

郭德顺, 杨建安, 叶春明. 强震动观测台站防雷措施探讨[J]. 华南地震, 2014, 34 (2): 107-114. [GUO Deshun, YANG Jianan, YE Chunming. Discussion on Lightning Protection Measures of Strong Earthquake Monitoring Stations[J]. South china journal of seismology, 2014, 34(2): 107-114.]

## 强震动观测台站防雷措施探讨

郭德顺, 杨建安, 叶春明  
(广东省地震局, 广州 510070)

**摘要:** 雷电危害是影响地震台站稳定运行的重要因素之一, 对台站进行雷电防护具有重要意义。分析雷电对地震台站的危害, 结合强震动观测台站的建设要求与建设情况, 介绍可行的防雷系统, 并从台站选址建设、供电系统、接地系统、仪器防雷、通信防雷等方面对台站防雷措施进行探讨。

**关键词:** 雷电; 台站; 防雷措施

**中图分类号:** P315.622      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-8662 (2014) 02-0107-08

**DOI:** 10.13512/j.hndz.2014.02.016

## Discussion on Lightning Protection Measures of Strong Earthquake Monitoring Stations

GUO Deshun, YANG Jianan, YE Chunming  
(Earthquake Administration of Guangdong Province, Guangzhou 510070, China)

**Abstract:** Lightning is one of the important factors affecting the stable operation of seismic stations, and it's significant to develop lightning protection for stations. This article analyzes the harm of lightning on seismic stations, and introduce one type of practical lightning protection system by combining the construction requirements and construction situation of strong earthquake monitoring stations, furthermore, it investigates the measures about lightning protection of seismic stations in terms of site selection and construction, power supply system, grounding system, equipments and communication, etc.

**Keywords:** Lightning ; Seismic station; Lightning protection measure

### 0 引言

随着科学技术的发展, 强震台站经过不断的建设和改造, 基本实现了数字化、综合化、自动化和网络化, 所提供的观测资料为地震烈度快速运算和地震科学研究做出了重要贡献。而地震台

站产出的观测数据是否稳定、连续、可靠, 关系着强震动观测科研水平的发展。地震台站的数字化仪器与信息系统的防雷措施, 已成为当今我国地震台网运行管理工作中一项重要又严峻的课题。雷电危害是影响台站长期稳定运行的重要因素之一, 因为强震台站的雷电环境相当恶劣, 而数字

**收稿日期:** 2014-05-21

**基金项目:** 中国地震局地震行业科研专项 (201208014)

**作者简介:** 郭德顺 (1978-), 男, 工程师, 主要从事地震监测管理、仪器维修维护工作。

**E-mail:** 81677264@qq.com.

化仪器与信息系统是对雷电十分敏感的精密设备，电子元件的微型化、集成化程度越来越高，而各类电子设备的耐过电压能力下降，导致雷电和过电压破坏的现象愈发增多。在强雷电活动季节，每年都有台站的观测仪器被雷击的事故发生，突发性的瞬间高压放电所产生的雷电流、电磁脉冲辐射、电磁感应，会对地震信息记录造成很大的干扰，造成数据断记、供电系统故障、仪器设备的烧毁甚至系统瘫痪。因此在台网建设过程中必须采取必要技术措施，建立一个完善的防雷系统，做好强震台站的防雷保护工作。本文将介绍广东省强震动观测站的防雷建设情况，探讨强震动观测站的防雷措施。

1 雷电对地震观测台站的危害

雷电是地震观测中较为常见且危险性最大的一种自然干扰源。我国是雷电活动很强的国家<sup>[1]</sup>，部分城市雷暴日期及初终期见表 1，全国年平均雷暴日数分布图见图 1。图中给出了全国 53 年平均雷暴日数分布，可以看到我国的云南南部为雷暴极值区，雷暴日超过 100 d。华南地区平均年雷暴日可达 80~120 d，为雷暴高值区。由于地形的抬升作用，青藏高原北缘和东缘雷暴日相对高于同纬度地区，一般可达 50~80 d，为次高值区。而戈壁、沙漠地带或盆地，一般低于 20 d，为最低值区。雷电

表 1 我国部分城市雷暴日期及初终期

Table 1 The date of initial and final stage of thunderstorm of part of cities in China

地名	全年平均/d	最早初日/月-日	最晚终日/月-日	地名	全年平均/d	最早初日/月-日	最晚终日/月-日
北京	36.7	06-04	10-26	南京	34.4	02-14	10-14
上海	32.2	02-14	10-11	银川	28.2	04-13	10-23
拉萨	75.4	09-03	03-11	西安	15.4	08-04	10-20
大连	18.2	04-04	07-11	武汉	26.7	11-01	12-20
沈阳	31.5	03-22	10-11	长沙	48.7	10-01	12-22
天津	26.8	09-04	10-29	南宁	88.6	01-13	10-28
呼和浩特	29.5	03-20	10-24	湛江	95.6	03-01	07-11
乌鲁木齐	9.4	04-13	09-20	成都	36.9	07-03	11-10
宁波	47.1	01-29	04-11	重庆	40.1	02-14	01-12
厦门	45.8	01-29	12-22	昆明	62.8	06-01	12-22
郑州	21	03-17	09-26	南昌	58.4	01-14	12-25

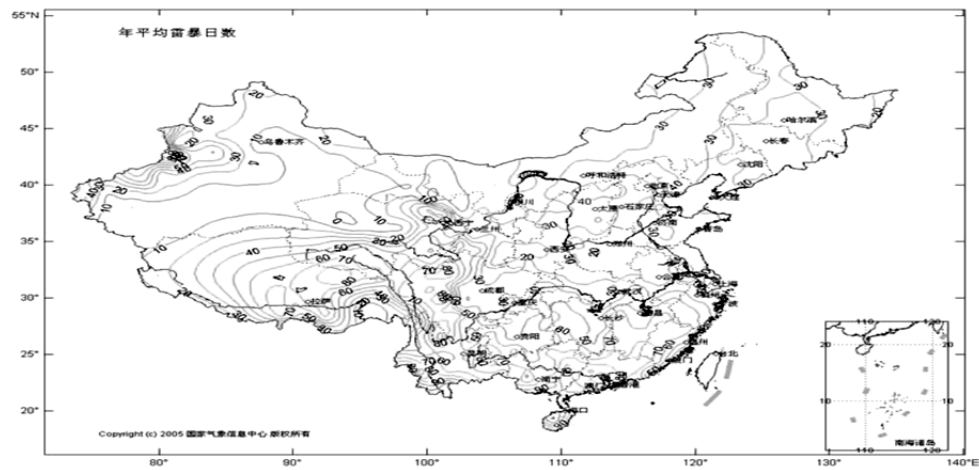


图 1 全国年平均雷暴日数分布图

Fig.1 The distribution map of the annual thunderstorm days of China

的特点是放电电压高，闪电浪涌电流幅值大，雷电有两个放电参数：①起主要破坏作用的雷电流，常达到 20~200 kA，作业时间极短；②雷电流的上升速度称为陡度，数值约为  $i=80\times10^3$  A/us。雷

电的危害都是由以上两个放电特性引起的，台站遭受的雷击主要表现为：

(1) 直击雷。雷电直接击在受害物上，产生电效应、热效应和机械力，从而对设施或设备造

成破坏和人员造成伤害。直击雷对台站仪器损坏非常严重,体现在电路板电子元件大面积烧损并散发出烧焦气味,但发生次数很少。

(2) 感应雷。主要表现为直击雷二次效应引起的感应雷、线路雷等,感应雷击破坏的主要对象是电子电气等设备,感应雷造成的雷击事件约占总体的 70%。

(3) 反击雷。在接闪瞬间与大地间存在着很高的电压,从而对与大地连接的其他金属物品发生放电的现象叫反击,反击雷很容易击穿电气设备绝缘层,干扰甚至破坏仪器设备系统。

雷电对台站的影响可归纳为以下几个方面:

(1) 观测环境。雷电直接击打在台站建筑主体上时会出现点动力和热效应作用,热效应主要是指雷电电流经过导体时产生巨大的热能,从而引起金属物的融化和飞溅,导致发生火灾甚至爆炸,使得被击打的物体在雷电电流机械力的作用下遭到破坏,还有可能受到电磁推力和静电斥力的破坏性击打,甚至危及人员的生命财产安全。

(2) 供电系统。雷电高压袭击户外电源线,并沿电力线侵入台站,造成仪器设备的损坏。并将对台站供电系统造成破坏,对于后备式 UPS 电源,将直接沿电源线进入主机击毁开关电源和主机主板。而对于在线式 UPS 电源,将依次击毁 UPS 电源与 UPS 逆变器,最后沿地线与电源零线侵入高电压,烧毁主机主板。

(3) 设备仪器。主要表现在:① 设备过早老化。雷击直接损坏设备是直观可见的,但老化现象较难发现,频繁经受过电压影响会使仪器设备的整体性能不断下降,如耐压性能的降低,损坏

的几率便大大提高,一般较小的过电压就可将其损坏。② 造成设备的损坏。击穿电子器件、破坏元件金属化表层、破坏集成电路、印刷电路板印刷线或接触点,导致系统瘫痪。对于无 UPS 电源,直接从电力线取电的台站,危害更大,台站整体设备极容易遭遇高电压影响,出现烧毁甚至爆炸。

建筑物分为 I、II、III 类,根据规范可知,强震观测房属于第三类防雷建筑物。而相关的防雷规范如 GB50057-2004《建筑物防雷设计规范》、GB50147《中华人民共和国国家标准电子计算机机房设计规范》并不完全适用于强震动观测台站,在 DB/T 17-2006《地震台站建设规范-强震动台站》中,也未指出具体的防雷规范。

闪电是电流源,防雷的基本途径就是提供一条雷电流对地泄放的合理的阻抗路径,让其不能随机性选择放电通道,从而控制雷电能量的泄放与转换。强震台站遭遇的直击雷的现象不多,常规避雷的原理是采用避雷带、避雷网、避雷针等作为接闪器吸引雷电流,并通过良好的接地装置迅速、安全疏散入大地,从而保护观测房及仪器设备。而从避雷原理上讲,就避雷接闪器本身而言,它不但不能避免雷击,反而会招来更多的雷击,通过自身多受雷击而使周围免受雷击,将带来更多的感应雷影响。所以我们认为,除非台站在雷电高发、地势较高、周边空旷的地方,一般不推荐安装避雷针,直击雷防护重点应在避雷带、避雷网建设等方面。根据 GB50057《建筑物防雷设计规范》的规定,避雷带、避雷网及引下线的材料及规格应符合表 2 的要求,并且做到引下线镀锌或涂防锈漆,固定支撑点间隔 $\geq 1.5\text{ m}$ ,离地 2 m 以下有瓷管、塑料管等良好保护。

表 2 常规避雷设备的技术要求

Table 2 The technical requirements of conventional lightning protection equipment

避雷器	选用材料	规格
避雷带、避雷网	圆钢	$\Phi \leq 8\text{ mm}$
	扁钢	横截面积 $\leq 48\text{ mm}^2$ ,厚度 $\leq 4\text{ mm}$
避雷架空线	镀锌钢绞线	横截面积 $\leq 35\text{ mm}^2$
引下线	圆钢	$\Phi \leq 8\text{ mm}$
	扁钢	横截面积 $\leq 48\text{ mm}^2$ ,厚度 $\leq 4\text{ mm}$

在国际标准IEC61312-1 中描述的分区防雷的观念已被证实是合理的、有效的。这个理论的基本思想是在过电压到达终端设备造成损害之前,由外到内逐级地减少它至无害的水平。防雷分区(LPZs) 的定义见表 3。

由此可见, 0A 区为直击雷区域,最危险,由外部防雷系统进行保护,越到建筑物内部则越安全,受损害的机会越小。地震台站防雷主要针对建筑防雷、电源供电防雷、通信系统防雷、仪器设备防雷等几方面,尽可能降低雷电带来的损失,

表 3 防雷分区定义

Table 3 The definition of lightning protection zone

防雷分区	定义
IPZ0A	在建筑物外部，不受外部保护装置保护的区域。可能遭受直击雷，对雷电磁脉冲没有任何屏蔽防护。
LPZ0B	在建筑物外部受外部防雷装置保护的区域。对雷电磁脉冲中没有任何屏蔽防护。
LPZ1	建筑物内部区域。有小部分雷电能量进入的可能性。
IPZ2	建筑物内部区域。有低的浪涌过电压进入的可能性。
LPZ3	建筑物（也可能是设备的金属外壳）内部区域。没有雷电磁脉冲产生的干扰，也没有浪涌过电压。

而防感应雷是台站防雷系统的重点，据统计雷击事件中约有 70% 是感应雷造成的<sup>[2]</sup>。入侵台站观测系统的雷电主要有市电网电源供电线路、通信线路、通过接地体入侵等 3 种途径。根据雷电危害途径和

地震台站监测系统的特点，结合各类防雷规范及相关的防雷经验，我们认为强震台站的防雷系统，可按图 2 中的防雷系统架构进行布设，本文主要讨论对感应雷的防护。

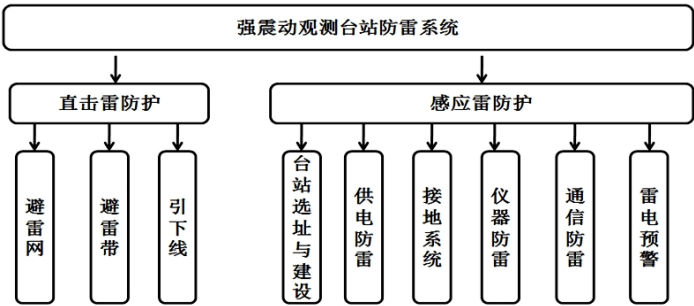


图 2 强震动观测台站防雷系统架构

Fig.2 The lightning protection system architecture of strong earthquake monitoring station

3 台站防感应雷措施讨论

雷电流即使经传统避雷装置将 50%直接泄入大地，仍有 50%将平均流入电源线、信号线、通信线缆等电气设备中。雷电对地震台站的危害更多的是感应雷害，由此感应的高压可以通过电力线、电话线、信号线、天线等金属导线传输到较远的地方，使感应雷害范围扩大。据资料统计，低压输电线路上的雷电过电压在 6 kV 以下，电流为 3~10 kA，通信线路上感应雷电过电压约为 5 kV，电流为几百安。美国研究报告[AD722675]指出，在雷闪时磁感应强度达到  $7\times10^{-8}$  T 时电子计算机等设备即会出现误动作，当达到  $2.4\times10^{-6}$  T 时设备将出现永久性损坏。雷击对地面产生电磁效应危及电子管设备系统的半径约为 400~800 m，对晶体管设备为 800~1 200 m，对微电子设备为 2 000 m 以上。如台站各电子设备距雷击点在 10~100 m 间，雷击通信线时产生的磁感强度约为  $10^{-7}\sim10^{-6}$  T 数量级，雷击电源线时引起的磁感强度为  $(0.6\sim2)\times10^{-5}$  T。前者可能使设备产生误动作，后者足以使

微电子设备出差错或损坏。因此，地震台站的雷电综合防护，不但要解决建筑物的直击雷防护，还有对进入建筑物内的各种金属管道、电源线、信号线进行感应雷防护，以确保建筑物内电子设备的安全。根据图 2 强震动观测台站防雷系统架构，我们将分节讨论。

3.1 观测房选址及建设

根据DB/T 17-2006 强震动台站建设规范，并查阅广东省各强震台站建设资料可知，30%的强震台观测房位于已建成的建筑物的一楼或底层，属于改建类观测房；20%的强震台与综合台共用观测房，属于共用类观测房；50%的强震台观测房位于学校、政府行政单位自由场地或较为空旷偏僻的地方，属于自建类观测房。本文主要讨论的是自建类观测房与共用类观测房。

地震台附近一般没高大建筑物，特别是综合观测台，往往会建在比较偏僻的地方。台站建筑物一般不高，而落雷时接闪点一般很低，台站内的工作人员便感觉到雷击就像在自己的头上或身

边。而雷击的程度与土壤的电阻率直接相关,一般河床、盐场附近土壤电阻率较小,有些地区的土壤电阻率还会出现突变的情况。在一些建筑物密集区域,有各种金属线缆或金属管道埋在地下,一些地面设施如供电塔、信号塔为雷云与大地建立有利的放电通道继而更易遭受雷击。因此,在地震台站选址建造时,应尽量躲开多雷区或易遭雷击的地点,避免日后增大防雷工程实施的难度。建筑物结构材料所能积蓄电荷的多少影响接闪的频率,以及建筑物内金属设备都会影响防雷系统的设计。这些雷击防护的参数和影响因素必须经过详细调查,作为防雷系统设计的风险评估数据。对于台站建筑体,不宜建造成尖锐形状,并做好女儿墙等部位的建造以及相关的防水措施。

屏蔽是有效防止雷电电磁脉冲辐射对电子设备影响的手段,屏蔽就是用金属网、箔、壳、管等导体,把需要保护的物体包围起来,阻隔闪电的脉冲电磁场从空间入侵的通道。利用建筑物屋顶的避雷带、避雷网和四周墙面内的柱钢筋作为引下线,以及梁钢筋相互焊接,对进入建筑物的水管、金属管道等金属构件采用良好电气连接。这样,整座建筑物就形成了一个理想的“法拉第笼”屏蔽网,并与地网可靠连接,构成初级屏蔽网。有些台站由于建筑施工条件的限制,无法结合建筑物的避雷带、钢筋、地网等形成“法拉第笼”,甚至无法对建筑物进行较大的基建工程改造,可在建筑物内部使用彩钢板建造观测房,同时做好彩钢板房的接地系统,形成良好的屏蔽房。

### 3.2 供电防雷

#### 3.2.1 交流市电供电方式

交流市电具有安装成本低,维护容易,供电稳定的特点,在条件允许的台站,应优先选择交流供电,而市电电力线一般是架空布设,电源从

电力线路输入室内前有可能遭受直击雷和感应雷,由电力供电线引入的雷电对仪器设备的损坏率约占70%。当直击雷击中高压电力线路,经过变压器入侵观测技术系统的供电设备,另外低压线路也可能被直击雷击中后产生雷电过电压。在220/380 V电源线上出现的雷电过电压平均可达10 kV,对观测技术系统可造成毁灭性打击。可通过以下方法预防由电力线引入的雷害:①220 V电力线使用长于30 m,埋地大于0.8 m的铠装电力电缆引入观测室,并做好接地处理。②对市供电系统要采用2级防雷,分级承受分摊雷害。第1级是在配电房与观测房(设备机房)之间(要有一定的防护距离),配电柜前安装三相电源避雷器,削去除避雷器阈值高压外的大部分雷害。第2级则是在观测设备前端安装单相电源避雷器,使残存的电压降至电子仪器设备可承受的电压下。条件允许的台站,应尽量使用带稳定直流电压输出及蓄电池切换供电的配电单元,隔离交流市电,为台站设备提供稳定直流供电,有效地减少高频干扰及浪涌电压对设备的损害。广东省大部分的地震监测台站均使用了隔离式直流电源,该隔离式直流电源使用两组蓄电池轮流给设备供电,具有市电隔离、电池充放电与保护、旁路、液晶显示与监控指示以及远程控制等多种功能,并且取得了良好的防护效果。电源系统架构见图3。

#### 3.2.2 太阳能供电方式

太阳能供电系统具有太阳能资源分布广泛,受地域限制小;太阳能电池原料丰富;无机械转动部件,没有噪声,稳定性好;维护保养简单,维护费用低;系统为组件,可在任何地方快速安装、无污染等优点。对比交流市电供电方式,最直接的影响就是有效的减少因电力线引入雷电的现象,查阅广东省阳江市多个海啸预警台维护资料可知,该区域台站多次受到雷击影响,导致台

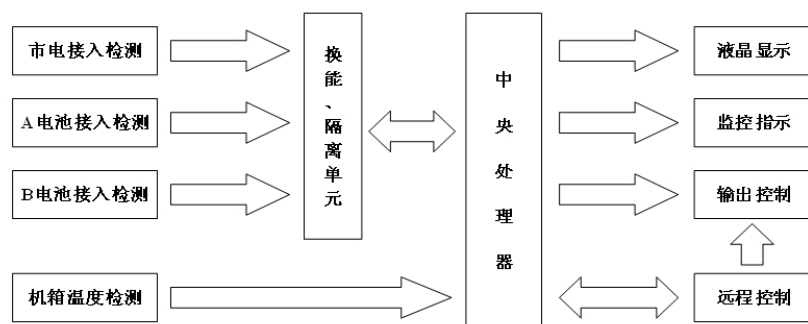


图3 隔离式直流电源系统架构

Fig.3 The architecture of isolation DC power supply system

站设备发生故障或损坏,而改用太阳能供电方式后,至今未再受到雷电的影响。但是,太阳能供电也存在太阳能照射的能量分布密度小(约  $100 \text{ W/m}^2$ )、年发电时数较低(平均  $1\,300 \text{ h}$ )、受季节昼夜以及阴晴等气象状况影响大、精准预测系统发电量比较困难、光伏系统的造价还比较高等缺点。因此,需结合台站自身情况,权衡利弊,并尽量优先考虑使用交流市电供电方式或交流市电供电为主、太阳能供电为辅的供电方式,也可参考广东省东莞市虎门地震综合观测站,使用太阳能发电为主,柴油发电机发电为辅的供电方式。

台站的太阳能电池阵列不属于建筑物,一般安装在台站屋顶,受雷击的直接原因是因为占地面积较大,高于台站避雷网、避雷带,周边无遮挡,增加了其受雷击的可能性。因此需做好太阳能系统的相关防雷措施:

(1) 交流侧防雷措施:每台逆变器的交流输出经含防雷保护装置的交流防雷柜后接入电网,能有效地避免雷击和电网浪涌导致设备的损坏,机柜要做好接地措施。

(2) 直流侧防雷措施:保证电池支架的良好接地,太阳能电池阵列连接电缆接入含高压防雷器保护装置的光伏阵列防雷汇流箱,随后再接入直流防雷配电柜,经过防雷装置可有效地避免雷击导致设备的损坏。

### 3.3 接地系统

强震台站中有避雷接地、机壳安全接地、交流电源工作接地、直流工作接地、传感器接地等。接地通常分独立接地和共用接地。独立接地将使各地网之间产生高电位差,容易击穿仪器设备,而共用接地可避免高电位差产生的击穿问题。根据电磁感应原理,当直击雷、感应雷雷电流流过被保护区内的金属导线管线时其上产生的电位降可用公式(1)表述:

$$U=iR+L_0I\frac{di}{dt} \quad (1)$$

式中  $R$  为接闪物体下引线的接地体电阻,  $L_0$  是它的单位长度电感,  $I$  是它的长度,  $i$  是流过该物体的电流。由雷电流瞬间值引起的电压降与雷电流变化所引起的电感压降可产生  $0.5 \text{ V} \sim 1\,100 \text{ kV/m}$  的过电压、 $0.01 \sim 200 \text{ kA}$  的过电流,对设备危害很大。把工作接地线、保护接地线、防雷接地线接至一个总体闭合型接地网,雷击时将会在导线、金属管网、地线网络、屏蔽范围内的台站设施上

形成均压等电位,容性地网能为雷电流提供低阻抗的连续通道,使它迅速疏散入地,从而达到保护电子设备和人员安全的目的。

采用多点接地的共用接地方式,将由此造成公共阻抗耦合效应,会产生干扰或噪音,各种干扰源感应的电流在接地平面流动,继而使得各接地点不能处于同一电位,就会出现干扰源。因此共用接地必须注意地网施工与地网连接方法,采用“一点接地法”把各系统的接地线接到接地母线同一点或同一金属平面上,合理的减短引线长度可以避免高频电容耦合效应的干扰,使各系统的接地线处于等电位。

对于接地电阻,参考其他地震台站的地网改造经验(如黔江地震台),接地电阻只要在国家标准要求的  $4 \Omega$  范围内,雷击损坏仪器设备就与接地工艺有关,而接地电阻大小无关,如没有保证足够大的接触面积,没有良好的等电位使得雷击时泻流不畅等。因此接地系统的施工必须按照有关规定和要求实施,才能得到良好的接地效果。

#### 3.3.1 接地体材料选择

根据 GB50057《建筑物防雷设计规范》,接地体规格应符合表 4 要求。

表 4 人工接地体各种材料技术要求  
Table 4 The technical requirements of artificial grounding of a variety of materials

人工接地体材料	规格
圆钢	$\Phi \leq 10 \text{ mm}$
扁钢	横截面积 $\leq 100 \text{ mm}^2$ , 厚度 $\leq 4 \text{ mm}$
角钢	厚度 $\leq 4 \text{ mm}$
钢管	壁厚 $\leq 3.5 \text{ mm}$

埋于土壤中的人工垂直接地体宜采用角钢、钢管或圆钢,人工垂直接地体的长度宜为  $2.5 \text{ m}$ ,人工水平接地体宜采用扁钢或圆钢。在腐蚀性较强的土壤中,采用热镀锌等防腐蚀措施或加大截面,接地线应与水平接地体的截面相同,垂直和水平接地体间的距离宜为  $5 \text{ m}$ ,接地体(电极)埋在地下时还应考虑抗腐蚀的问题。

#### 3.3.2 接地体埋设的要求

埋设接地体的地点应避开有腐蚀性物质的地方,避免接地体被腐蚀,尽量选择潮湿、土壤电阻率较低的地方,容易满足地电阻要求,节约金属。接地体必须保证结构的可靠性,所有连接部分都应电焊或气焊焊接,焊接处不少于  $10 \text{ cm}^2$  接

触面。接地体埋设深度不小于 1 m。当土壤电阻率太高时,应换上电阻率较低的土并捶紧,周围不得填入砖石,焦渣之类的杂物。当土壤电阻率过高时,如深层较低时可考虑深埋或将土壤进行人工处理,以保证接地电阻在  $4\ \Omega$  以下<sup>[3]</sup>。接地体应尽量埋在人们走不到或很少去的地方,避免跨步电压的危害,同时还要注意使接地体与金属物体或电缆之间保持一定距离,如距离不够,要用金属连接成电气通路,避免发生击穿。

### 5.3.3 降低接地电阻

在接地电阻较高的地方,可通过以下方法降低接地电阻:①深埋接地体;②用粘土、黑土进行换土;③使用如稀土长效接地降阻剂的长效降阻剂;④对接地处的泥土进行化学处理,根据垂直或水平挖坑方式的不同,采取不同的夯实工艺。

### 3.3.4 接地体的布局

强震观测房可采用等电位连接、环形接地,或利用基础接地体、法拉第笼(网)接地连接方法。地网的布局应根据台站建筑形状、周边环境等实际情

况确定, 而接地母线与地线的连接应做到以下要求:

- (1) 单点接地电位基准。地震台内所有设备的外壳应单点接地, 所有进线(交流电源线、馈线、电话线)在进入地震台前应实现单点接地。

(2) 设备地线应分区接地。在接地母线上应将易产生浪涌的设备(如主配电箱、电源设备等)地线和易受浪涌干扰的设备分区接地,以更有效地防止浪涌干扰。

接地体布局见图 4, 地线连接可参考如下方法:

- (1) 220 V 交流电源铠装电缆屏蔽层
- (2) 单相交流电源避雷箱地线
- (3) 稳压直流输出配电单元、UPS 电源避雷地线
- (4) 太阳能供电设备避雷地线
- (5) 现场总线电缆屏蔽层
- (6) 电话线、网线避雷器地线
- (7) 天线、馈线避雷器地线
- (8) 通讯传输线避雷地线
- (9) 数据采集器、地震计等设备机壳地



图 4 地线连接布局图

Fig.4 The layout of the ground wire connection

### 3.4 仪器防雷

即使强震观测房(观测室)有良好电磁屏蔽,雷击时,室内的电磁场仍可能干扰仪器甚至损坏仪器。应在机房建设与设备安装等环节对雷电电磁场的影响采取必要的措施,不宜将仪器设备摆放在靠窗、靠建筑物外墙、靠建筑物立柱等属于雷击电磁场最强的位置,有些仪器设备经常莫名其妙地被损坏,部分原因就是由雷击电磁场引起的。根据一般观测房接地系统的布设与电磁场的原理,可知接近建筑中央位置的雷击电磁场最弱,因此合理选择观测系统的位置及机房内设备的合理布局可有效的减少雷害。每台仪器应该做到文中提到的要求,做好供电防雷、通信防雷和等电

位连接、接地等工作，减弱或消除雷电的影响。选用SPD 避雷器时，要充分考虑仪器的参数特性不能影响仪器正常工作。而对于地震监测仪器自身的耐压性能，目前仍未有一个明确的标准与界定，然而参考通信行业、电力行业的耐压标准，有实验证明目前主流的数据采集仪器、地震计等设备大部分都未达到较好的耐压要求。因此，在使用监测设备时，要尽量使用具有较高耐压等级的设备，或设备接入前增加合适的耐压器，减弱高压对设备的影响。

### 3.5 通信防雷

强震台站通信设备一般包括天线、馈线、电话线、RS232、信号线等,部分台站甚至使用卫星



通讯设备。地震观测系统通讯线一般采用特制屏蔽双绞线, 安装铺设时穿管直埋, 所以雷电在此处的感应电压一般为 1~2 kV。但由于其直接进入设备通讯口的电压一般为正负 5 V、12 V、24 V 等, 造成损害很大, 可增加相应的通讯避雷器。设备数据交换或通讯频率是从直流到几十兆赫兹, 在选用避雷器件时, 应以通讯电平和频率或速率来确定, 以免影响数据传输。一般不采用氧化物避雷器, 因为其分布电容大, 对高频损耗大, 除非对其进行特殊处理。对于比较高频的信号, 需要特殊设计的防雷器, 以确保其阻抗与该系统对应, 否则会有信号反射的现象。避雷器还应在靠近通讯接口处安装, 减小反射损耗。台站的通信防雷包括以下方面:

(1) 天线馈线防雷: 天线馈线架设较高, 易受雷害危及发射设备安全, 也危及与天线馈线相连的调制解调器、数据采集器、地震计等设备的安全。为避免感应雷害, 可安装天线避雷器, 合理减少天线馈线的长度, 可靠接好避雷地线。在保证通信质量的前提下, 天线馈线高度尽量低, 安装位置尽量在室内。

(2) 电话线路防雷。地处郊区、山区的地震台站, 电话线的延长与遭遇感应雷的概率成正比, 电话线引入的雷电常危害有线调制解调器和与其相连的其他设备, 在入室前几十米应穿上套管埋入地下, 入室后加装电话线避雷器, 同时要可靠接好避雷地线。如条件允许, 可使用无线通信方式, 如使用含有 CDMA、GPRS 通信模块的数据传输终端, 或采用光纤网络。

(3) 通信传输线防雷。计算机与通信设备相连, 计算机与数据采集器相连, 通信设备与数据采集器相连, 一般使用 RS232 接口, 传输线路较长时, 易感应雷电及其他干扰信号, 造成两端设备发生故障, 可使用光电隔离器现场总线技术, 以获得良好的避雷效果。

(4) 信号线防雷。尽量缩短信号线, 使数据采集器与传感器尽量靠近。如引线较长, 可套用套管屏蔽埋地, 避免悬空受感应雷的危害。根据传感器两线电压不对称通信方式, 可采用浮点双线系统防雷器件, 此器件由气体放电管、压敏电阻和箝位二极管组成, 具有通流量大、箝位时间极短和保护电压数字较低等特点, 可有效保护设备。

(5) 卫星设备防雷。个别强震观测台站使用卫星传输, 因此卫星传输天线也需要进行防雷设计, 根据实际需要, 可选择同轴电缆防雷器(DS-

BNC), 可以保证网络的安全运行。

(6) 合理走线: 尽量做到电源线、通信线、传感器电缆独立走线, 相互间隔 1m 以上, 做到强弱分开, 进出分开, 减少各线路间的影响。

### 3.6 雷电预警

雷电监测能为雷电防护提供有效的数据基础, 在雷电工程技术领域, 雷电定位系统(LLS)是我国近 20 年来应用最广泛的雷电监测技术手段, LLS 测量的地闪时间和位置、雷电流幅值和极性数据为防雷工程界提供稳定高质量的基础数据, 雷电预警系统也得到了很好应用与发展, 不断有企业公司研发出相关的产品。而雷电预警在地震监测系统中仍是较新颖的研究领域, 同时也是一个发展趋势。实时监测雷云对地面的电场强度变化情况, 当电场强度超过一定阈值后发出报警信号, 在雷击发生之前发出警告讯号, 提醒或告知相关工作人员, 及时采取适当的措施避雷, 从而达到雷电预警。目前雷电预警的应用中, 在雷电来临之前, 切断监测台站的交流供电虽是无奈但却是最有效直接的手段, 但随着科技的发展, 会有更折衷的处理手段。在应用雷电预警系统时, 应结合台站自身环境与条件, 多方面讨论与调查, 确定合适的预警方案, 结合雷电预警系统, 将能为台站的雷电防护提供更有力的保障。

## 6 结语

强震动观测台站的防雷系统通过不断的修正与完善, 在日常运行中得到了很好的防雷效果, 良好的运行率与低故障率证明了该套防雷系统的实用性与可行性。然而强震台站的防雷设计是复杂的, 必须针对台站雷电环境设计完善的、可操作性强的方案, 这样实施的措施才能有效地保护仪器设备。只有在实际工作中根据不断的出现问题, 不断地解决问题, 不断地完善防雷系统, 方能有效解决问题, 为地震监测系统保驾护航。

### 参考文献:

- [1] 马明, 吕伟涛, 张义军, 等. 中国雷电活动特征分析[J]. 气象科技, 2007, 35: 1-6.
- [2] 中国地震局. 地震学与测震技术[M]. 北京: 地震出版社, 2001.
- [3] 王常余. 接地技术 220 问[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2001.