
*
*
* 西 德 防 雷 規 范 *
*
*

第 八 版

一机部第一设计院电气设计室

一九七四年一月

译者的话

译者曾于1962年翻译了“防雷”这本书的第六版中的规范部分。当时译名定为“房屋和建筑物的防雷（全德防雷技术规程，第六版）”。1963年与第六版一样，再度由两个委员会（即东德的“防雷装置专门委员会”和西德的“防雷装置建设委员会”）共同修订出版了第七版。1968年由“防雷装置建设委员会”（ABB）完成了第八版的定稿。本译文系根据1971年在柏林出版的、在编辑上作了修正的第八版翻印版译出的。

在第八版中，由于技术的进步，对防雷规范部分（第3和第4部分）进一步作了重要的修改和补充。

例如，对在塔形房屋内的电气装置和防雷装置之间的接近的规定，作了改变并作了更明确和更详细的叙述。对防雷装置本体的接近的要求减低了。根据各种经验（如对钢筋混凝土建筑的经验）、新的理论知识以及试验成果对有关规定也作了修改。首次列入关于测量接地电阻的备忘卡。等等。

第一部分和第二部分为选择。第三部分和第四部分为全部译出。附录5中略去了与防雷技术无关的防雷装置建设委员会章程等部分。

一九七四年一月于蚌埠

目 录

页 次

第1部分 气象和物理基础

1.4 雷閃电	1
1.4.2 若干雷閃电資料	1
1.5 雷击效应	3
1.5.1 热效应	4
1.5.2 电动力效应	6
1.5.3 电气化学效应	7
1.5.4 雷声	7
1.6 雷閃放电的跳閃	7

第2部分 雷击的保护

2.1 对人的保护	9
2.1.1 总则	9
2.1.2 危险的和受到保护的场所	10
2.2 对建筑装置的保护	10
2.2.1 雷击于不受保护的建筑装置上	10
2.2.2 防雷装置的任务	10
2.2.3 需要保护的建筑装置	11
2.3 其他措施	11

第3部分 防雷规范

§1 术语解释	12
§2 总要求	16
§3 设计文件	17
§4 材料和零部件	18

	頁次
§5 接閃器	24
§6 引下线	28
§7 与树木和较大金属物的接近	31
§8 电气装置	36
§9 接地装置	41
§10 对特殊情况下的一些规定	51
§10·1 钢筋混凝土建筑	51
§10·2 塔形建筑装置	52
§10·2·1 工厂烟囱	52
§10·2·2 教堂	55
§10·2·3 风车磨房	56
§10·2·4 钢筋混凝土的通讯杆塔	56
§10·2·5 其它塔形建筑装置	58
§10·2·6 杆柱	59
§10·2·7 旗杆	60
§10·3 钢丝绳	60
§10·4 火灾危险的工作场所和仓库。软屋顶的房屋	61
§10·5 爆炸危险的工作场所和仓库	65
§10·6 爆炸物的危险工作场所	68
§10·7 军需品的贮存	76
§11 防雷装置的检查试验	76

第四部分 附录

附录1 用电气测量对接地装置进行试验的指导	79
附录2 防雷装置与金属的自来水管和煤气管连接的导则	86
附录3 宣传品	

	頁次
A. 有金属正立面的房屋的防雷宣传品	91
B. 较大型体育运动装置包括投光照明装置在内的防雷宣传品	93
C. 对露天存放军需品的场所的宣传品	95
D. 预防农业雷击事故的宣传品	97
E. 预防新建筑物的雷击事故的宣传品	98
F. 预防在帐篷营地和野营帐篷地的雷击事故的宣传品	100
G. 预防在丛山中的雷击事故的宣传品	102
附录4 防雷装置的图例	103
附录5 目前德国工业标准中关于防雷装置零部件的目录	104
第5部分 附图(防雷装置的例子)(目录见105~106页)	

(译注:例子的附图单独装订成册,但其说明打印在

正文的第5部分中)

附图1的说明	107
附图4的说明	107
附图5 a的说明	108
附图5 b的说明	109
附图6的说明	110
附图9的说明	110
附图10的说明	111
附图13的说明	112
附图14的说明	112
附图15的说明	113
附图16的说明	113
附图17的说明	114
附图18的说明	114

• 5 •

	頁次
附圖 1 9 的說明 - - - - -	115
附圖 2 0 的說明 - - - - -	115
附圖 2 1 的說明 - - - - -	116
附圖 2 3 的說明 - - - - -	116
附圖 2 4 a 和 2 4 b 的說明 - - - - -	117

第1部分 气象和物理基础

1.4 雷闪电

1.4.2 若干雷闪电资料

雷击展示出一种单极冲击放电，即一种短时间的直流冲击电。雷电流幅值变动于宽广的范围内（图12）。雷电流最常见的是近20000安；雷击电流的约85%小于60000安；幅值超过200000安是罕见的。至今已知的最高值是约400000安。

在猛烈
的雷击中，

较长时间

（若干个十
分之一秒）

的、20至

若干100

安的雷电流

不是罕见的。

在雷电通道

的形成中也出现类似的雷电流。

在云间的雷闪电缺少强大电流的主放电。因此，它们的总电流似乎也处于约20至若干100安之间。

冲击电流的“半值时间长度”（参看图13）处于20至100微秒之间。雷电流上升达到其最大值通常都是比较快速地在几个微秒之内（参看图14）。

图12 闪电通道雷电流的幅率

图/3. 雷电流的平均时间过程

图/4. 雷电流波头的概率

波头陡度的概率分布示于图 1 5 中。

在一次雷击中所输送的总电量大多数超过 1 库伦 (1 库伦 = 1 安培秒) ; 並可能上升至 1 0 0 库伦及以上 (参看图 1 6) 。

图15 雷电流陡度的概率

图16 对地闪电的放电量的概率

雷閃通道的直径在主放电阶段是几个厘米。

在这个主放电阶段中的温度是约 25000°K ($\text{K} = \text{“摄氏温度”} + 273$)；並可能短时间达到高于 30000°K ；在主放电开始的约40微秒后，通常温度下降至 15000°K 。（有时遇到“冷的”或“热的”雷击时，其閃电通道的温度是无所作为的；只能给其以下的断言：雷击会引起火灾或者不会。）

1.5 雷击效应

作为一种电气现象雷閃电具有以下同样的效应，如每一种流过电气导体的电流或者每一种通过不良导体或绝缘体的电流一样的效应。因此，存在下列各效应：

1. 热效应（散放出热量）
2. 电动力效应（力的产生）
3. 电气化学效应（直流分解）
4. 声效应（雷声）

在这四种效应中，实际上仅热效应起了一种值得称道的作用。

1. 5. 1 热效应

极罕见地确证雷电流在电气导体的进入点上的熔化效应。在防雷装置上仅偶然在尖端上可清楚地认识出这种效应。

但是，这种接近于意外的事实与以下是完全一致的，即在这样的进入点上无特别强烈的热量散放出来。该热量为

$$W = u \int i \cdot dt = u \cdot Q$$

式中 u 为阳极上的约 20 伏的压降， Q 为流入的放电量。在 25 安培秒的雷闪电放电中，仅产生 $W = 500$ 瓦秒 = 120 卡，这一热量约可熔化 50 立方毫米的钢。于是，若金属中完全无热量流散，则在进入点的接触面的直径为 2.5 厘米时熔化效应仅达 0.1 毫米深。对铜以及铝，同样的效应可达两倍至三倍的深度。所以，这种雷闪电的接触面可以在较薄的金属板上或这些金属做成的箔上熔化出孔来。

如果雷电流进入它可以进一步流动的导体内，则根据焦耳定律其散放出的热量由电流 i 的平方、电流流过的时间长度 t 和欧姆电阻 R 限制之。

$$W = i^2 \cdot t \cdot R$$

以及电流是随时间而变化时为

$$W = R \cdot \int i^2 \cdot dt$$

于是，强大的热效应大都产生于高电阻的地方。

但是，不可将导体的电阻 R 理解为用直流测量的电阻值。

在雷闪电放电的短时间冲击电流下产生如类同于高频下的“电流集肤”现象。即电流被集中排挤至导体表面的一薄层中。这一薄层的有效电阻可能为整个横截面直流电阻的好几倍。在通常的防雷装置导体中扁带电阻的提高差不多与同样截面的圆丝的电阻提高相同；于是，这两种导体在这种关系中是同值的。

但是在有足够截面的金属导体中，虽有电流的集肤效应，並不产生明显的温升效果。仅在小的导体截面或高电阻率下才发生有加热至溶化温度。例如，在天线和细丝上经常观察到溶化效应，与此相反，在有几个毫米直径的较粗的丝线上（如在有刺的铁丝上）溶化效应是罕见的。在防雷规范（第3部分 § 4）中定下的截面仍然不是由溶化来确定的。

与此相反，在不良导体中当通过电流时将有許多以热的形式释放出来的能量。因此，含在木材、墙壁或类似物体中的水份被加热並蒸发出来。在整个过程的短时间内，由于在此所形成的超过大气压力的结果，在树木、木柱、梁和墙壁中便产生了爆炸形式的爆裂。这种爆裂效应常发生于潮湿集中的地方（裂缝，液体多的路径）或者常发生于电流密度大大提高的地方，如电流从不良导体物（墙壁）流出並流入良导体物（固定损坏了的引雷閃电流导体的铁夹件，固定电气线路的木塞处，煤气管道和自来水管道的铁支架）的地方。这种效应偶尔被错误地以雷电流的电动力效应（见 1. 5. 2）记录下来。

在不良导体的土地（石英砂）中在閃电流的通道上可能使砂溶化——化为玻璃（经雷电通过散砂或岩石熔成的管筒或不规则的玻璃状管）。

那里有大的良导体截面来处 置雷电流，那里就会无任何危险程度的温升，因此也就不会产生点燃现象。于是，一个雷閃击，其电流进入一有足够截面的不间断的金属导体並由其引走，保持着“冷”击。

雷閃通道本身也绝不常常导致点燃现象，如在实验室在约 1 米空气距离上用人工雷閃放电的实验所证明的。在强大电流但是是

短时间的雷閃放电时，雷閃通道在其通过易燃材料时也並不常常会点燃，仅在通过散开撒放的材料如干草、稻草、纸片时才会常常点燃。

相反地，持续长时间的、弱小电流的放电较易导致点燃。

因为在许多情况下主放电的冲击电流之后伴随有弱小电流的续放电，所以当缺少引走雷电流的金属导体时击中存放易燃物的房屋的雷击保持“冷的”是罕见的。干木材也会被这种雷闪电点燃。

在引走雷电流的路径上坏的接触点是特别危险的地点。在几个千分之一欧姆的过渡电阻上所产生的热已足够大得可以使重大的金属量（如在排水立管上的冲击点）熔化並“喷射出来”。如果在这种坏接触点附近放置有易燃材料时，则可能导致间接的点燃。这种喷射火花对有爆炸危险的装置和爆炸物企业是特别危险的。

1·5·2 电动力效应

较大的力产生于在那里雷闪路径的诸部分这样彼此相对地布置使得路径的一部分处于另一部分的磁场之中。因此，诸部分之间的距离愈小，则力愈大。小孔眼存有使其扩展开的大力。在一个由8毫米圆丝构成的直径10厘米的环上，当通过100000安的大雷电流时，将有一120公斤的力作用于其圆周的每一厘米上，当直径增至1米时仅只有14公斤的力。然而，由在导体中的雷电流和自然磁场之间的相互作用所形成的力效应最大可达每米导体长度1公斤的力，这始终是无害的。

除了这种在罕见的情况下可能使导体变形的排斥力之外，当雷电流的平行电流路径之间的距离足够小时，还会在它们之间产生强大的吸引力。所以，细的天线被压而粘合在一起而平行的导体互相撞击。如果雷击在紧靠着毗邻放置的绝缘电气导体上，则放置在两导体之间的绝缘物将被压坏。当雷击是很强大（100千安）时，若距离为5毫米时则这种力为40吨/米，当距离为50厘米时则为400公斤

力/米。在更大的距离时它几乎始终是无影响的。

1. 5. 3 电气化学效应

关于电气化学效应雷电流也要遵循电工学的一般定律。于是，根据法拉第定律在电流流出点处最高为30毫克铁的电解物或者当量的锌或铅，这相当于在闪电中100安秒的总充电量。因此，对甚经常被雷闪电击中的引流导体也不用顾及由雷电流所引起的、接地体的电气化学分解物。在敷设于地中的导体上由地中电流所引起的腐蚀效应会是很强烈的。

1. 5. 4 雷声

与雷电流流过的时间一样长久，电动力促使通道集中于很狭窄的空间内。超过大气的在雷闪电路径中的压力估计为2至3个大气压。当雷电流消失时这种压力就停止，致使叫做闪电核的产生好比爆裂的现象並由此产生雷声。

雷声对观察者的感触各按距雷击点的远近而有很大的差别。距离较远时人们听到的是典型的隆隆雷声；距离较近时听到的是刺耳的霹靂雷声，並且往往，但是並不是始终是这样，在它之后听到隆隆雷声。隆隆雷声一部分是回声效应，声的射线在地面、云上和其他不同折射面上的反射。在距离上的可听度是相对地小的；它几乎不超过10公里（约为闪电和雷声之间的30秒时间距离）。听界取决于风向並且在高度上的温度下降的愈快速这种听界就愈小。

1. 6 雷闪电放电的跳闪

在一次猛烈的雷击下，在其屋顶上有引雷电流导体的房屋内也多次发现的大量纷乱的雷闪电痕迹，当人们应用在雷闪电上的电气物理学的基础事实时它们常常是较好地得到理解。在应用雷电流的最大值 i_{max} 和接地电阻 R_g 时，欧姆定律 $u = i \cdot R$ （电压=电流×电阻）

已足提供以下的重要结论，即发生雷放电时在引流导体的地上部分承受一重大的电压 U_{atl} ，该电压是对地表面那些与引流导体的接地体无直接连接的那些点而言，因此，该电压也就是对以种种方式连接于大地的一切装置的各部分（如采暖装置、管道网、电缆外皮以及诸如此类之装置）而言。所以，这些部分本身的接地是好或坏，对出现的电压是不足道的。如果引以例地有一 100000 安的雷电流（ i_{max} ）通过引流导体的 3 欧姆接地电阻（ R_g ）时，则根据下式

$$U_{atl} = i_{max} \cdot R_g = 100000 \text{ 安} \cdot 3 \text{ 欧姆} = 300000 \text{ 伏} = 300 \text{ 千伏。}$$

在引流导体和装置之间始终有一 300 千伏的电压。由此产生重要的要求：防雷装置的接地要有尽量低的欧姆（小的 R_g ）；另一方面，在独自接地的金属部分和引流导体之间的接近处维持足够的距离也是必要的，这样在这里就避免了雷闪电的跳闪或跳击。引雷闪电电流导体的接地电阻愈大，距离也必须愈大。在高压装置和高压架空线上这种现象被熟悉为“反击”。

如果对于独自接地的各部分之间的已给定的距离，不可能获得引雷电流导体的足够小的接地电阻时，或者如果在给定的接地电阻下不可能作出足够的距离时，则为了避免跳击在引流导体和独自接地的各部分之间进行导电性的连接是必要的。因此，这些部分列入防雷装置的一部分并在符合于电流分配律下可能导入部分雷电流。它们由于与引流导体的连接而被“列入”于防雷装置内。

因为根据经验电气装置所起的作用也与作为接地部分的理论一致的，所以在这种方法中它们同样地是被隔开或者被列入防雷装置内。

由于不可能在带电压的导体上进行导电性的附接，所以在防雷规范的 § 8 中要求在合适的地点安装过电压保护器具。在雷电流陡峭上升的时间内，用导体和接地体的基本上较高的波阻来代替它们的欧姆电阻

是合于标准的。因此，当要阻止产生闪电的跳闪时，在测定防雷装置和房内的其他接地点之间的距离时还要算出引下线从接近点至大地的长度。当引下线的长度长和数量少时，因此也就是在建筑物很高时，首先顾及这点是十分必要的。

因为当雷电流波头有大的陡度时沿着流过雷电流的导体上产生一高的电压降下，所以当维持不了足够的距离时在图 2.9 (见 33 页) 所示的弧形和曲折路径上也可能出现跳闪。

第 2 部分 雷击的保护

2. 1 对人的保护

2. 1. 1 总则

如果部分雷电流流过人体时，则将产生类似于触及电气装置中带电部分的触电现象。电流直接作用于心脏並可能由于心房颤动而导致心脏停止跳动，因而导致死亡。还观察到对神经中枢系统和所有流过电流的人体部分产生刺激和加温作用。因此，对周身神经和肌肉，特别是对呼吸系统的肌肉组织产生麻痹以及产生灼伤。

当不幸事故並不导致死亡地过去后，通常神经和肌肉的麻痹在数小时或最多数天后就消失，而且沒有有害的后遗症。

不但一个直接击中人身的雷闪而且一个击在所在地附近的雷闪均能是有生命危险的。在雷闪击中点的周围产生一种类似于流过电流的强电接地体的周围电压梯度（电位差），在此范围内由于“跨步电压”人和牲畜是有危险的。各按雷电流的大小，在雷击点周围一半径直至约 30 米的范围內被视作危险区。

2. 1. 2 危險的和受到保护的場所

其中人处于海洋和溪河之旁、在旷野上、在首宿构成的架子下、在谷物束堆下、在零星散布的树木下、在靠近森林边缘处、在沒有防雷裝置的孤立小型礼拜堂和田野谷仓內是特別危險的。同样的。在建筑脚手架上面的居住之处以及騎自行車、騎机器脚踏車和駕駛拖船都是危險的。此外。不要逗留在接地体的附近（避雷器、天线塔和变电站的附近）。在有防雷裝置的房屋內，在鋼质車身的汽車內，在鋼质的火車車箱內，在鋼筋混凝土建筑物內或者在鋼构架建筑物內。以及当环境条件受限制时在洞穴內，在凹地中或在平均都高的森林內人們是受到保护的。

进一步的行为准则可从宣传品得知（第4部分 附录3的B表G）。

2. 2 对建筑裝置的保护

2. 2. 1 雷击于不受保护的建筑裝置上

当雷闪电燃烧时，雷击于建筑裝置上促使火灾损害。由力效应（冷击）造成的损害一般地局限于屋頂的部分复盖物、墙壁的炸开、特别是烟囱头部和木质材料的裂散。

但是雷击不仅对房屋而且对居住于那里的人们和牲畜都是危險的。在人們聚集的房屋內一种恐慌能夠更加增加危險。建筑裝置的位置、建筑形式或用途可能导致易发生雷击或者严重的后果。

2. 2. 2 防雷裝置的任务

防雷裝置应保护建筑裝置和存放物以及它們的居住者和使用者免于受到雷击的危險和损害。当建筑裝置设有一按“防雷规范”（第3部分）建立起来的防雷裝置时，就可以避免危險和损害。下列各点是防雷裝置的量和施工的基准：

电气安全

足夠的导体截面

机械方面的穩固

耐腐蝕

给予一定的建筑上的形状

顧及经济性

2. 2. 3 需要保护的建筑装置

下列各种建筑装置考虑作为根据位置、建筑形式和用途可能易于受到雷击或者导致严重后果的建筑装置：

1. 那些显著高出周围环境的建筑装置，如高层建筑、高烟囱和高塔（钟楼）。

2. 在火灾和爆炸方面是特別危险的那些建筑装置，如大型的木材加工企业、碾磨工場、油漆和顏料工厂、军需品工厂和火柴厂、烟火制造場、军需品库和炸药库、可燃流体库、煤气儲蓄器。

3. 特种形式或用途的建筑装置，在这些建筑装置内由于人们的聚集当雷击时将造成一种惊慌失措的现象，如人们聚集的場所（戏院、电影院、运动设施、固定地点的馬戏团、多种用途的建筑、供礼拜用的建筑）、百货商店、医院、学校、住宅、兵营、监狱、火車站、高山旅客暂时休息之所。人们聚集的帐篷。

4. 对火灾特別危险或需要保护文物的其他建筑装置。如孤立的或较大型的农場、軟屋頂的房屋、列入紀念物保护的装置、博物馆、貴重物品的保存库。

2. 3 其他措施

配置设有方向性的框架或丝线圈的防雷接闪杆是无效的並且仅引起附加的费用。

在防雷接闪杆上涂以放射性物质不可能给予值得称道的意义。根