# 高山通信基站防雷改造和效果检验

刘文才 陈 桢 阳 勇 粟德兵
1. 南充市气象局 四川 南充 637000；
2. 川东北强天气研究南充市重点实验室 四川 南充 637000

**摘 要** 高山通信基站具有所处地势高、位置突出，易接闪雷电等特点，通过对高山通信基站雷击灾害事故调查不难发现，雷电防护措施不完善、不合理，雷电活动时轻则造成设备损坏，重则导致人员伤亡。高山通信基站应根据所处的地理位置、环境、通信设备的运行状态等条件，综合运用现代防雷理论和防雷措施，从接闪、泄流、接地、等电位连接、雷击电磁脉冲防护等多方面进行综合防护，方能确保基站稳定运行、设备安全工作。本文主要以四川省广播电视局704台综合防雷措施的实际应用为例，综合分析综合防雷措施的应用及其效果，为高山通信基站完善综合防雷措施、减少雷电灾害损失提供科学参考。

**关键词** 高山；通信基站；防雷；综合防护

**Lightning Protection Renovation and Effectiveness Verification for Mountain Communication Base Stations: A Case Study of Sichuan Radio and Television Bureau's 704 Station**

Liu Wen-cai, Chen Zhen, Yang Yong Su De-bing
1. Nanchong Meteorological Bureau, Nanchong 637000, Sichuan Province, China;
2. Nanchong Key Laboratory for Severe Weather Research in Northeast Sichuan, Nanchong 637000, Sichuan Province, China

**Abstract** Mountain communication base stations are characterized by their high terrain and prominent locations, making them prone to lightning strikes. Investigations into lightning disaster accidents at such base stations reveal that inadequate and unreasonable lightning protection measures often lead to equipment damage or, in severe cases, casualties. To ensure the stable operation of the station and the safety of its equipment, comprehensive protection must be implemented based on the station's geographical location, environment, and operational status of communication equipment. This involves integrating modern lightning protection theories and measures, including interception, current conduction, grounding, equipotential bonding, and protection against lightning electromagnetic pulses. This paper takes the practical application of comprehensive lightning protection measures at the 704 Station of Sichuan Radio and Television Bureau as a case study. It analyzes the application and effectiveness of these comprehensive measures, providing a scientific reference for improving lightning protection and reducing lightning disaster losses at mountain communication base stations.

**Key words** Mountain; Communication Base Station; Lightning Protection; Comprehensive Protection

四川省广播电视局704台（以下简称704台）位于川东北最高山脉——华蓥山主峰上（东经106° 77′，北纬30° 23′），海拔约1 400 m，常年空气潮湿、气候条件复杂多变，云地闪定位系统监测资料显示，704台2007年至2021年平均雷暴日数为15.1 d，属少雷区。据工作人员反映：即使704台周边发生雷电活动，站内设备也会受到影响，造成停机或者损坏。据统计，在704台未采取综合防雷措施时，年均遭受雷电影响10次以上，直接经济损失年均5万元以上，雷击损坏设备影响电台、电视台节目正常播出的间接损失更无可估量。为了避免和减少704台雷电带来的影响，确保站区设备、人员安全，2007年南充市防雷中心受托对704台雷电防护装置重新进行了完善设计，在设计中综合环境因素采用综合防雷措施，强化规范施工，自整改后投入使用至今，防雷系统稳定运行，未再发生过雷电灾害事故。

## 1 台站原有防雷系统状况及雷击原因分析

### 1.1 台站原有防雷系统状况

704台建成于20世纪90年代初，主要由微波机房、发射机房、天线铁塔、宿舍楼、食堂、配电室及室外卫星接收器、箱式变电站等组成，其中，建筑物、铁塔均有合格的外部防雷装置，各建筑单体之间接地网相互独立；微波机房、发射机房、配电室、卫星接收馈线设有防雷电波入侵措施，但存在电涌保护器布置不合理，个别存在劣化失效等问题。

### 1.2 台站经常性雷击原因分析

704台所在位置地质存在以下特点：表层仅有平均不足20 cm厚的土层，下层为电阻率极高的石灰岩，土壤电阻率为2 000 Ω·m，土质电流传导性能极差。铁塔高耸，位置突出，导致704台易接闪。由于704台综合的地理位置和气象条件，加之各建（构）筑物之间接地系统相互独立且安全距离较小、防雷电波入侵存在缺陷、机房缺乏电磁屏蔽措施、等电位连接不规范等因素，导致站内设施设备易遭受雷击。

## 2 综合防雷措施

事实证明普通的防雷措施不足以满足704台的需求，要想704台免受雷电影响，必须采用新的设计理念和施工方法，充分采用直击雷防护、等电位连接、电磁脉冲防护、合理的综合布线、钻孔、换土、敷设接地模块、共用接地、电涌保护器（SPD）的设计安装等综合防雷措施。

### 2.1 接地措施

1.接地装置的确定及布局。防雷设计应调查地质、地貌、气象、环境等条件和雷电活动规律以及被保护物的特点等，因地制宜地采取防雷措施[1]。

由于704台平均土层约20 cm，其下为坚固的石灰岩层，土壤电阻率极高，业主单位及行业技术标准规定，接地电阻值要达到1 Ω以下，技术难度、施工难度极大，经济合理也难以满足。因此，按照GB 50057—2010[2]相关技术标准，高土壤电阻率地区接地装置阻值可适当增大的原则，从安全可靠、经济合理的角度进行论证后，最终确定该台站的接地装置主要由水平接地体组成，增设微波机房设备、发射机房设备网格型接地网，网格大小为1 m×1 m，材质为50 mm×5 mm热镀锌扁钢；采用同样材质的扁钢在发射机房建筑四周增设环形接地网。在实际施工中，根据土壤、地质等情况采用多支线外引式接地装置、钻孔、换土、利用降阻剂、采取延长水平接地体、加装接地模块等措施[3]，最大限度增大接地面、减小接地电阻值。

2.地网联合改造。联合接地网相对于独立接地网，具有等电位、消除各地网之间相互干扰的优点，同时具有更好的兼容性[4]。设计将新增接地网与台站原有的各单体接地网相互连接，形成一个大型、联合接地网，所有连接处均采用放热焊接并做防腐处理。因全部地网联合后的接地网面积超过了1 200 ㎡，因此，其接地电阻值的大小不予计及。台区地网经联合改造施工完成后，采用3 A电流的大型地网测试仪测试，接地电阻值为1.8 Ω。

### 2.2 防直击雷措施

1.接闪措施。由于站内分布着四座铁塔，最高的达到75 m，最矮的35 m，能对站内建筑物（注：建筑物本身有完善的防直击雷措施）起到有效的防直击雷保护。需要解决的是，尽量减少铁塔上安装的设备、天线遭受侧击雷的概率（雷电电磁感应的影响），为此，设计将原铁塔顶部的接闪单杆更换为接闪多杆，以最大限度地增加接闪杆的保护范围及接闪概率，减少铁塔遭受侧击雷的可能性。该接闪多杆具有气隙放电、阻抗限流、波形被展宽、幅值降低、波头上升陡度减缓、降低地电位反击等综合技术性能，能明显改善雷电流的泄放过程。

2.泄流措施。原建筑物、铁塔均已有完备的泄流措施，需要解决的是，当铁塔新增设接闪多杆在接闪雷电后，如何有效将雷电流迅速传导至接地装置并减少对铁塔上天线及其设备的电磁脉冲，为此，在接闪多杆上设计一组专用引下线、穿带屏蔽层的阻燃塑料管从铁塔中心部位垂直引下，直接接入铁塔的接地装置，引下线的所有连接处均采用放热焊接并做防腐除锈处理。

### 2.3 等电位连接措施

等电位连接是现代综合防雷技术的核心，等电位连接起着均压、分流等重要作用。等电位连接可以减少人体同时接触不同电位所引起的电击反应，可以有效防范电位差反击以及增加信息设备抗干扰的能力，等电位连接材料的选择非常重要，基站的馈线金属外皮与铁塔、机房总汇流排、走线架等金属构件连接时，要求采用截面积不小于10 mm²的多股铜芯线；机房内安装的环形等电位连接带，要求采用截面积不小于90 mm²的铜材（铜带或铜芯线）[5]。

在704台的等电位连接中，采取了下列措施：①拆除该台站腐蚀、损坏的接地线，按照规范要求更换新的接地线。②在台站的LPZ0A或LPZ0B与LPZ1交界处设置总等电位接地端子板；在机房内便于安装和检查的位置设置局部等电位接地端子板。③按照配电系统的线路实际情况，在各防雷分界面及各配电箱处按照规范要求设置能量适配的电涌保护器，更换劣化失效的电涌保护器。④该台站电子系统为兆赫兹级数字线路，结合台站的发射机房、微波机房等实际情况，该台站发射机房、微波机房内的设备等电位连接采用Mm型等电位连接方式。防静电接地、安全保护接地、防雷接地、浪涌保护器（SPD）接地端等均以最短的距离与等电位连接网络的接地端子连接。机房内设备的金属外壳、各类金属管道、金属线槽通过等电位连接带实现等电位连接并接地[6]。

### 2.4 雷击电磁脉冲防护措施

屏蔽是减少电磁脉冲干扰的基本措施。重要的机房必须采

取电磁屏蔽措施，为防雷击电磁干扰，所有线缆还应敷设在具有屏蔽效果的金属管、槽（架）内，并经过多次等电位连接后再进入主机房。

为了减少电磁感应效应，应采用以下措施：①外部屏蔽措施；②内部屏蔽措施；③合理布线及线路屏蔽措施。这些措施应联合使用[7]。

由于704台综合的地理位置和气象条件，其雷电电磁脉冲辐射危害不可小觑，最有效的防护方法就是做好屏蔽处理，具体措施及做法如下：①将以前设置在室外或房顶的设备以就近原则设置在雷电防护区中高级别区域的微波机房和发射机房内。②建筑物之间的无屏蔽层的连接线路，敷设在金属线槽内，金属线槽全线保持电气贯通，并在金属线槽两端分别就近连接到建筑物两端的等电位连接带上。③有屏蔽层的动力电缆、信号电缆，其屏蔽层及金属线缆槽（架）进入机房入口处分别与设置的等电位连接端子可靠连接。电缆屏蔽层、电缆金属槽（架）在入户的两端还应分别与接地系统等电位连接。④光缆的所有金属接头、金属挡潮层、金属加强芯等，均在入户处直接接地。

## 3 效果检验

通过事前对704台所处地理位置、地质构造、土壤性质、气象条件、电磁环境、设备布局、线路分布、存在的有效防雷措施等情况的详细勘察，在综合分析、评估雷电活动规律以及被保护物特点等基础上，对其进行科学合理、安全可靠、经济可行的全面设计，特别是针对其信息系统设施设备经常遭受雷击的实际情况，采取了综合防雷措施并规范化施工，设计理念、施工质量获得业主及其上级主管部门、业内专家一致好评。704台综合防雷整改工程完工投入运行后，经过18年的运行，防雷系统经受住了多次强雷暴天气过程的考验，运行一直稳定可靠，信息系统设施设备也未再遭受雷击事故，极大地减少或避免雷电灾害导致的直接或间接经济损失，确保台站人员安全，为电台、电视台节目正常播出提供了重要保障。

## 4 结束语

高山通信基站大都所处地理位置、综合环境复杂，其防雷系统的设计和施工是一个复杂的系统工程，应在仔细了解站场使用性质、建（构）筑物规模、设施、设备组成及其具体分布、历年雷灾发生情况，认真调查基站的地形地貌、土壤地质、气象、环境、被保护物特点、现有的防雷设施现状等基础上，分析雷电发生的特点和规律，并充分考虑经济、合理、适用原则，全方位、科学地做好高山通信基站的综合防雷设计，做到规范施工可以最大限度地减少雷电灾害对高山通信基站造成的损失，同时基站的正常运行还应按照相关法律法规和技术规范的规定，由具有防雷检测资质的机构定期对基站的雷电防护装置进行检测并做好日常维护，确保防雷装置始终处于最佳有效状态。

## 参考文献

[1]王金元,孙兰,成彦.民用建筑电气设计标准:GB 51348—2019[S].北京:中国建筑工业出版社,2020:140.

[2]林维勇,黄有根,焦兴学.建筑物防雷设计规范:GB 50057—2010[S].北京:中国计划出版社,2011:8-95.

[3]张道群,李玉安,朱建.高山地区降低接地电阻的方法[C]//第三届中国防雷论坛论文集.北京:气象出版社,2004:145-147.

[4]刘吉克,朱清峰,祁征.通信铁塔邻近区域的防雷技术:YD/T 3287—2017[S].北京:中华人民共和国工业和信息化部,2016:1-13.

[5]王学良,刘学春,伍哲文.防雷装置检测技术[M].北京:气象出版社,2012:122.

[6]娄宇,钟景华,薛长立.电子信息系统机房设计规范:GB 50174—2008[S].北京:中国计划出版社,2009:20.

[7]刘兴顺,熊江,余亚桐.建筑物电子信息系统防雷技术设计手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2013:108.

（本文编辑 杜宇琪）

