

柘林镇临海工业园区区域雷电灾害风 险评估项目

上海市气象灾害防御技术中心
众知汇贤（上海）建设工程有限公司
2023年11月

目 录

前 言	I
第一章 区域雷击风险评估概述	2
1.1 雷击风险评估意义	2
1.2 现行政策法规要求	3
1.3 区域雷击评估技术依据	4
1.4 评估大纲	5
1.5 评估流程及方法	6
第二章 区域雷击风险评估结论	9
2.1 雷电环境分析结论	9
2.2 区域雷击风险评估计算结论	12
第三章 综合雷电防御策略	13
3.1 各子区块雷电防护要求	13
3.2 区域防雷管理措施	15
3.3 结论汇总	16

前 言

雷击风险评估是为了衡量雷击风险而对雷击风险做评估与估算的一个过程。以气象、地质、地理等环境资料为基础，结合评估区域的具体情况，运用科学的原理、方法和手段，对评估区域可能遭受雷击的概率及雷击后产生后果的严重程度进行科学系统的计算与分析，并从安全和经济合理性出发，提出综合雷电防护策略的一项专业技术工作，是防御和减轻雷电灾害的有效手段之一。

区域雷击风险评估是对以区域为基本单位开展的雷击风险评估，是国务院及上海市优化营商环境改革、提高评估评审工作应用实效的具体举措，是本市防雷减灾管理工作的重要组成部分。

为准确把握本项目地域的雷电活动规律，科学指导防雷设计，减少因雷击而可能产生的人身伤亡及设备损失，对本园区进行了区域雷击风险评估技术工作。

柘林镇临海工业园区评估区域位于上海市奉贤区，范围为孙公路以北、虹化路以西、观工路以南、胡桥路以东，总用地面积约 107.50 公顷。

依据相关控规，本评估区域产发展目标为制造业。

本报告在综合分析项目现场地理、土壤、气象、环境及相关设计资料的基础上，对项目可能存在雷击风险进行了量化评估，并有针对性地提出雷击风险评估结论和防护策略指导意见。

本评估报告为本项目区域雷击风险评估简要报告，主要包括区域雷击风险评估概述、区域雷击风险评估结论、综合雷电防御策略等三个章节。

第一章 区域雷击风险评估概述

1.1 雷击风险评估意义

雷电是发生在大气层中的声、光、电并发的一种物理现象，气象上称为雷暴。雷电放电瞬间可产生数十千安，甚至数百千安的放电电流，强大的雷电流会产生巨大的破坏力和很强的电磁干扰，给人类的生活、工作带来很大的影响，它引起的灾害是自然界十大灾害之一。根据雷闪发生的位置，可把雷闪分为云闪和地闪两大类。其中地闪是指发生在云与大地之间的放电现象，它极容易对人类造成不可挽救的危害，也是我们进行雷电防护研究的主要对象。

判定建设项目是否需要采取防雷措施，安装防雷措施的经济效益以及防雷措施的选用方案则主要通过雷击风险评估的方法来确定。雷击风险评估是以气象、地质、地理等环境资料为基础，结合评估对象的建筑形态、结构特性、使用性质和设备设施抗雷击的能力，对评估对象遭受雷击的概率及雷击后可能造成的严重程度及风险进行定量计算与分析，并从安全和经济合理性出发，提出综合防雷措施。可以说，雷击风险评估是雷击风险控制和雷击风险管理的前提和基础，准确的雷击风险评估也是雷击风险管理的决策依据。

对某些特定的区域（如具有相似属性的建筑物群、人员活动较为密集的户外场所）或特殊项目（如石油化工、桥梁码头、大型工业园区等）进行雷击风险评估，了解其区域雷击风险情况，科学的、合理的、有针对性的统筹区域雷电灾害的防御，对保护人们的生命、财产安全具有重大的意义。通过区域雷击风险评估，可以科学的表征出评估区域内可能存在的风险差异。根据区域雷击风险评估结果，对评估区域进行风险区划，可以有效的分析评估区域的雷击风险来源以及防

雷薄弱环节，为建设项目防雷设计提供全面宏观的雷电防护策略。

1.2 现行政策法规要求

1. 《上海市工程建设项目审批制度改革试点实施方案》（沪府规〔2018〕14号）：深化区域综合评估。各区政府、特定地区管委会负责对开发区、产业园区等特定区域内的雷电灾害风险评估、地震安全性评价、地质灾害危险性评估、环境影响评价、节能审查、交通影响评价、社会稳定风险评估等事项实行区域评估，区域内共享评估评审结果。对已经实施区域评估的工程建设项目，相应的审批事项实行告知承诺制。除特殊项目外，一般项目不再单独进行评估评审。

2. 《上海市优化营商环境条例》（2020年4月10日上海市第十五届人民代表大会常务委员会第二十次会议通过）第三十六条：本市在产业基地和产业社区等区域实施综合性区域评估。各区域管理主体应当组织开展水资源论证、交通影响评价、地质灾害危险性评估、雷击风险评估等区域评估，区域评估结果向社会公开，并纳入相关部门管理依据。

3. 《关于进一步深化行政审批制度改革加快推进重大项目建设的若干措施》（沪府规〔2020〕16号）：简化项目评估评审。对环境评价、雷击风险评估、地震安全性评价、水资源论证、水土保持方案审查、地质灾害危险性评估等事项推行区域评估。

4. 《关于进一步深化行政规划资源审批制度改革加快推进重大项目建设的规划土地操作办法》（沪规划资源建〔2020〕492号）：各行业主管部门牵头对环境评价、雷击风险评估、地震安全性评价、水资源论证、水土保持方案审查、地质灾害危险性评估等事项开展区域评估，相关评估成果纳入详细规划。

5. 上海市气象局、上海市规划和自然资源局《关于推进本市区域气候可行性论证等区域评估工作的通知》（沪气发〔2022〕58号）：在全市范围推行区域气候可行性论证、区域雷击风险评估，优先在嘉定、青浦、松江、奉贤和南汇五个新城重点地区和全市产业基地、产业社区中开展。区域雷击风险评估结论应用于园区内相应建设项目。

6. 《上海市气象灾害防御办法》（2023年3月1日施行）第十五条：产业基地、产业社区等区域管理主体在实施综合性区域评估时，应当开展区域气候可行性论证、区域雷击风险评估工作，评估结果向社会公开。区域气候可行性论证和区域雷击风险评估结论应当作为设计单位、建设单位采取防御措施，降低气象灾害风险的依据。

1.3 区域雷击评估技术依据

1.3.1 评估主要引用标准

- (1) DB 31/T 910-2015 《区域雷击风险评估技术规范》；
- (2) GB 50057-2010 《建筑物防雷设计规范》；
- (3) GB 50343-2012 《建筑物电子信息系统防雷技术规范》；
- (4) GB/T 21714.1-2015 《雷电防护第1部分：总则》；
- (5) GB/T 21714.2-2015 《雷电防护第2部分：风险管理》；
- (6) GB/T 21714.3-2015 《雷电防护第3部分：建筑物的物理损害和生命危险》；
- (7) GB/T 21714.4-2015 《雷电防护第4部分：建筑物内电气和电子系统》；
- (8) GB/T 17949.1-2000 《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》；

1.3.2 评估主要参考资料

(1) 上海市奉贤区柘林镇临海工业园 FXS7-0301 单元控制性详细规划；

(2) 奉贤区 2022 年土地征收成片开发方案（柘林镇临海工业园区）；

(3) 柘林镇临海工业园区地图；

(4) 历年闪电监测资料；

(5) 地域环境情况（区域土壤电阻率勘察报告）、周边建筑物分布及易燃易爆场所分布；

(6) 区域内企业调查表（企业自主填报）。

1.4 评估大纲

1.4.1 评估技术路线

(1) 利用雷暴和雷电活动监测平台，研究周边雷暴和闪电活动及其放电特征，评估区域雷电活动规律，包括闪电活动气候特征、历年周边雷暴活动规律、闪电监测定位物理参量特征等；

(2) 通过对区域实地勘测全面认知周边地物环境状况，包括地形地理情况、土壤电阻率分布、建构物特征、周边敏感场所分布等具体特征，结合区域雷电活动规律，进行评估子区域划分；

(3) 在运用现有雷击风险评估技术的基础上，从致灾因子、孕灾环境、承灾体三个方面入手确定区域雷击风险评估指标，构建雷击风险评估模型；

(4) 运用模糊综合评判和层次分析法（AHP）对各子区域进行雷击风险评估计算，进行区域风险等级划分，并通过定量分析各类风险

因子，有针对性的提出重要雷电防护策略，并能够动态维护更新，从而有效指导防雷安全管理工作。

1.4.2 简要评估报告组成

- (1) 区域雷击风险评估概述
- (2) 区域雷击风险评估结论
- (3) 综合雷电防御策略

1.5 评估流程及方法

先对项目所在区域雷电环境、地形地貌特征、地质结构、周边环境以及承灾体属性进行调查和分析，对土壤电阻率进行采样，提取相关参数，确定评估区域，选取评估模型，综合计算、分析，得出风险结论提出防雷设计和施工期间和投入运营后的安全防护措施和建议。图 1.1 和 1.2 分别为区域雷击风险评估业务流程和区域雷击风险评估模型。

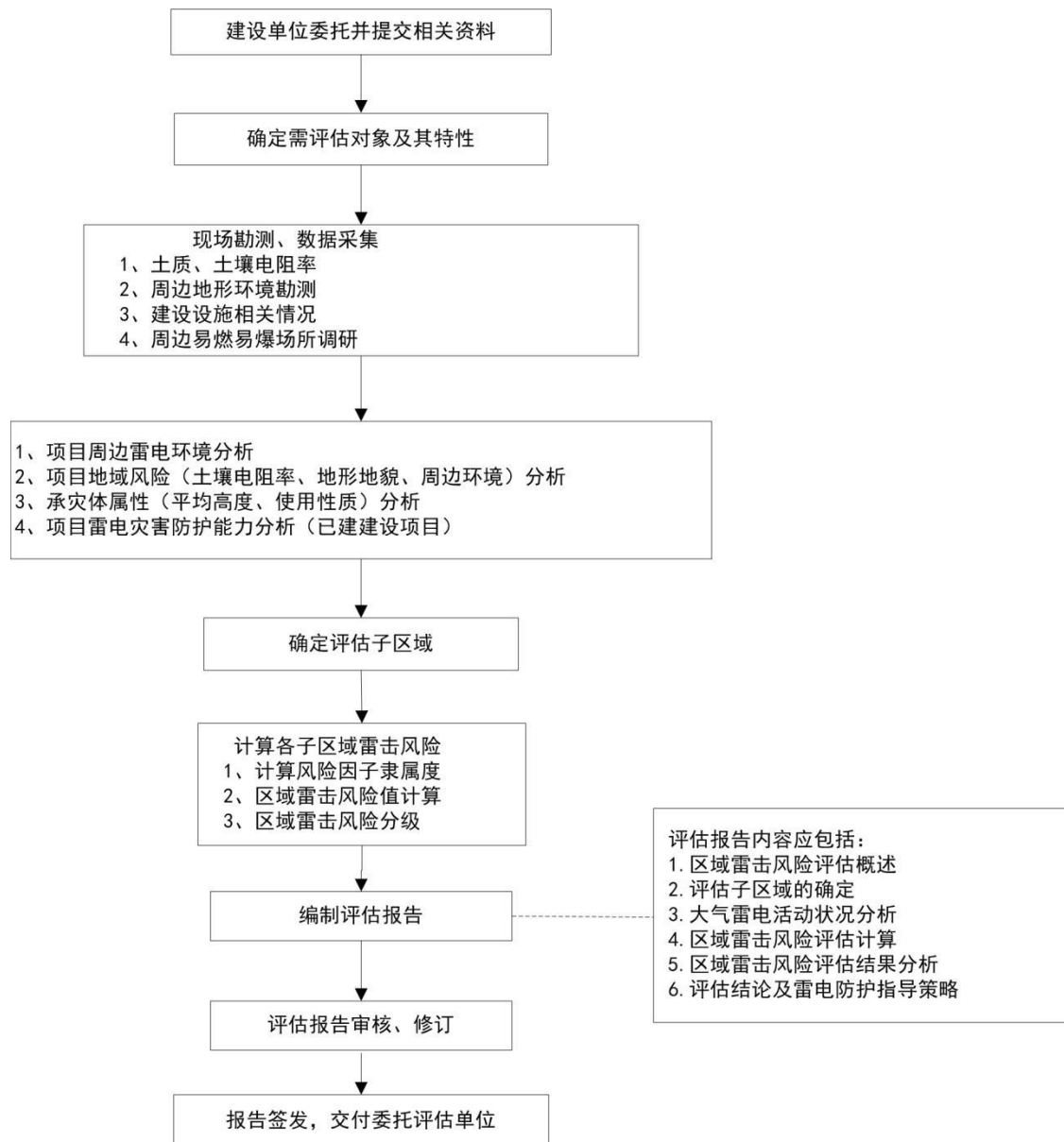


图 1.1 区域雷击风险评估业务流程

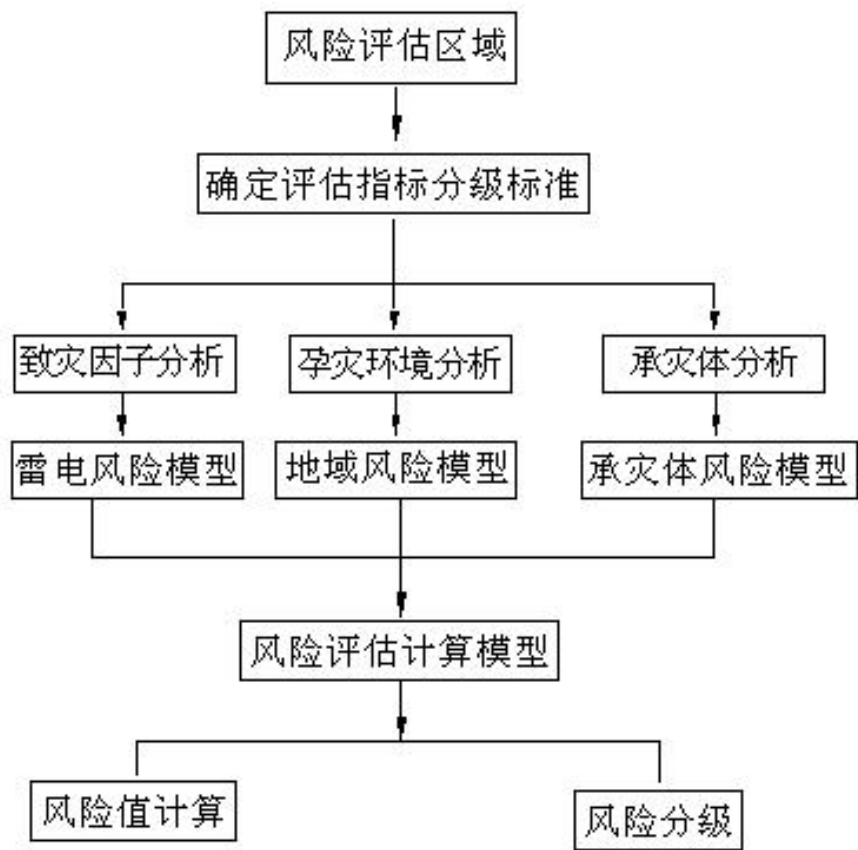


图 1.2 区域雷击风险评估方法模型图

第二章 区域雷击风险评估结论

2.1 雷电环境分析结论

1. 根据上海市 2009 年~2022 年闪电定位监测数据统计, 评估区域项目区域范围内共发生地闪 72 次, 历年闪电密度的平均值为 $N_g=4.8$ 次/ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。

2. 评估区域项目区域范围内闪电主要发生在 6 月~9 月, 占比 95.8%。闪电主要集中在 0~1 时、13~14 时和 17~18 时发生, 分别占总闪电数的 23.6%、12.5%和 15.3%。

3. 评估区域项目区域范围内雷电流幅值主要分布 0kA~40kA 之间, 占全部地闪 89.4%左右。其中出现过的最大雷电流幅值为 52.6kA, 发生在 2013-06-23 16:06:38。

4. 不同雷电防护等级时雷电流幅值分布概率, 表中指标可用作为关键参数用于区域内具体建构筑物的防雷设计。

5. 当区域内建筑物较高或靠近边界时, 可参考评估区域项目区域外延 1km 范围的历年闪电定位监测数据: 地闪密度的平均值为 $N_g=3.4$ 次/ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。

6. 计算区域雷电环境电磁场辐射面积与区域面积的占比, 在无地物阻挡的情况下, 区域 7.6%的面积电磁辐射强度能达到 2.4Gs, 区域所有面积都受到 0.07Gs 的电磁辐射。

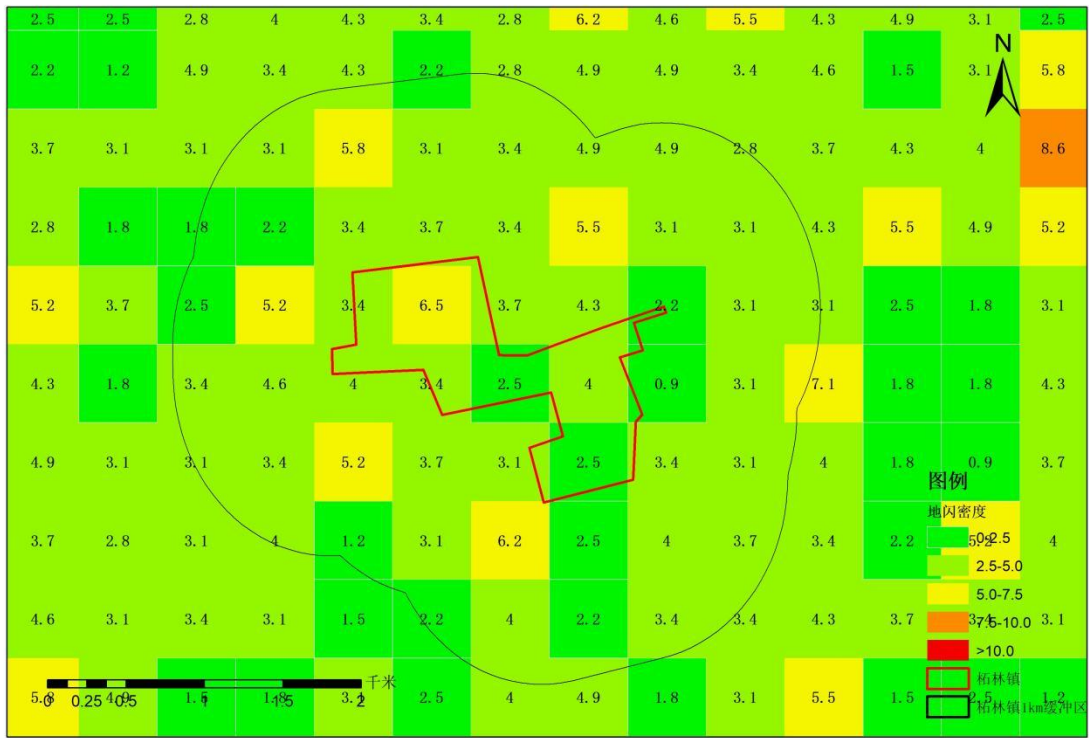


图 2.1 2009~2022 年评估区域项目区域及外延 1km 范围内闪电密度分布图

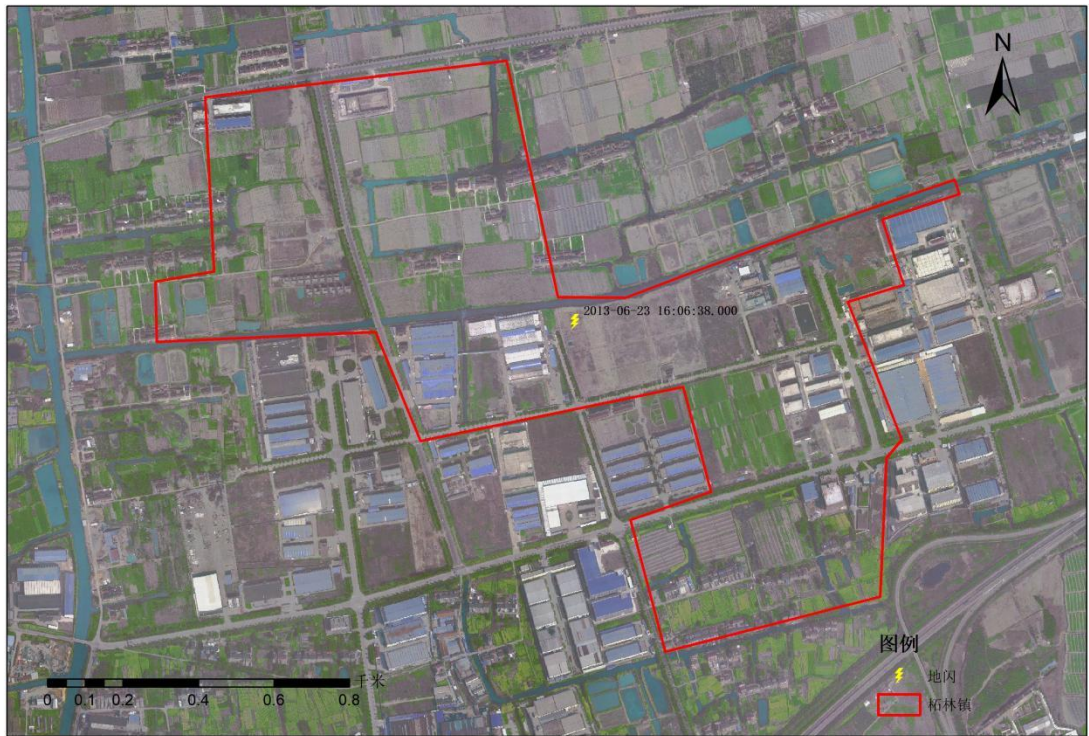


图 2.2 最大雷电流强度落点示意图

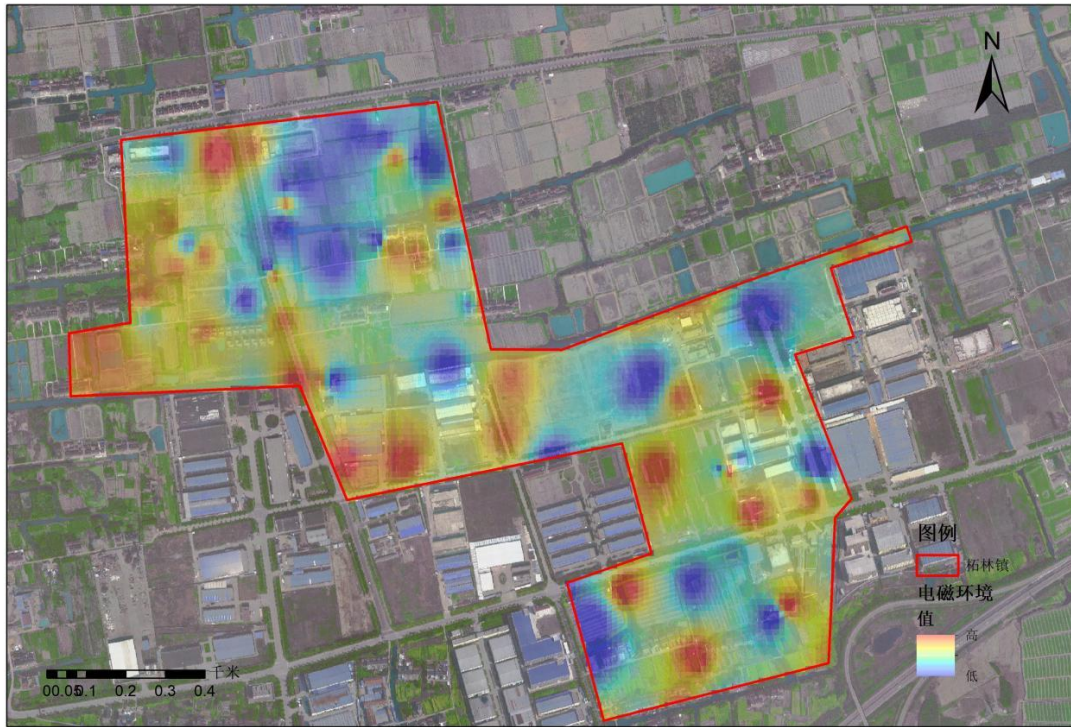


图 2.3 区域雷电流电磁影响

表 2.1 评估区域雷电环境分析汇总表

雷电环境参数	指标值
区域内地闪密度 (次/ km ² ·a)	4.8
区域内最大雷电流幅值 (kA)	52.6
区域内 ≤5kA 雷电幅值分布概率	6.9%
区域内 I ≤10kA 雷电幅值分布概率	29.2%
区域内 I ≤16kA 雷电幅值分布概率	25.8%
区域内 I ≥200kA 雷电幅值分布概率	0
区域内 I ≥150kA 雷电幅值分布概率	0
区域内 I ≥100kA 雷电幅值分布概率	0
区域内历史雷电电磁环境达到0.07GS影响区域占比%	100%
区域内历史雷电电磁环境达到2.4GS影响区域占比%	7.6%
区域1km缓冲半径地闪密度 (次/ km ² ·a)	3.4

2.2 区域雷击风险评估计算结论

根据评估区域雷击风险评估计算结果可知：临海工业园雷击风险综合评估 g 值为 4.874 处于中等风险区域，产生雷击灾害事故的可能性较大。区域处于 III 级以上的原始影响指标主要包括土壤电阻率、相对高度、电气系统、区域雷电防护能力、区域防雷安全管理，上述指标值在雷电防护安全工作中应有针对性的对这些指标进行重点考虑。

表 6.1 区块风险值统计表

区域	风险值	风险等级
	4.874	III（中等）

第三章 综合雷电防御策略

通过分析项目周边地物环境和雷电环境，结合项目区域雷击风险评估计算结果，提出以下雷电防御策略：

3.1 各子区块雷电防护要求

1. 整体选址布局建议

区域中靠近观工路附近闪电密度相对较高，对于变配电、通信机房及易燃易爆场所等对雷电敏感的建设项目选址应尽量避免上述区域。

2. 电气及电子设备间布置建议

评估区域中观工路、楚华路交界，展工路西段，发工路和楚华路交界、15-01-1 区块、科工路、孙华路交界、22-01 和 24-04 地块等区域为电磁辐射高影响区域，电磁敏感设备应尽量避免高电磁辐射影响区域，如需放置电磁敏感设备建议放置建筑中心位置，避免放置在建筑顶层四角位置和四角垂直方向区域房间。

3. 防雷分类设计建议

本项目内建（构）筑物进行防雷装置设计时，可参照具体建（构）筑物所在子区域的雷电环境分析结果（见表 2.1）进行计算。区块规划中的一般建筑进行防雷分类可参考本文表 3.1 中给出的典型值进行设计。

4. 电子信息系统雷电防护等级设计建议

本项目内建（构）筑物电子信息系统进行雷电防护等级设计时，可参照具体建（构）筑物所在子区域的雷电环境分析结果（见表 2.1）进行计算。一般建筑可参考本文表 3.1 中给出的典型值进行设计。

5. 直击雷（侧击雷）防护建议

相对高度和等效高度的风险: 建议控制建筑高度不宜高于 100 米。区域内规划高于 60 m 的建筑物, 其上部占高度 20% 并超过 60 m 的部位应防侧击, 防侧击应采取以下措施: 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、墙角、边缘、设备以及显著突出的物体, 应处于接闪器保护范围内; ②在建筑物上部占高度 20% 并超过 60m 的部位, 布置接闪器应符合对本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; ③可利用符合规范要求的外部金属物作为接闪器, 还可利用布置在建筑物垂直边缘处的外部引下线作为接闪器。

6. 等电位连接及电涌保护器设计建议

区域内电涌保护器防护值时需考虑本区域历史最大的雷电流强度。所有进出建筑物的外来导电物体、电气和电子系统均应在 LPZ0_A 或 LPZ0_B 与 LPZ1 区的界面处做等电位连接或安装适配的电涌保护器, 相关参数选择参考详见表 7.1。电涌保护器电压保护水平 U_p 应低于电气和电子系统设备能承受的冲击电压的水平, 并留有 20% 裕量。当无法确定设备耐冲击过电压额定值时, 可参照“分配电箱处所安装的电涌保护器 UP 值小于或等于 2kV、设备机房配电箱或电源插座内所安装的电涌保护器 UP 值小于或等于 1.2kV”执行。

表 3.1 雷电防护设计参数表

一般民用、工业建筑							
长(m)	宽(m)	高(m)	地闪密度 (次/ km ² •a)	雷电流幅值 (kA)	防雷分类	电子信息系 统防护等级	建筑物总配电系统 (第一级)通流量(kA)
24	20	10	4.8	52.6	三类(临界值)	D	$I_{imp} \geq 2.63$ 或 $I_n \geq 26.3$
120	92	24	4.8	52.6	二类(临界值)	C	$I_{imp} \geq 0.43$ 或 $I_n \geq 4.3$
80	40	60	4.8	52.6	二类(临界值)	C	$I_{imp} \geq 0.75$ 或 $I_n \geq 7.5$
50	42	100	4.8	52.6	二类(临界值)	C	$I_{imp} \geq 0.95$ 或 $I_n \geq 9.5$
此表供设计参考使用, 应根据建筑实际尺寸、使用性质等进行计算							

7. 电子信息系统线缆屏蔽建议

当户外金属信号线缆采用非屏蔽电缆时，从人孔井到手孔井到机房的引入线应穿钢管埋地引入，依据评估区域区块土壤电阻率平均值 $30.7 \Omega \cdot m$ ，分别带入计算出埋地长度为 $11.0m$ 均小于标准值 $15m$ ，因此区域的非屏蔽电缆引入线埋地长度设计应不小于 $15m$ ，且电缆屏蔽槽或金属管道应在入户处进行等电位连接。

8. 防接触和防跨步电压措施建议

评估区域平均土壤电阻率为 $30.7 \Omega \cdot m$ ，土壤电阻率相对较小，在雷电过程影响下，本区域易发生雷击，应在重要敏感区域做好防接触和防跨步电压措施。

9. 电气系统风险防范措施建议

建（构）筑物的入户设施、本身电气系统以及后期可能敷设的金属管道（包括消防管道、雨水管等），均有可能成为雷电感应或雷电波侵入的路径，从而导致电气电子系统的损害甚至引起火灾，应做好相应的防护措施。

3.2 区域防雷管理措施

1. 制定相应的雷击事故应急预案以及常规教育培训措施等，加强对重点区域的管理，防止发生次生、衍生灾害事件。

2. 若区域内有规划中存储、生成易燃易爆物品的建（构）筑物或机房等重点建筑采取防火隔离措施，避免雷击导致火灾危险而使建筑物内的人员出现伤亡或设备造成损坏。

3. 应加强与气象主管部门的合作，提供雷电预警专业服务。在雷电敏感部位建立防雷在线安全监控系统，集中监管防雷设施安装及运行情况，及时发现并消灭防雷安全隐患，同时可为事故鉴定提供数据支撑。

4. 建立防雷安全场所、依托园区现有建筑物建设躲避区域、紧急疏散通道等，在人员密集的区域增设安全引导设施。

5. 为了达到最佳的防雷效果，保证防雷装置发挥作用，应按照国家法律法规及技术标准要求，委托具有防雷装置检测资质的检测机构对投入使用的防雷装置进行年度检测，并做好日常专人维护。

6. 区域雷击风险是一个动态评估的过程，它将随着气候、地物环境和下垫面的变化而产生改变，建议至少每十年对该项目区域区的整体雷电防护情况开展一次全面的雷击风险评估工作，为雷击风险管理决策提供科学依据。

3.3 结论汇总

结合区域雷击风险评估结论，形成如下风险表（表 3.2），建议园区做好相应的防范措施。

表 3.2 评估区域雷电灾害风险表

区域	类别	结论	风险点	防范措施
临海工业园	雷电密度	区域平均雷电密度为 4.8 次/(km ² .a)。以 500×500m 进行区域网格计算，格网地闪密度为 1.2~6.5 次/(km ² .a)。	靠近观工路附近区域见图 2.13 闪电密度相对较高	变配电、通信机房及易燃易爆场所等对雷电敏感的建设项目选址应尽量避免避开风险点区域。 区块规划中的一般建筑进行防雷分类可参考本文表 7.1 中给出的典型值进行设计。
	雷电强度	区域范围内雷电流幅值主要分布 0kA~40kA 之间，占全部地闪 89.4%左右。其中出现过的最大雷电流幅值为 52.6kA	雷电强度高值区（见图 2.14）0 观工路、楚华路交界，展工路西段，发工路和楚华路交界、15-01-1 区块、科工路、孙华路交界、22-01 和 24-04 地块等	区域内弱电系统 SPD 防护值时需考虑本区域历史最大的雷电流强度。所有进出建筑物的外来导电物体、电气和电子系统均应在 LPZ0A 或 LPZ0B 与 LPZ1 区的界面处做等电位连接或安装适配的 SPD，相关参数选择详见表 7.1。如需放置电磁敏感设备建议放置建筑中心位置，避免放置在建筑顶层四角位置和四角垂直方向区域房间。
	雷电活动时间分布	地闪主要发生在 6 月~9 月发生，活跃在午后、傍晚和半夜	全区域	个人：了解雷电防护知识，关注雷电预警信号； 单位：制定相应的雷击事故应急预案以及常规教育培训措施等，加强对重点区域的管理，防止发生次生、衍生灾害事件。 建立防雷安全场所、依托园区现有建筑物建设躲避区域、紧急疏散通道等，在人员密集的区域增设安全引导设施。

	土壤电阻率	现场勘测为 30.7 ($\Omega \cdot m$)	全区域	区域的非屏蔽电缆引入线埋地长度设计应不小于 15m，且电缆屏蔽槽或金属管道应在入户处进行等电位连接。在重要敏感区域做好防接触和防跨步电压措施。
	承灾体风险	土壤电阻率、相对高度、电气系统、区域雷电防护能力、区域防雷安全管理，	全区域	做好直击雷（侧击雷）防护；建（构）筑物的入户设施、本身电气系统以及后期可能敷设的金属管道（包括消防管道、雨水管等）做好防护；委托具有防雷装置检测资质的检测机构对投入使用的防雷装置进行年度检测（易燃易爆场所每半年一次），并做好日常专人维护。