

易燃易爆场所防雷防静电 安全检测技术

李良福 编著



气象出版社

易燃易爆场所 防雷抗静电安全检测技术

李良福 编著

1986 WL

95-77

3

气象出版社

内 容 简 介

本书是作者根据近几年从事易燃易爆场所防雷抗静电设施安全性能检测和易燃易爆场所防雷抗静电安全系统工程设计、施工及验收等经验,并参考国内外有关技术资料而编著的。全书共分十一章,比较系统地论述了雷电、静电的基础知识和油库、汽车加油站、油轮、油罐火车、液罐汽车、爆炸物品仓库、贮气罐及其它高危场所等防雷抗静电安全检测技术,同时还论述了接地电阻测量、静电电位测量、地坪泄漏电阻测量等方法的理论与实践经验。

本书可供从事雷电、静电灾害防护理论研究的科研人员和防雷抗静电设施安全性能检测的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

易燃易爆场所防雷抗静电安全检测技术/李良福编著.
北京:气象出版社,1997.9
ISBN 7-5029-2363-2

I. 易… II. 李… III. ①防爆-安全技术-技术②抗静电-安全检查-技术 IV. X932

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 20500 号

易燃易爆场所防雷抗静电安全检测技术

李良福 编著

责任编辑:王桂梅 终审:周诗健

封面设计:周建 责任技编:陶国庆 责任校对:史秀菊

* * *

气象出版社 出版

(北京海淀区白石桥路 46 号 邮政编码:100081)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

* * *

开本:787×1092 1/32 印张:3 字数:69.1 千字

1997 年 9 月 第一版 1997 年 9 月 第一次印刷

印数:1-3000 定价:5.00 元

ISBN 7-5029-2363-2/TM·0005

前 言

近年来,随着国民经济的发展,雷电和静电灾害造成很多地区停工、停产、通讯中断以及财产损失和人畜伤亡的恶性事故。例如:1989年8月中国黄岛油库因雷击起火爆炸,造成上亿元的经济损失;1996年5月中国天津市津东新兴危险品铁路货场在火车槽罐向汽车槽罐直接灌装作业时,产生静电火花引起油品起火,烧毁汽车槽车3辆,烧损2节槽罐车;1996年8月中国重庆市上桥远益加油站,无防雷抗静电装置的油罐(违反国家有关规范),因遭到雷击而发生爆炸燃烧,使加油站房屋炸毁,死亡4人,损失8.5万元。因此,开展易燃易爆场所防雷抗静电装置安全检测工作,对确保人民生命和国家财产安全、消除事故隐患、减少损失具有重要的意义。为此,作者根据近几年从事易燃易爆场所防雷抗静电设施安全性能检测和易燃易爆场所防雷抗静电安全系统工程设计、施工、验收等方面的经验和国内外有关防雷抗静电安全检测的技术资料编写了《易燃易爆场所防雷抗静电安全检测技术》,供从事雷电、静电灾害防护理论研究的科研人员和防雷抗静电设施安全性能检测的工程技术人员参考。

本书在编写过程中得到重庆市气象局的大力支持。重庆舍特气象应用研究所、重庆市气象局防雷(静电)设施检测站,为本书提供了大量的易燃易爆场所防雷抗静电设施安全性能检测和易燃易爆场所防雷抗静电安全系统工程的实例资料。中学勤、胡怀林、陈红红、李建平、何天鹏、李路、张路、杨兴国、李绍龙和杨利敏等同志审阅了本书,并提出了许多宝贵意见,

在此一并致谢。

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。

作 者

1997 年 3 月于重庆

目 录

前言

第一章 雷电的基础理论	(1)
一、雷雨云的形成	(1)
二、雷电的形成	(3)
三、雷电活动的规律	(4)
四、雷电参数	(5)
五、雷电的危害	(7)
六、保护物防雷分类.....	(10)
七、防雷方法.....	(13)
第二章 静电的基础理论	(17)
一、静电的基本概念.....	(17)
二、静电的形成.....	(20)
三、静电的积累和流散规律.....	(22)
四、静电参数.....	(25)
五、静电的危害.....	(27)
六、静电灾害的防护.....	(28)
第三章 油库防雷抗静电安全检测	(31)
一、油库的基础知识.....	(31)
二、油库的防雷安全检测.....	(43)
三、油库的防静电安全检测.....	(46)
第四章 汽车加油站防雷抗静电安全检测	(49)
一、汽车加油站的基础知识.....	(49)
二、汽车加油站的防雷安全检测.....	(53)

三、汽车加油站的防静电安全检测·····	(35)
第五章 油轮、油罐火车、油罐汽车防雷抗静电安全检测	
·····	(56)
一、油轮防雷抗静电安全检测·····	(56)
二、油罐火车防雷抗静电安全检测·····	(58)
三、油罐汽车防雷抗静电安全检测·····	(59)
第六章 爆炸物品仓库防雷抗静电安全检测 ·····	(60)
一、爆炸物品仓库的基础知识·····	(60)
二、爆炸物品仓库防雷抗静电安全检测·····	(63)
第七章 贮气罐防雷抗静电安全检测 ·····	(65)
一、贮气罐的基础知识·····	(65)
二、贮气罐防雷抗静电安全检测·····	(69)
第八章 高危构筑物及场所防雷抗静电安全检测 ·····	(71)
一、概述·····	(71)
二、高危构筑物及场所防雷安全检测·····	(72)
三、高危构筑物及场所防静电安全检测·····	(76)
第九章 接地电阻测量 ·····	(80)
一、地阻仪的结构及工作原理·····	(80)
二、地阻仪的使用方法及注意事项·····	(82)
第十章 静电电位测量 ·····	(84)
一、静电测试仪的结构及工作原理·····	(84)
二、静电测试仪的使用方法及注意事项·····	(86)
第十一章 工作地坪泄漏电阻测量 ·····	(87)
一、测量方法·····	(87)
二、数据处理及注意事项·····	(88)
参考文献 ·····	(89)

第一章 雷电的基础理论

一、雷雨云的形成

1. 雷雨云的产生

雷暴季节,下垫面受太阳强辐射而形成大范围均匀加热,造成极大的温度垂直递减,使大气发生自由对流,在有外界扰动的作用下,如地形抬升、冷空气活动、锋面和切变线的辐合抬升等,可使局地大气对流运动加强。当低层大气有充足水汽,强对流就可能从淡积云发展为浓积云最后形成积雨云。积雨云中电荷累积到某一临界值后,可产生火花放电,这时的积雨云即为雷雨云。

2. 雷雨云的微物理结构

雷雨云的微物理变化对其起电有十分重要的作用,其结构如图 1-1。

由图可知,一块成熟的雷雨云,其顶部可以伸展到 10000~20000m 的高空,云层内温度随着高度的增高而降低。一般在 4500m 以下为温度 $>0^{\circ}\text{C}$ 的“暖层”,云中全部是云滴或(和)雨滴;从 4500~6000m,云中温度 $<0^{\circ}\text{C}$,主要是过冷却云滴或(和)雨滴;6000~9000m,云中主要是雪花,温度在 -20°C 左右;9000 m 以上,云中基本上都是雪晶和冰晶,温度 $<-40^{\circ}\text{C}$ 。

3. 雷雨云的电荷分布

雷雨云的电荷分布,是用配有特种天线、电探空仪装置的

飞机观测和闪电时,测量地面电场变化等方法来研究的。根据

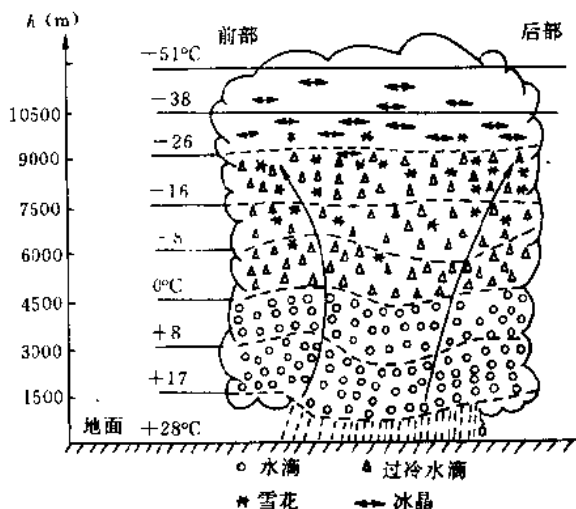


图 1-1 雷雨云的微物理结构

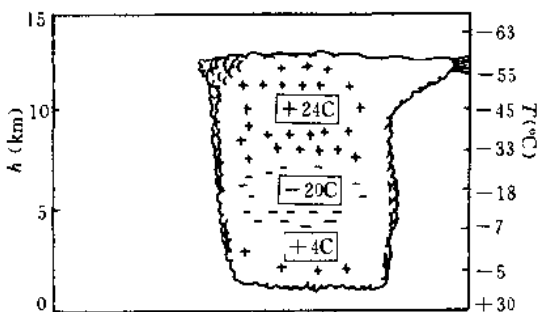


图 1-2 雷雨云的电荷分布

这些研究,雷雨云的电荷分布如图 1-2 所示,一般正电荷集中在云的上部,约有 +24C;负电荷集中在云的下部,约为 -

20C;在云的底部强对流区有一个很小的正电荷集中区,约为+4C。

二、雷电的形成

雷电是雷暴天气的产物,而雷暴则是在垂直方向上剧烈发展的积雨云所形成的一种天气现象。雷雨云中正负电荷中心之间或云中电荷中心与地之间的放电过程称为雷电。

雷雨云中电荷分布并非均匀的,而是形成许多堆积中心。因而不论是在云中或是在云对地之间,电场强度不是处处都相同。当云中电荷密集处的电场达到 $25\sim 30\text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$ 时,就会由云向地开始先导放电(对于高层建筑,雷电先导可由地表面向上发出,称为上行雷)。当先导通道的顶端接近地面时,可诱发迎面先导(通常起自地面的突出部分),当先导与迎面先导会合时即形成了从云到地面的强烈电离通道,这时出现极大的电流,这就是雷电的主放电阶段,雷鸣和电闪都伴随出现。主放电存在的时间极短,约 $50\sim 100\mu\text{s}$,主放电的过程是逆着先导通道发展,速度约为光速的 $1/20\sim 1/2$,主放电的电流可达几十万 A,是全部雷电流中最主要部分。主放电到达云端时就结束了,然后云中的残余电荷经过主放电通道流下来,称为余光阶段。由于云中电阻较大,余光阶段对应的电流不大,约为几百 A,持续时间较长,约为 $0.03\sim 0.15\text{ s}$ 。

由于云中可能同时存在几个电荷中心,所以第一个电荷中心的上述放电完成之后,可能引起第二个、第三个中心向第一个通道放电,因此雷电往往是多重性的,每次放电相隔约为 $600\sim 800\mu\text{s}$,放电次数平均为 $2\sim 3$ 次,其雷电形成示意图,如图 1-3 所示。

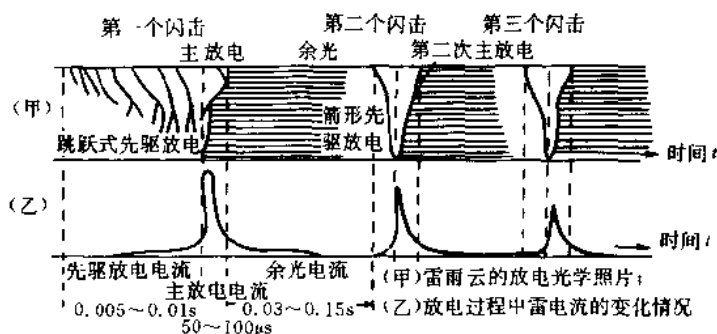


图 1-3 雷电的形成

三、雷电活动的规律

1. 雷电的分布特征

我国全年平均雷电的分布特征是：从温湿度方面来看，热而潮湿的地区比冷而干燥的地区雷电多；从地理纬度来看，低纬度比高纬度的雷电多，赤道附近区域雷电发生最多；从地势来看，南方多于北方，东部多于西部，山区多于平原，平原多于沙漠，内陆多于滨海或江湖地区；从雷电发生时间来看，夏季多于其它季节，是全年雷电活动的高峰期，而每天则是下午和上半夜多于上午和下半夜。

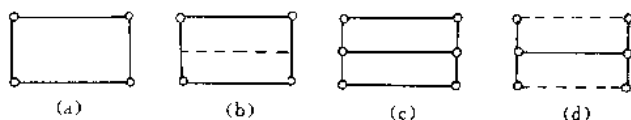
2. 雷击的选择性

雷害事故的历史资料统计和实验研究证明，雷击的地点和建构物遭受雷击的部位是有一定规律的，一般容易遭受雷击的地方有：

(1) 平屋面和坡度 $\leq 1/10$ 的屋面：檐角、女儿墙和屋檐(图 1-4 (a)及图 1-4 (b))。

(2) 坡度 $> 1/10$, $< 1/2$ 的屋面: 屋角、屋脊、檐角和屋檐 (图 1-4 (c))。

(3) 坡度 $> 1/2$ 的屋面: 屋角、屋脊和檐角 (图 1-4 (d))。



注: ——— 易受雷击部位 - - - - 不易受雷击的屋脊或屋檐
○ 雷击率最高部位

图 1-1 建筑物易受雷击的部位示意图

- (4) 建筑物突出部位, 如烟肉和电视天线等。
- (5) 高耸突出的建筑物, 如水塔和电视塔等。
- (6) 排出导电尘埃的厂房和废气管道。
- (7) 建筑群中特别潮湿和地下水位高的地带或埋有金属管道或内部有大量金属设备的厂房。
- (8) 地下有金属矿的地带。
- (9) 开阔地上的大树, 山地的输电线路等。

四、雷电参数

1. 雷电主放电通道的电容 $C_0 (\text{F} \cdot \text{m}^{-1})$

$$C_0 = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln(L/R_0)}$$

式中, ϵ_0 : 真空的介电常数, 取值为 $8.86 \times 10^{-12} (\text{F} \cdot \text{m}^{-1})$; L : 主放电通道的长度(m); R_0 : 主放电通道的电晕半径(m)。

2. 雷电主放电通道的电感 $L_0 (\text{H} \cdot \text{m}^{-1})$

$$L_0 = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{L}{R_0}\right)$$

式中, U_0 : 空气的导磁系数, 取值为 $4\pi \times 10^{-7}$; R_0 : 主放电电流的高导通道半径(单位: m)。

3. 雷电主放电通道波阻 $Z_0(\Omega)$

$$Z_0 = \sqrt{L_0/C_0}$$

4. 雷电主放电的放电速度, 即波速 $V(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$

$$V = 1/\sqrt{L_0/C_0}$$

一般取波速 V 为光速的 $1/20 \sim 1/2$ 。

5. 雷电流解析式

$$I = I_0 \frac{\exp[at/(T-1)]}{\exp(\alpha-1)}$$

6. 雷电流幅值的概率分布(p)

(1) 雷暴日在 20 日以上地区的表达式为:

$$\lg P = \frac{1}{108} I$$

(2) 雷暴日在 20 日以下地区的表达式为:

$$\lg P = \frac{1}{54} I$$

(3) 雷电流实测幅值的概率分布: 根据我国东北、华东、中南和西南地区 22 个单位共 1205 个实测雷电流幅值, 作出图 1-5 的雷电流幅值概率曲线, 由图可知, 我国的雷电流主要在 100kA 以下, 其概率为 88%, 很少出现 $>250\text{kA}$, 其出现概率 $<0.3\%$ 。

7. 雷电流的平均上升陡度表达式 $\frac{di}{dt}(\text{kA} \cdot \mu\text{s}^{-1})$

$$\frac{di}{dt} = \frac{1}{2.6} I$$

8. 落雷密度 r (次 $\cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)

$$r = aT^b$$

式中, T : 年平均雷暴日数; a 、 b 为常数, 分别取 0.023 和 0.3;
我国一般取 $r=0.015$ 。

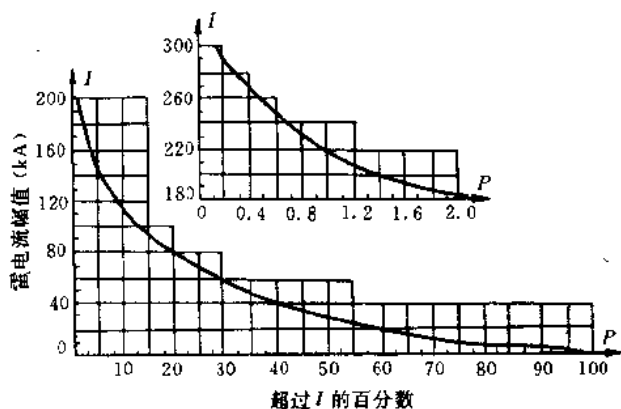


图 1-5 雷电流幅值概率分布

9. 雷电参数比较

雷电参数的比较, 见表 1-1。

五、雷电的危害

1. 雷电危害的类型

雷电的危害性主要表现在雷电放电时产生所出现的各种物理效应作用, 具有很大的破坏力。按其破坏机制可分为电效应、热效应、电磁效应和机械效应。

(1) 电效应是指在雷电放电时, 能产生高达数万伏甚至数十万伏的冲击电压, 造成电力系统的发电机、变压器、断路器

表 1-1 雷电参数比较表

观测 次数	参 量	单 位	大丁表中数值所占百分比		
			95%	50%	5%
	>2kA 的幅值(峰值)				
101	第一负闪击和负闪电	kA	14	30	80
135	随后负闪击		4.6	12	30
26	正闪电		4.6	35	250
	电荷				
93	第一负闪击	C	1.1	5.2	24
122	随后负闪击		6.2	1.4	11
94	负闪电		1.3	7.5	40
26	正闪电		20	80	350
	脉冲电荷				
90	第一负闪击	C	1.1	4.5	20
117	随后负闪击		0.22	0.95	4.0
25	正闪电		2.0	16	150
	到达峰值的时间				
89	第一负闪击	μs	1.8	5.5	18
118	随后负闪击		0.22	1.1	4.5
19	正闪电		3.55	22	200
	di/dt 最大值				
92	第一负闪击	$kA \cdot \mu s^{-1}$	5.5	12	32
122	随后负闪击		12	40	120
21	正闪电		0.2	2.4	32
	到达峰值的时间				
90	第一负闪击	μs	30	75	200
115	随后负闪击		0.5	32	140
16	正闪电		25	230	2000
	作用积分				
91	第一负闪击	A^2s	6.0×10^3	5.5×10^4	5.5×10^5
88	随后负闪击		5.5×10^2	6.0×10^3	5.2×10^4
26	正闪电		2.5×10^4	6.5×10^5	1.5×10^7

注:①本表资料来源于 Berger 等 1975 年的观测。

②本表资料均为向下闪电资料。

等电气线路和设备烧毁,引起绝缘击穿而发生短路,导致可燃、易燃、易爆物品燃烧和爆炸现象。

(2)热效应是指雷电击中物体,使其产生很高的温度而发生熔化或(和)汽化或(和)燃烧现象。

(3)电磁效应破坏分为两个方面:一方面是指雷电放电时,在附近导体上产生静电感应和电磁感应,使导体产生火花引起火灾或爆炸,或者是由于雷电流引起的跨步电压导致人畜伤亡现象;另一方面是指雷电沿着架空线路或金属管道等侵入室内,危及人身安全或损坏设备,即雷电波入侵现象。

(4)雷电的机械效应是指雷电通过导体时产生冲击性的电动力,这种电动力作用时间极短,远小于导体机械振动周期,导体在它的作用下常常发生炸裂、劈开等现象。

2. 雷电的危害方式

(1)直击雷危害:是指雷电直接击在建筑物和构筑物上,它的高电压和大电流产生的电磁效应、热效应和机械效应会造成许多危害。如使房屋倒塌、烟囱崩毁,引起森林起火、油库、火药库爆炸,造成飞行事故、户外的人畜伤亡等。直击雷几率小但危害极大。

(2)雷电的静电感应危害:是指雷雨云闪电时强大的脉冲电流使云中电荷与地面中和,从而引起静电场的强烈变化,导致附近导体上感应出与先导通道符号相反的电荷,雷雨云主放电时,先导通道中的电荷迅速中和,在导体上感应电荷得到释放,如不就近泄入地中,就会产生很高的电位,造成火灾损坏设备。

(3)雷电的电磁感应危害:是指雷电流在 $50\sim 100\mu\text{s}$ 的时间内,从 0A 变化到几十万 A ,再由几十万 A 变化到 0A ,在其周围空间产生瞬变的强电磁场,在空间变化电磁场中的被保

护物,不论是导体还是非导体均作切割磁力线运动,使其产生很高的电磁感应电动势造成危害;同时,闪电能辐射出从频率为几 Hz 的极低频率直到几千 GHz 的特高频率,其中以 5~10kHz 的电磁辐射强度最大。当被保护物距离雷电较近时,主要受静电感应影响,距离雷电较远时,主要受电磁辐射的影响,轻则干扰信号线、天线等无线电通讯,重则损坏仪器设备。

(4)雷电波入侵危害:是指雷电击到电源线、信号线及金属管道后,以电波的形式窜如室内,危及人身安全或损坏设备。

六、保护物防雷分类

1. 建筑物防雷分类

根据建筑物的重要性、使用性、发生雷电事故的可能性和后果,按防雷要求可分为三类:

(1)第一类防雷建筑物

①具有特别重要用途和重大政治意义的建筑物和国家级重点文物保护建筑物。

②超高层建筑物。

③凡制造、使用或贮存大量爆炸物质的建筑物因电火花而引起爆炸,会造成巨大破坏和人身伤亡的建筑物。

④Q-1 或 G-1 级爆炸危险场所。

(2)第二类防雷建筑物

①重要的或人员密集的大型建筑物和省级重点文物保护建筑物。

②19 层以上的住宅建筑,高度超过 50m 的其它民用和一般建筑物。

③凡制造、使用或贮存爆炸物质,电火花不易引起爆炸或