

民用建筑物防雷设计技术分析

⑧
44-48

孙俊贻
(重庆建筑大学建筑安装工程系 400045)

TU856
TM862

摘要 为了使民用建筑物防雷设计做到经济合理、技术安全可靠,本文从技术经济角度较全面地分析了建筑物防雷方案,指出了目前防雷设计中存在的问题,澄清了某些不切实际的产品宣传。文章还重点说明采用避雷带(网),利用结构钢筋作引下线、接地装置,这种笼式防雷是目前高层民用建筑首选的防雷方案。

关键词 建筑物防雷, 避雷带(网、针), 引下线, 接地装置, 笼式防雷

中图法分类号 P427.3

避雷针

民用建筑物的防雷设计主要从防直击雷、防止高电位侵入、防侧击雷和等电位连接三个方面考虑采用防雷措施。防雷系统主要有接闪器、引下线和接地装置三大部分组成。目前,我国新规范将民用建筑物按其重要性、使用性质、发生雷电事故的可能性及其后果不同分为三级。在进行建筑物防雷设计时,除按建筑物的防雷等级不同采取相应防雷措施外,还应考虑到建筑物自身的结构特点,以及建筑物所处的地理环境、气候条件和该地区雷电活动规律。因地制宜地确定安全可靠、经济合理、技术先进的防雷措施。在雷电活动频繁地区或强雷区还应考虑适当提高建筑物的防雷等级,以提高防雷可靠性。

应当指出,防雷技术二百多年的应用及其装置运行结果表明,由于雷电活动并非按固定的规律进行,存在偶然性,是一个复杂的过程,因此尽管采取了各种各样的防雷措施,也并不能保证建筑物绝对安全,采取这些措施主要是为了尽量减小或防止雷害损失。所以,在进行民用建筑物防雷设计时,设计人员应对防雷措施的技术经济性予以充分重视。这正是本文的主要指导思想,就这一问题,下文将具体分析建筑物防雷系统的各个部分。

1 接闪器的防雷效果和布置

目前防雷系统中接闪器的主要形式有避雷带(网)、避雷针(环)以及可利用的金属屋面或屋面金属物,接闪器可以是以上形式之一或任意组合而成。其形式的选择主要考虑适用,经济和美观的原则,不同防

表 1

建筑物防雷级别	滚球半径 h_r (m)	避雷网尺寸 (m)
一级防雷建筑物	30	10×10
二级防雷建筑物	45	15×15
三级防雷建筑物	60	20×20





雷等级的建筑物其接闪器的布置应符合表1的要求。表1中滚球半径 h_r ,主要用于计算避雷

收稿日期:1997-01-27

孙俊贻,男,1961年生,讲师

针的保护范围。此外,接闪器还应根据雷击建筑物部位的规律(见表2)进行布置,这样布置出现的绕击率最小。

表2 建筑物易受雷击部位示意图

建筑物屋面坡度	平屋面	坡度 $\leq 1/10$ 的屋面	$1/10 <$ 坡度 $< 1/2$ 的屋面	坡度 $\geq 1/2$ 的屋面
易受雷击部位	檐角、女儿墙、屋檐	檐角、女儿墙、屋檐	檐角、屋角、屋檐、屋脊	檐角、屋角、屋脊
示意图				

注:——易受雷击部位; - - -不易受雷击部位; ·雷击率最高部位。

1.1 避雷带(网)的防雷效果和作用

根据中国科学院电工研究所与北京市建筑设计院联合对十个模型几万次的放电试验结果,以及《国际防雷技术指南》等有关资料介绍的世界有关国家的理论分析、模型试验及实际运行结果表明,民用建筑物采用在屋角、屋脊、女儿墙或檐上及突出屋面的物体顶部四周装设避雷带,在屋面上装设避雷网(应符合表1要求),作为防直击雷的接闪器是比较安全可靠的。德国、瑞士等国家的建筑物防雷大多以避雷带(网)为主。我国在50年代以后,各地区高层民用建筑多半采用避雷带(网)作为重点保护方式。六十年代英国哥鲁德(R. H. Golde)等人提出雷击距离的理论,肯定了避雷带(网)的优点,证明了这两种接闪器对强雷、弱雷、侧击雷都能起到接闪作用,其保护效率高。此外,由于避雷带和避雷网很容易与现代钢筋混凝土建筑结构相结合,协调了建筑艺术形式,再加之其经济性,因此被国内外公认是一种较好的防雷方法,我国新修订的建筑物防雷设计规范中明确提出,在布置接闪器时,应优先采用避雷带和避雷网。

我国目前高层民用建筑塔楼部分,屋面的建筑面积大约有1000~1500 m²左右,按一级防雷建筑考虑,一栋大楼采用避雷带(网)作为防直击雷的接闪器,大约需要380 m 40×4的扁钢,按95定额,材料费大约折合人民币1700元,考虑到土建施工,一次总费用大约为人民币2900元。因此,采用避雷带(网)作为接闪器是一种较为经济的防雷措施。

应当指出,对于塔楼带裙房的建筑物,塔楼屋面采用避雷带(网)作为保护方式,那么裙房屋面是否还要采取保护,要根据建筑物结构特点和建筑物防雷等级不同来确定。对这个问题,有些设计人员并未认真加以考虑,而是统统采取保护的办,还有些设计人员根据建筑物结构特征,采用保护角的概念来决定是否对裙房屋面采取保护。前一种方法显然是缺少科学的态度,后一种做法错在采用了保护角的概念(关于这一错误将在后面进一步阐述)。正确的处理方法是,按表1中不同防雷等级建筑物的滚球半径 h_r 大小,以及建筑物塔楼高度 h 的大小,计算出在裙房高度 h_c 平面上的保护半径 r_c 大小。当 $h \leq h_r$ 时,计算公式为 $r_c = \sqrt{h(2h_r - h)} - \sqrt{h_c(2h_r - h_c)}$;当 $h > h_r$ 时,在裙房上采用避雷带(网)作保护。

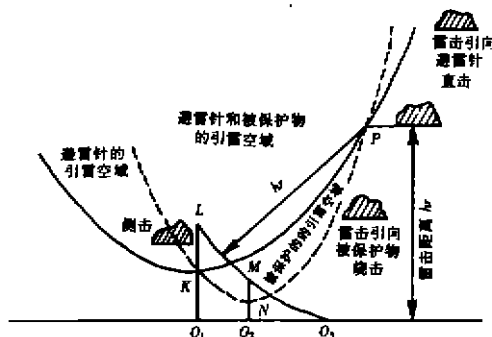
1.2 避雷针的防雷效果和作用

近百年来,英、美、日及前苏联等国的建筑物防雷大多以避雷针为主,我国五十年代以前也大多如此。避雷针作为一种传统的避雷方式,大约已有近二百年的历史,它比较适用于保护较低矮的建筑物,例如大屋顶结构的古建筑在房角处装设短针防雷效果较好,也不影响美

观。此外,避雷针尤其适用于要求防雷导线与建筑内各种金属管线隔离的场合。实践证明,在一些场合采用避雷针作接闪器是行之有效的,而认为避雷针引雷会增加落地雷的概率及避雷针的侧击、绕击现象会使之保护失效的观点是错误或片面的。

应当指出,避雷针的保护范围不应该再采用保护角的概念,至今有些设计人员仍采用这一提法,这是不准确的,因为保护角忽略了雷击距离对避雷针保护范围的影响,而造成这一问题的主要原因是避雷针保护范围计算方法的不同。我国旧设计规范是采用折线法计算避雷针的保护范围,新的设计规范已采用了国际电工协会的滚球法确定避雷针的保护范围。

滚球法理论是以放电电路几何距离的长短作为避雷针保护范围的判据。如附图所示,图中 O_1, L 为避雷针, k 为针高的中点; O_2, M 为被保护物, N 为其高度的中点。假定雷电先驱高 h_r , 它位于 P 点, \widehat{PK} 为避雷针的引雷分界线, \widehat{PN} 为被保护物的引雷分界线, 因此距地面高度 h_r 以上的雷电将被引向避雷针, 被保护物得到保护。这种情况雷电流的幅值较大, 因而雷击距离大。但当雷电流较小时, 雷云则可能飘到避雷针的中上部才被避雷针吸引, 因此雷电击在避雷针的中上部 ($K-L$) 段, 这种现象称为侧击。另外, 当雷电从低于 h_r 的右侧袭来时, 则进入被保护物的引雷上空, 这时避雷针失去保护作用, 这种现象称为绕击。所以, 以 P 点为圆心, 以 h_r 为半径作圆, 此圆从避雷针顶 L , 经被保护物顶 M , 到地面 O_3 点, 它以下部分为雷击距离 h_r 的避雷针的保护范围, 这就是滚球法的基本原理。侧击现象有可能发生在滚球法非保护区、一定高度以上的建筑物接地导体上, 表 1 中给出了不同防雷等级建筑物的滚球半径 h_r 。



附图

一般来讲,滚球法理论和保护效果比折线法严谨和完善,应用起来也比较形象化。折线法是假定雷电距离为避雷针高的 5~10 倍情况下,经放电实验统计得出的,所以折线法规定的保护范围用于高度超过 60 m 的建筑物避雷时,没有滚球法严格。通常滚球法求出的保护范围较折线法小,只有在低于 20 m 高的建筑物上,两种计算方法相接近。

1.3 关于一些不真实的产品宣传

在避雷针发明之初,人们曾以为避雷针能在雷云下放电而起到消雷作用,长期以来一直都有人在作这方面的努力,希望发明一种消雷器,以使让人恐惧的雷电安静下来。但实际观测和实验结果一再表明,避雷针只能是引雷的,就连目前市场上推销的少长针半导体消雷装置,实际测试的结果仍是引雷的。

但近来市场上仍有一些消雷装置的生产厂家,对自己的产品过份地宣传,而其性能有些并无多大实际应用价值,设计人员应认真加以分析。例如“某消雷装置能 100% 消灭由地面向上发展的雷电”。据国外有关资料报道,高度超过 150 m 的建筑物可能引发上行雷,而在普通建筑物上发生的雷击大都是下行雷。就我国目前的民用建筑现状,100 m 以上的超高层建筑占少数,更何况 150 m 以上,因此这一性能在大多数民用建筑中无多大用途。其次,产品宣传中强调以上功能,以及消雷装置的消雷作用可使总雷击次数降低 75% 左右,这种提法

是无说服力的,因为消雷装置本身的消雷作用并未得到充分证实,此外“高层建筑向上雷电约占总雷击次数的50%以上”的说法也不严格。至于利用半导体电阻限制雷击的主放电电流,使其减弱99.9%(将100 kA降至100 A),这对减小雷击二次效应的危害是有利的。通常来讲,可以考虑利用半导体的非线性特点减小雷电流的陡度,因为雷电的破坏作用主要是由其波头产生的。雷电流的陡度越大,波幅越大,其破坏性也就越大,从这一点考虑,利用半导体的非线性特点是有道理的。但在多雷区,使整个雷击主放电电流减小,是否会影响到避雷器的防雷作用,还有待进一步测试论证。另外,这一产品每套的价格为4.5~6.5万元,与避雷带(网、针)相比,价格过高。因此,设计人员在选用时应认真分析其价格性能比。笔者认为,在普通的民用建筑中,无特殊要求时,没有必要采用这些消雷装置。

2 防雷引下线的设置

引下线的设计主要考虑引下线的数量(或间距)及其布置两方面问题。

2.1 引下线的数量

引下线主要是用来疏散雷电放电电流,流过每根引下线的放电电流越小,造成反击电压的危险性就越小,因此,通常在布置引下线的间距时,一级防雷建筑物不应大于18 m,二级不大于20 m,三级不大于25 m。如果布置时受引下线间距要求的限制,应适当考虑多布置几根引下线,使其间距小些,从而使每根引下线的雷电流减小。

2.2 引下线的布置及选用

在布置引下线时,应优先布置在建筑外廊的各个角上,因为这些部位是最易受到雷击的。此外,对于框架结构的高层民用建筑,引下线应优先采用建筑物结构柱筋,因为对框架结构来讲,梁和柱内的钢筋自身连成一体(尤其是现浇施工的建筑),这样建筑物就自然形成了一个法拉第笼(我们称之为笼式避雷网),这种笼式避雷网比独立避雷针有较大的固有电容,此外,雷电流分布较为均匀,雷击时产生的电位差显著减低,这对室内电位平衡和防止侧击都有良好的作用。若引下线再与各楼屋的等电位联结母线相连,可使室内反击电压大大减小。

引下线与屋顶接闪器和防侧击的接闪环均要连接成网。对框架结构的建筑无须专门设置防侧击的接闪环,因为建筑物的圈梁钢筋每层与引下线是连结成网的。对高层建筑来讲,为防止侧击雷,高度超过30 m以上的外墙所有金属物均应直接或间接与引下线连接,建筑物内各种竖向金属管线每三层与圈梁连接一次。对于无组合柱和圈梁的建筑,应在每层建筑外墙内设置均压环(均压环采用 $\Phi 12$ 的镀锌圆钢),均压环每层与专设引下线连接,建筑物内各种竖向管道每三层与均压环连接一次。对框架结构的建筑物,为方便增设人工接地体和设置减小跨步电压的均压措施,引下线下部在室外地坪下0.8~1 m处焊出一根 40×4 的镀锌扁钢,并伸向外墙皮1 m以外。引下线应满足JGJ/T 16-92-12-8要求。

需要注意的是,有些设计人员未搞清“断接卡”的做法,设计时要求利用柱筋作引下线的建筑做“断接卡”,这显然是错误的,混淆了明、暗引下线的做法。暗装引下线禁止断开。

3 接地装置的选择和布置

接地装置通常由接地体和接地线组成。接地体有人工接地体和自然接地体,人工接地体可以垂直埋设,也可以水平埋设(例如条形基础的建筑物可以考虑采用水平埋设接地体的办法)。民用建筑中大多数都可以考虑采用建筑物基础梁中的钢筋作为自然接地体,同时沿建筑物四周利用土建施工的基础沟槽,埋设周围式水平接地体,埋设深度为地坪下 0.8~1m,并与引下线在此深度的外引扁钢相焊接。实践证明,这样选择和布置接地装置,既能满足接地电阻值的要求,减小跨步电压,同时便于各种入户金属管线与周围式水平接地体相连,并节约工程工作量。当条件具备时,应优选这种方案。但应注意,有些设计人员在利用基础内钢筋作接地体时,忽略了规范对周围土壤含水量不低于 4% 的要求,甚至基础位于岩石上也照此利用,这是错误的。另外,若采用人工接地体,应注意接地体间的距离一般为 5 m,当受地方限制时,可适当减小,但一般不应小于接地体的长度(一般为 2.5 m)。

4 结 论

民用建筑物防雷设计应充分重视其技术经济性。对传统避雷针(带、网)的防雷性能无容置疑。设计时只要认真分析,采用合理的接闪、分流、均压、屏蔽、接地等措施,就能做到安全防雷。

参 考 文 献

- 1 民用建筑电气设计规范 .JGJ/T16-92,1993
- 2 谢水茂.工业与民用供电(下册).重庆建筑工程学院,1983
- 3 陈一才.高层建筑电气设计手册.北京:中国建筑工业出版社,1990

Technical Analysis of Thunder Prevention Design for Civil Buildings

Sun Junyi

(Department of Construction Machinery Installation Engineering, Chongqing Jianzhu University 400045)

Abstract In order to make the thunder prevention design of civil buildings be more rational, economical, safe and reliable, the paper analyzes completely the plans of the thunder prevention of civil buildings from the points of view of technique & economy, points out some mistakes about the designs of the thunder prevention at present and gives out the distrust about the propagation of some products. The paper focuses on expounding the method of "chest - thunder prevention", thunder prevention belt (net) and using reinforcing bars in reinforced concrete as the ground connection wires and the earthing equipment. The chest - thunder prevention is the first choice in the highrise civil buildings up till now.

Key Words thunder prevention of civil building, thunder prevention belt (net, needle), ground connection wire, earthing equipment, chest - thunder prevention

(编辑:袁 江)