

工厂电气设计手册

GONGCHANG DIANQI SHEJI SHOUC

上 册

1971

第八章 防 雷 及 接 地

“对立统一规律是宇宙的根本规律。”“外因是变化的条件，内因是变化的根据，外因通过内因而起作用。”我们必须运用毛主席这一光辉哲学思想，分析雷害，寻找对策。

打雷，是自然界内部矛盾运动的物理过程。雷电形成的内因是不稳定气流。矛盾的两个方面，是热而潮的气流与冷而干燥的气流。这一矛盾的发展，最后让位于新的矛盾：正电（积云或大地）与负电（大地或积云）。矛盾双方，在一定条件下（即外因：地质、地形、地物）激化，采取外部冲突的形式解决——打雷。

雷击，常给人们的生命财产带来损失。“与天奋斗，其乐无穷！与地奋斗，其乐无穷！与人奋斗，其乐无穷！”我们要遵照毛主席的伟大教导，不仅与阶级敌人斗，还要与大自然的雷害斗，以保卫社会主义建设的伟大成果。

在雷电这一对矛盾中，积云中的电荷，是矛盾的主要方面，大地感应起的异性电荷，是矛盾的次要方面。积云中电荷的变化，决定着矛盾的性质——直击雷、感应雷或高电位引入。防雷保护，就要根据不同的雷害，采取不同的措施。

防雷装置一般由避雷针（带），引下线，接地极三部分组成。其作用是把雷电流引入大地，以保护人身和建筑物的安全。

8—1 防 雷 保 护

一、对雷电活动规律的认识

1. 雷电分布的一般规律

(1) 热而潮湿的地区比冷而干燥的地区雷暴多。

(2) 从纬度看：雷暴的频数总是由北向南增加，到赤道最高，以后又向南递减。

在我国大致是：华南>西南>长江流域>华北>东北>西北。

据电力线路的雷害事故统计是：华东>中南>东北。

(3) 从地域看：雷暴的频数是山区>平原>沙漠；陆地>湖海。

据有关部门在中南、华东观测，落雷密度是：山区 0.02 次/公里²，平原 0.01 次/公里²。在广东观测，雷电流的幅值是：超过 200 千安的或然率占 2%，超过 40 千安的或然率占 50%。

(4) 从时间看：雷暴高峰月都在七、八月份，活动时间大都在 14—22 时，各地区雷暴的极大值和极小值多数出现在相同的年份。

2. 山区落雷的选择性

一个地区有无雷暴，是由内因（即气象）所决定。但有了雷暴，具体选那一处落雷，则受外界条件的影响。毛主席说：“矛盾的同一性要在一定的必要的条件之下。缺乏一定的必要的条件，就没有任何的同一性。”那末，矛盾着的正电与负电（雷云或大地）是在什么条件下同一（统一、即落雷）的呢？

(1) 从地质看：土壤电阻率的相对值要小，利于电荷的很快积聚。

A. 大片土壤电阻率较大时，局部小的地方容易落雷；

B. 土壤电阻率突变的地方，最易受雷击。如岩石与土壤、山坡与稻田的交界面；

C. 岩石山或土壤电阻率较大的山坡，雷击点多发生在山脚。山腰次之；

D. 土山或土壤电阻率较小的山坡，雷击点多发生在山顶。

山腰次之；

E. 地下埋有导电矿藏（金属矿，盐矿）的地区，容易落雷；

F. 地下水位高、矿泉、小河沟、地下水出口处容易落雷。

（2）从地形看：要利于雷云的形成与相遇。

A. 落雷几率的分布是：山的东坡、南坡多于山的北坡、西北坡；（这是因为海洋潮湿空气从东南进入大陆后，经曝晒闷热、遇山抬升而出现雷雨）。

B. 山中平地的落雷几率大于狭谷；（这是因为狭谷较窄，不易曝晒和对流，缺乏形成雷暴的条件）。

C. 湖旁、海边落雷几率较少；但滨海如有山岳，则靠海一面山坡，落雷几率较多；

D. 雷暴走廊与风向一致，风口或顺风的河谷，容易落雷。

（3）从地物看：要利于雷云与大地建立良好的放电通道。

A. 空旷地中的孤立建筑物、建筑群中的高耸建筑物易受雷击；

B. 排出导电尘埃的厂房及废气管道，容易落雷；

C. 屋顶为金属结构、地下埋有大量金属管道、内部存放大型金属设备的厂房，易受雷击；

D. 建筑群中，个别特别潮湿的建筑，如牛马棚、冰库等易遭雷击；

E. 尖屋顶及高耸建筑物，易受雷击。如水塔、烟囱、天窗、旗杆、消防梯；

F. 屋旁大树、接收天线、山区输电线，易受雷击。

毛主席说：“世界上的事情是复杂的，是由各方面的因素决定的。看问题要从各方面去看，不能只从单方面看。”在分析雷击的可能性时，一定不能单从一个因素考虑，而要对周围环境作全面的综合的分析。

3. 建筑物的雷击部位

(1) 不同屋顶坡度 (0° 、 15° 、 30° 、 45°) 建筑物的雷击部位, 见图 8-1。

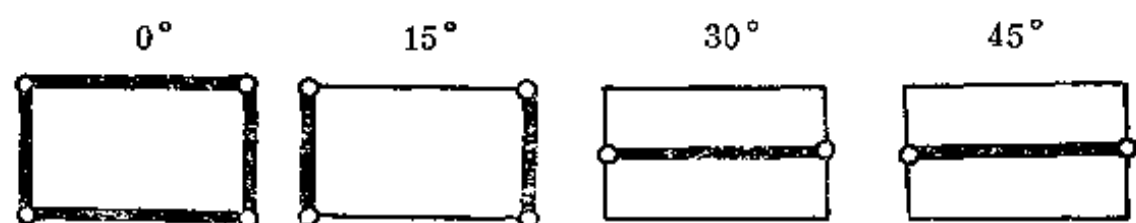


图8-1 不同屋顶坡度建筑物的雷击部位

○—雷击率最高部位, ———可能遭受雷击部位。

(2) 屋角与檐角的雷击率最高;

(3) 屋顶的坡度愈大, 屋脊的雷击率也愈大; 当坡度大于 40° 时, 屋檐一般不会再受雷击;

(4) 当屋面坡度小于 27° , 长度小于 30 米时, 雷击点多发生在山墙, 而屋脊和屋檐一般不再遭受雷击;

(5) 雷击屋面的几率甚少。

设计时, 可对易受雷击的部位, 进行重点保护。

4. 判断第三类建筑物要否防雷的基本原则

雷害调查表明: 房屋受直接雷击的甚少, 而因高电位引入引起雷害的却占很大比重。从这一事实出发, 今后应加强防止高电位引入, 而少考虑防止直击雷。

第三类建筑物要否装置防雷设施要从必要性和经济性来综合考虑。在我国现有条件下, 防雷装置不宜过多。判断的基本原则如下:

(1) 首先着重雷害调查——向当地贫下中农, 了解雷害事例及地点, 运用雷击规律对当地环境作综合的全面的分析, 如厂区不属雷害区, 则不考虑, 如是雷害区, 则要适当考虑。我们要遵照毛主席的教导: “到群众中作实际调查去!……只有这样才

[8-4]

能近于正确，才能抽出结论”。

(2) 看建筑物的重要性，合理掌握标准。

(3) 把雷电日和建筑物高度当作参考值之一——决定要不要防雷，应首先按(1)(2)来考虑，当经过努力，仍很难判断时，可把雷电日和建筑物高度作为参考。见表8-1。

表 8-1

分 区	年平均雷电日 x (天)	建筑物高度 h (米)	说 明
轻雷区	$x < 30$	$h > 24$	考虑防止直击雷
中雷区	$75 > x > 35$	平原 $h > 20$	
		山区 $h > 15$	
强雷区	$x > 80$	平原 $h > 16$	
		山区 $h > 12$	

注：山区或平原，应从相对的含义去理解（在山区中有“平原”，在平原中也有“山区”。）表中山区，是指当地山连山地形高差很大、土壤电阻率高、可耕地少。

二、防雷等级的划分

1. 第一类：凡在建筑物中存放爆炸物品，或经常发生瓦斯、蒸汽或尘埃与空气的混合物，因电火花而发生爆炸，致使房屋毁坏和人身死亡者。

(1) 凡在其中存放未包装或非金属包装的爆炸物，且存放量在爆炸时足以引起巨大破坏和人身死亡者属此类。

(2) 凡在其中制造、使用或保存炸药（如黑索金、特屈儿、三硝基甲苯、苦味酸、泰安、硝酸铵炸药等），无烟火药（单基、双基无烟火药），有烟火药（黑火药），起爆药、火工品（雷汞、氮化铅、雷管、火帽、引信等）及低沸点溶剂（乙醚、丙酮等）的房屋和结构物，均属此类。

2. 第二类：特征同第一类，但不致引起巨大破坏和人身死

亡者；或只当发生生产事故时，才有第一类的情况出现者，属第二类。具有重要政治意义的民用建筑物也属第二类。

属于这一类的有：

(1) 存放大量包装坚固的爆炸物的房屋；

(2) 贮藏易燃物用的金属密闭贮藏室。(如贮气器，金属制贮池，油槽车等)；

(3) 易燃液体的敞开贮槽，以及贮存大量易燃物品的房屋，因电火花而发生燃烧，能产生破坏作用者。(如生产和贮存赛璐珞制品的房屋、电影胶片仓库等)。

(4) 在建筑物中制造、使用和保存汽油、苯、甲苯、乙炔、硫化氢、水煤气、氨、乙醇、硫磺、有机颜料、虫胶漆及软木塞等房屋属第二类。

常遇到的建筑物有：乙炔站、煤气站、汽油库、电石库、氢氧站、氢气贮气缸、煤气贮气缸等。

(5) 具有政治上、经济上、文化艺术上有重大意义的建筑，(如大会堂、国际宾馆、大型体育馆、大百货公司、大城市火车站等)及国家高级领导人的办公居住房屋、属第二类。

3. 第三类：凡不属第一第二类的一般建筑物，而需要作防雷保护的、均属第三类。如：

(1) 冶金、金属加工、木材加工厂房、民用房屋、烟囱、水塔等；

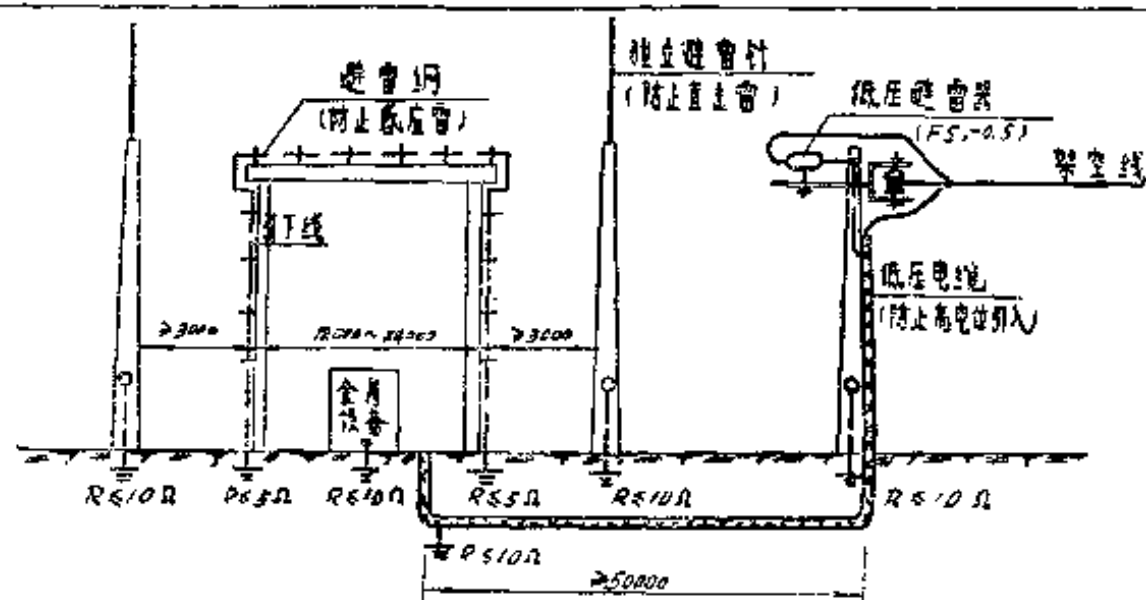
(2) 保存有小量金属包装的易燃物和爆炸物的房屋。

三、各类建筑物的防雷措施

表8-2 第一类建筑物的防雷措施

说 明	
防止直击雷	1. 低于15米的建筑物 (1) 用独立避雷针(线)保护, 接地电阻 $R \leq 10$ 欧。 (2) 引下线距墙面及接地装置距地下金属管道和电缆, 不小于3米。 2. 高于30米的建筑物 (1) 避雷针(带)可装在建筑物上, 接地电阻 $R \leq 5$ 欧。 (2) 建筑物的钢筋及室内金属设备, 均应彼此联接和接地。 (3) 避雷针应离开爆炸性管道5米, 并高出3米。
防止感应雷	1. 非金属屋面用明装避雷网保护。金属和钢筋混凝土屋面可直接接地作为防感应雷。 2. 接地电阻 $R \leq 5$ 欧。接地装置应沿建筑物四周环形敷设。 3. 室内一切金属设备和管道应接地。金属管道的出、入口处及每隔10~25米处; 距离小于0.5米的管道平行或交叉处(平行管道每隔10米用金属连接后接地); 管道各连接处(接头、阀门、三通等)应用导线跨接后接地。
防止高电位引入	1. 采用不小于50米电缆进线和低压避雷器保护时, 电缆两端及避雷器的接地电阻 $R \leq 10$ 欧。 2. 当采用架空进线时, 进户线电杆的接地电阻 $R \leq 10$ 欧。进线杆前500米内电杆每根均应接地, 接地电阻 $R \leq 20$ 欧。低压避雷器装在进线杆上, 接地电阻 $R \leq 10$ 欧。 3. 架空引入室内的金属管道, 在室外每隔25米接地一次, 入户处接地电阻 $R \leq 20$ 欧。
其他	1. 除防直击雷接地装置外, 其余均可联结在一起, 接地电阻应满足最小值的要求。 2. 接地电阻在1欧以下时, 可把防直击雷的接地装置和其它接地装置联结起来。

图 示

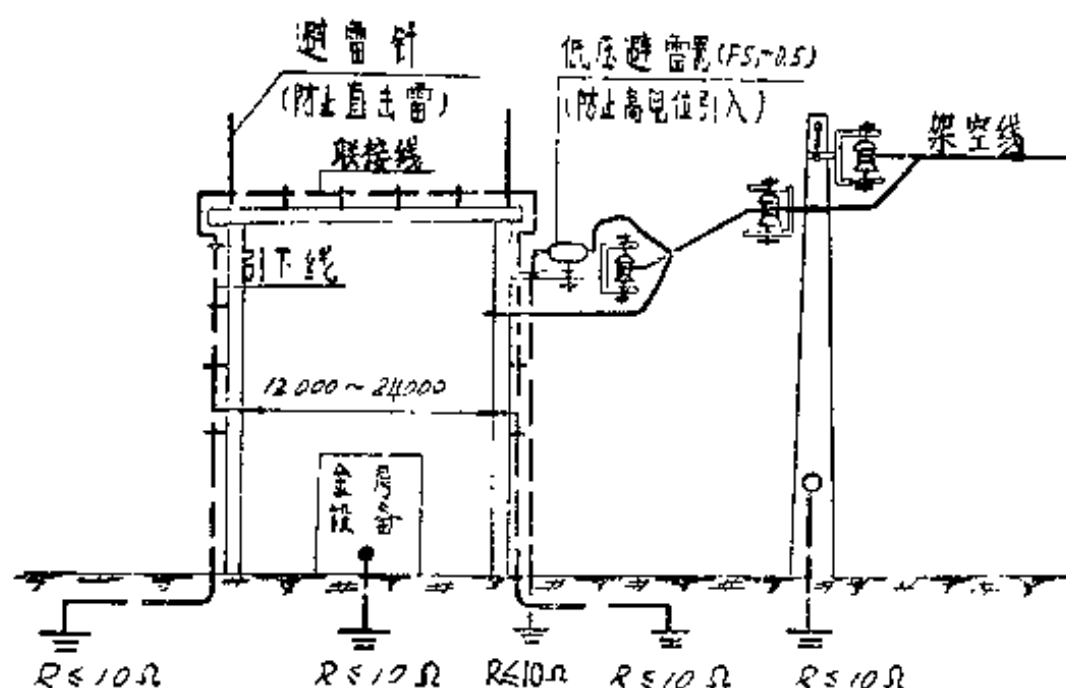


注: 本图示出的是建筑物低于15米、非金属屋面及电缆进线的作法。

表8-3 第二类建筑物的防雷措施

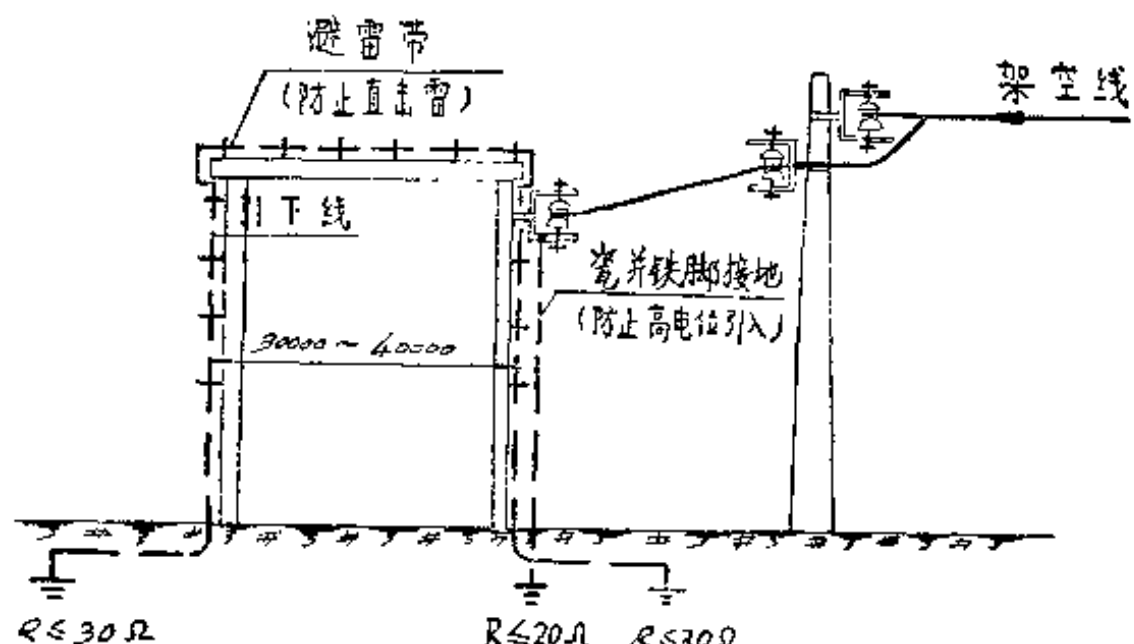
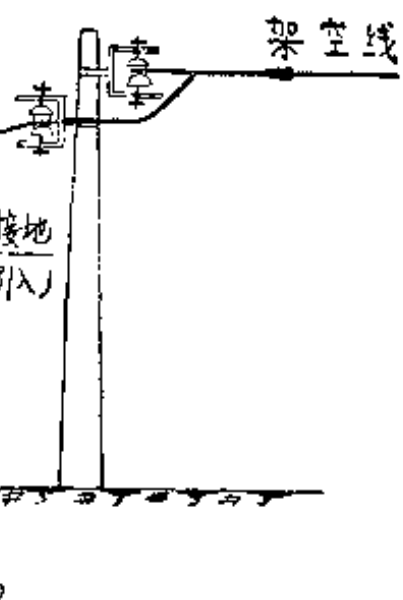
说	明
防止直击雷	1. 在建筑物上用避雷带和短针 (0.3~0.5米) 作混合保护, 或用避雷针保护。接地电阻 $R \leq 10\Omega$ 。 2. 如为金属屋面 (厚度不小于4毫米) 可作为雷电接闪装置。 3. 当为钢筋混凝土屋面时, 屋面内钢筋可作为暗装避雷网, 但在山墙、屋脊、屋角等凸出部位应作重点保护。 4. 金属管道 (厚度不小于3毫米)、金属容器及混凝土内钢筋可作为引下线。
防止感应雷	室内一切金属设备和管道应接地。 室内相距100毫米以下的平行或交叉金属管道 (每隔25米)、法兰盘、弯头等, 应用导线跨接后接地, 不允许有开口环路。
防止高电位引入	1. 采用电缆进线时, 同第一类。 2. 当采用架空进线时, 进户线电杆的接地电阻 $R \leq 10\Omega$ 、进户线杆前150米内电杆每根均应接地, 接地电阻 $R \leq 20\Omega$ 。低压避雷器装在入户墙上, 接地电阻 $R \leq 10\Omega$ 。 3. 引入室内的金属管道在入户处接地, 接地电阻 $R \leq 20\Omega$ 。
其他	所有接地装置允许联在一起。

图 示



注: 本图示出的是非金属屋面和架空进线的作法。

表8-4 第三类建筑物的防雷措施

	说	明
防止 直击 雷	1. 在建筑物最易遭受雷击的部位 (屋脊、屋角、山墙等), 装设避雷带或避雷针, 进行重点保护, 接地电阻 $R \leq 30\Omega$ 。 2. 如为钢筋混凝土屋面, 可利用其钢筋作为防雷装置。	
防止 高电 位引 入		在进户线墙上安装放电间隙或瓷瓶脚接地, 接地电阻 $R \leq 20\Omega$ 。允许和防直击雷的接地装置联接在一起。
	图	示
		

注: 本图示出的是非金属屋面的作法。

四、避雷针保护范围的计算

避雷针的保护范围, 以其对直击雷所保护到的空间来表示。

1. 顶端保护角为 37° 的折线保护范围——适用于山区。

(1) 计算公式见表 8-5;

(2) 计算图见图 8-2。(查图方法见表 8-7)

2. 顶端保护角为 45° 的折线保护范围——适用于平原。

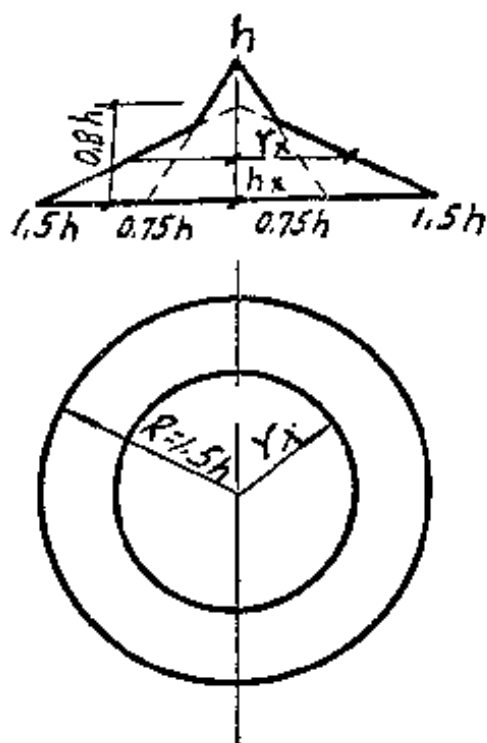
(1) 计算公式见表 8-6;

(2) 计算图见图 8-3。(查图方法见表 8-7)

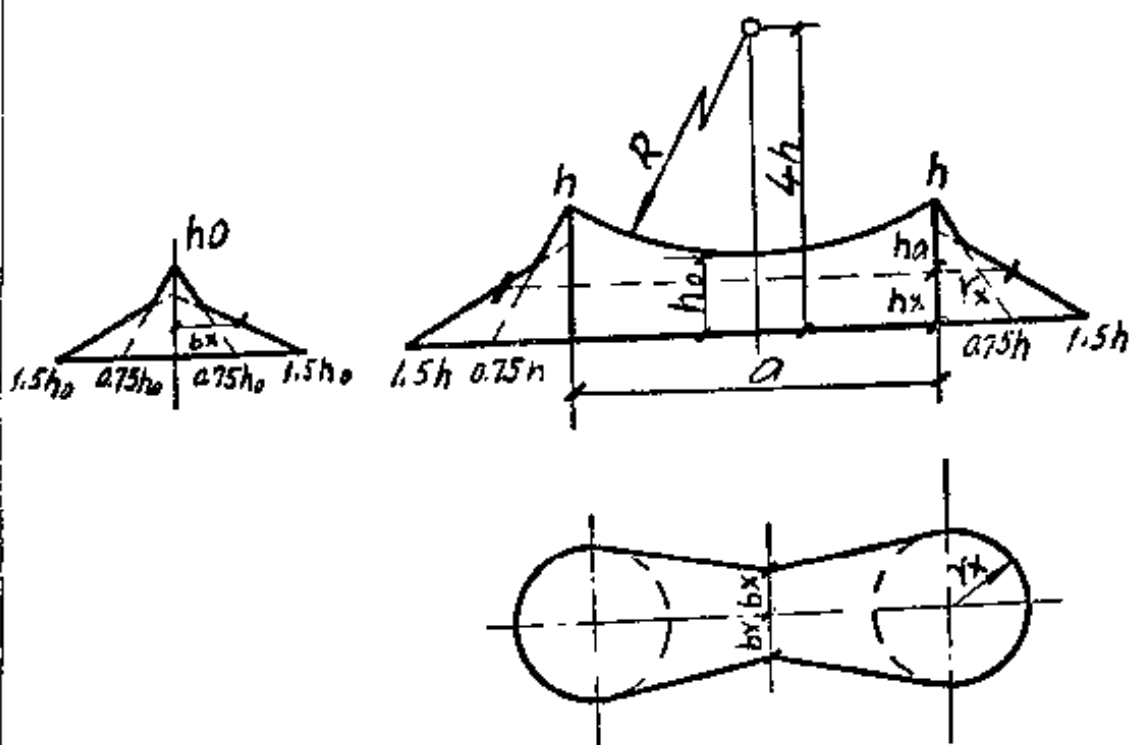
表8-5 顶端保护角为 37° 的

作 图

单
支
避
雷
针



双
支
避
雷
针



[8-10]

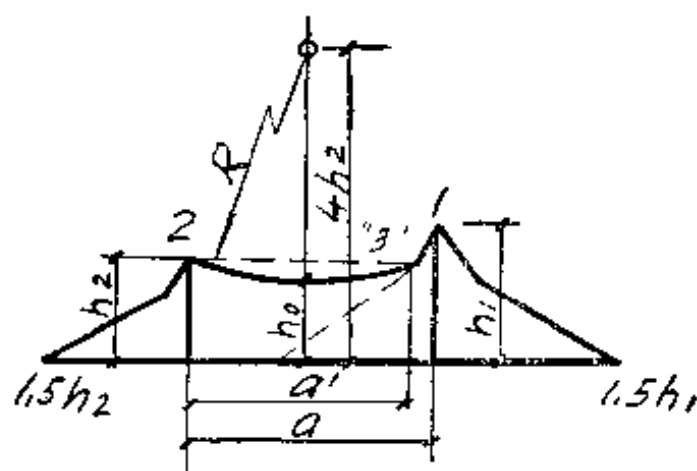
折线保护范围计算公式

计 算 公 式	文 字 符 号
当 $\frac{h_x}{r_x} \leq 2.67$ $h = 1.25h_x + 0.67r_x$ 当 $\frac{h_x}{r_x} \geq 2.67$ $h = h_x + 1.33r_x$	h_x—被保护物体高度 r_x—h_x高度平面上的保护半径 h—避雷针总高度 R—避雷针在地平面上的保护半径
1. $h_o = 4h - \sqrt{9h^2 + 0.25a^2}$ $h = 0.571h_o + \sqrt{0.184h_o^2 + 0.0357a^2}$ 2. 保护半径 r_x 当 $h_x \leq \frac{2}{3}h$, $r_x = 1.5(h - 1.25h_x)$ 当 $h_x \geq \frac{2}{3}h$, $r_x = 0.75(h - h_x)$ 3. 最小宽度 b_x 当 $h_x \leq \frac{2}{3}h_o$, $b_x = 1.5(h_o - 1.25h_x)$ 当 $h_x \geq \frac{2}{3}h_o$, $b_x = 0.75(h_o - h_x)$ 4. 针间距选取 $a = 15h_o \sim 20h_o$	a—两避雷针间距离 h_o—两避雷针之间保护范围的最低高度 b_x—以 h_o 为假想避雷针, h_x 高度平面上的保护半径 h_o—避雷针的有效高度 $h_a = h - h_x$

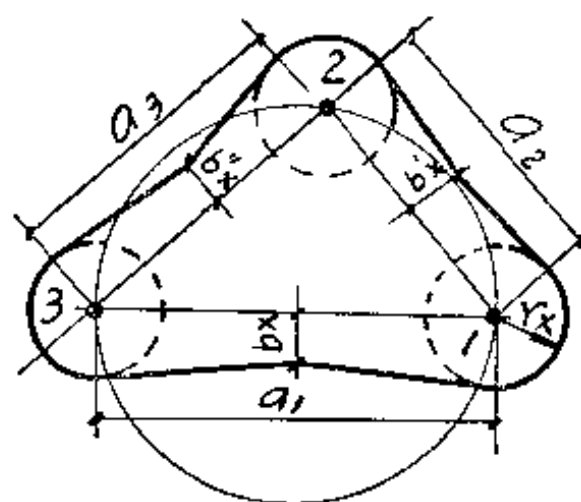
作

图

两支不等高避雷针



三、四支避雷针



续表8 5

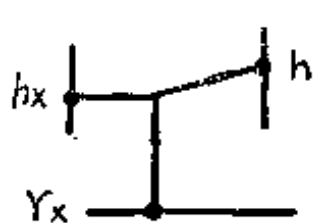
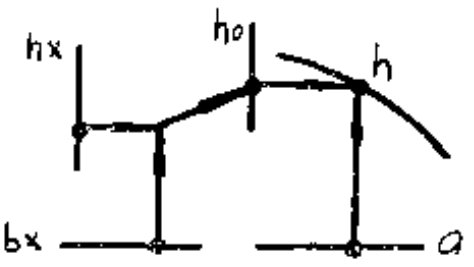
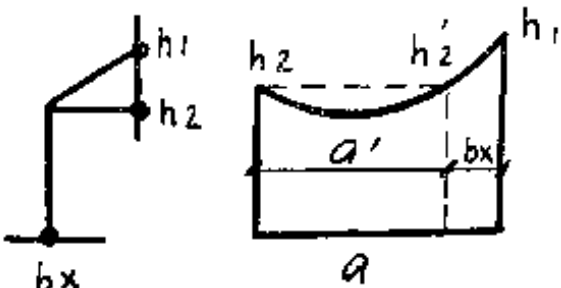
计 算 公 式	文 字 符 号
1. 作图: 先按单针方法, 作出针1的保护范围, 再经低针2作水平线与之交于点“3”, 取点“3”为假想避雷针的顶点, 此时即可按双针方法作出针2与针“3”的保护范围。 2. 计算同双针。	a'—假想避雷针“3”与较低避雷针2的距离 h_1—较高避雷针的总高度, h_2—较低避雷针的总高度
1. 计算同双针。 2. 三针或四针中间被保护物的高度 h_x, 不应超过双针保护范围的最低高度 h_0。 3. 如针距最大一侧的 $h_x \geq 0$, 则建筑物在 h_x 高度平面上全被保护。	

表8-6 顶端保护角为45°的折线保护范围计算公式

作	图	计 算 公 式	文 字 符 号
单 支 避 雷 针		当 $\frac{h_x}{r_x} \leq 1.5$ $h = 1.25h_x + 0.63r_x$ 当 $\frac{h_x}{r_x} \geq 1.5$ $h = h_x + r_x$	h_x—被保护物体高度 r_x—h_x高度平面上 的保护半径 h—避雷针总高度
双 支 避 雷 针		1. $h_0 = 0.625h - \sqrt{31.64h^2 + 0.25a^2}$ $h = 0.541h_0 + \sqrt{0.211h_0^2 + 0.0204a^2}$ 2. 保护半径: 当 $h_x \leq \frac{3}{5}h$, $r_x = 1.6(h - 1.25h_x)$ 当 $h_x \geq \frac{3}{5}h$, $r_x = h - h_x$ 3. 最小宽度 h_x 求法同 2, 但以 h_x 代替 r_x, 以 h_0 代替 h.	a—两避雷针间距 h_0—两避雷针之间 保护范围的最 低高度 h_x—以 h_0 为假想避 雷针, h_x 高度 上的保护半 径

不等高双针、三针、四针与表8-5作图相同。

表8-7 计算图8-2、8-3用法示例

从已知求未知	查图示意
单 (1) 已知 h_x、r_x; 求 h 针 (2) 已知 h、r_x; 求 h_x (3) 已知 h、h_x; 求 r_x	
(4) 已知 h_x、b_x、a; 求 h_o、h、h_a 如图查得 h_o、h, 则 $h_a = h - h_x$	
双 (5) 已知 h_x、h_o、h_a; 求 a 注意: 心算 $h = h_x + h_a$	
针 同(5), 若两针不等高 $h_1 \neq h_2$, 则先求出相应等高两针 ($h_2 = h'_2$) 的 a' 及 b_x $a = a' + b_x$	

例

题

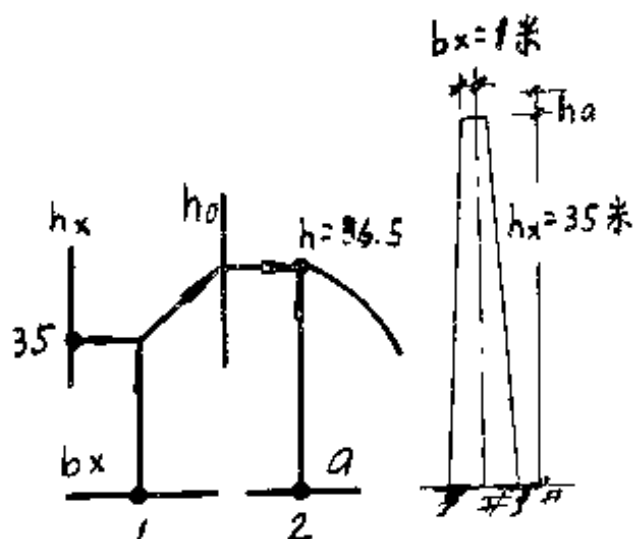
例1: 烟囱高35米, 上口外径2米, 拟在顶上装两根短针, 求针净高 h_a

解: $h_x = 35$ 、 $b_x = 1$ 、 $a = 2$ 。

查图8-2

$h_o = 36.4$ $h = 36.5$

$h_a = h - h_x = 1.5$ 米。



例2: 试按图示参数, 计算突针高度 h_a

解: 令 $a = 21$ 米, $b_x = 0.5$ 米、 $h_x = 30$ 米

查图8-2

$h_a = h - h_x = 31 - 30 = 1$ 米

查图8-3

$h_a = h - h_x = 30.6 - 30 = 0.6$ 米

