

doi: 10.3969/j.issn.1001-3849.2019.07.007

喷砂对水性涂装漆膜形貌与性能的影响

程宝改, 李宝增, 谢美芳, 林生军

(平高集团有限公司, 河南 平顶山 467001)

摘要: 户外服役高压开关漆膜破坏后采用硅烷处理加水性涂料进行现场维修存在附着力不良的现象。本文研究了喷砂前处理+水性涂料在维修过程中的施工工艺, 并采用测厚仪、拉拔仪与盐雾试验箱测试其生成膜层的厚度、附着力与耐蚀性能。结果表明, 最佳的前处理工艺为喷嘴直径0.6 mm, 压力0.5 MPa, 距离为600 mm, 走枪速度为0.6 m/s, 石英砂粒径为80~100目。制备水性涂料涂层, 附着力均大于5 MPa, 中性盐雾试验1000 h无任何的起泡、剥落、生锈与开裂现象, 可以满足生产的技术要求。

关键词: 水性涂料; 喷砂; 附着力; 耐腐蚀

中图分类号: TQ638

文献标识码: A

Influence of Sandblasting on Morphology and Adhesion of Water-Borne Film

CHENG Baogai, LI Baozeng, XIE Meifang, LIN Shengjun

(Pinggao Group Co. Ltd., Pingdingshan 467001, China)

Abstract: When the film of high-voltage switch in outdoor service is damaged, adhesion is poor after on-site repair with silane treatment and waterborne paint. In this paper, the construction technology of sand blasting pretreatment and waterborne coatings in maintenance process were studied. Thickness, adhesion and corrosion resistance of the films were tested by thickness gauge, drawing instrument and salt spray test box. The results showed that the optimum pretreatment process was as follows: nozzle diameter of 0.6 mm, pressure of 0.5 MPa, distance of 600 mm, shooting speed of 0.6 m/s and quartz sand with particle size of 80-100 mesh. The adhesion of the prepared waterborne coatings was greater than 5 MPa, there was no foaming, peeling, rusting and cracking after neutral salt spray test for 1000 h, which can meet the technical requirements of production.

Keywords: water-based coating; sandblasting; adhesion; corrosion resistance

目前高压电器涂装产品面临的严重挑战是环保问题, 环境保护的大势要求必须尽快采用环保型涂装技术替代传统的溶剂型涂装技术, 减少施工过程中有害物VOC的排放。近年来技术人员研究较多且耐腐蚀效果比较理想的替代技术是水性涂装

技术^[1-4], 通过技术攻关在日常车间生产中制备水性涂料涂层已经形成了成熟的工艺技术, 主要技术改进措施包括: 开发高性能的水性涂料、改善作业环境、改善前处理方法^[5-7]、提高零部件清洁等级与增加零部件表面的粗糙度数值等^[8], 随着施工技术的

收稿日期: 2019-01-21

修回日期: 2019-03-05

基金项目: 国家电网有限公司总部科技项目(SGSHDK00SPJS1800621)

改善与涂层性能的提高,水性涂料技术在工程中已经获得较好的使用。高压电器比较成熟的施工方法为:除油清洗→清水洗→去离子水洗→去离子水洗→硅烷处理→晾干→底漆涂装2遍→烘干→面漆涂装2遍→烘干。但是高压电器多是户外应用,服役条件比较差,由于气候、天气和人为造成的环境腐蚀对产品涂层造成严重危害,而多数产品又不能及时返厂维修,只能在户外进行涂层维修作业,操作的环境条件比较差,大多自动化车间生产工具无法使用,照搬车间生产工艺存在一定的难度,且获得的涂层附着力并不理想,耐腐蚀性能也比较有限,水性涂料户外涂装维修施工技术又鲜有报道,并没有比较成熟的技术可以借鉴。所以必须及时开展水性涂装户外作业技术研究,提高涂装产品的涂层性能。

1 实验部分

1.1 前处理方案选择

从提高涂层耐腐蚀性能角度看,需要从涂料、前处理与施工细节来提高涂装涂层附着力。水性涂装体系:水性环氧树脂底漆+水性聚氨酯面漆,以及生产应用的施工工艺,不作重点讨论,本文集中研究前处理方式来提高零部件表面粗糙度,继而保证漆膜附着力。

采用硅烷进行前处理在户外作业是不太合适的。车间的生产流程包括:去离子水洗→去离子水洗→硅烷处理3个步骤,在工程现场施工去离子水的质量无法保证,同时硅烷配制一般同样是采用去离子水,户外生产同样不易实施。

提高零部件表面粗糙度可以考虑的施工方式包括磷化、化成、砂纸打磨与喷砂等,同样磷化与化成在现场作业不易实施不予考虑,而打磨多是手工作业,劳动强度过大,喷砂可以利用机械设备,依靠砂粒的高速运动击打零部件表面而粗化涂装表面,且喷砂设备相对较小适合在户外作业,所以本文确定前处理方式为喷砂处理。

1.2 基材选择

高压电器服役中的基材包括各类涂装涂层、热镀锌层与钢铁材料,为便于维修,考虑所有待维修基材采用一种作业方式。具体试验基材包括环氧树脂旧涂层、丙烯酸旧涂层、氟碳面漆旧涂层、带锈

热镀锌和锈蚀钢材,试片规格:100 mm×70 mm×1 mm。

1.3 喷砂前处理施工及效果

基于集团原有的生产经验,对喷砂前处理工艺进行优化,本研究采用的喷砂工艺为:喷嘴直径0.6 mm,压力0.5 MPa,距离为600 mm,走枪速度为0.6 m/s。前处理施工工艺和基材经喷砂处理后表面洁净状况如表1。考虑到基材与腐蚀深度的不同,选用石英砂,粒径分别为80~100目、150~180目。

带锈热镀锌与锈蚀钢材两种基材,在基本施工条件相同,仅改变砂粒直径:粒径为80~100目时,喷砂后两种基材锈蚀容易处理干净,露出金属基体,满足涂装的前处理技术要求;粒径为150~180目时,喷砂后两种基材锈蚀不易处理干净,基材表面仍有零星锈蚀,作为涂装前处理并不是很理想。丙烯酸旧涂层、环氧旧涂层与氟碳面漆旧涂层3种基材,无论粒径为80~100目还是150~180目时,喷砂后3种基材漆膜与锈蚀容易去除干净,露出金属基体,作为涂装前处理来讲,均比较理想。

实际上,喷砂前处理能否获得满意效果与涂层原始状况有着密切关系:热镀锌层与钢铁材料基体金属元素间容易发生反应,锈蚀与基材之间结合力比较大,去除带锈热镀锌层需要较大的冲击力,砂粒较大时对涂层冲击比较大,带锈热镀锌层容易脱落,因此选用砂粒粒径较大为80~100目时对基材冲击较大,才能满足使用要求;锈蚀钢材在空气中长时间暴露,其锈蚀一旦开始很容易向基材的深处发展,因此去除锈蚀同样需要较大冲击力量,同带锈热镀锌一样需要较大的冲击力量,需选用砂粒粒径为80~100目;而对于3种涂装产品来讲情况是一样的,漆膜是喷涂到基材表面,结合强度要小于上述的热镀锌涂层,且随着服役时间增加漆膜还有老化现象,所以其涂层与基体的结合力应该比较弱,因此对涂层施加相对较小的冲击,旧有漆膜就容易从基体上脱落,所以无论砂粒粒径为80~100目还是150~180目,其漆膜均容易被冲击脱落。

对于生产组织,尤其是现场维修来讲更应该考虑便利性,所以总体而言希望一种工艺满足上述所有基材涂装维修的技术问题,基于该点优化出最佳的前处理工艺:喷嘴直径0.6 mm,压力0.5 MPa,距离为600 mm,走枪速度为0.6 m/s,石英砂粒径为80~100目。

表 1 表面洁净情况统计

基体	粒径/目	试样状况
带锈热镀锌、锈蚀钢材	80~100	喷砂后 2 种基材锈蚀容易处理干净,露出金属基体
	150~180	喷砂后 2 种基材锈蚀不易处理干净,基材表面还有零星锈蚀
丙烯酸旧涂层、环氧旧涂层、氟碳面漆旧涂层	80~100	喷砂后 3 种基材漆膜与锈蚀容易去除干净,露出金属基体
	150~180	

1.4 涂装施工及性能检测方式

涂装施工工艺:底漆 2 遍→24 h 晾干→面漆 2 遍→24 h 晾干。喷孔直径为 3 mm,空气喷出压力为 0.4 MPa。底漆膜厚 35~45 μm,总膜厚 100~130 μm。

漆膜形貌采用佳能 DS126231 型相机拍摄。厚度选用 DP-2100 测量仪测试,分别测试底漆膜层厚度与膜层总厚度。膜层附着力选用 DeFelskoAT-A 拉拔仪测试。耐蚀性选用 JST-120 盐雾腐蚀试验箱测试,采用 5 % NaCl 溶液,pH 为 6.5~7.2,温度为 35±2 ℃,连续喷雾,观察周期 100 h,试验总时间为 1500 h。所有试验均测试 3 个样品。

2 试验结果

2.1 涂层厚度

试验中测试了涂层的厚度如表 2 所示,分别测试底漆膜层厚度与膜层总厚度,每一种基材测试 3 个样品,为了进行比较,日常车间生产制备的样块同时进行了测量,所有测试结果取平均值作为标准进行比较。由表 2 中数据可以看出,底漆膜厚介于 39~47 μm 之间,总厚度介于 116~127 μm 之间,满足标准规定。涂层厚度,无论是底漆还是总厚度相差不多,对于测试其涂层的相关性能更具说服力。另外从漆膜的宏观状况看,对各类基材实施喷砂前处理+水性涂料涂装施工,涂层状态良好,漆膜比较光滑,几乎不存在什么漆豆与橘皮等缺陷,试片涂装形貌如图 1 所示。但是有一点比较明显的区别是,带锈热镀锌与锈蚀钢材零部件表面几乎上全部实施涂装,其表面保持了一致的光泽度,而 3 种旧涂层属于局部修复,修复区域与没有修复区域漆膜光泽度存在比较明显的区别,估计在二者结合位置性能会比较薄弱,需要通过试验进行继续验证。

表 2 涂层厚度测试结果 μm

工艺类型	底漆厚度/总厚度			
	试样 1	试样 2	试样 3	平均值
带锈热镀锌	40/118	45/125	42/117	42/120
锈蚀钢材	41/116	44/123	42/122	42/120
丙烯酸旧涂层	43/119	44/126	41/119	43/121
环氧旧涂层	39/118	43/125	40/118	41/120
氟碳旧涂层	42/127	46/125	47/120	44/124
车间正常生产	43/118	45/125	41/127	43/123

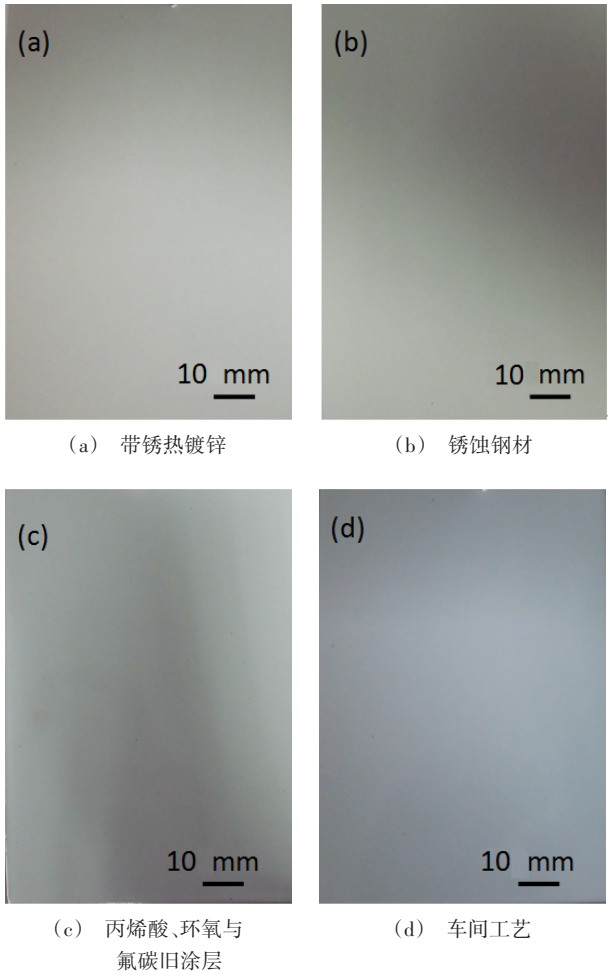


图 1 不同基材涂装形貌

2.2 涂层附着力

本文测试了修复涂层的附着力,并与车间日常生产工艺进行了比较,不同基材试验样品均为3件,每个试样测试3个位置,结果如表3所示。带锈热镀锌的9个测试位置测试结果介于9.1~9.6 MPa之间,均值为9.34 MPa。锈蚀钢材的9个测试位置测试结果介于7.7~8.5 MPa之间,均值为8.18 MPa。而3种旧有涂层附着力测试结果比较接近,所有测试位置检测结果介于7.1~7.6 MPa之间,其平均值为7.39 MPa。现场涂装维修获得的涂层比较其附着力均比较低,如表中测试结果,在车间生产中,获得的涂层其附着力测试结果介于9.6~10 MPa之间,

均值为9.84 MPa。实际上在现场维修过程尽管严格控制了工艺参数,但是由于前处理方式仍旧存在明显的差别,生产环境的洁净程度也不同,所以其附着力存在着一定的区别。另外对于涂装产品来讲,生产上附着力的技术指标为5 MPa,在现场生产比较困难的情况下,采用环保的水性涂装工艺,改变了成熟的硅烷前处理工艺,获得涂层仍旧可以满足附着力技术要求,在生产上可以接受的。最后需要指出的是,由于现场维修涂层获得的涂层附着力低于车间正常生产,而附着力是涂层耐腐蚀性能重要的保证之一,因此可以预计现场维修获得涂层其耐腐蚀性能应该有限。

表3 涂层附着力统计结果

MPa

基材	试样	位置1	位置2	位置3	平均值
带锈热镀锌	1#	9.1	9.4	9.2	9.34
	2#	9.4	9.5	9.6	
	3#	9.2	9.3	9.4	
锈蚀钢材	4#	8.3	7.7	7.9	8.18
	5#	8.4	8.1	8.2	
	6#	8.3	8.5	8.2	
丙烯酸旧涂层	7#	7.3	7.6	7.4	7.39
	8#	7.4	7.3	7.5	
	9#	7.3	7.4	7.5	
环氧旧涂层	10#	7.2	7.3	7.5	
	11#	7.1	7.4	7.3	
	12#	7.4	7.6	7.3	
氟碳旧涂层	13#	7.4	7.5	7.4	
	14#	7.3	7.4	7.5	
	15#	7.6	7.5	7.2	
车间正常生产	16#	9.6	9.9	9.7	9.84
	17#	9.9	10	10.1	
	18#	9.7	9.8	9.9	

2.3 腐蚀性能测试

中性盐雾试验结果如表4所示。带锈热镀锌制备的涂层试验进行到1200 h,涂层没有出现起泡、剥落、生锈与开裂现象,试验进行到1300 h,涂层出现零星针孔,进行到1400 h,涂层针孔密度增加。而锈蚀钢材耐腐蚀性能稍微有所下降,其涂层

试验进行到1100 h状态比较良好,至1200 h开始,出现可见针孔,至1300 h涂层针孔密度增加。丙烯酸旧涂层、环氧旧涂层与氟碳旧涂层3种旧有涂层基体制备的涂层试验进行到1000 h,涂层保持着良好状况,至1100 h在补漆区域与相邻原漆膜比较存在明显色差,有可见针孔,至1300 h涂层针孔密度

较大。现场修复工艺与车间正常生产工艺比较,其漆膜耐腐蚀性能稍差,腐蚀试验统计结果表明车间正常生产获得漆膜在试验进行到1300 h没有出现起泡、剥落、生锈与开裂现象,但是至1400 h漆膜出现可见针孔,至试验结束达到1500 h,针孔已明显增大。

与车间生产比较,现场作业由于条件限制与车

间生产制备的涂层耐腐蚀性能存在着一定的差距。其实从涂层的附着力已经明显体现出来,车间生产获得涂层附着力优于现场作业。而采用水性涂料户外作业能够获得附着力大于涂装标准规定的5 MPa,且通过中性盐雾试验1000 h无任何的起泡、剥落、生锈与开裂现象,可以满足生产的技术要求,工程应用中是可以接受的。

表4 漆膜划线中性盐雾腐蚀试验统计结果

基材	测试时间/h							
	—	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
带锈热镀锌	未起泡、未剥落、未生锈、未开裂					零星针孔	针孔增加	—
锈蚀钢材	未起泡、未剥落、未生锈、未开裂				针孔可见	针孔增加	—	
丙烯酸旧涂层	未起泡、未剥落、未生锈、未开裂			补漆与原漆膜存在明显色差,有可见针孔		针孔密度较大		—
环氧旧涂层								
氟碳旧涂层								
车间正常生产	未起泡、未剥落、未生锈、未开裂						针孔可见	针孔较大

3 结论

为满足现场涂层维修的技术要求,顺应环保的技术所趋,本文采用喷砂技术作为前处理技术,对环氧树脂旧涂层、丙烯酸旧涂层、氟碳面漆旧涂层、带锈热镀锌与锈蚀钢材等基材采用水性涂料进行作业,并进行了系列数据测试,结果表明:

(1)为提高前处理的便利性,采用工艺需完成多种基材生产作业,优化喷砂工艺为:喷嘴直径0.6 mm,压力0.5 MPa,距离为600 mm,走枪速度为0.6 m/s,石英砂粒径为80~100目。

(2)采用喷砂前处理+水性涂料涂装工艺制备的涂层,附着力均大于5 MPa,中性盐雾试验1000 h无任何的起泡、剥落、生锈与开裂现象,可以满足生产的技术要求,工程应用中是可以接受的。

参考文献

[1] 胡中,许飞,庄振宇,等.基于自增稠型羟基丙烯酸

乳液的水性珠光涂料的制备[J].涂料工业,2017,47(5):11-16.

[2] 曾宪光,龚敏,刘朝辉,等.水性聚氨酯涂料的研究现状[J].电镀与涂饰,2018,37:1060-1067.

[3] 张爱黎,田坤,常彩彩,等.改性环氧丙烯酸水性防腐涂料制备研究[J].电镀与精饰,2015,37(11):15-19.

[4] 李卓麟,梁亮,江建东,等.水性仿金属塑料漆的研制[J].电镀与涂饰,2016,35(6):295-299.

[5] 赵欣.涂装前处理[J].电镀与精饰,2011,33(9):36-38.

[6] 李红艳,李增权,徐明磊.农用机械便利型涂装修复技术[J].电镀与精饰,2018,40(12):33-37.

[7] 唐春华.现代磷化工艺实践第九部分—涂装预处理工艺[J].电镀与涂饰,2016,35(6):98-107.

[8] 王传忠,张磊,曹志刚,等.浅析表面粗糙度对涂装的影响[J].现代涂料与涂装,2011,14(5):66-67.