

机场飞行区内直击雷防护技术的应用

随着科学技术的迅猛发展，防雷技术在电子信息领域的应用越来越重要，已经成为了建筑物内不可缺少的基础工程技术，近年来防雷技术也形成了一系列比较完善的防雷保护措施。机场飞行区内建筑物作为引导、运输管制和安全保障的重要交通场所，往往处于空旷地带，其塔台、导航台、气象站、航站楼和机库往往为高耸且孤立的建筑。防雷技术在机场飞行区的应用可谓是极其重要。以机场飞行区的防雷技术为研究对象，对直击类雷的形成、危害及防直击雷技术在机场飞行区的应用进行了分析和总结。

赵 彬/中国航空规划设计研究总院有限公司

1 直击雷的形成

1.1 雷电的形成

雷电是因强对流天气而形成的雷雨云层间和云层与大地间强烈瞬间放电现象，其成因为大气运动的剧烈摩擦生电以及云块切割磁力线。雷雨云中电荷呈非均匀分布，造成的电场强度不是处处相同。当雷云放电时，将产生强大的雷击电流、炽热的高温、猛烈的冲击波、瞬变的电磁场和强烈的电磁辐射等综合物理效应。雷电是一种严重的气象自然灾害。自然界的雷击主要有直击雷和雷电感应及雷电电磁脉冲（LEMP）两大类。

1.2 直击雷的产生和破坏

直击雷指带电云层（雷云）与建筑物、其他物体、大地或防雷装置之间发生的迅猛放电现象，并由此伴随而产生的电效应、热效应或机械力等一系列的破坏作用。当雷电击在建筑物上，电效应、热效应和感应等效效应致使建（构）筑物水分受热汽化膨胀，从而产生很大

的机械力，导致建筑物燃烧或爆炸。另外，当雷电击中接闪器，电流沿引下线向大地泄放时，对地电位升高，并有可能向邻近的物体跳击，称为雷电“反击”，从而造成火灾或人身伤亡。在直击雷放电过程中，强大的脉冲电流对周围的导线或金属物产生电磁感应发生高电压而发生闪击现象的二次雷，直接毁坏建筑物或电气设备。

1.3 直击雷的形式

飞行区内建筑物直击雷危害主要表现为以下4种形式。

1) 直击雷效应。该种形式的危害主要是指雷电对飞行区内的塔台、导航台、气象站、航站楼和机库等建筑物内相关设备进行直接的侵袭，从而发生一系列较为剧烈的热效应、电效应。

2) 雷电二次效应。所谓二次效应，主要是指雷电流在侵袭飞行区内建筑物时会产生一种静电感应及电磁感应，这种带有强大冲击力的感应对建筑物内相关设备造成非常严重的危害。

3) 雷电侵入波。这种类型的危害主要是指自然条件下的雷电波沿着天馈线、视音频信号线路、电力电缆以及与之配套的金属导体或者管道等，引入到信号接发室，从而造成严重的灾害事故。

4) 雷击电磁脉冲。该种危害主要是由于导航指挥设备运行过程中，采用了大量的固态化的元器件和设备，同时也引入了大规模的集成电路，加之诸多机房中都配备了相关的智能化播出系统，这些现代化的信息元器件和配套设备具



赵 彬/助理工程师

关键词/Keywords

飞行区·
直击雷·
防护措施·

有耐电压冲击能力低等特点，因此其电磁脉冲干扰抵御能力会非常的低，很容易受到雷电的袭击。

2 直击雷防护

2.1 直击雷防护技术

直击雷防护是防止雷闪直接击在建筑物、构筑物、电气网络或电气装置上。直击雷防护技术主要是保护建筑物本身不受雷电损害，以及减弱雷击时巨大的雷电流沿着建筑物泄入大地的过程中，对建筑物内部空间产生影响的防护技术，是防雷体系的重要组成部分。

以接闪杆、接闪带、接闪网和接闪线组成接闪器，作为直击雷防护措施。当雷云放电接近地面时，它使地面电场发生畸变，在接闪器的顶端，形成局部电场强度集中的空间，以影响雷电先导放电的发展方向，引导雷电向接闪器放电，再通过接地引下线和接地装置将雷电流引入大地，从而使被保护物体免遭雷击。

目前，飞行区内建筑物主要的接闪装置以接闪杆是最常见的直击雷防护装置，主要包括常规避雷针、提前放电避雷针、主动优化避雷针、限流型避雷针和预防典型避雷针。

2.2 飞行区直击雷防护现状

当前飞行区内建筑物直击雷防护技术主要包括接闪器、接地体以及引下线措施等几种形式，对于接闪器选型而言，飞行内建筑物通常将常规的避雷装置设置在屋顶最高点或天线的顶端之上，以此来防护直击雷（实践中采用最普遍的设备是金属避雷针）。虽然采取了以上措施，但从飞行区直击雷防护现状来看，仍然存在着一些问题和局限性，具体表现在以下几个方面：第一，高电位反击与大电流导入过程中存在着一些问题。屋顶顶端避雷装置遭到雷击时，接闪杆、铁塔高电位若对相关设备，甚至是对人进行放电时，可能会引发雷电反击问题。在该种情况下，雷电流可能会通过馈线引入到机房之中，从而导致相关设备受到严重的危害；第二，雷电直击过程中的接闪杆可能会出现电磁效应。从实践来

看，雷击避雷针过程中因铁塔上还留存着一定的高电位，因此在馈线和电源线周围的线路上可能会产生一定的静电感应过电压，以雷电侵入波的形式对设备造成危害。

3 飞行区内直击雷主要防护措施

3.1 接闪器

接闪器就是让在一定范围内出现的雷电能量按照人们设计的通道（接闪杆、接闪带、接闪线、接闪网、金属屋面和金属构件等）泄放到大地中去，即主要作用是控制雷击点，不让被保护建（构）筑物或其他物体直接遭受雷击。接闪器不仅仅是指其能使被保护物体避免雷害的意思，而恰恰相反是起到引雷的作用。

3.1.1 接闪带及接闪网

屋顶的接闪带、接闪网应沿屋脊、屋檐、檐角及平屋顶边缘等最可能受雷击的部位敷设。一般来说，飞行区建筑物的屋顶防直击雷，可沿屋顶周边女儿墙外表面或屋檐边垂直面上或其外处布设接闪带，屋顶中间设置接闪网，同时经过伸缩缝时应有补偿连接装置。屋面接闪网网格尺寸应严格按照建筑物防雷等级设置；接闪网暗埋敷设时，按照经验，一般为找平层下30~50 mm，宜敷设在防水保温层以下，以保证较好的接闪效果。

3.1.2 接闪杆

接闪杆是安装在建筑物突出部位或独立装设的针形导体。根据相关规范，安装在建筑顶的接闪杆宜采用热镀锌圆钢或焊接钢管，接闪端宜做成半球状，其弯曲半径为8~12.7 mm。由于时刻会受到自然界空气、风力、雨雪、太阳辐射和接闪电流后的电磁力等各种危害影响，接闪杆应重点考虑风力、冰雪和雷击能量等对其荷载的影响，选用防腐抗氧化、高物理强度和耐高能量的材料，保证构件安装连接牢固，减少装置能量损耗，并定期对其安全性能进行检测，使其长期有效发挥作用。

建筑物顶接闪杆在引雷防护的同时，伴随着很多负面效应（二次效应），主要包括：产生感

应雷、增加雷击概率和地电位反击等，使得周围的电子设备和人员极易受到损害。所以建筑物，尤其是没有智能信息系统的高层建筑物，应尽量少用接闪杆，多采用接闪带、接闪网等作为接闪器。形状不规则或难以安装接闪带的高层建筑，可利用接闪杆进行保护。但为减少雷击电磁脉冲（LEMP）发生次数，应限制接闪杆的高度，采用短杆、多杆的接闪布置方案，做到既防直击雷，又不因此而大量增加LEMP。为了提高可靠性和安全度，便于雷电流的散流以及减小流经引下线的雷电流，安装的多根接闪杆要用接闪带连接起来。而对于楼顶卫星天线、太阳能水塔等不能作为接闪器的设施宜在建筑物顶安装接闪杆保护。

3.1.3 金属屋面

现代飞行区建筑为了美观，外墙及屋面较多采用玻璃幕墙或金属屋面板。幕墙或屋面上封口位于女儿墙外侧，属于屋顶周边，非常容易受到雷击，且幕墙与女儿墙之间的封顶金属板（多为铝制盖板）是良好的导体，一般面积较大，故可利用作为接闪器。建筑要利用屋顶金属板作为接闪器，须满足：板间的连接应是持久的电气贯通；金属板无绝缘被覆层（氧化保护膜与保护油漆不属于覆盖层）。建筑金属屋面作为接闪器的钢板厚度应参照建筑物防雷设计规范标准，金属板下无可燃物铝板不应小于0.65 mm，钢板厚度不应小于0.5 mm；金属板下有可燃物铝板不应小于7 mm，钢板厚度不应小于4 mm。

3.1.4 其他金属构件

依据相关规范，现代建筑也可利用屋顶上永久性的金属构件作为接闪器。例如：有着不锈钢栏杆的上人屋面女儿墙，可在其下暗敷扁钢与栏杆、支架及引下线焊接牢固；而作为接闪器，金属栏杆须采用直径不小于25 mm的厚壁钢管。根据规范内容，建筑屋顶的金属旗杆、广告牌、金属爬梯、风帽、透气管、消防水管和空调器等金属构件应就近与接闪带、接闪网连接。

3.2 引下线

引下线是连接防雷接闪装置和接地装置的

一根导线。引下线可以有若干条并联的电流通路，其电流通路的长度应是最短的。独立避雷针的杆塔、架空避雷线的端部和架空避雷网的各支柱处应至少设一根引下线。对金属支撑或有焊接、绑扎连接钢筋网的杆塔（或支柱），可利用其作为引下线。在易受机械损坏或防人身接触的地方，引下线在距地面1.7 m以下应使用金属管对引下线进行屏蔽，当采用多根引下线时，在每根引下线上距地面0.3~1.8 m之间设断接卡。而当仅利用建筑物内的钢筋、钢柱做引下线，或采用埋于土壤中的人工接地体时，应在每根引下线上距地面不低于0.3 m处设接地体连接板。

3.3 接地体

接地体一般有两种形式：自然接地体和人工接地体。自然接地体是利用埋在地下金属构件、金属管道以及建筑物的基础钢筋作为接地体，该做法节省工程量和降低工程造价，同时大幅度减少接地电阻，但是长期使用时会造成建筑物的结构钢筋和管件产生电蚀现象，导致漏水和结构钢筋变细等严重后果。为了保护建筑物的安全，应采用人工接地体方法。人工接地体分为水平接地体和垂直接地体两种，埋在土壤中的深度不应小于0.8 m，接地体的材料一般采用圆钢、扁钢、角钢和钢管等材料，在腐蚀性较强的土壤中，应采用热镀锌措施和加大接地体和大地的接触面积。接地体的位置应远离人行道和道路口，防止跨步电压对人造成的伤害。

除此之外，应将建筑物的桩筋、地梁内的主筋和柱内的主筋焊接起来，并把地梁外圈梁中间（网格）钢筋焊接成一个闭合环路，组成一个完整的接地系统。这种接地系统与大地接触面广，接地电阻低，而且钢筋得到混凝土的保护，受侵蚀作用减少，接地电阻比较稳定。

3.4 导航台直接雷特殊防护措施

在天线阵反射网外圈选择安装4只提前放电型避雷针，并向外延伸至距反射网边缘3 m处，目的是保护整个天线阵及其下方的建筑物，同时减少避雷引下线泄放雷电流时，对反射网的电磁耦

合, 最大程度上保证避雷针接闪后不会泄放雷电流, 使雷电流沿反射网耦合进天线的馈线里, 避免导航台设备的损坏。同时安装的避雷针需要设置接地网, 即在反射网的外围, 已安装的提前放电避雷针为参考点, 设置封闭式的人工接地网。依据《民用航空通信导航监视设施防雷技术规范》规定“自然接地体与人工接地体之间应至少埋地接地线互连, 人工接地体之间应至少用两条埋地接地线互连, 人工接地体装置宜设置为环形接地体。”新建的人工接地网与原接地网在提前放电避雷针处通过铜包扁钢带互连, 从而获得更大的泄流面积, 让雷电流更快地泄放, 形成环绕反射网外围的封闭式环形接地网。同时从新建人工地网处采用50 mm²接地线引至设备机房, 为设备机房提供可靠的接地。

导航台直击雷防护示意图如下图所示。

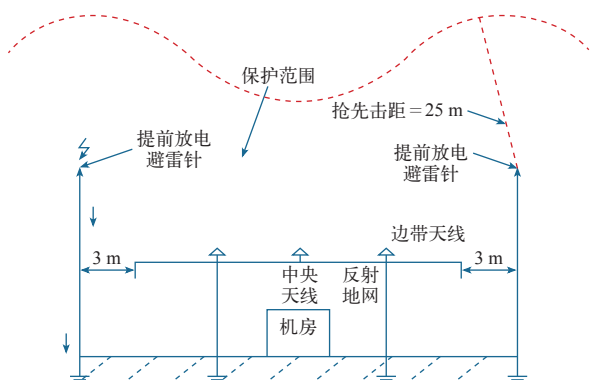


图 导航台直击雷防护示意

4 结束语

综上所述, 直击雷防护技术已经成为了飞行

区建筑领域防雷保护的一项重要技术措施。通过在建筑物上设置接闪杆、接闪带、接闪网和接闪线等不同的接闪器形式, 灵活运用建筑物特征及接闪器特点, 以选择最合理最有效的接闪器形式变得尤为重要。目前在直击雷保护技术的安装中还有着与建筑物外立面不协调的状况, 但是随着科技的发展、技术的革新, 直击雷防护技术将会进一步提高。

参考文献

- [1] 刘刚, 邓春林. 防雷与接地技术概论 [M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2011.
- [2] 陈家斌, 高小飞. 电气设备防雷与接地实用技术 [M]. 北京: 水利水电出版社, 2010.
- [3] 梅卫群, 江燕如. 建筑防雷工程与设计 [M]. 北京: 北京气象出版社, 2004.
- [4] 宋效峰, 陆春萍. 防雷保护技术在高层建筑中的应用 [J]. 福建建材, 2008 (1): 51-53.
- [5] 潘忠林. 现代防雷技术 [M]. 四川: 电子科技大学出版社, 1997.
- [6] 银燕, 杨仲江, 郭凤霞, 等. 防雷技术与科学 [M]. 北京: 气象出版社, 2011.
- [7] 梅卫群, 江燕如. 建筑防雷工程与设计 [M]. 北京: 气象出版社, 2004.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. MH/T 4020—2006 民用航空通信导航监视设施防雷技术规范 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.

(收稿日期: 2017-03-08) **EA**

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告