

变电站隔离/接地开关传动轴涂层维护技术研究

吕旺燕¹, 陈川², 阮红梅², 陈天生¹

(1.广东电网有限责任公司电力科学研究院, 广州 510080;

2.中国电器科学研究院有限公司 工业产品环境适应性国家重点实验室, 广州 510080)

摘要: **目的** 针对隔离/接地开关传动轴表面维护涂层展开测试研究, 并对其后续维护提出相应措施, 希望通过加强检修维护与运行巡视来提高运行质量, 进而保障系统安全性和可靠性。 **方法** 采用紫外光老化、中性盐雾等环境试验对现场维护后隔离/接地开关传动轴原件以及与现场隔离/接地开关传动轴相同修复工艺制作的涂层样板进行环境耐久性测试, 并对涂层性能进行评级, 对后续维护提出相应建议措施。 **结果** 紫外 1000 h 后, 传动轴原件表面涂层无明显缺陷, 光泽保持率平均值为 96.8%、色差 ΔE_{ab}^* 的平均值为 0.62, 色牢度为 4~5 级。盐雾 1000 h 后, 传动轴原件表面涂层出现起泡, 未出现生锈、开裂、剥落现象, 起泡等级为 2 (S2)、生锈等级为 Ri0、开裂等级为 0 (S0)、剥落等级为 0 (S0)。 **结论** 必须对变电站隔离/接地开关传动轴表面维护涂层予以足够重视。加强工艺质量管理, 及时可靠地掌握设备运行状况, 故障尽快查明原因排除隐患, 提高系统安全性和可靠性。

关键词: 隔离开关传动轴; 涂层; 耐久性; 环境试验

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2018.01.010

中图分类号: TJ07 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2018)01-0045-05

Coating Maintenance Technology of Isolated Ground Switch Transmission Shaft in Substation

LYU Wang-yan¹, CHEN Chuan², RUAN Hong-mei², CHEN Tian-sheng¹

(1. Electric Power Research Institute of Guangdong Power Grid Co., Ltd, Guangzhou 510080, China;

2. State Key Laboratory of Environmental Adaptability for Industrial Products, Guangzhou 510080, China)

ABSTRACT: Objective To carry out testing research on maintenance coating on transmission shaft of isolation switch, put forward corresponding measures for follow-up maintenances to improve running quality by strengthening maintenance and patrol, and thus guarantee security and reliability of the system. **Methods** Aging of ultraviolet light, the medium salt fog, etc. were applied to carry out environment durability test on original isolation/grounding switch transmission shaft and coating samples made in the process and assess performance of the coating. Some suggestions were put forward for follow-up maintenance. **Results** After Uv test of 1000 h, there was no obvious defect on the original surface of the transmission shaft. The luster retention rate was 96.8%; the color difference ΔE_{ab}^* averages was 0.62; and the fastness was level 4-5. After salt spray test of 1000 h, there were bubbles, but no rust, no cracking, or peeling on the original surface of the transmission shaft with blister grade 2 (S2), rusting grade Ri0, cracking level 0 (S0) and flaking grade 0 (S0). **Conclusion** It is required to pay sufficient attention to the substation isolation switch, so as to strengthen management of process quality; timely grasp running status of equipment, find out causes as soon as possible, eliminate hidden

收稿日期: 2017-07-06; 修订日期: 2017-08-02

基金项目: 中国南方电网有限责任公司重点科技项目 (K-GD2014-0532)

作者简介: 吕旺燕 (1984—), 女, 湖北鄂州人, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为腐蚀与防护。

dangers, and improve the system security and reliability.

KEY WORDS: isolating switch transmission shaft; coating; durability; environmental testing

近些年来, 变电站隔离/接地开关在运行过程中出现诸多问题, 造成电力系统损失不断加大, 人们对变电站隔离开关失效问题日益关注。变电站隔离开关一般采用户外双柱式隔离开关, 它主要由底座、导电部分和棒型瓷柱组成。每个极都有两个瓷柱, 各自装在底座两边轴承座上, 中间用交叉连杆进行相连, 可以自由转动。导电闸刀被分成了相等两段, 分别固定在瓷柱顶端。隔离开关的触头由柱形触子、触头座、触头等组成, 上面装有防护罩^[1]。隔离开关的分、合操作, 是由传动轴通过连杆机构带动, 使两侧棒型瓷柱沿着反方向各自转动 90°, 让闸刀在水平面转动, 实现闸刀的分、合闸。隔离/接地开关传动轴常采用涂层进行防护, 但防护涂层长期受环境等因素影响, 易发生腐蚀失效等问题^[2-6]。目前针对隔离/接地开关传动轴防护涂层失效现场修复仍没有较为有效的措施, 非常有必要开展隔离/接地开关传动轴防护涂层失效现场修复方案研究, 确定合适修复工艺, 消除设备隐患。

文中将对某变电站现场维护后的隔离/接地开关传动轴原件以及与隔离/接地开关传动轴现场维护相同工艺制作的涂层样板进行实验室涂层性能测试和环境耐久性模拟试验, 对隔离/接地开关传动轴表面涂层进行评级, 并对后续维护提出相应的建议措施, 希望通过加强检修维护与运行巡视来提高运行质量, 保障系统安全性和可靠性^[7-8]。

1 实验

1.1 实验样品

实验样品主要为某变电站现场涂层维护后的隔离/接地开关传动轴原件以及与隔离/接地开关传动轴现场维护相同工艺制作的涂层样板, 涂层样板尺寸为 150 mm×70 mm×3 mm, 隔离/接地开关传动轴涂层现场维护工艺如下。

1) 将隔离/接地机构二次电缆金属软管拆下, 把隔离/接地机构与开关本体连接螺栓松开, 然后将隔离/接地机构、相间连杆及拐臂拆下, 妥善存放。

2) 对传动轴外露六方的棱角和端面位路采用喷漆工艺处理, 因现场操作空间狭窄, 将派遣经验丰富的专门技术人员携带小喷枪前往现场施工, 喷漆工艺流程为: 除锈打磨后用稀释剂清洗油污等杂质; 喷涂底漆, 晾干后打磨底漆, 清扫底漆表面打磨后的粉尘; 喷涂面漆, 保证表面无流挂、无漏喷、无针孔、无气泡等缺陷, 晾干后漆膜圆润光滑、丰满流畅(注: 如

因气候原因空气湿度过大(实际操作空气湿度应≤60%), 现场应暂停喷漆)。

3) 将隔离/接地动触头与开关本体连接螺栓松开, 把动触头拆下, 在开关本体上加装工装盖板加以保护, 变电站隔离/接地开关传动轴结构如图 1 所示。

4) 将动触头进一步拆解, 传动轴拆出后, 对动触头安装工装盖板加以保护。

5) 将涂覆油漆后的传动轴及涂层样板参照相关标准进行实验室性能检测, 合格后方可进行现场应用。

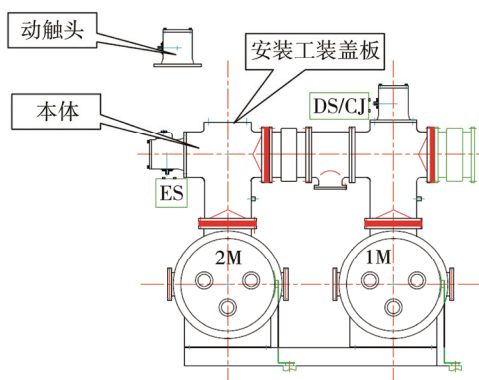


图 1 变电站隔离/接地开关传动轴结构

1.2 试验方法

1.2.1 涂层性能测试

涂层厚度测试依据 ISO 2808: 2007《色漆和清漆膜厚度的测定》测定, 涂层附着力测试依据 GB/T 9286—1998《色漆和清漆漆膜的划格试验》测定, 涂层铅笔硬度测试依据 GB/T 6739—2006《铅笔法测定漆膜硬度》测定, 涂层耐冲击测试依据 GB/T 1732—1993《漆膜耐冲击测定法》测定。

1.2.2 紫外光老化试验

紫外光老化依据 GB/T 23987—2009《色漆和清漆 涂层的人工气候老化曝露 曝露于荧光紫外线和水》中方法 A 进行试验。光源为 UVA-340, 光照段为 60 °C/4 h, 冷凝段为 40 °C/4 h 交替进行, 试验时间为 1000 h。试验设备为紫外线/冷凝老化试验箱 ATLAS UVCON, 采用分光光度计 X-Rite 948 测试涂层样板试验前后光泽度, 采用三角度光泽计 BYK 4430 测试涂层样板试验前后色差变化。

1.2.3 中性盐雾试验

中性盐雾试验参考 GB/T 1771—2007《色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测试》测定。试验时间为 1000 h, 试验温度为 (35±2) °C, NaCl 溶液的质量浓度为 (50±10) g/L, 溶液的 pH 值为 6.5~7.2, 盐雾沉降

量为 1~2 mL/(80 cm²·h), 样品采用与垂直面呈 20°±5° 方式放置。

2 结果与讨论

2.1 基本性能

由于隔离/接地开关传动轴结构的原因, 无法直接对其涂层基本性能进行测试, 为此专门采用与隔离/接地开关传动轴现场维护相同工艺制作的涂层样板。涂层样板制成后, 依据 ISO 2808: 2007《色漆和清漆 漆膜厚度的测定》对某变电站现场维护后的隔

离/接地开关传动轴原件以及与隔离/接地开关传动轴现场维护相同工艺制作的涂层样板进行涂层漆膜厚度测试。结果显示, 传动轴原件涂层厚度的平均值为 215.6 μm, 涂层样板厚度平均值为 214.9 μm, 涂层样板涂层厚度与传动轴原件涂层厚度基本一致, 满足相关规定要求 (>200 μm)。

变电站隔离/接地开关传动轴维护涂层性能考察主要包括涂层附着力、硬度、耐冲击和耐弯曲性能^[9-10]。通过对涂层样板进行相关性能测试, 进而了解隔离/接地开关传动轴表面涂层性能, 测试结果见表 1 和图 2。

表 1 传动轴涂层性能测试

测试项目	参考标准	测试设备	测试条件	测试结果
附着力测试	GB/T 9286—1998 《色漆和清漆漆膜的划格试验》	Erichsen划格刀	切割间距为3 mm	0级
铅笔硬度测试	GB/T 6739—2006 《铅笔法测定漆膜硬度》	中华牌铅笔	擦伤硬度测试	H
耐冲击测试	GB/T 1732—1993 《漆膜耐冲击测定法》	QCJ冲击试验机	负载质量为1000 g, 冲击高度为15 cm	样品表面有脱落
耐弯曲测试	GB/T 6742—2007 《色漆和清漆 弯曲试验》	266柱轴弯曲试验仪	轴棒直径为8 mm	样品涂层无可见开裂



a 附着力测试



b 铅笔硬度测试



c 耐冲击测试



d 耐弯曲测试

图 2 传动轴涂层性能测试后图片

涂层基本性能测试结果显示, 涂层样板附着力为 0 级, 铅笔硬度测试结果为 H, 样品表面有脱落, 样品涂层无可见开裂。由此推断传动轴表面维护涂层附着力较好, 涂层铅笔硬度、耐冲击性能以及耐弯曲性能均较为优异。

2.2 耐老化性能

紫外光老化 1000 h 后, 涂层样板光泽保持率平均值为 96.8%、色差 ΔE^*_{ab} 的平均值为 0.62, 参考 GB/T 1766—2008 对涂层样板的破坏、失光、变色、粉化、

开裂、起泡、生锈、剥落进行评定,结果均为0级。依据 ISO 105-A02:1993 进行色牢度评级,结果为4~5级,由此判定涂层样板的耐老化性能优异,进而推断变电站隔离/接地开关传动轴现场维护后的表面涂层有较好的耐老化性能。

2.3 耐盐雾性能

中性盐雾 1000 h 后,采用温度不超过 40 °C 的流动水冲洗涂层试样,吹风机冷风吹干,然后检查样品表面腐蚀情况。依据 ISO 4628-2~5:2003 进行外观评价,按 ISO 4628-8:2005 对划痕部位进行评价。隔离/接地开关传动轴原件试验后形貌如图 3 所示,传动轴原件经 1000 h 盐雾试验后涂层表面出现起泡、未出现生锈、开裂、剥落现象,起泡等级为 2 (S2)、生锈等级为 Ri0、开裂等级为 0 (S0)、剥落等级为 0 (S0) 泡。

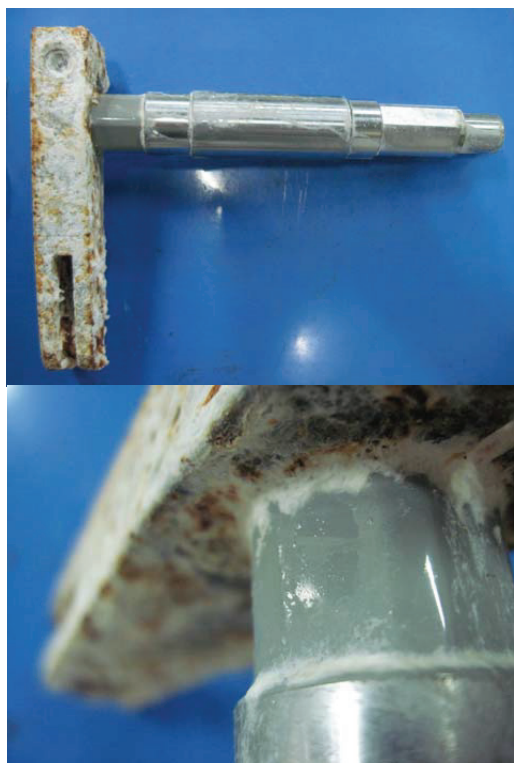


图3 1000 h 中性盐雾试验后隔离开关传动轴样品

中性盐雾 1000 h 后,涂层样板形貌如图 4 所示。涂层样板经盐雾试验后,最大单边腐蚀宽度约为 1.5 mm,平均单边腐蚀宽度约为 0.2 mm。非划痕部位出现起泡,未出现生锈、开裂、剥落现象。起泡等级为 2 (S2)、生锈等级为 Ri0、开裂等级为 0 (S0)、剥落等级为 0 (S0)。参考 ISO 12994-6:1998 中表 1 和 ISO 12944-1 第 4.4 节的技术内容,判定该次变电站隔离/接地开关传动轴现场维护涂层在 C3 及以下环境,预计在 10~15 年内不会出现严重腐蚀问题^[11-12]。



图4 1000 h 中性盐雾试验后传动轴涂层样板

2.4 维护措施

依据检修计划及时间安排,每年对该站的所有传动轴涂层进行质量检查(无论是否停电)一次。另外,运行第一、四、七年停电检修时,对传动轴涂层进行检测,依据现场检查或检测情况,采取以下处理措施:如无起泡现象,无需作任何处理;如出现起泡现象,厂家需委托专业检测机构进行检测,并进行起泡等级(标准 GB/T 1771—2007)的判定。

若起泡等级 ≤ 2 级,采取以下措施进行处理。

1) 将隔离/接地开关相间传动拉杆拆下,并使用专门工装(螺栓加平垫)将传动拐臂六方孔涨开拆下,避免拆卸拐臂过程中划伤传动轴。

2) 使用 180 目砂纸等打磨工具打磨传动轴外露六方的棱角和端面位路,直至将起泡去除,并用大功率吹风机将漆层表面打磨后的粉尘清扫干净,并用稀释剂清洗油污等杂质。

3) 采用纸筒防护,进行补涂底漆两道,并采取吹风机加温加速烘干 10 min,保证漆膜表层干燥不会粘/沾灰尘。晾干后打磨底漆,清扫底漆表面打磨后的粉尘。

4) 采用与底漆工艺相同的方法进行面漆刷涂两道,保证一次成膜厚度在 40 μm 以上,漆膜总厚度在 200 μm 以上,从而提高漆膜的防腐性能。通过漆膜测厚仪检查漆膜厚度,对漆膜不足 200 μm 的部位,使用同工艺进行面漆补涂。

5) 面漆完全晾干后,使用专门工装(螺栓加平垫)将传动拐臂六方孔涨开,套入六方轴后取下工装,紧固拐臂,避免安装拐臂过程中划伤漆面。

6) 装配完成后,使用小喷枪对拐臂及传动轴结合位涂覆面漆;拐臂安装完成后与六方轴处于相对固定状态,且油漆具有一定韧性,进行分合操作不会造成漆层损伤。

7) 恢复隔离/接地开关传动拉杆装配,调整并校对分合闸定位点,手动、电动操作 3~5 次,再次校对分合闸定位点。

现场喷漆处理后,保证传动轴的相关尺寸符合技术标准,满足运行要求。传动轴外露六方的尺寸要求如图 5 所示。

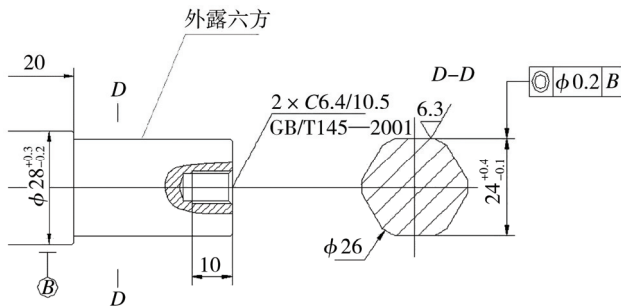


图 5 传动轴外露六方的尺寸

处理一件传动轴需用 2 h, 依据出现问题件数确定具体工期。若一个保修周期 6 年内同一位置第二次出现 ≤ 2 级的气泡, 则更换新传动轴。该处理工艺在原工艺基础上增加了纸筒防护, 吹风机烘干措施, 有效防止灰尘颗粒对涂层质量的影响。

若起泡等级 > 2 级 (表面出现起泡或锈蚀), 采取以下措施处理: 对起泡等级 > 2 级的传动轴进行更换, 保证新拐臂采用经过第三方专业机构检查合格的材料。对于现场采取处理的拐臂: 保修期截止至起泡等级 > 2 级时, 或者达到 GIS 寿命周期 30 年, 便需要对传动轴进行更换。

针对传动轴维护涂层测试结果及现场应用环境情况, 对变电站隔离/接地开关传动轴和传动连杆增加三相整体式防雨罩。在拐臂盒盖板上增加两处 M8 的螺纹孔用于安装紧固防雨罩, 如图 6 所示。同时更换防雨罩与螺栓紧固位置配合使用, 避免安装防雨罩时借用本体连接螺栓, 使得检修时拆装防雨罩对接地开关本体产生不利影响^[13]。

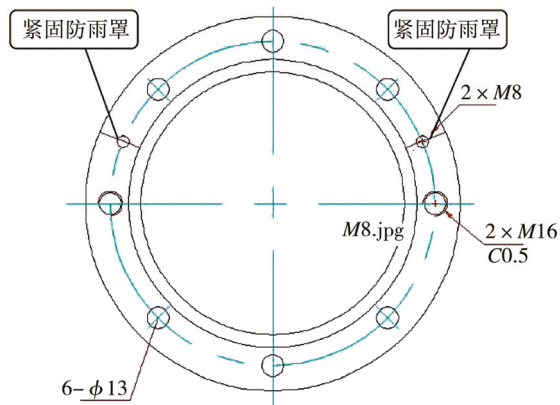


图 6 接地开关拐臂盒盖板更改

3 结论

1) 变电站隔离/接地开关在运行过程中出现诸多问题, 严重影响系统安全性和可靠性, 必须要对变电

站隔离开关予以足够重视。

2) 隔离/接地开关传动轴维护涂层基本性能优异, 耐老化性能较好, 耐中性盐雾性能也相对较好, 在 C3 及以下环境预计 10~15 年内不会出现严重腐蚀问题, 可以将其应用到隔离/接地开关传动轴涂层的现场维护中。

3) 必须加强隔离/接地开关传动轴工艺质量的管理, 并结合设备自身结构灵活处理。定期对隔离/接地开关传动轴表面涂层进行检修维护, 及时可靠地掌握设备的运行状况, 发现问题解决问题, 尽快查明故障原因排除隐患, 提高变电站隔离开关运行质量, 提高系统安全性和可靠性。

参考文献:

- [1] 李文超, 贾明, 周葛城, 等. 超高压变电中隔离开关维护与管理[J]. 通讯世界, 2016(11): 123-124.
- [2] 李辉, 许加凯. GW4-252(D)型隔离开关常见故障及处理[J]. 电工技术, 2015(8): 18-19.
- [3] 杨大宁, 汪川, 王振尧, 等. 变电站常用金属的大气腐蚀行为及其防护[J]. 装备环境工程, 2016, 13(1): 126-129.
- [4] 杨春雷. 变电站隔离开关的探讨[J]. 电力设备, 2015(11): 12-15.
- [5] SAMIMI A. Study an Analysis and Suggest New Mechanism of 3 Layer Polyethylene Coating Corrosion Cooling Water Pipeline in Oil Refinery in Iran[J]. International Journal of Innovation & Applied Studies, 2012, 1(2): 216-225.
- [6] 李文胜, 何凤生, 王伟, 等. 变电站隔离开关传动部件断裂分析[J]. 广东电力, 2014(8): 85-88.
- [7] 邱志斌, 阮江军, 黄道春, 等. 高压隔离开关机械故障分析及诊断技术综述[J]. 高压电器, 2015(8): 33-36.
- [8] 宋祥峰, 李根, 杨春甫. GW5 型隔离开关轴承锈蚀问题[J]. 农村电气化, 2014(6): 17-21.
- [9] AHMED M F A, ZAYAN A M S, RASHED M S. Evaluation of Seed Coating with Certain Bio-agents Against Damping-off and Root Rot Diseases of Fennel under Organic Farming System[J]. Journal of Phytopathology and Pest Management, 2017, 3(3): 11-23.
- [10] 梁彩凤, 侯文泰. 大气腐蚀与环境[J]. 装备环境工程, 2004, 1(2): 49-52.
- [11] 杨万均, 肖敏, 张燕, 等. 舰面电子设备机柜防护失效分析与对策研究[J]. 装备环境工程, 2012, 9(6): 83-87.
- [12] YANG Z, CHUEH C C, ZUO F, et al. High Performance Fully Printable Perovskite Solar Cells via Blade Coating Technique under the Ambient Condition[J]. Advanced Energy Materials, 2015, 5(13): 28-30.
- [13] FRESNAIS J, YAN M, COURTOIS J, et al. Poly (acrylic acid)-coated Iron Oxide Nanoparticles: Quantitative Evaluation of the Coating Properties and Applications for the Removal of a Pollutant Dye[J]. Journal of Colloid and Interface Science, 2013, 395: 24-30.