 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v3i1.571

Analysis on Application of Lightning Protection Technology in Civil Aviation Communication Station

Jie Ouyang

Technical Support Department, Civil Aviation Yunnan Air Traffic Control Branch, Kunming, Yunnan, 650200, China

Abstract

Based on the lightning protection technology and experience of indoor computer rooms and outdoor antennas in high mountain environments, this paper analyzes the common lightning strike methods and specific lightning protection measures for communication equipment and computer rooms. The above analysis results can provide a certain reference for the construction, operation and maintenance of lightning protection facilities in high mountain stations.

Keywords

alpine station; lightning protection technology; lightning strike

浅析防雷技术在民航高山通信台站的应用

欧阳杰

民航云南空管分局技术保障部，中国 · 云南 昆明 650200

摘　要

在民航无线通信领域中，经统计，雷击是破坏无线电电子通信设备的首要因素。在民航边远高山台站建设和设备安装过程中，要特别注意做好雷击的防范措施。不然会直接影响生产安全，甚至威胁到人身安全。论文结合在高山环境下室内机房及室外天线防雷技术及经验，分析了通信设备和机房常见的雷击方式及具体的防雷措施。上述分析结果可以为高山台站的防雷设施建设、运行及维护提供了一定的参考。

关键词

高山台站；防雷技术；雷击

1 引言

雷电是一部分带电的云层与另一部分带异种电荷的云层，或者是带电的云层对大地之间迅猛的放电。这种迅猛的放电过程可产生电压高达 100 万伏特到 1 亿伏特不等，瞬间电流可以超过 10 万安培，温度 2 万摄氏度左右，单次放电时间在 0.01 到 0.001 秒，并且拥有强大的破坏力。足以摧毁台站内外各种监视通信设施和电气设备，甚至对人们的生命安全都会产生极大的威胁。云南地处云贵高原，地形地貌十分复杂，为了让通信监视设备具有更好的覆盖范围，这就驱使我们必须将通信监视设备安装在高山台站上。而云南气候基本属于亚热带高原季风型，干湿季节分明。在雨季时日温差大、气温随地势高低垂直变化异常明显。特别在高山地区，气流运动激烈，雷暴天气更加频繁。这对民航空管的高山台站防雷措施提出了更高的要求。

【作者简介】欧阳杰（1981–），男，中国湖南岳阳人，本科，高级工程师，从事VHF及HF应用研究。

2 高山台站防雷的重要性

民航云南空管分局目前所有雷达站均建设在当地高山的山顶上，平均海拔高度都在 2000m 至 3200m。大部分都处于高原多雷区，年平均雷暴天数都达到了 80 多天。由于甚高频及雷达天线处的位置较高，周边没有其他建筑物掩护，处于没有遮挡状态，在雷雨天气时，很容易受到雷击损坏。从而使得监视通信保障失效，严重的影响到了飞行安全。以一个中国云南的某高山雷达站为例，该台站投入使用后分别连续两年都发生了重大雷击事件，给空管设备造成了较大的损失，事故过后，维修人员及防雷工程师经过分析，对防雷系统进行了两次大规模的改造，改造过后至今再也没有发生雷击事件 [1]。

3 常见雷击方式及造成的影响

自然界的雷电主要分为直击雷和感应雷两种。直击雷是电的云层与大地上某一点之间发生迅猛的放电现象，可导致电子设备绝缘破坏，设备零件熔断。感应雷是带电云层由于静电感应作用，使地面某一范围带上异种电荷。当直击雷发生以后，云层带电迅速消失，而地面某些范围由于散流电

阻大，以致出现局部高电压，或者由于直击雷放电过程中，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以致发生闪击的现象，它会破坏与导体相连接的设备或器件引发故障，特别是室内信号系统设备，容易受冲击，如变压器、传输接口板等。

4 高山台站综合防雷的基本内容

我们在台站建设期间，要充分考虑设施设备防雷需求，采用铺设好一个完整的地网系统，架设合理的避雷针、做好信号线的电磁屏蔽、各个设备的等电位连接、接口保护、优化设备布线、接地工艺及绝缘配合等措施来完善防雷系统，降低雷击的损失。现以某雷达站防雷体系为例。该雷达站位于昆明西山上山顶较为开阔的地带并东临滇池，在雨季很容易出现雷雨天气。再加上雷达天线架设得比较高，容易受到雷击伤害。我们在建设雷达站建设时，就严格按照国家《建筑物防雷装置安全检测技术规范》与《民用航空通信导航监视设施防雷技术规范》的相关要求，结合台站环境、天线的分布等特点，系统化地设计和安装了一套防雷体系。如图 1 所示。

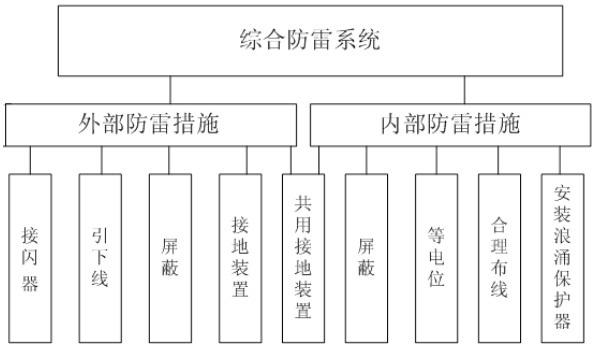

图 1 综合防雷系统

4.1 防直击雷及侧击雷，安装主放电避雷针

如果避雷针距天线和机房较近，当闪电劈到雷达天线塔上的避雷针上时，其所产生的强大电磁场会使雷达天线、传输线路、机房设备和相关信号线产生感应电流，将产生严重破坏。考虑到将带电雷云放电接闪尽可能远离雷达天线，我们在台站围墙外观光亭坡上安装一座钢结构架玻璃杆组合避雷针塔。钢塔上部平面高度控制在雷达天线俯角 2º 的范围内，在钢塔上再安装 18m 或 20m 玻钢避雷针。由于该针高出天线塔避雷针 10 余米，高空带电云将首先通过该针接闪主放电，这样就减少了雷达天线附近避雷针的接闪次数和接闪雷电流强度，从而降低了和雷达系统相关的设备雷害风险。该避雷针接地采用独立接地系统，且尽可能远离机房地网，按相关规范要求独立避雷针接地电阻不大于 10Ω[2]。

4.2 地网

沿围墙内建筑敷设 120m 水平接地体、埋设 20 根垂直接地体、安装 4 套电解离子接地系统、施放 4t 降阻剂做一圈地网。为了减少雷达塔避雷针接闪泄流引起的瞬间高地电位对机房地的冲击，将现铁塔接地点连好使这些泄流点远离机房地，同时将接闪器引下线接点接到远离机房地接地点，室外桥架，金属构件接地不与机房地共点。

4.3 供电系统 SPD 防护

要在高压线路上安装三相电源防雷器，在供电系统总配电箱两路市电入线端处，分别更换安装 1 套一、二级复合电源防雷器，在生活室和值班室各加 1 套三级单相电源防雷器，在市电的输入端、隔离稳压器的输出端、UPS 的输出端以及机房配电箱的输入端和各设备对应空开的输出端安装三相电源防雷器，在塔顶马达三相输入点安装一、二级复合三相避雷器，以保护各种生产生活设备。

4.4 信号线路 SPD 防护

4.4.1 方位数据编码线路的防护

在雷达铁塔房内方位数据编码器航空插头连接处串接带公母插座（头）的信号线路防雷箱。防雷器件选用德国 DEHN 公司电流环信号 SPD，对编码盘实施粗保护。将机房内“雷神”公司原配的信号防雷箱中的信号防雷器（线对线启动电压 15V，线对地启动电压 45V）更换成 DEHN 公司 BE C5 信号防雷器，该防雷器线对线和线对地启动电压均≤ 8 伏（5KA，10/350us），系电流环型。安装时将该防雷箱尽可能靠近被保护的编译码接口板，防止因导线过长而引起的感应雷电流(压),接地线选用铜编制软线就近接地[3]。

4.4.2 通信接口 SPD 防护

窄带波段微波，PCM 与一次雷达通信线路和监视记录仪，PCM 与二次雷达通信线路的串口 RS232 接口加装专用串口防雷器。

4.4.3 其他信号线路的 SPD 防护

从雷达塔引下的数十条监控信号线，在塔上的 Easat 箱和基座控制面板箱内安装信号 SPD，为了防止线路感应雷电流入侵到机房相关监控回路，在机房内该线路信号配线箱处对应并联安装信号 SPD。

4.5 屏蔽等电位连接

雷达塔至机房的油压、编码、监控线均用导电屏蔽铜箔缠绕后用 16mm^2 编织线与护线胶带紧扎穿入 ϕ60 镀锌钢管屏蔽，钢管外与 35mm^2 编织铜带就紧扎多点接地。

雷达机房内所有信号线路均用导电屏蔽铜箔缠绕多点就近接地。

①屏蔽铜箔以 1/2 或者 1/3 重叠紧绕在信号线上，间隔 3~5m，用不锈钢卡紧导电屏蔽铜箔，用编织铜线与桥架中的铜带可靠电气连接，电气连接点涂覆防腐蚀导电胶。

②桥架与敷设在桥架中的铜带间隔 5m 电气连接一次，桥架四角与室内等电位排和地面均压网可靠连接，每处桥架均用编织铜带可靠电气连接。

③桥架开口用铝板封闭屏蔽，并与桥架可靠连接。

④凡电气连接点均涂覆防腐蚀导电胶。

⑤进入机房的电缆等屏蔽层在室外外墙面就近与地网可靠连接。

5 雷击案例分析

故障现象：某日云南分局某雷达站发生雷暴天气，该雷达站经管制同意后实施防雷关机。技术人员按防雷关机流程关闭雷神二次雷达，并断开电源空开和外部连接线缆。次日凌晨雷雨天气消退后，进行开机操作，开机发现雷神二次雷达出现告警，无法正常工作。经技术人员全面梳理排查后，发现本次雷击共导致4项设施设备故障或损坏：发现雷神二次雷达天线系统中的方位组件故障；安防系统故障；靖安线终端杆至台站的埋地电缆A相接地；雷达塔一根避雷针故障，接闪器脱落。

雷达天线系统遭雷击原因分析：从雷达塔一根避雷针故障，接闪器脱落的现象可以看出。直击雷击中了雷达塔的避雷针，由于采用了直击雷隔离措施，雷电流不会从建筑钢筋泄放，将避雷引下线与建筑钢筋和所有金属导体绝缘，用高压屏蔽电缆作泄流导体泄放雷电流，并将高压屏蔽电缆穿入厚壁钢管，有效屏蔽雷电流磁场。如果雷电流不通过雷达塔泄放，塔顶金属导体对地的电位差与雷达机房均压网对地的电位差均为“0”，雷达编码器和相关部件就不会有直击雷击损坏的风险，根本上解决直击雷发生时击坏编码系统的问题。那么雷达天线系统中的方位组件故障可以排除直击雷的可能性。

同时不排除雷达塔发生绕击雷和侧击雷，但概率微乎其微，雷电流幅值较小，一般在 10KA 以下，为了防止绕击雷和侧击雷产生的雷电流通过电缆屏蔽层泄放，电缆屏蔽层用专用接地装置和专用高压屏蔽电缆穿入厚壁钢管接地。在雷达塔顶和雷达机房外墙面各敷设一条高压屏蔽电缆，将雷电流短路至高压屏蔽电缆泄放。我们分析极有可能是邻近发生雷击时在线路中产生的浪涌电压损坏雷达天线系统中的方位组件或者是所有馈线屏蔽层均接到了雷电流泄流点，桥架进入机房前在外墙面安装一个接地排，将桥架、馈线电缆屏蔽层、编码电缆屏蔽钢管、BVR-95mm^2 导线接至此接地排，当雷达塔发生直击雷时，接地排便不是“0”电位，对地有较大电位差，与接地排相连的电缆屏蔽层上也有同样对地的瞬时浪涌电压，导致损坏方位组件内的电子电路。

安防系统雷击事故分析：直击雷造成的雷电强磁场在电子脉冲围栏主机输出和输入金属大环路产生出了浪涌电压导致电子围栏主机损坏。室外至室内所有传输监控器的电子围栏监控信号、摄像视频和控制信号的信号电缆均为穿 PVC 管进入监控器，而没有穿钢管进行电磁屏蔽，当附近发生雷击时雷电磁场在信号输入端产生较高的浪涌电压，从而导致监控器损坏。再加上室外监控摄像机、电子门铃及电子围栏主机均由室内供电，而室内至室外的供电电缆也未穿入钢管进行电磁屏蔽。当室外发生雷击时，雷电波沿电源回路和并行一起布线的信号回路中产生浪涌电压损坏相应接口和设备。在信号和电源电缆两端所配置的避雷器性能不能抵御强雷电产生的浪涌电压，安装的避雷器未能有效保护监控接口和电子围栏键盘接口。因此造成了安防系统的全面瘫痪。

解决方案：技术人员对故障的方位组件进行了更换，更换完成后，开启二次雷达双通道正常。而安防系统则交由安防工程师修复，并进行防雷改造。其改造措施为凡进入室内的监控信号电缆均穿入钢管进入室内，钢管间隔 10m 处就近可靠接地一次，信号两端安装相应的 SPD；室外电子脉冲主机高压脉冲输出和输入端安装高压氧化锌避雷器；室内至室外电子脉冲主机供电的电源电缆穿入钢管，钢管间隔 10m 就近可靠接地；供电电源的电缆两端安装相应 SPD，室外安装一级电源 SPD，室内安装二级电源 SPD，供电电源严禁从 UPS 输出端取电，从照明或空调动力取电。靠近避雷针的室外摄像头和电子围栏脉冲主机的金属导体与邻近避雷针金属底座用 BVR-35mm^2 导线可靠连接，电子围栏支撑杆就近可靠接地。

6 结语

防雷是一项复杂的系统工程，加之民航空管的很多高山台站多处于雷暴的易发生区域，且台站机房内设备众多，线路密集，如果存在防雷的漏洞就极易引发雷击，造成重大损失。因此在台站的日常运行中防雷是一项重要的工作。我们需要做到以下几点：

①加强台站运维人员的防雷知识培训工作，提高大家对雷电流的认识；严格遵守规章制度，定期对防雷设施进行检查。

②在室外做防雷，要安装好进出机房电缆馈线和机房防雷屏蔽网。

③在室内做防雷，则要在所有信号传输线上安装信号防雷器 SPD，在所有进入机房内的射频电缆、网线等所有线缆都在入户口处将金属屏蔽层就近可靠接地。

④在电源防雷方面，则要在高压线路上安装三相电源防雷器，在市电的输入端、隔离稳压器的输出端、UPS 的输出端以及机房配电箱的输入端和各设备对应空开的输出端安装三相电源防雷器；规范生活区用电，加强用电的安全教育，严禁乱接电源线，定期检查生活区用电设施。

参考文献

[1] GB 50057—94 建筑物防雷设计规范[S].

[2] 刘雁峰.防雷技术在高山发射台的应用[J].电子世界,2021(13):2.

[3] 孙君厚,赵志国,金兆华.通信机房和设备的防雷技术与实践研究[J].科技创新与应用,2012(6Z):1.