

防雷设计审核探索

倪林 吴刚 编

气象出版社

防雷设计审核探索

倪 林 吴 刚 编

气象出版社

图书在版编目(CIP)数据

防雷设计审核探索/倪林,吴刚编. —北京:气象出版社,2005.3
ISBN 7-5029-3932-6

I. 防… II. ①倪… ②吴… III. 防雷-设计 IV. P427.32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 017197 号

气象出版社出版

(北京中关村南大街 46 号 邮编:100081)

总编室:010—68407112 发行部:010—62175925

网址:<http://cmp.cma.gov.cn> E-mail:qxcbs@263.net

责任编辑:都 平 终审:陶国庆

封面设计:王 伟 责任技编:都 平 责任校对:时 人

*

北京智力达印刷有限公司印刷

气象出版社发行 全国各地新华书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:4 字数:88 千字

2005 年 3 月第一版 2005 年 3 月第一次印刷

印数:1—2400 定价:15.00 元

本书如存在文字不清 漏印以及缺页 倒页 脱页等,请与本社发行部联系调换

前 言

《中华人民共和国气象法》颁布实施以来,全国各地积极开展防雷减灾工作,各地气象部门依法介入了新建项目防雷工程的管理。由于防雷是一门新兴的边缘科学,内容涉及气象、建筑、计算机、通讯、电气等诸多领域,而现在的防雷技术人员大都是从气象岗位转岗而来,因此,很多知识需要从头学,防雷工作也缺少经验,业务水平亟待提高。鉴于此,作者根据几年来防雷工作的经验和对一些问题的思考,对防雷设计审核的一般原则和思维方法,对建筑物防雷设计审核和易燃易爆场所防雷设计审核进行了较为系统的探讨。

本书在编写过程中得到了重庆市气象局法规处、重庆市防雷中心、重庆市沙坪坝区气象局、重庆市沙坪坝区防雷安全工作委员会办公室的大力支持,重庆市沙坪坝区防雷中心提供了大量防雷工程设计审核资料。本书由倪林同志编写第一章和第二章,吴刚同志编写第三章,最后由倪林同志统稿。

由于作者水平有限,时间仓促,不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

作者

2004年7月

目 录

第一章 防雷设计审核的原则和思维方法.....	(1)
第一节 防雷设计审核的原则.....	(1)
第二节 防雷设计审核的思维方法.....	(2)
第二章 建筑物防雷设计审核.....	(3)
第一节 建筑物防雷设计审核程序.....	(3)
第二节 建筑物防雷初步设计审核.....	(4)
第三节 多层建筑防雷设计审核.....	(6)
第四节 高层建筑防雷设计审核.....	(8)
第五节 智能建筑防雷设计审核	(11)
第三章 易燃易爆场所防雷设计审核	(15)
第一节 概述	(15)
第二节 汽车加油站防雷设计审核	(17)
第三节 汽车加气站防雷设计审核	(18)
第四节 油库防雷设计审核	(19)
第五节 储存易燃易爆物品仓库防雷设计审核	(21)
第六节 易燃易爆品生产车间防雷设计审核	(22)
第七节 易燃易爆场所防雷设计审核方法	(24)
参考文献	(27)

第一章 防雷设计审核的原则和思维方法

第一节 防雷设计审核的原则

雷电防护的对象是建筑物、设备和人。要对这三者实施有效的雷电防护,其防雷措施必须是科学合理、可靠有效的,同时又要根据保护对象的重要性和经济水平,做到用最小的耗费,实现最大的安全保证。因此,对防雷设计的审核必须坚持以下原则。

一、科学性原则

雷电防护必须符合防雷科学的理论,尽可能地反映最新的科技成果。防雷规范是防雷科学理论的具体化,是长期防雷经验的结晶,必须严格遵守。雷电的规律,是一种概率统计的规律,其随机性很大,中国地域广阔,各地情况差别很大,考虑到这一情况,规范在条款中也含有灵活性,另外,规范也总是滞后于科技的发展。

因此防雷设计审核要以国家防雷规范为准绳,检查其设计是否全面、严格地执行了国家防雷规范,同时还要检查其设计是否因地制宜地采取了防雷措施,以及其防雷措施是否有科学依据。

二、可靠性原则

防雷装置,无论是外部防雷装置,还是内部防雷装置,都必须具有可靠性。可靠性有两层含义,其一是防雷装置能够起到防雷的作用。作者曾多次发现,某些开发商忽视安全工作,片面追求经济效益,所安装的 SPD(电涌保护器)质量低劣,防护等级明显偏小,其 SPD 形同虚设。其二是防雷装置必须经久耐用,牢固可靠。特别是高层建筑遭受直击雷的概率较大,这就要求其接闪、分流、传导、入地的效果良好,同时高层建筑遭受雷击电磁脉冲袭击的概率也较大,其内部防雷措施也必须完善有效,如此才能确保设备安全和设备运行安全。

三、经济性原则

根据现代科学技术条件,可以做到对某一防雷保护对象进行绝对保护,万无一失。但是从保护对象的价值与达到绝对保护所发生的物质耗费相比较来看,是否值得?另一方面,人们对雷电的认识是一种概率性的认识,在自然界中超过 200kA 的雷电仅占全部雷电数的 1%左右,为了防这 1%的雷电,耗费巨大物力、财力是否经济?因此防雷方案是在绝对保护与耗费之间的一种折衷方案。就是说,用最小的花费来实现一定的防雷目标及要求。根据国际电工委员会(IEC)标准,如果按第一类防雷建筑物设计,防雷系统的效率可以达到 95%;按第二类防雷建筑物设计,防雷系统的效率可以达到 90%;按第三类防雷建筑物设计,防雷系统的效率可以

达到 80%。因此,防雷保护方案是不同保护级别的方案。防雷设计审核就要依据现实的经济水平和发展水平和具体单位的经济条件,检查为达到某一级别防雷保护要求,其防雷设计方案是否为最节省的方案。

第二节 防雷设计审核的思维方法

雷电防护是一个系统工程,因此我们要用系统论的思维方法来审视其防雷设计。

任何系统都具有目的性,都是为了达到一定的目的在运转,从而有效发挥出它的功能。防雷设计审核,要根据被保护对象的实际情况和环境条件,来确定它防雷保护的目的,并在审核过程中牢牢地把握住这个目的。例如:建筑物内是否有敏感的电子设备或易燃易爆物品,根据雷击规律、雷电参数、地理位置、环境条件来确定外部防雷保护的等级以达到防雷保护的目的。

防雷系统是由接闪、分流、等电位、限压、屏蔽、布线和接地七项要素有机地组成的一个整体。我们在防雷设计审核中,应从整体功能的高度来审视整个防雷设计,片面地强调某一方面或忽视某一方面都是不正确的。

系统论认为结构决定功能。系统结构合理,系统会产生整体功能大于各元素功能之和的功效。防雷系统的各个要素要有机组合、协调配合,不追求各个元素最佳,而努力追求组织结构的最佳,这样才能使防雷系统达到总体功能最佳。防雷设计审核时还应注意现代建筑物大量采用钢结构和钢筋混凝土结构,这些建筑物体积高大,本身引雷能力强,而且具有较强的耐雷击能力和泄流能力,因此建筑物防雷设计应把防雷诸要素与建筑物的结构有机结合起来,尽可能把建筑物的结构钢筋融入防雷结构体系中去,充分发挥结构钢筋的防雷作用,进而发挥出防雷系统最佳的防雷功能。

系统具有层次性,防雷系统也是如此。可以根据建筑物内保护对象的不同,而采取相应的防雷措施将防雷系统分成不同的层次。这种层次恰又与 IEC 防雷标准防雷保护区的划分相对应,因此应根据不同防雷保护区的雷击电磁脉冲(LEMP)特征和设备的敏感性来确定不同的保护措施。层次之间的联系体现在不同防雷保护区的界面上,通过界面转换使不同层次联系起来,这就要求我们注意各个界面处内外系统诸因素的相互关系,根据这种关系在各个界面处采取相应的防雷保护措施。

系统的功能取决于系统的结构,系统的结构又取决于系统的联系。联系是物质世界的根本属性,联系具有普遍性、多样性和条件性。防雷系统的联系主要表现在三个方面:要素之间的联系;层次之间的联系;系统与外部环境的联系。要素之间的联系多种多样,如接闪与等电位、限压、屏蔽、布线的联系等。层次之间的联系主要表现为各防雷保护区界面处的金属导体等电位连接和依据一定的条件装设过电压保护器。防雷系统与环境的联系则应考虑保护对象在社会经济中的重要性,保护对象所处的地理位置、气候背景、雷电参数,以及雷电对建筑物及其内部设备的作用途径等等因素。防雷系统与外部环境的联系要求我们要将整个防雷系统放在同外部环境的相互作用中去考虑和处理。

总之,防雷设计审核,要从系统思维方法的目的性、整体性、结构性、层次性、联系性等基本要求出发,分析、审视整个防雷体系,使其实现最优化。

第二章 建筑物防雷设计审核

第一节 建筑物防雷设计审核程序

为了提高建筑物防雷设计审核的正确率,使建筑物防雷设计更加科学合理,建筑物防雷设计审核应当具有科学的程序。

建筑物防雷设计审核的程序是:

1. 查看经济技术指标,了解建筑的性质、用途、幢数、层数、高度、总投资、总建筑面积、建筑密度等情况;查看地形图和总平面图,了解建筑物的地理位置、环境情况(必要时还应到现场了解)和建筑物的布置情况;查看综合管网图,了解管网的分布、各种管道的间距、管网与建筑物如何衔接等情况。

2. 查看建筑图和结构图,把握整幢建筑物或者小区的建筑和结构概况和功能分区、房间的用途,以及诸如基础、裙楼、转换层、标准层、屋顶等重要部位的详细情况。由于现代建筑越来越追求屋顶和外立面造型的丰富和变化,因此应认真分析了解和掌握它们的情况,以便科学设置防雷装置和引下线。

3. 检查防雷设计引用规范是否正确。根据建筑物的性质和重要性,发生雷灾后果的严重性,建筑物的地理位置、建筑高度,雷电日数、雷电活动规律和年预计雷击次数等确定建筑物的防雷类别;根据功能分区、房间用途、设备的性质和重要程度、设备的位置等确定内部防雷的层次,保护级数。

4. 阅读全套电气图,了解设备情况,了解强电设计情况、弱电设计情况。由于现代建筑越来越向智能化发展,其弱电设计的内容也越来越多,因此,对弱电设计应给予足够的重视。

5. 阅读电气设计总说明和防雷设计图说明。把握防雷设计总的情况和设计图上未表达出来的补充情况。

6. 审核防雷设计图。防雷设计图包括屋顶防雷平面图、基础接地平面图、均压环设计图、等电位连接图、转换层防雷平面图、幕墙防雷接地设计图。前两种防雷设计图较常见,后几种防雷设计图不常见。防雷设计图一般只包含防直击雷措施,其他防雷及安全措施散见在防雷设计说明中和其他电气设计图中。因此,外部防雷措施主要根据防雷类别及相关技术规定直接对防雷设计图进行审核,审核屋顶防雷平面图应结合屋顶平面图和建筑立面图进行思考,审核接地平面图应结合基础平面图进行思考;内部防雷措施主要根据设备的重要性及所处位置,雷击电磁脉冲影响通道,防雷分区,保护级数及相关技术规定进行综合分析、判断来审核。总之,审核时应运用系统思维方法对整个防雷设计进行全面思考,力求使整个防雷设计方案实现最优。

7. 写出审核结论。注意审核结论应具体、明确,具有针对性和可操作性。提出的审核意见要有根据。

第二节 建筑物防雷初步设计审核

建设项目的建设程序一般是:立项、选址、方案设计、初步设计、施工图设计、组织施工、主体验收、竣工验收、综合验收。根据《建筑工程设计文件编制深度的规定》(2003 年版),在不同的设计阶段,其设计表达的深度要求不同。

一般在方案设计阶段,防雷设计只给出建筑物的防雷类别和综合接地电阻的阻值。

初步设计阶段,防雷设计一般不绘图,只给出文字说明,文字说明应包括以下几个方面:

1. 防雷类别;
2. 接闪器的形式、接闪器的布置以及材料规格;
3. 采取引下线的措施,是利用柱筋或是人工敷设,以及材料规格;
4. 接地装置的措施,是利用桩基、地梁等自然钢筋还是人工敷设,材料规格以及接地电阻值;
5. 高层建筑须说明采取的均压和防侧击雷措施;
6. 防雷电波入侵和等电位措施。

施工图设计阶段,防雷设计文件主要以图纸表示,文字说明作为图纸的补充。一般建筑绘出屋顶防雷平面图和接地平面图;简单小型建筑可将屋顶防雷平面图和接地平面图组合在一起,绘出一张俯视图;大型复杂建筑根据需要绘出其他防雷设计图。设计说明主要包括,图纸表达不出来或表达不清楚或施工时需要遵守、注意的内容。

例:重庆大学主教学楼防雷初步设计文件。

本工程为二类防雷建筑物。

1. 接闪器——避雷带

采用 $25\text{mm} \times 4\text{mm}$ 热镀锌扁钢作为避雷带。

2. 引下线

利用结构柱头外侧主筋 2 根不小于 $\phi 20\text{mm}$ 钢筋作为引下线,该二根主筋连接需用焊接,上端与避雷带连通,下端与接地极连通。

3. 接地极

利用大楼基础桩基及承台内主钢筋作为接地极,接地电阻不大于 1Ω 。

4. 防侧击雷和等电位措施

建筑物内钢结构件和混凝土内钢筋应相互连通,并与引下线连通。利用建筑物每层外轮廓圈梁内 2 根不小于 $\phi 20\text{mm}$ 钢筋焊接成封闭环组成均压环,并与引下线连通。

应将 30m 及以上各层外墙上的金属栏杆、金属门窗等较大的金属物体与均压环连通。

建筑物屋面层顶板内钢筋焊成不大于 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 或 $12\text{m} \times 8\text{m}$ 网格,并与引下线连通。

应将进出建筑物的各种金属管道与接地系统连通。

5. 变电站及其以下向重要设备或电子设备配电的配电箱内均设电涌保护器,进行过电压保护。

6. 弱电设备防雷电感应和雷电波入侵防护措施

(1) 屋顶所有弱电设备金属支架、外壳均应作等电位接地处理。

(2)室内所有弱电设备金属外壳应作等电位连接。

(3)防雷接地、电气接地、屏蔽接地和工作接地应采用共地连接,形成等电位网。

(4)信号系统的防雷:计算机网络、监控系统等电子机房内的精密设备、计算机系统等,在其信号进线端口和信号线外引端口应设置电涌保护器。即在数字数据网(DDN)、综合业务数字网(ISDN)、直线电话、中继线、监控信号输入端、集线器(HVB)口安装相应的信号电涌保护器。

根据重庆大学主教学楼位于嘉陵江边一个山崖上,重庆市平均年雷暴日数为 40d,当地的雷电活动规律,塔楼电梯机房顶距地高度 122m 等情况,计算建筑物年预计雷击次数 N

$$N = \kappa N_g A_e$$

式中 N 为建筑物预计雷击次数(次/a)。 κ 为校正系数,在一般情况下取 1。在下列情况下取相应数值:位于旷野孤立的建筑物取 2;金属屋面的砖木结构建筑物取 1.7;位于河边、湖边、山坡下或山地中土壤电阻率较小处、地下水露头处、土山顶部、山谷风口等处的建筑物,以及特别潮湿的建筑物取 1.5。根据重庆大学主教学楼的地理情况, κ 取 1.5。 N_g 为建筑物所处地区雷击大地的年平均密度[次/(km²·a)]

$$N_g = 0.024 T_d^{1.3}$$

式中 T_d 为年平均雷暴日数(d/a)。经计算重庆地区 $N_g = 2.912$ [次/(km²·a)]。 A_e 为与建筑物接收相同雷击次数的等效面积(km²)。

当建筑物高度 $H < 100\text{m}$ 时

$$A_e = [LW + 2(L + W)\sqrt{H(200 - H)} + \pi H(200 - H)] \times 10^{-6}$$

当 $H \geq 100\text{m}$ 时

$$A_e = [LW + 2H(L + W) + \pi H^2] \times 10^{-6}$$

式中 L, W, H 分别为建筑物的长(m)、宽(m)、高(m)。

重庆大学主教学楼高度 $H \geq 100\text{m}$,因此

$$\begin{aligned} A_e &= [LW + 2H(L + W) + \pi H^2] \times 10^{-6} \\ &= [36.8 \times 39.7 + 2 \times 122 \times (36.8 + 39.7) + 3.14 \times 122^2] \times 10^{-6} \\ &= 0.0669(\text{km}^2) \end{aligned}$$

所以

$$N = \kappa N_g A_e = 1.5 \times 2.912 \times 0.0669 = 0.2922(\text{次/a})$$

根据《建筑物防雷设计规范》第 2.0.3 条第八款,该工程确定为二类防雷建筑物是正确的。同时考虑到该大楼的性质、大楼智能化程度高等因素,我们提出了如下审核意见(见附件 1):

1. 塔楼屋顶女儿墙避雷带与电梯机房顶避雷网格应采用明式。主要为了避免雷击女儿墙发生二次事故并提高避雷效果。

2. 引下线设置首先考虑建筑外廓的角,其次考虑间距,间距不宜大于 12m。由于主教学楼属超高层建筑又处于江边山崖上,雷击几率较大,因此应加强分流,以均衡雷电流,均衡建筑物内电磁场分布,同时以往审核时发现许多设计人员设置引下线时偏重考虑间距。

3. 哪些桩基作为接地体设计中应明确,接地体应利用四根桩基主钢筋。避免以往监审工作中,由于设计人员对这个环节设计较粗,施工人员不知道哪些桩与地梁钢梁连接,哪些桩与地梁钢梁不相连,并且大多仅利用了二根桩基主钢筋。

4. 距地 30m 及以上,外墙上的铝合金门窗、彩钢门窗、塑钢门窗、金属栏杆应接地,以防侧击雷。塑钢门窗是一种新型建材,设计人员和施工人员不知道是否该接地,因此作出专门要求。

5. 应画出整幢建筑等电位连接设计图及局部等电位连接大样图。由于以往等电位连接大多不作图,以至施工人员无从下手,本幢建筑弱电设备多,等电位连接多且复杂,因此要求设计人员作图,并且不作图难以发现其中的问题。

第三节 多层建筑防雷设计审核

我国通常将建筑物高度低于 24m 称为多层建筑,24~100m 称为高层建筑,100m 以上称为超高层建筑。

对于多层建筑,其建筑设计、结构设计比较简单,一般没有转换层,基础构造较简单,建筑造型也不复杂。多层建筑的防雷设计也比较简单,一般按第三类防雷建筑物设计。防直击雷方面,不考虑均压环和防侧击雷;防雷击电磁脉冲方面,主要看建筑内是否安装弱电设备,而在合适的位置采取等电位和限压及屏蔽措施。

现以重庆松山化工厂集资住宅为例说明多层建筑防雷设计审核。参见该集资住宅的建筑立面图、屋顶平面图、基础平面图、电气设计总说明和避雷平面图(分别见附图 1~5)。

由于重庆市平均年雷暴日数为 40d,该建筑物的高度为 23.4m,又处于歌乐山脚,雷电活动比较频繁,因此该建筑物应按第三类防雷建筑物设防。根据建筑立面图、屋顶平面图可知,该建筑屋顶为坡屋面,且覆盖琉璃瓦,根据以往工程监审的经验,在这种情况下,暗敷的避雷带大多埋设在琉璃瓦下 15~20cm 处,因此审核意见书提出,避雷带上的水泥厚度 $\leq 2\text{cm}$ 。

该集资住宅的避雷平面图反映出屋顶造型屋脊无避雷带和引下线间距大于 25m,因此审核意见书提出了增加八条避雷带和四处引下线。增加引下线的位置应根据基础平面图桩的位置和原有的引下线设计综合考虑确定。

为防雷电波侵入和等电位连接处理,审核意见书提出进出建筑物的金属管道、电缆金属外皮须与接地装置连接,竖直接设的金属管道的底部和顶部须接地,屋面金属物体须与防雷装置连接。

在以往的工程监审中,我们发现往往搭接的焊缝长度不够,因此审核意见书提出了所有焊接必须搭接,圆钢单面焊 ≥ 12 倍直径,双面焊 ≥ 6 倍直径,扁钢三面焊 ≥ 2 倍宽度,应提醒施工人员注意。

由于本幢建筑仅为一般的民用住宅,没有重要的弱电设备,但考虑到随着科学技术的发展和人们生活水平的提高,大量家用电器进入家庭,并且家用电器的智能化程度也越来越高,因此应在 LPZ0 区与 LPZ1 区的交界面处和 LPZ1 区与 LPZ2 区的交界面处采取限制瞬态过电压措施,故审核意见书提出在建筑电源引入的总配电箱处设置低压电涌保护器,各户内配电箱应设置为具有防雷电波侵入和操作过电压功能的防雷配电箱。

现代建筑低压配电系统接地型式大多采用 TN-S 系统。户内配电箱内的 SPD 的接地线接至 PE 排上,各种家用电器的工作接地和安全接地,都通过 PE 线连至 PE 排上,这实际上形成了星型结构(S 型)的等电位连接,PE 排就是 ERP 接地基准点。当高压脉冲侵入,电压上升到启动电压时,SPD 动作,实现瞬态等电位连接。这时家用电器的电源线与接地线间的

电压为 SPD 的限制电压, SPD 的限制电压小于家用电器耐冲击电压值, 家用电器得到保护。

为了保障特殊环境的用电安全, 浴室应进行局部等电位连接。本建筑电气设计中显然忽略了这点, 因此审核意见书中提出浴室应预留 LEB 等电位端子板。

LEB 端子板与接地装置的连接有两种方式, 一是将进入浴室的 PE 线与 LEB 板连接; 二是将浴室附近与接地装置贯通的钢筋与 LEB 板连接。LEB 板与浴室内其他金属物体的连接参见国家标准图集《等电位联接安装》(02D501—2)。

在多层建筑防雷设计审核时应注意以下几个问题:

1. 引下线间距问题

引下线间距我们认为应以避雷带的实际长度来计算, 也就是按避雷带接受雷电流后, 雷电流的实际流动路径来计算。我们在避雷装置安全检测中发现引下线的设置有图 1 所表示的情形, 这种情形显然是错误的。

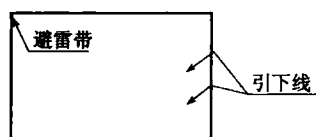


图 1

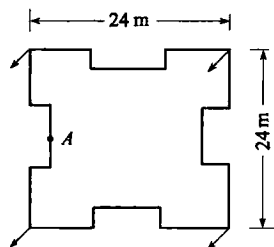


图 2

另一种典型情形如图 2 所示, 若仅从空间距离看引下线间距没有超标, 但从避雷带的实际长度看, 引下线间距则是超标。例如, A 点遭受雷击, 则雷击点到引下点的距离较远, 大于 12m, 雷电流流过避雷带和引下线的路径增长, 引起电压降增高, 容易导致雷电反击事故发生。

避雷带和引下线长度增加量引起电压降的增加量由下式确定

$$\Delta U = (di/dt) \cdot L_0 \Delta H$$

式中 ΔU 为电压增加量(kV), di/dt 为雷电流陡度(kA/ μ s), L_0 为单位长度电感(μ H/m), ΔH 为避雷带和引下线长度增加量(m)。

假定条件如图 2, 雷电流幅值为 100kA, 从 A 点向两端平均分流, $\Delta H = 1$ m, $dt = 10\mu$ s, $L_0 = 1.5\mu$ H/m, 则

$$\Delta U = (50/10) \times 1.5 \times 1 = 7.5(\text{kV})$$

可见, 长度每增加 1m, 电压就增加 7.5kV。因此, 图 2 的情形也是错误的。

2. 暗敷避雷带问题

南方许多城市的建筑设计人员, 为了强调建筑物的装饰性, 较多采用暗装避雷带。在工程监审过程中我们发现, 避雷带上的水泥厚度一般都较厚, 浅的有 6cm 左右, 深的有十几厘米, 甚至有几十厘米的。暗装避雷带接受雷电流, 是以避雷带上水泥被破坏为前提, 当避雷带上水泥过厚时, 雷击时要造成较大破坏避雷带才能接受雷电流。这会产生两个问题: 一是破坏建筑结构, 二是从屋顶掉下的水泥块形成二次事故。我们在避雷装置年度检测中发现, 避雷带埋入较深的, 雷击时破坏都较严重, 避雷带埋入较浅的, 雷击时破坏都较轻。根据《建筑物防雷设计规范》(GB50057—94)第 3.3.5 条文说明, 我们要求避雷带上水泥厚度 ≤ 2 cm。

另一种情况是现代建筑强调美观,女儿墙向外挑出很大一块,使女儿墙宽度变得很宽,有的宽度超过1m。因此,当建筑女儿墙宽度大于50cm时,应安装两条避雷带,且避雷带应尽量靠女儿墙外沿安装。

3. 接地装置的结构问题

在过去的工程建设中,常会出现这样一种观点,片面强调接地电阻,而忽略地网的结构。这种观点至今还影响着一些设计人员。我们在防雷设计审核中,还不时发现存在地网不闭合,采用独立接地体等现象,这应该引起防雷设计审核人员的足够重视。实际上地网的结构形式与接地电阻同样重要,地网一定要闭合,并形成网格状。这样做的好处一是接地体与土壤的接触面积增大,参与泄流的土壤面积增大,更易于泄流;二是均衡地下电磁场分布,减小跨步电压。有的工程利用独立柱基钢筋接地,将 ± 0.0 地圈梁钢筋与之连接,就认为形成了接地网格。这里存在一个问题,当 ± 0.0 地圈梁裸露于地表外时,实际上 ± 0.0 地圈梁钢筋只起均压环作用,接地为利用柱基钢筋独立接地;当 ± 0.0 地圈梁埋于土壤之中时,由于室外和室内地坪与 ± 0.0 地圈梁高差很小,不超过20cm,这样接地体埋设深度不够,易发生雷电反击或跨步电击。一个典型例子是重庆探矿厂安居楼,该楼呈吊脚楼形式,利用独立柱基钢筋与 ± 0.0 地圈梁钢筋连接接地, ± 0.0 地圈梁约三分之一埋于土壤中,三分之二悬空。正确做法应该是在条形素混凝土基础下,用 $40\text{mm} \times 4\text{mm}$ 镀锌扁钢将独立柱基钢筋连接起来,以此形成网状接地。

第四节 高层建筑防雷设计审核

在高层建筑中,当建筑物距地高度高于50m时,一般应按第二类防雷建筑物设防。屋面避雷带网格应小于 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 或 $12\text{m} \times 8\text{m}$,引下线间距应小于或等于18m,距地30m以上需防侧击雷,均压环距地30m以下从首层起每三层设置,30m以上每层设置。当建筑物距地高度低于50m时,应按第三类防雷建筑物设防,屋面避雷带网格应小于 $20\text{m} \times 20\text{m}$ 或 $24\text{m} \times 18\text{m}$,引下线间距应小于或等于25m,距地30m以上仍需防侧击雷,均压环30m以下从首层起每三层设置,30m以上每层设置。无论高度高于50m,还是低于50m,防雷电波侵入、防空间电磁场及防静电都根据建筑内设备性质和重要程度考虑采取相应措施。

高层建筑防雷设计审核应注意的几个问题。

1. 均压环问题

引下线上任一点的电位可用下式表示

$$U = L_0 H (di/dt) + Ir + IR$$

式中 L_0 为单位长度电感($\mu\text{H}/\text{m}$), H 为引下线某点距接地体的高度(m), di/dt 为雷电流陡度($\text{kA}/\mu\text{s}$), I 为雷电流幅值(kA), r 为引下线电阻(Ω), R 为接地电阻(Ω)。

一般情况下, r 很小可忽略。取 $I = 100\text{kA}$,波头时间 $dt = 10\mu\text{s}$, $L_0 = 1.5\mu\text{H}/\text{m}$, $R = 10\Omega$ 。

假定建筑物有10根引下线,由于雷电流的趋肤效应,雷电流主要沿建筑物表面钢筋流动,内部钢筋分流很小可以忽略,10根引下线平均分配雷电流,每根引下线流动的雷电流为10kA,当处于建筑物10层距接地体高度为30m时,有

$$U = 1.5 \times 30 \times 10 / 10 + 10 \times 10 = 145(\text{kV})$$

如此高的电压会对房间里的人或者金属物体、设备产生反击,因此距地30m及以上均压环应每层设置,同时也便于外墙上的金属门窗接地。均压环应利用建筑外圈梁和内部纵、横梁内钢

筋焊接成均压网,不论引下线电位升到多高,同楼层地面内钢筋、金属管道、电气设备、房间里的人都同时升高到相同电位,因而不会产生雷电反击。

当上式中引下线为 20 根时,每根引下线分配的雷电流为 5kA,建筑物 10 层距接地体高度为 30m 处,引下线上的电位为:

$$U = 1.5 \times 30 \times 5 / 10 + 5 \times 10 = 72.5 (\text{kV})$$

可见,电位为引下线 10 根时的一半。因此,应严格按照规范设置引下线,并宜多设置一些引下线。

另外许多防雷设计在结构外圈梁敷设一条扁钢,作环形水平避雷带,这是不必要的,因为利用建筑物的金属体作防雷导体是完全能够胜任并且有诸多优点。另外根据钢筋混凝土结构规范,结构外圈梁的水泥保护厚度为 25mm,加上外墙砖厚度,结构外圈梁水泥和墙砖总厚度约为 40mm,而侧击雷电流是较小的,当发生雷电侧击时,建筑外立面不会造成较大的破坏,外圈梁钢筋就能接闪。因此结构外圈梁钢筋可以身兼均压环和防侧击雷两种功能。

2. 屋面电气设备问题

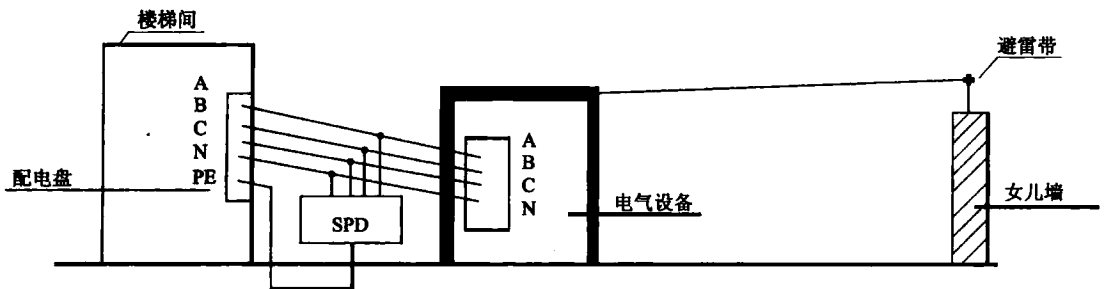


图 3 屋面电气设备连接示意图

说明:

(1)给电气设备配电的 PE 线不与用电设备连接,不论电气设备是否高于避雷带,电气设备的外壳必须与避雷带连接;

(2)电源的 A、B、C、N 与 PE 线之间安装低压电涌保护器。

图 3 所示的电气连接,实际上是 TT 接地式。当电气设备的外壳遭受雷击时,雷电流可通过避雷带迅速到地,同时在配电盘的 A、B、C、N 线与 PE 线之间装设了电涌保护器从而保护了大楼内的用电设备。

3. 避雷带问题

暗装避雷带接受雷电流的前提是避雷带上的水泥保护层被破坏。但是我们在防雷安全检测中发现雷击点不仅避雷带上的水泥被破坏,避雷带下的水泥、砖石也被破坏了,有的还裂开了 1m 多长的缝。这是因为雷击的瞬间能量巨大,并且这个能量无法控制,它击穿了避雷带上的水泥后,还会继续向下发挥作用。由于雷击的概率与高度的平方成正比,因此高层建筑遭雷击的概率会大大增加。明装避雷带的避雷效果优于暗装避雷带,且可以避免雷击二次事故和满足今后屋面设备接地,保护装饰彩灯等的需要,故高层建筑应明装避雷带。

4. 等电位连接问题

当处于同一电位下,再高的电位也不会发生反击,因此等电位连接比接地电阻更为重要。尤其应重视 LPZ0 区与 LPZ1 区界面的等电位连接。进出建筑物的金属管线与防雷装置连接,

竖直敷设的金属管道、线槽每三层与均压环连接,都是必须采取的等电位连接措施。每层的均压环最好能将外圈梁、纵横梁内钢筋贯通形成均压网。

等电位连接方法一种是采用星型接法,利用总等电位连接端子板(MEB)与各种管道、设备和局部等电位联接端子板(LEB)相连。另一种方法是采用网型接法,直接将各种管道、设备和局部等电位联接端子板利用结构钢筋直接与基础接地装置相连。星型接法较网型接法耗费材料且可靠性较低。

距地 30m 以上外墙上的金属物体须接地以防侧击雷,究其本质仍是等电位连接问题。假定被侧击的外墙金属窗不与均压环连接,而单独用导体接至接地装置上去,根据雷闪数学模型(电气-几何模型)

$$h_r = 2I + 30(1 - e^{-I/6.8})$$

经简化

$$h_r = 9.4I^{2/3}$$

式中 h_r 为雷电的最后闪络距离(击距),即滚球半径(m), I 为与 h_r 相对应的得到保护的最小雷电流幅值(KA)。

与 h_r 相对应的雷电流按后式整理为

$$I = (h_r/9.4)^{1.5}$$

将第一类防雷建筑物 $h_r = 30\text{m}$ 代入,得 $I = 5.7\text{kA}$ 。

根据《建筑物防雷设计规范》(GB50057—94)第 3.3.10 条条文说明“侧击具有短的极限半径(吸引半径),也即小的滚球半径 h_r ,其相应的雷电流也是较小的”,设 $I = 4\text{kA}$,由 $U = L_0 H (di/dt) + Ir + IR$ (一般情况, r 很小可以忽略。取 $dt = 10\mu\text{s}$, $L_0 = 1.5\mu\text{H/m}$, $R = 10\Omega$, $H = 30\text{m}$)。经计算, $U = 58(\text{kV})$,而反击距离

$$L = U/U_E$$

式中 L 为反击距离, U_E 为空气击穿电压,取 $U_E = 500\text{kV/m}$,得 $L = 0.116(\text{m})$ 。

因此,靠近金属窗的物体和人均存在反击危险。若将金属窗与均压环相连接,都处于同一电位,就无雷电反击之虞。同时均压环参与分流,其电位还会下降。外墙上的塑钢门窗由于内腔存在衬钢,PVC 型材的厚度为 3~3.5mm,因此与金属门窗的情况是一样的。塑钢门窗防雷做法参见附件 2。

2004 年 3 月重庆市沙坪坝区规划分局刘工程师家的空调室外机被雷电侧击,雷电流经导线进入室内,在室内机里放电产生火花,火星飞溅到床上引起火灾,后被消防队员扑灭。可见,侧击雷问题不可忽视。

5. 电涌保护器(SPD)问题

电涌保护器具有限压和瞬间等电位连接作用,当防雷设计采取了外部防雷装置和等电位连接措施时,人身安全得到了保障,但是还无力保护建筑物内的弱电设备。随着科学技术的进步和人们生活水平的提高,智能化的高科技设备会越来越多地应用到工作、生活中去,这些设备微电子芯片的耐冲击电压水平都很低,因此尚须设置电涌保护器对弱电设备进行保护。

一般情况高层建筑都设有变配电室,在变配电室的高压进线柜和低压配电柜里设有避雷器。但这里的避雷器的主要目的是保护变配电设备。这些设备的耐冲击电压很高,因此这里选择通流量大、残压高的避雷器。一般残压为几千伏,这样高的电压传输到末端,再叠加上反

射波电压,会破坏末端的弱电子设备的绝缘而击毁设备。《通信局(站)雷电过电压保护工程设计规范》(YD/T5098—2001)规定,当电缆长度超过 30m 时就应安装 SPD。对弱电设备一般采用三级保护,但在高层建筑中电缆井一般设在建筑物中央核心筒体内,电缆受雷电电磁场影响较小,因此可略去中间一级,只在被保护设备的前端或被保护房间配电箱处设置电涌保护器即可。

现在有的设计人员已意识到雷电对弱电设备的破坏作用,并在电气施工图中设计了 SPD。这时,需设计人员提供所选 SPD 的技术资料,应审核 SPD 设置位置是否恰当,SPD 选择是否正确,SPD 的技术参数是否符合国家标准的要求。

现举例说明高层建筑防雷设计审核。

例一:重庆互感器厂危改工程,参见该工程 1-14 轴立面图、F-A 轴立面图、屋顶平面图、电气设计及施工总说明、基础接地平面图、转换层防雷平面图、标准层防雷平面图、屋顶防雷平面图(分别见附图 6~12)。

该建筑距地总高度为 58.4m,应按第二类防雷建筑物设防。

由于该建筑属高层建筑,因此审核意见提出屋面女儿墙避雷带采用明式,以防二次事故发生。同时避雷带网格超标,应增加四条避雷带。引下线应沿建筑物外墙设置,故审核意见提出取消水箱间屋面四角引下线,改设在建筑的外墙上。为了防止雷电反击,审核意见要求竖直敷设的金属管道,电梯导轨每三层与均压环连接一次,同时提醒施工时注意:屋面装饰构架应与避雷带可靠连接,连接点间距 $\leq 18\text{m}$,所有焊接必须搭接,圆钢单面焊 $\geq 12D$,双面焊 $\geq 6D$,扁钢三面焊 ≥ 2 倍宽度,防雷设计中,局部等电位连接不太明确,因此审核意见强调卫生间应实施局部等电位连接,应设置等电位连接带或等电位端子板。为保护建筑内的弱电设备,审核意见要求各户内配电箱必须设置为具有防雷电波侵入和操作过电压功能的防雷配电箱,在电梯配电箱、消防控制室配电箱前端必须安装低压电涌保护器(见附件 3)。

例二:重庆大学花园一期工程。参见该工程标准层平面图、屋顶平面图、建筑立面图、屋顶防雷平面图、基础接地平面图(见附图 13~19)。

该工程防雷类别选定正确,防雷设计较为全面。但也存在一些带普遍性的问题,一是应采用明式避雷带,二是没有采取防雷击电磁脉冲的措施。同时存在一些个性问题:一是避雷带设置不完全;二是引下线间距超标;三是距地 30m 以上均压环应每层设置。针对上述问题,提出了如下审核意见:

1. 屋面避雷带应采用明式,以避免雷击二次事故;
2. 增加两处引下线和部分避雷带;
3. 屋面的金属物体须与防雷装置连接,非金属物体须置于防雷装置保护范围之内;
4. 距地 30m 以上均压环应每层设置,竖直敷设的金属管道,电梯导轨等长金属物每隔三层与均压环连接一次;
5. 各户内配电箱必须设置防雷电波侵入和操作过电压功能的防雷配电箱;
6. 电梯配电箱前端、消防控制中心、弱电中心必须安装低压电涌保护器。

第五节 智能建筑防雷设计审核

智能建筑是指利用系统集成的方法,将计算机技术、通信技术、控制技术与建筑技术有机结合,通过对设备的自动监控、对信息资源的管理和对使用者的信息服务及其与建筑的优化组

合,所获得的投资合理、适合信息社会需要并且具有安全、高效、舒适、便利和灵活的特点的建筑物。

它主要由两大部分组成,即建筑部分和智能部分。智能部分是由楼宇自动化系统(BAS)、办公自动化系统(OAS)和通信自动化系统(CAS)组成。而BAS、OAS和CAS的有机结合及其功能的实现,则靠系统集成管理中心(SIC)和综合布线系统(GCS)。

智能建筑防雷设计审核的要点是不仅要具有防直击雷措施,更重要的是要有防雷击电磁脉冲和操作过电压的措施。防雷击电磁脉冲措施不仅要保护弱电设备而且要保护弱电设备之间的“路”——综合布线系统,同时需注意电磁兼容问题。具体审核时需注意:

1. 该建筑物按《建筑物防雷设计规范》(GB50057—94)规定,达不到第三类防雷建筑物等级时,应按第三类防雷建筑物采取防直击雷措施。

2. 弱电设备机房若采用M型等电位连接网络时,电源应采用TT系统。若电源采用TN-S或TN-C-S系统,由于三相用电不平衡会造成N线中有电流,从而N线与大地间有电压。由于PE线与N线从配电房内同一地点引出,PE线上必有一定的电位,在此情况下若PE线参与M型等电位连接网络,各设备地之间会有杂散电流通过,从而产生工频杂波干扰。

当弱电设备机房采用S型等电位连接网络时,这时电源采用TN-S或TN-C-S系统,不会发生工频杂波干扰。其原因是利用了PE线进行单点接地。如图4所示。

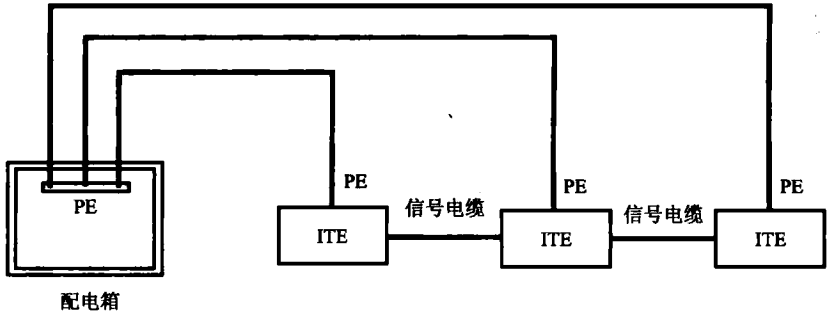


图 4

为了减小高频干扰,弱电设备机房最好采用M型等电位连接,并形成网格等电位接地平面,这样可使各个弱电设备的地线最短,以减小分布电感和分布电容。M型等电位连接的一般做法是:在机房内,大约每隔5m从建筑物上下贯通的结构钢筋中引出一等电位连接板,然后用扁钢或钢带将各个等电位连接板连接起来,并围绕机房一圈,形成等电位母排。用网格状铜带(一般情况网格尺寸不大于600mm×600mm)与母排相连,形成等电位接地平面。机房内的所有金属构件均与此等电位接地平面相连,弱电设备的SPD接地,安全保护接地,直流工作接地等均以最短路径与之相连。如图5所示。

3. 为防止电磁干扰,综合布线电缆宜敷设在接地的金属线槽或钢管中,与电力电缆之间的间距应符合表1的规定。但是,综合布线电缆与电力电缆的间距也不是越大越好,当连接弱电设备的综合布线电缆与电力电缆形成较大的闭合回路时,由于强烈的雷击电磁脉冲,线路上会感应出瞬态高压脉冲,从而损坏弱电设备。

综合布线电缆与其他管线的间距应符合表2的规定。