



智能建筑系统识图系列

智能建筑 防雷接地系统识图



主 编 龚 威
副主编 王 瀛



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS





智能建筑系统识图系列

智能建筑 防雷接地系统识图

主 编 龚 威
副主编 王 瀛
参 编 胡晓东 王慧慧 罗春丽



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书介绍了雷电现象及雷击的形式；雷击对建筑物及电子设备造成的危害；建筑防雷接地的原理。针对建筑物所受的雷击形式和防雷等级，论述了针对直击雷、感应雷、雷击电磁脉冲等采用的防雷措施，以及综合性雷电防护的技术。本书在讲述雷电防护原理及措施的基础上，介绍了识读建筑防雷接地工程图的基本方法和技巧。并以大量的篇幅解读多个方面、各种类型建筑物防雷接地系统电气设计工程实例的设计特点及设计思想，由浅入深地引导读者识读防雷系统工程图和接地系统工程图。本书实用性强，内容新颖、通俗易懂、技术先进、资料丰富，贴近工程实际。书中引用了大量的、具有代表性的工程实例，层次清晰，逻辑性强，便于读者理解、掌握和应用。读者通过本书的学习，可以快速地掌握识图的基本方法。

图书在版编目 (CIP) 数据

智能建筑防雷接地系统识图/龚威主编. —北京：中国电力出版社，2014.10

ISBN 978-7-5123-6301-4

I. ①智… II. ①龚… III. ①智能化建筑-接地保护装置
IV. ①TU856

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 181621 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 10 月第一版 2014 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.25 印张 364 千字

印数 0001—3000 册 定价 38.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

随着智能建筑电气技术的飞速发展,伴随着城市化建设步伐的加快,对建筑物、人员及设备安全性的要求越来越高,对建筑物防雷击的标准及技术也提出了更高的要求,防雷接地系统的电气设计成为了保障建筑物安全性的重要部分。本书的编写是适应现代社会的需求,解读了利用最新的设计规范标准和技术手段,对各类建筑物应对雷击所采取的防护措施,并引导读者掌握和识读建筑物防雷接地系统电气设计的工程图。

全书共分10章,第1、第2章介绍了防雷接地的基础知识,防雷击的原理和防护设备;第3章讲述了建筑物防雷等级及防雷措施,对新规范进行了解读;第4章对电子信息系统防雷接地技术,尤其对电子信息系统防雷击过电压、雷击电磁脉冲作了详细的阐述;第5章接地装置及接地电阻,讲述了接地及等电位的概念及设置;第6章智能建筑防雷接地工程图的识图技巧,主要论述了识图的方法步骤,并以实例加以说明。第7~第10章,也是全书的重点,以大量的篇幅介绍了民用建筑、公共建筑及特色建筑的多个工程实例,有针对性地对防雷接地系统图和平面图进行分析,解读其设计思想,设计步骤,快速识图的方法和技巧。

本书与其同类书有所不同,它既通俗易懂、图文并茂,又不失其技术性和先进性,满足了读者对新技术的渴求。书中的内容反映了现代智能建筑电气技术的现状和发展,书中的实例具有较强的时代感和实用性。为将书中前几章基础理论知识能够尽快地应用于工程实践之中,在第7~第10章给读者展现了多个完整的建筑防雷接地电气设计工程实例,并作了详细分析,使读者能够将建筑电气工程图识读的基本知识和方法融会贯通、灵活应用。

本书内容取材新颖,实用性强,较紧密地结合工程实践,是建筑电气工程技术人员具有实用价值的读物之一。

本书可作为建筑类高等院校的专科生、本科生或研究生建筑防雷接地系统课程的教材或参考书,也可以作为从事建筑电气行业工程技术人员及相关人员的参考书和自学用书。

本书由天津城建大学龚威主编、王瀛副主编,参加本书编写工作的还有天津华汇设计院胡晓东,天津城建大学王慧慧、罗春丽。其中,王慧慧编写第1~3章,罗春丽编写第4、5章,胡晓东编写第6、9章,龚威编写7、8、10章。王瀛对全书进行了修改和统稿。

书中参考了国内外许多同行的论著及应用成果,在此谨致谢意。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免有不妥和错误之处,恳请广大读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 防雷接地的基础知识	1
1.1 雷电的形成及危害	1
1.1.1 雷电的形成	2
1.1.2 雷击的种类及危害	2
1.1.3 防雷电的基本措施	4
1.2 雷电特性与雷电过电压	4
1.2.1 雷电特性	4
1.2.2 雷电过电压	5
1.2.3 雷击电磁脉冲	6
1.3 防雷及接地的现行国家规范及标准	6
第 2 章 防雷击的原理和防护设备	9
2.1 防雷击的原理及防护	9
2.1.1 防雷击的基本原理	9
2.1.2 雷电防护系统的组成	11
2.2 防雷系统常用设备.....	13
2.2.1 接闪器	13
2.2.2 消雷器	15
2.2.3 避雷器	16
2.3 防雷击电磁脉冲.....	20
第 3 章 建筑物防雷等级及防雷措施	21
3.1 建筑物防雷等级的分类.....	21
3.1.1 第一类防雷建筑物	21
3.1.2 第二类防雷建筑物	21
3.1.3 第三类防雷建筑物	22
3.2 防雷系统的分类与防雷保护措施.....	22
3.2.1 外部防雷系统.....	22
3.2.2 内部防雷系统.....	28
3.3 建筑物的防雷措施.....	31
3.3.1 第一类防雷建筑物的防雷措施	31
3.3.2 第二类防雷建筑物的防雷措施	33
3.3.3 第三类防雷建筑物的防雷措施	35

3.3.4	其他防雷措施	37
3.4	电力装置的防雷保护及实例解读	37
3.4.1	架空线路的防雷保护	37
3.4.2	变配电站的防雷保护	37
3.4.3	变电站典型的防雷方案识读	38
3.4.4	高压电动机的防雷措施识读	39
第4章	电子信息系统防雷接地技术	40
4.1	对信息系统产生的雷电过电压	40
4.2	防雷击电磁脉冲	40
4.3	信息系统的防雷保护器件	41
4.3.1	电涌保护器	41
4.3.2	电涌保护器的分级防护	43
4.3.3	电涌保护器的基本参数及应用	44
4.3.4	SPD在系统中的安装要求	47
4.4	信息系统的防雷接地保护	48
4.4.1	防雷区的划分	48
4.4.2	雷击电磁脉冲的保护措施	50
4.4.3	屏蔽接地及等电位接地的要求	52
4.4.4	信息系统雷击过电压保护应用实例解读	56
第5章	接地装置及接地电阻	58
5.1	电气设备的接地装置及应用	58
5.1.1	接地装置的基本概念	58
5.1.2	安全电压和安全电流	59
5.1.3	接地的类型及应用	60
5.1.4	建筑物接地网	63
5.1.5	接地装置	63
5.2	接地要求及接地电阻	65
5.2.1	接地要求	65
5.2.2	接地电阻	65
5.2.3	接地装置实例	66
5.3	等电位联结	67
5.3.1	等电位联结的方式	67
5.3.2	接地线与接地干线	69
5.3.3	等电位联结实例解读	69
5.4	关于几种防雷接地的方法	72
5.4.1	基础接地体的应用	72
5.4.2	独立接地与联合接地	73
5.5	接地要求	74

5.6	接地系统工程实例解读	75
第6章	智能建筑防雷接地工程图的识图技巧	78
6.1	建筑防雷接地工程图的识读方法	78
6.1.1	建筑电气工程图的识读方法	78
6.1.2	建筑防雷及接地系统工程图的识读方法	78
6.2	电气系统防雷接地设计图解读	79
6.2.1	防雷接地设计基本作法解读	79
6.2.2	防雷接地系统设计实例解读	81
6.3	智能建筑防雷接地系统工程设计举例	82
6.3.1	某高层住宅建筑物防雷接地系统设计	82
6.3.2	小型办公楼防雷接地系统工程图识读练习	87
6.3.3	某军工办公楼防雷接地系统工程图识读练习	87
第7章	民用建筑防雷接地系统电气设计识图	92
7.1	小高层居民住宅楼防雷接地系统电气设计	92
7.1.1	工程概况	92
7.1.2	住宅楼防雷接地系统电气设计解读	92
7.1.3	工程图例	96
7.2	普通居民租赁房防雷接地系统电气设计	97
7.2.1	工程概况	97
7.2.2	防雷接地系统电气设计解读	97
7.2.3	工程图例	97
7.3	天新里防雷接地系统电气设计	101
7.3.1	工程概况	101
7.3.2	防雷接地系统电气设计解读	101
7.3.3	工程图例	101
7.4	高层住宅楼防雷接地系统电气设计	107
7.4.1	工程概况	107
7.4.2	防雷接地系统设计解读	107
7.4.3	工程图例	108
7.5	商住两用高层楼防雷接地系统电气设计	111
7.5.1	工程概况	111
7.5.2	防雷接地系统电气设计解读	111
7.5.3	工程图例	114
7.6	洋房公寓防雷接地系统电气设计	116
7.6.1	工程概况	116
7.6.2	防雷接地系统电气设计解读	116
7.6.3	工程图例	116
7.7	职工宿舍楼防雷接地系统电气设计	119

7.7.1	工程概况	119
7.7.2	防雷接地系统电气设计解读	119
7.7.3	工程图例	123
7.8	综合性大厦防雷接地系统设计	123
7.8.1	工程概况	123
7.8.2	防雷接地系统电气设计解读	123
7.8.3	工程图例	125
7.9	综合性(改扩建)商住两用高层楼防雷接地系统电气设计	129
7.9.1	工程概况	129
7.9.2	防雷接地系统设计解读	129
7.9.3	工程图例	130
第8章	公共服务建筑防雷接地系统电气设计识图	136
8.1	政法大楼防雷接地系统电气设计	137
8.1.1	工程概述	137
8.1.2	防雷接地系统电气设计解读	137
8.1.3	工程图例	141
8.2	某小学防雷接地系统电气设计	141
8.2.1	工程概况	141
8.2.2	防雷接地系统电气设计解读	141
8.2.3	工程图例	146
8.3	某中学防雷接地系统电气设计	146
8.3.1	工程概况	146
8.3.2	防雷接地系统电气设计解读	146
8.3.3	工程图例	147
8.4	某大学综合教学楼防雷接地系统电气设计	150
8.4.1	工程概况	150
8.4.2	防雷接地系统电气设计解读	150
8.4.3	工程图例	151
8.5	国际中等学校教育中心防雷接地系统电气设计	153
8.5.1	工程概述	153
8.5.2	防雷接地系统电气设计解读	153
8.5.3	工程图例	160
8.6	医院门诊楼防雷接地系统电气设计	160
8.6.1	工程概况	160
8.6.2	防雷接地系统电气设计解读	160
8.6.3	工程图例	161
8.7	某医院主楼防雷接地系统电气设计	165
8.7.1	工程概况	165

8.7.2	防雷接地系统电气设计解读	165
8.7.3	工程图例	165
8.8	综合性酒店防雷接地系统电气设计	170
8.8.1	工程概况	170
8.8.2	防雷接地系统电气设计解读	170
8.8.3	工程图例	170
8.9	公交车站管理服务中心防雷接地系统电气设计	174
8.9.1	工程概况	174
8.9.2	防雷接地系统电气设计解读	174
8.9.3	工程图例	174
第9章	其他公共建筑防雷接地系统电气设计识图	184
9.1	江南工业园区防雷接地系统电气设计	184
9.1.1	工程概况	184
9.1.2	防雷接地系统电气设计解读	184
9.1.3	工程图例	185
9.2	综合商业中心防雷接地系统电气设计	191
9.2.1	工程概况	191
9.2.2	防雷接地系统电气设计解读	191
9.2.3	工程图例	191
9.3	某工厂厂区防雷接地系统电气设计	194
9.3.1	工程概况	194
9.3.2	防雷接地系统电气设计解读	194
9.3.3	工程图例	194
9.4	塔式建筑防雷接地系统电气设计	196
9.4.1	工程概况	196
9.4.2	防雷接地系统电气设计解读	196
9.4.3	工程图例	196
9.5	铸造车间防雷接地系统电气设计	202
9.5.1	工程概况	202
9.5.2	防雷接地系统电气设计解读	202
9.5.3	工程图例	202
9.6	扬州科研中心综合性大楼防雷接地系统电气设计	202
9.6.1	工程概况	202
9.6.2	防雷接地系统电气设计解读	202
9.6.3	工程图例	205
9.7	办公楼弱电系统的防雷接地设计	206
9.7.1	工程概况	206
9.7.2	防雷接地系统电气设计	208

9.7.3 工程图例	208
9.8 某车站防雷接地系统的电气设计	210
9.8.1 工程概况	210
9.8.2 防雷接地系统电气设计解读	211
9.8.3 工程图例	211
第10章 基站机房防雷接地系统电气设计识图	213
10.1 移动通信机房防雷接地系统电气设计解读	213
10.1.1 室内保护接地系统	215
10.1.2 室外防雷接地系统	215
10.1.3 工程图例	215
10.2 大厦机房防雷接地系统电气设计解读	215
10.2.1 室内保护接地系统	215
10.2.2 室外防雷接地系统	216
10.2.3 工程图例	217
10.3 某中学机房防雷接地系统电气设计解读	217
10.3.1 室内接地系统设计	218
10.3.2 室外防雷保护接地系统	218
10.3.3 工程图例	218
10.4 南港2号基站防雷接地系统电气设计解读	218
10.4.1 室内保护接地系统	218
10.4.2 室外防雷接地系统	218
10.4.3 工程图例	219
10.5 增油机房防雷接地系统电气设计解读	220
10.5.1 室内接地系统	220
10.5.2 室外防雷接地系统	220
10.5.3 工程图例	220
附录	222
附录A GB 50057—2010《建筑物防雷设计规范》摘引	222
附录B 电气施工图设计说明统一写作规定	231
参考文献	232

第 1 章 防雷接地的基础知识

随着现代电子信息技术的发展，特别是计算机网络技术的应用以及经济的快速发展，建筑正朝着多功能和智能化方向发展，城市也逐渐走向数字化城市。因此，现代智能建筑需要自动化的管理和大量的电子设备，如楼宇自控系统（BA）、消防报警系统（FA）、闭路电视监控系统（CCTV）、出入口控制及保安报警系统（SA）、综合布线及通信系统（CA）等。一方面由于这些设备的耐压等级低、抗干扰能力差；另一方面其信号来源路径增多，系统较以前更容易遭受雷电波的侵入，致使雷电灾害频频发生。据统计，雷电对电子设备的损坏，占设备损坏的比例高达 26%，防雷击过电压已成为一项迫切要求。所以，在智能建筑的设计与施工中，不仅要重视智能建筑的性能指标和设备的先进性，更要注意做好建筑物的防雷保护。

防雷与接地对于智能建筑中弱电设备的安全运行和数据的可靠传输有着重要的影响，并且是抑制电磁干扰、提高电子设备电磁兼容性的重要手段之一。如果建筑物的防雷接地没有处理好，不管是雷电的直击还是串击、反击，轻则会造成设备不能有效传输数据，降低智能建筑设备功能的可靠性，重则会损坏设备及部件，导致国家财产受损失及人员的安全。

近年来我国每年因雷击破坏建筑物内电气设备的事件时有发生，所造成的损失非常巨大。因此，建筑物的防雷接地设计就显得尤为重要，越来越多的人认识到做好建筑物防雷及接地措施的重要性及迫切性。

因此，防雷设计是因地制宜地对建筑物采取防雷措施，防止或减少雷击建筑物所发生的人身伤亡和文物、财产损失，以及雷击电磁脉冲引发的电气和电子系统损坏或错误运行，做到智能建筑及各自动化子系统安全可靠、技术先进、经济合理。

1.1 雷电的形成及危害

雷电是一种自然放电现象，由于雷电的放电电压高、放电时间短，它的产生，目前人类还无法控制。雷电的生成、移动、放电的整个过程伴随着多种物理效应，如静电感应、高温高热、电磁辐射、光辐射等。这些物理效应的共同作用严重地危害建筑物及室内弱电系统的安全运行，危及人们的安全。

雷电灾害波及面很广，主要有两个因素：首先，积聚大量电荷的雷云有较大的活动范围，其放电过程的辐射范围可覆盖几十公里。其次，地面各种网络（电力、通信等）的相互渗透、错综复杂，使雷电灾害的范围进一步扩大。在雷击中心数公里内都可能产生危险过电压，损害线路上的设备。

随着现代电子技术的发展，大量的微电子设备（系统）在工业控制中得到广泛的应

用，以及互联网的推广普及。但由于其元器件的集成度越来越高，信息存储量越来越大，速度和精度不断提高，而其工作电压仅几伏，信息电流也仅有微安级。因此，对外干扰极其灵敏，对雷击电磁脉冲和过电压的承受能力相对脆弱；同时网络广域化又增大了设备（系统）受干扰的可能性。当雷电等引起的过电压和伴随的电磁场强度达到某一程度时，轻则引起系统失灵（误动作、信息丢失、特性变坏等），重则导致整个系统或元件永久性损坏。

1.1.1 雷电的形成

雷电是由天空中云层间的相互高速运动、剧烈摩擦，使高端云层和低端云层带上相反电荷，此时，低端云层在其下面的大地上也感应出大量的异种电荷，形成一个极大的电容，当场强达到一定强度时，就会产生对地放电，这就是雷电现象。这种迅猛的放电过程产生强烈的闪电并伴随巨大的声音。然而，云层对大地的放电，对建筑物、电子电气设备和人、畜危害极大。

1.1.2 雷击的种类及危害

雷击通常有三种主要形式：①是带电的云层与大地上某一点之间发生迅猛的放电现象，称之为直击雷；②是带电云层由于静电感应作用，使地面某一范围带上异种电荷。当直击雷发生以后，云层带电迅速消失，而地面某些范围由于散流电阻大，以致出现局部高电压，或者由于直击雷放电过程中，强大的脉冲电流对周围的导线或金属物产生电磁感应发生高电压以致发生闪击的现象，称之为二次雷或感应雷；③是球形雷，球形雷是球状闪电的现象。而雷击的危害主要来自于直击雷和感应雷。

1. 直击雷

直击雷是当雷电直接击在建筑物上，强大的雷电流使建（构）筑物的水分受热汽化膨胀，从而产生很大的机械力，雷电直接击在建筑物、构架、树木、动植物上，由于电效应、热效应和机械效应等混合力作用，直接摧毁建筑物，导致建筑物燃烧或爆炸，以及引起人员伤亡等。直击雷的电效应，有可能使机房微电子设备遭受电涌过电压的危害。另外，当雷电击中接闪器，雷电流沿引下线向大地泻放，此时对地电位升高，有可能向临近的物体跳击，称之为雷电反击，可造成火灾或人身伤亡。

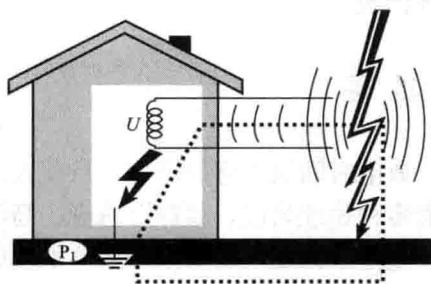


图 1-1 直击雷直击建筑物

如图 1-1 所示，直接雷导致架空线中对地电压瞬时升高，其传导过电压从架空线传播，传至与大地相连接的低压配电装置中。而电压升高到一定值，还可导致与始终保持零电位的大地间的绝缘崩溃，当然这种情况极少发生。

2. 感应雷

感应雷（又称二次雷）指雷云之间或雷云对地之间的放电，在附近的架空线路、埋地线路、金属管线或类似的传导上产生的感应电压，该电压通过导体

传送至设备，间接摧毁微电子设备。感应雷产生的雷击电磁脉冲对微电子设备，特别是通信设备和电子计算机网络系统的危害最大，据资料显示，微电子设备遭雷击损坏，80%以上是由感应雷而引起。

如图 1-2、图 1-3 所示，感应雷效应通常产生暂态过电压，在线路附近的雷击由于电

磁感应会产生脉冲电涌。由于相线、中性线和大地之间的绝缘损坏，线路、大地和低压配电装置之间产生感应回路，网络中的所有线路电压都上升为同一值，并向同一方向传播，产生的电压值取决于线路和大地之间的距离。由于地电压的升高，雷电流在大地中的消散会在很短距离间产生电压差，该区域内的不同接地极会有不同电位，从而在低压配电装置中产生过电压。

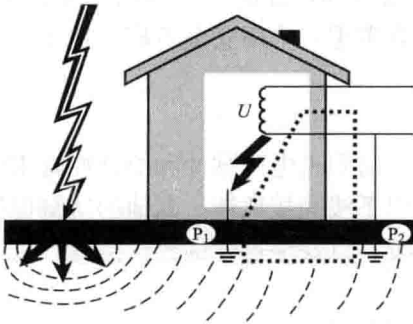


图 1-2 静电感应雷直击建筑物

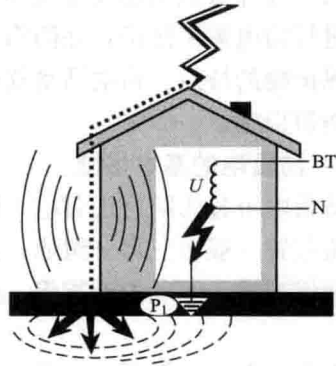


图 1-3 电磁感应雷直击建筑物

感应雷的破坏也称为二次破坏，它分为静电感应雷和电磁感应雷两种。由于雷电流变化梯度很大，会产生强大的交变磁场，使得周围的金属构件产生感应电流，这种电流可能向周围物体放电，如附近有可燃物就会引发火灾和爆炸，而若感应到正在联机的导线上，就会对设备产生强烈的破坏性。图 1-2 表示了静电感应雷直击建筑物产生的现象；图 1-3 表示了电磁感应雷直击建筑物产生的现象。

静电感应雷的产生，是当雷云中的电荷积聚时，附近的导体也会感应上相反的电荷，当雷击放电时，雷云中的电荷迅速释放。而导体中原来被雷云电场束缚住的静电，就会沿导体流动寻找释放通道，这样会在电路中形成电脉冲。易燃易爆场所、计算机及其场地的防静电问题，应特别重视。

电磁感应雷的产生，是在雷云放电时，迅速变化的雷电流在其周围产生强大的瞬变电磁场，在其附近的导体中产生很高的感生电动势。雷击发生在供电线路附近，击在接闪杆上会产生强大的交变电磁场，此交变电磁场的能量将感应于线路并最终作用到设备上。图 1-4 利用图形表示了感应效应间接耦合的雷击波。

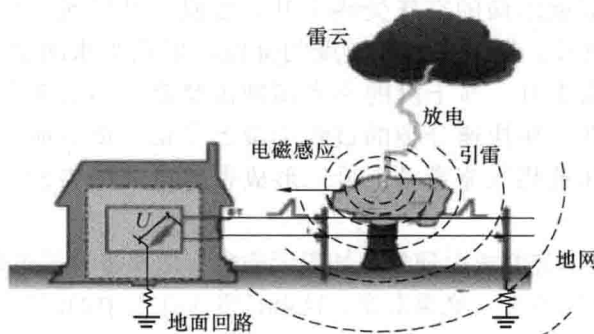


图 1-4 感应效应的间接耦合雷击波

3. 其他雷击的破坏

雷击还会造成操作过电压，即指当电流在导体上流动时，会产生磁场储存能量。当负载（特别是电感性大的负载）电器设备开关时，会产生瞬时过电压，操作过电压同感应雷击一样，可以间接损坏微电子设备。

雷电波引入的破坏：当雷电接近架空管线时，高压冲击波会沿架空管线侵入室内，造成高电流引入，这样可能引起设备损坏或人身伤亡事故。如果附近有可燃物，容易酿成火灾。

怎样进行雷电灾害防护，在防雷系统设施的设计和构建时，要根据地质、土壤、气象、环境、被保护物的特点，雷电活动规律等因素综合考虑，采用安全可靠、技术先进、经济合理的常规防雷措施。

1.1.3 防雷电的基本措施

常规防雷电可分为防直击雷电、防感应雷电、防雷击电磁脉冲和综合性防雷电。防直击雷电的避雷装置一般由三部分组成，即接闪器、引下线和接地体。其他的防雷保护可利用防雷器、电涌保护器、等电位连接带、接地网等装置，以及综合性的保护措施，以下章节会详细介绍。

针对雷电的危害，防雷必须是全面的。它主要包括六个方面：

- (1) 控制雷击点（采用大保护范围的接闪杆）。
- (2) 安全引导雷电流入地网。
- (3) 利用完善的低阻地网。
- (4) 消除地面回路。
- (5) 电源及电子设备电涌冲击的防护。
- (6) 信号及数据线的瞬变保护。

1.2 雷电特性与雷电过电压

根据雷电的放电现象，雷电过电压与气象条件有关，它是由电力系统外部原因造成的，因此又称之为大气过电压或外部过电压。一般把电力系统的雷电过电压分成直接雷击过电压、雷电反击过电压、感应雷过电压、雷电侵入波过电压。

1.2.1 雷电特性

雷电是带电荷的云所引起的放电现象。如夏季空气闷热，空气中的水蒸气接近饱和。由于太阳光的照射，接近地面的空气受热上升，形成上升气流。在高空，气压随高度增加而降低，而且十分寒冷。随着压力和温度的降低，形成小水滴受重力作用下沉。这时，地面的热气流急剧膨胀上升，与下沉的小水滴冲击摩擦。小水滴在上升热气流的作用下分裂为更细微的小水珠。在快速分裂的过程中带上了正、负电荷。带正电荷的小水珠下降，带负电荷的小水珠被热气流带动上升，形成带负电荷的雷云。一般情况下，带负电荷的雷云较多。

雷电放电是雷云所引起的放电现象。如果天空中有两块带异号电荷的雷云，当他们互相接近时，会使两块云之间的空气绝缘击穿，这就是发生在空中的闪电。如果雷云较低，其附近又没有带异号电荷的其他雷云，这时，雷云就会对地放电，特别是对地面上的高大树木或高大建筑放电。

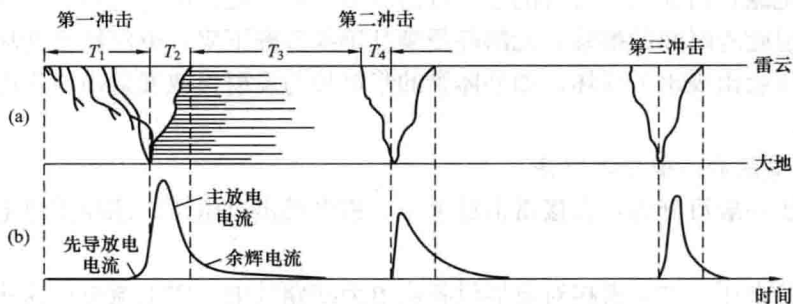


图 1-5 雷电放电的发展过程

根据雷电观测资料, 雷云对地放电大多数要重复 2~3 次。其中, 第一次放电过程是分级发展的 (称为先导), 在经过数次分级先导发展后, 雷云的负电荷和地面的正电荷贯通接触, 先导发展路径开始主放电。第一次主放电电流最大。主放电时间很短, 只有 50~100 μ s。第一次主放电结束后, 经过 0.03~0.05s 间隔时间后, 沿第一次放电通路出现第二次放电。第二次放电不再分级进行, 而是连续发展出现主放电。雷电放电的发展过程如图 1-5 所示, 图中的上半部阴影部分是主放电之后的余辉放电, 电流很小, 因此发光微弱, 但时间较长。图中下半部是雷电放电时的雷电流曲线。主放电时的电流很大, 能达几千安甚至几十、上百千安。地面上的物体被雷击中时, 强大的雷电流快速流过被击物体时, 产生很高的冲击电压, 冲击电压大小与雷电流大小和被击物体冲击电阻大小有关。

1.2.2 雷电过电压

1. 电力系统的雷电过电压

电力系统过电压主要分为雷电过电压、操作过电压和正常过电压。雷击引起暂态过电压经常可以通过网络线路耦合或转移到网络设备上, 造成设备损坏。对于中性点不接地的分级绝缘变压器, 当雷电波从线路侵入变电站到达变压器中性点以及系统单相接地、非全相运行, 特别是伴随产生变压器励磁电感与线路对地电容谐振时, 会产生较高的雷电过电压或工频稳态过电压, 对分级绝缘变压器中性点构成威胁, 甚至使绝缘损坏。

雷击过电压又分为纵向过电压和横向过电压。

纵向过电压: 在平衡电路某点出现的对地的过电压称之为纵向过电压。从地电位上升起的电压, 可看作是从地系统侵入的纵向过电压。

横向过电压: 在平衡电路线与线之间, 或不平衡电路的线对地之间出现的过电压称之为横向过电压。连接对称平衡传输线路的设备, 由于线路中两线分别对地的纵向过电压不平衡, 或因纵向防护元件动作时间的差异, 都会导致横向过电压不平衡。连接同轴电缆系统的电子设备, 纵向过电压即为横向过电压。

2. 电子设备的损坏机理

纵向过电压对平衡电路中设备元件的损坏有, 损坏跨接在线与地之间的元件或其绝缘介质; 击穿在线路和设备间起阻抗匹配作用的变压器匝间、层间或线对地绝缘等。

横向过电压同信息一样, 可在电路中传输, 损坏内部电路的电容、电感及耐冲击能力差的固体元件。

设备中元件遭受雷击损坏的程度, 取决于不同的绝缘水平及受冲击的强度。对具有自

行恢复能力的绝缘，击穿只是暂时的，一旦击穿后，只流经很小的电流，一般不会立即中断设备的运行。但随着时间的推移，元部件受潮其绝缘逐渐下降，电路特性变坏，最后使电路中断。有的设备会出现永久损坏，如晶体管的集电极与发射极或发射极与集电极，若反向击穿则永久损坏。

3. 雷电过电压的一般分类方法

雷电过电压一般可分为：直接雷击过电压、雷电反击过电压、感应雷过电压、雷电侵入波过电压等。

直接雷击过电压：雷云直接对电器设备或电力线路放电，雷电流流过这些设备时，在雷电流流通过程的阻抗（包括接地电阻）上产生冲击电压，引起过电压。这种过电压称为直接雷击过电压。

雷电反击过电压：雷云对电力架空线路的杆塔顶部放电，或者雷云对电力架空线路杆塔顶部的接闪线放电，这时雷电流经杆塔入地。雷电流流经杆塔入地时，在杆塔阻抗和接地装置阻抗上存在电压降。因此，杆塔顶部出现高电位，这个高电位作用于线路的导线绝缘子上，如果电压足够高，有可能产生击穿，对导线放电，这种情况称为雷电反击过电压。

感应雷过电压：是指在电气设备（例如架空电力线路）的附近不远处发生闪电，虽然雷电没有直接击中线路，但在导线上会感应出大量的和雷云极性相反的束缚电荷，形成雷电过电压。在输电线路附近有雷云，当雷云处于先导放电阶段，先导通道中的电荷对输电线路产生静电感应，将与雷云异性的电荷由导线两端拉到靠近先导放电的一段导线上成为束缚电荷。雷云在主放电阶段，先导通道中的电荷迅速中和，这时输电线路导线上原有束缚电荷立即转为自由电荷，自由电荷向导线两侧流动而造成的过电压为感应过电压。

雷电侵入波过电压：因直接雷击或感应雷击在输电线路导线中形成迅速流动的电荷称它为雷电进行波。雷电进行波对其前进道路上的电气设备构成威胁，因此也称为雷电侵入波。一般的变电站，如果有架空进出线，则必须考虑对雷电侵入波的预防。雷电侵入波对电气设备的严重威胁还涉及，当雷电侵入波前行时，如遇到处于分闸状态的线路开关，或者遇到变压器线圈尾端中性点处，则会产生雷电进行波的全反射。这个反射与雷电侵入波叠加，过电压增高一倍，极容易造成击穿事故。

1.2.3 雷击电磁脉冲

雷电对信息设备产生危害的根源是雷击电磁脉冲。雷击电磁脉冲包括两个方面：雷电流和雷电电磁场。雷电流是产生直击雷过电压的根源，而雷电电磁场则是产生感应雷过电压的根源。

对于信息系统及通信设备而言，雷电过电压的来源主要有以下几种：

- (1) 感应过电压。
- (2) 雷电侵入波。
- (3) 反击过电压。

1.3 防雷及接地的现行国家规范及标准

GB 50057—2010《建筑物防雷设计规范》，主编部门：中国机械工业联合会。

批准部门：中华人民共和国建设部。施行日期：2011年10月1日。

GB 50057—2010《建筑物防雷设计规范》，由国家机械工业局设计研究院会同有关单位进行了局部修订，自2011年10月1日起施行，原规范中相应的条文同时废止。

中华人民共和国住房和城乡建设部公告第824号：“现批准《建筑物防雷设计规范》为国家标准，编号为GB 50057—2010，自2011年10月1日起实施。其中，第3.0.2、3.0.3、3.0.4、4.1.1、4.1.2、4.2.1（2、3）、4.2.3（1、2）、4.2.4（8）、4.3.3、4.3.5（6）、4.3.8（4、5）、4.4.3、4.5.8、6.1.2条（款）为强制性条文，必须严格执行。原《建筑物防雷设计规范》GB 50057—94（2000年版）同时废止。”

《建筑物防雷设计规范》具体规范修改的主要内容为：

- （1）增加了“第一章 术语”；
- （2）变更防接触电压和防跨步电压的措施；
- （3）补充外部防雷采用不同金属物的要求；
- （4）修改防侧击的规定；
- （5）详细规定电气系统和电子系统选用电涌保护器的要求；
- （6）简化了雷击大地的年平均密度计算公式，并调整了预计雷击次数判定建筑物的防雷分类的数值；
- （7）部分条款作了更具体的要求。
- （8）规范中已黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

GB 50057—2010《建筑物防雷设计规范》具体规范内容修改说明如下。

1. 一些术语变更

术语变更说明见表1-1。

表1-1 术语变更说明

旧术语	新术语	旧术语	新术语
避雷针	接闪杆	雷电电磁感应	闪电电磁感应
避雷带	接闪带	雷电感应	闪电感应
避雷线	接闪线	雷电电涌	闪电电涌
避雷网	接闪网	雷电波侵入	闪电波侵入
雷电静电感应	闪电静电感应		

2. 在新规范中用词更严谨

避雷改为接闪；分内外部防雷装置，内部为防雷等电位连接加间隔距离；将原GB 50343中共用接地系统、屏蔽系统、合理布线系统、电涌保护器等属于内部防雷系统，均列入雷击电磁脉冲部分。

3. 对防雷技术要求更严格、更全面

应用范围也适用于天线塔、共用天线电视接收系统、油罐、化工户外装置。爆炸危险区等级采用了新标准，第一类防雷建筑中增加了21区；第二类防雷增加了特级和甲级体育馆；年预计雷击数的限值进行了更严格修正。

4. 技术上有改变

- （1）明确了等电位连接中，S型用于电子系统300Hz以下的模拟线路；M型用于电子系