

勘測隊的防雷保護

張 緯 鋈 編著

測 繪 出 版 社

對流彈的防護保護

周 德 德 編著

國防大學編譯

勘測隊的防雷保護

張 緯 鉞 編著

測繪出版社

1959·北京

本書根據作者1958年受中國人民解放軍總參謀部測繪局委託設計、編寫的勘測隊的“防雷保護手冊”補充修訂而成。

全書內容共分雷電及其危害、防雷保護裝置和防雷保護措施等三章。首先介紹雷電基本知識及我國的雷電活動與雷害情況；其次敘述適用於勘測人員野外工作的防雷保護裝置各組成部分——避雷針、引下線、接地裝置等的構造、材料、尺寸和製造、安裝使用方法；最後介紹一般防雷措施以及勘測隊的帳篷、規標保護具體措施與安全規則等。書中敘述力求全面、簡明扼要、通俗易懂和便於實用。

本書可供作測繪部門工作人員在防雷保安方面的學習資料，和製造、使用防雷保護裝置時的依據；此外，對地質勘探、石油勘探、水利水電建設、水文、氣象等方面工作人員的防雷保護也有參考價值。

勘測隊的防雷保護

編著者	張	緯	鈞
出版者	測	繪	出版社
北京宣武門外永光寺西街3號			
北京市書刊出版業營業許可證出字第081號			
發行者	新	華	書店
印刷者	地	質	出版社印刷廠
北京安定門外六鋪炕40號			

印數(京)1—2,700冊	1959年8月北京第1版
開本33''×46'' ₃₂	1959年8月第1次印刷
字數58000	印張2 ³ / ₁₆
定價(10)0.37元	

序 言

我国是雷电活动較多的地区，尤其是南方的云貴兩廣等省更为頻繁。勘测人員外业工作，爬山越嶺，宿营于野外，由于缺乏必要的防雷知識和可靠保护措施，常因遭受雷击而造成人身伤亡及設備毁坏等严重事故。因此，普及雷电基本知識，加强对勘测人員的防雷保安教育和采取必要措施防止雷害事故发生等問題，已經引起勘测部門有关领导机关和工作人員的普遍重視。

本書根据作者1958年受中国人民解放军总參謀部測繪局委託設計編写的勘测队的“防雷保护手册”补充修訂而成。全書內容共分雷电及其危害、防雷保护裝置和防雷保护措施等三章。第一章介紹雷电的基本知識，和我国的雷电活动与雷害情况；第二章叙述防雷保护裝置各組成部分——避雷針（雷电接受器）、引下綫、接地裝置等的基本原理，以及应用于勘测队防雷保护时，它們的構造、材料、尺寸和制造、安裝使用方法等；第三章在介紹了一般性防雷保护措施以后，着重叙述勘测队的帳篷、觇标保护具体措施和安全規則等。本書叙述力求全面、簡明扼要、通俗易懂和便于实用；可以作为測繪部門工作人員在防雷保安方面的学习資料，和制造、使用防雷保护裝置时的依据，也可供作地質勘探、水利測量等方面工作人員防雷保护的參考資料。

本書主要根据国家防雷保护方面的規程导則，以及电力系統与建筑物的防雷經驗設計写成；由于缺乏足够的勘测队防雷保护方面的資料，又未經長時間的实用考驗，再加上作者的学識有限，这还是初次嘗試，因此書中不妥甚或錯誤之处一定在所难免。恳切地希望各有关部門和讀者，能把使用中碰到的問題和对本書的

批評指正意見及時告訴我們，以便改進這一工作。來函請寄北京
清華大學電機工程系高電壓工程教研組。

本書設計編寫時，參考了國內外一些有關文獻，同時得到了
教研組主任楊津基教授等的指導與幫助，特此向他們致謝。

張 緯 鎧

1959 年 3 月於北京清華大學

目 录

第一章 雷电及其危害	7
第一节 雷电现象	7
1. 雷云的形成.....	7
2. 雷云的放电.....	8
3. 雷电活动特性.....	9
第二节 雷电作用及其危害	10
1. 雷电的作用.....	10
2. 直接雷击和沿架空线引入高电压的危害.....	11
3. 接触电压和跨步电压的危险.....	12
4. 雷害情况.....	12
第三节 我国的雷电活动	14
1. 雷电活动的地理分布规律.....	14
2. 雷电按季节的活动.....	14
3. 雷电季节的长短.....	15
4. 雷电最多的月份.....	15
5. 我国雷电活动统计表.....	16
第二章 防雷保护装置	18
第一节 一般防雷保护装置	18
1. 防雷保护的意義和要求.....	18
2. 直接雷击保护方法的选择.....	18
3. 直击雷保护装置的組成部分.....	19
第二节 避雷針	19
1. 避雷針的保护范围.....	19
2. 避雷針的材料和尺寸.....	22
3. 避雷針的構造.....	22
第三节 引下线	25
1. 引下线的材料和尺寸.....	25
2. 引下线的连接与固定.....	26

第四节 接地裝置	33
1. 接地裝置的作用和要求	33
2. 影响接地电阻大小的因素	33
3. 土壤的电阻率及其分类	34
4. 典型接地裝置及其冲击电阻值	35
5. 接地裝置的選擇、埋設和改善接地条件的措施	46
第五节 保护帳篷用的輕型防雷裝置	48
第三章 防雷保护措施	51
第一节 一般防雷保护措施	51
1. 防止直击雷害	51
2. 防止感应雷击的保护	51
3. 防止架空綫引入危險电压	52
4. 防止接触电压与跨步电压的危險	53
5. 防止雷击对人身危害	53
6. 雷击触电急救措施	54
第二节 帳篷的保护	56
1. 帳篷位置的選擇	56
2. 帳篷对防雷裝置的安全距离和避雷針的高度	56
3. 消除帳篷內跨步电压的危險	58
4. 防雷保护裝置的安裝	59
5. 利用树木做避雷針的支柱	62
第三节 帳篷保护裝置的的選擇、安裝步驟	63
第四节 覘标的保护	64
1. 对覘标保护的要求	64
2. 寻常标的保护	64
3. 高标的保护	65
第五节 安全規則	65
附录: 防雷保护裝置的重量及材料估計費用	67

第一章 雷电及其危害

第一节 雷电现象

1. 雷云的形成

雷电是一种伴随着闪电和雷鸣的可怖而又雄伟的自然现象。

雷云的形成是雷雨暴发的序幕。它是强烈的不断上升的潮湿的热气流进入稀薄的大气层冷凝的结果。因此雷云的形成必须具备下列几个条件：（1）空气中有足够的水蒸汽；（2）有使这潮湿空气上升到开始凝结成水滴的气象条件或地形条件；（3）没有妨碍强烈持久的上升气流的情况。形成上升热气流的原因一般有二：一是地面被强烈的太阳光暴晒热了；一是潮湿的热气流与冷气流相遇。因而按照雷云形成时不同的气象条件和地形条件，雷电可以分为热雷、锋面雷和地形雷三类。

热雷是天气温暖时，在很热和均一的气团内发生的。其雷云是因下层空气受热或上层空气受冷，发生强烈的上下对流作用而形成。在大陆内，夏季常有这种雷，它出现在闷热无风和晴朗的午后，二三点钟和傍晚最多。个别高地和小山，下层空气受热作用特别明显，因而出现热雷也特别多。这种雷伴有强烈的暴雨，发展很快，下得很急；但雷电不强，雷雨时间较短。

锋面雷是在移动的热气团和冷气团相遇时发生。冷空气总是要在暖空气下面，排挤暖而湿的空气上升。暖空气流到原有的冷空气区域后上升而形成的雷叫暖锋雷，来势较慢较弱，但雷雨时间较长，雨量较多，且多半发生在夜间。当强大的冷气流侵入原来较轻的暖而湿的气团时形成的雷叫冷锋雷，来势最猛，为害最烈。冷锋雷一年中在春夏交替时最多，一天中在午后机会最多，来势也最猛。

地形雷是在山岭地区，暖空气经过山坡被强迫上升到一定高

度后冷凝形成的雷云所产生的。在濱海的山岳地帶，海风潮湿特重，因此，近海的一面山坡上，常有这种雷雨发生。

2. 雷云的放电

雷云帶电原因的解釋很多，但都不够完善，这里只介紹其中比較通行的一种。許多学者認為雷云在形成时就帶有正負电荷。强烈的上升气流穿过云层，水滴被撞分裂。輕微的水沫帶負电，被风吹得蔽高，形成大块雷云。大滴帶正电，凝聚成雨下降，或悬浮在云中，形成局部正电荷区域。这样，雷云的不同部分就聚集了大量單极性电荷。

雷云的下部基本上帶負电，在地面上感应出正电荷，两者形成一个巨大的蓄电器。其平均电場强度很少超过100仟伏/公尺。但在个别突出地方，电荷密度很大，电場强度較大，就形成了电量放电。当云間或雷云与大地之間的某些部分电場强度超过2500—3000仟伏/公尺的临界值时，空气絕緣被破坏，雷云就开始向附近或大地放电。

大气放电的表现形式分为无声放电和閃电两类；而閃电又有片狀、綫狀、鏈形和球形閃电等。无声放电是常出現在地面突出的尖端部分的沒有雷声的閃光現象，呈光膜狀或束狀閃光，对設備和人身影响不大。閃电是一种往往長达数千公尺的巨型电气火花，同时伴有强大的雷声（声音大小与雷电强弱相应），是我們应預防的主要禍害。

片狀和綫狀閃电比較常見。片狀閃电是出現在云表面的若隱若現的閃光，雷电較弱。綫狀閃电是閃电中最强烈的一种，蜿蜒曲折，枝杈縱橫，長达二三公里甚至十公里，对人畜和建築物危害最大。它大多是雷云与大地之間的放电，也有的发生在雷云之間。大多数放电不是單一的而是多次重复，多至27次。重复放电的全部時間只有十分之几秒，个别情况下有一秒多的。

鏈形和球形閃电比較少見。鏈形閃电是一条发光的虛綫，象一条鏈子一样，在云与大地、云与云間放电时均可能出現，通常

是紧随着綫狀閃电之后出現在原有綫狀閃电之处。球形閃电是一种最奇妙、最罕見的一种閃电。通常在大雷雨时形成，大多数是象拳头或人头那样大的緋紅色的发光体，也有直徑10公尺之大的。活动速度不大，可以看到它的移动。它走的路徑极不規則，往往与风向一致，常会随风穿过开着的門窗或烟囱进入室內。球形閃电存在的時間可由几秒到几分鐘。一面冒烟一面发生火花，大多数情况下會出現劈裂声而爆炸。人碰上它常遭生命危險。

3. 雷电活动特性

雷云放电速度很大，发生大量的电荷中和，所以在雷道和被击中物体中流过巨大的电流，叫雷电流，能达到几十甚至二三百仟安（1仟安=1000安培）。雷电流的持續時間很短促，大約是50~100微秒（1微秒等于百万分之一秒），呈冲击性。雷电流随時間增長的速度，叫陡度。同样的雷电流最大值（叫幅值），陡度越大，破坏力就越大。

雷电流并不是在任何地方任何时候都是一样的。根据一万多次測量的結果証明：平原地区的雷电流幅值，緣大多数(85%)情况是在50仟安以內，超过100仟安的只有2.5%，达到200仟安的更稀罕，不到0.1%；最大还没見到超过220仟安的。在山岳地区，因为岩石多、土壤电阻率高，导电性能比平原差，雷电流大为減少，約为平原地区的一半；最大多数場合(80%)是在20仟安以內，超过40仟安的只有5%，最大的約100仟安。雷电流的最大陡度90%在25仟安/微秒之內，最高不超过50仟安/微秒。

由于大气和大地条件不同，雷电发展的路徑是极不規則的。但是它总是沿着最容易导电的和最短的途徑发展。一般情况下雷电多落在地面上的突出部分，例如烟囱、杆塔、高楼和高大树木上。但是必須指出，雷电并不是一定落在最高的地方，例如常有比周圍建筑物矮的正在冒烟的烟囱，由于伸入高空的濃烟飞灰和热气柱的良好导电性能，反而容易引雷落在其上。

長期的观察发现，在某些地方具有选择性雷击地点，虽然它

并非最高，但雷电总是落在其上，所以有人称之为“雷窝”。原因是这些地点存在着高导电率的土壤成分，放电前就积聚了大量感应电荷，造成闪电向其发展的有利条件。选择性雷常击于地下水出口处、各种导电岩石的銜接地段、山岳地区的裂隙、河床、山坡等处。

第二节 雷电作用及其危害

1. 雷电的作用

雷电放电引起电磁的、热的、机械的和静电的作用。

随着雷云放电产生的电磁场，在靠近雷击处的导线或导体结构上产生感应高电压，包括静电感应高电压和电磁感应高电压，通常高达几十至几百千伏。在输电线上的感应高电压可能引起电气设备绝缘的闪络，影响电力系统的正常供电；在建筑物内的感应高电压会在构件缺口、间隙发生火花，引起易燃物质的危险燃烧或爆炸。

强大的雷电流通过导体时产生巨大的热量；由于它过程短促，热量来不及发散，能把导体热到赤热、熔断甚至汽化。实验表明，最强大的雷电流能把与它接触的金属熔化数公厘深。

雷电流的机械作用表现为劈裂木材、电杆，破坏没有避雷针保护的较小的石造建筑物、砖造烟囱等。输电线上的木电杆和木横担被雷劈裂是常见的，这是由于雷电流通过木材纤维时产生的高温引起木材内湿气爆发性蒸发的结果。石造建筑和砖造烟囱的破坏，则常是由于雷云放电后残留在砖石上的同极性电荷之间的强大的静电力冲击而震裂或倒塌。

雷电直接或间接受落到人或动物身上，由于通过的雷电流很大，能使人或动物的心脏和大脑麻痺而造成死亡；极少数情况下甚至能把身体烧成灰烬。但是如果情节较轻暂时失去知觉，立即给予急救，如施行人工呼吸等，有时还可能将受雷击者救活。此外雷电流有时还能将局部皮肤烧焦或烧起泡，有时能在皮肤上留下线

紋痕跡，但這些大多不是致命的傷害。

2. 直接雷击和沿架空綫引入高电压的危害

直接雷击是雷害中最严重的一种。雷电直接击中帳篷、覬标、房屋等建筑物时，雷电流从雷道沿着建筑物里最容易流过的道路流入大地。这个通道按不同的情况，可以由屋頂、牆壁、屋内外金属構件、树木、气体或液体介質和接地物体所組成。大的雷电流通过，能融化金属，劈裂木材，震裂磚石建筑，引起燃燒爆炸，通过或直接击中人体則引起人身死亡。

雷电流 I 通过具有接地电阻为 R 的接地体时，如通过輸电綫路杆塔、避雷針接地裝置时，在此电阻上产生电压降落 IR ，由于雷电流很大，此电压降落能达到几十千伏至几百万伏。雷电流越大，接地电阻越大，电压就越高。同时雷电流的通道如引下綫，接地体等都或多或少具有一定的电感值，有时虽然电感很小，但是由于雷电流的陡度很高，也能在电感上产生很高的电压降落，并且雷电流陡度越大，电感越大，电压降落也就越高。电阻和电感上的电压降落与电磁感应电压合在一起，形成很高的直接雷击的过电压。这样高的过电压能够破坏介質的絕緣，向靠近的设备、金属構件或人体发生火花閃絡，即所謂二次反閃絡。它和直接雷击同样能引起建筑物和设备的破坏，造成可燃物質的燃燒爆炸和人身的重大伤亡。所以，裝設直击雷保护装置时还要尽可能降低接地电阻值和增大与其他设备的距离，以避免二次反閃絡的危險。

此外，在动力、照明架空輸电綫，电訊、信号、廣播架空綫（天綫）上遭受雷击或感应产生的高电压，常会沿着架空綫傳入屋內，在絕緣薄弱处引起強烈放电，以致发生爆炸或火灾，击死击伤屋內的人。沿架空綫引入高电压的危害往往占雷害事故的一大部分，在沒有良好防雷保护設施的农村尤其多，必須設法予以避免。

3. 接触电压和跨步电压的危险

人接触到雷电流经过的地方，或接触到受雷电流感应的金属构件时所受到的电压，叫做接触电压。譬如人站在地面上，手碰到带电流的引下线，他所受到的接触电压就是引下线和大地间的电位差。雷击时，接触电压可以大到几万伏到几十万伏，这样高的电压加在人身上，足以引起人身死亡。

当雷电流经过接地装置向大地流散时，在接地装置附近地面上，所引起的电位分布是不均匀的。这时，假如有人正在这接地装置附近走动，其前脚和后脚受到的电位相差很大，两脚之间的电位差，就叫做跨步电压。跨步电压很高时，从人的一脚流入另一脚流出的电流（雷电流的一部分），能够使人触电致死。雷电流越强，接地电阻越大，跨步的长度越大（人一步长度大约是0.8公尺），走近接地装置，跨步电压就越高，对人畜的危险性也就越严重。

所以，除了装设建筑物的防雷保护装置时，应设法降低接触电压和跨步电压外，必须严禁雷雨时走近和接触防雷保护装置，应尽可能离得远些。

4. 雷害情况

我国是雷电活动较多的地区，历年雷害情况都颇为严重。除了电力部门有系统的雷害事故统计分析外，目前还没有全国性的较为完整的雷害事故调查统计资料。但就北京上海及其附近地区近几年的不完全统计来看，雷害之严重也已足以引人触目惊心。

据上海市委的调查统计，1959年上海共发生雷击灾警34起，其中直击起火14起，由架空线引入高电压使绝缘破坏走电起火20起，有3起成灾，损失共值二万多元；另外电车被击200多次，损坏无轨电车8辆、有轨电车2辆，其中一辆有轨电车雷击起火，乘客慌乱跳窗，有18人受重伤，其余皆受轻伤。据北京市城市规划局的统计，1957年北京发生雷击建筑物、天线、大树，架空线引入危险高电压，以及电力系统高低压线路放电、烧表等各

种大小事故共达224起，其中有14起雷击引起火灾（据北京消防大队资料），损失共计二万多元，死2人，伤5人。

农村的雷害情况更为严重。据上海、松江和崑山三地的统计，仅1956年因雷击造成死亡的就有71人，受伤99人；此外，松江专区青浦县1956年遭受雷击接近400次，死10人，伤18人，还打死耕牛一头，草屋、草棚、电杆、树木等击坏很多。受害者中除一部分在室内因雷击天线电线被打死外，大都发生在室外旷野，有的在大树、车棚、草棚下避雨，有的冒雨在田间、河边干活，有的手拿铁搭等铁器，衣服淋湿在雨中行走，还有因船被击翻淹死河中。

勘测人员在多雷的南方山地外业工作，受雷害者历年都有；多数是因雷电直击帐篷引起，也曾遇到球形闪电飞入帐篷闹祸。

儘管目前的雷害调查研究还很不够，但是仍然可以看到雷击的一些规律，例如：乡村雷害比城市集镇多；河边、湖沿、低洼的或地下水位较高的地方，四面空旷的高层建筑或旷野里的孤立小屋容易受到雷击；在同一地方，高聳的、内部潮湿或有其他导电物体的建筑较易受到雷击；建筑物最易受击的是烟囱、通风道、天窗、屋角、屋脊等突出部分；大树、导线、天线和大块金属体都有引雷的效应；等等。

发生雷害事故的原因，除了缺乏必要和可靠的防雷保护设施以外，也常常由于人们缺乏科学知识或迷信思想所致。目前农村中还有不少入，尤其是老年人迷信雷击现象是“雷公雷母”惩罚邪恶，认为“不做亏心事，不怕天打雷”，而对避雷满不在乎。例如崑山县某社生产小队11人一起在草棚中避雨，其中李某妻曾劝李一道回家，李回答说：“不做亏心事，不要怕死”。三个胆小怕雷的妇女跑回家去了，剩下8人，因草棚潮湿、衣服也淋湿，结果被雷击中，打死4人（包括李在内），4人受伤。

第三节 我國的电雷活動

1. 雷电活动的地理分布規律

我国幅員廣濶，各地的自然环境、地質情况和气候条件等变化很大，因此，雷电活动情况也就錯綜复杂。雷电活动地理分布的一般規律是：

(1) 南方多于北方。越靠近赤道和热带地区，热而潮湿，雷电活动就越严重；越往北气候越冷，雨量較少的地区，雷电活动就較弱。例如長江以北地区，平均每年有25~40个雷电日（一天之内只要出現雷电一次以上，不論次数多少，都叫一个雷电日），長江以南地区一般为40~80个雷电日；比較少的是大西北，一般在25个以下；比較多的是广东（特别是海南島）等地，一般在80个以上。

(2) 山地多于平原。因为在山坡上，上升气流由于局部地形影响而增加，雷雨也就較严重。例如云貴高原、康藏高原等地区的雷电活动，就比同緯度的其他地区强。此外我国山地的雨量一般也較平原多。

(3) 內陆多于沿海。在其他条件相同时，濱海或靠近大江大河的地区，其雷电活动比其他地区弱。

(4) 其他条件相同时，土壤导电性能較差的地区，雷电活动也較弱。例如西北和內蒙古等沙漠地区，就比同緯度的东北、华北少。这也和沙漠地带干燥、雨少、急冷急热等特殊气候有关。

2. 雷电按季节的活动

就全国來說，一年四季都有雷电出現。春季雷电集中于長江以南的山地，其余各地較少，在西北和內蒙古的大部分地区，甚至沒有雷电。夏季各地雷电普遍增多，大部分地区的雷电活动的最高点（即雷电出現最多的时候）都在此时（七月）出現。到了

秋季，8—9月雷电一般仍較多，相当多的一部分地区，雷电活动的最高点在8月份出現，10月雷电比較少，西北新疆等地甚至沒有雷电了。冬季一般只在長江以南地区出現，为势較弱，其他地区几乎沒有雷电。

不管那一季节，雷电在長江以南，特别是两廣和云貴两地区出現的比較多。

3. 雷电季节的长短

从全国來說，每月都有雷电发生。雷电季节以云貴高原最長，延續時間达全年之久；其次两廣、两湖和江西等長江以南地区也比較長；長江以北地区比較短，雷电季节最短的是西北地区，特别是新疆的一些地方，一年只有三四个月；其他地区一般每年4—10月份为雷电期，延續5—7个月左右。

每年雷电的起始月份，各地差別也很大，最早的为一月份，最晚的为5月份。除了全年有雷电的地方外，雷电終了的月份最早的为8月，最晚的为12月。

4. 雷电最多的月份

对全国來說，以6—8这三个月为雷电出現最多的月份。越往南雷电活动就越严重，而雷电活动最高点出現較晚；越往北雷电活动逐渐减弱，雷电活动最高点出現較早；这与各地的雨季不同有关。具体說，中南西南地区和福建、安徽、陝西、甘肅、青海等省雷电活动的最高点在8月份出現，次高点在7月份出現（但是廣東的少数地区的最高点和次高点都在5月份和6月份出現），华东的其他地区和华北，最高点多在7月份，次高点多在8月份出現。新疆和內蒙古地区，最高点也在8月份出現，但次高点一般多在6月份出現，在8月份出現的較少。东北的大部分地区最高点提前在6月份出現，次高点在7月份出現；但到了黑龙江地区，最高点在7月份出現的又渐渐增多了一些。

雷电最高点出現月份的雷电日数一般占全年雷电日数的20—