

# 火电厂电气设备防雷与接地技术研究

朱容光

华电滕州新源热电有限公司，山东滕州，277500；

**摘要：**本论文聚焦火电厂电气设备防雷与接地技术。通过对火电厂电气设备运行环境及雷电危害的分析，阐述了防雷与接地技术的重要性。详细研究了常见防雷装置的工作原理与应用，以及接地技术的设计要点和实施方法。旨在为提高火电厂电气设备的安全性和稳定性提供理论支持与实践指导，有效降低雷电灾害对火电厂运行的影响，保障电力系统的可靠运行。

**关键词：**火电厂；电气设备；防雷技术；接地技术

**DOI:**10.69979/3041-0673.25.02.087

## 引言

火电厂作为电力生产的关键场所，其电气设备的稳定运行至关重要。然而，雷电活动频繁对火电厂电气设备构成严重威胁，可能引发设备损坏、停电事故等，造成巨大经济损失。因此，深入研究火电厂电气设备防雷与接地技术，对于保障火电厂安全、高效运行具有重要的现实意义。

## 1 火电厂电气设备雷电危害分析

### 1.1 雷电的形成及特性

雷电的形成是一个复杂的气象和电学过程。在积雨云内部，强烈的对流运动使云层中的水汽、冰晶等粒子相互摩擦、碰撞，导致电荷的分离与积累。随着电荷的不断聚集，云层与云层间、云层与地面间形成强大的电场。当电场强度超过空气的绝缘强度时，空气被击穿，形成导电通道，瞬间产生高温、强光和强大的电流，这就是雷电。其特性显著，雷电流幅值极高，可达数十甚至数百千安，瞬间释放的能量巨大。波头时间极短，通常在几微秒内就能达到峰值，电气设备几乎来不及响应和防护。而波长相对较长，持续时间可达几十微秒，期间会对设备持续施加冲击，增加设备损坏风险。

### 1.2 雷电对火电厂电气设备的危害形式

雷电对火电厂电气设备的危害主要有三种形式。直击雷时，强大的雷电流直接击中电气设备，瞬间产生的高温可达上万摄氏度，足以使设备金属部件灼伤、熔化，绝缘材料被击穿，导致设备直接报废。感应雷是由于雷电放电时产生的强大电磁场，在附近的电气设备中感应出高电压，这种过电压冲击可能损坏设备的电子元件、集成电路等，影响设备正常运行。雷电侵入波则沿着输电线路、信号线路等侵入设备，在设备端口处产生电压

突变，超过设备的耐受电压，从而损坏设备的绝缘，引发短路、断路等故障，严重时会造成整个火电厂停电事故。

### 1.3 火电厂易遭受雷击的电气设备部位

火电厂中多个电气设备部位易遭受雷击。升压站设备，如变压器，其体积大、高度高且处于露天环境，容易成为雷击目标。一旦遭受雷击，可能造成绕组绝缘损坏、铁芯多点接地等问题，影响变压器正常运行。断路器的绝缘性能在雷击过电压下可能被破坏，导致误动作。输电线路由于线路长，暴露在广阔空间中，极易遭受直击雷和感应雷。雷击可能使线路跳闸、导线断股，影响电力传输。厂区内电气控制设备虽相对处于室内，但雷电侵入波可能通过电源线、信号线等进入，损坏控制设备中的电子元件，影响火电厂的自动化控制和监测系统。

## 2 防雷技术原理与应用

### 2.1 避雷针与避雷线的工作原理及应用

#### 2.1.1 避雷针的保护范围计算

折线法是较为传统的计算方式，其原理基于简单几何关系，将避雷针视为等腰三角形的顶点，按一定斜率向下延伸来确定保护边界。这种方法计算简单，在早期被广泛应用，但它忽略了雷电的随机性和复杂的电场分布，保护范围准确性欠佳。

滚球法则更为科学，它假设一个半径为特定值（根据防雷等级确定）的球体，沿地面滚动接触避雷针和被保护物体，球体无法触及的区域即为保护范围。该方法充分考虑了雷电的实际放电特性，能更精确地反映避雷针的保护效果，目前在各类防雷设计中应用广泛。

#### 2.1.2 避雷线在输电线路中的应用及作用

避雷线通常架设在输电导线的上方，与杆塔可靠连

接并接地。其工作原理是利用自身高度优势，将雷电吸引到自身，避免雷电直接击中下方的输电导线。当雷电击中避雷线时，雷电流通过避雷线和杆塔迅速导入大地。在实际应用中，避雷线不仅能有效降低输电线路遭受直击雷的概率，还能通过电磁感应作用，减少感应雷在导线上产生的过电压。同时，多根避雷线的合理布置还能增强对不同方向雷电的防护能力，保障输电线路的稳定运行，大大提高了电力传输的可靠性。

## 2.2 避雷器的类型与工作原理

### 2.2.1 氧化锌避雷器的特性与优势

氧化锌避雷器是现代防雷领域的主流产品，具有诸多显著特性和优势。其核心元件是氧化锌电阻片，在正常工作电压下，电阻片呈现高电阻状态，仅有微安级的泄漏电流，几乎不消耗能量，对系统正常运行无影响。一旦出现过电压，电阻片的电阻值会迅速降低，呈现低电阻状态，能快速将雷电流泄入大地，有效限制过电压幅值。这种良好的非线性伏安特性使其响应速度极快，可在纳秒级时间内动作。而且，氧化锌避雷器结构简单、体积小、重量轻，安装维护方便，使用寿命长，可靠性高，广泛应用于各类电气设备的防雷保护。

### 2.2.2 管型避雷器的工作特点

管型避雷器由产气管、内部间隙和外部间隙组成。当线路遭受雷击出现过电压时，内部间隙被击穿，形成电弧。产气管在电弧高温作用下分解出大量气体，这些气体强烈吹弧，使电弧迅速熄灭，从而限制过电压。管型避雷器的工作特点是通流能力强，可承受较大的雷电流冲击。但其动作后会产生截波，可能对电气设备绝缘造成一定影响。而且，管型避雷器动作次数有限，多次动作后产气管可能损坏，需要及时更换。此外，它的保护特性受安装条件和环境因素影响较大，在使用时需严格按照要求进行安装和调试。

### 2.2.3 避雷器的选择与安装要点

选择避雷器时，首先要根据电气设备的额定电压、最高运行电压等参数，确定避雷器的额定电压，确保其能在正常运行和过电压情况下稳定工作。同时，要考虑避雷器的持续运行电压、标称放电电流等关键指标，以满足不同的防雷需求。在安装方面，避雷器应尽量靠近被保护设备，缩短连接导线长度，减少线路电感对防雷效果的影响。连接导线要选用合适规格，确保有足够的载流能力，且连接牢固，避免出现松动、接触不良等问题。此外，避雷器的接地必须可靠，接地电阻要符合设计要求，以保证雷电流能迅速、安全地导入大地。

## 2.3 防雷接地系统的协同工作机制

### 2.3.1 各防雷装置之间的电气连接要求

避雷针、避雷线、避雷器等装置通过引下线与接地装置相连，引下线应采用截面积足够、机械强度高的导体，如镀锌扁钢或圆钢。连接方式一般采用焊接或螺栓连接，焊接时要保证焊缝饱满、牢固，避免虚焊，焊接处要进行防腐处理，防止生锈腐蚀影响连接性能。螺栓连接时，要使用合适规格的螺栓、螺母和垫圈，确保连接紧密，并有防松措施。各防雷装置之间的连接应形成一个电气通路，保证雷电流能顺畅地从接闪器经引下线流入接地装置，避免出现高电位差和局部放电现象，确保整个防雷系统的有效性。

### 2.3.2 防雷接地系统的整体布局与优化

防雷接地系统的整体布局需综合考虑火电厂的地势地貌、电气设备分布等因素。接地装置应围绕电气设备均匀布置，形成一个完整的接地网。对于大型火电厂，可采用网格状接地网，通过合理设置网格间距，降低地电位梯度，提高接地系统的均压效果。在土壤电阻率较高的区域，可采用换土、添加降阻剂等方法降低接地电阻。同时，要优化防雷装置的布置位置，确保对所有易受雷击的电气设备实现有效保护。例如，根据不同区域的雷电活动强度和设备重要性，合理调整避雷针的高度和数量，以及避雷线的架设方式，提高防雷接地系统的整体防护性能。

## 3 接地技术设计与实施

### 3.1 火电厂电气设备对接地电阻的具体要求

火电厂电气设备繁多且运行要求高，对接地电阻有着严格规定。对于主要电气设备，如发电机、变压器等，接地电阻通常要求不大于 0.5 欧姆。这是因为较低的接地电阻能确保在设备发生接地故障或遭受雷击时，雷电流和故障电流可以迅速、安全地导入大地，避免设备外壳出现过高电位，保障人员安全和设备正常运行。若接地电阻过大，故障电流产生的电压降会使设备外壳电位升高，可能引发人员触电事故，同时也会影响继电保护装置的正确动作，导致故障范围扩大，影响电力系统的稳定性。

### 3.2 接地极的选择与布置

#### 3.2.1 接地极材料的选择

接地极材料主要有铜和钢。铜质接地极优势明显，其导电性极佳，是钢的数倍，能更高效地传导电流；抗腐蚀性强，在各类土壤环境中都能长期稳定工作，使用

寿命长，可减少后期维护成本。不过，铜的成本较高，限制了其大规模使用。钢质接地极成本相对较低，机械强度大，便于施工安装，在一般土壤条件下能满足接地要求。但在潮湿、酸性等腐蚀性较强的土壤中，钢易生锈腐蚀，需要采取热镀锌、涂防腐漆等措施来延长使用寿命。

### 3.2.2 水平接地极与垂直接地极的布置方式

水平接地极一般采用扁钢或圆钢，沿地面水平敷设，埋深通常在0.6-1米。在布置时，可根据电气设备分布和接地需求，呈放射状、环状或网格状敷设。放射状适用于小型场地或局部接地需求；环状可围绕设备形成环形接地；网格状则能有效降低地电位梯度，常用于大型火电厂。垂直接地极多采用角钢、钢管，垂直打入地下，与水平接地极相连。其布置应均匀分布，间距合理，一般不宜小于接地极长度的2倍，以避免屏蔽效应，提高接地效率。

### 3.2.3 接地极间距的确定原则

接地极间距的确定需综合多方面因素。从电气性能角度，间距过小会使接地极之间产生屏蔽效应，降低接地极的散流能力，导致接地电阻增大；间距过大则会增加接地工程成本，占用过多土地资源。一般原则是，垂直接地极间距不小于其长度的2倍，水平接地极间距根据土壤电阻率和接地极布置方式确定，通常在5-10米。在土壤电阻率不均匀区域，需根据实际情况调整间距，在电阻率高的地方适当减小间距，以保证接地系统整体性能均衡。

## 3.3 接地网的设计与施工要点

### 3.3.1 接地网的拓扑结构设计

接地网拓扑结构常见有网格状和环状。网格状接地网由水平接地极纵横交错组成，能有效降低地电位梯度，均压效果好，适用于大型火电厂等大面积接地需求场景。通过合理设置网格间距，可优化接地性能。环状接地网则是围绕电气设备或区域形成闭合环形，结构简单，施工方便，对于一些小型火电厂或局部区域的接地保护较为适用，能为设备提供基本的接地保障，在设计时需考虑环的直径和与设备的距离。

### 3.3.2 施工过程中的焊接、防腐处理

接地网施工时，焊接质量关乎接地系统的可靠性。接地极之间的连接一般采用焊接，要求焊缝饱满、牢固，无虚焊、气孔等缺陷。焊接完成后，要对焊接处进行防腐处理，如热镀锌，将焊接部位浸入熔融锌液中，使表面形成一层致密的锌层，有效防止生锈腐蚀。也可采用

涂防腐漆的方式，先对焊接处进行除锈处理，再均匀涂抹高性能防腐漆，起到隔离空气和水分的作用，延长接地网使用寿命。

### 3.3.3 接地网的验收标准与检测方法

接地网验收需严格依据相关标准。接地电阻要符合设计要求，使用专业接地电阻测试仪，如三极法、钳形法等进行测量接地。极的埋设深度、间距等也要符合设计规范，通过现场测量检查。同时，检查接地带和连接导线的材质、规格是否达标。在外观上，查看焊接处是否牢固、防腐处理是否到位。检测频率根据实际情况确定，新建接地网验收合格后，运行期间定期检测，确保接地网长期稳定运行，保障火电厂电气设备安全。

## 4 结语

综上所述，火电厂电气设备防雷与接地技术是保障火电厂安全稳定运行的关键环节。通过深入研究雷电危害、合理应用防雷技术、科学设计接地系统，并加强维护与管理，可有效降低雷电对电气设备的损害风险。未来，随着技术的不断发展，应持续探索更先进的防雷与接地技术，为火电厂电力生产提供更可靠的保障。

## 参考文献

- [1]侯乾,李亚丽,魏荣妮,施磊.一类防雷场所接地引下线导通测试及分析[J].甘肃科技,2020,36(20):62-64+67.
- [2]路进军,齐冲.某电厂气象信息系统防雷设计[J].建材与装饰,2020,(10):221-222.
- [3]柳丽岷.关于火电厂电气设备的常见问题及解决策略研究[J].科技风,2020,(01):180.
- [4]于航.电厂防雷设计中风险评估以及防护措施选择[J].吉林电力,2019,47(06):17-21.
- [5]陶亚琴.雷击火电厂时对低压配电系统的电磁影响研究[D].重庆大学,2019.
- [6]杜文华,张魁.火电厂电气设备常见接地故障及排查方法[J].华电技术,2018,40(12):20-23+26+77-78.
- [7]刘国强.火电厂电气设备常见故障及处理措施研究[J].现代工业经济和信息化,2018,8(10):90-91.
- [8]王文凯.电气一次设备过电压保护方案分析[J].通讯世界,2018,(02):172-173.
- [9]赵映,邓子昂.某火电厂消防站电气设计浅析[J].南方能源建设,2017,4(S1):84-88.
- [10]王森良.电厂脱硫系统防雷接地技术改造分析[J].现代工业经济和信息化,2017,7(12):56-57.