

# XX 电视台新建电视塔防雷工艺安装

## 设计方案



设计单位名称：湖南科比特工程建设有限公司

设计资质编号：11182015001（甲级）

设计方案编号：KBT19-FLSJ-0520

2019 年 05 月 12 日

## 目录

一、项目概况.....	3
二、工程设计说明.....	4
三、防雷系统建设方案.....	7
3.1 建设依据的国家和行业技术规范.....	7
3.2 防雷系统工程建设内容.....	8
3.2.1. 防雷接地系统改造方案.....	8
3.2.2、发射机房供电线路防雷设施改造.....	10
3.2.3 机房信号源设备防雷建设方案.....	12
3.2.4、机房等电位设施安装及合理布线.....	14
3.2.5 雷击电流矢量控制接地技术改造.....	15

## 一、项目概况

XX 电视调频转播台位于南县青树村河畔，发射铁塔高 168 米，为周边最高的金属建筑物，极易接闪雷电，按照 GB50057-2010《建筑物防雷设计规范》中的规定，该转播台属于第二类防雷建筑物，年雷暴日天数约为 46.3d/a，属于多雷区。

随着中央无线数字电视覆盖工程的部署，发射台站将按照中央和省局统一部署全部安装无线数字收发系统，担负起中央 12 套电视节目和地方无线数字电视信号传输的任务，成为推进基本公共文化服务标准化、均等化的重要任务，是切实保障城乡居民听好广播、看好电视的重要举措，届时，高山台站将成为保证信息畅通的前沿阵地，安全播出将变得至关重要。

而雷电一直以来都是影响广播电视发射台安全播出的一个重要因素，数字收发系统由大量精密昂贵的电子设备组成，工作电压非常低，极易被过电压和过电流损坏。

通过现场勘察，新建发射台接地联合接地要求不大于 1 欧姆，由于发射台所在区域土质结构，导致雷击铁塔时，机房处于发射塔下方，雷电可能造成雷电反击，同时形成的强电磁感应经常造成机房弱电设备端口损坏。

雷电对发射台机房构成威胁的主要形式是：铁塔接闪的直击雷，雷击电磁脉冲和雷击架空高压电缆形成的浪涌电流，依据国家和行业设计规范，需要对转播台机房防雷设施及时进行全面系统的深化设计，具体来讲，主要需要进行如下几个方面的优化：

### （1）防雷接地系统优化

为了提高接地装置对雷电的泄放效果，结合国家和行业设计规范，在原有接地系统的基础上进行设计深化，该地区四周环水接地装置在水下淤泥中腐蚀较快，普通的热镀锌材料易被腐蚀，使用寿命大大缩短，同时导电性能后期较差设计采用铜材作为接地材料，增加耐腐蚀性，同时设置 $\Phi$ 150（mm）\*80m 的深井接地装置，共 2 处；新建接地装置建设完成后引出连接线与原有地网相连，工频接地电阻小于 1 欧姆，机房接地入地点距离铁塔基角入地点保证安全距离 20 米。

### （2）机房感应雷防护设施改造

机房设备电源安装相应规格的低压配电系统电涌保护器、信号设备端口安装相应规格的信号线路电涌保护器、安装等电位接地箱、完善设备接地工艺，并进行合理布线，减少感应雷对机房内设备造成的危害。

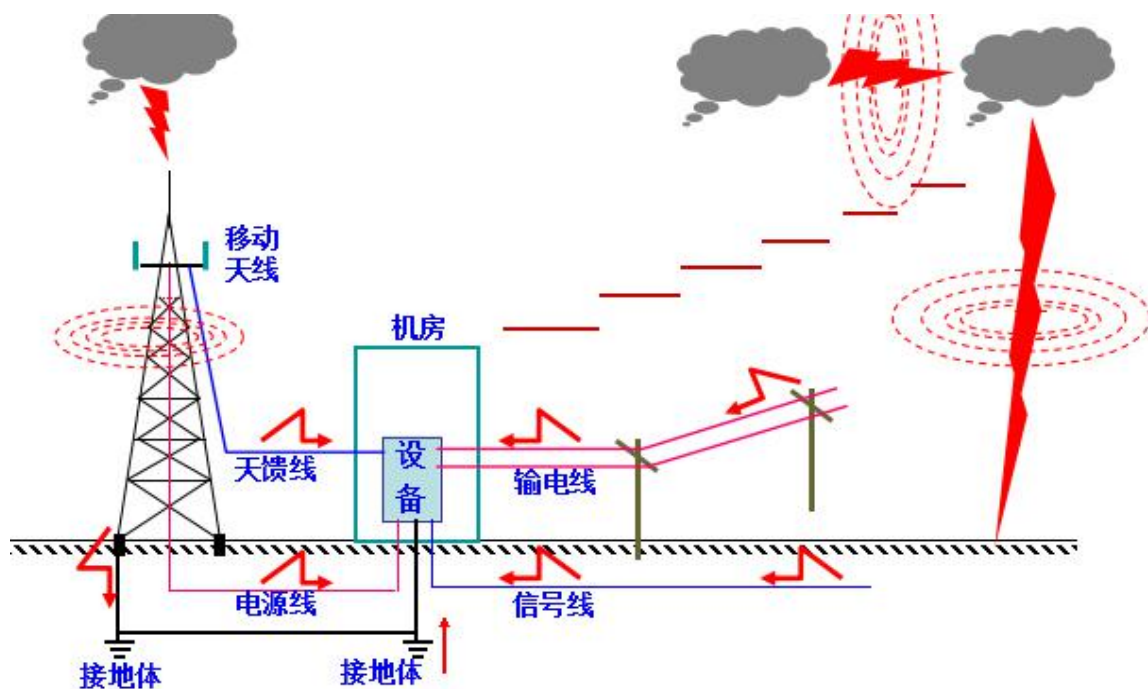
### （3）室外线缆屏蔽设施改造

卫星信号线路均应穿金属管引入机房，当附近雷击时会形成感应电流，在信号线上感应雷电流，因此，进入机房的信号线缆均要进行屏蔽，馈管屏蔽层在进机房前在室外做接地处理、光纤屏

蔽层和加强筋在机房做等电位接地处理。

## 二、工程设计说明

### 雷电危害的主要途径和形式



雷电是大气中发生的迅猛放电现象，地球上平均每秒有一百次闪电，由于其冲击电流大，冲击电压高，释放能量大，会产生很大的危害。



雷电主要表现为**直击雷**和**感应雷**，感应雷主要分为：**静电感应**、**电磁感应**、**雷电电磁脉冲**等形式。

①**直击雷**：雷电直接击在建筑物、构架、树木等物体上，尤其以突出地面的金属物体和架空电力高压为“袭击”对象，由于闪电携带了巨大的能量，一旦被击中将造成毁灭性的损害。



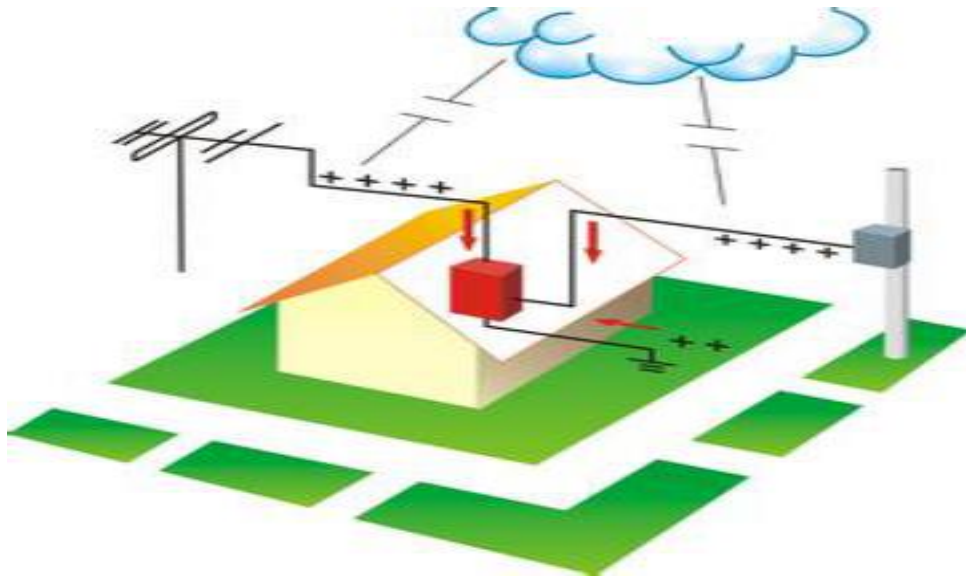
## ②**感应雷（雷电感应或感应过电压）**

感应雷也称为雷电感应或感应过电压。它分为静电感应雷和电磁感应雷。

### ※ **静电感应：**

静电感应雷是在带电积云接近地面时，由于单一雷云带电的单极性，总是会在附近的金属导体上感应出大量的反极性束缚电荷。而金属导体远离带电积云端会相应产生与雷电同级性的电荷，从而在金属导体与雷云之间，以及金属导体自身产生出很高的静电电压（感应电压），其电压幅值可达到几万到几十万伏。这种过电压往往会造成建筑物内的导线、接地不良的金属物导体和大型的金属设备放电而引起电火花，从而容易引起电击、火灾、爆炸，危及人身安全或对供电系统造成危害。

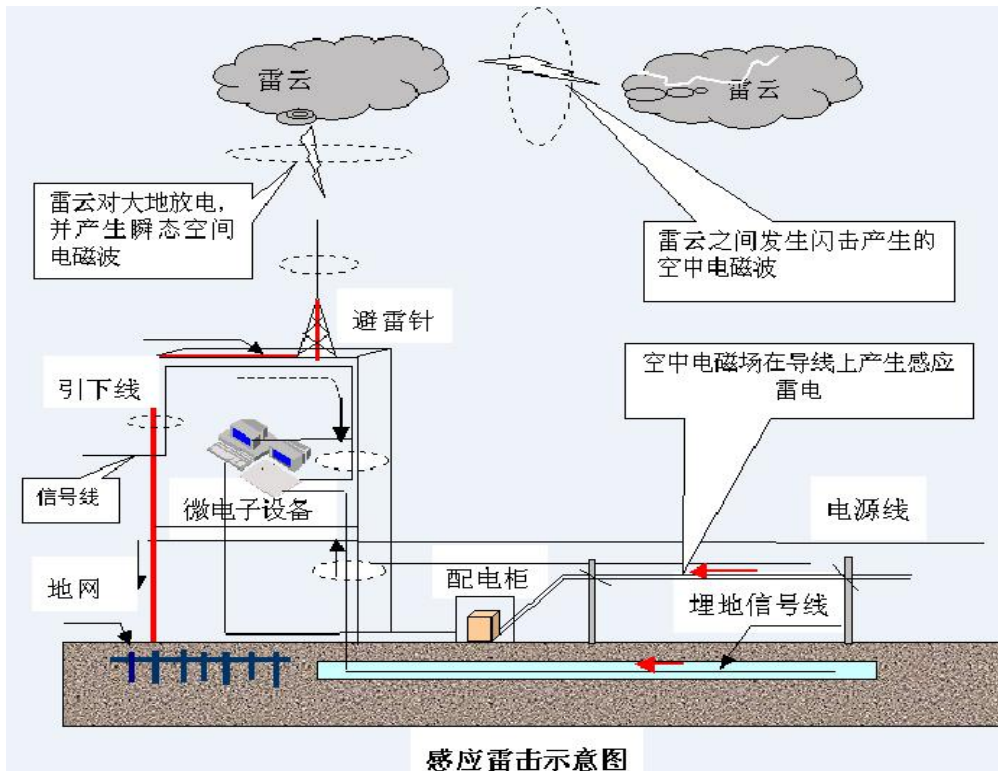
一般针对线路而言，在一定强度的雷云下在高压架空线路上可以感应出 300—400kV 的过电压、在低压架空线路上可以感应出 100kV 的过电压、在通信线路上也可感应出 40—60kV 的过电压；



### ※电磁感应

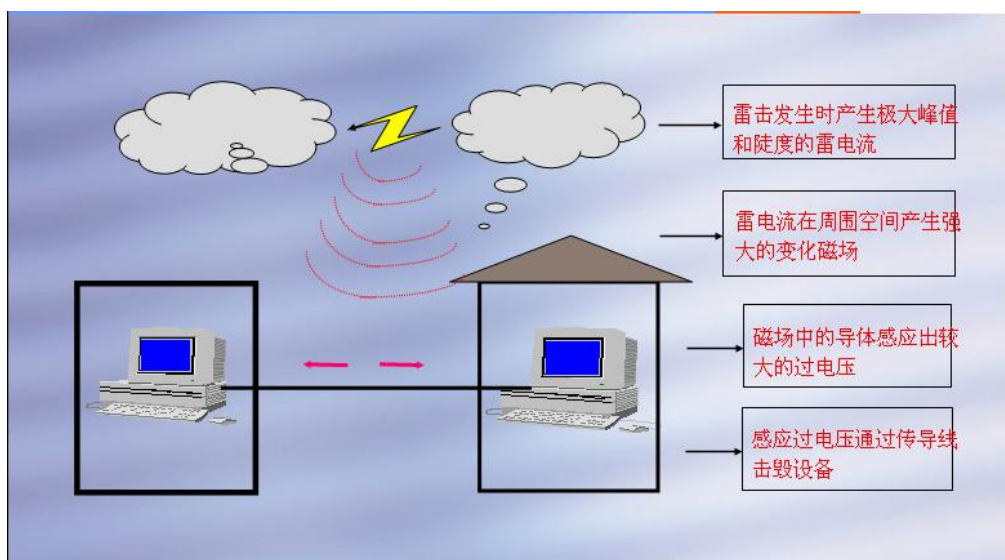
由麦克斯韦电磁理论可知：变化着的电场伴随变化着的磁场，变化着的磁场也伴随变化着的电场。因此，电磁感应雷是由于雷电放电时，巨大的冲击雷电流在周围空间产生迅速变化的强磁场引起的。

这种磁场能在附近金属导体上感应出很高的电压，并沿着闭合导线传输，或者在未导通的金属构建之间产生火花放电。如避雷针引下线、建筑物金属结构、屏蔽网、导线、通信线、埋地金属管道等。

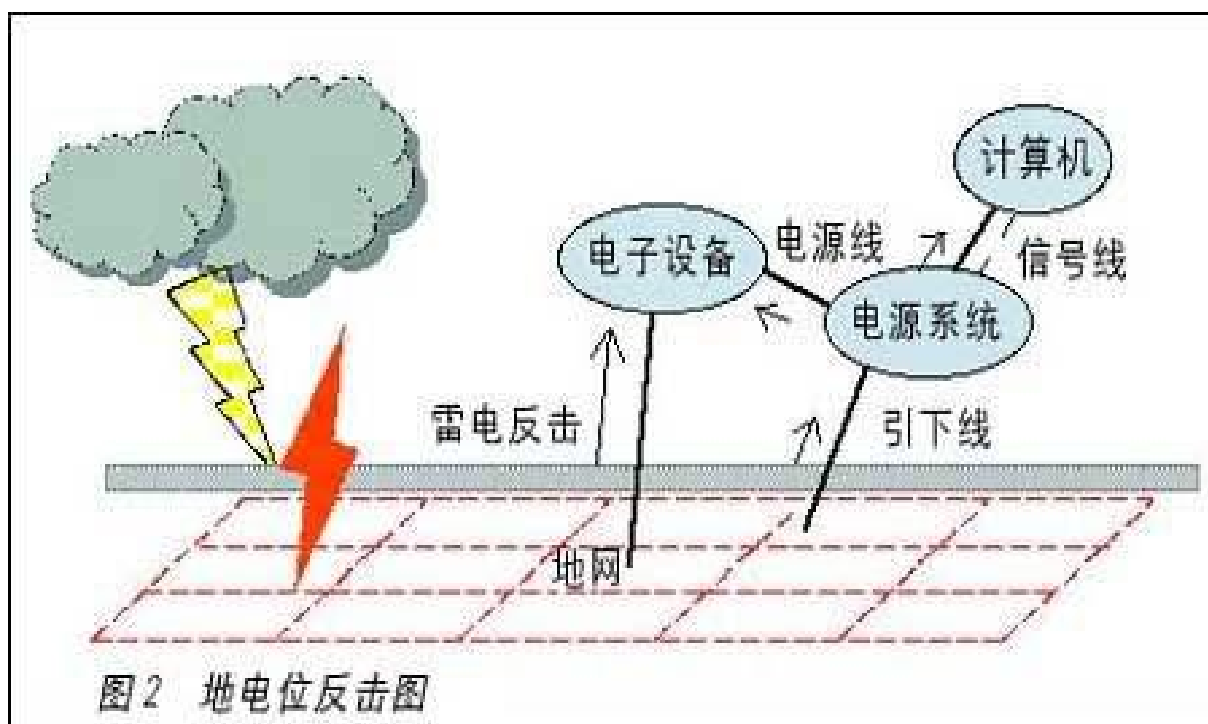


### ※ 辐射耦合

辐射耦合是指雷电电磁脉冲能量以电磁场形式耦合到电子设备具体有空间，电磁波至接收天线的耦合、空间电磁波对电缆的耦合、电缆对电缆的耦合等。



④ **地电位反击**：雷电击中附近建筑物或附近其他物体、地面，导致地电位大幅抬升，并在周围形成巨大的电位差，向附近电缆沟内的电缆、通信线缆、金属管道、金属构建等反击，形成过电压侵入机房或者建筑物内部。



### 三、防雷系统建设方案

#### 3.1 建设依据的国家和行业技术规范

- (1) GY/T5084-2011 《广播电视工程工艺接地技术规范》
- (2) YD2011-1993 《微波站防雷与接地设计规范》
- (3) GB50343-2012 《建筑物电子信息系统防雷技术规范》

- (4) GB50057-2010 《建筑物防雷设计规范》
- (5) GB50174-93 《电子计算机机房设计规范》
- (6) IEC1312-1 《雷电电磁脉冲的防护通则》

### 3.2 防雷系统工程建设内容

现代防雷工程是一项综合性系统工程，由外部防雷措施和内部防雷措施组成，根据现场勘查情况和业主需求，依据国家和行业防雷设计规范，参考以往发射台防雷成功设计经验，本方案主要从如下4个方面进行深化设计：

项目名称	建设内容	单位	数量
防雷接地系统改造	安装Φ150（mm）*80m的深井接地装置，工频接地电阻不大于1Ω。	项	1
供电系统防雷改造	安装四级低压配电系统电涌保护器，对机房电源进行保护。	项	1
信号系统防雷改造	信号线缆屏蔽、端口安装信号电涌保护器，对信号设备进行保护。	项	1
雷击电流矢量控制接地技术改造	采用雷击电流矢量控制接地技术对室内接地进行改造，隔离地电位。	项	1

#### 3.2.1. 防雷接地系统改造方案

按照 GB50343-2012《建筑电子信息系统防雷技术规范》和 GY/T5084-2011《广播电视工程工艺接地技术规范》要求：发射塔直击雷接地、机房接地和变压器接地需共用接地装置，工频接地电阻不大于1欧姆，雷击冲击接地电阻不大于10欧姆。

项目所在地土质为了提高接地装置的雷电泄放性能，同时保证接地装置有很好的防腐性能，使接地装置具有稳定的接地电阻，减少后续改造增加的二次投入，本方案设计采用40\*4（mm）紫铜排作为水平接地体，直径25\*1500铜包钢接地极作为垂直接地体，同时为铁塔安装1处Φ150（mm）\*80m接地深井，机房配电房安装一处Φ150（mm）\*80m接地深井，提高地网泄放雷电的效果；深井内植入40\*4紫铜排作为垂直接地体，同时在深井内灌入物理防腐降阻剂改善接地体周围土壤的介电系数，增大接地体的等效电容。

#### ※深井接地装置安装设计图



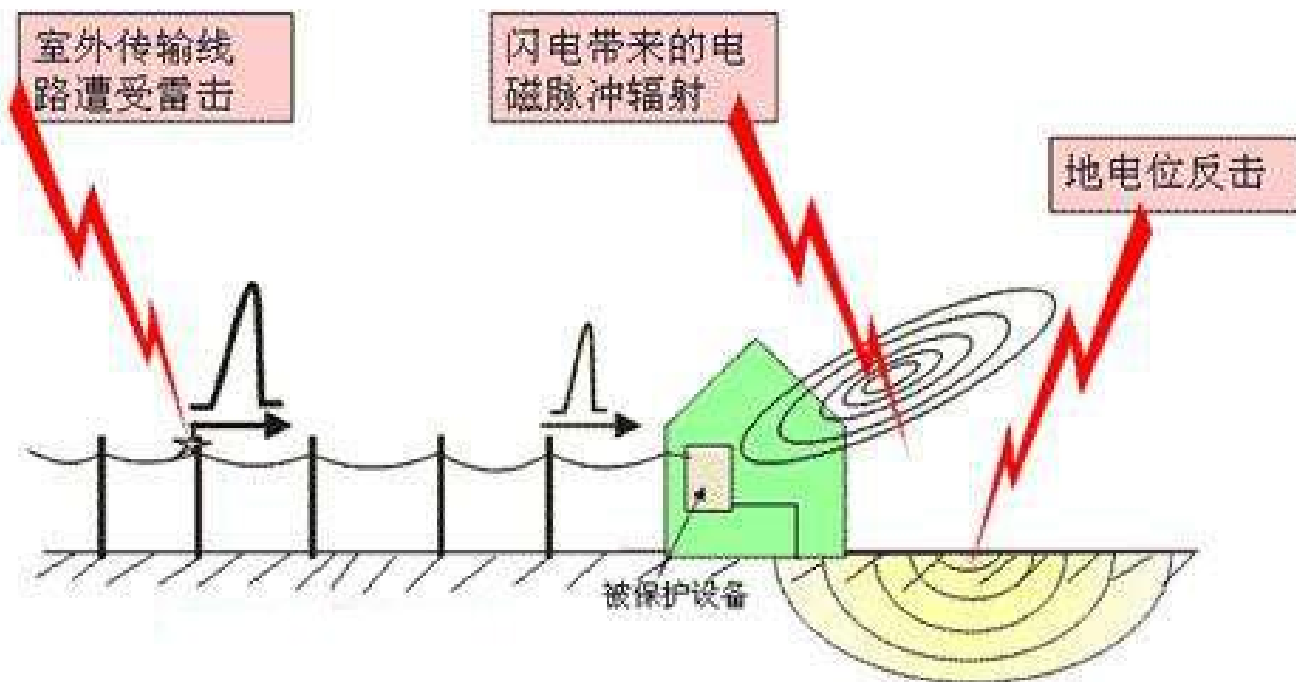
## ※防雷接地系统改造工程清单

项目名称	技术要求	单位	数量
室外接地母线	1. 名称: 紫铜排 2. 材质: T2 3. 规格: 40*4mm; 4. 土质: 普通土 5. 安装部位: 埋深 0.8 米;	米	280
垂直接地体	1. 名称: 铜包钢接地极; 2. 材质: 镀铜 3. 规格: 25*1500 (mm) 4. 土质: 普通土 5. 安装方式: 垂直安装	支	50
非金属石墨接地极	1. 名称: 非金属石墨接地极 2. 材质: 高分子复合材料 3. 型号: KBT-DF/B 4. 土质: 普通土 5. 安装方式: 埋深 0.8 米;	块	42
电解离子接地极	1. 名称: 电解离子接地极; 2. 材质: 紫铜: T2 电解离子缓释剂; 3. 规格: KBT-LJD50/2000 4. 土质: 普通土 5. 安装方式: 深井敷设	支	10
接地深井填充剂	1. 名称: 长效物理性降阻剂; 2. 型号: KBT-JZ 3. 安装方式: 降阻剂与水按 2:1 拌匀, 采用泥浆泵由深井底部注入, 直至将接地井充分填满。	吨	2
深井接地极 (孔径 $\phi$ 150mm, 深度 160 米, )	1、名称: 深井接地极, 降阻剂填充; 2、材质: 紫铜排; 3、规格: 40*4 (mm) 4、土质: 坚土岩石; 5、安装方式: 机械钻孔 ( $\phi$ 150 (mm) *80m) 垂直安装, 垂直接地体敷设完成后, 通过引出线与水平接地连接, 连接方式为热熔焊接, 焊接处做防腐处理。	米	160

焊粉	1. 名称:焊粉; 2. 材质:热熔焊剂; 3. 规格:200g/包 5. 安装方式: 模具安装;	包	150
模具	1. 名称:放热焊模具 2. 材质:石墨; 3. 规格:一字型	套	10
焊条	1. 名称:焊条 2. 规格:J422	宗	1

### 3.2.2、发射机房供电线路防雷设施改造

由于高压供电线路架空传输距离长，而且铺设在平原，水洼地带，雷击频繁，被闪电击中的概率非常高，闪电通过高压线路侵入变压器和机房，造成设备损坏的事故占到雷击事故的 80%以上，因此供电线路的过压防护将是电视台防雷重中之重。



由于市电高压电缆埋地引入，因此，本方案不再进行设计，只对机房电源的防护设施进行设计，计划安装 4 级低压配电系统电涌保护器，减少由机房供电线路引入的过电压对机房设备造成的损坏。

①第一级 SPD 选用 I 类试验浪涌保护器，放电电流不小于 25KA(10/350US)，电压保护水平不大于 2.5KV；

②第二级 SPD 选用 II 类试验低压电涌保护器，标称放电电流不小 60KA(8/20)，电压保护水平不大于 1.8KV；

③第三级 SPD 选用 II 类试验浪涌保护器，标称放电电流不小于 20KA(8/20US)，电压保护水平不大于 1.4KV；

③第四级 SPD 选用 III 类试验浪涌保护器，标称放电电流不小于 10KA(8/20US)，电压保护水平不大于 0.7KV；

※低压配电系统防雷设施安装工程量清单

项目名称	技术要求	单位	数量
I 级试验(T1)电涌保护器	1. 型号：KBT-AD100/4P 2. 试验类别：I 级型式试验 3. 最大持续工作电压 UC (V)：385 4. 冲击电流：I <sub>imp</sub> (KA)：25(10/350 μ S) 5. 电压保护水平 UP(KV)：≤2.5 6. 安装位置：开关电源进线端	套	2
II 级试验(T2)电涌保护器	1. 型号：KBT-BD60/4P 2. 试验类别：II 级型式试验 3. 最大持续工作电压 UC (V)：385 4. I <sub>n</sub> (KA)：60(8/20 μ S) 5. UP(KV)：≤1.8 6. 安装方式：并联安装	套	10
II 级试验(T2)电涌保护器	1. 型号：KBT-CD20/4P 2. 试验类别：II 级型式试验 3. 最大持续工作电压 UC (V)：385 4. I <sub>n</sub> (KA)：20(8/20 μ S) 5. UP(KV)：≤1.4 6. 安装方式：并联安装	套	18

II 级试验 (T2) 电涌保护器	1. 型号: KBT-220E/PDU 2. 试验类别: III 级型式试验 3. 最大持续工作电压 UC (V): 275 4. In (KA): 10(8/20 μS) 5. UP (KV): ≤0.7 6. 安装方式: 并联安装	套	4
前置断路器	1. 型号: DZ47-63 4P 2. 规格: 4P63A D 型	套	2
前置断路器	1. 型号: DZ47-32 4P 2. 规格: 4P32A D 型	套	28
SPD 接地线	1. 名称: PE 线缆; 2. 材质: 多股铜芯; 3. 规格: BVR10mm <sup>2</sup> ;	卷	1

### 3.2.3 机房信号源设备防雷建设方案

当铁塔遭雷击时,巨大的雷电流通过塔体向大地泄放,由于雷电为高频冲击电流,会在铁塔周围形成巨大的瞬变磁场,由于电磁感应的作用,处于该磁场内的通信线路会感应出较高的电动势,从而形成过电压,对信号设备端口造成损坏由于信号设备端口工作电压低,抗过压和过流的能力非常低,极易遭到感应雷的损坏。

引入机房的信号线路主要为天馈、同轴电缆和光纤,按照 GB50343-2012《建筑物电子信息系统防雷技术规范》中的有关规定:进出机房通信线路宜采用屏蔽线缆,屏蔽层在机房内做等电位接地处理,在信号设备的端口应根据设备的工作电压、接口类型和传输速率等参数选择合适信号线路电涌保护器。

因此,信号源系统的防雷改造从如下两个方面进行:

#### (1) 户外线缆的屏蔽设施改造:

卫星接收天线至机房铺设的同轴电缆穿金属软管敷设,钢管两端就近做接地处理;室外缠绕成线圈状的线缆进行拆除,并按照防雷要求进行重新布放;卫星接收天线基座、馈管桥架,信号线缆屏蔽设施均就近与接地排相连;

#### (2) 信号设备端口的过压防护

按照 GB50343-2012《建筑物电子信息系统防雷技术规范》中的有关规定：进出机房通信线路宜采用屏蔽线缆，屏蔽层在机房内做等电位接地处理，在信号设备的端口应根据设备的工作电压、接口类型和传输速率等参数选择合适信号线路电涌保护器。

对引入机房的光纤加强筋做接地处理，同时在卫星接收机端口和网络设备端口安装相应规格的信号线路电涌保护器。

1 卫星接收机信号输入端安装天馈信号防雷器，电压保护水平  $U_p$ ：≤700V，F（英制）接口，数量 4 个；

2 网络设备信号输入接口安装网络信号防雷器，电压保护水平  $U_p$ ：≤700V，RJ45 接口，数量 4 个；

3 视频设备信号输入接口安装网络信号防雷器，电压保护水平  $U_p$ ：≤700V，V40A 接口，数量 4 个；

※信号防雷设施配置清单

项目名称	项目特征描述	计量单位	工程量
信号线缆金属屏蔽管	1. 名称：金属管； 2. 材质：热镀锌 3. 规格：DN50（mm）； 4. 安装部位：户外光纤埋地引入机房	米	18
卫星接收天线接地干线	1. 名称：接地干线； 2. 材质：多股铜芯线； 3. 规格：BVR16mm <sup>2</sup> ； 4. 安装部位：馈管屏蔽层接地。	卷	1.00
配管	1. 名称：接地干线配管； 2. 材质：交联聚乙烯； 3. 规格：Φ63； 4. 配置形式：沿墙体明敷；	米	100.00

天馈信号电涌保护器	1. 型号: KBT-T2000/F 2. 接口类型: F、单口 3. 冲击耐受能力: 6kV/3kA 4. 电压保护水平 $U_p$ : $\leq 700V$ 5. 插入损耗 $\leq 0.5dB$ 6. 安装部位: 卫星接收机信号输入端	套	4.00
网络信号防雷器	1. 型号: KBT-C100 2. 接口类型: RJ45、单口 3. 冲击耐受能力: 6kV/3kA 4. 电压保护水平 $U_p$ : $\leq 700V$ 5. 插入损耗 $\leq 0.5dB$ 6. 安装部位: 数字前端核心交换机信号输入端口	个	4.00
视频信号防雷器	1. 型号: KBT-V40A 2. 接口类型: V40A、单口 3. 冲击耐受能力: 6kV/3kA 4. 电压保护水平 $U_p$ : $\leq 700V$ 5. 插入损耗 $\leq 0.5dB$ 6. 安装部位: 数字前端核心交换机信号输入端口	个	4.00

### 3.2.4、机房等电位设施安装及合理布线

根据 GB50343-2012《建筑物电子信息系统防雷技术规范》规定：电子机房应设置等电位连接网络，电气和电子设备的金属外壳、机柜、机架、金属管槽、屏蔽线缆外层、设备防静电接地、安全保护接地、防雷器接地端应以最短距离与该等电位连接网络相连。

机房等电位设施是机房电子、电气设备和防雷设施与接地系统联系的“桥梁”，是防雷接地系统的重要组成部分，如果机房等电位设施欠缺或者施工不规范，那么，防雷接地装置将无法发挥其应有的作用，因此，等电位设施的安装非常关键，是整套防雷系统的“最后一公里”。

#### ※机房等电位设施改造工程量清单

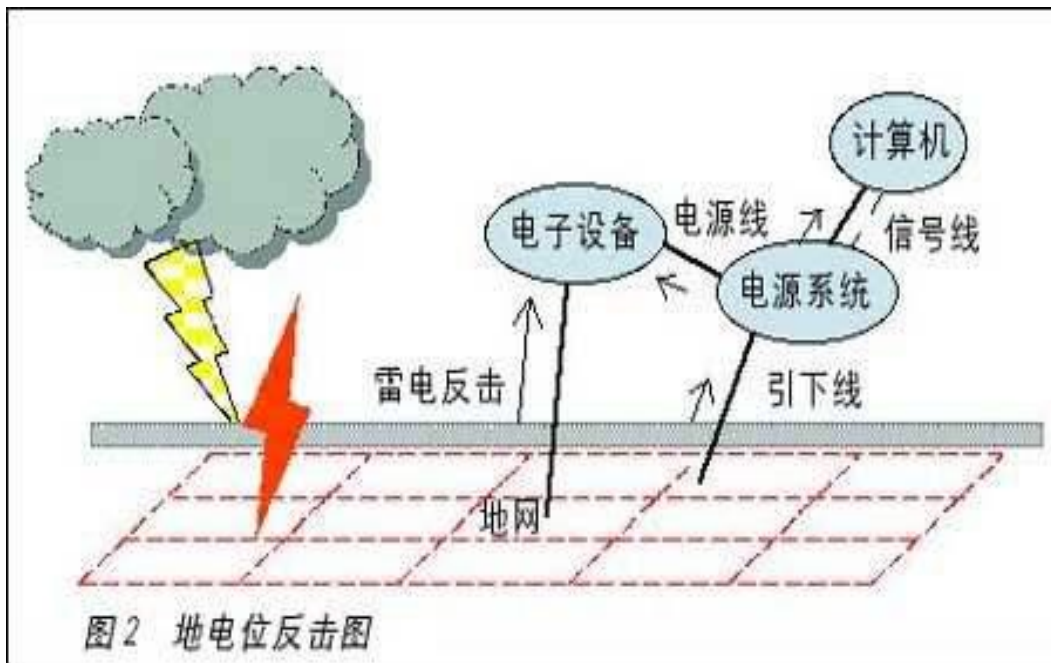
项目名称	特征描述	单位	数量
机房均压环	1. 名称: 紫铜排; 2. 材质: 紫铜 T2; 3. 规格: 40*4mm; 4. 安装部位: 机房室内等电接地;	米	42

雷击电流矢量控制接地箱	1. 名称: KBT-S 2. 绝缘电压(KV): AC25 KV 3. 最大工作电流: 200A 4. 最大通流容量 $I_{max}$ (kA): 500 (8/20 $\mu$ s) 5. 外壳防护等级: IP20 6. 安装部位: 机房室内等电接地端子;	台	1
机房等电位接地线	1. 名称: 接地线; 2. 材质: 多股铜芯线; 3. 规格: 截面积 10mm <sup>2</sup> ; 4. 安装部位: 机房室内接地;	卷	1.00
机房接地干线	1. 名称: 接地干线; 2. 材质: 多股铜芯线; 3. 规格: BVR50mm <sup>2</sup> ; 4. 安装部位: 馈管屏蔽层接地。	卷	1.00
配管	1. 名称: 热缩管; 2. 材质: 交联聚乙烯; 3. 规格: $\phi$ 32; 4. 配置形式: 明敷;	米	30.00

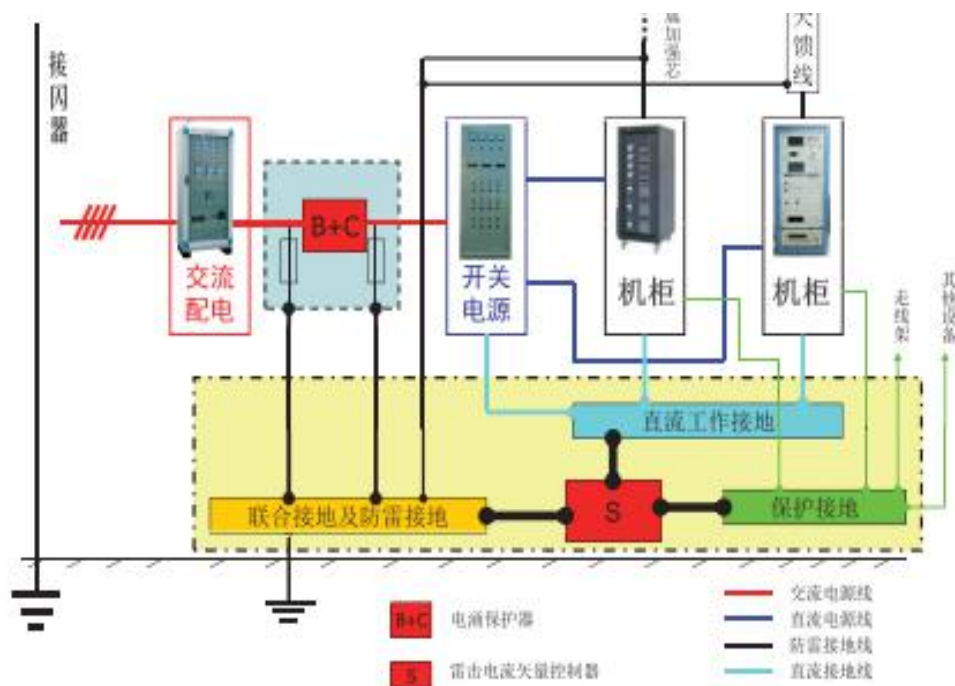
### 3.2.5 雷击电流矢量控制接地技术改造

在雷击发生前, 接闪器、引下线和整个接地装置都处于与大地相同的零电位, 这时在它们之间没有电压分布不均的问题, 在接地装置与联接在它上面的设备之间也不存在电位反击。而在接闪后, 当雷电流流过引下线和整个接地装置的时候, 雷电流在接地装置各部分造成的电压降是不相等的, 于是在接地装置各部分之间就存在电压分布不均, 而在接地装置与接在其上的设备之间就有电位反击(或电压反击)的问题。

反击主要发生在: 电源供电线路和相联的电源变压器; 引入(出)室内设备的通信、控制、信号以及数据采集等线路和联接在这些线路上的接口设备; 从室外引入室内的各种金属管道、电线电缆等。



**雷击电流矢量接地控制技术：**该技术的基本思想就是在每个雷电流侵入所要保护系统的通道上面采取矢量控制的措施，改变雷电流的大小与方向；同时，为雷电流的泻放提供良好的泻流通道，通过旁路分流的方式使雷电流只能通过我们提供的通道来泄放，不会到处乱串影响到系统内部，从而保证了整个系统的正常运行。



如上图所示，在传统联合接地网地基础之上，将机房内所有接地线按功能分为三类，即工作地线、防雷接地线、保护接地线，同时在工作接地线和保护接地线与联合接地网之间串联“雷击电流矢量控制器”，当地网上存在雷电流时，“雷击电流矢量控制器”开始工作，将联合接地网与工作接地线、



保护接地线之间的连接通道隔离开,使得地网上的雷电流不能通过工作接地线与保护接地线反串进入通信系统,而只余对大地泻放这一个。