

文章编号: 1000-2022(2005)02-0219-06

高层建筑分体式空调室外机的雷电防护

李霞¹, 肖稳安¹, 朱贵刚²

(1 南京信息工程大学 电子工程系, 江苏 南京 210044)

(2 中原石油勘探局勘察设计院, 河南 濮阳 457001)

摘要: 提出了高层建筑分体式空调容易遭受雷击的问题, 从建筑物自身的特点出发, 依据防雷设计原则, 对高层建筑分体式空调避免雷击的方法进行了分析与探讨, 提供了两种解决方案, 一种是补救措施, 另一种则是在建筑物的设计、施工阶段就提前做好分体式空调的雷电防护工作。这两个方案的分析比较表明: 高层建筑的雷电防护具有整体性, 应从工程的前期准备阶段解决好空调等配套设施的雷电防护问题。

关键词: 高层建筑; 分体式空调; 雷电; 防雷设计

中图分类号: TM 863 **文献标识码:** A

通常情况下, 雷击作为一种严重的自然灾害, 其概率随着建筑物高度的增加而增加。过去高层建筑防雷主要集中在对直击雷的防护。随着计算机及其相关电子信息的迅猛发展, 智能化高层建筑涌现, 需要在做好直击雷防护的同时, 还要做好感应雷产生的雷击电磁脉冲的防护。目前, 国内外对这方面的研究正成为新的热点, 主要方法是利用建筑物已有的钢筋框架结构, 同时又加以屏蔽、等电位连接、合理布线、加装避雷器等措施限制侵入电子设施的雷电过电压和过电流^[1-4]。但具体到高层建筑分体式空调室外机的雷电防护问题, 相关研究还比较少。日常生活中, 大多数用户使用的分体式空调都是在建筑物交工验收后自行找销售商安装的, 忽视了室外机的雷电防护问题。空调室外机及金属支架作为高层建筑外墙上的较大金属物若没有合理的防雷措施, 当雷击发生时, 雷电流就会以直击雷或感应雷的方式将空调击毁, 严重时还会毁坏屋内的其它电子设备。中华人民共和国《建筑物防雷设计规范》GB50057-94^[5]规定: 建筑物外墙上超过滚球半径范围的较大金属物须与建筑物的防雷装置可靠连接。对于这方面的内容, 在中华人民共和国推荐性行业标准《民用建筑电气设计规范》JGJ/T16-92^[6]中也做出了类似要求。基于实际情况, 本文在参考国家相关规范^[5-7]和以往防雷工程施工经验的基础上提出了两种解决方案, 认为高层建筑的防雷设计是一项系统工程, 需要各相关人员整体配合, 在工程的前期准备阶段就做好空调等配套设施的防雷设计工作, 从而达到经济、美观、实用的效果。该结论在防雷工程实践中也证明了其有效性。

收稿日期: 2004-02-12 改回日期: 2004-03-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40075005)

作者简介: 李霞 (1974-), 女, 山东东营人, 助理工程师, 硕士生, 研究方向: 电磁兼容与雷电防护。

E-mail happyxinyi74@sohu.com.

1 雷电对空调的危害性

雷电主要是由于云层间或云和大地间以及云和空气间的电场强度达到一定程度 ($2.5 \times 10^3 \sim 3.5 \times 10^3 \text{ V/m}^{[8]}$) 时, 所发生的猛烈放电现象。通常雷击有二种形式: 直击雷、感应雷。

1.1 直击雷对空调的危害

雷电直接击在建筑物、构架、树木、动植物上, 由于电效应、热效应和机械效应等混合力作用, 直接摧毁建筑物、构架以及引起人员伤亡。当建筑物高度超过滚球半径的高度时, 建筑物的侧面易遭受雷电侧击, 因此高层建筑建筑物应采取措施防侧击雷。通常所说的滚球法是基于以下的闪电模型 (电气几何模型)^[9]:

$$h_r = 2I + 30(1 - e^{I/6.25}),$$

可简化为: $h_r = 10I^{0.6}$ 。式中, h_r 为滚球半径 (单位: m); I 为与 h_r 相对应的得到保护的最小雷电流幅值 (kA)。

按照《建筑物防雷设计规范》GB50057-94^[5] 的规定可得出以下的数值 (表 1)。

表 1 按建筑物防雷类别计算滚球半径

Table 1 Rolling sphere radius according to the lightning protection levels of buildings			
	第 1 类防雷建筑物	第 2 类防雷建筑物	第 3 类防雷建筑物
I/kA	5.4	10.1	15.8
h_r/m	30.0	45.0	60.0

当建筑物外墙上空调室外机等金属物所处的高度超过滚球半径的高度时, 该金属物就易遭受雷电侧击 (图 1), 因此空调室外机必须与防雷装置可靠连接, 否则当雷电流超过接闪器所保护的最小雷电流幅值时, 由于雷电压高达几十至几百千伏, 而空调的工作电压仅为 380 V, 空调就会被击毁。同时雷电流还会沿着电源线传输, 造成屋内其他电子设备的破坏 (图 2)。

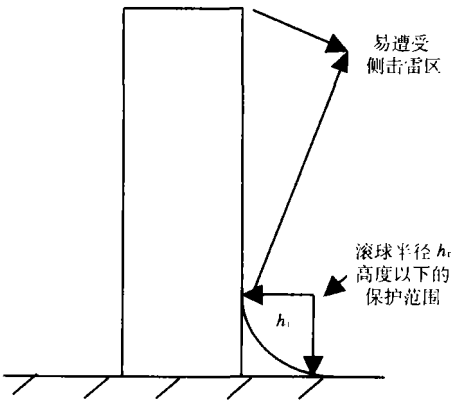


图 1 高层建筑受雷电侧击示意图

Fig 1 Chart of side strike at high buildings

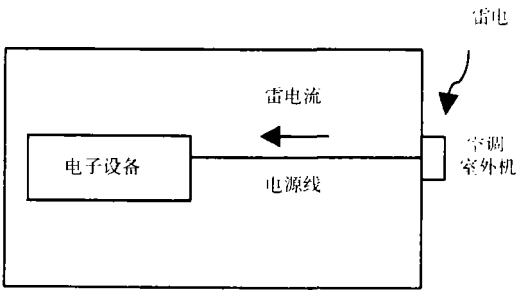


图 2 雷电对空调及电子设备的危害

Fig 2 Air conditioners and electronic equipments endangered by lightning

1.2 感应雷对空调的危害

雷雨云之间或雷雨云对地之间的放电会在附近的架空线路、金属物或类似的导体上产

生感应电压, 该电压通过导体传到达设备, 间接摧毁微电子设备。当建筑物防雷装置接受雷闪时, 以 kA / s 级的高频雷电流流过防雷装置, 造成接闪器和引下线的电位很高, 同时在其附近的空调支架及线路上将感应出过电流 (图 3), 其值可按下式计算^[10]:

$$i_n = M i_c / L,$$

$$M = 0.2 \times 10^{-6} c \left(\ln \frac{a+b}{a} \right),$$

$$L = 0.4 \times 10^{-9} \left\{ 2 \sqrt{b^2 + c^2} - 2(c+b) + \right.$$

$$b \ln \left[\frac{2c}{(r+a) \sqrt{1+(c/b)^2}} \right] + \\ \left. c \ln \left[\frac{2b}{(r+a) \sqrt{1+(b/c)^2}} \right] \right\}.$$

式中, i_n 为空调感应回路中的电流 (A); M 为互感系数 (H); i_c 为建筑物引下线中流过的雷电流 (A); L 空调感应回路的自感系数 (H); a 为空调距建筑物防雷装置之间的距离 (m); b 和 c 为空调感应回路的长和高 (m); r 为引下线半径 (m)。

取 $a = 0.2 \text{ m}$, $b = 1.0 \text{ m}$, $c = 0.4 \text{ m}$, $r = 5 \times 10^{-3} \text{ m}$, $i_c = 30 \text{ kA}$, 确定 $M = 1.43 \times 10^{-7} \text{ H}$, $L = 2.23 \times 10^{-6} \text{ H}$, $i_n = 1.92 \times 10^3 \text{ A}$, 远远大于空调额定工作电流 16 A , 因而过电流会将其击毁。

2 高层建筑物的防雷设计原则

高层建筑物的防雷设计是一项系统工程。防雷保护措施应作为建筑物的原始设计和整个施工过程中的一个环节。在已竣工的建筑物上再添补防雷措施肯定要多花一笔原可节省的费用, 因此从建筑物的前期准备阶段就要重视防雷设计工作。这不只是电气一个专业的事, 因为它涉及到电子设备的位置和管线的布置等问题。各个专业应充分协商, 从整体上解决防雷设计中的问题。通常建筑物采用的防雷措施有: 接闪器、引下线、接地网和避雷器。

建筑物的防雷设计要从整体出发, 充分利用建筑物的已有结构 (图 4)。接闪器除满足功能要求外还要注意与建筑物的美学相统一, 且必须与钢筋混凝土柱及剪力墙中的钢筋互相连接。将建筑物内每层的地板、顶板、墙面、梁、柱内的钢筋焊接成一个整体, 使其构成一个六面体的网笼, 即笼式避雷网, 从而实现对建筑物内电子设备的屏蔽。由于结构构造的不同, 墙内和楼板内的钢筋有疏有密, 钢筋密度不够时, 则应按不同需要增加网格的密度, 满足建筑物的防雷要求^[11]。《建筑物防雷设计规范》GB50057-94^[5]第 3.2.4 条中规定: 高层建筑物从 30 m 起每隔不大于 6 m 沿建筑物四周设水平避雷带并与引下线相连; 水平避雷带的作用是减小引下线的电感电压降, 这不仅可以分流, 而且还可以降低反击电压。高层建筑物 30 m 及以上外墙上的栏杆、门窗等较大的金属物为防侧雷击, 往往采用预埋钢件, 在施工中将预埋钢件与附近的柱筋引下线相焊连, 待安装金属物时再由金属与预埋钢件至少 $2 \sim 3$ 处焊接, 或利用金属物自带螺丝与预埋件连接。在基础施工中将人工接地体埋入土壤中或利用桩基与大地相连形成接地网, 确保将雷电流安全地导入大地。

通过以上措施, 使建筑物整体贯通, 免遭雷击破坏, 而且还能起到保护人身安全的作用。

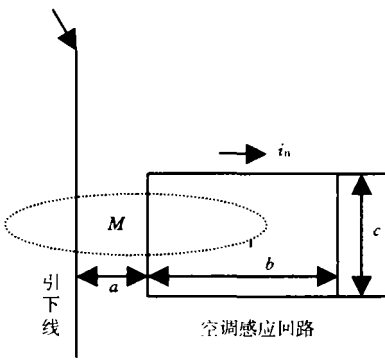


图 3 空调受感应电流破坏示意图
Fig 3 Air conditioners
destroyed by induced current

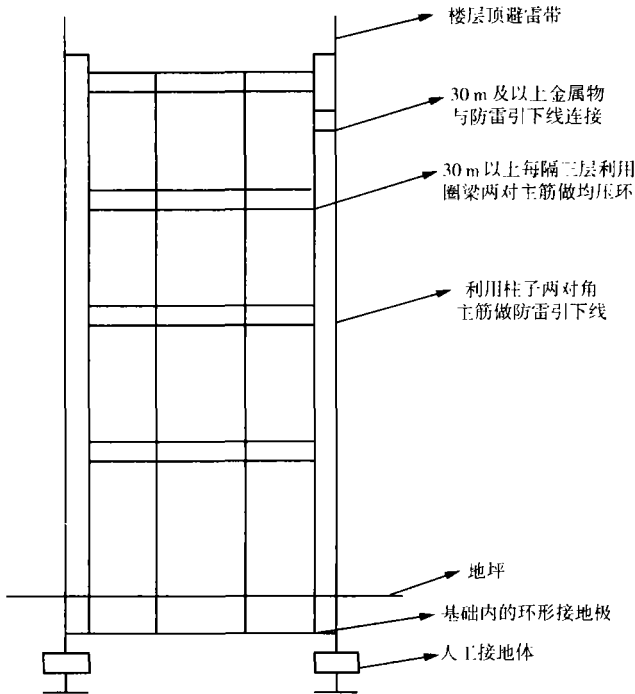


图 4 高层建筑防雷示意图

Fig 4 Lightning protection chart of high buildings

3 高层分体式空调室外机的防雷解决方案

3.1 已安装空调室外机的防雷解决方案

笔者通过观察目前高层建筑分体式空调机的使用情况后,发现绝大多数建筑物外墙上的空调室外机金属外壳及其金属支架均未与建筑物的防雷装置连接,即安装使用的外挂空调机未采取中华人民共和国强制性国家标准《建筑物防雷设计规范》GB5057-94^[5]中要求的防侧击雷措施。造成上述问题的主要原因是分体式空调机的安装均是在建筑物交工验收后用户自行找生产厂或销售商安装的,其安设位置、外形尺寸均由使用者自己选定,而不是由建筑工程专业的设计人员设计。很多设计人员在建筑图设计阶段未设计此部分内容,同时也造成建筑专业设计人员未在建筑物外墙上设置供空调室外机金属外壳及其金属固定支架防侧击雷的连接预埋点。

对已安装但未作防雷措施的空调室外机,可采取以下补救措施。从屋顶避雷带引出 4 mm 25 mm 镀锌扁钢^[5],采用搭接焊连接将其垂直敷设至距地 30 m 处^[5],扁钢经调直后,垂直引下,用钢胀管每隔 15 m 固定在外墙上,而后再在镀锌扁钢上开孔,引出 10 mm² PE 线(铜线)^[7]与空调支架的地脚螺栓相连,用以防护直击和侧击雷。

这种做法的缺点是:对开发商来讲,增加了一笔不必要的开支;对建筑设计人员来讲,由于增加了引下线,破坏了建筑物原有的立面效果;对防雷装置的安装人员来讲,一方面由于搬运钢件和焊接固定基本是高空作业,施工的危险性很大,另一方面镀锌扁钢在使用一段时间后容易发生锈蚀,对裸露的镀锌扁钢要作定期刷涂油漆等防腐措施,维护工作量也很大。因此,在建筑物的前期准备阶段,就要做好工程的防雷设计工作。

3 2 设计阶段解决空调室外机的防雷问题

建议在有此要求的高层建筑物中, 相关人员相互协调, 在设计、施工阶段就解决该问题。现代建筑都十分讲究美学, 高层建筑因其高度的原因在这方面的要求就更高了。高层用户如果都自行安装空调, 就会造成位置不统一、相对高度不一致的问题, 对建筑物立面效果造成很大的影响。设计中应由暖通专业事先确定好空调的安装位置, 再由建筑专业统一设计好空调安置装置。现在的一般做法为在确定好的空调安装位置处设计一个悬挑空调板。因建筑物高度的原因, 为确保安全, 空调板一般均须作翻檐或护栏。在空调板上预埋已作防腐处理的 4 mm 25 mm 镀锌扁钢^[5]。扁钢的一端与主体内均压环或钢筋引下线焊连, 最小焊接长度为 100 mm^[6], 以保证扁钢与作为引下线的钢筋有充分的接触截面。扁钢的另一端外伸出 100 mm^[6], 引出 10 mm² PE 线(铜线)^[7]与空调室外机相连。为了保证电流充分导入大地, 在设空调板的位置从建筑物的最顶部到底部至少保证有一根上下贯通的钢筋, 钢筋之间的连接采用焊接, 焊接长度 100 mm^[6]。具体做法见图 5。

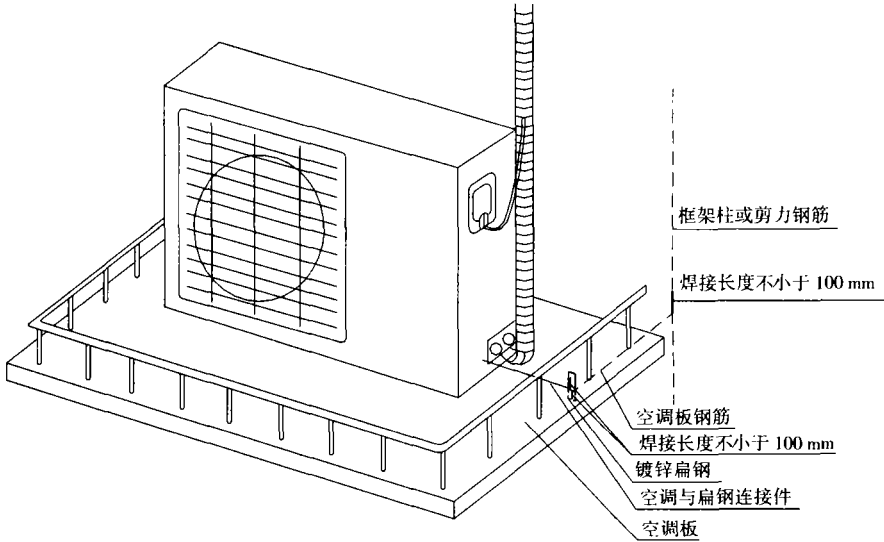


图 5 空调预埋件安装示意图

Fig 5 Installation chart of embedded parts of air conditioners

采取这种措施的优点为: 对开发商来讲, 由于整个防雷系统基本利用的是建筑物自身的钢筋, 从而大大减少了防雷系统的工程投资; 对建筑设计人员来讲, 因避免了立面上防雷线路的外装从而保持了建筑物整体立面效果的美观性; 对防雷装置的安装人员来讲, 避免了高空作业, 杜绝了事故的发生, 防雷工程的施工与土建同步, 操作简单易行, 施工工期大大减少。

4 小 结

高层建筑防雷设计已远远超出传统的防雷概念和范畴, 是一项系统工程, 忽视任何一个细小环节, 都会成为建筑物安全使用的隐患。因此各相关人员应及时沟通、会商, 全面考虑各方面的因素, 使防雷工程做到技术先进、经济合理、安全可靠。

参考文献:

- [1] 高福林.高层建筑防雷设计[J]. 黑龙江水利科技, 1999 26(3): 62-63
- [2] 刘作军,齐卫红. 智能化建筑的防雷技术与设计要点[J]. 天津城市建设学院学报, 2000 6(4): 242-244.
- [3] 金保宁.智能建筑的防雷、电气保护与接地[J]. 江西电力职业技术学院学报, 2003 16(2): 6-9
- [4] Hasse P. Overvoltage Protection of Low Voltage Systems[M]. England TJ International Ltd 1998: 129-286
- [5] GB50057-94, 建筑物防雷设计规范[S].
- [6] JGJ/T16-92, 民用建筑电气设计规范[S].
- [7] GB50169-92, 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范[S].
- [8] 郭仲礼,于曰浩,吴寿生. 低压电工实用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998: 501
- [9] Golle R H. 雷电(下卷)[M]. 李文恩, 李福寿, 译. 北京: 水利电力出版社, 1982: 59.
- [10] 张小青. 建筑防雷与接地技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003: 32-35.
- [11] 王时煦. 建筑物防雷设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1985: 55-68.

Lightning Protection of Air Conditioners of Split& Wall-mounted Type on High Buildings

LIX ia¹, XIAO Wen-an¹, ZHU Gu+gang²

(1 Department of Electronic Engineering NU IST, Nanjing 210044 China

2 Survey, Design & Research Institute of ZPEB Puyang 457001, China)

Abstract The question that air conditioners of split& wall-mounted type on high buildings are prone to meet the lightning strike is put forward. Then, the methods about how air conditioners can avert the lightning strike are analyzed and discussed from the characteristics of high buildings, and according to the rules of the lightning protection design, and two effective projects solving the question are put forward. One is a remedy, and the other is an advance method for the lightning protection of air conditioners of split& wall-mounted type at the design and construction stage of buildings. The analysis and comparison of the two projects show that the lightning protection of high buildings is holistic and the lightning protection of air conditioners and auxiliary equipments should be solved at the preparation stage of engineering.

Key words high building; air conditioner of split& wall-mounted type; lightning; lightning protection design