

镀铜钢材料在电力工程接地中应用研究

尤国伟

(国网南京供电公司,江苏南京 210009)

摘要:近年来,镀铜钢材料在电力输变电接地工程中逐渐得以普及应用。文中分析了镀铜钢材料在防腐、焊接等方面的优越性能,提出了其在输电杆塔工程、电缆沟及电缆隧道工程、变电站工程设计参数,并以实际工程为例阐述镀铜钢接地装置的应用。

关键词:镀铜钢;接地;焊接;防腐

中图分类号:TM862

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2016)04-0067-04

接地装置在输变电工程投资中所占的比例虽然很小,但它所引发的事故却极其惊人,能很快摧毁电网中的二次设备,像直流、保护、通信等设备,甚至发展成严重的系统事故。我国传统接地体均采用钢材质。在建国初期,由于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世纪五六十年代提出“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。

本文在分析镀铜钢接地材料作为电力工程接地装置主要材料优点的基础上,提出了镀铜钢接地材料在输电杆塔接地工程、电缆沟及电缆隧道工程、变电站工程设计注意事项及相应参数,并以宁溧高科220 kV殷溧线、科溧线杆线迁移工程为例阐述镀铜圆钢接地装置的应用。

1 铜接地体与热镀锌钢接地体技术比较

1.1 性能比较

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2种形式;在多数情况下,这2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4~60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。

目前我国输电线路接地系统均存在不同程度的腐蚀问题,特别是有些运行10年以上的输电线路,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。

由上可见,镀铜接地体的耐腐性且显著优于钢接地体。

1.1.4 施工便利性

输电线路接地网采用镀铜圆钢,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

根据DL/T 621—1997《交流电气装置的接地》^[3]以

及 Q/GDW 466—2010《电气工程接地用铜覆钢技术条件》^[4],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,就可以计算出在同样的条件下,不同材料所需的截面积。

1.3 接地体连接方式

输电线路接地网金属导体成放射状分布,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,焊接点对于接地体的导电性能也有影响。

1.3.2 镀铜接地体的连接方式

镀铜接地材料的连接均采用放热焊接法连接,放热焊接是利用金属氧化物与铝之间的氧化还原反应,释放大量的热量,产生液态高温铜液来熔接同(异)种金属的一种焊接工艺,以达到高性能电气连接的现代焊接法。放热焊接属于金属材料熔融连接,可以说是最适于接地工程的焊接方式^[1,2]。放热焊接法工作原理如图 1 所示。

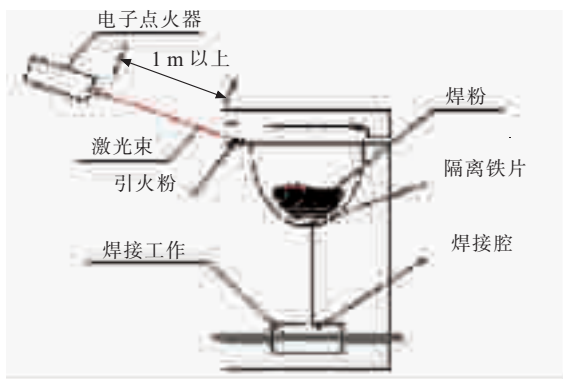


图 1 放热焊接法工作原理图

当激光光束点燃模层上的引火粉,引火粉引燃放热焊粉,在模具的坩埚中产生转换还原反应,转换出高温铜液流入熔接腔,从而熔焊工件。放热焊接具有焊接一致性好,施工便利,无需额外的电力或热能能源。

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。

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,

为了保障可靠的接地,输电线路大多采用了双接地引下线^[4,5]。

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,因此对于除必须采用双接地引下线的地方外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 镀铜接地材料类型

近几年,国网江苏省电力公司在输电线路工程含地下管廊及线路杆塔改造工程中部分 110 kV 及 220 kV 变电站工程中使用了镀铜钢接地材料及放热焊接工艺。

应用项目有南京宁溧高科 220 kV 殷溧线、科溧线迁移工程、南京 220 kV 牧龙(陈塘)输变电工程、220 kV 淳东—古柏输电线路工程、中电总降变—西渡变 220 kV 电缆隧道工程、220 kV 铁北变—尧化门—经港变电缆隧道工程、110 kV 南京吉冲变电站工程等多个工程项目。

在上述项目中接地主材分别有镀铜圆钢、镀铜扁钢、高导镀铜绞线等接地主材,具体的材料规格如表 1—3 所示。

表 1 镀铜圆钢材料规格表

型号	规格	铜层厚度/mm	制造长度/m
TOM-YX10	D10	0.25~0.8	100
TOM-YX12	D12	0.25~0.8	100
TOM-YX132	D13.2	0.25~0.8	100
TOM-YX137	D13.7	0.25~0.8	100
TOM-YX14	D14	0.25~0.8	100
TOM-YX158	D15.8	0.25~0.8	100
TOM-YX16	D16	0.25~0.8	100

表 2 镀铜扁钢材料规格表

型号	规格	铜层厚度/mm	制造长度/m
TOM-BX254	25×4	≥0.25	6
TOM-BX404	40×4	≥0.25	6
TOM-BX406	40×6	≥0.25	6
TOM-BX505	50×5	≥0.25	6
TOM-BX606	60×6	≥0.25	6
TOM-BX608	60×8	≥0.25	6
TOM-BX808	80×8	≥0.25	6

以上材料的规格涵盖了电力工程中大部分能用到的材料规格及类型,下面就各种电力工程中的应用展开说明。

3 镀铜接地材料设计

3.1 输电杆塔接地工程

输电杆塔有角钢塔和钢管塔,其中角钢塔有 4 根引上线,钢管塔有 2 根引上线。水平接地体采用 D10

表 3 高导镀铜钢绞线材料规格表

截面积 /mm ²	直径 /mm	股数 / 股	导电率 20%重量 / (kg·km ⁻¹)	导电率 30%重量 / (kg·km ⁻¹)	导电率 40%重量 / (kg·km ⁻¹)
70	11.00	19	540	545	552
95	12.60	19	749	752	773
120	14.00	19	923	935	940
150	16.00	37	1156	1175	1202
185	17.60	37	1467	1476	1504
240	20.00	37	1906	1951	1980
300	22.40	37	2405	2465	2480

mm 至 D12 mm 镀铜圆钢,接地极采用 D14.2 mm,长度 2.5 m,依据土壤电阻率不等,接地极数量 2 组至 4 组不等。引上线考虑到防盗问题,在镀铜圆钢的表面再镀锡,焊接扁钢线鼻子与杆塔接地端子连接。南京地区的杆塔接地示意图如图 2、图 3 所示。

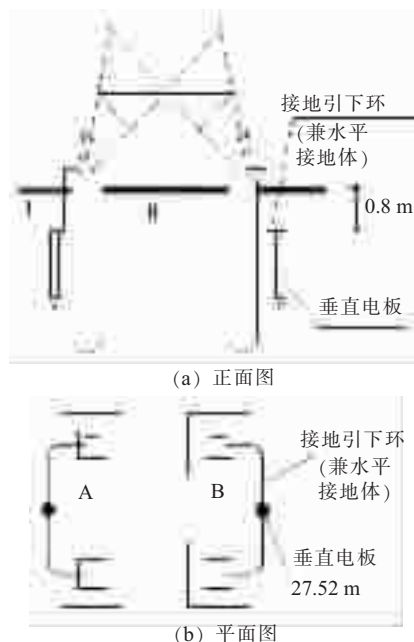


图 2 南京地区角钢塔接地示意图

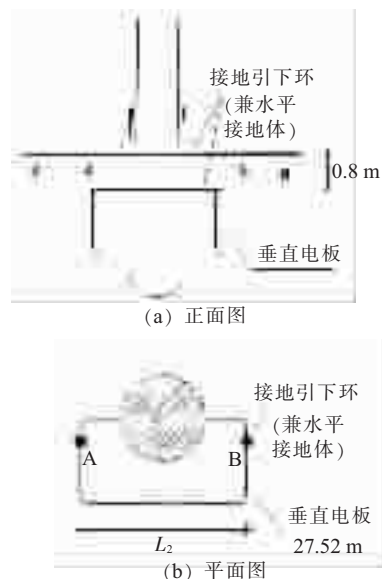


图 3 南京地区钢管塔接地示意图

接地材料的镀铜厚度依据如表 4 所示的土壤腐蚀强度评价体系确定。

表 4 土壤腐蚀强度评价体系 mm

土壤腐蚀强度评价	相对应镀铜层厚度
轻微腐蚀	0.254
弱腐蚀	0.33
中度腐蚀	0.50
强腐蚀	0.8

像南京地区处于长江冲击平原,土层比较厚,土壤腐蚀强度为轻微腐蚀,镀铜层厚度选择 0.254 mm 即可;例如连云港和南通沿海地区,土壤腐蚀强度为中度腐蚀或强度腐蚀,则镀铜层厚度选择 0.5 mm 或 0.8 mm。

3.2 电缆沟及电缆隧道工程

电缆沟和电缆隧道接地装置有接地体和电缆支架通长接地线 2 个部分构成。埋在地下的接地极采用 D14.2 mm,长度 2.5 m 的规格,水平接地体和引上线、电缆支架通长接地线采用 40×4 或 50×5 的镀铜扁钢,镀铜扁钢的镀铜层厚度在 0.254 mm 以上。

3.3 变电站工程

变电站接地装置由接地极、接地网、集中接地装置构成,主要水平接地体采用 D14 mm 至 D16 mm 镀铜圆钢,或者导电率 30%~40%、截面积 150~185 mm² 高导镀铜钢绞线。水平接地体的截面和直径选择依据是根据故障入地电流的大小,确定接地导体的热稳定系数。镀铜圆钢的镀铜厚度和热稳定系数 C 值对照如表 5 所示。

表 5 镀铜圆钢的镀铜厚度和热稳定系数

镀层厚度 /mm	导电率 /%	热稳定系数
0.254	20	119
0.33	25	136
0.50	30	144
0.8	40	167

镀铜钢绞线的热稳定系数 C 值如表 6 所示。

表 6 镀铜钢绞线的热稳定系数

最大允许温度 /℃	铜	导电率 40% 镀铜钢绞线	导电率 30% 镀铜钢绞线
700	249	167	144
800	259	173	150
900	268	179	155

4 应用案例

本文以宁溧高科 220 kV 殷溧线、科溧线杆线迁移工程为例阐述镀铜圆钢接地装置的应用。因南京宁溧高科技产业园规划用地建设的需要,将原 220 kV 殷溧

线 83~97 号、科漂线 59~75 号塔间架空线路杆线迁移出规划用地,新建 220 kV 科漂线双回(本期挂单回)架空线路长度 6.317 km,新建 220 kV 殷漂线双回(本期挂单回)架空线路长度 6.304 km。

4.1 地质情况

4.1.1 地形地貌

沿线经过地区为溧水柘塘附近,所处地形地貌单元为岗地,沿线地形大部分为平地、局部为坡地,可能存在暗沟、暗塘等不良地质现象。

4.1.2 地基土

沿线经过地区土质较好,大部为可塑粉质黏土,局部为碎石土和岩石土。本工程全线基坑分布为可塑粉质黏土 40%,碎石土 30%,岩石土 30%。

4.1.3 地下水

沿线经过地区地下水类型属上层滞水,其水位变化主要受地表水及大气降水影响,呈季节性变化,地下水的初见水位埋深在 1.0 m 左右,地下水对各类砼均无侵蚀性。

4.2 接地装置

接地装置采用浅埋的方框状放射型水平接地体,材料选用 D14 镀铜圆钢,接地电阻应满足 SDJ8—79《电力设备接地设计技术规程》^[6]的要求。杆塔接地装置按照 GB 50065—2011《交流电气装置的接地设计规范》^[7]设计。

对于全高超过 40 m 的杆塔,其接地电阻值不应超过上述规定值的一半^[8]。

5 结束语

(1) 镀铜钢接地材料作为电力工程接地装置的主要材料,在耐腐蚀性、免维护性、施工便利性和可靠性方面相对传统热镀锌钢接地体具有较大的技术优势。

(2) 分析了镀铜钢接地材料在输电杆塔接地工程、电缆沟及电缆隧道工程、变电站工程设计注意事项,提出相应的参数。

(3) 本文以宁溧高科 220 kV 殷漂线、科漂线杆线迁移工程为例阐述镀铜圆钢接地装置的应用。经设计,接地装置采用浅埋的方框状放射型水平接地体、材料选用 D14 镀铜圆钢即可满足标准要求。

参考文献:

- [1] 周志军. 离子接地极及热熔焊接技术在变电站接地网改造中的应用[J]. 电源技术应用, 2014(2): 505-507.
- [2] 魏巍, 吴欣强, 柯伟, 等. 接地网材料腐蚀与防护研究进展[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2015(3): 273-277.
- [3] DL/T 621—1997 交流电气装置的接地[S].
- [4] Q/GDW 466—2010 电气工程接地用铜覆钢技术条件[S].
- [5] GB 50064—2014 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范[S].
- [6] SDJ8—79 电力设备接地设计技术规程[S].
- [7] GB50065—2011 交流电气装置的接地设计规范[S].
- [8] GB 50169—2006 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范[S].

作者简介:

尤国伟(1965),男,江苏常州人,工程师,从事输电线路设计工作。

The Application of Coppered Steel in Electrical Grounding

YOU Guowei

(State Grid Nanjing Power Supply Company, Nanjing 210009, China)

Abstract: In recent years, coppered steel has been widely using in electrical grounding. The superior performance of coppered steel in corrosion prevention and welding are analyzed firstly. Then, the designing parameters for transmission tower, cable channel and substation engineering are proposed. Last, an actual engineering project is used to interpret the application of coppered steel.

Key words: coppered steel; grounding; welding; corrosion prevention

两部委印发《能源技术创新行动计划(2016-2030年)》

国家发改委和国家能源局 2016 年 6 月 1 日发布《能源技术创新行动计划(2016-2030 年)》。行动计划分析了我国能源科技发展形势及战略需求,部署了现代电网关键技术创新等 15 项重点任务。行动计划指出,我国能源科技水平有了长足进步和显著提高。到 2020 年,能源自主创新能力大幅提升,一批关键技术取得重大突破,能源技术装备、关键部件及材料对外依存度显著降低,我国能源产业国际竞争力明显提升,能源技术创新体系初步形成。到 2030 年,建成与国情相适应的完善的能源技术创新体系,能源自主创新能力全面提升,能源技术水平整体达到国际先进水平,支撑我国能源产业与生态环境协调可持续发展,进入世界能源技术强国行列。

行动计划提出能源技术创新的 15 项重点任务:一是煤炭无害化开采技术创新。二是非常规油气和深层、深海油气开发技术创新。三是煤炭清洁高效利用技术创新。四是二氧化碳捕集、利用与封存技术创新。五是先进核能技术创新。六是乏燃料后处理与高放废物安全处理处置技术创新。七是高效太阳能利用技术创新。八是大型风电技术创新。九是氢能与燃料电池技术创新。十是生物质、海洋、地热能利用技术创新。十一是高效燃气轮机技术创新。十二是先进储能技术创新。十三是现代电网关键技术创新。十四是能源互联网技术创新。十五是节能与能效提升技术创新。

摘自《江苏电力信息网》