

# 变电站镀铜接地网与钢接地网的技术经济比较

尤国伟

(南京电力工程设计有限公司, 江苏 南京 210009)

**摘 要:** 随着电力系统的发展, 对变电所接地设计的要求也越来越高。长期、可靠、稳定、经济的接地系统, 是维持设备稳定运行、保证设备和人员安全的根本保障, 符合国家所提出的可持续发展、变电站全寿命管理的宗旨。接地系统长期安全可靠运行的关键在于品质好的接地材料和可靠的连接。

**关键词:** 变电站; 接地网; 技术比较

我国传统接地体均采用钢材质。在建国初期, 国外的封锁, 以及本身铜储量的不足。为节约有色金属, 并参照前苏联的标准, 在 20 世纪 50~60 年代提出“以钢代铜, 以铝代铜”, 至此开始选用钢材作为主要的接地材料, 并沿用至今。随着时间的推移, 钢接地网的缺点也日益显现, 钢接地网耐腐蚀性能差、维护成本高、易导致接地网事故。所以越来越多的地区开始采用镀铜材料作为接地体的首选。镀铜材作为接地材料已有超过 100 年的历史。

## 1 技术比较

### 1.1 性能比较

分别从导电性、热稳定性、耐腐蚀性等方面比较铜接地体与热镀锌钢接地体的差异。

#### 1.1.1 导电性能

铜和钢在 20℃时的电阻率分别是  $17.24 \times 10^{-6}$  ( $\Omega \cdot \text{mm}$ ) 和  $138 \times 10^{-6}$  ( $\Omega \cdot \text{mm}$ )。若以铜的导电率为 100%, 标准 1020 钢的导电率仅为 10.8%, 因此铜的导电率是钢的 10 倍左右。而镀铜圆钢导电率为 25%, 较钢接地体好。

#### 1.1.2 热稳定性

铜短路时最高允许温度为 450℃; 而钢短路时最高允许温度为 400℃。因此, 接地体截面相同时, 铜材热稳定性较好。同等热稳定校验条件下, 钢接地体所需的截面积为铜材的 3 倍, 是镀铜圆钢的 2 倍。

#### 1.1.3 耐腐蚀性

接地体的腐蚀主要有化学腐蚀和电化学腐蚀两种形式, 在多数情况下, 这两种腐蚀同时存在。铜在土壤中的腐蚀速度大约是钢材的 1/10~1/50, 而且电气性能和物理性能稳定。

铜的表面会产生附着性极强的氧化物(铜绿), 对内部的铜有很好的保护作用, 阻断腐蚀的形成。钢材是逐层腐蚀, 镀锌层具有一定的抗腐蚀性, 但是作用非常的有限。

钢接地体接头和钢接地体本身在腐蚀的过程中会出现点腐蚀情况, 钢材点腐蚀的速度是均匀腐蚀速度的 4~60 倍, 正是由于点腐蚀的存在, 所以无法通过增加钢接地截面积的方式来增加其使用年限; 铜不存在点蚀情况, 寿命较长。

目前我国变电所接地系统均存在不同程度的腐蚀问题, 特别是有些运行十年以上的变电所, 腐蚀相当严重。尽管在设计时, 设计人员已通过增大接地体截面的方法, 来考虑 30 年的防腐问题, 在实际运行中也采用部分开挖和测量接地电阻等方法来检测腐蚀问题。但由于实际腐蚀情况非常复杂, 以及钢与铜的腐蚀机理不同, 实施效果不太理想。

可见, 镀铜接地体的耐腐蚀性显著优于钢接地体。

#### 1.1.4 镀铜接地体施工方便

水平主网采用镀铜圆钢, 镀铜圆钢柔性好, 允许的弯度半径小, 所以拐弯方便, 穿管容易。镀铜圆钢的高机械强度, 使其能够成卷供货, 便于机械化施工。搭接处采用放热焊接, 操作方便, 加快施工进度, 节省人工费用, 简化施工工艺, 更重要的是保证了镀铜钢接地网的连接质量。

综上所述, 镀铜钢接地体与热镀锌钢接地体相比, 镀铜钢接地体在导电性能、热稳定性、耐腐蚀性、接点焊接质量和施工便利方面有显著的优越性。

## 1.2 截面选择

### 1.2.1 钢接地体截面选择

根据 DL/T 621-1997《交流电气装置的接地》

及 Q/GDW 466-2010《电气工程接地用铜覆钢技术条件》，钢接地体的热稳定系数为 70，镀铜圆钢的热稳定系数为 136。根据电流和短路时间的长短，就可以计算出在同等的条件下，不同材料所需的截面积。

### 1.3 接地体连接方式

变电所的接地网金属导体存在着大量的连接，只有可靠的、牢固的连接才能保证接地网的运行可靠性。

#### 1.3.1 钢接地体的连接方式

目前，钢接地体之间的连接均为传统的电弧焊接方式，高温电弧会破坏接地体接头部位的镀锌层，有可能导致点腐蚀的出现，严重影响接地体的寿命。此外，电弧焊接连接不是真正的分子性连接，焊点对于接地体的导电性能也有影响。

由于以下原因，所以钢接地体的连接不宜采用放热焊接方式。

(1) 大型、非标模具制造困难，造价高；

(2) 焊药用量大；

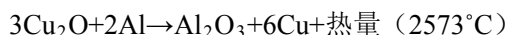
(3) 由于钢接地体本身防腐性能差，焊接质量的提高意义不大；

(4) 焊接数量多，费用太高。

#### 1.3.2 铜接地体的连接方式

放热焊接连接法

放热焊接利用活性较强的铝把氧化铜还原，整个过程需时很短（仅数秒），反应所产生的热量足以使被焊接的导线端部融化形成永久性的分子合成。铜基放热反应的一般公式是：



放热焊接接头的特性：

1) 外形美观一致；

2) 连接点为分子结合，没有接触面，更没有机械压力，因此，不会松弛和腐蚀；

3) 具有较大的散热面积，通电流能力与原导体相同；

4) 接头电阻低，能承受故障大电流冲击，不至熔断。

放热焊接可以完成各种导线间不同方式的连接，如直通型、丁字型、十字型等；还可以完成不同材质导线的连接。这种焊接方式操作简单、焊接速度快，而且接头的耐腐蚀性好、电阻低、连接可靠，在国际上获得了大规模的应用。

放热焊接的优点：

1) 焊接方法简单，容易掌握；

2) 无需外接电源或热源；

3) 供焊接用的材料、工具很轻、搬动方便；

4) 焊接速度快捷，节省人工；

5) 从焊接头的外观上便能鉴定焊接的质量；

6) 可用于焊接铜、铜合金、镀铜钢、各种合金钢，包括不锈钢及高阻加热热源材料。

在国外，放热焊接已通过 UL 标准严格论证，并被 IEEE Std80 大纲等规程中指定为接地导体的连接方式。

综上所述，放热焊接是铜接地体的理想连接方式，方便快捷的操作、优秀的焊接质量是其他连接方式不可实现的。正是因为具备这样可靠、牢固的连接方式，铜接地体的性能比钢接地体更胜一筹。

### 1.4 接地点布置

采用镀锌扁钢设计的接地网，考虑到扁钢会锈蚀，为保障可靠的接地，按《二十五项反措要求》：变压器中性点应采用双接地引下线、重要设备及设备构架宜采用双接地引下线，且应接入主接地网的不同网格。

采用镀铜接地网后，由于可以忽略接地引下线的腐蚀、增强了引下线的热稳定性，因此对于除变压器中性点以外的接地引下线建议选用单接地引下线，不仅能够满足接地可靠性要求，还能够降低投资。

## 2 结论

本报告从技术性和经济性两方面对镀铜钢接地方案、钢接地方案进行比较、分析，通过理论研究、工程实例应用等到以下结论：

(1) 镀铜地网相对钢接地网具有：导电性能优、热稳定性能好、耐腐蚀能力强、施工方便、寿命长、投运后检验维护工作量少、无污染等优点。

(2) 采用镀铜，设备引下线的截面仅为传统材料的一半；相对于采用镀锌扁钢的接地网，接地体的截面大为减小，使施工成本和施工难度大幅度降低，加快了工程建设周期；

(3) 镀铜地网采用放热焊接，确保连接点为分子结合、无腐蚀、无松弛、导电能力和原导体保持一致。并且放热焊接操作简单快捷简单，焊点美观可靠，是真正可靠、牢固、永久的连接。

(4) 镀铜圆钢都可以成盘或成卷供应，仓促和运输方便，并且可以连续的铺设，导体间连接点更

少。相对 6m/根的扁钢接地体，施工的速度更快，连接点更少，地网系统更可靠、稳定。

综上所述，镀铜接地方案的在技术上和经济上均优于钢接地方案。