

通信基站防雷检测关键问题 Analysis of Key Problems and Grounding Points in Lightning Protection and Earthing Detection of Base Station 及接地要点分析

祁征¹,胡煜华²,陈强¹,牛年增¹(1. 中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司,河南 郑州 450007;2. 中国联通浙江分公司,浙江 杭州 310051)

Qi Zheng¹,Hu Yuhua²,Chen Qiang¹,Niu Nianzeng¹(1. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co.,Ltd. Zhengzhou Branch,Zhengzhou 450007,China;2. China Unicom Zhejian Branch, Hangzhou 310051,China)

摘要:

移动通信基站分布广、站址环境恶劣,非常容易遭受雷电袭击,造成设备损坏、通信中断等恶劣影响。以实际案例来说明通信基站在线防雷接地系统检测的要点,根据检测结果,分别统计了铁塔、地网、馈线、设备、电源系统等的防雷检测情况,并给出了具体建议;根据检测中遇到的情况,以及基站中常见的防雷接地检测误区,对比分析了开关电源不同接地模式的利弊,提出了基站运营中应该注意的事项,以减少防雷安全隐患。

关键词:

基站;防雷;检测

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2020.10.017

文章编号:1007-3043(2020)10-0083-05

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

Base stations are widely distributed and badly located, which are very vulnerable to lightning attacks, resulting in equipment damage, communication interruption and other adverse effects. The key points of on-line lightning protection and grounding system detection of base station are illustrated by practical cases. According to the test results, the lightning protection detection situation of tower, ground grid, feeder, equipment, power supply system, etc. is counted, and specific suggestions are given. According to the situation encountered in the detection, as well as the common errors of lightning protection and grounding detection in the base station, it compares and analyzes the advantages and disadvantages of different grounding modes of switching power supply, and puts forward the matters needing attention in the operation of base station, so as to reduce the hidden danger of lightning protection.

Keywords:

Base station; Lightning protection; Detection

引用格式:祁征,胡煜华,陈强,等.通信基站防雷检测关键问题及接地要点分析[J].邮电设计技术,2020(10):83-87.

0 前言

移动通信基站分布广、站址环境恶劣,由于基站信号发射的特点,楼顶、山顶等易遭雷击区域极易成为基站站址。这类地区的基站有雷击频繁、雷击侵入途径多等不安全因素,因此通信基站设备很容易遭受雷击而损害并且给运营维护者带来很大的困扰。

为了减少基站的雷击损失,国内通信运营商投入了相当的人力、物力和财力进行防雷检测和改造等工作,但是,由于很多地区缺乏基站防雷的系统知识和

正确的指导方案,导致现有防雷系统仍然存在很多不足,存在很多诸如接地系统混乱、防雷器安装不规范等问题。

本文将结合实际案例来说明通信基站在线防雷接地系统检测的要点,以及基站中常见的防雷接地误区。

2017年中讯邮电咨询设计院有限公司某防雷检测项目对某省十几个地(市)共计1560个基站进行了防雷接地系统安全检查,依据《通信局(站)在用防雷系统的技术要求和检测方法》(YD/T 1429-2006)对每个基站进行了文件检查、接地网符合性检测、接闪器检查、引下线检查、通信局站进站电缆雷电防护检查、等电位连接检测、内部过电压保护检测等7个大项的检

收稿日期:2020-09-10

测。

1 基站防雷检测的误区

有部分维护人员认为基站防雷检测就是测量地阻,接地电阻值小于 $10\ \Omega$ 基站就算合格了。但是,有研究表明“根据某地区数百个遭受雷击损坏设备的基站接地电阻的统计: $10\ \Omega$ 以上的占7%, $5\ \Omega$ 以下的占74%, $5\sim 10\ \Omega$ 的占19%。”这只是说明雷害和基站的接地电阻值并没有必然的联系,而不是说明接地电阻值越大越好。基站防雷效果和接地电阻并没有直接的关系,而与设备间存在的电位差有关。

设备损坏的通常原因:由于机房内某些设备的电源线、信号线遭受直击雷或者由于电磁感应产生过电压时使自身电位抬高,而其他设备仍处于低电位的状态。由于机房内通信设备相互之间或通过电源线或通过信号线均有联系,于是各设备间就形成了电位差,这种电位差大到一定程度就会导致设备绝缘及内部元器件击穿。

如图1所示电源线引入的雷电流通过避雷器由开关电源接地线入地,由于开关电源接地线较长,造成开关电源与其他设备间产生较大电位差。

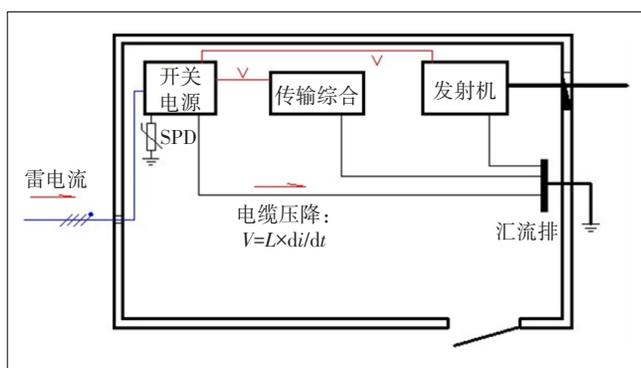


图1 雷电流引起的电位差

假设:雷电流为 $10\ \text{kA}$,接地线长度为 $10\ \text{m}$,接地导线感抗为 $1\ \mu\text{H}/\text{m}$,则接地电缆压降为:

$$V \approx L \times di/dt = 10 \times 10^{-6} \times 10\ 000 / (8 \times 10^{-6}) = 12\ 500\ (\text{V})$$

因此,基站的防雷是一个系统性工程,基站的防雷检测不仅仅是检测接地电阻值。

2 防雷检测要点分析

2.1 铁塔、通信杆及地网检测

2.1.1 检测情况统计

铁塔的检测主要是对塔顶避雷针、避雷针保护范

围,塔身引下线,塔基接地等方面进行检测。

根据现场检测,铁塔部分的问题主要集中在塔基或铁塔引下线未接地,有一些处于无地网状态或者原有地网被破坏。

按基站所处的位置可分为楼顶塔和落地塔。无地网情况主要集中在楼顶塔,被破坏的地网或地网不符合要求的主要集中在落地铁塔。楼顶塔未接地主要原因是运营商建设基站时未考虑接地情况,造成一部分基站自开通之时就处在无接地情况。落地塔主要是地网经检测不符合要求或现场判断自建设时就无地网。

根据统计,本次检测项目共计213个基站地网不符合要求,地网不符合率约为13.7%,需要重新建设或整改。

2.1.2 小结

基站地网通常由机房地网、铁塔地网、变压器地网组成。

机房地网由机房建筑基础(含地桩)和外围环形接地体组成。环形接地体应沿机房建筑物散水点外敷设,并与机房建筑物基础梁柱内2根以上主钢筋焊接连通。机房建筑物基础有地桩时,应将各地桩主钢筋与环形接地体焊接连通。如专用电力变压器设置在机房外,且距地网边缘 $30\ \text{m}$ 以内时,应用水平接地体与地网焊接连通。距地网边缘大于 $30\ \text{m}$ 时,可不与地网连通。

对于接地电阻值偏大的基站应根据以下情况分别处理。

a) 首先检测土壤电阻率,如果土壤电阻率大于 $1\ 000\ \Omega \cdot \text{m}$,可不限制基站的地网接地电阻值,而应以地网面积的大小为依据。地网等效半径不宜小于 $10\ \text{m}$,地网四角宜敷设 $10\sim 20\ \text{m}$ 的热镀锌扁钢作辐射型接地体(见图2),且应增加各个端口的保护和提高SPD通

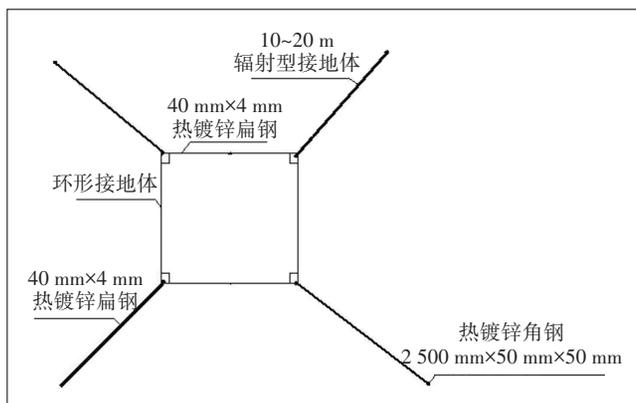


图2 辐射型接地体示意图

流容量、加强等电位连接等措施予以补偿。

b) 如果土壤电阻率小于 $1\ 000\ \Omega\cdot\text{m}$,也可用扩大地网面积、增设水平接地体的方式降低接地电阻值。

2.2 机房检测

2.2.1 机房外防雷检测

机房外防雷检测主要集中在馈线窗处无室外汇流排、室外汇流排未接地、室外汇流排接地不符合要求等情况。

由于室外汇流排经常被偷盗。现场检测室外汇流排存在大量问题;基站无室外汇流排数量为627个,有室外汇流排,未接地或者接地不符合要求的数量为139个,室外排不符合率约为49.1%。

图3示出的是无室外汇流排。



图3 无室外汇流排

室外汇流排的作用是给天馈线金属外皮接地用,国标GB 50689-2011对于天馈线接地有如下规定。

“6.4.1 铁塔上架设的馈线及同轴电缆金属外护层应分别在塔顶、离塔处及机房入口处外侧就近接地;当馈线及同轴电缆长度大于60 m时,则宜在塔的中间部位增加一个接地点。室外走线架始末两端均应接地,接地连接线应采用截面面积不小于 $10\ \text{mm}^2$ 的多股铜线。

6.4.2 馈线及同轴电缆应在机房馈线窗处设一个接地排作为馈线的接地点,接地排应直接与地网相连。

6.4.3 接地排严禁连接到铁塔塔角。”

由于雷击时位于塔顶(或建筑物楼顶)的天线电位会远高于机房内的汇流排,因此,天馈线很容易将雷电引入机房。由天馈线进入的雷电流会引起无线发射机入地雷电流增大、地电位升高,使无线发射机与传输、电源等相关设备间产生较大的电位差,造成雷害故障。采用馈线分流接地措施,可以减少进入机房的雷电流。

图4示出的是天馈线接地示意图。

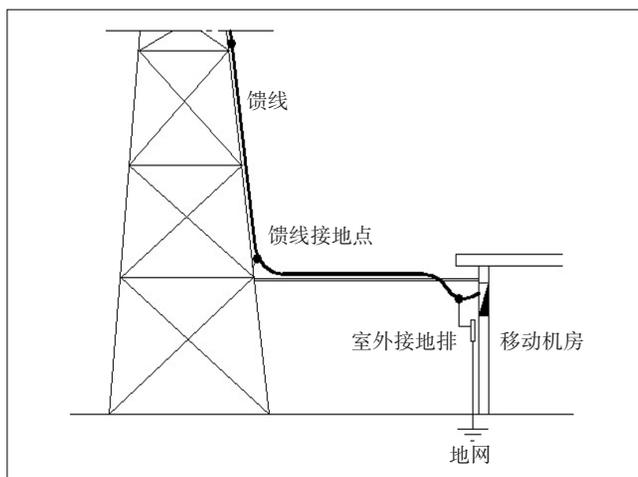


图4 天馈线接地示意图

2.2.2 室内防雷检测

根据全省检测情况,机房内问题主要集中在室内汇流排上。主要存在以下几种情况。

- a) 机房内无室内汇流排或室内排被盗。
- b) 室内汇流排接地方式错误。

其中无室内汇流排的基站数量为67个,室内汇流排未接地或者接地不符合要求的基站数量为319个,室内汇流排不符合率约为24.7%。

2.2.3 设备接地

基站内设备主要有开关电源、交流配电箱、电池、机架、信号发射主设备、光缆、天馈线系统等。

本次检测问题主要集中在室外天馈线接地和室内光缆加强芯接地上。

由于前期运营商在进行光缆与机房内机柜连接时未对光缆加强芯提出接地要求,所以现场检测基本上光缆加强芯和外护层都未接地处理。

2.2.4 电源系统检测

电源系统的检测是通信基站防雷检测的重点,根据统计,雷击造成的损坏90%以上都与基站电源端口有关。

a) 专用变压器。因为前期施工原因未对专用变压器地网提出过要求,所以专用变压器未做地网是一个普遍存在的现象,经现场检测几乎没有对变压器单独做地网或所做的地网不合格,也未与机房地网可靠连接,所以变压器损坏的情况经常发生。根据本次检测情况,有509个变压器无地网,占全省总量的32.6%。

b) 交流配电箱。根据现场检测,交流配电箱处电源第一级防雷器存在大量的问题。一般分为防雷器量级小、灯号指示显示不正常、防雷器损坏、未安装第一

级防雷器等几种常见情况。全省第一级防雷器不符合标准要求的基站数量为667个,未安装的基站数量为354个,不符合率为65.4%。

c) 开关电源。通过本次检测发现开关电源内交流电源第二级防雷器出现损坏,缺少模块,不符合要求等情况,全省共计检测出279个需要更换的防雷器,不符合率为17.9%。

2.2.5 小结

根据相关统计,雷击造成设备损坏90%以上都是与电源端口有关。而相对于基站前端的交流配电箱的接地,开关电源的接地更容易出错。在现场检测中,通常遇到2种接线方式(见图5)。

模式A三地合一,接地参考点在开关电源内部,是大多数基站防雷的接法,也是国标和行标推荐的做法。少数基站选择模式B的接法,三地分别另外拉了接地线到总接地排,参考点在3~5m外的总接地排,工作地和保护地分别串联高频抑制器,认为这种方式能够隔离地电位升的反击。模式B的C级保护器则通过很长的接地线接到了总接地排。下面分2个部分进行分析。

2.2.5.1 接地参考点分析

在模式B中,按照防护模型图中的接线方式,开关电源的工作地、保护地和防雷地分别接地,相当于大V型接地,接地线长度不可能完全相等,流入的雷电流也不会完全相同,并且由于保护地线和工作地线分别串联了线圈接地,将导致工作地、保护地、防雷地三者电位不同,产生很大的电位差。

假设接地线流入的雷电流相同均为10kA,由于串电感效应,线圈电感量为10μH,接地线长差距1m,

电感为1.5μH,则由 $U_a=Ldi/dt$,得

$$U_a=(1.5+10)\times 10^{-6}\times 10\ 000/(8\times 10^{-6})=14.375(\text{kV})$$

假设防雷地与保护地相距0.2m(相当于小v型接地),则由 $U_b=Ldi/dt$,得

$$U_b=0.2\times 1.5\times 10^{-6}\times 10\ 000/(8\times 10^{-6})=0.375(\text{kV})$$

$$U_a/U_b=38.33$$

从以上计算中可以看出2种接法电位差相差38倍,小v型接地明显更安全。

在模式B方案中,开关电源的工作地、保护地和防雷地分别接地,并不等电位(如图6(a)所示)。当开关电源交流侧有雷电流侵入时,雷电流通过C级防雷器和接地线流入大地。由于C级防雷器的残压和雷电流通过接地线上形成的残压将使开关电源交流侧抬升很高的电压,产生安全隐患。

而对于图6(b)所示的三地合一的接法,由于接地参考点被提高到了开关电源内部,基于水涨船高的原理,只要内部等电位,外部电位的抬升对开关电源内部影响不大。

假设侵入的雷电流为20kA,接地线电感为1.5μH/m,开关电源防雷器的接地线长为5m,铜导线电阻为1mΩ/m,则

$$\begin{aligned} U &= U_1 + U_2 + U_p = I_R + Ldi/dt + U_p \\ &= 20\ 000 \times 1 \times 5 \times 10^{-3} + 1.5 \times 10^{-6} \times 5 \times 20\ 000 / (8 \times 10^{-6}) + 1\ 500 \\ &= 100\ \text{V} + 18\ 750\ \text{V} + 1\ 500\ \text{V} = 20.35(\text{kV}) \end{aligned}$$

2.2.5.2 高频抑制器分析

在模式B方案中,部分设备的接地是通过高频抑制器接地的,而高频抑制器是一种感性元件,当接地系统串联电感接地时,会在雷电流通过时产生很高的电压,可能造成设备损坏。

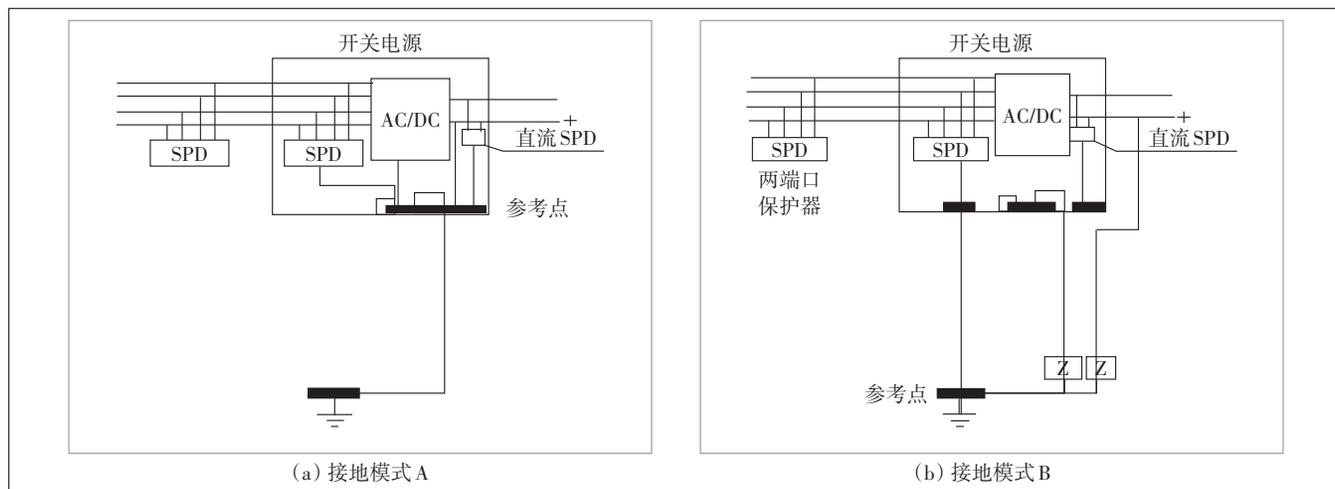


图5 接地模式

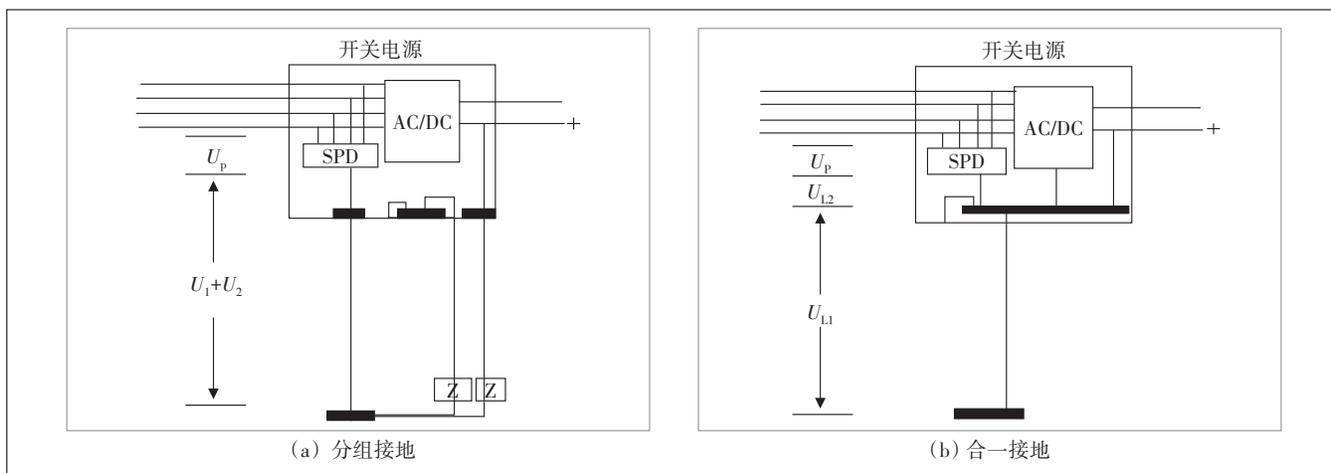


图6 接地方式

假设流过高频抑制器的雷电流为 20 kA,雷电流波形为 8/20 μ s,接地引下线电阻忽略不计,串联的线圈为 100 μ H,则

$$U=Ldi/dt=100\times 10^{-6}\times 20\times 10^3/(8\times 10^{-6})=250(\text{kV})$$

计算结果显示,当接地线串联电感线圈时,将使电位抬高 250 kV,再考虑到机房内各个设备并没有等电位,机房内设备损坏风险大为增加。

综上所述,建议采用模式 A 进行接地。

3 总结

从本案例的检测情况来看,出现的防雷安全问题比较严重,因此建议各通信运营商每年应委托具有防雷检测资质的检测单位对辖区基站进行检测,务必按照标准规范对有安全隐患的基站进行改造,并且还应注意完善以下工作。

a) 加强对维护人员防雷知识培训,维护人员应具备基站防雷基本知识。

b) 定期检查避雷器并确保避雷模块没有明显发热,对显示失效的避雷模块及过了有效期的避雷器应及时更换。

c) 定期巡查基站室内、外汇流排是否完整,发现缺失及时补充。

d) 雷雨季节基站的巡检:应检查避雷器的失效指标是否在正常状态并检查避雷器的断路器是否断开,尤其要检测空气开关是否跳开。

参考文献:

[1] 通信局(站)在用防雷系统的技术要求和检测方法:YD/T 1429-2006[S/OL]. [2020-06-15]. <https://wenku.baidu.com/view/ccf5caa3f524ccbff12184f6.html>.

[2] 通信局(站)防雷与接地工程设计规范:GB 50689-2011[S/OL]. [2020-06-15]. <https://www.mayiwenku.com/p-13125.html>.

[3] 何金良. 电磁兼容概论[M]. 北京:科学出版社,2010.

[4] 李景禄. 现代防雷技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,2009.

[5] 何金良,曾嵘. 电力系统接地技术[M]. 北京:科学出版社,2007.

[6] 刘宝庆. 现代通信电源技术及应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2012.

[7] 民用建筑电气设计规范:JGJ 16-2008[S/OL]. [2020-06-15]. <https://wenku.baidu.com/view/93022038336c1eb91a375de9.html>.

[8] 张占松,蔡宣三. 开关电源的原理与设计[M]. 北京:电子工业出版社,2006.

[9] 张占松,高频开关稳压电源[M]. 广州:广东科技出版社,1992.

[10] 祁征,林成. 基站遭雷击对附近居民人身安全及家用电器的影响研究[J]. 邮电设计技术,2014(5):88-92.

[11] 刘吉克. 关于微波站地网优化设计[J]. 邮电设计技术,1992(10):34-35.

[12] 张晓阳,蔡宣三. 离线式半桥零电压开关多谐振变换器的参数最优化[J]. 中国电机工程学报,1994,14(4):50-60.

[13] 李景禄,郑瑞臣. 关于接地工程中若干问题的分析和探讨[J]. 高压电压技术,2006(6):127-129.

[14] 何艳娇,李景禄,胡登宇,等. 变电站微机电源防雷保护研究[J]. 电瓷避雷器,2006(5):28-31.

[15] 周志敏,周纪海,纪爱华. 电气电子系统防雷接地技术[M]. 北京:电子工业出版社,2005.

[16] 刘吉克. 移动通信基站的防雷与接地[J]. 邮电设计技术,2000(5):34-38.

作者简介:

祁征,高级工程师,硕士,主要从事通信防护、防雷及电磁兼容相关的咨询、设计、检测及研究工作;胡煜华,高级工程师,硕士,主要从事无线网络规划建设、电磁兼容相关工作;陈强,教授级高级工程师,学士,主要从事通信防护、防雷及电磁兼容相关的咨询、设计、检测及研究工作;牛年增,高级工程师,硕士,主要从事通信防护、防雷及电磁兼容相关的咨询、设计、检测及研究工作。