

中国科学院电工研究所 北京市建筑设计院研究室合編

# 民用建筑物防雷保护

(增訂版)

中国工业出版社

# 民用建筑物防雷保护

(增訂版)

中国科学院电工研究所合編  
北京市建筑设计院研究室

中国工业出版社

本书是編者在經過一系列的雷害調查和實驗室模拟試驗研究，并参加了首都几座重要建筑物的防雷工程設計、取得一定經驗后編写的。原版于1962年5月出版，現增訂再版。

本书內容，以前两章介紹有关雷电活动規律的一些基本概念，重点放在民用建筑物雷电保护的基本原则、对直击雷的保护原理和接閃器、引下线的設計、防止沿架空线路引入高电位的保护、接地装置等方面，并提出了若干应注意的問題和解决方法，附有防雷工程实践所需要的設計例图及各种防雷装置大样图。

本书适合作为本专业的中級技術人員的讀物，也可供非专业設計人員进行民用建筑物雷电保护工程設計时参考。

## 民用建筑物防雷保护

(增訂版)

中国科学院电工研究所 合編  
北京市建筑設計院研究室

★  
建筑工程部图书編輯部編輯(北京西郊百万庄)

中国工业出版社出版(北京修麟園路西10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

★  
开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $4\frac{3}{16}$ ·插頁3·字数84,000

1962年5月北京第一版·1965年9月北京第二版

1965年9月北京第二次印刷

印数3,651—9,890·定价(科六)0.70元

★  
統一书号: 15165·1414(建工-182)

## 增訂版序

《民用建築物防雷保護》一書在1962年出版以後，得到廣大讀者的注意，提出了許多寶貴的意見。這是對我們的鼓勵和督促。參考了讀者的意見和總結了近兩年來的一些新的研究成果和運行經驗，特將《民用建築物防雷保護》增訂再版。

考慮到本書中所提出的“重點保護方式”和“暗裝防雷網保護方式”是結合我國具體情況、通過試驗研究和實際運行經驗提出來的兩種雷電保護方式，有必要比較詳細地介紹，因此，在這一版中將它們單獨列為兩章，即第五章：直击雷的防護（二）；建築物的雷擊規律性和重點保護方式，和第六章：直击雷的防護（三）；暗裝防雷網。當然，這兩種防雷方式在應用上還不夠十分成熟，希望通過本書的介紹，能得到讀者的重視，使它逐漸完善。

雷擊選擇性問題，目前已經得到各地設計部門和電業部門的重視，看來，這一問題對防雷設計和研究都十分重要，因此在這一版中，雷擊選擇性問題比前版要占更多的篇幅。

我們還在第二章（雷電的作用和雷害）中引用了“激波”的概念。激波作為雷害形式提出還是一種新的嘗試，希望今後在這方面能夠進行一些研究工作。

和第一版一樣，我們對高電位引入這一雷害形式仍予以足夠的重視。

此外，考慮到本書第一版中所用的“防雷保護”一詞，含義不夠確切，又“防”又“保”，似有語病，因此在第二版中，全都改用“雷電保護”這一名詞來代替“防雷保護”。但為了明確本書的版次，書名仍沿用《民用建築物防雷保護》不改。

本書第二版是由中國科學院電工研究所陳首榮同志、馬宏達同志和北京市建築設計院王時煦同志負責修改和補充的。在修改

AA578/03

#### IV

过程中，建筑工程部北京工业建筑设计院皇甫紫总工程师、第一机械工业部第一设计院林维勇工程师，和中南工业建筑设计院孙士宏工程师等都曾给我们提出过不少宝贵的意见，特此致谢。

本书虽然作了一些修改和补充，但是由于工作不多、经验不足，不完善甚至错误的地方，仍在所难免，恳切期望读者批评、指正。

編者 一九六四年四月于北京

## 前 言

我国幅員广大，自然条件复杂，各地雷电活动情况不一。根据調查資料，雷电活动是比较强的：长江以南的广大地区，每年平均雷电日都超过四十日，有的地区年雷电活动日达一百日以上。自然界的雷电活动，常常給人們带来生命上的危害和财产上的損失，因此对建筑物采取雷电保护措施，在建筑事业中具有重要的意义。

在旧社会里，反动統治阶级根本不关心建設和人民群众的利益，对这种經常出現的自然灾害置之不理，自然談不上对建筑物采取什么雷电保护措施，从而使得我国在这方面的理論和技术知識十分貧乏。解放后，由于党和政府的重視，各大城市的工业建筑物和重要民用建筑物都逐漸广泛地裝設了防雷装置，有关的科学研究机关和工程設計部門，已开始注意并着手进行雷害調查、雷害事故分析和防雷方式的研究。这些，都大大有利于我国雷电保护工作的开展。

編者对民用建筑物的雷电保护，是在不久前才开始学习和着手調查研究的。在党的社会主义建設总路线的指导和鼓舞下，我們結合我国民用建筑物对雷电保护的要求，对祖国各地区的雷电活动情况、发生雷害事故的实际資料，进行了一些調查研究和實驗室模拟試驗工作，并参加了首都几座重要民用建筑物的防雷工程設計，根据适用、經濟，在可能条件下注意美观的方針，初步总结了一些实践經驗，把它編写成本书。編写的目的，在于为本专业中級工程技術人員和設計人員以及非专业設計人員在进行民用建筑物雷电保护裝設时提供一些实用参考資料；也在于，本书出版后，能对进一步开展我国雷电保护工作起到宣传和推动作用，从而引起有关設計和科学研究单位及工作人員写出更多、更好的雷电保护讀物。

## VI

本书重点放在民用建筑物对直击雷的防护原理和接閃器、引下线的設計方法、防止沿架空线路引入高电位的保护方法、防雷接地設計原理及裝置接地設計时所遇到的一些問題的处理办法等方面。在这些論述中，根据我国具体情况，提出了对制定防雷标准的一些建議，介紹了国外有关防雷技术的规范，并提出了一些土洋結合的方法和补充意見。此外，还簡明地闡述了雷害調查和实验室模拟試驗的結果。由于这些問題牵涉到雷电的活动規律、雷电的作用和雷害事故的現象等基本概念問題，因此在进入重点論述之前，于第一、第二两章对这些概念簡要地作了介紹，以便初学的讀者易于理解。在重点論述之后，对民用建筑物雷电保护若干应注意的問題，如設計程序問題、防雷設備的驗收、检查和維護問題、雷害調查的重要性及調查方法問題等，也分章着重提出，因为这些都是决定雷电保护設施能否發揮作用、关系重要而又往往被忽視的問題。为了达到本书实用的目的，还介紹了一些民用建筑物雷电保护設計例图和各种防雷裝置的大样图，列于附录，以供参考。

我們对建筑物防雷的調查研究工作还做得很少，設計經驗也很有限，书中不完善甚或錯誤的地方，在所难免，恳切期望讀者批評、指正。讀者意見請徑寄北京南礼士路北京市建筑設計院研究室，或寄北京中关村中国科学院电工研究所第三研究室。

編者 1959年9月22日

# 目 录

增訂版序

前 言

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 第一章 雷电的基本理論 .....                | 1  |
| 一、雷云的形成 .....                    | 1  |
| 二、雷电的放电机理 .....                  | 3  |
| 三、雷电流 .....                      | 5  |
| 四、雷电活动及雷击选择性 .....               | 8  |
| 第二章 雷电的作用和雷害 .....               | 13 |
| 一、直接雷击 .....                     | 13 |
| (一) 雷电流的热效应 .....                | 13 |
| (二) 雷电流的机械效应 .....               | 14 |
| (三) 防雷装置上的高电位对建筑物的反击 .....       | 17 |
| (四) 跨步电压和接触电压 .....              | 22 |
| 二、雷电的二次作用 .....                  | 24 |
| (一) 静电感应 .....                   | 24 |
| (二) 电磁感应 .....                   | 26 |
| 三、引入高电位 .....                    | 28 |
| 四、球雷 .....                       | 29 |
| 第三章 民用建筑物雷电保护的基本原则 .....         | 31 |
| 一、哪些民用建筑物需要考虑雷电保护 .....          | 31 |
| 二、民用建筑物防雷的要求和主要措施 .....          | 32 |
| 第四章 直击雷的防护(一): 接閃器的工作原理和設計 ..... | 34 |
| 一、接閃器的工作原理 .....                 | 34 |
| (一) 避雷針保护 .....                  | 34 |
| (二) 避雷带和避雷网保护 .....              | 37 |
| 二、接閃器的保护范围和設計 .....              | 37 |
| (一) 避雷針保护范围的計算和作图 .....          | 37 |
| (二) 避雷带和避雷网保护 .....              | 47 |



|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| 第五章 直击雷的防护(二): 建筑物的雷击规律和重点<br>保护方式 .....      | 49 |
| 一、建筑物的雷击规律 .....                              | 49 |
| (一) 模拟試驗方法 .....                              | 50 |
| (二) 建筑物雷击规律的試驗結果 .....                        | 51 |
| (三) 建筑物雷击规律的几点結論 .....                        | 57 |
| 二、建筑物的重点保护方式 .....                            | 58 |
| (一) 建筑物重点保护方式的几点建議 .....                      | 58 |
| (二) 重点保护方式試驗結果 .....                          | 58 |
| (三) 有关重点保护方式的几点結論 .....                       | 63 |
| 三、重点保护設計实例 .....                              | 64 |
| 第六章 直击雷的防护(三): 暗装防雷网 .....                    | 68 |
| 一、暗装防雷网的基本原理 .....                            | 68 |
| 二、暗装防雷网的做法和措施 .....                           | 68 |
| 第七章 直击雷的防护(四): 接閃器和引下綫的結構設計<br>及特殊建筑的保护 ..... | 71 |
| 一、接閃器的結構設計 .....                              | 71 |
| 二、引下綫的結構設計 .....                              | 73 |
| 三、防雷导线結構設計中的一些共同性問題 .....                     | 74 |
| 四、有火灾和爆炸危险的民用建筑物的雷电保护 .....                   | 74 |
| 五、高大烟囱的雷电保护 .....                             | 75 |
| 六、建筑工地的雷电保护設施 .....                           | 76 |
| 第八章 防止沿架空电綫引入高电位的保护 .....                     | 77 |
| 一、在架空电线引入的地方装設放电保护間隙 .....                    | 77 |
| 二、在架空电线引入的地方装設保护电容器 .....                     | 79 |
| 三、采用電纜段进綫方式 .....                             | 80 |
| 第九章 接地裝置 .....                                | 82 |
| 一、土壤电阻率和接地电阻 .....                            | 82 |
| 二、接地裝置的結構与安裝 .....                            | 92 |
| (一) 安装地点的选择 .....                             | 92 |
| (二) 接地体的材料和結構 .....                           | 92 |
| (三) 接地体的埋設 .....                              | 93 |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 三、埋設接地裝置時常遇到的幾個問題及其處理方法 .....       | 93  |
| (一) 高電阻率土壤地區的接地 .....               | 93  |
| (二) 自然接地的利用問題 .....                 | 95  |
| (三) 防雷接地與電氣設備接地共用問題 .....           | 95  |
| (四) 跨步電壓問題 .....                    | 98  |
| 第十章 民用建築物防雷設計程序中應考慮的事項 .....        | 100 |
| 一、資料調查 .....                        | 100 |
| 二、技術設計 .....                        | 101 |
| 第十一章 雷電保護設備的驗收、檢查和維護 .....          | 103 |
| 一、檢查和維護的必要性 .....                   | 103 |
| 二、防雷裝置的驗收和施工檢查 .....                | 103 |
| 三、防雷裝置的維護檢查 .....                   | 104 |
| 第十二章 建築物的雷害調查 .....                 | 107 |
| 一、建築物雷害調查的重要意義 .....                | 107 |
| 二、雷害調查的作法 .....                     | 107 |
| 附錄：民用建築物雷電保護側圖及大樣圖 .....            | 插頁  |
| 例圖一、平頂樓房避雷針保護方式                     |     |
| 例圖二、坡屋頂樓房避雷針重點保護方式                  |     |
| 例圖三、獨立避雷針保護方式                       |     |
| 例圖四、坡屋頂避雷帶保護方式                      |     |
| 例圖五、鋼筋混凝土結構建築採用暗裝避雷網和避雷帶<br>結合的保護方式 |     |
| 各種防雷裝置大樣圖 .....                     | 110 |
| 主要參考文獻 .....                        | 123 |

## 第一章 雷电的基本理論

雷电現象在很古的时候就引起了人們的注意，以后逐漸成为科学家的研究对象。十八世紀中叶，B. 弗兰克林 (Franklin)、M.B. 罗蒙諾索夫 (Ломаносов) 和 Г.В. 黎赫曼 (Рихман) 等人，都曾对雷电进行了科学研究，提出了科学的雷云起电学說和避雷針的雷电保护原理，并已为长期的实际經驗和科学研究所証实。

为了使讀者能够較正确地理解雷电現象和掌握雷电活动的規律，先簡要地介紹一下雷电发生的基本理論。

### 一、雷 云 的 形 成

根据气象的特点，雷云可分为两种基本类型：即热雷云和鋒面雷云。

热雷云多发生在山区中。日光将地面的土壤加热，靠近地面的空气和水分吸收了这部分热量，变成沿山坡的上升的暖气流，暖气流在高空遇冷，水分又凝結变成水滴，在空中形成烏云。强烈的上升气流是雷云形成的重要条

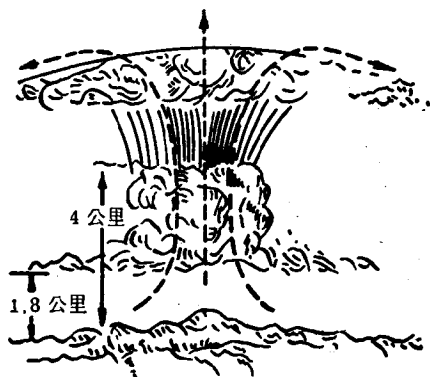


图 1-1 热雷云的形成

件，而山区的斜坡最有利于这种上升气流的发生 (图 1-1)。热雷云經常在下午形成，具有地区性，它所占的区域小，雷电放电多在云間发生。

鋒面雷云是在冷气流和含有大量水分的暖气流相遇时形成的 (图 1-2)。冷气流将暖气流抬高，从而形成强烈的垂直气流和渦

流。这种雷云占有很大的面积，儲藏的电能也比较大，其特点是常常发生对地面的“劈雷”。

关于雷云起电的学说有許多，現在比較被广泛承认和經常引用的要算是辛普逊（Simpson）的理論。根据物理实验，水滴中的

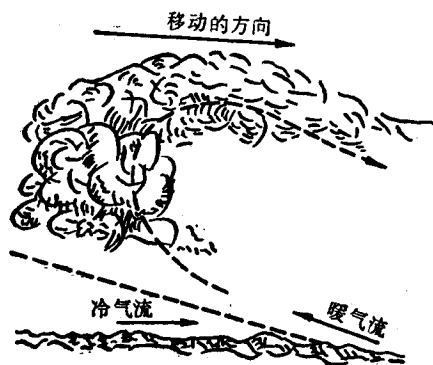


图 1-2 锋面雷云的形成

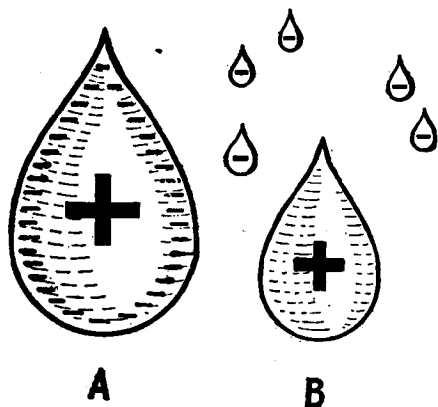


图 1-3 水滴的分裂过程  
A—水滴中的电荷分布；B—水滴破裂后带电的情况

的电荷分布是不均匀的。负电荷散布在水滴的表面，正电荷则集中在核心。在水滴破裂的过程中，形成的微小水滴带负电，而大水滴带正电（图 1-3）。

辛普逊认为这种水滴的分裂过程，可能在具有强烈涡流的气流中发生。上升气流将带负电的水滴集中在雷云的上部，或沿水平方向集中到相当远的地方，形成大块的带负电的雷云；带正电的水滴以雨的形式降落到地面，或者保持悬浮状态，在云的底部形成带正电的区域。

但是根据一般测量的结果，发现带正电的雷云并不只在雷云的下部，而是更多地分布在雷云上部  $-10^{\circ}\text{C}$  等温线以上区域。

关于这一点，辛普逊对他的学说做了新的补充：由于云顶层  $-10^{\circ}\text{C}$  等温线以上部分水分凝结成冰晶状态，他根据一些观察，假设冰晶体受气流碰撞而破碎

分裂，气流带正电向上流动，充满云顶，而冰晶体则带负电下降到云的中部。

综合辛普逊的水滴和冰晶体起电原理，雷云带电的结构如图1-4所示，图中的线条和箭头代表气流的方向。

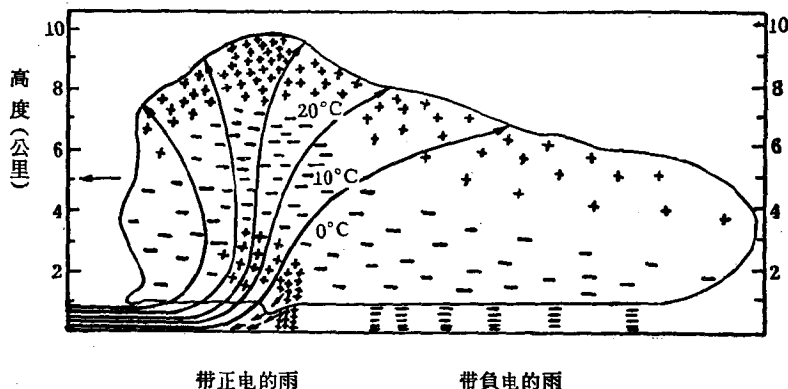


图 1-4 雷云带电的结构

## 二、雷电的放电机理

雷电的形式有线状雷电、片状雷电和球状雷电等几种。这里仅讨论雷电对地面的线状雷电的放电过程，因为这种形式的雷电是最常见的，它经常破坏建筑物或者伤及人畜。

近年来，由于高电压技术及快速摄影技术的发展，关于雷电现象的科学研究工作已经取得了相当的成就，国内外科学家已经基本上认识了雷云放电的物理过程和雷电的特性。

由于带负电的雷云的感应，使附近地面产生正电荷的积聚，它们之间由此形成了强大的电场；当云中某处积聚的电荷密度很大，造成的电场强度达到使空气游离的临界值时，就为雷电的发展创造了条件。

雷云对地的放电，通常是从雷云到大地间发生微弱的电离通道开始的。这一阶段称为先驱放电，开始产生的电离通道，称为

先驱流注。先驱放电不是连续的，而是一个一个脉冲地相继向前发展。它的平均发展速度约为  $10^7 \sim 10^8$  厘米/秒，各脉冲间的间隔约为  $30 \sim 90$  微秒，每阶段向前推进的长度约为 50 米。这种先驱放电的形式，称为阶段式先驱放电。先驱放电常常表现为分枝状，这是由于放电是沿着空气游离最强、最容易导电的路径发展的。通常只有一个先驱放电枝叉达到大地。

图 1-5 所示是雷云放电的一般发展过程。左边是用固定照片摄影的雷电图形，右边是用移动得很快底片摄得的雷电发展的展开图形。从天空向下逐段伸展的细线代表阶段先驱。在先驱接近地面时，由地面或建筑物发出的反方向发展的放电，称为迎面放电。阶段先驱与迎面放电在离地面一定距离的地点相遇。

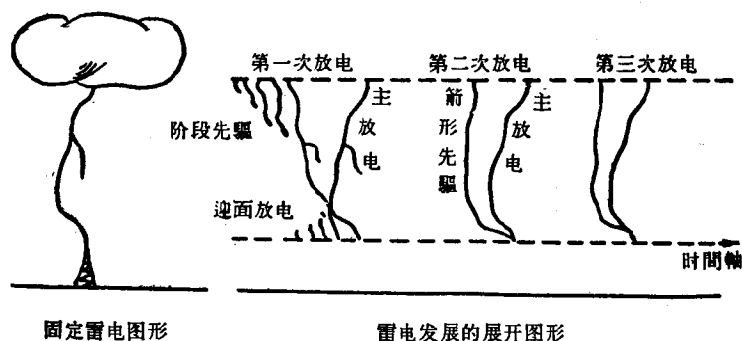


图 1-5 雷电发展的展开图形

当先驱达到大地或与地面的迎面放电会合以后，就开始主放电阶段，这正是肉眼所看到的雷电的本体。在主放电阶段中，聚集在先驱电路中的电荷与地面上的电荷猛烈地中和，这时整个电路发出强烈的闪光，巨大的电流流过雷击地点。主放电时的电流波也由大地向雷云前进，其波头的速度达到  $10^9$  厘米/秒。

雷电放电大多数是重复性的，一次雷电平均包括  $3 \sim 4$  次放电。重复的放电都是沿着第一次放电的通路发展的。这时由雷云向下发展的先驱放电是连续的，而不是阶段式的。这种连续式的先驱放电，称为箭形先驱放电。雷电放电之所以产生重复现象，主

要是由于雷云的大量体积电荷不是一次放完，第一次放电是从雷云最下层发出的，随后的放电是从较高云层或相邻区域发出的。

一次雷电放电的全部时间可达十分之几秒。

### 三、雷 电 流

雷电的破坏作用主要是雷电流所引起的，这里我们首先介绍一下雷电流的特性。用快速电子示波器测得的雷电流示波图如图 1-6 所示。

我们将雷电流由零增长到幅值这一部分称为波头，通常只有几个微秒；电流值下降的部分称为波尾，长达数十微秒。

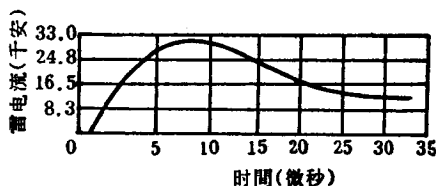


图 1-6 雷电流示波图

防雷工程的耐雷水平，是按雷电流的大小确定的。我国电气化事业和基本建设都在迅速发展，建设巨大的电力系统和大量的建筑物，都需要考虑防雷措施，因此知道雷电流的大小是十分必要的。

雷电流幅值大小的变化范围很大，需要积累大量的测量资料并进行统计，才能绘制出雷电流的或然率曲线。

我国雷电流测量工作首先是在某平原地区的电力系统中进行的，现在已在全国范围内展开。但是到目前为止，我国雷电观察的数据还不多。为了说明雷电参数的一些基本关系，下面引用苏联的资料进行讨论。

苏联测量统计所得的雷电流幅值或然率曲线如图 1-7 所示。

图中纵座标上记的是雷电流幅值的大小，横座标上记的是超过纵座标所示数值的雷电流出现的或然率  $V$ （以百分数表示）。图中实线 1 是在平原地区实测的结果，大多数的雷电流是在 50 千安以内，而超过 120 千安的或然率只有 1%。图 1-7 的虚线 2 表示山岳地区的雷电流幅值或然率曲线，这些地区雷电流波幅约为平原地区的二分之一。

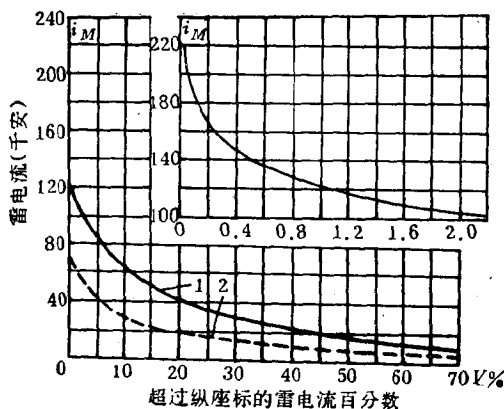


图 1-7 雷电流或然率曲线  
1—在平原地区；2—在山岳地区

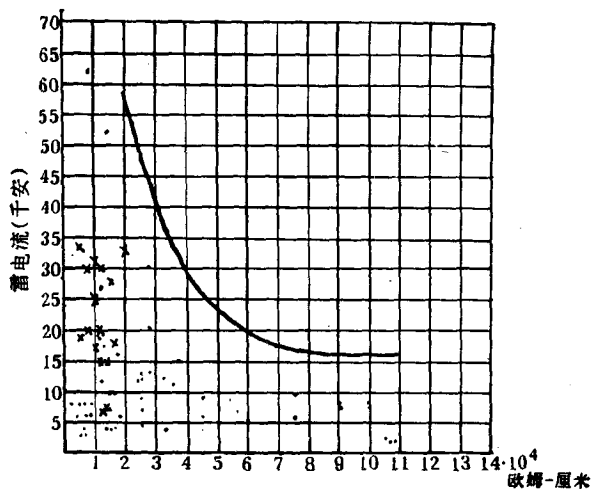


图 1-8 雷电流与土壤电阻率的关系

平原地区的雷电流与山岳地区的雷电流之所以有显著不同，其原因之一是这两种地区的土壤电阻率不同。雷电流与土壤电阻率的关系如图1-8所示。



雷电流与雷击点的散流电阻值  $R$  也有直接关系。 $R$  愈大，则雷电流愈小。但是一般建筑物防雷要求的接地电阻都在  $20 \sim 30$  欧姆以内，在这样小的接地电阻情况下，雷电流受雷击点散流电阻的影响是不大的。

根据实测的结果，雷电流约有  $70 \sim 90\%$  是负极性的，正极性雷电流很少出现，但电流较大。

另一个重要的雷电参数就是雷电流升高的速度，通常称为雷电流陡度，按千安/微秒计算。雷电流陡度与雷电流的关系如图 1-9 所示，它的数值可由雷电流对时间  $t$  的微分求得，即

$$a = \frac{di}{dt}$$

开始雷电流陡度的数值很快地增加，以后逐渐变小，当雷电流达到振幅值时，雷电流的陡度降低为零。雷电流陡度的极大值与雷电流振幅值不是同

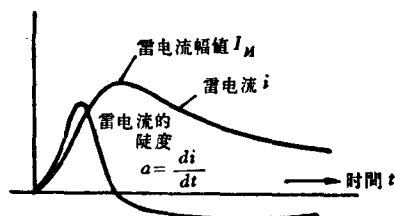
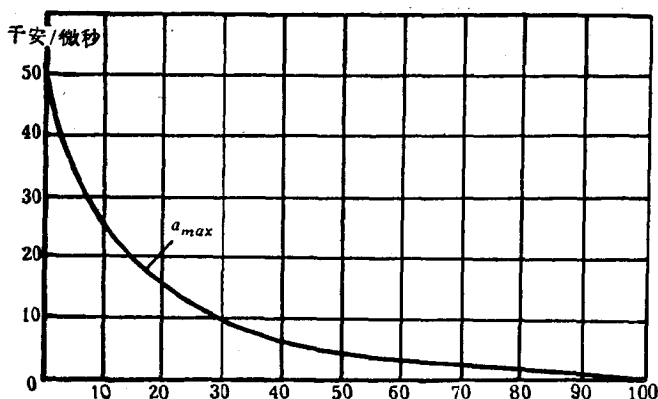


图 1-9 雷电流与雷电流陡度的关系



超过纵坐标的陡度百分数

图 1-10 雷电流波头陡度或然率曲线

$a_{max}$ ——雷电流波头最大陡度