

国家科技基础条件平台工作项目

——“雷电防护标准体系建设的关键技术研究项目（2004DEA71070）资助

雷电防护关键技术研究

李良福 李家启 主 编
覃彬全 杨利敏 副主编

LEIDIAN FANGHU GUANJIAN JISHU YANJIU

气象出版社

国家科技基础条件平台工作项目

——“雷电防护标准体系建设的关键技术研究项目(2004DEA71070)资助

雷电防护关键技术研究

李良福 李家启 主 编

覃彬全 杨利敏 副主编

李良福 李家启 覃彬全 著
杨利敏 陈 宏 李建平

气象出版社

内容简介

本书是作者根据国家科技基础条件平台工作项目——雷电防护标准体系建设的关键技术研究项目(2004DEA71070)的“雷电防护标准体系的关键技术研究”课题研究成果,结合重庆市雷电防护的具体实践经验,并参考国内外有关雷电防护技术资料编著而成。全书共分七章和一个附录。给出了“雷电防护标准体系的关键技术研究”课题总结报告;凝练出了雷电防护工程技术中既应用广泛又是基础性的9大关键技术问题。并对建设项目防雷工程建设单位、设计单位、施工单位、监理单位、验收单位、管理单位迫切关心的“接地电阻是否是衡量地网接地效果的唯一标准问题”、“电子设备系统机房各类接地独立设置和共用接地母线的局限性问题”、“建筑物屋顶暗式避雷带敷设厚度问题”、“塑钢门窗防雷安全接地问题”、“雷电灾害风险评估问题”、“林区区域防雷问题”等进行了系统论述,提出了解决这6个重点关键问题的具体技术措施和技术方法。

本书可作为从事雷电防护理论研究的科研人员和建设项目防雷工程设计、施工、验收、检测的工程技术人员重要参考书。

图书在版编目(CIP)数据

雷电防护关键技术研究/李良福主编. —北京:气象出版社,2008.1

ISBN 978-7-5029-4452-0

I. 雷… II. 李… III. 防雷-研究 IV. P427.32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 002595 号

出版者:气象出版社

网 址:<http://cmp.cma.gov.cn>

E-mail:qxcsbs@263.net

责任编辑:俞卫平 章澄昌

终 审:汪勤模

封面设计:王 伟

责任技编:都 平

印刷者:北京中新伟业印刷有限公司

发行者:气象出版社

开 本:787×1092 1/16 印 张:12.25 字 数:310千字

版 次:2008年1月第一版 2008年1月第一次印刷

印 数:1~2000

定 价:35.00元

地 址:北京市海淀区中关村南大街46号

邮 编:100081

总编室:010-68407112

发行部:010-68409198

认真贯彻落实重庆市防雷安全工作专题研究会会议精神

切实作好我市防雷安全工作

(代序)

雷电灾害是重庆市较为严重的气象灾害之一,它不仅造成重大的经济损失,而且还直接威胁到人民群众的生命安全。随着社会经济的发展,雷电灾害破坏性有日益加重的趋势,越来越引起人们的关注。

重庆市人民政府非常重视防雷安全工作,发布了《重庆市防御雷电灾害管理办法》(重庆市人民政府令第78号)以及一系列规范性文件,并成立了负责全市防雷减灾安全工作统一规划、统一部署、统一管理和组织领导的重庆市人民政府防雷安全工作领导机构——重庆市防雷安全工作委员会和重庆市人民政府防雷安全工作技术机构——重庆市防雷中心。同时,在市政府督察室、市监察、市安监、市建委、市消防、市规划、市技监、市商委、市经委等有关职能部门的支持与配合下出台了一系列的防雷安全管理的规范性文件,尤其是开县“5.23”雷击事故发生后,市委常委、副市长、市防雷安全工作委员会主任马正其组织召开的“重庆市防雷安全工作专题研究会”(重庆市政府专题会议纪要2007—110),对进一步加强防雷安全工做了全面部署,使我市防雷安全工作管理更加科学、规范。

但由于重庆特殊的地理、气候背景,丘陵地形的抬升作用、下垫面水汽充分,有利于雷雨云发展,使云中电场增强,加之重庆大气中细微的带电粒子丰富,在强电场作用下,易形成电子雪崩效应,造成重庆地区雷电放电次数特别多,雷电流强度特别大;同时,随着经济社会的快速发展,高层建筑、易燃易爆场所、电子设备不断增加。造成重庆的雷电灾害具有发生频次高、范围广的特点,尤其是广大农村,在法律法规、技术规范没有要求的范围内防雷安全还存在管理、技术等方面的薄弱环节,因此迫切需要各级政府、市有关职能部门、企事业单位和人民群众按照“重庆市防雷安全工作专题研究会”要求,结合重庆城乡统筹发展的特点,密切配合,共同构建防御雷电灾害的安全网。

一、提高认识,广泛宣传。重庆市是全国多雷暴地区之一。据统计,“十五”期间因雷电灾害造成的损失达11.2亿元,人员伤亡84人。尤其是2007年上半年以来,我市连续发生了多起雷击事故,伤亡人数达68人。对此,各级政府一定要引起高度重视,要大力加强防雷科普宣传,特别要加强对广大农村和边远地区群众防雷安全知识的宣传和教育工作,切实增强广大干部群众的防雷安全意识。

按照“重庆市防雷安全工作专题研究会”要求,从2008年起,每年的第一个月为雷电知识宣传月。由气象、宣传、安监等3个部门牵头,进行集中宣传。不仅要向广大人民群众宣传防雷科普知识和急救常识,还要对有关部门防雷安全职责进行宣传,更要借助宣传月活动,在全市开展一次拉网式防雷安全检查工作,并将检查结果报市防雷委员会办

公室汇总后,报市政府。宣传活动要形式多样,图文并茂。气象部门编制的防雷安全宣传手册和制作的宣传光盘,其经费由财政部门予以解决。电台、电视台、报社等新闻单位,要将防雷安全知识宣传作为公益性广告予以支持。教育系统要将防雷安全知识纳入有关教材,在教师和学生中予以普及。

二、督促检查,排除隐患。全市各级政府及市经委、市教委、市国土房管局、市建委、市交委、市商委、市安监局、市公安消防局、市煤监局、市通信管理局、市电力公司等有关部门和单位要按照“重庆市防雷安全工作专题研究会”要求,每年组织开展本行政区域、本部门内的防雷安全专项检查工作,切实排除防雷安全隐患。对检查中发现的防雷安全隐患问题,要限期整改,并将检查结果及整改情况报市防雷安全工作委员会办公室,经汇总后上报市政府。

市委办公厅、市人大常委会办公厅、市政府办公厅、市政协办公厅及市级公房每年由市安监局牵头负责排查防雷安全隐患。各市级党政机关每年也要组织对本机关单位的办公楼和其他建筑物进行全面的防雷安全检查,并将检查结果报市防雷安全工作委员会办公室,经汇总后上报市政府。

三、健全机构,加强管理。至今未成立防雷机构的区县(自治县)要尽快按照《重庆市人民政府办公厅转发国务院办公厅关于进一步做好防雷减灾工作通知的通知》(渝办发[2006]185号)精神予以落实。没有设置气象局的区,市气象局、市防雷安全工作委员会办公室、市防雷中心要成立专门的派出机构,负责当地防雷安全的管理和技术工作。

规划部门在制定规划编制时,应将防雷安全工作纳入防灾减灾专篇,并将防雷技术机构出具的雷电灾害风险评估技术报告作为规划选址的必备资料,切实加强选址工作。建设部门要将防雷中心出具的防雷工程设计评价意见和防雷装置安全检测报告纳入设计审核、竣工验收及工程档案管理范畴,从源头上杜绝新批建设项目的防雷安全隐患。安监部门应将防雷安全工作作为安全生产监督检查的重要内容之一,纳入新改扩建项目安全设施“三同时”审核。消防、商委、经委、煤监、交委、教委、通信管理等部门要积极配合气象部门做好易燃易爆、有毒有害场所、人员密集场所和矿山、高速公路、危化企业、高层建筑、学校、重点通信枢纽等雷电灾害敏感场所的防雷安全工作。市质监部门要认真做好防雷产品监督管理工作。市科委应将防雷重点实验室和工程技术中心纳入科技创新体系建设。国土房管部门应将《重庆市新建建筑物防雷工程竣工验收合格证》作为核发《重庆市房地产权证》安全技术条件之一,纳入核发《重庆市房地产权证》工作范畴,同时要密切配合气象部门建立健全物业管理单位建筑物防雷装置年度安全检测制度。气象部门应加强研究,做好雷电监测、预警预报、雷电防护及其灾害调查和防雷安全技术培训等工作。

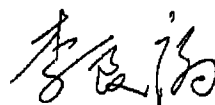
四、建好基础,提升科技。做好全市防雷安全工作,有效地防御雷电灾害,不仅需要良好的法制环境,还需要防雷先进设备和高新技术的保障。只有防雷减灾的行政管理职能与防雷高新技术的应用和执政为民的理念有机结合,才能使全市防雷安全工作健康发展。雷电监测与预警是全市防雷安全工作的重要基础。当务之急是要加强防雷减灾服务系统建设,加强雷电灾害的预测和预警业务系统的现代化建设,并致力于防雷新技术

的开发研究与应用,不断提升科技含量,提高防雷减灾的服务能力。做好防雷安全工作是广大气象工作者的光荣职责,它事关社会、经济发展和人民生命财产安全,责任之重,重于泰山。

五、加强研究,减少灾害。以人们现在掌握的科学技术,是不能够完全消除雷电,因此现阶段开展雷电灾害防护工作的重点是如何合理地规避雷电灾害以及研究有效的雷电防护技术,从而最大限度地防止或者减轻雷电造成的灾害损失,所以雷电防护关键技术的研究在防雷安全工作中就显得尤为重要,是防雷安全工作的重要基础。因此开展雷电防护关键技术研究,做好防雷减灾工作是《中华人民共和国气象法》、《国务院对确需保留的行政审批项目设定行政许可的决定》(国务院令 412 号)、《重庆市气象条例》和《重庆市气象灾害防御条例》、《重庆市防御雷电灾害管理办法》(重庆市人民政府令 第 78 号)赋予全市气象部门的历史使命和责任;体现了气象事业对国家安全、社会进步具有重要的作用,气象事业对经济发展具有很强的现实性作用,气象事业对可持续发展具有深远的前瞻性作用;体现了气象事业充分应用气象科学技术,促使人、社会、自然相互协调的科学防灾、减灾、抗灾的安全气象特征。

六、加强领导,严格责任。各区县(自治县)人民政府和业务主管部门要加强对防雷安全工作的领导,要将防雷安全工作纳入安全目标考核,建立和完善雷电灾害应急处置预案,建立健全雷电灾害事故责任追究制度。各区县(自治县)政府负责本行政区域内的防雷安全工作,各业务主管部门负责搞好本系统内的防雷安全工作。

重庆市防雷安全工作委员会办公室主任
重庆市气象局副局长



二〇〇七年九月五日

前 言

雷电是发生于大气中的一种瞬态大电流、高电压、强电磁辐射的天气现象,由于雷电发生、发展、消散过程的特殊性,常常引起重大的灾害事故,目前雷电灾害已被联合国有关部门列为“最严重的十种自然灾害之一”。特别是随着国民经济的高速发展,我国现已迈入以电力和电子为主的现代化时代,微电子器件和信息技术应用也日渐普及,雷电灾害造成的经济损失越来越大,影响也越来越广,被称为“电子时代的一大公害”。雷电作为自然界中发生的一种剧烈的灾害性天气事件,给航空航天、国防、通讯、计算机、电子工业、石油化工、邮电、交通、森林等国民经济的许多部门造成重大经济损失。据不完全统计,2004年6—8月我国共发生雷电灾害约6505起,造成人员伤亡997人,直接经济损失约达2亿多元,间接经济损失约达10亿元以上。因此,全面开展雷电防护工作,对于减轻国民经济损失,促进经济建设的顺利进行,保护国家和人民的生命财产安全具有十分重要的意义。

以人们现在掌握的科学技术,是不能够完全消除雷电的,因此现阶段开展雷电灾害防护工作的重点是如何合理地规避雷电灾害以及研究有效的雷电防护技术,从而最大限度地防止或者减轻雷电造成的灾害损失,所以雷电防护关键技术的研究在防雷安全工作中就显得尤为重要。为此,作者根据国家科技基础条件平台工作项目——雷电防护标准体系建设的关键技术研究项目(2004DEA71070)的“雷电防护标准体系的关键技术研究”课题研究成果,结合重庆市雷电防护的具体实践经验,并参考国内外有关雷电防护技术资料,凝练出了雷电防护工程技术中既应用广泛又是基础性的9大关键技术问题,即“球雷防护问题”、“接地电阻是否是衡量地网接地效果的唯一标准问题”、“电子设备系统机房各类接地独立设置和共用接地母线的局限性问题”、“建筑物屋顶暗式避雷带敷设厚度问题”、“塑钢门窗防雷安全接地问题”、“林区区域防雷问题”、“新建建设项目对附近建筑物防雷安全的影响评估问题”、“降阻剂在使用中存在的局限性问题”、“雷电流对地下设施的危害问题”等9大关键技术问题。尤其对建设项目防雷工程建设单位、设计单位、施工单位、监理单位、验收单位、管理单位迫切关心的“接地电阻是否是衡量地网接地效果的唯一标准问题”、“电子设备系统机房各类接地独立设置和共用接地母线的局限性问题”、“建筑物屋顶暗式避雷带敷设厚度问题”、“塑钢门窗防雷安全接地问题”、“雷电灾害风险评估问题”、“林区区域防雷问题”等重点关键技术问题进行了系统论述,提出了解决这6大重点关键技术问题的具体措施和方法。供从事雷电防护理论研究的科研人员和建设项目防雷工程设计、施工、验收、检测的工程技术人员参考。

本书在编写过程中得到重庆市防雷安全工作委员会、重庆市气象局、重庆大学电气工程学院、西南大学资源环境学院、西部雷电科学与防护技术研究中心等单位的大力支持,重庆市防雷安全工作委员会办公室、重庆大学电气工程学院、西部雷电科学与防护技术研究中心、重庆市防雷中心、重庆市舍特气象应用研究所、重庆维宇电子高科技开发有限公司、重庆科雷电子科技开发有限责任公司等单位提供了大量的雷电防护工程的具体实践资料和试验资料。袁彬、林涛、刘俊、刘青松、任艳、秦健参加了本书的资料收集与整理工作。中国气象科学研究院博士生导师张义军研究员、博士生导师董万胜研究员、重庆市设计院周爱农教授级高工、重庆大学电气工程学院博士生导师廖瑞金教授、博士生导师司马文霞教授、西南大学资源环境学院博士生导师李航教授等审阅了本书,并提出了许多宝贵意见,在此一并致谢。此外,本书引用了同行在雷电防护方面的研究成果和经验总结,除个别文献外,均列出了参考文献,在此向文献作者致以衷心的感谢。

本书由李良福执笔撰写,李家启参与本书第五章、第六章的编写工作,覃彬全参与本书第五章、第六章编写工作,杨利敏参与本书第二章、第三章的编写工作,陈宏参与本书第七章编写工作,李建平参与本书第七章编写工作,全书由李良福校订。

由于作者水平有限、时间仓促,本书难免有不足之处,敬请读者批评指正。

李良福

2007年2月于重庆

目 录

代序

前言

第 1 章 雷电防护关键技术问题研究	(1)
1.1 概述	(1)
1.1.1 开展雷电防护工作的重要性	(1)
1.1.2 开展雷电防护关键技术研究的迫切性	(1)
1.1.3 雷电防护技术体系中的关键技术问题	(2)
1.2 球雷防护问题	(3)
1.2.1 球雷存在的科学事实	(3)
1.2.2 球雷的相关特性及其形成机理	(7)
1.2.3 球雷的防护措施及其存在的问题	(8)
1.3 接地电阻是否是衡量地网接地效果的唯一标准问题	(9)
1.3.1 接地电阻的物理意义	(9)
1.3.2 高标准的接地电阻增加了施工难度与成本的问题	(11)
1.3.3 接地电阻测量的非客观性问题	(12)
1.3.4 接地装置的目的及意义	(12)
1.3.5 评价接地装置接地效果的客观标准问题	(12)
1.4 电子设备系统机房各类接地独立设置和共用接地母线的局限性问题	(13)
1.4.1 引言	(13)
1.4.2 电子设备系统机房各类接地之间的相互关系	(13)
1.4.3 电子设备系统机房各类接地采用独立接地技术的局限性	(17)
1.4.4 电子设备系统机房各类接地采用共网共母线接地技术的局限性	(18)
1.5 建筑物屋顶暗式避雷带敷设厚度问题	(20)
1.5.1 引言	(20)
1.5.2 建筑物屋顶避雷带暗敷的重要性	(20)
1.5.3 建筑物屋顶避雷带暗敷敷设厚度过深的危害性	(21)
1.6 塑钢门窗防雷安全接地问题	(23)
1.6.1 使用者对塑钢门窗防雷抗静电接地的安全意识淡薄	(23)
1.6.2 尽快制定塑钢门窗防雷抗静电接地技术规范的意义	(27)
1.7 林区区域防雷问题	(27)
1.7.1 引言	(27)
1.7.2 林区传统避雷针“电气—几何”模型雷电防护理论的局限性	(29)
1.7.3 区域性雷电防护模型——“驱雷—引雷”理论的提出	(31)

1.8 新建建设项目对附近建筑物防雷安全影响评估问题	(32)
1.8.1 新建建筑物对附近建筑物防雷安全存在影响	(32)
1.8.2 新建建筑物接闪器的引雷特性对附近建筑物防雷安全的影响研究	(32)
1.9 降阻剂在使用中存在的问题	(37)
1.9.1 降阻剂的降阻机理	(37)
1.9.2 降阻剂在使用中存在的局限性	(39)
1.9.3 降阻剂应用须解决的难题	(40)
1.10 雷电流对地下设施的危害问题	(41)
1.10.1 雷电流对地下设施的危害	(41)
1.10.2 雷电流入地的作用机理	(42)
本章小节	(46)
第2章 地网防雷响应时间研究	(47)
2.1 地网防雷响应时间产生的背景	(47)
2.1.1 接地电阻衡量地网防雷效果的局限性	(47)
2.1.2 地网防雷响应时间的提出	(48)
2.2 地网防雷响应时间的定义及其物理意义	(49)
2.2.1 地网防雷响应时间的物理意义	(49)
2.2.2 地网防雷响应时间的定义	(50)
2.3 地网防雷响应时间的理论模型研究	(50)
2.3.1 雷电流在土壤中散流模型	(50)
2.3.2 地网防雷响应时间的数学模型	(51)
2.3.3 不同土壤与地网防雷响应时间关系	(53)
2.4 地网防雷响应时间的数值实验研究	(54)
2.4.1 地网防雷响应时间的物理模型	(54)
2.4.2 地网防雷响应时间的数值实验验证	(55)
2.5 地网防雷响应时间的应用实践	(62)
本章小节	(62)
第3章 共网不共母线接地技术研究	(64)
3.1 电子设备接地系统共网不共母线接地理论产生的背景	(64)
3.1.1 引言	(64)
3.1.2 电子设备系统机房各类接地采用独立接地的局限性	(64)
3.1.3 电子设备系统机房各类接地采用共网共母线接地的局限性	(65)
3.2 电子设备接地系统共网不共母线接地技术的理论研究	(65)
3.2.1 雷电波只从一条通道入侵一台电子设备的地电位反击	(66)
3.2.2 雷电波同时从二条通道入侵一台电子设备地电位反击	(67)
3.2.3 雷电波入侵电子设备对邻近电子设备的地电位反击	(68)
3.2.4 雷电波入侵对不同机房电子设备的地电位反击	(71)
3.2.5 共网不共母线的接地技术体系	(74)

3.3 共网不共母线接地技术的实验研究	(75)
3.3.1 共网共母线接地技术局限性数值实验	(75)
3.3.2 共网不共母线接地技术数值实验	(80)
3.4 共网不共母线接地技术的应用实践	(84)
3.4.1 重庆联通公司机房应用共网不共母线接地技术的实践	(84)
3.4.2 重庆市气象局 9210 工程应用共网不共母线接地技术的实践	(86)
本章小节	(88)
第 4 章 建筑物女儿墙暗式避雷带敷设厚度研究	(90)
4.1 建筑物女儿墙暗式避雷带敷设厚度问题产生的背景	(90)
4.2 建筑物女儿墙暗式避雷带敷设厚度的理论研究	(90)
4.2.1 建筑物女儿墙暗式避雷带雷击模型	(90)
4.2.2 雷击建筑物女儿墙暗式避雷带上的混凝土块脱落机理分析	(91)
4.2.3 雷击建筑物女儿墙暗式避雷带上的混凝土敷设厚度的理论研究	(92)
4.3 建筑物女儿墙暗式避雷带覆盖物敷设厚度高电压击穿实验研究	(96)
4.3.1 暗式避雷带敷设厚度高电压击穿实验条件	(96)
4.3.2 实验过程及其现象	(97)
4.3.3 实验现象的结果分析	(100)
4.4 建筑物女儿墙暗式避雷带敷设厚度技术的应用实践	(101)
本章小节	(102)
第 5 章 建筑物塑钢门窗防雷安全接地技术研究	(103)
5.1 塑钢门窗防雷安全接地问题产生的背景	(103)
5.2 建筑物塑钢门窗雷电危害的理论研究	(104)
5.2.1 雷击建筑物塑钢门窗的模型	(104)
5.2.2 建筑物塑钢门窗的雷电危害机理分析	(105)
5.3 建筑物塑钢门窗聚氯乙烯材料表面闪络的实验研究	(110)
5.3.1 塑钢门窗聚氯乙烯材料表面闪络实验条件	(110)
5.3.2 实验过程及其现象	(111)
5.3.3 实验现象和结果分析	(111)
5.4 建筑物塑钢门窗防雷安全接地措施	(113)
5.4.1 塑钢门窗与防雷装置一点法连接技术	(113)
5.4.2 塑钢门窗与防雷装置多点法连接技术	(115)
本章小节	(115)
第 6 章 雷电灾害风险评估技术研究	(117)
6.1 雷电灾害风险评估产生的背景	(117)
6.2 雷电灾害风险评估技术规范研究	(118)
6.2.1 雷电灾害风险评估技术的适用范围	(118)
6.2.2 规范性引用的技术文件	(118)
6.2.3 规范的术语及其定义	(118)

6.2.4 规范的基本规定	(119)
6.2.5 大气雷电环境评价	(121)
6.2.6 雷击损害风险评估	(121)
6.2.7 雷电灾害易损性评估	(126)
6.2.8 雷电灾害环境影响评价	(127)
6.2.9 规范的其他要求	(128)
附录 6A(规范性附录)雷电闪击次数	(129)
附录 6B(规范性附录)可能损失的平均数	(132)
附录 6C(规范性附录)损害概率相关系数取值	(133)
附录 6D(规范性附录)防雷装置拦截效率	(135)
附录 6E(规范性附录)电子信息系统雷电防护分级	(136)
附录 6F(规范性附录)用于电子系统雷击风险评估的 N 和 N_c 的计算方法	(137)
附录 6G(规范性附录)防雷区的划分	(138)
附录 6H(资料性附录)雷击损害风险评估相关数据	(139)
附录 6I(资料性附录)土壤电阻率的测试	(140)
附录 6J(资料性附录)建筑物分类因子	(144)
附录 6K(资料性附录)安全设防标准有关计算公式	(145)
本章小节	(146)
第七章 林区区域防雷技术研究	(147)
7.1 林区区域防雷问题产生的背景	(147)
7.2 区域性雷电防护模型——“驱雷—引雷”理论研究	(147)
7.2.1 “驱雷—引雷”系统防雷的可行性研究	(148)
7.2.2 “驱雷—引雷”系统的防雷机理	(152)
7.2.3 “驱雷—引雷”系统的主要性能	(156)
7.2.4 “驱雷—引雷”系统工程设计规则	(157)
7.3 林区区域性雷电防护机理研究	(158)
7.3.1 尖端放电机制	(158)
7.3.2 树木尖端放电研究	(159)
7.3.3 林区雷电活动规律	(161)
7.4 林区区域性雷电防护设计原则	(169)
7.4.1 林区驱雷装置设计原则	(169)
7.4.2 林区雷击选择区引雷装置设计原则	(169)
7.4.3 林区雷电活动路径上引雷装置设计原则	(169)
7.4.4 林区区域性雷电防护无防雷保护范围概念	(170)
7.4.5 林区主动引雷装置——提前放电避雷针性能要求	(170)
本章小节	(170)
附录 1 雷电防护标准体系的关键技术研究课题总结报告	(172)
主要参考文献	(181)

第1章

雷电防护关键技术问题研究

1.1 概述

1.1.1 开展雷电防护工作的重要性

雷电灾害是“联合国国际减灾十年”公布的最严重的十种自然灾害之一。尤其是随着经济社会的高速发展,我国现已迈入电子信息时代,雷电灾害也被称为“电子时代的一大公害”。雷电作为自然界中发生的一种破坏性极强的灾害性天气事件,给航空航天、国防、通讯、计算机、电子工业、石油化工、邮电、交通、森林等国民经济的许多部门和行业造成重大经济损失。雷电可使供配电系统、通信系统、计算机信息系统中断,引起森林火灾,击毁建筑物,造成火车停运和仓储场所、炼油厂、油田等燃烧甚至爆炸,危害人民财产和人身安全,同时对航空航天等运载工具威胁很大,甚至影响军队的作战。据不完全统计,全世界每年因雷击造成的直接经济损失达 50 亿美元以上。例如美国国家雷电安全研究所所长 1998 年 9 月在国际雷电防护会议上指出,美国每年因雷击造成的损失约 50~60 亿美元,仅美国能源部系统在 1990 年至 1998 年期间由于雷电引起事故高达 461 起,其中电源线路过电压造成的物理性装备损失约占 80% 左右,美国计算机安全部门统计,1998 年因雷电波侵入使 10 万台计算机受损,价值 1.2 亿美元;而中国仅 2004 年 6—8 月共发生雷电灾害约 6505 起,造成人员伤亡 997 人,直接经济损失约达 2 亿多元,间接经济损失约达 10 亿元以上,2006 年 6 月中国 20 个省的不完全统计,因雷击造成 97 人死亡。因此,全面开展雷电防护工作,对于减轻国民经济损失,促进经济建设的顺利进行,保护国家和人民的生命财产安全具有十分重要的意义。

1.1.2 开展雷电防护关键技术研究的迫切性

雷电防护工作包含防雷管理和防雷技术工作两个层面。从管理层面而言,在 2000 年颁布实施的《中华人民共和国气象法》中,明确规定了各级气象主管机构作为雷电灾害防御工作的组织管理机构;自此,雷电灾害的防御工作有了一个管理主体,雷电防护工作得到了很大的发展。2004 年颁布实施的《国务院对确需保留的行政审批项目设定行政许可的决定》(国务院令 第 412 号)也明确并保留了雷电防护行政审批项目,并且 2006 年国务院办公厅根据温家宝总理的批示,专门向各省、自治区、直辖市人民政府,国务院各部

委、各直属机构下发了《国务院办公厅关于进一步做好防雷减灾工作的通知》(国办发明电[2006]28号);2004年颁布并于2005年实施的《防雷减灾管理办法》(中国气象局8号令),2005年颁布实施的《防雷工程专业资质管理办法》(中国气象局10号令)、《防雷装置设计审核和竣工验收规定》(中国气象局11号令)以及全国20个省(区、市)人大或政府相继出台的“气象条例”或“办法”和16个省(区、市)出台的防雷专项管理办法都对防雷工作做出了相应的规定。这些法规、规章和规范性文件不仅表明国家对雷电防护安全工作的重视,同时也说明雷电防护安全工作的重要性。从技术层面而言,雷电灾害的防护是一个系统工程,应从雷电的形成机理研究、监测、预警预报和雷电防护工程的设计、施工、监理、验收以及雷电灾害的调查、鉴定和风险评估等方面着手,形成完整、封闭的防护体系。对于重点项目或一些重点工程的建设还应该根据已有的雷电数据资料,进行分析,作出相关的技术报告,从雷电灾害的角度为项目的功能分区、布局提出相关的参考意见,从而自项目的规划开始,最大限度地防止或减轻雷电灾害损失。

但是根据目前科技水平,人们是不能够完全消除雷电的。因此,现阶段开展雷电灾害防护工作的重点是如何合理地规避雷电灾害风险以及研究有效的雷电防护技术,以最大限度地减轻雷电造成的灾害损失,所以防雷技术的研究在整个雷电防护系统工程中就显得尤为重要。自1955年建筑防雷专家王时煦先生设计故宫防雷装置以来,我国便开始系统地研究雷电的防护技术,但由于种种原因,其发展一直比较缓慢,直到1983年我国第一部建筑物防雷技术标准《建筑物防雷设计规范》(GBJ57-83)颁布后,系统防雷技术理论研究才逐渐开始发展,许多行业也针对本行业的特点制定了一些本行业的防雷技术要求,但由于对雷电的发生机制以及入地散流机制、雷击和雷电感应机理的认识不够清楚,许多防雷关键技术始终没有得到突破性的进展。特别我国进入电子信息时代以来,越来越多新设备的问世,使防雷的科技工作者将面临更多的防雷技术难题,例如电子弱电设备的接地母线布设技术,衡量接地装置接地效果的技术指标等等问题,这些技术难题在防雷领域都是一些应用广泛而又带有基础性的问题,如果这些问题不尽快解决,将极大地制约防雷技术的进一步发展,同时也会发生更多的雷电灾害事故。因此,开展防雷关键技术的研究就显得尤为重要、迫切,同时也对推动防雷技术的发展,减轻雷电灾害损失具有非常重要的现实意义和积极的作用。

1.1.3 雷电防护技术体系中的关键技术问题

虽然防雷装置不可能保证建筑物、人身或其他被保护对象等100%地不受到雷击的损害,但实践证明,按照一定技术标准进行雷电防护,的确能大大减少被保护物遭受雷击产生损害的危险性。而技术标准应该是建立在坚实的科学理论和大量的技术试验基础之上的,但目前我国雷电防护技术标准主要依据国际电工委员会的标准制定,虽然不同行业根据自身特点参考国际上的一些技术规定也制定了许多行业标准,但由于雷电防护自身固有的多样性、复杂性等特点,以及缺乏系统的国家雷电防护技术标准体系,同时在这些标准中一些技术参数与指标的确定及其实施效果的检验也没有结合我国的实际情况进行大量的实验和理论研究,导致国家标准与行业标准、相关行业之间的标准交叉重

复,各标准的协同性不够,技术要求不统一,名词定义不准确或不明确,且管理分散,从而造成不同标准中技术规定不一致,甚至在不同的技术规范中还出现了相互矛盾的情况,给各行各业带来不应有的损失,这严重影响了我国雷电防护技术水平的提高。另外我国地域广阔,不同地域雷电特征也具有较大的差异,雷电灾害分布及其特征具有独特性,因此必须结合我国的具体情况,针对许多关键性基础性的防雷技术问题,通过大量的实验和理论研究,得到符合我国实际情况的有效防雷技术,从而规范和完善我国的防雷技术体系,避免或减少一些不必要的雷灾损失,保障国家和人民的生命财产安全,促进国家经济建设的顺利发展。

为此作者根据国家科技基础条件平台工作项目——雷电防护标准体系建设的关键技术研究项目(2004DEA71070)的“雷电防护标准体系的关键技术研究”课题研究成果和重庆市防雷中心近十几年雷电防护工程的设计、施工、监理、验收以及雷击灾害的评估、调查、鉴定等方面实践经验,参考国内外的最新雷电防护技术资料,结合防雷工程技术中一些应用广泛而又是基础性的关键问题,通过大量的分析研究,重点凝练出了“球雷防护问题”、“接地电阻是否是衡量地网接地效果的唯一标准问题”、“电子设备系统机房各类接地独立设置和共用接地母线的局限性问题”、“建筑物屋顶暗式避雷带敷设厚度问题”、“塑钢门窗防雷安全接地问题”、“林区区域防雷问题”、“新建建设项目对附近建筑物防雷安全的影响评估问题”、“降阻剂在使用中存在的局限性问题”、“雷电流对地下设施的危害问题”等雷电防护技术体系中的9大关键技术问题。尤其对建设项目防雷工程的建设单位、设计单位、施工单位、监理单位、验收单位、管理单位迫切关心的“接地电阻是否是衡量地网接地效果的唯一标准问题”、“电子设备系统机房各类接地独立设置和共用接地母线的局限性问题”、“建筑物屋顶暗式避雷带敷设厚度问题”、“塑钢门窗防雷安全接地问题”、“林区区域防雷问题”、“雷电灾害风险评估问题”等重点关键技术问题用专门的章节进行了系统研究,提出了解决这6大重点关键技术问题的具体措施和方法。

1.2 球雷防护问题

1.2.1 球雷存在的科学事实

1.2.1.1 我国著名防雷专家王时煦教授对球雷的论述

主审我国第一部《建筑物防雷设计规范》(GBJ57-83)、第二部《建筑物防雷设计规范》(GB50057-94)(机械工业部设计研究院林维勇先生主笔)的建筑物防雷泰斗王时煦老先生在《综论建筑物防雷》中对球雷的特性做了详细的论述。

王老先生认为:在国际建筑物防雷标准(IEC/TC-81)和我国的《建筑物防雷设计规范》中,均没有对球雷的防护做出规定。而根据王老先生的调查,北京地区的球雷事故时有发生,球状闪电约占北京地区的闪电统计总数的8%~13.7%。尽管国内外科技人员对球状闪电的形成机理尚无一致的观点,但对其性质、状态和危害还是比较清楚的。

球雷(即球状闪电)是一种橙色或红色的类似火焰的发光球体,偶尔也有黄色、蓝色

或绿色的。大多数火球的直径在 10~100 cm 左右。球雷多在强雷暴时空中普通闪电最频繁的时候出现。球雷通常沿水平方向以 1~2 m/s 的速度上下滚动,有时距地面 0.5~1 m,有时升起 2~3 m。它在空中漂游的时间可由几秒到几分钟。球雷常由建筑物的孔洞、烟囱或开着的门窗进入室内,有时也通过不接地的门窗铁丝网进入室内。最常见的是沿大树滚下进入建筑物并伴有嘶嘶声。球雷有时自然爆炸,有时遇到金属管线而爆炸。球雷遇到易燃物质(如木材、纸张、衣物、被褥等)则造成燃烧,遇到可爆炸的气体或液体则造成更大的爆炸。有的球雷会不留痕迹地无声消失,但大多数均伴有爆炸声且响声震耳。爆炸后偶尔有硫磺、臭氧或二氧化碳气味。球雷火球可辐射出大量的热能,因此它的高热破坏力比爆炸破坏力要大。

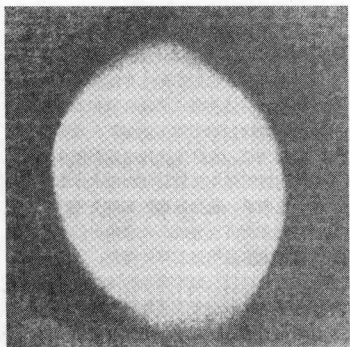
1.2.1.2 苏联著名物理学家德米特列耶夫经历的球雷事件

1955 年夏天,苏联著名物理学家德米特列耶夫正在奥温加湖畔度假,8 月 23 日傍晚,下了一场暴雨。德米特列耶夫正站在大楼门前观赏自然景色。这时空中掠过一道强烈的闪电,一二分钟之后,一个淡红色的火球在离地面 2 米半的空中,缓慢地向他站立的方向飘来,黄色、绿色和紫色的火星四溅。当火球接近他时,改为向上浮动,并且在空中一动不动地停留了几秒钟,然后飘向远处森林,在一棵树枝上“降落”下来。火球剧烈地发射出火星,很快又熄灭了。当德米特列耶夫清醒过来以后,只觉得火球经过的地方,空气中有股少有的清新气味。职业的本能驱使他立即取来烧瓶,采取空气样品,经化验分析,发现其中含有大量的臭氧和二氧化氮,其含量大大超过正常值,这表明在火球内部很可能发生过某些化学反应。

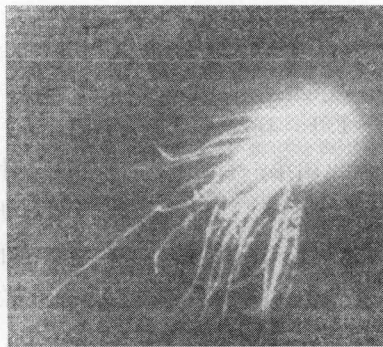
1.2.1.3 球雷存在的观察事实

虽然近 20 年来,仅有 1% 的人声称见过球形闪电,但有关球雷存在的证据已获得超过 1 万次的证据,因此科学家现在深信球形闪电的存在。例如经有关专家调查分析,北京地区的球状闪电约占闪电统计总数的 8%~13.7%。

另根据国外有关专家观测拍摄的球雷外形图(图 1.1)及其移动路径(图 1.2),也充分证明球雷的存在。

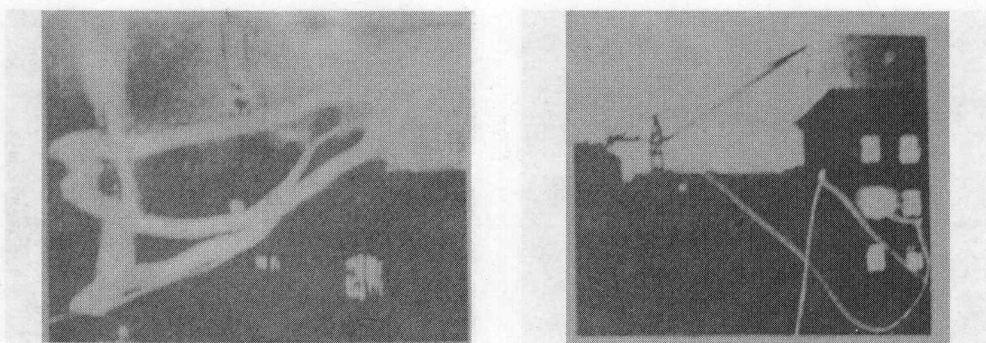


Schneidermann 拍摄的球状闪电照片 (Norinder, 1939)



Kuhn 拍摄的球状闪电照片 (Kuhn, 1951)

图 1.1 球雷外形图



球闪路径 (F. Wolf, 1956)

球闪入室内 (Dqvidov, 1958)

图 1.2 球雷移动路径图

1.2.1.4 球雷存在的事例

(1) 北京钓鱼台迎宾馆球雷实例

1982年8月16日,钓鱼台迎宾馆两处同时落球雷,均为沿大树滚下的球雷。一处在迎宾馆的东墙边,一名警卫战士当即被击倒,该战士站在2.5 m高的警卫室前,距落雷的大树约3 m,树高20多米。球雷落下的瞬间,他只感到一个火球距身体很近,随后眼前一黑就倒了。醒来后,除耳聋外并无其他损伤。但该警卫室的混凝土顶板外檐和砖墙墙面被击出几个小洞,室内电灯被打掉,电灯的拉线开关被打坏,电话线被打断,估计均为电磁感应的电动力所致。另一处在迎宾馆院内的东南区,距警卫室约100 m,也是沿大树滚下。距树2 m处有个木板房(仓库),该房在三棵14~16 m高大槐树包围之中,球雷沿东侧的大树滚下后钻窗进屋,窗玻璃外有较密的铁丝网,但没有接地,铁丝网被击穿8个小洞,窗玻璃被击穿两个小洞。球雷烧焦了东侧木板墙和东南房角,烧毁了室内墙上挂的两条自行车内胎,烧坏了该室的胶盖闸,室内的电灯线也被烧断。

(2) 山西省气象局大同基准站球雷实例

2004年5月15日15时08分,大同基准站周围多个“球状雷”先后落地炸响,基准站仪器设备遭到雷击,造成供电系统、自动站计算机系统、网络传输系统、沙尘暴监测系统全部瘫痪,致使自动站数据采集传输一度中断。据统计,直接损失达15000元。

虽然大同国家基准站2003年5月安装了防雷设施。设在办公室顶部的2支避雷针作为直击雷保护,可覆盖整个自动站机房;对自动站机房的电源、信号系统以及机房建筑物还安装了综合防雷设施,进行了多级保护,防雷设备均符合现行的技术要求。由于现有防雷设施对“球状雷”的防御能力几乎为零,因此还是不可避免地遭到此次雷击。

(3) 重庆市荣昌县天洋坪农贸市场商住楼球雷实例

2004年9月4日晚重庆市荣昌县天洋坪农贸市场商住楼遭遇球雷袭击,球雷穿过窗户,进入室内,将内墙击出坑状并将放于水缸案板上的水瓢击穿(图1.3)。