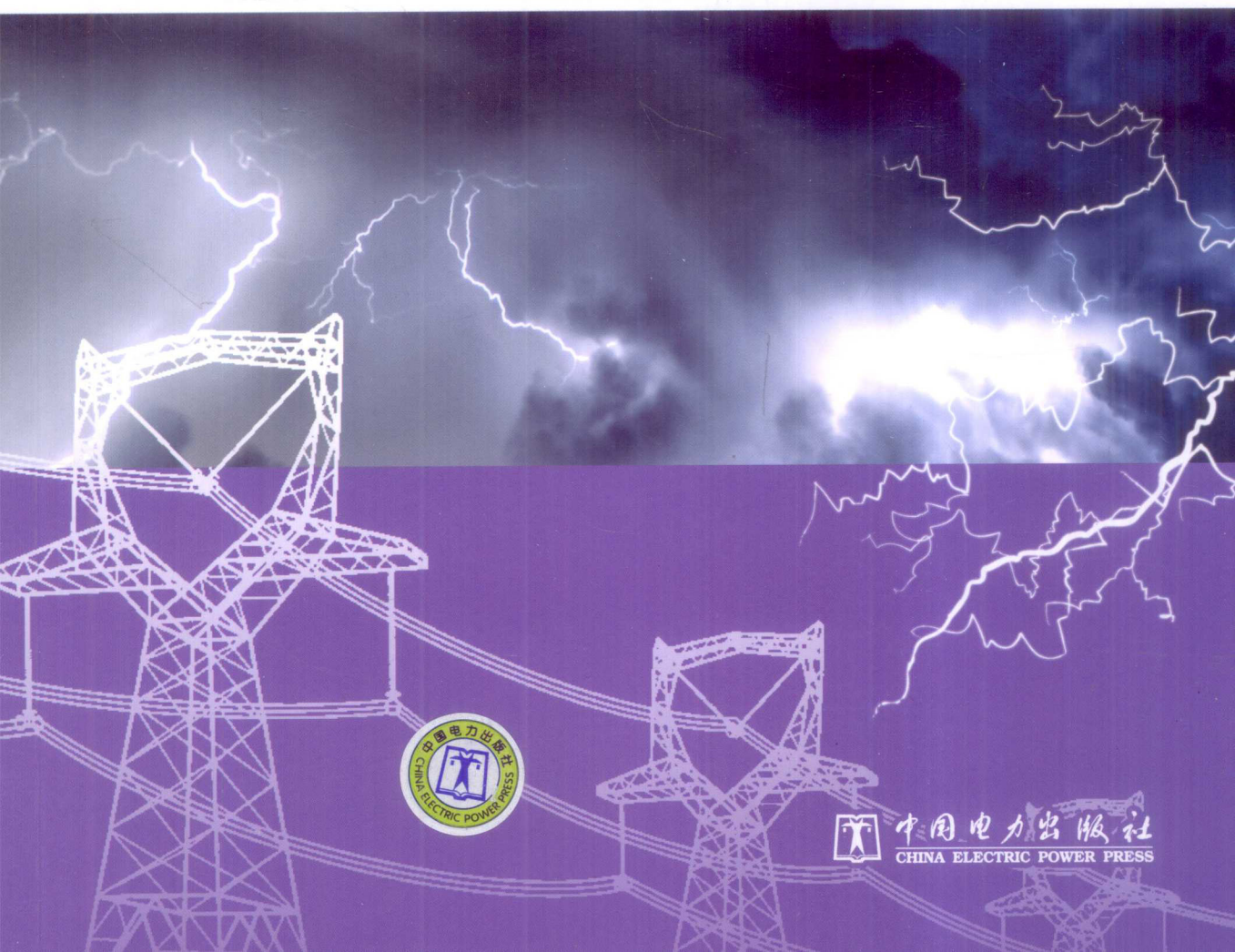


架空配电线路 防雷设计与应用

王明邦 王常余 王哲斐 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

架空配电线路 防雷设计与应用

王明邦 王常余 王哲斐 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内容提要

本书从架空配电线路防雷的角度,探讨架空线防雷的基本原理和架空线防雷的方法,介绍行之有效的防雷产品和节能金具,以及如何正确使用架空线的防雷产品和节能产品。

高压架空线的接地制式与系统运行的可靠性有着密切的联系,也与防雷产品的设计和运行有极大的关系,本书对此也做了必要的介绍。

架空线金具是否节能以及使用是否方便,是输配电人员关心的关键问题,本书对使用方便、节能可靠的架空线金具做了较详细的介绍。

本书可以作为架空输配电线路的设计人员、施工人员和管理人员的参考用书,也可以作为相关专业师生的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

架空配电线路防雷设计与应用/王明邦,王常余,王哲斐编著. —北京:中国电力出版社,2012.2

ISBN 978-7-5083-8183-1

I. ①架… II. ①王… ②王… ③王… III. ①架空线路:配电线路-防雷-设计 IV. ①TM862

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第014287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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012年5月第一版 2012年5月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 9印张 201千字

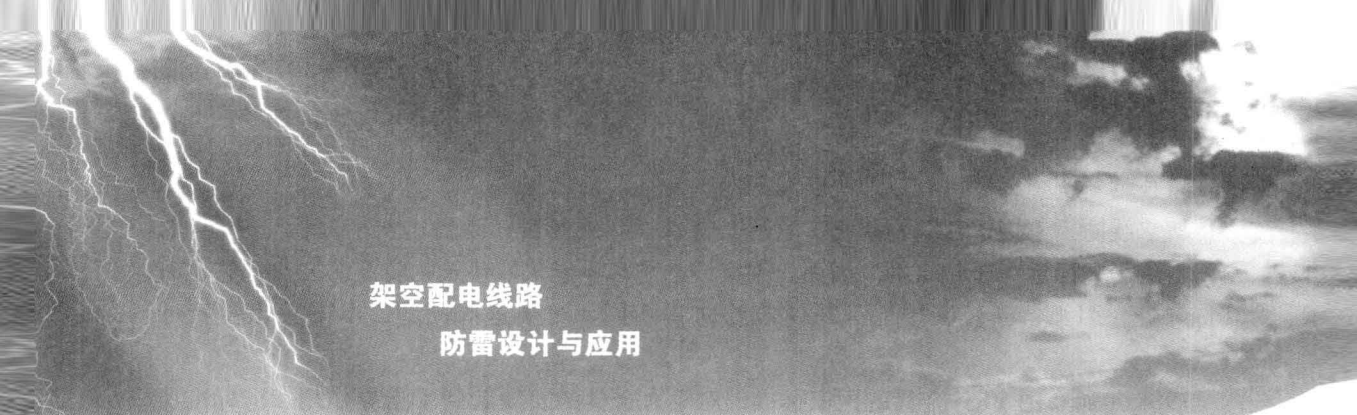
印数0001—3000册 定价30.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

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



架空配电线路 防雷设计与应用

前 言

配电线路的安全问题，尤其是防雷能力，是电网极为重要的问题。配电线路就像人的血管，高压配电线路则相当于人体的大动脉，大动脉受伤，轻则影响健康，重则夺取生命。配电线路遭雷击断线或跳闸，不仅会损坏设备，而且会对人的生命安全造成严重的威胁。

由雷害引起的事故是很常见的。

美国夏威夷瓦胡岛，总共约有居民 90 万，是夏威夷人口最多的岛屿。一次暴雨闪电，造成全岛大面积停电，给人们的正常生活带来极大不便，就连当时正在该岛上度假的美国总统奥巴马一家的别墅也未能幸免。

由于受雷电袭击，浙江绍兴县一晚上先后有 34 条 10kV 线路遭雷击跳闸，滨海 3 条养殖供电专线也相继遭雷击断线。这次停电，不仅给当地的生产企业造成了巨大的经济损失，而且还危及到人的生命安全。

浙江台州黄岩区一个半小时遭遇雷击 1500 多次，造成全区 2/3 的地区停电。这次事故，导致该区 12 个有线电视信号站被损坏，烧毁了大量的电气设备。

如何减少架空线的雷击事故？人们希望有一个标准能够给予指导。由中国气象学会雷电防护委员会汇编的《防雷规范标准汇编》（2005 年版），汇集了 72 个国家标准和行业标准，但架空线的防雷标准，特别是配电绝缘线路防雷击断线仍没有规范的设计标准。随着经济建设的高速发展，全球气候变暖，雷击（静电）灾害的发生越来越频繁。据统计分析，各种类型的雷电击是造成局域电网甚至广域电网大面积停电事故、社会治安混乱以及群众正常生活秩序紊乱的重要原因之一。配电线路是电力系统中公里数较长且与用户关联最为密切的。配电线路的绝缘水平较差，故其受雷击后极易发生瓷支柱绝缘子爆裂或者断线事故。

不少设计者采用 GB 50057—2010《建筑物的防雷设计规范》对架空线进行防雷设计，但架空线有其特殊性，不能套用。

本书作者王明邦、王哲斐 10 年前就研究并开发相应的产品，已获得专利近 20 项，其中发明专利 5 项，产品在全国 20 个省市得到应用，并取得了良好的效果。王哲斐的穿刺式防雷支柱绝缘子获 2007 年上海青年科技创新创业成果“最具技术交易优胜奖”并获得

国家科技创新资金，它可有效解决断线问题。

架空线防雷不同于建筑物防雷，它有其特殊性：线路长，耐雷击水平远低于建筑物，遭雷击后影响面远大于建筑物。因而，架空线的防雷不能采取建筑物防雷的方法，它也有其特殊性，引弧、断弧、接地都与建筑物防雷不同。对于这些问题，本书提出独特的观点。

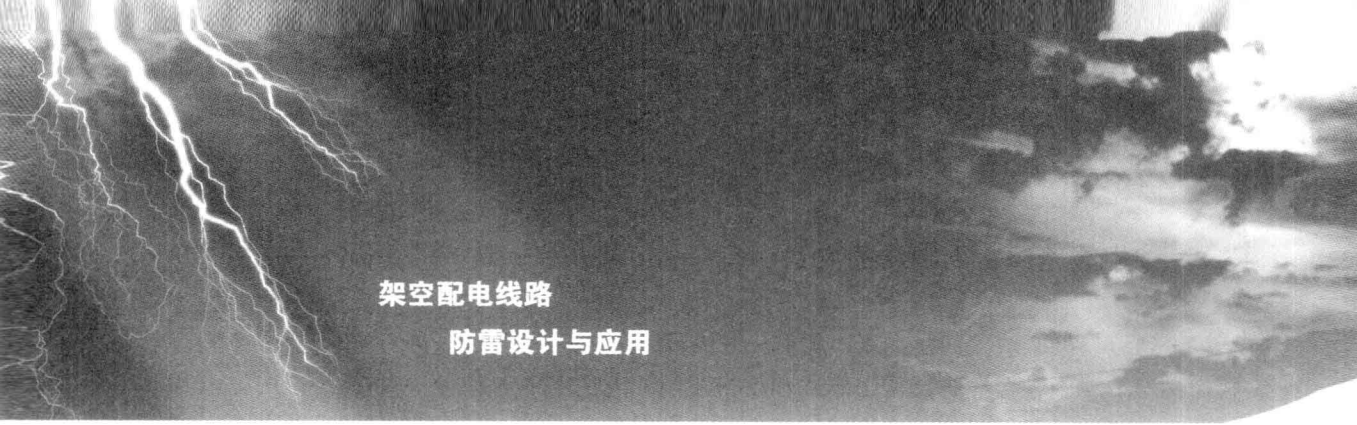
1985 年颁布的 50 种金具的国家标准，对电力金具的发展起到了指导作用，但标准所阐述的产品是耗能的，至今未见节能金具标准的出现。本书介绍已投入运行、行之有效的节能金具。

本书重点探讨架空线防雷的方法以及如何正确使用架空线的防雷产品和节能金具，着重介绍防雷和节能金具。

在本书的写作过程中，得到了上海市电力公司生技部张锦绣和辽宁省电力公司崔广富及桐庐峰云科技有限公司叶林的大力支持，他们提供了大量的第一手资料；得到了周生法、黄为源、吴才彪、陈忠、殷展、陆茂鑫、崔浩、沈东明、王刚、朱文法、吴爱军、朱星高、林峰、陈华霖等专家的帮助；参考了章长东老师的《实用接地技术》和王厚余老师的《建筑物电气装置 500 问》等图书。在此一并表示衷心感谢！

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，请读者批评指正！

编 者



架空配电线路
防雷设计与应用

目 录

前言

1	概述	1
1.1	雷击的形成	1
1.2	雷电流的流向	2
1.3	对防雷理论的讨论	2
2	高压供电系统的接地方式	7
2.1	高压供电系统的接地方式介绍	7
2.2	10 ~ 20kV 供电系统接地方式的选用	10
2.3	对接地方式的建议	10
2.4	小电阻接地系统	10
3	架空线遭雷击原因探析	12
3.1	配电线路的需要	12
3.2	10kV 架空线路雷击现状及原因	13
3.3	绝缘架空导线为什么易被雷电击断	15

4 架空线路防雷击断线的方法 18

- 4.1 架空线路防雷的基本原则 18
- 4.2 绝缘导线防止雷击断线和雷击跳闸的方法 19
- 4.3 避雷针对架空绝缘导线的保护是有限的 20
- 4.4 绝缘架空线的防雷措施研究 24
- 4.5 10kV 架空线采用小电阻接地系统后的防雷能力 29
- 4.6 关于 20kV 配电线路几个问题的探讨 31
- 4.7 有关防雷技术的若干问答 34

5 接地和等电位联结 36

- 5.1 避雷针为什么一定要接地 36
- 5.2 架空线避雷器为什么一定要接地 37
- 5.3 横担在什么情况下要接地 37
- 5.4 防弧线夹为什么不要打人工接地极接地 38
- 5.5 多功能避雷器为什么不要打人工接地极接地 38
- 5.6 架空避雷线不能和金属横担连接 38
- 5.7 10kV 架空线的混凝土电杆要不要接地 39

6 架空线防雷产品的原理和安装范例 41

- 6.1 防弧线夹的原理和安装范例 41
- 6.2 防雷支柱绝缘子的原理和安装范例 42
- 6.3 防雷验电接地环的原理和安装范例 43
- 6.4 防雷金具的原理和安装范例 44

7 架空配电线路雷击故障分析 46

- 7.1 配电线路安装防弧线夹后还产生雷击断线情况分析 46
- 7.2 防雷支柱绝缘子放电现象分析 47
- 7.3 安装防雷支柱后还产生雷击断线的原因分析 48

8.1	新型节能耐张线夹	49
8.2	新型线路金具的防雷和节能技术经济分析	52
8.3	杆上配电变压器及电缆头系统综合整治	58
8.4	绝缘横担	61
8.5	LXJ 型力矩楔形线夹及罩	62
8.6	锥形防滑绝缘耐张线夹的原理和安装范例	62
8.7	防雷绝缘子耐张线夹串的原理和安装范例	64

9.1	设计思路	66
9.2	绝缘配置及绝缘导线绝缘水平	66
9.3	导线线间距离的确定	68
9.4	安全距离的确定	68
9.5	设计气象条件的选取	69
9.6	导线选取和使用	69
9.7	金具选用	70
9.8	绝缘验电接地环	71
9.9	杆型分类及使用	72
9.10	基础配置	73
9.11	绝缘导线防雷	73

10.1	FEG-12/5 型防雷支柱绝缘子产品说明	75
10.2	FEG-24/8 型防雷支柱绝缘子产品说明	81
10.3	FDL-50/240 型防雷验电接地环产品说明	82
10.4	CFH-50/240 型防弧线夹产品说明	87
10.5	FHJ 型穿刺式防弧金具产品说明	91
10.6	支柱型避雷器装置产品说明	93
10.7	线路避雷器装置产品说明	103
10.8	FGNC-Z 型防雷绝缘子耐张线夹串（锥形防滑不剥皮型）产品说明	104
10.9	FGNC-X 型防雷绝缘子耐张线夹串（楔形剥皮型）产品说明	106
10.10	FXG8 型防雷悬式绝缘子（配剥线夹）产品说明	107

11.1	防雷支柱绝缘子在 10kV 三角排列直线杆上的安装示意图	109
11.2	防雷支柱绝缘子在 10kV 跨越杆上的安装示意图	110
11.3	防雷支柱绝缘子在 10kV 转角杆上的安装示意图	111
11.4	防雷支柱绝缘子在 10kV 十字杆上的安装示意图	112
11.5	力矩楔形线夹、防雷绝缘子耐张线夹串（带接地环）在 10kV 单回路 直线耐张杆上的安装示意图	113
11.6	楔形线夹、防雷绝缘子耐张线夹串（带接地环）在 10kV 终端耐张杆上 的安装示意图	114
11.7	楔形线夹、防雷绝缘子耐张线夹串、支柱形避雷器装置在 10kV 终端 耐张杆下电缆中的安装示意图	115
11.8	力矩楔形线夹、防雷绝缘子耐张线夹串在 10kV 转角（ $15^{\circ} \sim 45^{\circ}$ ） 耐张杆上的安装示意图	116
11.9	力矩楔形线夹、防雷绝缘子耐张线夹串在 10kV 转角（ 90° ）耐张杆 上的安装示意图	117
11.10	防雷绝缘子耐张线夹串、支柱形避雷器装置在 10kV 直线杆联络开关中 的安装示意图	119
11.11	力矩楔形线夹、防雷绝缘子耐张线夹串、支柱形避雷器装置在 10kV 直线分段耐张杆下电缆中的安装示意图	120
11.12	防雷支柱绝缘子、防雷绝缘子耐张线夹串、力矩楔形线夹在直线 支接耐张杆上的安装示意图	122
11.13	力矩楔形线夹、防雷绝缘子耐张线夹串在 10kV 单回路直线耐张杆 上的安装示意图	123
11.14	防雷绝缘子耐张线夹串、支柱型避雷器装置在 10kV 直线耐张杆下 电缆中的安装示意图	124
11.15	力矩楔形线夹、防雷绝缘子耐张线夹串在 10kV 转角（ $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ） 耐张杆中的安装示意图	126
11.16	力矩楔形线夹、防雷绝缘子耐张线夹串在 10kV 转角耐张杆中 的安装示意图	127
11.17	力矩楔形线夹、防雷支柱绝缘子在 10kV 直线支接耐张杆中的安装 示意图	128
11.18	楔形线夹、防雷绝缘子耐张线夹串在 10kV 终端耐张杆中的安装 示意图	130
11.19	楔形线夹、防雷绝缘子耐张线夹串在 10kV 终端耐张杆下电缆中的安装 示意图	131
11.20	防雷绝缘子耐张线夹串在 10kV 直线杆联络开关中的安装示意图	132

概 述

雷击是静电学中的一个自然现象，涉及的知识有摩擦起电、静电感应、正负电荷中和等。

架空线遭到雷击时，由于架空线承担交流电能输送的任务，因此雷电和交流电能同时作用于架空线上。

作用到架空线上的雷电和交流电是各自独立的，但又相互影响，于是有人把交流电的理论用到雷电防护上，提出不当的问题。为了澄清雷电和交流电的关系及区别，本章有必要重温静电学中的相关知识。

1.1 雷击的形成

雷击是自然界中发生的一种激烈的静电中和现象，当雷云和地面凸出物之间的电位差达到一定强度时就发生雷击。这种雷击放电的危害表现为声、光、电三种形式，会直接危及人身和财产安全、引发森林火灾、使架空线遭击断损坏。

雷云的形成有多种假设，我国学者唐山樵先生等专家的观点是：摩擦产生雷云，天空在下述两种情况下会出现风暴：地面强烈的热气团迅速上升，形成热气流风暴；冷风与潮湿的暖气团相遇，冷风面向前推进导致暖气团迅速上升，形成锋面型风暴。

当天空发生上述两种风暴时，漂浮于暴风云中的气团、冰晶体、水蒸气，剧烈的互动摩擦产生正、负电荷，形成雷云。

正、负电荷相遇会发生中和放电，发出放电声和闪光。

雷击如果发生在雷云和雷云间，称为云中雷；如果发生在雷云和大地间，称为云地雷。

雷云形成后，带有静电荷的雷云接近地面，地面上的凸出物——建筑物、石头山、架空线等就会感应出与雷云下部极性相反的电荷。

雷云与地面之间达到 $5 \sim 10\text{kV}$ 以上的静电场后，雷云和地面间的电场强度突破临界值，就会引起雷云和地面间的瞬时放电，即打雷。

在气候温和的地区，雷云下方聚集的电荷为负电荷，此时产生的落雷是向下的负电荷放电所致。

学过初中物理的人知道，雷电理论是属于静电学范畴，但在防雷问题上却往往会把静电学理论放在一边，更多的人把雷击过程用交流电路去解释，于是产生许多不存在的问题。

1.2 雷电流的流向

有不少从事交流电的工程师提出如下问题：架空线遭到雷击后，雷电流入地后流向何处？混凝土电杆要不要接地？对电源系统的接地体有什么要求？

在讨论这一问题前，我们先讨论防雷专家称之为“云中雷”的自然现象。当带有不同电荷的两个雷云接近时，异性相吸，正负电荷中和，这就是云间发生的雷击，此时可以看到天空中的闪电，随之传来雷声，因为声音的速度比光速慢。

再研究飞机在天上飞时，飞机与地是分开的，为什么飞机也会遭到雷击，因为飞机在飞行中，机壳与空气的摩擦会产生静电，飞机接近雷云时，机壳表面也会感应出与雷云不同的电荷，机身上的静电荷与接近飞机的雷云，由于所带的静电荷不同，两者之间的静电场达到一定强度后，就会在空中发生雷击——静电中和，这就是不接地的飞机会遭到雷击的原因。

云中雷和飞机会遭到雷击这一事实告诉我们：雷击与物体是否接地无关，只与物体所带的电荷有关，不接地的物体也会发生雷击，雷击是消耗能量的过程，不接地的飞机遭雷击也是能量消耗，这些都说明雷击与物体是否接地无关，这一点没有人会反对。

飞机防雷的方法：空管处根据雷电预测报告，有雷云时不起飞，飞机降落地有雷电时也不起飞，飞行员在飞行中碰到天上有雷云时就避开绕飞，这就是名符其实的避雷。

雷击是静电中和时产生的现象，它与直流或交流电不同。直流或交流电源产生的漏电必然通过大地或接地线回到电源，如果人或电气设备与地或接地线隔离则不会产生漏电；静电不是由电源产生的，静电学告诉我们：导体、绝缘体、半导体接近带静电的物体时都能产生静电感应。静电是由感应或摩擦产生的，雷云接近地面时，地面的凸出物就感应出与雷云相反的电荷，雷击是正负电荷中和时发生的现象，因此不存在雷电流要通过接地极入地的论点。

架空线固定在地面上，且通过绝缘子、横担、电杆成为地面的凸出物，雷云接近架空线后，架空线上会感应出相反的电荷，雷云下部为负电荷的情况下，架空线感应出正电荷。当雷云和架空线间的电场强度突破临界值，就会引起雷云和架空线间的瞬时放电，即雷击，它是雷云下面的负电荷与架空线上的正电荷中和时产生的自然现象。雷击的强度，即正、负静电荷中和的强度取决于架空线上的感应电荷的多少，而与电杆的接地电阻无关。在雷电发生击闪的瞬间，产生击闪的通道中各个电荷的位移距离近似为零，击闪不是把雷云所带的电荷泄放到大地去，不要忘记飞行中的飞机不接地也会发生正负静电荷中和的雷击。

1.3 对防雷理论的讨论

从静电学的角度对防雷理论的研究，国内出现不同的见解，下面的部分观点供读者参考。

观点一

砖木结构的古建筑，若采用金属顶，其感应上方一定范围内的雷云电通量能力远大于避雷针，金属顶锥处感应电荷具有最高的电动势，产生的感应电场是最强的，按照防雷标

准的规定，这些古建筑的巨大金属顶必须良好接地，其结果引来电闪雷鸣。

此观点认为：静电学告诉我们，绝缘体、半导体和导体在雷云的作用下，都能感应出与雷云相反的电荷。砖木结构的古建筑，金属顶不加人工接地装置，当然也能感应出与雷云相反的电荷。

建筑物的感应电荷集中在建筑物的表面，金属顶的感应电荷远大于避雷针针尖的感应电荷。

雷击是正负电荷的中和，与金属顶是否接地无关。金属顶不装接地线，它所带的静电荷也会与雷云中相反的电荷发生中和——击闪，把雷电能量消耗掉。

在讨论这一观点时，必须分清接闪器和引雷器这两个现象相同、作用不同的物体。

能接闪并中和雷电的物体称为接闪器；引雷器则是用于保护其他物体不受到接闪的接地导体，在防雷规范中称作引雷器的有避雷针、避雷带、避雷线三种。

钢筋混凝土屋顶、建筑物的金属顶及本书最为关心的架空导线都有接闪雷电的作用，因此在雷电发生时，都有可能成为接闪器，就是说在雷云的作用下它们都会感应出与雷云相反的电荷，并与雷云发生中和——接闪。接闪器上的感应电荷全部中和后，接闪就停止，不管雷云是否还有能量。

避雷针则是引雷器，它因为接地，因此源源不断的把大地的静电荷通过针尖与雷云中中和放电，把接近避雷针的雷云能量尽量中和。

如果古建筑的巨大金属顶加以良好接地，金属顶就由接闪器转为引雷器，其结果引来电闪雷鸣。

观点二

针尖型接闪器表面是一种有效感应面积最小的结构，不能在感应阶段持续感应和消耗雷云的作用能量，因此中和雷云的能力很弱。

此观点认为：避雷针针尖面积小，因此感应雷云电荷的能力小，要中和雷云中的电荷，不使雷云击向建筑物，因此它必须靠避雷针的接地，才能持续感应电荷。其结果成为名符其实的引雷针，增加了直接雷击的概率，当直接雷击发生时，巨大的雷云能量直接通过接闪通道加在系统上，加重了系统的雷电危害程度，所产生的电磁辐射和地电位的危害更严重，所起的保护作用弊大于利。

由于避雷针不能迅速全部中和雷电能量，因此它引来雷电后只能把大部分雷电中和，还有一部分雷电（通常是 10kA 以下的雷电流）会进入避雷针的保护区。

观点三

在侧击雷发生时，建筑物的金属门窗通过引下线良好接地更容易在金属门窗上发生直接雷击，雷云的全部能量直接加在金属门窗上，其危险更严重，这个直接雷击的危险不是靠接地就能够解决的，为什么还要强调在金属门窗上接地呢？

此观点认为：建筑物的金属门窗如果接地，异性感应电荷会从大地中源源不断的到达金属门窗，增加雷击的严重度，金属门窗上的感应电荷愈少，雷击的危害性也愈小。

2007年5月23日16点左右，重庆市开县义和镇兴业村小学遭遇雷击，造成该校四、六年级学生中7人死亡、40多人受伤。遭雷击的学生都位于装铁条的窗口旁，但没有人认为是窗框不接地引起的。教授级高工梅忠恕观点是：未接地的水泥预制板是雷击的帮凶和杀手；但中讯邮电咨询设计院的陈强认为：预制板内钢筋不足以对雷击点产生影响，发生静电感应也不足以发生闪络造成人身伤亡；空军防雷中心主任江明礼认为：是跨步电压造成的重大伤亡，雷击伤亡中70%以上是跨步电压引起的。

GB 50074—2010《建筑物防雷设计规范》规定：

第一类防雷建筑物，当建筑物高于30m时，从30m起每隔不大于6m，沿建筑物四周设水平接闪带，30m及以上外墙上的栏杆、门窗等较大的金属物与防雷装置连接。

第二类防雷建筑物，当建筑物高于45m时，应利用钢柱或柱子钢筋作为防雷引下线，45m及以上外墙上的栏杆、门窗等较大的金属物与防雷装置连接。

第三类防雷建筑物，当建筑物高于60m时，应利用钢柱或柱子钢筋作为防雷引下线，60m及以上外墙上的栏杆、门窗等较大的金属物与防雷装置连接。

GB 50074—2010并没有要求建筑物外墙上的所有栏杆、门窗等较大的金属物都与防雷装置连接，只有在建筑物超过一定高度至少30m后才为了防侧雷而作防雷接地。

观点四

针尖式接闪型避雷针和避雷带被公认为直接雷击的保护措施，通常认为“雷电能量通过避雷针的击闪，泄放到大地上”，其实直接雷击的击闪不能把雷云能量直接导入大地。雷电对系统的作用能量，全部消耗在大地零电势点前，雷电对建筑系统的作用能量，全部消耗在雷电的泄放过程中，并不是泄放在接地线之后。

此观点认为：雷电能量不是泄放到地中，而是消耗在入地前，它是通过正负电荷中和消耗雷电能量，否则无法解释飞机遭受雷击的原因。建筑物的金属顶不加接地装置时，建筑本身巨大的砖石墙体的大阻抗，消耗金属顶感应的雷电势能，这种消耗是一种高电势、小电流的方式，因此不具备避雷针直接雷电击闪的大电流条件，不会产生直接雷击的击闪。

架空线横担如果接地，雷电对横担发生接闪时产生的雷电流必然大于不接地横担接闪时产生的雷电流。美国等一些国家，大多采用木横担，这对绝缘水平的增加有相当大的效果。

史蒂芬·霍金在《时间简史》一书中提到：“麦克斯韦在数学上证明了，这些电力和磁力不是由粒子之间相互直接作用而引起的；而是每个电荷和电流在周围空间产生了一个场，场将力作用在位于那个空间内的其他每一个电荷和电流上。”雷电也是通过这个形式消耗雷电能量。

观点五

富兰克林避雷针存在如下技术缺陷：

- (1) 接闪体引雷效果差，容易发生侧击和绕击的事故。
- (2) 要很好的接地装置，安装维护成本高。
- (3) 增加了直接雷击的概率，雷声和击闪电弧影响大。
- (4) 对周围环境影响大。
- (5) 在避雷针的保护范围内，存在接地点跨步电压对人员伤害的安全隐患。

因避雷针系统本身的电阻很小，击闪时雷云的能量通过避雷针系统直接加在入地点周围，会产生很大的入地电势，这个电势对人存在跨步电压的危险。

观点六

防雷接地电阻越小越好是一种认识的错误，防雷接地电阻在防雷保护作用中是越大越好，而不是越小越好。雷电能量全部消耗在雷电流流经途径的大地零电势点之前。

在讨论观点一时已指出接闪器和引雷器的不同作用：对接闪器而言，接地电阻越大，雷电流越小，因此接地电阻大好；对引雷器而言，例如富兰克林避雷针的接地电阻则越小越安全。

架空线及其横担在雷电发生时有成为接闪器的可能，但不希望它成为引雷器，因此可采用木横担或绝缘横担。

氧化锌避雷器就是利用其高阻抗消耗雷电能量的。

这里我们只引入这些观点，不进一步展开讨论，我们转到对架空线的防雷研究。

架空线遭雷击后会产生工频续流，所谓工频续流，就是架空线遭到雷击后，架空线与金属横担之间就产生雷电弧，此雷电弧生存时间很短，但它形成了架空线与横担之间的导电通道，使架空线的电源发生对地（横担）短路，此短路电流称为工频续流（是继雷电流之后的工频电流），对工频续流而言，横担或电杆接地电阻越大，工频续流越小，越容易断流。

混凝土电杆接地的目的是防触电，人一旦碰到带电的电杆会发生触电。电杆接地，并不表示横担要接地，因为人触及不到横担，另外从缩短续流时间而言，混凝土电杆的横担不接地更容易断流。

现在我们可以作如下的结论：

架空线遭到雷击后，雷电流可入地中和，也可不入地与架空线上的感应电荷中和。

雷电流与电源系统的接地体无关，架空线即使采取不接地系统也有可能遭到雷击。

我们这里讨论的接地与不接地，是指要不要加人工接地极，混凝土电杆固定在地中，是属于地面上的物体，即和地面的电位相同，当然它的接地电阻可能很大，但对感应静电荷而言没有什么影响，即使绝缘体也能感应出相反的静电荷，绝缘不能阻止感应电荷的产生，防静电接地则是使物体和大地具有相同的电荷，防止静电放电。

必须强调：混凝土电杆加人工接地极，是出于安全考虑，城市电网采取小电阻接地时，混凝土电杆要接地。但若从架空线防雷击断线角度考虑，电杆不接地可减少工频续流。

更要引起注意的：电杆接地并不表示横担一定要接地，若横担上不安装避雷器，则横担不要接地。

将在本书 6 中论述的防雷支柱绝缘子，它不能安装在绝缘横担上，只能安装在角铁横担上，此角铁横担与电杆间只要不是绝缘连接，可不接地。

高压供电系统的接地方式

高压架空线的防雷接地与高压供电系统的接地方式有关，因此本章作必要的介绍。

2.1 高压供电系统的接地方式介绍

表 2-1 为部分国家 6 ~ 35kV 高压系统的接地方式情况，对三角形接线绝大多数采取不接地，也有采取阻抗接地和经消弧线圈接地的方法，马来西亚、新加坡、澳大利亚等国则采取直接接地和电阻接地。下面对各种接地方式加以讨论。

表 2-1 部分国家 6 ~ 35kV 高压系统的接地方式

国家	公司名称	系统接线	相数	线数	接地方式
加拿大	Shawingan	Y	3	4	阻抗接地
		Δ	3	3	不接地
	Qubec Electric	Y	3	4	直接接地或阻抗接地
		Δ	3	3	不接地
美国	Ningar a Power	Y	3	4	阻抗接地
		Δ	3	3	不接地
	Detroit Edison	Y	3	4	阻抗接地
		Δ	3	3	不接地
	Boston Edison	Y	3	4	阻抗接地
	Consolidated Edison	Y	3	4	阻抗接地
		Δ	3	3	
	Philadelphia Electric	Y	3	4	阻抗接地
		Y	3	3	
	Duquense Light	Y	3	4	阻抗接地
		Δ	3	3	不接地
	Georgin Power	Y	3	4	阻抗接地
	Union Electric	Y	3	4	阻抗接地
		Δ	3	3	不接地
	Kansas City Power	Y	3	4	阻抗接地
	Colorado Power	Y	3	4	阻抗接地
		Δ	3	3	不接地
	Arisona Public	Y	3	4	阻抗接地

续表

国家	公 司 名 称	系统接线		相数	线数	接地方式
巴 西	Sao Paulo Light	Y		3	4	阻抗接地
		△		3	3	不接地
菲律宾	Manila Electric	Y		3	4	直接接地
		△		3	3	不接地
挪 威	Norwegian Electricity	Y		3	3	电抗接地或不接地
瑞 典	Stokhloms Electric itetsverk	△		3	3	电阻接地
丹 麦	Nopth Zealand Elecity	△		3	3	电抗接地
英国	Electricity Council	Y		3	3	直接、电阻
		△		3	3	消弧线圈接地
法 国	Electricite De France	巴 黎	1	1	2	不接地
			Y	3	4	直接接地，电阻接地
		巴 黎以 外地区	Y	3	3	电抗接地
			△			
德 国	Vereinigung Deutscher	Y		3	3	消弧线圈接地或不接地
		△				
	Berliner Kraft Schwaben A. C.	Y		3	3	不接地 电抗接地
		Y		3	3	
		△		3	3	
Hamburgische	△		3	3	不接地	
波 兰	Ministry of C M & E	Y		3	3	不接地
		△				
马来西亚	Central Electricity Board	△		3	3	直接接地
新加坡	City Council	△		3	3	直接或电阻接地
澳大利亚	Queens Land	Y		3	3	直接或电阻接地
		△				

2.1.1 中性点不接地系统

高压系统为星形接线时, 对系统的中性点采取不接地的好处: 架空配电线路的一相如果对地短路, 由于线路对地电容很小, 因此短路电流也小。

对于架空线路如果单相短路电流小于 5A, 接地故障产生的稳定电弧一般能自行熄灭, 线路仍可继续运行一段时间, 一般为 2h, 在此期间, 如能消除故障, 则系统可不停电而继续运行。

当单相短路电流达到 5A, 但不超过 10~30A 时, 接地故障点绝缘击穿所产生的电流, 往往是不稳定的, 当电流过零时, 电弧暂时熄灭, 当电压恢复上升到足够幅值时, 电弧又重燃, 在这种情况下不能自动熄弧, 也不能使电弧稳定燃烧, 于是形成间歇性灭弧和重燃相互交替的不稳定状态。

不接地系统只选用于配电线路不太长, 也就是电容电流不太大的架空线路, 不适用于