

建(构)筑物 雷电灾害区域影响评估 方法与应用

主编：王智刚 丁海芳 刘越屿

建(构)筑物雷电灾害 区域影响评估方法与应用

主编 王智刚 丁海芳 刘越屿

 **气象出版社**
China Meteorological Press

内容简介

本书是中国气象局政策法规司“建构筑物雷电灾害风险评估业务试点”项目的研究成果,全面介绍了适用于复杂、不规则、区域性等建(构)筑物群体的雷电灾害风险评估方法及其应用,旨在为突破雷电灾害风险评估遇到的技术瓶颈中起到抛砖引玉的作用。

本书介绍了风险的基本概念以及雷电灾害风险评估的发展,重点讨论了区域雷电灾害风险评估的模型及其引用的数学方法,详细讲解了评估模型的计算流程以及需要采取雷电风险控制措施,并结合工程实际,讲述在不同类型建构筑物项目进行雷击风险分析的思路、方法和效果,具有较强的借鉴意义。

本书既可供从事雷电风险评估的业务人员工具用书,也可以作为高等院校防雷相关专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

建(构)筑物雷电灾害区域影响评估方法与应用/王智刚,丁海芳,
刘越屿主编. —北京:气象出版社,2014.9

ISBN 978-7-5029-6004-9

I. ①建… II. ①王… ②丁… ③刘… III. ①雷—影响—
建筑物—气象灾害—评估方法—研究②闪电—影响—建筑物—
气象灾害—评估方法—研究 IV. ①TU119 ②TU895

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 214759 号

Jian(Gou)zhuwu Leidian Zaihai Quyu Yingxiang Pinggu Fangfa yu Yingyong
建(构)筑物雷电灾害区域影响评估方法与应用

王智刚 丁海芳 刘越屿 主编

出版发行:气象出版社

地址:北京市海淀区中关村南大街46号

总编室:010-68407112

网址: <http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:吴晓鹏 吕青璞

封面设计:易普锐创意

印刷:北京京华虎彩印刷有限公司

开本:700 mm×1000 mm 1/16

字数:168千字

版次:2014年9月第1版

定价:35.00元

邮政编码:100081

发行部:010-68409198

E-mail: qxcs@cma.gov.cn

终审:黄润恒

责任技编:吴庭芳

印张:11

印次:2014年9月第1次印刷

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换。

编委会

主 编:王智刚 丁海芳 刘越岫
编 著:张义军 郭在华 贺秋艳 林 刚
孟 青 牟翔永 程向阳 黄晓虹
覃彬全 刘可东 冯民学 吴 岚
陈华晖 汤 宇 赵景昭 刘凤姣
王 红

前 言

防雷工作涉及国计民生,与经济社会发展和人民群众生命财产安全息息相关。受全球气候变化影响,我国极端天气气候事件增多,雷电呈现历时短、突发性强、发生规律异常、雷电流幅值强大等特点,使得雷电在造成直接伤害的同时,还表现为热效应、机械效应和发生火花等间接伤害,这些伤害可能殃及四邻,甚至影响局部环境。

“未雨绸缪”和“有的放矢”是大家耳熟能详的成语,其所体现的就是中国古代劳动人民评估未知的风险并加以防范的朴素的智慧。对于防雷减灾而言,为了减少雷击造成的损失,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的程度。

通过国内雷击风险评估业务现状调研来看,政府规划、项目选址和防雷设计等各个环节都迫切需要有针对性的专业雷击风险评估服务,对专业化程度较高的雷击风险评估技术运用和雷电气象数据深度挖掘的需求很迫切,在巨大的危机和挑战面前,加强雷击风险评估工作管理,提升服务科技内涵,切实满足防雷安全的需求已迫在眉睫。

本书中介绍的“建(构)筑物雷电灾害区域影响评估方法”基于多层次模糊综合分析法,深入研究区域雷击风险的各种影响因素,研究并确定影响区域雷击风险评估的指标等级、标准并提出专业化防灾减灾措施。对比 IEC 62305 来说,主要解决以下技术关键难点:①适用范围广。IEC 62305 仅适用于普通建筑物及其服务设施,本方法成果评估对象不受局限,满足于危爆危化、铁路、大型桥梁、旅游等不同行业、不同类型的建(构)筑物雷击风险评估;②利用 IEC 62305 进行雷击风险评估,必须取得项目的整体设计方案,无法满足项目规划、选址阶段对雷



击风险评估需求,而本方法有效结合雷电活动时空分布、地域和项目属性,适用于建设项目规划、选址、投入运行等不同阶段雷击风险评估;③IEC 62305 结论具有通用性,无法体现交通、大型桥梁、高层建筑、危爆危化等行业建(构)筑物的特殊性,而本课题成果充分考虑了项目区域范围内的雷电风险、地域风险、承灾体风险和周边环境的影响,提出针对性和可操作性强的雷击风险评估措施和建议;④采用先进合理的层次综合分析法,对各类区域雷击风险进行定性和定量综合分析,有效解决了各层次影响因素难以量化的问题。

本书将从气象灾害的风险开始引述,重点对雷电灾害的区域风险管理与分析方法进行分析和阐述,最后介绍软件平台设计,以及一些精选案例来展示建(构)筑物雷电灾害区域影响评估的方法的应用。

本书得以顺利出版,要特别感谢成都信息工程学院、中国气象科学研究院大气探测研究所、上海市防雷中心、江苏省防雷中心、安徽省防雷中心、重庆市防雷中心等单位的支持,在此一并表示感谢。

编者

2014年6月

目 录

前 言

第 1 章 风险与风险评估的定义	(1)
1.1 风险的基本概念	(1)
1.2 雷电灾害风险评估	(2)
第 2 章 建(构)筑物雷电灾害区域影响评估模型	(6)
2.1 建(构)筑物雷电灾害区域影响评估建模原则	(6)
2.2 建(构)筑物雷电灾害区域影响评估层次模型的构建	(6)
2.3 建(构)筑物雷电灾害区域影响评估指标体系	(8)
第 3 章 建(构)筑物雷电灾害区域影响评估的数学方法	(16)
3.1 模糊数学理论的基础知识	(16)
3.2 层次分析法	(19)
3.3 模糊综合评价法	(22)
第 4 章 建(构)筑物雷电灾害区域影响评估模型的指标参数分析	(26)
4.1 评估指标的参数分析	(26)
4.2 评估指标参数的预处理	(33)
第 5 章 建(构)筑物雷电灾害区域影响评估体系风险等级划分	(36)
5.1 目标风险等级划分	(36)
5.2 雷电风险的等级划分	(37)
5.3 地域风险的分级标准	(39)
5.4 承灾体风险的分级标准	(43)
5.5 防御风险的分级标准	(49)
第 6 章 建(构)筑物雷电灾害区域影响评估模型的计算	(51)
6.1 第三级指标的模糊综合评判	(51)
6.2 第二级指标的模糊综合评判	(56)
6.3 建(构)筑物雷电灾害区域影响评估综合评价	(58)



第 7 章 区域雷电灾害风险控制	(60)
7.1 雷电监测预警	(60)
7.2 外部防雷系统防雷设计要点	(70)
7.3 内部防雷系统防雷设计要点	(71)
7.4 施工期间防雷	(73)
7.5 防雷检测	(73)
7.6 防雷应急	(74)
第 8 章 评估系统的设计及应用	(76)
8.1 评估系统的总体规划	(76)
8.2 评估系统的功能体系	(76)
第 9 章 超高层建筑应用实例	(89)
9.1 项目概况	(89)
9.2 技术文件	(91)
9.3 评估流程	(91)
9.4 现场勘察	(92)
9.5 项目所在地雷电活动规律分析	(93)
9.6 致灾因子参数获取	(96)
9.7 致灾因子隶属度确定	(99)
9.8 致灾因子权重建立	(103)
9.9 区域雷电灾害风险小结	(110)
9.10 各致灾因子占区域雷电灾害总风险的贡献分析	(110)
第 10 章 轨道交通应用实例	(113)
10.1 项目概况	(113)
10.2 技术文件	(117)
10.3 评估流程	(117)
10.4 现场勘察	(117)
10.5 土壤电阻率勘测与分析	(122)
10.6 项目所在地雷电活动规律分析	(124)
10.7 致灾因子参数获取	(126)
10.8 致灾因子隶属度确定	(130)
10.9 确定第四层各指标对的相对权重	(136)
10.10 确定第三层各指标的相对权重	(150)
10.11 确定第二层各指标的相对权重	(159)
10.12 区域雷电灾害风险小结	(161)
10.13 雷电防御建议	(166)

第1章 风险与风险评估的定义

1.1 风险的基本概念

1.1.1 风险的定义

风险指在某一特定环境下,在某一特定时间段内,某种损失发生的可能性和后果的组合,简而言之,风险是指事物遭受损失的可能性,或者指事物遭受破坏事件后具有的不确定损失。

风险具有普遍性、客观性、损失性和不确定性,如自然界的洪涝、干旱、冰冻、台风、地震,人类社会的瘟疫、车祸、疾病等风险都是不以人的意志为转移的。因此,风险是伴随着人类的生存和生活而存在的,若没有人类的生存和生活,也就不存在风险,我们只有尽可能地在特定的时间和空间改变风险存在和发生的条件,降低风险发生的频率和损害程度,却难以彻底消除风险。

1.1.2 风险的构成

风险一般是由多种要素构成,主要包括风险因素、风险事故和损失三个方面的内容,定义及内涵分别为:

(1)风险因素:指产生损失和影响损失幅度的内在或外在条件,它是事故发生的诱因,是造成事故损失的内在或间接原因。如:一栋大楼,建筑这栋大楼所用的建筑材料的质量和建筑结构合理性都是造成房屋倒塌风险的潜在因素。

(2)风险事故:指引起人员伤亡、财产损失的风险事件,它是事故损失的直接和外在原因。如:下雪天路面很滑,导致发生车祸,造成人员伤亡,这时“雪”是风险因素,“车祸”就是风险事故。

(3)损失:指非故意的、非计划的和非预期的经济损失,在实际中,损失可以分为实质的、直接的损失和额外费用、收入损失和责任损失。如:固定资产的折旧,它满足了经济价值减少这个条件,但由于它是有计划的和预期可知的经济价值的减少,因此,不满足损失的所有条件,故不能称其为损失。

风险因素、风险事故和损失是构成风险的必要元素,三者之间的关系如图1-1所示。

从风险因素和风险事故之间的关系来看,风险因素只是风险事故产生进而



造成损失的可能性或使之增加的条件,它并不直接导致损失,而只有通过风险事故这个媒介才产生损失,也可以说,风险因素是产生损失的内在条件,而风险事故是外在条件。

1.1.3 风险评估的内容

风险评估是指,在风险事件发生之前或之后,对该风险事件给人类的生活、生命和财产等各个方面所造成的影响和损失的可能性进行量化评估的工作,简而言之,风险评估就是量化评价某一个事件或事物带来的影响或损失的可能程度。若用数学公式来表示风险,即损失发生的不确定性,它应该是不利事件或损失的发生概率及其后果的函数,即:

$$R = f(P, C) \quad (1-1)$$

其中, R 表示风险, P 表示不利事件发生的概率, C 表示该事件产生的后果。对于相对定量化的风险评估,常常需要按照一定的方法计算风险事件中各种可能结果的 P 和 C ,从而确定风险值的大小。

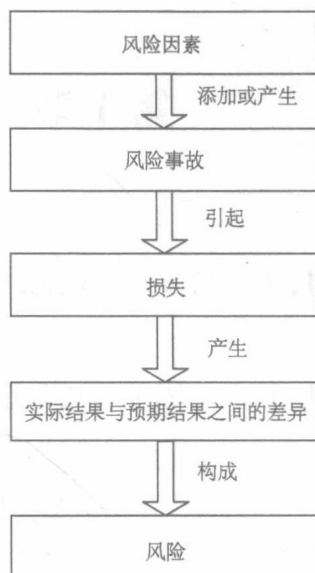


图 1-1 风险的构成

1.2 雷电灾害风险评估

1.2.1 雷电灾害风险评估的发展和应用

1995 年,国际电工委员会颁布与实施 IEC 61662 标准标志着雷电灾害风险评估工作的起步,该标准经历了十五年左右的时间于 2008 年重新修订颁布,更名为 IEC 62305-2(风险管理)。

在国内,雷电灾害风险评估工作起步于 20 世纪 90 年代末,如 2000 年 11 月 20 日,中国气象局发布了《气象信息系统雷击电磁脉冲防护规范》(QX 3—2000),在其附录 A 中明确给出了“雷击风险评估方法”,方法相对简单,适用于由雷击电磁脉冲对气象信息系统造成损失的风险评估,评估的内容主要是确定年平均直击雷次数 N 和年平均允许雷击次数 N_c ;2012 年 6 月 11 日修订的《建筑物电子信息系统防雷技术规范》(GB 50343),评估的主要内容是考虑建筑物年预计雷击次数、建筑物入户设施年预计雷击次数,以及建筑物电子信息系统因直接雷击和电磁脉冲损坏可接受的年平均最大雷击次数,确定雷电防护等级;2013 年 5 月 31 日,中国气象局第 24 号令公布了《防雷减灾管理办法(修订)》,并于 2013 年 6 月 1 日起施行,其中第二十七条规定大型建设工程、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,以确保公共安全。

目前,大部分省市防雷中心已经广泛开展了雷电灾害风险评估工作,并且已经取得了显著的社会效益。这种基于 IEC 62305 雷击风险评估计算方法,通常雷电损害的风险 R 由下面的关系(式 1-2)来确定:

$$R = N \cdot P \cdot L \tag{1-2}$$

式中, N 表示防雷保护对象的年雷击次数,即在所观察范围内的雷击发生的频率。

P 表示雷击损坏概率,即雷击引起某种确定损坏的概率为多大。

L 表示雷击损坏后果,即对损坏的量化评估,包括某一确定的损坏会有什么样的后果,以及损失的数量和规模的大小。

进行雷击风险评估的任务就是找出相关的风险因素,并确定这三个参数: N 、 P 、 L 的大小,其中包括许多个别参数的确定,其评估流程如图 1-2 所示。

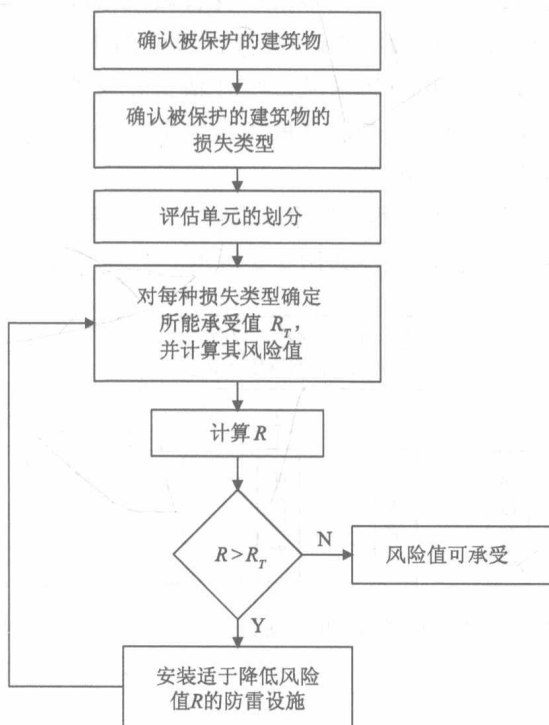


图 1-2 IEC 62305-2 雷击风险评估流程

在决定选择雷电保护措施时,检查对应于某种损失类型的损害风险 R 是否超出可承受的风险值 R_T (风险允许值),为了防止雷电损害,充分地保护建筑物,必须满足 $R < R_T$ 。



1.2.2 建(构)筑物雷电灾害区域影响评估的定义

现行雷电灾害风险评估方法主要依据是 IEC 62305-2、GB/T 21714 等标准,其评估对象基本只能为单体建筑物,而随着计算机、电子产品及网络设备等广泛适用,建(构)筑物遭受雷击之后,对其周围建(构)筑物的影响越来越明显,因此,某评估项目区域内的雷电灾害风险不仅仅是简单地将各单体建(构)筑物的风险叠加到一起,当成整个项目区域的雷电灾害风险,所以现有评估方法的评估对象和必要条件严重制约了风险评估工作的开展。对于一个区域范围(即大面积的评估对象)的雷电灾害风险,这些方法都不太适合。

因此,针对上述雷电灾害风险评估方法的不足之处,并结合当前雷电灾害风险评估工作的实际需求,在对全国雷电灾害风险评估业务的考察和调研的基础上,建(构)筑物雷电灾害区域影响评估方法成为了研究重点。对某些特定的区域进行雷电灾害风险评估,了解其区域雷电灾害风险情况,科学地、合理地、有针对性地统筹分析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。目前,建(构)筑物雷电灾害区域影响评估虽然尚处于探索阶段,但已经越来越引起人们的关注,它将会是今后开展雷击风险评估工作的一个趋势,同时也是我们现阶段亟须解决的问题。

依照雷电风险评估工作流程,建(构)筑物雷电灾害区域影响评估的概念模型主要由五个基本要素组成,具体如图 1-3 所示。

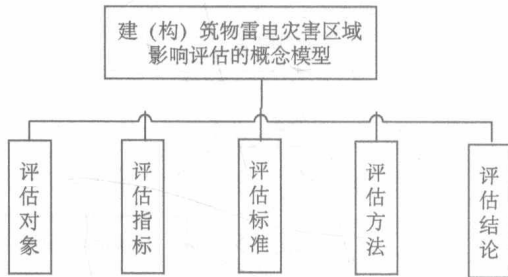


图 1-3 建(构)筑物雷电灾害区域影响评估的概念模型

其中:

评估对象:具有一定属性的规划区域;

评估指标:影响雷电灾害风险的因子,如雷暴活动参数、地闪密度、土壤结构特点、地形地貌、周边环境、被评估项目自身属性、区域内的建(构)筑物结构特征、内部电子电气系统等系列相关因子;

评估标准:判断评估指标的风险等级或风险程度的基准,即本书中的评语集;

评估方法:结合层次分析法和模糊综合评判;
评估结论:综合风险等级、风险源分析、有效地雷电防护措施。

1.2.3 建(构)筑物雷电灾害区域影响评估的步骤

目前,国内外对雷电灾害易损性划分的研究比较成熟,在建(构)筑物雷电灾害区域影响评估的初步阶段,雷电灾害易损性划分可作为建(构)筑物雷电灾害区域影响评估的理论参考。

根据区域雷电灾害易损性的理论分析,灾害的发生是由致灾环境的危险性(雷电)和承灾体(地面上的人、物体)的易损性来决定的。建(构)筑物雷电灾害区域影响评估方法以工程项目区域为评估对象,其中大型工程项目区域可根据项目可行性研究报告中的使用功能分区和位置分布情况进行区域划分。首先,从区域雷电风险致灾的主要影响因素入手,研究、探讨得出区域雷电风险评估指标体系;进而需要对每一个风险指标制定风险等级标准,该标准的制定主要参考现行相关标准、规范;然后引入适合该体系的数学方法进行计算;得出评估区域雷电风险综合评估结果,如风险等级、风险来源以及防护措施等。其具体评估步骤如图 1-4 所示。

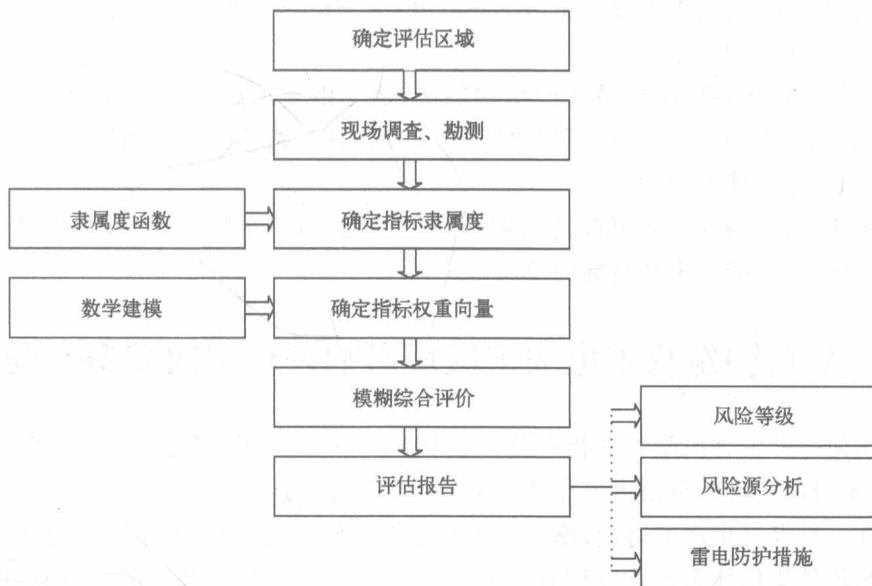


图 1-4 建(构)筑物雷电灾害区域影响评估具体步骤

第2章 建(构)筑物雷电灾害区域影响评估模型

2.1 建(构)筑物雷电灾害区域影响评估建模原则

在对大型区域范围进行雷电灾害风险评估时涉及时空环境、周边环境以及下垫面环境等众多复杂的影响因素,既有可以量化的指标也有定性化的指标。为了得到科学的评估结论,必须针对区域雷电灾害风险的特点甄选相应的评估指标,然后在此基础之上应用数学方法进行风险计算。

作为衡量区域雷电灾害风险的指标,除了符合科学性、完善性和独立性等基本原则,还应能满足以人为本、具有层次性和可操作性等原则。

(1)以人为本的原则

建(构)筑物雷电灾害区域影响评估其风险评估和风险控制都服务于人类的生命财产安全,是人类生存和生活的一部分,人应该居于考虑的首要地位。

(2)层次性的原则

评估指标体系应根据系统的结构层次,建立由宏观到微观、由抽象到具体,“目标层——影响层——指标层”的架构,以便使评估指标体系结构清晰明了。

(3)可操作性的原则

构建评估指标时,尽可能地采用可操作性强、易于量化计算、有统计基础的定量指标,尽量减少定性指标的使用。

2.2 建(构)筑物雷电灾害区域影响评估层次模型的构建

任何一种灾害风险评估指标体系的构建是一个需要反复选择、反复实践的过程,不可能一次就获得大家比较认可的指标体系,还要兼顾这些因素数据的可获得性。要经过多次的讨论、修改和实践才能准确定位,建(构)筑物雷电灾害区域影响评估指标体系的建立同样如此,必须结合专家、相关部门的综合意见,在全面分析系统的基础上推敲确定。

建(构)筑物雷电灾害区域影响评估指标体系的构建过程就是最大限度地确定雷电潜在风险的各种因素,以及这些因素之间的相互作用的过程。

通过对2005—2012年全国雷击灾害统计资料进行的统计分析,雷击灾害从过去的直接雷击造成人畜伤亡的直接经济损失转换成电气电子设备受损、引发

爆炸火灾、电磁脉冲等多种表现形式的间接损失,与此同时,雷灾的发生呈现出多样性,常常与所处的地理条件、周边环境有一定的相关性。建(构)筑物雷电灾害区域影响评估模型应结合雷电自身的放电特性、影响雷电放电的地域环境、承灾体对雷电的敏感特性、承灾体的既有雷电防御状况等多方面要素,建立一个多层次的指标体系,从而能够很好地反映不同类型风险状况。鉴于以上考虑,拟建立的体系以雷电风险、地域风险、承灾体风险以及防御风险作为第一级指标,一级指标是影响区域雷电灾害风险的主要因素和核心内容,同时,每个一级指标都包含有相应的下属指标,即二级指标。然而,为了使某些二级指标的数据具有可取性,它们又包含有相应的下属指标,即三级指标。

2.2.1 区域雷电灾害风险预评估层次模型

根据建(构)筑物雷电灾害区域影响评估方法的应用对象,在进行雷电灾害风险预评估时,应重点考虑雷电风险、地域风险以及承灾体风险三个指标,通过综合分析项目存在的区域雷电风险,为项目选址、防雷设计提供重要参考,从而达到控制雷击风险的目的。

综上所述,根据层次分析法的条理化、层次化原则,建立了区域雷电灾害风险预评估的递阶层次结构模型,如图 2-1 所示。

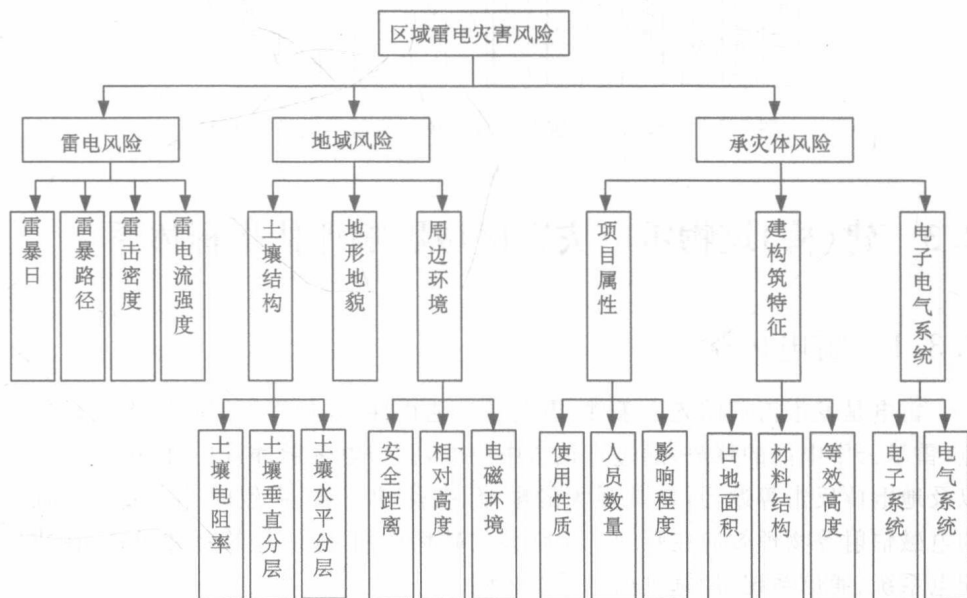


图 2-1 区域雷电灾害风险预评估的层次结构模型



2.2.2 区域雷电灾害风险现状评估模型

雷电灾害风险评估不仅仅适用于新建项目,对于已建建(构)筑物,需要重新评估其防雷措施效果以及所处的雷电环境时,同样可以针对雷电灾害风险现状进行评估,从而有针对性地对项目防雷的薄弱环节进行改善,达到经济适用的目的。

根据层次分析法的条理化、层次化原则,建立了区域雷电灾害风险现状评估的递阶层次结构模型,如图 2-2 所示。

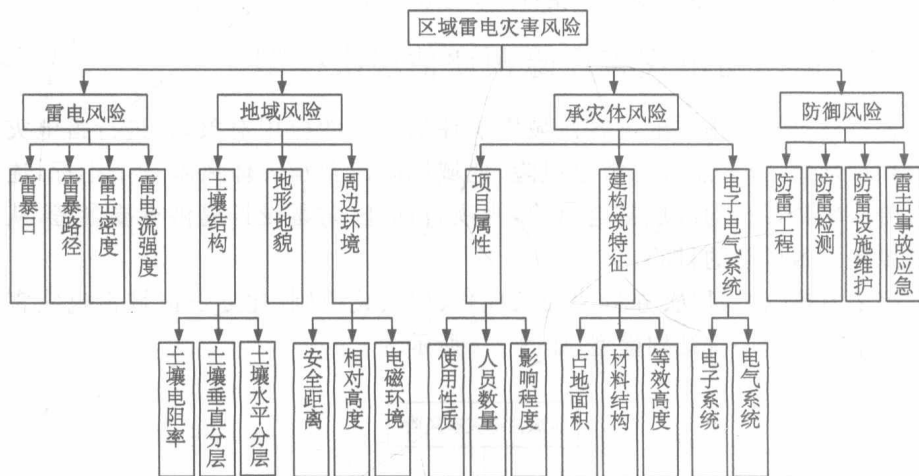


图 2-2 区域雷电灾害风险现状评估递阶层次结构模型

2.3 建(构)筑物雷电灾害区域影响评估指标体系

2.3.1 雷电风险

雷电是发生雷灾的先决条件,雷电具有随机性、局域性、分散性、突发性等特点,雷暴云中电能的释放,通过直接击中物体,雷击电磁脉冲效应,闪电电涌侵入以及地电位反击等途径,使其强大的电流、炙热的高温、强烈的冲击波以及强烈的电磁辐射等物理效应在瞬间产生强大的破坏作用,毁坏建筑物和设备,造成供电系统、通信系统、计算机信息系统中断。

其危害主要分为两类:即直击雷的危害和雷击电磁脉冲的危害。直击雷的直接危害主要表现为雷电引起的热效应、机械效应和冲击波等;间接危害主要表现为雷电引起的静电感应、电磁感应、雷电反击等。

雷电引发的雷灾事故与其发生雷电活动时所携带的强大雷电流以及雷击次

数密切相关,因此,在进行雷击风险评估时重点考虑雷击密度、雷电流强度等因素,这些信息可以通过全国雷电探测网获取。通过对我国的雷电探测环境进行调研分析,目前仍有部分省份没有雷电探测环境覆盖,可考虑通过当地雷暴日以及雷暴路径进行弥补。

因此,确立雷电风险为评估系统的一级指标,它包括两组二级指标:雷暴日和雷暴路径或雷击密度和雷电流强度。在实际评估过程中,可根据当地人工观测的雷暴资料和闪电定位系统资料的提供情况选取其中一组作为分析指标因素。

(1)雷暴日

雷暴日是指一个地区在一年中发生雷电放电的天数,是表征一个地区雷电活动频繁程度的指标,在一天当中,只要有一次以上的雷电放电就算一个雷暴日,而不论该天雷暴发生的次数和持续时间,雷暴活动的气候资料是用气象站的雷电观测资料进行多年统计的平均结果。雷暴活动的气候统计使用的资料越长,则雷暴活动的气候代表性越好,通常需要至少30年的观测资料,才能得到较好的气候代表性。雷暴观测站密度越高,则雷暴参量的地理分布代表性越好。由于雷暴活动是中小尺度天气系统,其空间尺度小,从几千米到几十千米,时间变化快,常规的人工观测雷电进行记录难以捕捉到辖区内所有的雷电活动,因此,年雷暴日虽可更为可靠地反映全年雷暴的活动,但不能反映一天中雷暴发生的频次和持续时间。如果条件允许,应优先考虑使用雷电监测网提供的数据,避免使用雷暴日参数。

(2)雷暴路径

在进行雷暴观测记录时,地面观测人员会记录雷电的起止时间和相应的雷电方位,通过对多年的观测资料进行分析,可以判断一个小范围的地域雷暴活动的移动规律,对于项目选址以及防雷设计时的功能布局有参考作用,但限于观测环境,观测资料不可避免地存在一定的人为因素,因此,在条件允许的情况下,应考虑使用雷电定位监测资料进行弥补。

雷暴路径是指一个地区的雷暴移动方向,它是表征一个地区雷电活动集中程度的指标。本书中该指标是指评估区域所在地气象台、站资料确定的雷暴移动在当地不同方向(正东、东南、正南、西南、正西、西北、正北、东北)的百分率,雷暴玫瑰图如图2-3所示。

(3)雷击密度

随着科技的发展,雷电监测定位系统目前已经基本覆盖全国,从理论上讲,其核心是通过几个站同时测量闪电回击辐射的电磁场来确定闪电源的电流参数,尤其可以获取到雷击点具体位置、放电时间、放电电荷、辐射能量等多种指标。雷击密度对分析高层建(构)筑物群的雷击特性十分有用,与承灾体的落雷