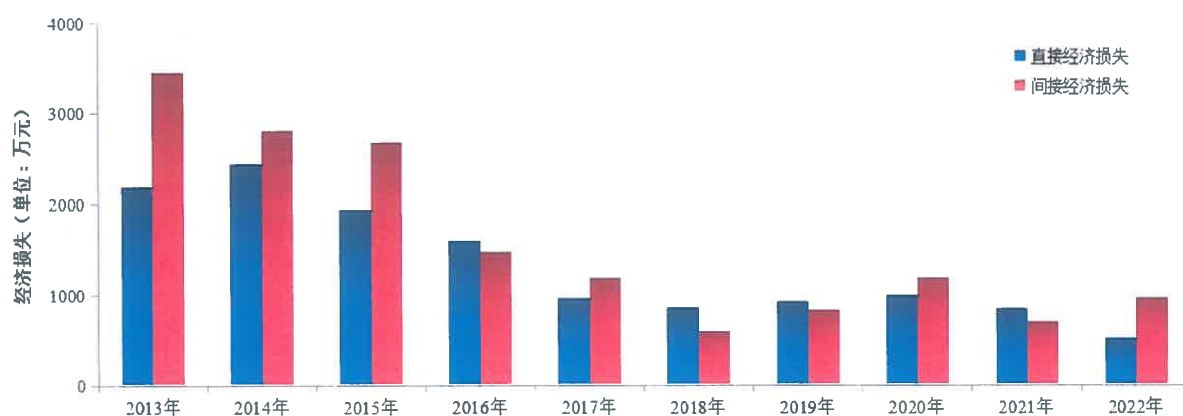


图 5.3-2 2013-2022 年广东省雷电灾害经济损失对比图

在火灾或爆炸、雷灾人身事故、建(构)筑物受损、办公电子电器设备受损和家用电子电器设备受损等几种类型中，办公电子电器设备受损占总数的 75.63%，比例最高，其次为家用电子电器设备受损（占比 14.07%）、建(构)筑物受损（占比 7.20%）。雷灾发生的行业中，电力行业所占比例最高，通信行业次之。

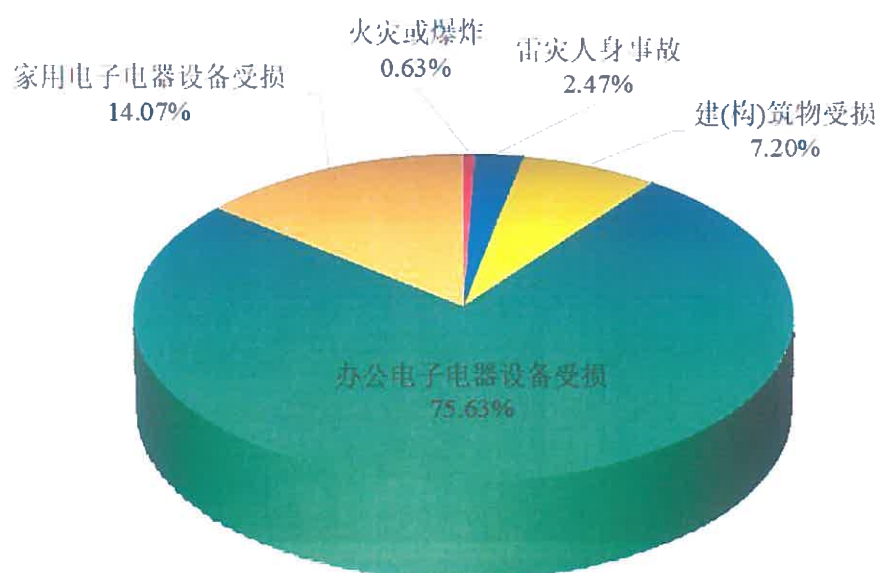


图 5.3-3 2013-2022 年广东省雷电灾害类型所占比例

最近十年，广东省因雷电灾害导致人身伤亡事故 90 宗，89 人受伤，96 人死亡，见图 5.2-4。2014 年因灾死亡人数达 22 人，2013 年因灾受伤人数达 30 人。人员伤亡事故主要发生在农村地区。

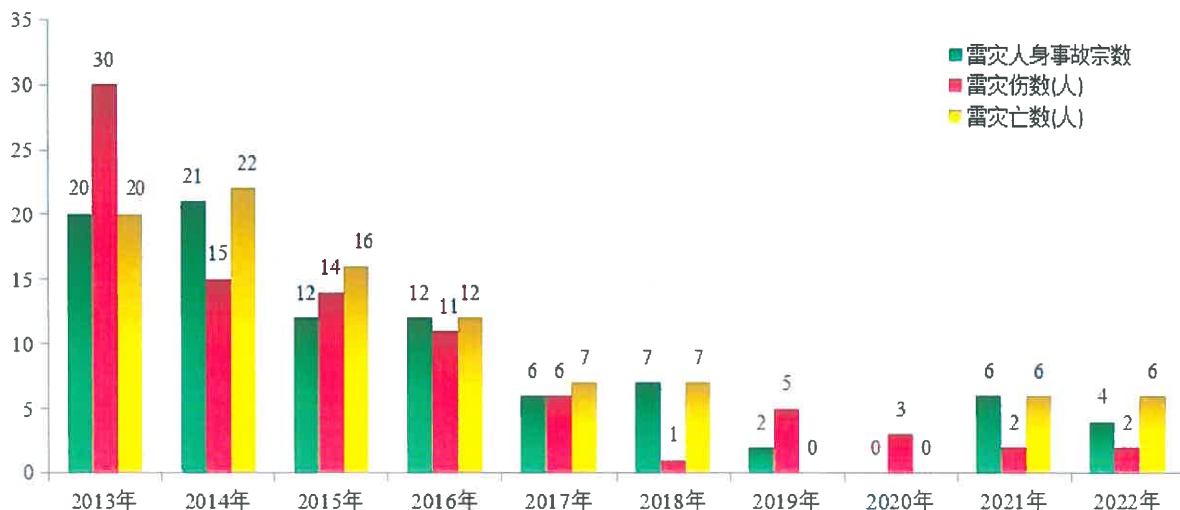


图 5.3-4 2013-2022 年广东省雷电灾害人身事故宗数及伤亡数对比图

5.3.3 云浮市雷电灾害分析

据不完全统计，2013-2022 年，云浮市共发生雷电灾害 106 宗，办公电子电器受损的宗数约占总数的 50%。

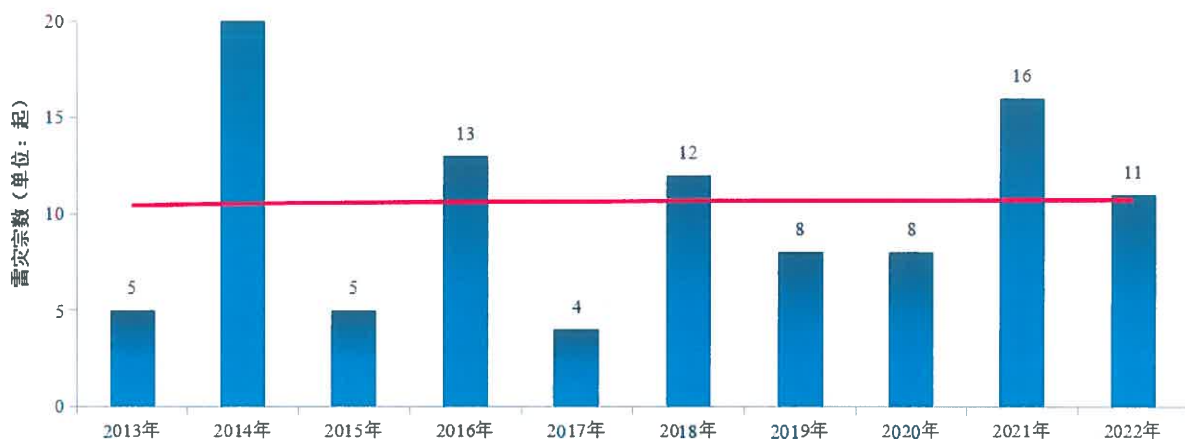


图 5.3-5 2013-2022 年云浮市雷电灾害数量对比图

2013-2022 年，云浮市因雷电灾造成的直接经济损失约 213.29 万元，间接经济损失约 9.44 万元，见图 5.3-6。

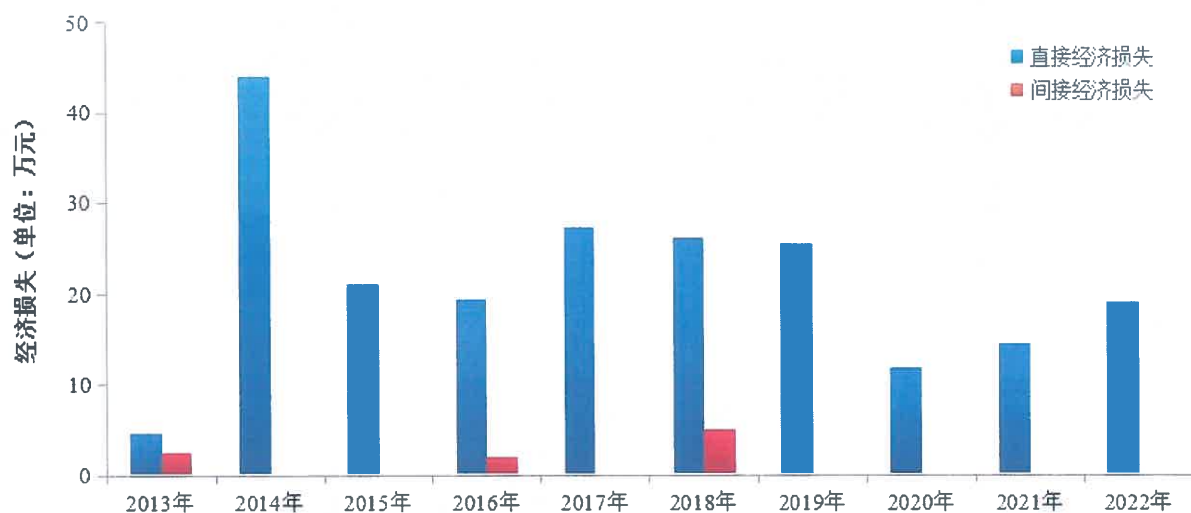


图 5.3-6 2013-2022 年云浮市雷电灾害经济损失对比图

最近十年，云浮市因雷电导致人身伤亡事故 5 宗，其中受伤人数 6 人，死亡人数 6 人，详见表 5.3-1。

表 5.3-1 2013-2022 年云浮市雷击伤亡人数统计表

年份	年雷灾伤数(人)	年雷灾亡数(人)
2013 年	0	2
2014 年	1	2
2015 年	1	1
2016 年	0	0
2017 年	4	1
2018 年	0	0
2019 年	0	0
2020 年	0	0
2021 年	0	0
2022 年	0	0

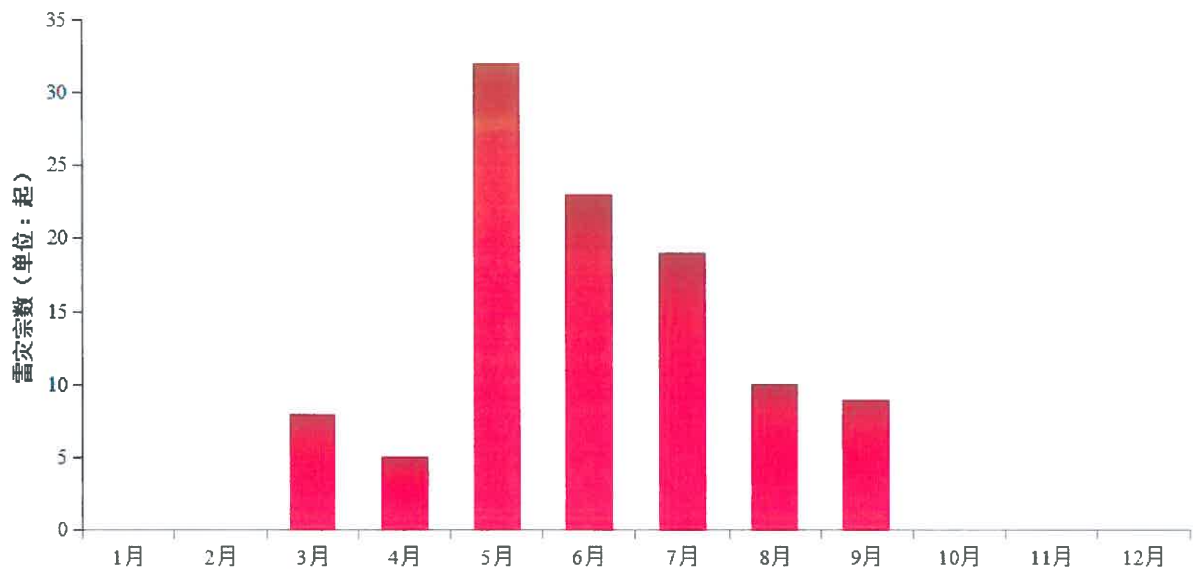


图 5.3-7 2013-2022 年云浮市雷灾月分布图

图 5.3-7 是 2013-2022 年云浮市雷电灾害月分布图。从图 5.3-7 可以看出，云浮市雷电灾害月分布特征明显，主要分布在 5~9 月，占全年 87.74%，峰值出现在 5 月。

5.4 雷电灾害典型案例

5.4.1 云浮市云城区雷灾案例

从佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）所在云浮市云城区雷灾案例一览表(2013-2022 年)来看，雷灾类型主要为电子电器受损。

雷电灾害原因主要是：

- (1) 未安装直击雷、感应雷保护装置；
- (2) 已安装的防雷装置维护管理不到位；
- (3) 防雷安全意识淡薄。

表 5.4-1 云浮市云城区雷灾案例一览表(2013-2022 年)

序号	时间	灾情描述
1	2014 年 3 月 31 日	云浮市公安局的云浮市云城区大坎检测站遭雷击, 损坏 1 台电脑主机, 直接经济损失 0.35 万元。
2	2014 年 5 月 22 日	广东电网 10kV 司马线大社坑支线大社坑遭雷击, 烧毁 1 台变压器。
3	2014 年 5 月 22 日	广东电网 10kV 六马线望天堂支线遭雷击, 烧毁 1 台变压器。
4	2014 年 6 月 30 日	广东电网 10kV 大河线平村台变 (S11-M-10/10) 遭雷击, 烧毁 1 台变压器, 直接经济损失 2 万元。
5	2014 年 7 月 8 日	广东电网库尾线黄洞尾支线三连坑公变遭雷击, 烧毁 1 台变压器, 直接经济损失 2.3 万元。
6	2014 年 7 月 11 日	云城区城市花园云景苑 B4301 遭雷击, 烧毁 1 台电视机, 直接经济损失 0.11 万元。
7	2014 年 8 月 1 日	广东电网 10kV 司马线南岭台变遭雷击, 烧毁 1 台变压器, 直接经济损失 2.5 万元。
8	2016 年 6 月 7 日	云城区腰古镇中央储备粮肇庆直属库云浮分库遭雷击, 损坏 4 台电脑、8 块监控分机主板、15 个监控摄像头、协议转换器 1 块、集线器 1 个、24V 电源 3 个。
9	2016 年 9 月 08 日	云城区云浮市迎宾馆遭雷击, 击坏 2 台电视机、1 台空调机、1 个电源电涌保护器、1 台计算机、1 副开关、2 台监控设备。直接经济损失 1.01 万元。
10	2017 年 6 月 16 日	云城区天平路 18 号区某私人住宅楼遭雷击, 击坏 1 台电视机。直接经济损失 0.3 万元。雷电灾害的原因是未安装防雷措施。
11	2018 年 5 月 8 日	云城区府前路市府 A 型公寓遭雷击, 击坏 1 套门禁系统、1 部电话机、1 个电视机顶盒。直接经济损失 2.41 万元。
12	2018 年 6 月 1 日	云城区前锋镇围仔村李阿英家遭雷击, 击坏 4 副开关、8 个电灯。直接经济损失 0.05 万元。雷电灾害的原因是未安装防雷措施。
13	2018 年 7 月 8 日	云城区东方村委西塘村云浮市富丰燃气有限公司遭雷击, 烧坏 1 台变压器。直接经济损失 5.5 万元。
14	2019 年 6 月 12 日	云城区迎宾路云浮市迎宾馆遭雷击, 损坏 1 棵木棉树。雷电灾害原因是未安装防雷措施。
15	2019 年 7 月 23 日	云城区腰古镇李某某家遭雷击, 击坏 2 台电视机、1 台空调机、1 只电灯泡、1 块电表、1 个漏电开关、2 台路由器。直接经济损失 0.6 万元。雷电灾害原因是未安装防雷措施。
16	2020 年 6 月 3 日	云城区龙华路陈某某家房屋发生雷电灾害事故, 房屋屋角靠街边阳角位瓷砖脱落, 坠落到下面人行道上, 屋角女儿墙爆裂; 裂缝达 1cm, 直接经济损失 0.3 万元。
17	2020 年 6 月 6 日	云城区高峰镇广东广业云硫矿业有限公司遭雷击, 击坏 1 台变压器, 直接经济损失 7.07 万元。
18	2020 年 8 月 22 日	云城区环市中路 1 号云浮市汽车运输集团有限公司遭雷击, 击坏 1 台变压器, 直接经济损失 1 万元。
19	2021 年 5 月 4 日	云城区大塍村云浮市第一看守所遭雷击, 损坏变压器避雷器 1 台, 直接经济损失 0.55 万元。

续表 5.4-1

序号	时间	灾情描述
20	2021 年 5 月 27 日	云城区云浮市机关事务管理局监控设备遭雷击损坏，直接经济损失 0.399 万元。
21	2021 年 6 月 1 日	云城区世纪大道市政府行政服务中心 C、D 幢公寓楼遭雷击，2 套可视门禁损坏，直接经济损失 2.136 万元。
22	2021 年 6 月 1 日	云城区小金山旅游景点遭雷击，旗杆底大理石损坏有 4 块，护栏损坏长度有 3 米，在小金山观光驿站处有一显示屏主板遭雷击损坏，直接经济损失 0.6 万元。雷灾原因是该旅游景点未按规定安装防雷装置。
23	2021 年 6 月 26 日	云城区云浮市公安局云浮市云城区高速公路一队二中队监控设备遭雷击损坏，直接经济损失 2.08 万元。
24	2021 年 7 月 27 日	云城区市政府大楼监控设备、道闸设备遭雷击损坏，直接经济损失 0.4445 万元。
25	2021 年 7 月 31 日	云城区南盛镇七洞村一农户家房屋遭雷击损坏，直接经济损失约 0.25 万元。
26	2022 年 5 月 11 日	云城区安塘街道广东省南粤交通清云高速公路管理处遭雷击，击坏摄像机 2 台，造成直接经济损失 4 万元、间接经济损失约 0.5 万元。
27	2022 年 7 月 5 日	云城区广东省路路通有限公司云梧高速外供线路 10 千伏彩莲线大哗山隧道支线遭雷击，击坏梧州端 1# 杆隔离开关 1 套、避雷器 3 个，造成直接经济损失 0.525 万元。

5.4.2 典型雷电灾害案例

(1) 典型雷电灾害案例一

2017 年 3 月 18 日下午 15 时许，云浮市云安区都杨镇蟠咀村委旧圩村，陈姓族人一行约 20 人上山祭祖，当时正在下雨，使用太阳伞挡雨，疑似造成引雷，人群被雷击中，导致多人倒地，其中 1 人（张某，女）当场死亡，4 人受伤，无生命危险。

事发时，现场约有 20 人在陈姓祖坟附近。经调查分析，雷击时祖坟旁边的大树成为接闪雷电流的主通道，接闪后部分电流随树干流入大地，强大的雷电流撕开了树干的树皮；另一部分电流在死者张某的附近形成旁侧闪络，击穿空气后经太阳伞金属框架、人体等泄放入地，当电流流过人体时，致使人员呼吸停止，身体有灼烧痕迹。（死者右肋骨位置有一处大拇

指手指头大小的皮损，左手背有一道长 3-4cm 的褐色淤伤；轻重伤者均无伤痕，伤者无生命危险。）



图 5.4-1 受灾现场

天气情况：云浮市气象台于 18 日 14 时 32 分发布云城区、云安区雷雨大风蓝色预警信号“【云浮雷雨大风蓝色预警】目前有雷雨云团自西向东影响本地，预计未来 6 小时云城区、云安区有 6-7 级短时大风，伴有短时强降水和雷电。云浮市气象台于 18 日 14 时 32 分发布云城区、云安区雷雨大风蓝色预警信号，请注意防御。”18 日 15 时 7 分发布云城区、云安区暴雨黄色预警信号“【云浮暴雨黄色预警】受强降雨云团影响，云浮市气象台于 18 日 15 时 7 分发布云城区、云安区暴雨黄色预警信号，请注意防御。”

（2）典型雷电灾害案例二

2021 年 6 月 1 日 16 时-17 时，云浮市云城区小金山旅游景点旗杆底 4 块大理石遭雷击损坏，护栏损坏长度 3m，在小金山观光驿站处有一显示屏主板遭雷击损坏，直接经济损失为 0.6 万元。



图 5.4-2 受灾现场

经现场勘察，不锈钢旗杆位于小金山的最高点，直径为 $\Phi 120\text{mm}$ ，高度为8.0米，在周围是最高的。现场可见旗杆底端有一个坑，周围大理石爆裂，有4块60cm长宽的大理石爆裂，其中2块大理石破损严重，有2块大理石有裂纹；在平台下台阶处护栏损坏严重，护栏高度为1.18米，损坏的长度有3米；护栏柱为水泥浇灌，里面有 $\Phi 5\text{mm}$ 铁丝，中间有一根 $\Phi 10\text{mm}$ 钢筋，敷设到地面的水泥层。护栏柱倒塌、爆裂，里面铁比裸露出来，有一处护栏处底端的大理石的地方，有一个坑，大理石断裂，台阶上的大理石有裂缝。在小金山观光驿站处有一显示屏主板遭雷击损坏。

（3）典型雷电灾害案例三

2021年6月27日16时20分，云安区都杨镇某重要办公场所遭雷击，5幢楼设备受雷击影响，造成断电，设备损坏，高压配电房内G01号进线柜中，1个复合绝缘氧化避雷器击坏，1个干式变压器电脑温度控制器损坏，1个高清摄像头损坏，1台交换机损坏，3号楼2层机房有2个24接口的视频监控电源损坏（1-16）接口。直接经济损失约为1.0万元。

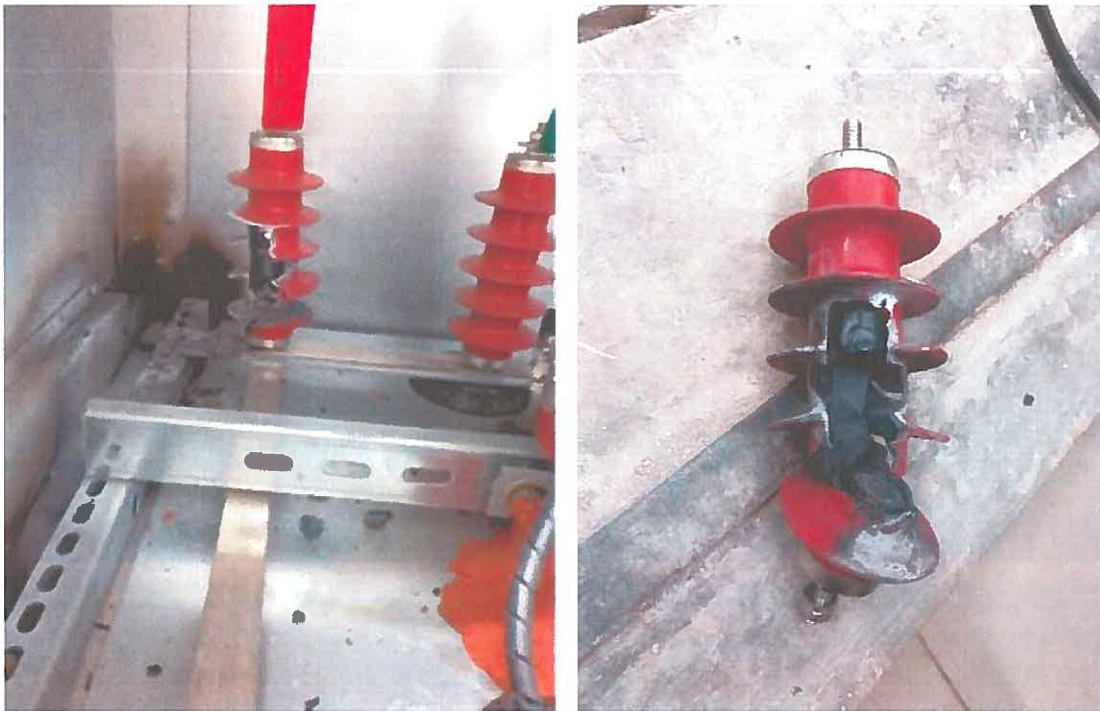


图 5.4-3 受灾现场

（4）结论

防止雷电事故措施：

①加强雷电的安全宣传教育，提高人员尤其是农村村民和户外工作人员雷电防护意识，掌握基本的雷电防护常识。

②雷暴多发季节，多渠道主动关注天气变化情况，当收到天气预警信息后应采取积极应对措施并互相提醒，避免雷电灾害事故发生。

③落实防雷装置“三同时制度”（同时设计、同时施工、同时投入使用），及时落实好防雷隐患整改；整改工程应由具有防雷专业能力的单位承担。

④采取适当的防直击和防雷电感应等技术措施。

⑤加强防雷装置的管理、定期检测和检查维护工作，确定防御重要设备和重点部位，设置安全标志，确保防雷装置符合有关法律规定和技术规范标准，并保障相关工作所必需的经费。

⑥加强雷雨天气的监测预警机制，雷雨天气期间合理安排企事业单位生产经营活动。

6 区域雷电灾害风险评估

6.1 区域雷电风险辨识

6.1.1 地域特点

云城区是云浮市人民政府所在地，地处广东省中西部、云浮市东北部，地势西南高、东北低，东邻肇庆市高要区，南与新兴县交界，西与云安区接壤，北与云安区都杨镇接壤。现辖云城、高峰、河口、安塘、腰古、思劳、前锋、南盛8个镇（街），思劳镇位于云浮市云城区东北部，总面积95.5平方公里，辖14个村委会和1个居委会，总人口2.2万人，以汉族为主。贯通镇境的主要公路分别有国道324线、县道X429线、广梧高速公路和三茂铁路云腰支线，其中广梧高速公路位于云浮市东部的第一个高速公路出入口就设在思劳镇，还有跨越两区三镇的公路快线的杨古快线（思劳段），交通十分便利。

6.1.2 雷灾特点

根据云浮市雷电危险性等级图（图 6.1-1），本项目位于云浮市雷电较高危险性区域，雷电灾害发生的风险较高。

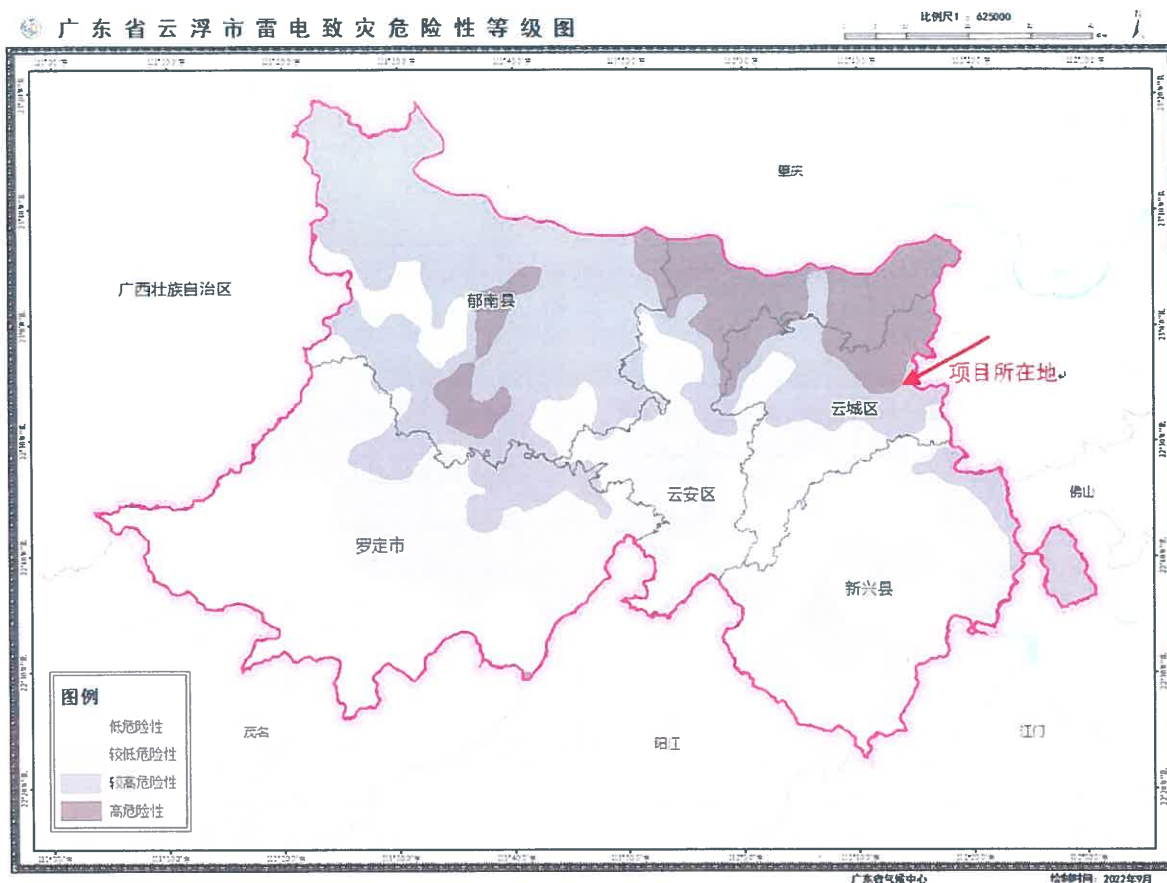


图 6.1-1 云浮市雷电危险性等级图

6.2 区域雷电风险分析

6.2.1 评估指标

根据自然灾害定义，区域雷电灾害的形成一般具有三个最重要的因素：致灾因子、孕灾环境和承灾体。根据评估项目特点，区域雷电灾害风险评估采用国标《风险管理-风险评估技术》（GB/T 27921-2011）中的层次分析法。

依据区域雷电风险辨识结论，参考标准《雷电灾害风险评估技术规范》（QX/T 85-2018），确定雷电风险、地域风险及承灾体风险为三个一级指标。根据层次分析法的条理化、层次化原则，区域雷电灾害风险评估的递阶层次结构模型如图 6.2-1 所示。

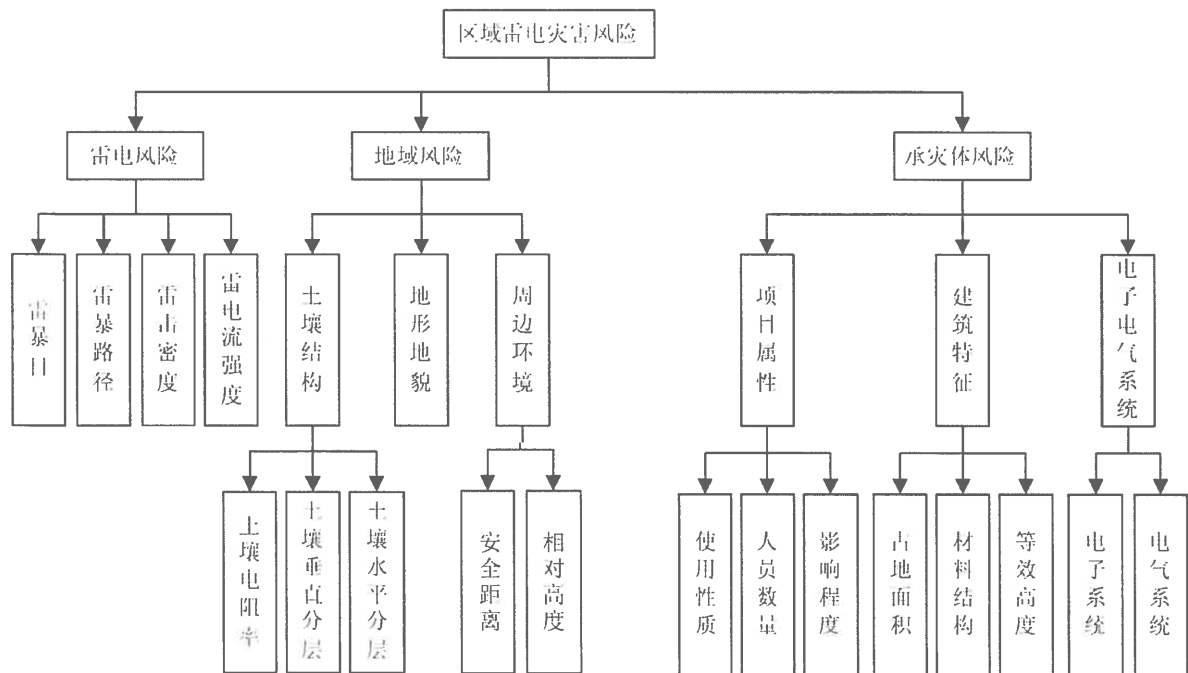


图 6.2-1 区域雷电灾害风险评估的层次结构模型

6.2.2 风险估算模型

根据《雷电灾害风险评估技术规范》（QX/T 85-2018），区域雷电灾害风险评估一般步骤如下：

- （1）建立层次结构模型；
- （2）提取致灾因子；
- （3）构造判断矢量；
- （4）计算相对权重；
- （5）一致性检验；
- （6）计算合成权重。

区域雷电灾害风险评估的一般计算公式为：

$$Z=W \cdot R = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m] \cdot \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} = [z_1, z_2, \dots, z_n] \cdots \cdots (1)$$

式中：

Z ——综合评价矢量；

W ——评估指标的权重矢量；

R ——评估指标的隶属度矢量。

可将区域雷电灾害风险分为 I、II、III、IV、V 共五个危险等级，综合评价见公式（2）。每个评价指标的综合评价可以用 g 判断。 g 值越小代表区域内雷电灾害风险越低， g 值越大代表区域内雷电灾害风险越高。

$$g = r_1 + 3 \times r_2 + 5 \times r_3 + 7 \times r_4 + 9 \times r_5 \cdots \cdots (2)$$

式中：

g ——目标的区域雷电灾害风险；

r_1 ——目标与危险等级 I 的隶属度；

r_2 ——目标与危险等级 II 的隶属度；

r_3 ——目标与危险等级 III 的隶属度；

r_4 ——目标与危险等级 IV 的隶属度；

r_5 ——目标与危险等级 V 的隶属度。

表 6.2-1 评估指标的危险等级

危险等级	g	说明
I	[0, 2)	低风险
II	[2, 4)	较低风险
III	[4, 6)	中等风险
IV	[6, 8)	较高风险
V	[8, 10]	高风险

g 值与对应风险（用色标表示）的关系如下：

综合评价（ g 值）及对应风险

6.2.3 区域雷电灾害风险估算

6.2.3.1 雷电风险等级

(1) 雷暴日

雷暴日分五个等级，见表 6.2-2。

表 6.2-2 雷暴日分级

危险等级	I级	II级	III级	IV级	V级
雷暴日 d/a	[0, 20)	[20, 40)	[40, 60)	[60, 90)	[90, 365)

佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）雷暴日参数取云浮国家基本气象站 30 年（1984-2013 年）雷暴日平均值，71 天，雷暴日隶属度见表 6.2-3。

表 6.2-3 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区雷暴日隶属度

风险等级 名称	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
A 区	0.0000	0.0000	0.1507	0.8493	0.0000
B 区	0.0000	0.0000	0.1507	0.8493	0.0000
C 区	0.0000	0.0000	0.1507	0.8493	0.0000

(2) 雷暴路径

雷暴路径越集中、锐度越大，则危险等级越高。雷暴路径分五个等级，V 级的雷暴路径仅为一个方向，IV 级的雷暴路径可以为一个或两个值，III 级、II 级、I 级的雷暴路径可依次从两个方向过渡到三个方向。因此，雷暴路径五个等级依次为：

表 6.2-4 雷暴路径分级

危险等级	雷暴路径特性
I 级	雷暴最大 3 个移动方向百分比之和小于 40%；
II 级	雷暴最大 3 个移动方向百分比之和大于 40%，小于 50%；
III 级	雷暴最大 2 个移动方向百分比之和大于 40%，小于 45%，或者最大 3 个移动方向百分比之和大于 50%；
IV 级	雷暴路径主方向的百分比大于 30%，小于 35%，或者最大 2 个移动方向百分比之和大于 45%；
V 级	雷暴路径主方向的百分比大于 35%。

根据当地历史雷暴活动分析，该地区雷暴路径危险等级如表 6.2-5 所示。

表 6.2-5 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区雷暴路径隶属度

风险等级 名称	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
A 区	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
B 区	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
C 区	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000

（3）雷击密度

佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）包括 A 区、B 区、C 区。雷击密度分五个等级，见表 6.2-6。

表 6.2-6 雷击密度分级

危险等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
雷击密度 次/(km ² •a)	[0, 5)	[5, 15)	[15, 30)	[30, 40)	[40, 100)

佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）雷击密度（即多年平均地闪密度）分别是 16.24、16.02 和 15.94 次/(km²•a)，隶属度见表 6.2-7。

表 6.2-7 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区雷击密度隶属度

风险等级 名称	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
A 区	0.0000	0.5006	0.4994	0.0000	0.0000
B 区	0.0000	0.5186	0.4814	0.0000	0.0000
C 区	0.0000	0.5251	0.4749	0.0000	0.0000

（4）雷电流强度

雷电流强度分五个等级，见表 6.2-8。

表 6.2-8 雷电流强度分级

危险等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
雷电流强度 (kA)	[0, 10)	[10, 20)	[20, 40)	[40, 60)	[60, ∞)

根据雷电流累积概率分布规律，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）各个片区雷电流强度隶属度见表 6.2-9。

表 6.2-9 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区雷电流强度隶属度

风险等级 名称	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
A 区	0.5490	0.2187	0.1632	0.0263	0.0417
B 区	0.5525	0.2170	0.1630	0.0256	0.0408
C 区	0.5503	0.2184	0.1640	0.0249	0.0412

（5）雷电风险指标

根据雷电风险各评价指标在雷电风险等级中相对重要程度，构造雷电风险评价指标的判断矩阵，见表 6.2-10，计算出雷电风险判断矩阵最大特征值 ($\lambda_{\max}=4.00$) 对应的归一化特征向量（权重向量）为：

表 6.2-10 雷电风险下属指标参量的权重计算结果

名称	最大特征值 $\lambda_{\max}$	权重 W	C.I.	一致性验证
A 区	4.0000	(0.3000, 0.2000, 0.3000, 0.2000)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证
B 区	4.0000	(0.3000, 0.2000, 0.3000, 0.2000)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证
C 区	4.0000	(0.3000, 0.2000, 0.3000, 0.2000)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证

根据第 6.2.2 节公式 (1)，综合雷电风险各评价指标隶属度分析结果，得出佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）各个片区的雷电风险指标评价结果，如表 6.2-11 所示。

表 6.2-11 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区雷电风险指标评价结果

名称	雷电风险指标评价结果	
	分量	综合评价
A 区	[0.1830, 0.2398, 0.4129, 0.1501, 0.0139]	4.1424
B 区	[0.1841, 0.2452, 0.4068, 0.1499, 0.0136]	4.1253
C 区	[0.1834, 0.2478, 0.4050, 0.1497, 0.0137]	4.1230

6.2.3.2 地域风险等级

(1) 土壤结构

土壤电阻率、土壤垂直分层、土壤水平分层均分五个等级，见表 6.2-12。

表 6.2-12 土壤结构各指标分级

危险等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
土壤电阻率 $\Omega \cdot m$	[3000, ∞)	[1000, 3000)	[300, 1000)	[100, 300)	[0, 100)
土壤垂直分层 $\Omega \cdot m$	[300, ∞)	[100, 300)	[30, 100)	[10, 30)	[0, 10)
土壤水平分层 $\Omega \cdot m$	[300, ∞)	[100, 300)	[30, 100)	[10, 30)	[0, 10)

根据佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）现场土壤电阻率实测值，分别计算区域的土壤电阻率、土壤垂直分层、土壤水平分层的隶属度，见表 6.2-13 至 6.2-15。

表 6.2-13 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区土壤电阻率隶属度

风险等级 名称	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
A 区	0.0000	0.0000	0.8009	0.1991	0.0000
B 区	0.0000	0.5100	0.4900	0.0000	0.0000
C 区	0.0000	0.1276	0.8724	0.0000	0.0000

表 6.2-14 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区土壤垂直分层隶属度

风险等级 名称	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
A 区	0.7662	0.2338	0.0000	0.0000	0.0000
B 区	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C 区	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

表 6.2-15 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区土壤水平分层隶属度

风险等级 地块名称	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
A 区	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
B 区	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C 区	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

根据各评价指标在土壤结构中相对重要程度，构造土壤结构评价指标的判断矩阵，见表 6.2-16，计算出土壤结构判断矩阵最大特征值（ $\lambda_{max}=3.049$ ）对应的归一化特征向量（权重向量）：

表 6.2-16 土壤结构下属指标参量的权重计算结果

名称	最大特征值 $\lambda_{\max}$	权重 W	C.I.	一致性验证
A 区	3.0	(0.7143, 0.1429, 0.1429)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证
B 区	3.0	(0.7143, 0.1429, 0.1429)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证
C 区	3.0	(0.7143, 0.1429, 0.14293)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证

根据第 6.2.2 节公式 (1)，综合土壤结构各评价指标隶属度分析结果，得出佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）区域的土壤结构指标评价结果，如表 6.2-17 所示。

表 6.2-17 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区土壤结构指标评价结果

名称	土壤结构指标评价结果	
	分量	综合评价
A 区	[0.2524, 0.0334, 0.5720, 0.1423, 0.0000]	4.2086
B 区	[0.2858, 0.3643, 0.3500, 0.0000, 0.0000]	3.1287
C 区	[0.2858, 0.0911, 0.6232, 0.0000, 0.0000]	3.6750

(2) 地形地貌

地形地貌危险分五个等级，依次为：

表 6.2-18 地形地貌分级

危险等级	地形地貌特性
I 级	平原；
II 级	丘陵；
III 级	山地；
IV 级	河流、湖泊以及低洼潮湿地区、山间风口等；
V 级	旷野孤立或突出区域。

表 6.2-19 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区地形地貌隶属度

名称	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
A 区	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
B 区	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C 区	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000

（3）周边环境

周边环境包含三个指标，从安全距离、相对高度角度分五个等级考虑周边环境的影响。

（a）安全距离

安全距离分五个等级，划分原则：

- I 级（不符合 II 级、III 级、IV 级、V 级的情况者）；
- 其他等级的划分见表 6.2-20。

表 6.2-20 安全距离分级（II 级～V 级）

危险等级	安全距离(m)				
	0/20 区	1/21 区	储存火（炸）药及其制品的场所	2/22 区	具有爆炸危险的露天钢质封闭气罐
II 级	[0, 1000)	[0, 1000)	[0, 500)	[0, 500)	[0, 500)
III 级	[0, 500)	[0, 500)	[0, 300)	[0, 300)	[0, 300)
IV 级	[0, 300)	[0, 300)	[0, 100)	[0, 100)	[0, 100)
V 级	[0, 100)	[0, 100)	[0, 100)（易引起爆炸且后果严重）	——	——

根据现场勘察情况，安全距离隶属度见表 6.2-21。

表 6.2-21 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区安全距离隶属度

风险等级 名称	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
A 区	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
B 区	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C 区	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000

(b) 相对高度

相对高度分五个等级，划分如表 6.2-22 所示：

表 6.2-22 相对高度分级

危险等级	材料结构特性
I 级	评估区域被比区域内项目高的外部建（构）筑物或其他雷击可接闪物所环绕
II 级	评估区域外局部方向有高于评估区域内项目的建（构）筑物或其他雷击可接闪物
III 级	评估区域外建（构）筑物或其他雷击可接闪物与评估区域内项目高度基本持平
IV 级	评估区域外建（构）筑物或其他雷击可接闪物低于区域内项目高度
V 级	评估区域外无建（构）筑物或其他雷击可接闪物

根据现场勘察所见，相对高度隶属度见表 6.2-23。

表 6.2-23 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区相对高度隶属度

风险等级 名称	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
A 区	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
B 区	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
C 区	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000

根据各评价指标在周边环境中的相对重要程度，构造周边环境评价指标的判断矩阵，见表 6.2-24，计算出周边环境判断矩阵最大特征值（ $\lambda_{max}=2.0000$ ）对应的归一化特征向量（权重向量）：

表 6.2-24 周边环境下属指标参量的权重计算结果

名称	最大特征值 $\lambda_{\max}$	权重 W	C.I.	一致性验证
A 区	2.0000	(0.2000, 0.8000)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证
B 区	2.0000	(0.2000, 0.8000)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证
C 区	2.0000	(0.2000, 0.8000)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证

根据第 6.2.2 节公式 (1)，综合周边环境各评价指标隶属度分析结果，得出佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）区域的周边环境指标评价结果，如表 6.2-25 所示。

表 6.2-25 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区周边环境指标评价结果

名称	周边环境指标评价结果	
	分量	综合评价
A 区	[0.0000, 0.2000, 0.0000, 0.8000, 0.0000]	6.2000
B 区	[0.2000, 0.0000, 0.0000, 0.8000, 0.0000]	5.8000
C 区	[0.0000, 0.2000, 0.0000, 0.8000, 0.0000]	6.2000

(4) 地域风险指标

根据各评价指标在地域风险中相对重要程度，构造地域风险评价指标的判断矩阵，见表 6.2-26，计算出地域风险判断矩阵最大特征值（ $\lambda_{\max}=3.0000$ ）对应的归一化特征向量（权重向量）：

表 6.2-26 地域风险下属指标参量的权重计算结果

名称	最大特征值 $\lambda_{\max}$	权重 W	C.I.	一致性验证
A 区	3.0000	(0.1250, 0.2500, 0.6250)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证
B 区	3.0000	(0.1250, 0.2500, 0.6250)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证
C 区	3.0000	(0.1250, 0.2500, 0.6250)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证

根据第 6.2.2 节公式（1），综合地域风险各评价指标隶属度分析结果，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）区域的地域风险指标评价结果如表 6.2-27 所示。

表 6.2-27 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区地域风险指标评价结果

名称	地域风险指标评价结果	
	分量	综合评价
A 区	[0.0315, 0.3792, 0.0715, 0.5178, 0.0000]	5.1511
B 区	[0.1607, 0.2955, 0.0438, 0.5000, 0.0000]	4.7661
C 区	[0.0357, 0.3864, 0.0779, 0.5000, 0.0000]	5.0844

6.2.3.3 承灾体风险等级

（1）项目属性

（a）使用性质

根据评估对象的规模、重要程度以及功能用途等分五个等级（具体分级标准参见《雷电灾害风险评估技术规范》（QX/T 85-2018）中附录 A 表 A.11），佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）各个片区的使用性质隶属度如下表。

表 6.2-28 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区使用性质隶属度

名称	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
A 区	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
B 区	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C 区	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

(b) 人员数量

人员数量分五个等级，见表 6.2-29。

表 6.2-29 人员数量分级

危险等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
人员数量 / 人	[0, 100)	[100, 300)	[300, 1000)	[1000, 3000)	[3000, ∞)

人员数量隶属度见表 6.2-30。

表 6.2-30 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区人员数量隶属度

风险等级 名称	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
A 区	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
B 区	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
C 区	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

(c) 影响程度

爆炸、火灾危险场所的影响程度（以下简称影响程度）分五个等级，见表 6.2-31，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）影响程度隶属度见表 6.2-32。

表 6.2-31 影响程度分级

危险等级	区域内项目危险特征
I 级	区域内项目遭受雷击后一般不会产生危及区域外的爆炸或火灾危险。
II 级	区域内项目有三级加油加气站，以及类似爆炸或火灾危险场所。
III 级	区域内项目有二级加油加气站，以及类似爆炸或火灾危险场所。
IV 级	区域内项目有一级加油加气站，四级 / 五级石油库，四级 / 五级石油天然气站场，小型、中型石油化工企业，小型民用爆炸物品储存库，小型烟花爆竹生产企业，危险品计算药量总量小于或等于 5000kg 的烟花爆竹仓库，小型、中型危险化学品企业及其仓库，以及类似爆炸或火灾危险场所。
V 级	区域内项目有一级 / 二级 / 三级石油库，一级 / 二级 / 三级石油天然气站场，大型、特大型石油化工企业，中型、大型民用爆炸物品储存库，中型、大型烟花爆竹生产企业，危险品计算药量总量大于 5000kg 的烟花爆竹仓库，大型、特大型危险化学品企业及其仓库，以及类似爆炸或火灾危险场所。

表 6.2-32 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区影响程度隶属度

名称 \ 风险等级	I级	II级	III级	IV级	V级
A 区	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
B 区	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C 区	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

根据各评价指标在项目属性中相对重要程度，构造项目属性评价指标的判断矩阵，计算出项目属性判断矩阵最大特征值对应的归一化特征向量（权重向量），见表 6.2-33。

表 6.2-33 项目属性下属指标参量的权重计算结果

名称	最大特征值 $\lambda_{\max}$	权重 W	C.I.	一致性验证
A 区	3.0000	(0.4000, 0.4000, 0.2000)	C.I.=0	C.R. = 0 < 0.1 通过一致性验证
B 区	3.0000	(0.4000, 0.4000, 0.2000)	C.I.=0	C.R. = 0 < 0.1 通过一致性验证
C 区	3.0000	(0.4000, 0.4000, 0.2000)	C.I.=0	C.R. = 0 < 0.1 通过一致性验证

根据第 6.2.2 节公式（1），综合项目属性各评价指标隶属度分析结果，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）的项目属性指标评价结果如表 6.2-34 所示。

表 6.2-34 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区项目属性指标评价结果

名称	项目属性指标评价结果	
	分量	综合评价
A 区	[0.4000, 0.2000, 0.0000, 0.0000, 0.4000]	4.6000
B 区	[0.6000, 0.0000, 0.0000, 0.0000, 0.4000]	4.2000
C 区	[0.6000, 0.0000, 0.0000, 0.0000, 0.4000]	4.2000

（2）建（构）筑物特征

（a）占地面积

将评估对象的占地面积分五个等级，见表 6.2-35。占地面积隶属度见表 6.2-36。

表 6.2-35 占地面积分级

危险等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
占地面积 (m ²)	[0, 2500)	[2500, 5000)	[5000, 7500)	[7500, 10000)	[10000, ∞)

表 6.2-36 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区占地面积隶属度

风险等级 地块名称	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
A 区	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
B 区	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
C 区	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

（b）等效高度

等效高度分五个等级，划分如表 6.2-37 所示。

表 6.2-37 等效高度分级

危险等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
等效高度 m	[0, 24)	[24, 45)	[45, 54)	[54, 100)	[100, ∞)

根据区域规划，以及收集到的 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）区域规划资料，计算等效高度隶属度见表 6.2-38。

表 6.2-38 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区等效高度隶属度

名称	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
A 区	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
B 区	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

名称	I 级	II 级	III级	IV级	V 级
C 区	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

（c）材料结构

根据评估对象的建（构）筑材料类型及项目的外墙设计、楼顶设计等可能被雷电直接击中的结构属性，将材料结构分五个等级，划分如表 6.2-39 所示：

表 6.2-39 材料结构分级

危险等级	材料结构特性
I 级	建（构）筑物为木结构
II 级	建（构）筑物为砖木结构
III级	建（构）筑物为砖混结构
IV级	建（构）筑物屋顶和主体结构为钢筋混凝土结构
V 级	建（构）筑物屋顶和主体结构为钢结构

根据区域规划，将区块材料结构分为钢筋混凝土结构和钢结构两类，材料结构隶属度见表 6.2-40。

表 6.2-40 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区材料结构隶属度

名称	I 级	II 级	III级	IV级	V 级
A 区	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
B 区	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
C 区	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000

根据各评价指标在建（构）筑物特征中相对重要程度，构造建（构）筑物特征评价指标的判断矩阵，计算出在不同情况下建（构）筑物特征判断矩阵最大特征值对应的归一化特征向量（权重向量），见表 6.2-41。

表 6.2-41 项目建（构）筑物特征下属指标参量权重计算结果

名称	最大特征值 $\lambda_{\max}$	权重 W	C.I.	一致性验证
A 区	3.0000	(0.2500, 0.2500, 0.5000)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证
B 区	3.0000	(0.2500, 0.2500, 0.5000)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证
C 区	3.0000	0.2500, 0.2500, 0.5000)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证

根据第 6.2.2 节公式（1），综合项目属性各评价指标隶属度分析结果，属性指标评价结果如表 6.2-42 所示。

表 6.2-42 项目建（构）筑物特征指标评价结果

名称	建（构）筑物特征指标评价结果	
	分量	综合评价
A 区	[0.5000, 0.0000, 0.0000, 0.2500, 0.2500]	4.5000
B 区	[0.5000, 0.0000, 0.0000, 0.2500, 0.2500]	4.5000
C 区	[0.5000, 0.0000, 0.0000, 0.2500, 0.2500]	4.5000

（3）电子电气系统

（a）电子系统

根据评估对象区域项目内电子系统规模、重要性及发生雷击事故后产生的影响，将电子系统分五个等级。根据区域特点，选取电子系统隶属度见表 6.2-43。

表 6.2-43 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区电子系统隶属度

风险等级 地块名称	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
A 区	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
B 区	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
C 区	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000

（b）电气系统

根据评估对象电力系统的电力负荷等级、室外低压配电线路敷设方式，将电气系统分五个等级，见表 6.2-44。

表 6.2-44 电气系统分级

危险等级	电气系统特性
I 级	电力负荷中仅有三级负荷，室外低压配电线路全线采用电缆埋地敷设
II 级	电力负荷中仅有三级负荷，符合下列情况之一者： ①室外低压配电线路全线采用架空电缆，或部分线路采用电缆埋地敷设； ②室外低压配电线路全线采用绝缘导线穿金属管埋地敷设，或部分线路采用绝缘导线穿金属管埋地敷设。
III 级	符合下列情况之一者： ①电力负荷中有一级负荷、二级负荷，室外低压配电线路全线采用电缆埋地敷设； ②电力负荷中仅有三级负荷，室外低压配电线路全线采用架空裸导线或架空绝缘导线。
IV 级	电力负荷中有一级负荷、二级负荷，符合下列情况之一者： ①室外低压配电线路全线采用架空电缆，或部分线路采用电缆埋地敷设； ②室外低压配电线路全线采用绝缘导线穿金属管埋地敷设，或部分线路采用绝缘导线穿金属管埋地敷设。
V 级	电力负荷中有一级负荷、二级负荷，室外低压配电线路全线采用架空裸导线或架空绝缘导线。

根据区域特点，假定：电力负荷中有一级负荷、二级负荷，室外低压配电线路全线采用电缆埋地敷设。电气系统隶属度见表 6.2-45。

表 6.2-45 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区电气系统隶属度

名称	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
A 区	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
B 区	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
C 区	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000

根据各评价指标在电子电气系统中相对重要程度，构造电子电气系统评价指标的判断矩阵，计算出电子电气系统判断矩阵最大特征值对应的归一化特征向量（权重向量），见表 6.2-46。

表 6.2-46 电子电气系统下属指标参量的权重计算结果

名称	最大特征值 $\lambda_{\max}$	权重 W	C.I.	一致性验证
A 区	2.0000	(0.3333, 0.6667)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证
B 区	2.0000	(0.3333, 0.6667)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证
C 区	2.0000	(0.3333, 0.6667)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证

根据第 6.2.2 节公式（1），综合电子电气系统各评价指标隶属度分析结果，各分区电子电气系统指标评价结果如表 6.2-47 所示。

表 6.2-47 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）片区电子电气系统指标评价结果

名称	电子电气系统指标评价结果	
	分量	综合评价
A 区	[0.0000, 0.0000, 1.0000, 0.0000, 0.0000]	5.0000
B 区	[0.0000, 0.0000, 1.0000, 0.0000, 0.0000]	5.0000
C 区	[0.0000, 0.0000, 1.0000, 0.0000, 0.0000]	5.0000

（4）承灾体风险指标

根据各评价指标在承灾体风险中相对重要程度，构造承灾体风险评价指标的判断矩阵，计算出承灾体风险判断矩阵最大特征值对应的归一化特征向量（权重向量），见表 6.2-48，并计算得到各个分区承灾体风险指标评估结果，如表 6.2-49。

表 6.2-48 区域雷电灾害风险指标参量的权重

名称	最大特征值 $\lambda_{\max}$	权重 W	C.I.	一致性验证
A 区	3.0000	(0.2500, 0.5000, 0.2500)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证
B 区	3.0000	(0.2500, 0.5000, 0.2500)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证
C 区	3.0000	(0.2500, 0.5000, 0.2500)	C.I.=0	C.R. = 0<0.1 通过一致性验证

表 6.2-49 项目区域承灾体风险指标评价结果

名称	各评价指标隶属度	
	分量	综合评价
A 区	[0.3500, 0.0500, 0.2500, 0.1250, 0.2250]	4.6500
B 区	[0.4000, 0.0000, 0.2500, 0.1250, 0.2250]	4.5500
C 区	[0.4000, 0.0000, 0.2500, 0.1250, 0.2250]	4.5500

6.3 区域雷电风险评估

根据以上分析结果，判定佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）的雷电风险等级，具体如下表：

表 6.3-1 项目区域雷电灾害风险评估结果

名称	各评价指标隶属度		风险等级
	分量	综合评价	
A 区	[0.2286, 0.1797, 0.2461, 0.2295, 0.1160]	4.6484	中等风险
B 区	[0.2862, 0.1352, 0.2376, 0.2250, 0.1159]	4.4979	中等风险
C 区	[0.2548, 0.1585, 0.2457, 0.2249, 0.1159]	4.5768	中等风险

从表 6.3-1 可得出：

（1）佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）各个片区区域雷电风险等级均为中等风险。从雷电灾害风险水平来看，该区域功能定位（定位为加工制造业为主导的工业园区，产业定位为主要发展生物医药产业、汽车配件产业、绿色建材产业和机械装备产业）是适合的。

（2）佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）各个片区区域雷电风险均为中等风险等级，较易因雷电致灾。在该区域规划设计、建设运营各阶段应加强防雷安全综合管理，提高承灾体的承载能力，降低区域雷电灾害风险水平。

根据区域雷电灾害风险分析过程可以得出，可以从三条途径减低雷电灾害风险水平：

一、减低雷电风险

在区域规划阶段，可以通过改变区域选址，降低区域的雷电风险指标；在区域选址确定的情况下，无法减低雷电风险。

二、减低地域风险

在选址确定的情况下，地域风险中，土壤结构和地形地貌两个指标无法通过采取可行的措施降低风险，但可在设计阶段使区域内建筑设计高度尽量与区域外的建筑高度相差基本一致，可以有效减低地域风险。

三、减低承灾体风险

通过降低承灾体风险指标，可显著降低区域雷电灾害风险。具体方法如下：

（1）降低区域内建筑物的建设高度可明显减低区域雷电灾害风险；

（2）建（构）筑物材料结构宜选用钢筋混凝土，并按照规范要求完善防雷装置；不宜选用钢结构，尤其是高层建筑物；

（3）电气系统中室外低压配电线路全线埋地敷设或者穿金属管埋地敷设，可以显著减低雷电灾害风险；

（4）该区域内建筑物应加强雷电灾害防御能力建设，如按规范要求设置防雷装置并制定相应的防雷安全管理制度，定期开展防雷安全知识培训，提高园区内企业防雷安全管理水平。

佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）在规划、设计、建设和运营阶段需采取的防御和减轻雷电灾害的建议、对策和措施，参见本报告第七章区域雷电风险控制措施相关内容。

7 区域雷电风险控制措施

根据区域规划文件，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）形象定位为山地型工业园区，现代产业示范区，功能定位为加工制造业为主导的工业园区，产业定位为主要发展生物医药产业、汽车配件产业、绿色建材产业和机械装备产业。作为一个以加工制造业为主导的工业园，如果发生雷击，可能引起建构筑物受损、生产设施受损、生产受阻、人身伤亡、财产损失等事故，造成巨大的经济损失和不良社会影响。

据前文列举的现场勘测、大气雷电环境分析、区域雷电灾害分析和区域雷电灾害风险分析结果，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）在规划、设计、建设施工、运营等阶段应采取相应防御和减轻雷电灾害的建议、对策和措施。

本报告分析结论是根据佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）所处大气雷电环境、地域特点、区域特点等进行的专项评价，具有很强的针对性，因此本报告区域雷电风险控制措施仅适用于佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）。按照《关于印发<广东省工程建设项目区域评估操作规程>的函》（粤自然资函〔2019〕2284号）文件规定，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）中属于例外清单中的项目，不适用本报告评估结论，须依法依规单独开展雷电灾害风险评估工作。

7.1 规划阶段

根据评估结论、区域特点和行业敏感性，对佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）提出合理布局区域内产业分布和项目选址的建议。

根据前文分析，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）1999-2022年平均地闪密度值介于15~17次/(km²·a)；区域各测点间土壤电阻率变化规律存在差异，部分区域总体土壤电阻率偏高，对接地电阻有较高要求的建构筑物选址可考虑选择土壤电阻率较低的区域。根据《佛山（云浮）产业转移工业园科技企业孵化器建设项目工程可行性研究报告》，建筑总高度控制在17层50米以下，如果本项目区域内建设超过60m的高层建（构）筑物应采用高级别雷电防护系统、加强雷电防护设计，提高雷电灾害防御能力，降低承灾体风险。

7.2 设计阶段

7.2.1 总体要求

根据第五章区域雷电灾害分析结论和第六章区域雷电灾害风险评估结论，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）雷电风险均属于中等风险等级。根据云浮市云城区近十年（2013-2022年）雷灾实例统计，雷灾类型主要为电子电器受损，因此园区内项目进行防雷设计时可适当提高设计要求，重点加强电气电子系统雷电防护能力。

根据佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）典型雷电流特征分析结论，该区域易发生小雷电流绕击事件，可考虑提高建筑物雷电防护等级，以提高防雷装置拦截效率。如果区域内存在超过60m的高层建筑或雷电敏感行业，建议宜适当提高雷电防护等级。

7.2.2 雷电防护等级

应按照佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）1999-2022年共24年平均地闪密度进行防雷设计，提高区域雷电灾害防御能力。

表 7.2-1 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）各个分区平均地闪密度值

名称	平均地闪密度值(次/(km ² ·a))
A 区	16.24
B 区	16.02
C 区	15.94

7.2.3 电气系统

①低压电源系统安装不少于两级的电涌保护器（SPD），高层建筑宜安装不少于三级的 SPD。应在低压电源线路引入的总配电箱、配电柜处装设 I 级试验的电涌保护器；靠近需要保护的设各处，对电气系统选用 II 级或 III 级试验的电涌保护器。

以累积概率为 1% 的雷电流（见表 7.2-2）估算佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）各个分区建构筑物电源系统雷击过电流（见表 7.2-3），选择电气系统电涌保护器（SPD）通流量。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 2 到 3 倍的安全裕量，同时适当提高第一级 SPD 通流量。

表 7.2-2 累积概率为 1% 的雷电流幅值表

名称	累积概率为 1% ($p \geq x$) 的雷电流幅值
A 区	96.0kA
B 区	95.7kA
C 区	95.2kA

②室外低压配电线路应全线采用电缆埋地敷设，如能穿金属管埋地敷设，效果更好。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。

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。

④每个电气装置的接地应分别以单独的接地线与接地干线相连接，多个电气装置不得串接后以一根接地线与接地干线连接。

表 7.2-3 本项目片区各级 SPD 通流量 (kA)

地点			A 区	B 区	C 区
i_0 (kA)			96.00	95.70	95.20
SPD1 (kA)	I ₁ (350)	I ₁ (350)	6.00	5.98	5.95
		I ₁ (20)	25.08	25.00	24.87
SPD2 (kA)	I ₂		12.54	12.50	12.44
SPD3 (kA)	I ₃		6.27	6.25	6.22
SPD4 (kA)	I ₄		3.14	3.13	3.11
加一倍裕量 (kA)	SPD1	I ₁ (350)	12.00	11.96	11.90
		I ₁ (20)	50.16	50.00	49.74
	SPD2	I ₂	25.08	25.00	24.87
	SPD3	I ₃	12.54	12.50	12.44
	SPD4	I ₄	6.27	6.25	6.22
加两倍裕量 (kA)	SPD1	I ₁ (350)	18.00	17.94	17.85
		I ₁ (20)	75.24	75.00	74.61
	SPD2	I ₂	37.62	37.50	37.31
	SPD3	I ₃	18.81	18.75	18.65
	SPD4	I ₄	9.41	9.38	9.33
加三倍裕量 (kA)	SPD1	I ₁ (350)	24.00	23.93	23.80
		I ₁ (20)	100.32	100.01	99.48
	SPD2	I ₂	50.16	50.00	49.74
	SPD3	I ₃	25.08	25.00	24.87
	SPD4	I ₄	12.54	12.50	12.44

⑤为防止高电位引入，架空进出建筑物的金属管道在建筑物外 1m 处，应与防雷电感应接地装置相连或就近接至防雷或电气设备的接地装置上，并设测试断接卡。

⑥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。

7.2.4 电子系统

电子系统的雷电防护应从等电位连接、屏蔽、合理布线、接地、SPD 等方面考虑，综合提高电子系统雷电防护水平。

（1）等电位连接及接地

①用电设备的金属外壳、构架及正常不带电的金属部分，应作保护接地。

②信息系统与接地装置的接地点应与防雷接地系统的接地点、配电所的保护地、工作地的接地点至少相隔 5m 以上，以免接闪或电气故障干扰自控系统的正常工作。

③所有信号空线对都应接地；采用光纤传输的线路，其光纤金属加强芯、金属外皮都应良好接地；光端设备金属外壳也应进行良好接地。

（2）屏蔽与布线

①信息系统设备机房不宜设置在建筑物的顶层，宜设置在建筑物低层中心部位，机房外墙应采取有效的电磁屏蔽措施。信息系统设备应与相应的雷电防护区屏蔽体及结构柱留有一定的安全距离。正常工作时，应保持室内设备外壳和机柜门常闭，有效利用设备或机柜自身金属外壳的屏蔽效能。

②供电线路、信息系统线路等宜采用屏蔽电缆或穿金属线槽敷设，屏蔽层及金属线槽应两端接地，金属屏蔽线槽（管）应保持良好电气导通性，并做等电位连接。信息系统线路与供电线路应分开敷设，否则应用金属材料做隔离，以免互相干扰。

（3）安装 SPD

①所有安装在室外的信息系统终端设备（监控仪表、探测设备等）等在信号线和电源线两端均需安装适配的 SPD。

②信息系统机房主控机、分控机设备端，信号线、通信线、各消防控制器的报警信号、各终端监控设备进、出线处安装适配的信号（视频）SPD，在穿越不同防雷分区时，应在防雷分区界面处装设适配的 SPD。

③现场安装的 SPD 安装位置应尽可能靠近户外信息系统终端设备。

④消防控制室与本地区或城市“119”报警指挥中心之间联网的进、出线端口，应装设适配的信号线路 SPD。

（4）其它

户外电子系统均应在外部防护装置的保护范围内。户外安装的信息系统终端设备（如监控仪表、探测设备等）均需采取有效的直击雷防护措施（如安装避雷短针或利用支撑金属杆作保护等）。

7.2.5 特殊构筑物

（1）金属屋面构筑物

区域内生产企业的建（构）筑物、大型设施设备等屋面若采用金属结构，雷电防护系统接闪器的选择应分两种情况：

① 不需重点考虑防击穿或存放易燃材料的引燃。

② 必须考虑防击穿、发热点、存放易燃材料等问题。

金属体与闪击通道接触处的热过程可用简化的模型表示假定，接触区的热分配与固定的电弧类同，电弧在金属电极表面产生数十伏的电压降（ U_e ，以下计算取其值为 30V），使金属加热的能量为 $W=U_e \cdot Q$ （ Q 为流经雷击点的电荷（As）），如考虑全部能量作用于热金属体时，雷击每库仑（As）电荷能熔化金属物的体积，铁： $V / Q \approx 4.4 \text{mm}^3 / \text{As}$ ；铜： $V / Q \approx 5.4 \text{mm}^3 / \text{As}$ ；铝： $V / Q \approx 12 \text{mm}^3 / \text{As}$ 。

根据上述简式可大致算出金属物遭二次雷电闪击时可能会出现的被熔化的深度。如果雷击点处加热面积的直径取 50-100mm（其相应面积为 $1963\text{-}7854 \text{mm}^2$ ），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 $0.229 \sim 1.375 \text{mm}$ 。

因此直接利用材质厚度为 0.5mm 的薄铁板作接闪器时，会有屋面板遭雷击而被烧穿或击坏的可能。

一般的接闪针都伤痕累累，是雷击时闪电瞬间热熔的原因。金属板屋面做接闪器，没有固定的接闪点，每次雷击都要在接闪点发生一次热熔化，久而久之，热熔疤痕就会锈蚀，以至洞穿，影响屋面的防水效果。

（a）金属屋面作接闪器

不需重点考虑防击穿或金属屋面下易燃材料的引燃的情况，金属屋面构筑物可利用其屋面作接闪器，金属板应符合表 7.2-4 的材料要求，金属板之间采用搭接时，其搭接长度不应小于 100mm。为了更有效地泄放雷电流，在构造要实现电气连通。

表 7.2-4 接闪器中，金属面板与金属管道的最小厚度

LPS 类型	材料	厚度 ^a t/mm	厚度 ^b t'/mm
I 至 VI	铅	—	2.0
	电镀不锈钢	4	0.5
	钛	4	0.5
	铜	5	0.5
	铝	7	0.65
	锌	—	0.7
a: 防止击穿、热熔或燃烧不力			
b: 对于不防击穿、热熔或燃烧的金属板			

除有特殊规定外，宜利用竖向结构主筋及钢构架作防雷引下线，将柱内靠外侧的二条通长焊接主筋，人字型钢柱、主三角形钢管桁架，工字钢柱等分别上下焊接贯通，并与屋面钢桁架焊接连通。为了要达到整个金属结构的电气连通，对钢管与钢管、连接点之间、板与钢管之间焊接。

（b） 设置接闪器

综上所述，当必须考虑防击穿、发热点、屋面下易燃材料等问题，金属屋面的建筑物不宜直接用屋面作接闪器，宜另设置接闪器保护。

屋面设明装接闪网，网格为 10m×10m 或 12m×8m，沿屋面外檐明敷接闪针带。在角位、金属顶窗、气楼等处设接闪短针保护。为了更有效地泄放雷电流，在构造要实现电气连通。

防雷引下线应沿外墙明敷，并经最短路径接地，在地面上 0.5m 处设测试卡子。引下线间距不大于 18m，上端与接闪带焊接，下端与接地体焊接，构成电气通路，接地焊接处均应刷沥青防腐。

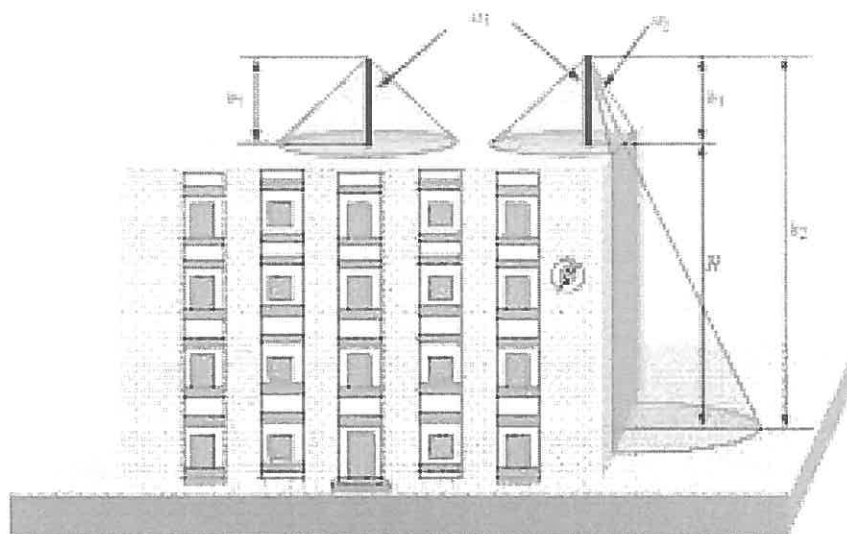
金属屋面构筑物的外部防雷设计与一般建筑物的外部防雷设计不同之处，主要在于其具有的建筑外形与屋面的差异性，如何结合建筑物的性质及其所处的地理位置、环境、重要性等因素来正确设置防雷装置具有很强

的必要性，从而使金属屋面构筑物的雷电防护系统更具科学性、合理性、完善性。

（2） 玻璃屋面建（构）筑物

区域内建（构）筑物、游览设施等，如设计的是含有玻璃屋面建筑物，应在凸出屋面的玻璃处增加接闪带作为接闪器。接闪带可采用不锈钢，玻璃架构上表面四周最边沿，紧贴玻璃敷设宽度为 25mm、厚度为 4mm 的不锈钢带。玻璃包边采用宽度能将玻璃侧面挡住、厚度为 4mm 的不锈钢带，并回包宽度为 25mm、厚度为 4mm 的不锈钢带。在龙骨架构处玻璃上表面敷设宽度为 25mm、厚度为 4mm 的不锈钢带，形成网格。玻璃架构上表面接闪网格尺寸小于 10m×10m 或 12m×8m。四周最边沿的不锈钢带与龙骨架构处玻璃上的不锈钢带焊接。接闪网格与龙骨采用宽度为 25mm、厚度为 4mm 的不锈钢带焊接三面的不锈钢带为一整体。

由于雷电流热效应、冲击波、动力效应的破坏作用，玻璃屋面建筑物的防雷设计，在条件允许的情况下，应尽可能使雷电流接闪点远离被保护的玻璃，宜在设计上利用金属装饰物作为接闪器，使玻璃屋面处于防雷保护范围内，使安全、美观达到一致。接闪器的设计可参考图 7.2-1，玻璃宜采用钢化玻璃。



H——建筑物离参考平面的高度 h_1 ——为接闪接闪针的物理高度 h_2 —— h_1+H 为接闪接闪针离地面高度
 α_1 ——高度 $h=h_1$ 时的保护角 h 为屋顶表面与参考平面的高度 α_2 ——高度为 h_2 的保护角

图 7.2-1 不同高度的保护角法的接闪器设计

(3) 具有悬臂部件建（构）筑物

区域内建（构）筑物、游览设施等，如设计具有悬臂部件，为避免位于悬臂建筑物下的人成为置于悬臂墙体的引下线中的雷电流通路的可能性，隔距 d (m) 应满足下列条件：

$$d > 2.5 + s \text{ (m)} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

s 为根据 (2) 计算得出的间隔距，m。

2.5m 为人体垂直伸展手掌时人站立的地方距人体手指尖的高度等于 2.5 见图 7.2-2。

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

式中：

k_i —取决于所选择的 LPS 类型见表 7.2-5；

k_c —取决于流经引下线的雷电流见表 7.2-6；

k_m —取决于电气绝缘材料见表 7.2-7;

1 一分隔点到最近等电位连接点沿接闪器或引下线的长度(m)。

表 7.2-5 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 7.2-6 外部 LPS 的绝缘-系数 k_c

引下线的数目 n	k_c
1	1
2	0.06
3根或3根以上	0.04
3根或3根以上, 5×5的网格或接闪系统的连续金属薄板	1/n
如: 每一接极具有相同的接地电阻值, 则对B型接地装置和A型接地装置均适用。 如果单一接地极的接地电阻值明显不同, 则 $k_c=1$ 。	

表 7.2-7 外部 LPS 的绝缘-系数 k_m

材料	k_m
空气	1
钢筋混凝土、砖瓦	0.5
注: 当有多种绝缘材料串接时, k_m 值取各种材料中较低的值。	

图 7.2-2 所示的导体环路可产生高的感应电压降, 因而导致雷电流向建筑物放电而引起损坏。

如不能满足 (2) 式的条件, 对图 7.2-2 所示情形, 为了在雷电导体环路的重入点形成直接路径, 应采用其他装置。

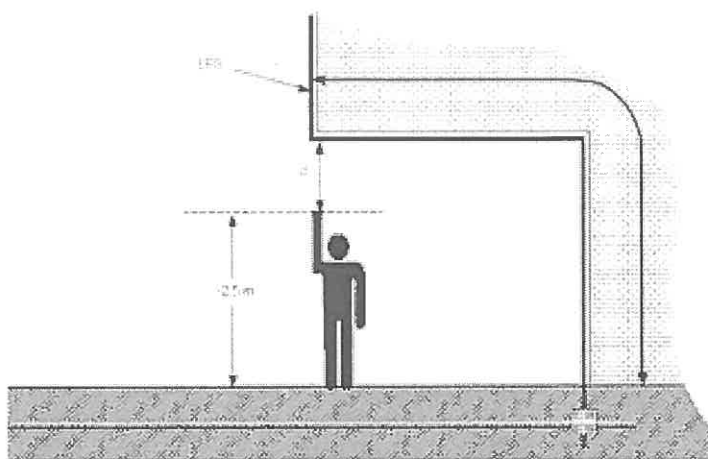


图 7.2-2 具有悬臂部件的建筑物的 LPS 设计

7.2.6 其他相关要求

（1）建议佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）重视建（构）筑物雷电防护，以减低承灾体风险。超过 60m 的高层建筑应提高雷电防护设计标准，按标准要求做好侧击雷的防护设计。

（2）区域内建（构）筑物的防雷装置应依照《雷电防护 第 3 部分：建筑物的物理损坏和生命危险》（GB/T 21714.3-2015）、《建筑物防雷设计规范》（GB 50057-2010）等现行规范设置。

（3）建（构）筑物和户外大型设施设备的防直击雷的人工接地装置距离建筑物出入口或人行道不应小于 3m，并应按标准要求采取适当的防接触电压和跨步电压措施。

（4）区域内建设项目应与穿越区域的架空高压输电线路保持适当的安全距离，对于敏感建设项目，其接地网与架空高压输电的接地网应按规范要求保持适当的安全距离，避免干扰。

（5）河流水系区域，土壤电阻率较低，地下水位高，容易遭受雷击，建议加强户外空旷环境的人身防雷安全管理。

（6）针对学校、医院、市民综合服务中心等人员密集的公共场所，一方面防雷设计要符合相应的防雷类别要求，另一方面要加强防雷安全的宣传。

（7）区域内新建建（构）筑物建筑材料宜选择钢筋混凝土结构，不建议建（构）筑物屋顶和主体结构选用钢结构。否则，应根据使用性质和内存物质特性，按照规范要求采用相应的雷电防护措施。

7.3 建设阶段

根据评估结论、区域特点和区域内项目特点，给出区域雷电安全监管工作重点和区域内项目建设施工阶段的雷电防护建议。

（1）合理安排施工时间和内容

根据大气雷电环境分析结论，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）雷电活动随月份和时段有明显变化规律，建设阶段宜根据雷电月变化和时变化合理安排区域内入驻工程施工进程，可将潜在雷电灾害危险显著降低。

利用雷电发生的季节变化规律和日变化规律，合理安排项目的现场施工进度。根据大气雷电环境分析结论，5~9月是区域全年闪电高发月份，也是区域全年雷电灾害高发月份。园区内大型设备、钢结构吊装施工，以及各类机房内灵敏设备安装、调试，宜尽可能避开5~9月进行。

区域内的闪电活动规律性比较强，分布比较集中，有明显的多发时段，主要是局地热力抬升作用而形成，主要集中在午后至傍晚12~21时。由于5~9月闪电密集且经常伴有暴雨，工程施工及危险性作业时应及时关注当地气象局发布的雷雨天气提示和雷雨大风灾害预警信号，注意区域多发时段和峰值时段的施工安全。当气象局发布了雷雨相关提示或预警时，应采

取相应的防御措施及时停止塔吊等可用作接闪器的施工机械安装、操作或拆卸作业，停止建设场地施工作业尤其是高空作业，室内作业人员不应靠近外部钢结构，并建议设立警示牌。在雷暴高发期，区域大型建构筑物尤其是高层建构筑物的施工宜结合专业雷电预警服务进行，能显著减低施工过程中雷电灾害事件的发生。

（2）施工现场的防雷措施

①应按照规范要求对建筑施工现场临时建筑、现场高耸机械设备、电子电器设备等采取雷电防护措施，保护人员、临时建筑和设备安全。

②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。

③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）。

④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。

⑤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。

⑥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/T 246-2014。

⑦建筑施工现场防雷装置安装完毕后，应由具备资质的机构检测合格后投入使用。施工总工期超过一年的，防雷装置应每年进行一次年检。

⑧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。

7.4 运营阶段

根据佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）区域雷电灾害评估结论、区域特点和区域内项目特点，区域内各单位运营阶段应采取如下雷电防护建议。

（1）园区内建构筑物、大型户外设施设备等应按照规范要求设置防雷装置。

（2）园区应制定防雷安全管理制度，配备专（兼）职防雷安全人员，定期开展防雷安全教育培训。

（3）园区应制定防雷安全隐患排查制度，建立防雷安全隐患台账。

（4）园区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。

（5）园区应及时为入驻企业通告气象部门发布的当地雷电预警信息，入驻企业也应及时向户外作业人员通告收到的雷电预警信息，并采取有针对性的雷电避险措施。雷暴期间，园区内企业应停止所有户外作业，人员不应靠近有雷电危险的场所和设施。

要加强区域内户外防雷措施，尤其是高风险的河流水域、公园、高层建筑楼顶等空旷环境以及可能触碰到防雷装置的环境的人身雷电防护，在这些区域可设置必要的防雷安全指引（警示标识、显示屏提醒等等）。

（6）园区及入驻企业宜结合雷暴特点合理安排各项活动。

根据佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）1999-2022 年地闪资料统计分析结论，雷电活动随季节和时段的不同有明显变化，应根据雷电活动规律合理规划安排园区各生产经营单位的相关工作，将潜在雷电灾害危险显著降低。

①雷电敏感性作业安排

对雷电比较敏感的作业，如敏感电子设备的安装调试作业等工作，宜避开雷暴高发的 5~9 月，尤其需要避开雷暴高发期的午后至傍晚 12 时~21 时。如果雷电敏感性作业的密度较大、频次较频繁，宜结合雷电专项预警预报来规避雷电灾害风险。

②人员密集型户外活动安排

园区内重要庆典、活动的安排宜避开 5~9 月进行，如实在无法避开，宜结合雷电专项预警预报合理安排进行。

（7）园区内防雷设施应按照国家相关规定定期检测和维护

园区应建立部门联动机制，园区管理方应注重区内防雷设施的监督管理，园区企业也应加强防雷设施的检测和维护，对防雷装置要进行定期检测和维护。入驻企业对所属防雷装置的检测和维护结果应通报园区管理方，园区管理方也应督促区内入驻企业做好防雷装置的检测和维护工作。

园区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相应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。

（8）园区在接收到雷暴等气象预警后，应借助显示屏、广播等系统及时传播气象预警信息。

（9）雷击事故处置方法

①雷击事故发生后，工作人员要沉着、镇静，不要惊慌，应迅速安排人员现场抢救和保护现场。

②雷击事故发生后，应尽快通知当地气象主管机构，并由气象主管机构组织相关部门以及人员进行雷电灾害调查，作出该次雷灾事故鉴定。

③雷击事故发生后，要组织人员对附近的防雷设施进行仔细检查，避免事故频繁发生。

（10）雷击时的应急措施

①人体在遭到雷击后一般会出现昏迷、假死等症状，应立即采取抢救措施，首先须马上进行人工呼吸，其次要对伤者进行心脏按摩并立即通知医院进行抢救处理。

②如果伤者遭受雷击引起衣服着火，为避免火势蔓延全身，应迅速让伤者平躺，用衣服或厚毯子及浇水等为伤者灭火。

③人被雷击中后，身上不会带电，雷电电流击中人后已经通过人体泄放入大地，所以接触受伤者进行抢救无触电危险。受伤者被雷电的电火花烧伤只是表面现象，最危险的是对心脏和呼吸系统的伤害。通常被雷击中的受伤者，常常会发心脏停跳、呼吸停止，这实际上是一种雷电“假死”的现象。要立即组织现场抢救，并向 120 求助。

④防雷专职负责人员应熟知雷电灾害应急机制，参与过雷电灾害应急预案，并熟练掌握基本的心肺复苏（CPR）技巧。图 7.4-1 为心肺复苏（CPR）步骤图。

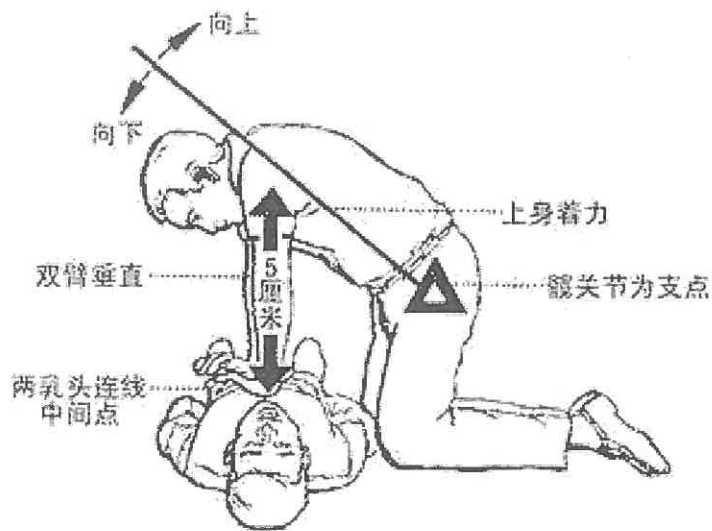


图 7.4-1 心肺复苏（CPR）步骤图

（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，每年汛期区域局地性强对流天气频繁发生。佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）属广东省雷电极高风险区范围内，宜加强与气象部门联动，在区域内建设雷电监测和预警系统，及时获取雷电等气象预警信息。园区内各单位生产经营活动宜结合雷电等气象预警信息，科学合理的安排。

8 评估结论

8.1 数据资料选取

根据佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）地理位置，选取云浮国家基本气象站 1984-2013 年雷暴日资料。根据佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）地理坐标，选取广东省雷电定位系统 1999-2022 年共 24 年雷电监测数据资料进行地闪数据处理，对佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）及扩充的 3km 半径范围地闪数据进行统计分析。雷电灾害资料采用广东省防雷减灾管理中心发布的 2013-2022 年《广东省雷电灾害典型实例汇编》。

8.2 数据分析结论

（1）经现场实地测量，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）11 个测点中，测点 1、测点 3、测点 8，测点 10 土壤电阻率总体相对其他测点偏低，测点分别位于 A 区、C 区；其余测点土壤电阻率总体相对较高。测点 1、测点 2、测点 3、测点 6、测点 7、测点 8、测点 10 浅层土壤电阻率平均值小于深层土壤电阻率平均值，其他测点浅层土壤电阻率平均值大于深层土壤电阻率平均值。区域各测点间土壤电阻率变化规律存在差异，部分区域总体土壤电阻率偏高。园区 110 项土壤电阻率数据中，最大值为 $3150 \Omega \cdot m$ （测点 6），最小值为 $91.2 \Omega \cdot m$ （测点 3）。

（2）根据项目所在地的云浮国家基本气象站 30 年（1984-2013 年）雷暴日观测数据分析：年平均雷暴日为 71 天，8 月雷暴最强。

（3）根据 1999-2022 年广东省闪电定位资料分析：

①佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）闪电活动主要集中在 5~8 月，前汛期（4~6 月）峰值出现在 6 月，后汛期（7~9 月）峰值出现在 7 月。雷电多发时段为 12 时~18 时，峰值 15 时。

②区域 3km 范围内地闪密度值为 15~17 次/(km²·a)；1%概率对应的雷电流强度为 95kA~96kA；雷电 50%概率对应的雷电流强度为 24kA~25kA。

详细雷电活动特征参数见表 8.2-1。

表 8.2-1 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）雷电活动特征参数表

名称	平均地闪密度值 (次/(km ² ·a))	平均电流 强度(kA)	50%概率所对应的 雷电流强度(kA)	4-9 月 所占比例	雷电多发 时段
A 区	16.24	24.21	18.1kA	93.4%	12 时至 21 时
B 区	16.02	24.09	18.0kA	93.0%	12 时至 21 时
C 区	15.94	24.00	18.1kA	93.2%	12 时至 21 时

8.3 区域雷电灾害风险评估结论

本报告依据标准《雷电灾害风险评估技术规范》（QX/T 85-2018），采用层次分析法对各个片区进行区域雷电灾害风险评估，评估结论如下：

（1）佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）区域雷电风险等级为中等风险。从雷电灾害风险水平来看，该区域功能定位（定位为加工制造业为主导的工业园区，产业定位为主要发展生物医药产业、汽车配件产业、绿色建材产业和机械装备产业）是适合的。

（2）佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）各个分区区域雷电风险均为中等风险等级，较易因雷电致灾。在该区域规划设计、建设运营各阶段应加强防雷安全综合管理，提高承灾体的承载能力，降低区域雷电灾害风险水平。雷电风险控制措施请参考本报告第 7 章相关内容。

（3）根据《雷电灾害风险评估技术规范》（QX/T 85-2018），区域雷电灾害风险分为 I、II、III、IV、V 共五个危险等级，每个评价指标的

综合评价用 g 判断。 g 值越小代表区域内雷电灾害风险越低， g 值越大代表区域内雷电灾害风险越高。

表 8.3-1 评估指标的危险等级

危险等级	g	说明
I	$[0, 2)$	低风险
II	$[2, 4)$	较低风险
III	$[4, 6)$	中等风险
IV	$[6, 8)$	较高风险
V	$[8, 10]$	高风险

g 值与对应风险（用色标表示）的关系如下：

综合评价（ g 值）及对应风险

0 2 4 6 8 10

低 中 高

佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）各个区域雷电灾害风险评估结果见表 8.3-2。

表 8.3-2 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）区域雷电灾害风险评估结果

名称	各评价指标隶属度	综合评价	风险等级
	分量		
A 区	$[0.2286, 0.1797, 0.2461, 0.2295, 0.1160]$	4.6484	中等风险
B 区	$[0.2862, 0.1352, 0.2376, 0.2250, 0.1159]$	4.4979	中等风险
C 区	$[0.2548, 0.1585, 0.2457, 0.2249, 0.1159]$	4.5768	中等风险

评估结论汇总见表 8.3-3。

表 8.3-3 评估结论汇总表

地块	区域风险水平	风险主要来源	主要防护措施
A 区	风险综合等级为第 III 级，为中等风险，产生雷击灾害事故的可能性较大。	该组团处于 III 级以上的原始影响指标共有 10 个，风险主要来源从高到低依次为：人员数量（V）、占地面积（V）、材料结构（IV）、相对高度（IV）、雷暴日（III-IV）、电气系统（III）、雷暴路径（III）、雷击密度（II-III）、土壤电阻率（III-IV）、雷电流强度（I-V）。	该区域人身安全是防护的重点，并加强区内电气设备雷电安全防护工作。主要防护措施： (1) 构筑物应按规范要求采取相应的防护措施；高层建筑应按照防雷标准采取相应的侧击雷防护措施；区域企业电子电气系统，应采取相应的防闪电电感应或防闪电电涌侵入措施。 (2) 危化品场所应按照生产物料的危险性和项目特点采取相应的雷电防护措施，包括直击雷防护措施、侧击雷防护措施、防闪电电感应或防闪电电涌侵入措施等。 (3) 提高区域防雷安全管理能力；定制雷电预警服务；区域内单位制定雷击事故应急预案；区域内单位定期或不定期对相关人员进行雷电防护安全教育和培训。
B 区	风险综合等级为第 III 级，为中等风险，产生雷击灾害事故的可能性较大。	该组团处于 III 级以上的原始影响指标共有 10 个，风险主要来源从高到低依次为：人员数量（V）、占地面积（V）、材料结构（IV）、相对高度（IV）、雷暴日（III-IV）、电气系统（III）、雷暴路径（III）、雷击密度（II-III）、土壤电阻率（III-IV）、雷电流强度（I-V）。	该区域人身安全是防护的重点，并加强办公电子电器的雷电安全防护工作。主要防护措施： (1) 构筑物应按规范要求采取相应的防护措施；高层建筑应按照防雷标准采取相应的侧击雷防护措施；区域企业电子电气系统，应采取相应的防闪电电感应或防闪电电涌侵入措施。 (2) 提高区域防雷安全管理能力；定制雷电预警服务；区域内单位制定雷击事故应急预案；区域内单位定期或不定期对相关人员进行雷电防护安全教育和培训。

地块	区域风险水平	风险主要来源	主要防护措施
C区	风险综合等级为第III级，为中等风险，产生雷击灾害事故的可能性较大。	该组团处于III级以上的原始影响指标共有10个，风险主要来源从高到低依次为：人员数量（V）、占地面积（V）、材料结构（IV）、相对高度（IV）、雷暴日（III-IV）、电气系统（III）、雷暴路径（III）、雷击密度（II-III）、土壤电阻率（II-III）、雷电流强度（I-V）。	该区域人身安全是防护的重点，并加强办公电子电器的雷电安全防护工作。主要防护措施： (1) 建筑物按规范要求采取相应的防护措施，尤其注意避免因雷电直击和线路感应引发的火灾。 (2) 高层建筑物应按照防雷标准采取相应的侧击雷防护措施；区域企业电子电气系统，应采取相应的防闪电感应或闪电电涌侵入措施。 (3) 提高区域防雷安全管理能力：定制雷电预警服务；区域内单位制定雷击事故应急预案；区域内单位定期或不定期对相关人员进行雷电防护安全教育和培训

8.4 区域雷电风险控制措施

8.4.1 规划阶段

佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）1999-2022 年平均地闪密度值介于 15~17 次/(km²·a)；区域各测点间土壤电阻率变化规律存在差异，部分区域总体土壤电阻率偏高，对接地电阻有较高要求的建构筑物选址可考虑选择土壤电阻率较低的区域。根据《佛山（云浮）产业转移工业园科技企业孵化器建设项目工程可行性研究报告》，建筑总高度控制在 17 层 50 米以下，如果本项目区域内建设超过 60m 的高层建（构）筑物应采用高级别雷电防护系统、加强雷电防护设计，提高雷电灾害防御能力，降低承灾体风险。

8.4.2 设计阶段

8.4.2.1 总体要求

根据第五章区域雷电灾害分析结论和第六章区域雷电灾害风险评估结论，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）雷电风险均属于中等风险等级。根据云浮市云城区近十年（2013-2022 年）雷灾实例统计，雷灾类型主要为电子电器受损，因此园区内项目进行防雷设计时可适当提高设计要求，重点加强电气电子系统雷电防护能力。

根据佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）典型雷电流特征分析结论，该区域易发生小雷电流绕击事件，可考虑提高建筑物雷电防护等级，以提高防雷装置拦截效率。如果区域内存在超过 60m 的高层建筑或雷电敏感行业，建议宜适当提高雷电防护等级。

8.4.2.2 雷电防护等级

应按照佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）1999-2022 年共 24 年平均地闪密度进行防雷设计，提高区域雷电灾害防御能力。

表 8.4-1 佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）各个分区平均地闪密度值

名称	平均地闪密度值(次/(km ² ·a))
A 区	16.24
B 区	16.02
C 区	15.94

8.4.2.3 电气系统

①低压电源系统安装不少于两级的电涌保护器（SPD），高层建筑宜安装不少于三级的 SPD。应在低压电源线路引入的总配电箱、配电柜处装设 I 级试验的电涌保护器；靠近需要保护的设设备处，对电气系统选用 II 级或 III 级试验的电涌保护器。

以累积概率为 1% 的雷电流（见表 8.4-2）估算佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）各个分区建构筑物电源系统雷击过电流（见表 7.2-3），选择电气系统电涌保护器（SPD）通流量。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 2 到 3 倍的安全裕量，同时适当提高第一级 SPD 通流量。

表 8.4-2 累积概率为 1% 的雷电流幅值表

名称	累积概率为 1% ($p \geq x$) 的雷电流幅值
A 区	96.0kA
B 区	95.7kA
C 区	95.2kA

②室外低压配电线路应全线采用电缆埋地敷设，如能穿金属管埋地敷设，效果更好。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。

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。

④每个电气装置的接地应分别以单独的接地线与接地干线相连接，多个电气装置不得串接后以一根接地线与接地干线连接。

⑤为防止高电位引入，架空进出建筑物的金属管道在建筑物外 1m 处，应与防雷电感应接地装置相连或就近接至防雷或电气设备的接地装置上，并设测试断接卡。

⑥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。

8.4.2.4 电子系统

电子系统的雷电防护应从等电位连接、屏蔽、合理布线、接地、SPD 等方面考虑，综合提高电子系统雷电防护水平。

8.4.2.5 其他相关要求

（1）建议佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）重视建（构）筑物雷电防护，以减低承灾体风险。超过 60m 的高层建筑应提高雷电防护设计标准，按标准要求做好侧击雷的防护设计。

（2）区域内建（构）筑物的防雷装置应依照《雷电防护 第3部分：建筑物的物理损坏和生命危险》（GB/T 21714.3-2015）、《建筑物防雷设计规范》（GB 50057-2010）等现行规范设置。

（3）建（构）筑物和户外大型设施设备的防直击雷的人工接地装置距离建筑物出入口或人行道不应小于 3m，并应按标准要求采取适当的防接触电压和跨步电压措施。

（4）区域内建设项目应与穿越区域的架空高压输电线路保持适当的安全距离，对于敏感建设项目，其接地网与架空高压输电的接地网应按规范要求保持适当的安全距离，避免干扰。

（5）加强户外空旷环境的人身防雷安全管理。

（6）学校、医院、市民综合服务中心等人员密集的公共场所，一方面防雷设计要符合相应的防雷类别要求，另一方面要加强防雷安全的宣传。

（7）区域内新建建（构）筑物建筑材料宜选择钢筋混凝土结构，不建议建（构）筑物屋顶和主体结构选用钢结构。否则，应根据使用性质和内存物质特性，按照规范要求采用相应的雷电防护措施。

8.4.3 建设阶段

根据评估结论、区域特点和区域内项目特点，给出区域雷电安全监管工作重点和区域内项目建设施工阶段的雷电防护建议。

（1）合理安排施工时间和内容

根据大气雷电环境分析结论，佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）雷电活动随月份和时段有明显变化规律，建设阶段宜根据雷电月变化和时变化合理安排区域内入驻工程施工进程，可将潜在雷电灾害危险显著降低。

利用雷电发生的季节变化规律和日变化规律，合理安排项目的现场施工进度。根据大气雷电环境分析结论，5~9月是区域全年闪电高发月份，也是区域全年雷电灾害高发月份。园区内大型设备、钢结构吊装施工，以及各类机房内灵敏设备安装、调试，宜尽可能避开5~9月进行。

区域内的闪电活动规律性比较强，分布比较集中，有明显的多发时段，主要是局地热力抬升作用而形成，主要集中在午后至傍晚12~21时。由于5~9月闪电密集且经常伴有暴雨，工程施工及危险性作业时应及时关注当地气象局发布的雷雨天气提示和雷雨大风灾害预警信号，注意区域多发时段和峰值时段的施工安全。

（2）施工现场的防雷措施

①应按照规范要求对建筑施工现场临时建筑、现场高耸机械设备、电子电器设备等采取雷电防护措施，保护人员、临时建筑和设备安全。

②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。

③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）。

④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。

⑤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。

⑥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/T 246-2014。

⑦建筑施工现场防雷装置安装完毕后，应由具备资质的机构检测合格后投入使用。施工总工期超过一年的，防雷装置应每年进行一次年检。

⑧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。

8.4.4 运营阶段

根据佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）区域雷电灾害评估结论、区域特点和区域内项目特点，区域内各单位运营阶段应采取如下雷电防护建议：

（1）园区内建构筑物、大型户外设施设备等应按照规范要求设置防雷装置。

（2）园区应制定防雷安全管理制度，配备专（兼）职防雷安全人员，定期开展防雷安全教育培训。

（3）园区应制定防雷安全隐患排查制度，建立防雷安全隐患台账。

（4）园区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。

（5）园区应及时为入驻企业通告气象部门发布的当地雷电预警信息，入驻企业也应及时向户外作业人员通告收到的雷电预警信息，并采取有针对性的雷电避险措施。雷暴期间，园区内企业应停止所有户外作业，人员不应靠近有雷电危险的场所和设施。

要加强区域内户外防雷措施，尤其是高风险的河流水域、公园、高层建筑楼顶等空旷环境以及可能触碰到防雷装置的环境的人身雷电防护，在这些区域可设置必要的防雷安全指引（警示标识、显示屏提醒等等）。

（6）园区及入驻企业宜结合雷暴特点合理安排各项活动。

（7）园区内防雷设施应按照国家相关规定定期检测和维护

（8）园区在接收到雷暴等气象预警后，应借助显示屏、广播等系统及时传播气象预警信息。

（9）应妥善处理雷击事故。

（10）加强园区雷电监测和预警。

8.5 入驻企业防雷指引

根据《广东省防御雷电灾害管理规定》（广东省人民政府令第 284 号），园区内新建、改建、扩建建（构）筑物、场所和设施应当按照有关标准和规定安装雷电防护装置，并与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

1、工程建设许可阶段，属于例外清单的项目需要进行雷电灾害风险评估，由企业委托评估单位编制工程雷电灾害风险评估报告，并完成报告审查，不属于例外清单的项目无需此项。

2、施工许可阶段，企业委托设计单位编制防雷装置施工图设计文件，报相关主管机构完成防雷装置施工图设计文件审查。

3、竣工验收阶段，企业委托具备相应资质的检测单位完成雷电防护装置分段检测和雷电防护装置竣工检测，并出具相应的报告，报相关主管机构完成雷电防护装置竣工验收。

需要特别说明的是：防雷装置检测具有分阶段、周期长、隐蔽工程与非隐蔽工程相结合的特点，因此各相关单位应做好沟通工作，尤其应根据施工进度和检测要求，适时通知检测单位进场检测。

根据佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）特点和项目类型，防御雷电灾害管理主管部门主要分两类：

①油库、气库、弹药库、化学品仓库、烟花爆竹、石化等易燃易爆建设工程和场所，雷电易发区内的矿区、旅游景点或者投入使用的建（构）筑物、设施等需要单独安装雷电防护装置的场所，以及雷电风险高且没有防雷标准规范、需要进行特殊论证的大型项目，由气象部门负责防雷装置设计审核和竣工验收许可。

②房屋建筑、市政基础设施、公路、水路、铁路、民航、水利、电力、核电、通信等建设工程的主管部门，负责相应领域内建设工程的防御雷电灾害管理，并将雷电防护装置的施工、检测、竣工验收等信息数据与防雷安全监管平台共享。

房屋建筑工程和市政基础设施工程防雷装置设计审核、竣工验收许可，整合纳入建筑工程施工图审查、竣工验收备案，统一由住房城乡建设部门监管，联合验收由当地住建局牵头并联合当地气象局完成。

8.6 本报告适用范围和有效期说明

本报告是根据佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）所处大气雷电环境、地域特点、区域特点等进行的专项评价，具有很强的针对性，因此本报告区域雷电风险管理措施仅适用于佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）。

按照《关于印发<广东省工程建设项目区域评估操作规程>的函》（粤自然资函〔2019〕2284号）文件规定，佛山（云浮）产业转移工业园（思

劳片区）中属于例外清单中的项目，不适用本报告评估结论，须依法依规单独开展雷电灾害风险评估工作。

本报告有效期为 5 年（自报告通过评审起算）。

结束语

本报告通过对佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）进行现场踏勘和土壤电阻率测量，根据多年雷暴日数据、闪电定位系统数据、雷电灾害资料等项目所处区域的大气雷电环境、雷灾特征、区域雷电灾害风险等进行了专项评价，针对性地提出了雷电防护措施和建议。对于本报告中的结论、观点，欢迎各方面专家批评指正，共同研究、讨论。

雷电灾害风险评估是一项综合、复杂的技术服务工作。希望本报告能为制定防雷减灾措施提供决策依据，科学防雷，趋利避害，最大限度地避免或减轻雷电灾害造成的生命财产损失。应当声明的是：本报告所涉及的雷电参数计算和防雷安全指导建议是基于国际国内防雷标准给出的，超出标准和建议的雷击损坏是可能存在的。

在本项目区域雷电灾害风险评估过程中，我们得到了佛山（云浮）产业转移工业园管理委员会的大力支持，在此深表感谢！

佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）
区域雷电灾害风险评估项目组
2024年1月



附件 1

广东省雷雨大风预警信号

雷雨大风预警信号分三级，分别以黄色、橙色、红色表示。

（一）雷雨大风黄色预警信号

图标：



含义：6 小时内本地将受雷雨天气影响，平均风力可达 6 级以上，或者阵风 8 级以上，并伴有强雷电；或者已经受雷雨天气影响，平均风力达 6~7 级，或者阵风 8~9 级，并伴有强雷电，且将持续。

防御指引：

- 1.关注雷雨大风最新消息和有关防御通知，做好防御大风、雷电工作。
- 2.及时停止户外集体活动，停止高空等户外作业。
- 3.居民应当关紧门窗，妥善安置室外搁置物和悬挂物，尽量避免外出，留在有雷电防护装置的安全场所暂避。
- 4.公园、景区、游乐场等户外场所应当做好防护措施，确保人员安全。
- 5.采取必要措施，保障易受雷击的设备设施和场所的安全。
- 6.机场、轨道交通、高速公路、港口码头等经营管理单位应当采取措施，保障安全。

（二）雷雨大风橙色预警信号

图标：



含义：2小时内本地将受雷雨天气影响，平均风力可达8级以上，或者阵风10级以上，并伴有强雷电；或者已经受雷雨天气影响，平均风力为8~9级，或者阵风10~11级，并伴有强雷电，且将持续。

防御指引：

- 1.密切关注雷雨大风最新消息和有关防御通知，迅速做好防御大风、雷电工作。
- 2.立即停止户外活动和作业。
- 3.居民应当关紧门窗，妥善安置室外搁置物和悬挂物。
- 4.居民应当避免外出，远离户外广告牌、棚架、铁皮屋、板房等易被大风吹动的搭建物，切勿在树下、电杆下、塔吊下躲避，应当留在有雷电防护装置的安全场所暂避。
- 5.公园、景区、游乐场等户外场所应当及时发出警示信息，适时关闭相关区域，停止营业，组织居民避险。
- 6.在建工地应当采取防护措施，加强工棚、脚手架、井架等设施 and 塔吊、龙门吊、升降机等机械、电器设备的安全防护，保障居民安全。
7. 机场、轨道交通、高速公路、港口码头等经营管理单位应当迅速采取措施，确保安全。
8. 相关应急处置部门和抢险单位密切监视灾情，做好应急抢险救灾工作。

（三）雷雨大风红色预警信号

图标：



含义：2 小时内本地将受雷雨天气影响，平均风力可达 10 级以上，或者阵风 12 级以上，并伴有强雷电；或者已经受雷雨天气影响，平均风力为 10 级以上，或者阵风 12 级以上，并伴有强雷电，且将持续。

防御指引：

- 1.严密关注雷雨大风最新消息和有关防御通知，迅速做好防御大风、雷电工作。
- 2.立即停止户外活动和作业。
- 3.居民应当关紧门窗，妥善安置室外搁置物和悬挂物。
- 4.居民切勿外出，远离户外广告牌、棚架、铁皮屋、板房等易被大风吹动的搭建物，切勿在树下、电杆下、塔吊下躲避，应当留在有雷电防护装置的安全场所暂避。
- 5.公园、景区、游乐场等户外场所应当立即发出警示信息，立即关闭相关区域，停止营业，组织人员避险。
- 6.在建工地应当采取防护措施，加强工棚、脚手架、井架等设施 and 塔吊、龙门吊、升降机等机械、电器设备的安全防护，保障人员安全。
- 7.机场、轨道交通、高速公路、港口码头等经营管理单位应当迅速采取措施，确保安全。
- 8.相关应急处置部门和抢险单位密切监视灾情，做好应急抢险救灾工作。

摘录自：《广东省气象灾害预警信号分布规定》

附件 2

法人、其他组织防雷安全主体责任清单

责任主体	事项清单	依据	备注
新建、改建、扩建（构）建筑物、场所和设施建设工程业主单位或个人	1. 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应当进行雷电灾害风险评估	《气象灾害防御条例》第二十七条 《广东省气象灾害防御条例》第二十一条 《防雷减灾管理办法（修订）》（中国气象局令第 24 号）第二十七条 《广东省防雷雷电灾害管理规定》（广东省人民政府令第 284 号）第十一条第一款	
	2. 新建、改建、扩建（构）建筑物、场所和设施应当按照有关标准和规定安装雷电防护装置，并与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用	《中华人民共和国气象法》第三十一条第二款 《气象灾害防御条例》第二十三条第一款 《广东省气象灾害防御条例》第二十六条第二款 《防雷减灾管理办法（修订）》（中国气象局令第 24 号）第十一条、第二十八条、第三十条 《广东省防雷雷电灾害管理规定》（广东省人民政府令第 284 号）第十五条第一款	气象部门负责油库、气库、弹药库、化学品仓库和烟花爆竹、石化等易燃易爆建设工程和场所；雷电易发区内的矿区、旅游景点或者投入使用的建（构）筑物、设施等需要单独安装雷电防护装置的场所；雷电风险高且没有防雷标准规范、需要进行特殊论证的大型项目的雷电防护装置，应当通过气象主管机构设计审核和竣工验收。房屋建筑、市政基础设施、公路、水路、铁路、民航、水利、电力、核能、通信等建设工程的防雷雷电灾害管理工作，由相应领域内的主管部门负责。 安装的雷电灾害防护装置符合国务院气象主管机构规定的使用要求。
	3. 委托具有相应资质的雷电防护装置设计、施工、监理、检测单位开展技术服务	《广东省建设工程质量管理条例》第七条	

责任主体	事项清单	依据	备注
雷电防护装置建设工程设计单位	应当在编制项目设计文件时，同步编制雷电防护装置的设计文件，执行工程建设强制性标准，并对建设项目雷电防护装置设计全面负责	《广东省防御雷电灾害管理规定》（广东省人民政府令第 284 号）第十七条第二款	
雷电防护装置建设工程监理单位	应当根据施工进度对雷电防护装置施工质量实施监理，并对施工质量承担监理责任	《广东省防御雷电灾害管理规定》（广东省人民政府令第 284 号）第十七条第五款	
雷电防护装置施工单位	应当按照通过审查的设计文件和施工技术标准进行施工	《防雷减灾管理办法（修订）》（中国气象局令第 24 号）第十六条 《广东省防御雷电灾害管理规定》（广东省人民政府令第 284 号）第十七条第三款	
雷电防护装置检测单位及其人员	1. 依法取得检测资质，并按资质等级承担相应的雷电防护装置检测工作。依法开展雷电防护装置检测	《气象灾害防御条例》第二十四条 《防雷减灾管理办法（修订）》（中国气象局令第 24 号）第二十条 《雷电防护装置检测资质管理办法》（中国气象局令第 38 号）第三条、第二十四条 《广东省防御雷电灾害管理规定》（广东省人民政府令第 284 号）第十九条	
	2. 从事雷电防护装置检测活动，应当遵守国家有关技术规范和标准	《雷电防护装置检测资质管理办法》（中国气象局令第 38 号）第十七条	

责任主体	事项清单	依据	备注
雷电防护装置检测单位及其人员	3. 出具的雷电防护装置检测数据、结果应当真实、客观、准确，并对雷电防护装置检测数据、结果负责	《雷电防护装置检测资质管理办法》（中国气象局令第38号）第十八条 《防雷减灾管理办法（修订）》（中国气象局令第24号）第十八条、第二十一条第二款 《广东省防御雷电灾害管理规定》（广东省人民政府令第284号）第十七条第四款	
	4. 不得与检测项目的设计、施工、监理单位以及防雷产品生产、销售单位有隶属关系或者其他利害关系	《雷电防护装置检测资质管理办法》（中国气象局令第38号）第十九条	
	5. 从取得资质证后次年起，在每年的第二季度向资质认定机构报送年度报告	《雷电防护装置检测资质管理办法》（中国气象局令第38号）第二十条	
	6. 检测人员具备雷电防护装置检测能力，且不得同时在两个以上雷电防护装置检测资质单位兼职从业	《雷电防护装置检测资质管理办法》（中国气象局令第38号）第七条第（三）项、第二十四条第二款	
	7. 检测仪器仪表在计量有效期内	《雷电防护装置检测资质管理办法》（中国气象局令第38号）第七条第（六）项	
	8. 雷电防护装置检测单位应对检测合格的雷电防护装置出具检测报告和检测标识	《广东省防御雷电灾害管理规定》（广东省人民政府令第284号）第十八条第二款	对检测不合格的雷电防护装置，应当提出整改意见；拒不整改或者整改不合格的，雷电防护装置检测单位应当报告当地气象主管机构
	9. 设立分支机构或跨省、自治区、直辖市从事检测业务的，接受当地气象主管机构监管	《雷电防护装置检测资质管理办法》（中国气象局令第38号）第二十三条	
	10. 按期办理资质延续、资质变更	《雷电防护装置检测资质管理办法》（中国气象局令第38号）第二十一、第二十二、第二十三条	

责任主体	事项清单	依据	备注
从事生产经营活 动的单位及主要 负责人	建立实施雷电灾害重大危险源辨识、监控 和隐患排查、登记、治理制度，并相应做 好雷电灾害重大危险源辨识、监控和隐患 排查、登记、治理工作	《广东省安全生产条例》第十条第（三）项、 第十一条第（二）项 《广东省气象灾害防御重点单位气象安全管理 办法》（广东省人民政府令第 254 号）第十九 条	
已安装雷电防护 装置的单位或者 个人	做好雷电防护装置的日常维护，并委托有 相应资质的雷电防护装置检测单位进行定 期检测	《防雷减灾管理办法（修订）》（中国气象局 令第 24 号）第十九条、第二十二、第二十三 条 《广东省气象灾害防御重点单位气象安全管理 办法》（广东省人民政府令第 254 号）第二十 条 《广东省防御雷电灾害管理规定》（广东省人 民政府令第 284 号）第十八条、第二十条	雷电防护装置应当每年检测一次，爆炸和火灾危险环境场所的雷电 防护装置应当每半年检测一次； 有物业服务人的，物业服务人应当按照物业服务合同的约定对物业 服务区域内的雷电防护装置进行维护管理和委托检测。同时接受气 象主管机构和人民政府安全生产管理部门的监督管理。
自由贸易试验区、 开发区、产业园 区、新区及其他有 条件区域管理部 门	应当开展工程建设项目区域雷电灾害风险 评估	《气象灾害防御条例》第二十七条 《广东省气象灾害防御条例》第二十一条 《广东省防御雷电灾害管理规定》（广东省人 民政府令第 284 号）第十一条第二款	
雷电防护装置设 计技术评价机构	遵守国家有关标准、规范、规程，对出具 的技术评价报告负责	《雷电防护装置设计审核和竣工验收规定》（中 国气象局令第 37 号）第九条	
防雷行业协会	加强行业自律，规范行业行为	《广东省防御雷电灾害管理规定》（广东省人 民政府令第 284 号）第七条	

附件 3

专家评审意见

《佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）区域雷电灾害风险评估报告》 专家评审意见

2024 年 2 月 1 日，受佛山（云浮）产业转移工业园管理委员会委托，云浮市气象局在云浮市组织召开了《佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）区域雷电灾害风险评估报告》（以下简称《报告》）专家评审会。出席专家评审会有来自广东省气候中心等 5 位专家（名单附后），与会人员听取了报告编制单位的汇报，审阅了报告文本，经质询、讨论，形成如下评审意见：

一、《报告》根据相关法律法规、标准、规范编制，依据充分。

二、开展了佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）所在区域的大气雷电环境评价，雷电灾害分析和雷电灾害风险评估工作，内容全面。

三、《报告》采取的技术分析方法正确，数据翔实，结论可靠，提出的雷电风险防控措施合理。

专家一致同意《报告》通过评审，建议编制单位按照专家意见完善。

专家评审组组长（签字）：



2024 年 2 月 1 日

《佛山（云浮）产业转移工业园（思劳片区）区域雷电灾害风
险评估报告》

专家评审会专家名单

地点：广东省云浮市气象局一楼会议室

日期：2024 年 02 月 01 日

序号	姓名	单位	职称/职务	签名
1	植石群	广东省气候中心	正研高工	植石群
2	刘三梅	广东省气候中心	高工	刘三梅
3	梁伟汉	江门市气象局	高工	梁伟汉
4	王广伦	佛山市气象局	高工	王广伦
5	丁志平	肇庆市气象局	高工	丁志平