

# 江苏电网接地问题探讨

杨庆刚

(江苏省电力公司电力经济技术研究院,江苏南京 210008)

**摘要:**目前建设单位、设计单位要求采用铜、铜覆钢接地网的意见较多,但是除去费用高以外,铜、铜覆钢接地网并不适用于各种土壤,铜还有加速埋设于地下钢材腐蚀的缺点。文中首先阐述了江苏电网接地材料的现状,接着从导电性、热稳定性、耐腐蚀性和经济性4个方面对常见材料的接地网进行了比较。通过分析可知江苏电网不能盲目推广铜、铜覆钢接地网,最后结合江苏电网的现状对铜覆钢材料的生产提出了工艺要求。

**关键词:**接地网;技术经济比较;铜覆钢接地网

**中图分类号:**TM715

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2015)02-0082-03

随着电力建设的发展,对变电所接地设计的要求越来越高。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,我国传统接地体均采用钢材。在建国初期,国外的封锁以及本身铜储量不足,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,其钢材的应用,有丰富的运行经验,积累大量的运行数据。随着时间的推移,钢接地网使用量越来越多,钢接地网显现一定的缺点,于是出现采用纯铜、镀铜材料作为接地体的意见。但是目前用铜材接地网未经严格论证,对使用铜材缺乏全面正确地了解和论证,近期反对采用铜材接地网的意见也存在。

## 1 江苏电网接地材料的现状

### 1.1 钢材接地网的应用情况

目前江苏电网接地材料大部分均采用钢材。20世纪80年代前,江苏电网接地材料就采用没有防腐处理的钢材。90年代后,反措要求采用热镀锌防腐处理的钢接地网<sup>[1]</sup>。江苏省电力公司[2003]1097号文,对采用热镀锌防腐处理的钢接地网,水平接地体、接地引下线的钢材截面有详细的规定。由于钢比铜便宜很多,在与铜相同截面时,钢比铜超过2倍的机械强度;可以采用热镀锌防腐处理,减慢腐蚀速度;有丰富的运行经验,积累大量的运行数据。因此钢接地网在江苏电网得到最广泛的应用。

### 1.2 铜材接地网的应用情况

纯铜接地网,由于造价昂贵,仅在极少数变电站采用,如500 kV武南(晋陵)变电站。为了克服纯铜接地网造价昂贵问题,近来江苏有一些地区开始采用镀铜材料作为接地体。

### 1.3 “阴极保护防腐”接地网的应用情况

防腐技术中一项重大技术措施是“阴极保护防腐”,也称“牺牲阳极保护”<sup>[2]</sup>。任何金属材料都有其固有的电极电势,一般用电极电势  $E_q$  低的全属做牺牲阳极,保护阴极上电极电势高的金属,形成腐蚀电池,腐蚀阳极上金属,保护阴极上金属。锌的电极电势  $E_q = -0.7618 \text{ V}$ ,铁的电极电势  $E_q = -0.447 \text{ V}$ ,铜的电极电势  $E_q = -0.3419 \text{ V}$ ,锌  $E_q$  比铁  $E_q$  低,比铜  $E_q$  更低,因而锌可作牺牲阳极保护铁和钢。江苏电网“阴极保护防腐”接地网应用不多,仅在沿海如南通少数变电站碱性土壤中试验性采用。

### 1.4 复合型防腐接地网的应用情况

在钢接地网、铜接地网以外,复合型防腐接地网是新生的一种金属接地网的替代产品<sup>[2]</sup>。复合型防腐接地网有良好的导电性能,介于铜、钢之间;具有较好的热稳定性,也介于铜、钢之间;具有较好的附着力,对折180°涂层无脱落;特别是极强的防腐性能,是复合型防腐接地网的最大优点。由于没有运行经验,目前仅在个别变电站试用。

## 2 技术经济比较

钢接地网、铜接地网的技术比较分别从导电性、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,经济比较从一次投资和年费用方面比较。

### 2.1 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30%导电率镀铜钢线导电率为30%,40%导电率镀铜钢线导电率为40%,均远较钢接地体好。尤其是在集肤效应下,高频时镀铜钢绞线导电性能远远优于钢材。即铜接地体导电性能较钢接地体好<sup>[3]</sup>。

## 2.2 热稳定性

钢在与铜相同截面时,钢比铜超过 2 倍机械强度;在相同体积时,钢吸热量是铜的 1.36 倍,并能承受更高的熔化温度,铜熔点为 1083 ℃,而钢熔点为 1510 ℃。因此接地体截面相同时,钢材热稳定性更好<sup>[3]</sup>。

## 2.3 耐腐蚀性

接地体的腐蚀是非常复杂的问题,不能简单地说明铜材比钢材好<sup>[4-6]</sup>。

(1) 铜接地体在碱性土壤中的耐腐蚀性优于钢接地体。接地体的腐蚀主要有化学腐蚀和电化学腐蚀 2 种形式,在多数情况下,这 2 种腐蚀同时存在。铜在碱性土壤中的腐蚀速度大约是钢材的 1/10,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蚀情况,钢材点蚀的速度是均匀腐蚀速度的 4 至 60 倍,正是由于点蚀的存在,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,铜接地体在碱性土壤中的耐腐蚀性显著优于钢接地体。

(2) 铜材接地网对邻近构架钢材造成严重腐蚀。如果用铜作接地网材料,而接地网附近有很多混凝土和钢构件及地下电缆管道等,这些钢材电极电势比铜低很多,结果形成铁为阳极,铜为阴极的腐蚀电池,再加上构架上母线泄漏电流,经钢材流入地下铜接地网,又形成电解腐蚀。这时钢构架成为牺牲阳极,铜接地网成为被保护阴极,因而加速构架钢材和混凝土内钢筋及地下管道电缆的腐蚀,这就成为变电站的事故隐患。有人认为,在混凝土构架中,混凝土对钢筋有保护作用,事实上钢筋混凝土仍有部份导电性,有导电性就存在腐蚀,为了防止混凝土中钢筋腐蚀,国外有很多资料及专利。更严重的是混凝土中钢筋腐蚀后很难检测,将形成重大事故隐患。

(3) 铜材在酸性土壤中防腐性比铁差。任何金属对不同介质都有不同的腐蚀性能,铜对碱性介质有较好的防腐性能,但对酸性介质防腐性能较差。铜在硫酸中就腐蚀非常快。地面土壤成份是复杂的,有碱性的也有酸性的,由于大气中的酸雨及土壤中植物腐烂,都形

成酸性土壤。不能将铜在碱性土壤中比铁耐腐蚀强 3 倍,就推论到酸性土壤中也比铁强 3 倍。

## 2.4 经济比较

华东电力设计院对江苏电网的一个 220 kV 变电所的镀铜钢接地方案、钢接地方案和纯铜接地方案进行经济比较,取钢接地网的实际使用寿命为 15 年,铜接地网与镀铜接地网的使用寿命为 40 年,按照近期市场上现货镀锌钢、纯铜和镀铜钢的价格,现货铜绞线的价格为 63 768 元/t,镀锌钢(Q235 材质,采用热镀锌工艺)的价格为 7250 元/t。最终结果<sup>[7]</sup>如表 1 所示。

表 1 220 kV 变电所铜接地与钢接地经济评价

项目	钢接地	铜接地	镀铜钢接地
静态投资 / 万元	70.8	142.3	126.1
施工期 / 月	3	2	2
导通试验、测试费用 * / (万元·a <sup>-1</sup> )	4	—	—
寿命期 / a	15	40	40
年费用 / 万元	14.04	12.67	11.23

注:\* 为导通试验每年一次,等年计算接地网测试 6 年一次,每年摊销。

(1) 钢接地方案总静态投资 70.8 万元,纯铜接地方案总静态投资 142.3 万元,镀铜接地方案总静态投资 126.1 万元。钢接地方案的总静态比镀铜钢接地方案的总静态投资只降低了 43.8%;但是铜接地方案的总静态投资比钢接地方案的总静态投资提高了 100%,接地网的寿命由原来的 15 年提高到了 40 年。

(2) 从年费用的角度来考虑,钢接地方案的年费用为 14.04 万元,铜接地方案的年费用为 12.67 万元,镀铜接地方案的年费用为 11.23 万元。所以,从年费用的角度来考虑,镀铜接地网的年费用是最低的,而钢接地网的年费用是最高的。

由上可见,镀铜钢接地方案的年费用较钢接地方案和铜接地方案低。因此,采用镀铜接地方案,其经济性更好。

## 3 覆钢接地网的特性要求

铜覆钢材料,目前主要有 3 种工艺生产:(1) 连铸,将处理干净并加热到一定温度的钢材快速通过加热融化的电解铜液,铜液在钢材表面结晶的加工工艺。一般铜层厚度可达到 0.25 mm。(2) 套管冷拉,将处理干净的钢材插入紫铜管内,利用直拉机拉丝模的束紧力将铜管束紧在钢材外表面的加工工艺。一般铜层厚度可达到 0.8 mm,但是铜层覆于钢材上的牢固性较差,特别是在弯曲时易分离。(3) 电镀,利用电解原理在处理干净的钢材表面上镀上铜层的加工工艺。一般铜层厚度小于 0.25 mm,镀层较薄。

## 4 相关规程

(1) 国家标准 GB 50065—2011《交流电气装置的接地设计规范》<sup>[8]</sup>规定,要求各类铜覆钢材的铜层厚度不应小于 0.25 mm。

(2) 国家电网公司企业标准 Q/GDW 466—2010《电气工程接地用铜覆钢技术条件》<sup>[9]</sup>规范,电气工程接地用铜覆钢,铜必须完全、均匀、牢固地覆于钢材上。

(3) 《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》(修订版)要求:在强碱性土壤、地下水会引起钢材严重腐蚀的中性土壤地区,宜采用铜质、铜覆钢(铜层厚度不应小于 0.8 mm)或者其他具有防腐性能材质的接地网。对于室内变电站及地下变电站应采用铜质材料的接地网。

(4) 国家电网公司部门文件《关于进一步规范输电工程接地设计有关要求的通知》要求,用于接地工程的铜覆钢材的铜层厚度不应小于 0.8 mm。

综上所述,铜覆钢接地网宜采用连铸加工工艺、铜层厚度为 0.25 mm 以上的铜覆钢材料。

## 5 结束语

铜材接地网存在较多问题,关键是对附近构架中的钢材产生腐蚀,对变电站带来隐患;铜接地网仅在碱性土壤中防腐性能比铁好,铜在酸性土中防腐性能比铁差;铜材价格比铁高五倍,铜是战略物资,我国是缺铜国家;江苏电网使用钢接地网已有六十多年经验,铜材接地网使用只有十年历史。接地网材质选择是复

杂的问题,不能只看一次性投资,也不能只看年费用等经济性指标,还要看在不同土壤中的抗腐蚀性、运行经验等指标。江苏土壤复杂,有山区丘陵、沿海、沿江、平原等,因此江苏电网不能盲目推广铜或铜覆钢接地网。在江苏沿海碱性土壤地区,如连云港、盐城、南通地区的室内变电站,可以采用铜质材料的接地网。江苏其他地区的变电站,宜采用热镀锌钢接地网。如采用铜覆钢接地网,宜采用连铸加工工艺、铜层厚度为 0.25 mm 以上的铜覆钢材料。

### 参考文献:

- [1] 国家电网公司运维检修部. 国家电网十八项电网重大反事故措施[S]. 北京:中国电力出版社,2012.
- [2] 阎东,寇晓适,张科,等. 变电站地网防腐新材料及阴极保护实施关键技术[J]. 水电能源科学,2011,28(11):152-154.
- [3] 陈健生. 铜材接地网的危害[R]. 2012.
- [4] 杨明,程好. 盐碱环境中变电站接地体材料的腐蚀行为研究[J]. 江苏电机工程,2013,32(6):69-72.
- [5] 郑敏聪,陈自年,李建华. 大型变电站姐弟装置腐蚀规律及防腐[J]. 华东电力,2009,37(9):1463-1467.
- [6] 徐华,文习山,李中建,等. 大型变电站钢材和铜材接地网的性能比较[J]. 高电压技术,2004,30(7):18-19,63.
- [7] 中国电力工程顾问集团华东电力设计院. 220 kV 沧浪变电所接地专题[R]. 2011.
- [8] GB 50065—2011,交流电气装置的接地设计规范[S].
- [9] Q/GDW 466—2010,电气工程接地用铜覆钢技术条件[S].

作者简介:

杨庆刚(1963),男,江苏连云港人,高级工程师,从事输变电工程设计评审工作。

## Analysis on the Grounding Issues in Jiangsu Power Grid

YANG Qinggang

(State Grid Jiangsu Economic Research Institute, Nanjing 210008, China)

**Abstract:** At present, copper or copper-covered steel are usually utilized to construct the grounding grid in the transformer substations. Except the high cost for raw materials, copper or copper-covered-steel grounding grid is not suitable for all types of soils because of that copper accelerates the corrosion of the underground steel. From the start, this paper describes the current situation of grounding materials used in Jiangsu power grid. Then the comparisons of common-used grounding materials are discussed in conductivity, thermal stability and rotproofness and economic aspects. From the analysis, the conclusion can be obtained that copper or copper-covered-steel grounding grid cannot be utilized without the practical research. At last, some manufacture standards for copper-covered steel are recommend to Jiangsu power grid.

**Key words:** grounding grid; comparison; conductivity; thermal stability; rotproofness; economic

## 能源互联网推动新能源发展成治理雾霾良策

煤炭的大规模消费以及生产利用环节的不清洁,被认为是雾霾形成的重要因素之一。而要替代当前巨大的煤炭消费总量,只有在大力发展太阳能、风能等新能源上下功夫。近年来,尽管我国新能源产业发展迅速,截至目前在我国能源结构中占比依然很小,要想在雾霾治理中挑起大梁,新能源产业还需在规模和技术创新上取得重大突破。以太阳能为主导的新能源将成为撕开能源互联网层层大幕的契机,而能源互联网又会反过来推动新能源的大力发展和装机量的提升。发展能源互联网无疑是治霾良策,因为它将极大地推动新能源的发展

摘自《江苏电力信息网》