

doi: 10.3969/j.issn.1001-3849.2018.12.008

# 农用机械便利型涂装修复技术

李红艳, 李增权, 徐明磊

(河南质量工程职业学院, 河南 平顶山 467001)

**摘要:** 农机多是在户外作业, 恶劣环境下易发生腐蚀。本文采用常用涂装体系, 在环氧涂料中添加稀土氧化物  $Y_2O_3$  对其改性作为底漆, 并以丙烯酸聚氨酯涂料作为面漆, 选择磷化、锈蚀钢板与丙烯酸聚氨酯涂层作为基体, 进行涂装。结果表明, 添加  $Y_2O_3$  后涂层附着力、耐腐蚀性能与抗老化性能明显提升。

**关键词:** 农用机械; 涂装; 修复技术; 耐腐蚀性能

**中图分类号:** TQ638

**文献标识码:** A

## General Type Painting Repair Technology of Agricultural Machinery

LI Hongyan, LI Zengquan, XU Minglei

(Henan Quality Polytechnic, Pingdingshan 467001, China)

**Abstract:** The agricultural machinery is prone to corrosion because of bad service environment. In this paper, the commonly used coating system was adopted. The epoxy coating was modified by adding rare earth oxide  $Y_2O_3$  as the primer, and the acrylic polyurethane coating was used as the topcoat. The phosphating, rusting steel plates and acrylic polyurethane coatings were chosen as the matrix for coating. The results showed that after the addition of  $Y_2O_3$ , the adhesion, corrosion resistance and antiageing performance were improved significantly.

**Keywords:** agricultural machinery; painting; repair technology; corrosion resistance

### 引 言

农机多是在户外作业, 环境条件比较恶劣, 其漆膜保护层容易发生破损, 一旦不能及时进行修复, 严重影响到农机美观, 且在阴雨天气、酸雾环境中, 破损处腐蚀极易扩展, 造成大面积的破坏, 对于农机整体寿命来说是非常不利的。漆膜修复是保证农机寿命的关键一环, 但是在其修复过程存在着诸多不便, 使得高质量的修复显得非常不易: 一是补漆工艺受到条件限制, 虽然批量生产过程中开发

出多种施工技术<sup>[1-5]</sup>, 但是在分散作业过程中多是手工操作, 有些位置根本无法借助电动工具, 只能进行手工作业, 基材上的残留不能清除彻底, 影响了涂层的修复效果; 二是施工缺少统一的作业规范, 质量波动较大。为提高修复漆膜与基体的结合状况, 已经开发出提高漆膜涂层附着力的途径<sup>[6]</sup>, 添加稀土元素铈、钇或其氧化物对底漆进行改性在工程中已有应用<sup>[7-10]</sup>。

本文立足于稀土元素对底漆的改性原理, 选择合适的底漆种类, 合理的涂装体系, 以钢铁材料磷

化、锈蚀钢材与丙烯酸聚氨酯面漆旧涂层为基体进行涂装,并测试漆膜性能,以期获得良好的涂装修复技术,为农机维修提供借鉴。

## 1 实验部分

### 1.1 稀土元素选择

稀土元素易失去电子,呈现正三价,其反应活性极高,是参加反应的活性剂与催化剂,一方面有助于环氧树脂在基体表面定向吸附层的形成,另一方面有助于环氧树脂与基体界面形成双电子层,即带正负电荷且距离很近的活性点,增加环氧树脂中聚合物的极性基与被涂物极性基之间的相互作用。

环氧树脂是目前涂装技术领域应用较多的底漆涂料,柔韧性、附着力及耐腐蚀性优良,但其耐酸性及耐有机溶剂性比较差、吸水率高等弱点限制其应用,可以加入一定量的酚醛树脂对其改性,二者活性官能团发生交联反应,膜层具有环氧树脂附着力强、柔韧性大的优点、也具有酚醛树脂耐水性、耐有机溶剂和耐酸的优点。在酚醛树脂改性的基础上进一步添加稀土元素,其将会与酚醛树脂发生反应生成键合牢固的稀土-氧共价键,涂料的性能将进一步得到提高<sup>[11]</sup>。

介于稀土元素在涂料中多表现出比较接近的性能,本文选择最易获得的三氧化二钇( $Y_2O_3$ )对环

氧树脂底漆进行改性。

### 1.2 实验材料

基材为钢铁材料、锈蚀钢材和丙烯酸聚氨酯面漆旧涂层,试片规格为(100 mm×70 mm×1 mm)。涂装体系为环氧树脂底漆+丙烯酸聚氨酯面漆,其中采用 $Y_2O_3$ 对环氧树脂底漆进行改性,颗粒尺寸为7~12 $\mu m$ 。

### 1.3 实验方案

涂装施工作业规范,如表1所示。为保证实验结果对常规补漆作业具有一定的借鉴意义,选用磷化、打磨作为前处理方式。原始基材进行磷化处理3件。原始基材锈蚀钢材与丙烯酸聚氨酯面漆旧涂层选用乙醇清洗除去表面残留的油污,再采用手动或者动力工具处理至St2级,即基材表面有斑点但表面铁锈和杂质已除净,各3件。原始基材酯面漆旧涂层选用彻底打磨除去旧涂层,3件。

本文涂装体系为两种。常用体系(以下全文同)即:环氧树脂底漆+丙烯酸聚氨酯面漆。本文研究的稀土改性体系( $Y_2O_3$ ):改性的环氧树脂底漆+丙烯酸聚氨酯面漆。底漆(不低于30 $\mu m$ )+面漆(不低于70 $\mu m$ ),总厚度不低于100 $\mu m$ ,同期测试涂层性能。需要特别指出的是本文研究的两种涂装体系,均采用表1中所述涂装工艺制备涂层,最终比较两种涂装体系形成漆膜性能差别。

表1 作业规范

工序	技术参数	
前处理	磷化	正常磷化处理3件
	锈蚀钢材	乙醇清洗除去表面残留的油污,再采用手动或者动力工具处理至St2级,3件
	丙烯酸聚氨酯面漆旧涂层	打磨不彻底,即乙醇清洗除去表面残留的油污,再采用手动或者动力工具处理至St2级,3件,试样编号为1、2、3
		彻底打磨,除去旧涂层,3件,试样编号为1a、2a、3a
喷底漆	—	空气压力,喷出压力0.3~0.4 MPa,喷涂2次,生成厚度约为30 $\mu m$ ,自然干燥2 h
喷面漆	—	空气压力,喷出压力0.3~0.4 MPa,喷涂2次,生成厚度约为70 $\mu m$ ,自然干燥。涂层总厚度不低于100 $\mu m$

### 1.4 性能检测

涂层厚度,依据国标GB4956-2003,采用DP-2100膜层测量仪测试,首先测试底漆厚度,然后测试总体厚度。

附着力,依据国标GB 5120-2006,采用DeFels-koAT-A拉拔仪测试。

耐腐蚀性能,依据国标GBT10125-2012,采用JST-120盐雾腐蚀实验箱测试,连续喷雾,5%NaCl溶液,pH为6.5~7.2,温度为35±2℃,观察周期24 h,测量划线处的锈蚀宽度。

## 2 实验结果

### 2.1 底漆中 $Y_2O_3$ 含量确定

实验中,对于涂层的宏观特征进行初步统计,以确定  $Y_2O_3$  较为合适的质量百分含量,以  $\omega(Y_2O_3)$  表示。统计结果如表 2 所示。

表 2  $\omega(Y_2O_3)$  对涂层宏观组织影响

$\omega(Y_2O_3)$	宏观组织
0(常用涂装体系)	施工过程中存在漆豆
0.02 ~ 0.05	施工过程中存在漆豆
0.05 ~ 0.10	漆豆、流挂有所减少,但不明显
0.10 ~ 0.20	漆豆、流挂明显减少
0.20 ~ 0.30	漆豆、流挂明显减少
0.30 ~ 0.40	漆豆、流挂明显减少

$\omega$  为 0 时,即常用涂装体系,施工过程中存在漆豆; $\omega$  为 0.02 ~ 0.05,施工过程中存在漆豆,效果不很明显; $\omega$  为 0.05 ~ 0.10 时,漆豆、流挂有所减少,但

不明显; $\omega$  为 0.10 ~ 0.20 时,漆豆、流挂明显减少; $\omega$  为 0.20 ~ 0.40 时,漆豆、流挂明显减少,但是减少已经不很明显。

因为  $\omega$  为 0.10 ~ 0.20 时,漆豆、流挂明显减少,继续添加漆豆、流挂已经不很明显,且  $Y_2O_3$  价格比较昂贵,故选择  $\omega$  为 0.10 ~ 0.20。

### 2.2 涂层厚度测试

分别采用常用涂装体系与添加  $Y_2O_3$  进行改性的常用涂装体系,对经过前处理后的磷化、锈蚀钢板与丙烯酸聚氨酯旧涂层等基材材料进行涂装,需要注意的是丙烯酸聚氨酯旧涂层的前处理状态分为打磨不彻底与打磨彻底,具体打磨程度见表 1。获得的涂层表面光滑,无漆豆、橘皮、流挂等缺陷。测试漆膜厚度结果如表 3,底漆均处于同一级别厚度,约 32 ~ 36  $\mu m$  之间,整体厚度也几乎一致,约 102 ~ 104  $\mu m$  之间,漆膜厚度相差不多,性能测试结果更加可靠。

表 3 涂层厚度

$\omega(Y_2O_3)$ 为 0.10 ~ 0.20						$\mu m$			
基材类别		样 1	样 2	样 3	均值	常用体系			
磷化	底漆厚	32	32	35	33	32	34	33	33
	总厚	103	102	104	103	103	106	103	104
锈蚀钢材	底漆厚	32	34	37	34	35	34	34	34
	总厚	101	103	102	102	104	103	106	104
丙烯酸聚氨酯 旧有涂层	打磨不彻底	底漆厚	34	36	36	35	32	36	36
		总厚	107	101	106	104	101	102	106
	打磨彻底	底漆厚	32	34	35	34	—	—	—
		总厚	106	102	107	105	—	—	—

### 2.3 附着力

涂层附着力测试结果如表 4,可以看出磷化与带锈钢板基材,添加稀土氧化物涂装体系与常用的涂装体系比较,附着力明显升高,其中磷化状态达到了 10.4 MPa,而常用的涂装体系则为 8.8 MPa,锈蚀钢材达到了 9.3 MPa,而常用的涂装体系则为 5.8 MPa。其附着力升高的主要原因可以认为在底漆中稀土元素具有极高的反应活性,形成较多的活性点,有助于附着力性能的提升。

由表 4 中数据看,对于丙烯酸聚氨酯旧有涂层打磨不彻底时,涂层与基体结合性能提升并不明显,几乎上处于同样水平,需要指出的是如果基材打磨不彻底漆膜与基体结合不是很好,其附着力并

不高,稀土改性的涂装体系也没有什么优势。为了保证漆膜旧有涂层采用稀土改性体系涂装修复效果,施工中需要把旧涂层处理彻底,如表 4 所示,其修复漆膜与基体附着力均值达到了 9.4 MPa,实现了大幅提升。

### 2.4 盐雾腐蚀实验

#### 2.4.1 非划线处起泡实验结果

非划线处起泡实验结果如表 5,总体看来对底漆进行稀土改性之后,盐雾实验后非划线处起泡比例较常用体系明显减小。首先,对于磷化基体两种涂装体系均无起泡情况发生,对于锈蚀钢板,在实验结束时稀土改性涂装体系涂层开始出现起泡,面积占比达到了 1%,而常用体系起泡比例达到 5%。

实验结果再次表明添加稀土之后,涂层起泡面积比例明显降低,应该是稀土活性质点增多,增强了基体与涂层之间的附着力从而提高了涂层性能。

但是从表5也可以看出,对于丙烯酸聚氨酯旧有涂层打磨不彻底时进行涂装获得的漆膜起泡比

较严重,两种涂装体系在实验结束时涂层起泡面积均已达到100%,旧涂层一旦未能清除彻底,严重影响了基体与涂层之间的结合状况。而旧有涂层彻底打磨处理后涂装,其漆膜起泡情况显著降低,如表中所示,在实验结束时仅为1%。

表4 涂层附着力

MPa

$\omega(\text{Y}_2\text{O}_3)$ 为0.10~0.20					常用体系			
基材类别	样1	样2	样3	均值	样1	样2	样3	均值
磷化	10.2	10.7	10.3	10.4	8.8	8.9	8.7	8.8
锈蚀钢材	9.1	9.2	9.5	9.3	5.8	5.9	5.7	5.8
丙烯酸聚氨酯旧有涂层	打磨不彻底	3.1	3.4	5.8	3.4	3.3	3.7	3.5
	打磨彻底	9.4	9.2	9.6	9.4	—	—	—

表5 非划线处起泡实验结果

基材	体系	试样	盐雾实验结果(起泡面积所占比例)				
			312 h	336 h	480 h	768 h	1140 h
磷化	稀土改性	1,2,3	3件样品均无起泡				
	常用体系	1,2,3	3件样品均无起泡				
锈蚀钢材	稀土改性	1,2,3	至768 h,3件样品均无起泡,至1140 h,其中2件起泡面积比例达1%,1件起泡面积比例达2%				
	常用体系	1,2,3	至768 h,3件样品均无起泡,至1140 h,其中1件起泡面积比例达4%,2件起泡面积比例达5%				
丙烯酸聚氨酯旧有涂层	稀土改性	1	4%	14%	25%	91%	100%
		2	5%	16%	26%	90%	100%
		3	6%	13%	24%	92%	100%
	常用体系	1a,2a,3a	至768 h,3件样品均无起泡,至1140 h,3件起泡面积比例均为1%				
		1	6%	19%	30%	95%	100%
		2	7%	20%	31%	94%	100%
		3	7%	21%	32%	96%	100%

#### 2.4.2 划线位置腐蚀蔓延状况

在实验的起始阶段约为48 h时,划线位置腐蚀均已经开始,磷化与锈蚀钢材基体采用添加稀土改性涂装体系或者常用涂装体系涂层锈蚀均比较轻微,而丙烯酸聚氨酯旧涂层打磨不彻底采用两种涂装体系涂装锈蚀均显得比较严重。在实验过程中,涂层变化的区别逐渐明显,如在336 h磷化处理基体锈蚀状况在三种状况的基体锈蚀最轻,而且添加稀土的体系已经明显优于常用的涂装体系,磷化处理后两种涂装体系涂层划线处均无锈蚀扩展。锈蚀钢材基体的涂装腐蚀蔓延比较严重,但仍旧是添加稀土改性涂装体系与常用涂装体系比较仍旧具有一定优势,稀土改性有1件样品出现了较为明显

的锈蚀扩展,而常用涂装体系已经有2件样品出现锈蚀扩展。至实验结束时,即实验时间为1140 h,磷化基体采用稀土改性涂装体系获得漆膜腐蚀蔓延扩展到1 mm,磷化基体采用常用体系涂装体系获得漆膜腐蚀蔓延扩展约1.5 mm。锈蚀钢材基体的涂装腐蚀蔓延比较严重,采用稀土改性涂装体系获得漆膜划线处腐蚀蔓延约2.5 mm,常用体系划线处腐蚀蔓延2.9 mm,二者综合来看,仍旧是稀土改性涂装体系具有一定的优势。

但是对于丙烯酸聚氨酯旧涂层基体,前处理打磨不彻底获得的漆膜其划线处腐蚀很快就出现了腐蚀,至实验结束,涂层腐蚀已经非常严重。而采用彻底打磨后,其划线位置腐蚀蔓延宽度非常小,



从而表明其附着力大幅提高,如表6中所示。

通过以上性能测试,再一次表明稀土改性涂层的优点,但是在拖拉机维修过程中一旦是零部件存在旧涂层,一定要清除彻底。

表6 划线处锈蚀宽度

基材	体系	试样	出红 锈时间/h	锈蚀宽度/mm				
				312h	336h	480h	768h	1140h
磷化	稀土 改性	1	48	—	—	0.1	0.4	1
		2	48	—	—	0.2	0.5	1
		3	48	—	—	0.1	0.6	1.1
	常用 体系	1	48	—	—	0.2	0.8	1.4
		2	48	—	—	0.3	0.8	1.6
		3	48	—	—	0.2	0.9	1.5
锈蚀 钢材	稀土 改性	1	48	—	—	0.2	1.2	2.2
		2	48	—	0.1	0.3	1.3	2.5
		3	48	—	—	0.1	1.4	2.2
	常用 体系	1	48	—	—	0.2	1.4	3
		2	48	—	0.1	0.4	1.6	2.8
		3	48	—	0.2	0.4	1.9	2.9
丙烯酸 聚氨酯 旧有 涂层	稀土 改性	1	24	0.2	1.2	2.3	4.2	6.2
		2	24	0.2	1.2	2.2	4.2	6.2
		3	24	0.3	1.5	2.5	4.5	6.5
		1a	48	—	—	0.1	1.5	2.3
		2a	48	—	—	0.1	1.4	2.6
		3a	48	—	—	0.1	1.2	2.7
	常用 体系	1	24	0.5	1.9	2.5	4.9	6.9
		2	24	0.4	1.8	2.5	4.8	6.8
		3	24	0.2	1.5	2.6	5.2	7.2

## 2.5 老化实验

完成实验测试1000 h后,磷化处理基体试样无论是采用稀土改性涂装体系,还是常用涂装体系进行涂装均无出现起泡、剥落与裂纹等现象,稀土改性涂装体系的试片变色比较轻微,漆膜与基体的附着力仍旧可以达到1级,但是常用涂装体系的3块试片明显发生变色,涂层与基体的附着力可以达到2级。带锈钢板情况相比较而言情况比较严重,两种涂装体系均出现了一定程度的变色,但其划线附着力测试结果仍旧存在一定的差别,稀土改性涂装体系3块试片涂层与基体的附着力可以达到2级,常用涂装体系的3块试片仅有1块可以达到2级。对于丙烯酸聚氨酯旧涂层处理不彻底的3个试片

则是变色非常严重,出现了起泡、粉化现象,但是对于旧涂层处理比较彻底的3个试片则是变色轻微,保持着较好的状态,因此此处就不再赘述。

## 3 结 论

本文基于农机涂装腐蚀的破坏状况,采用稀土氧化物 $Y_2O_3$ 对常用涂装体系进行改性处理,对磷化、锈蚀钢板与丙烯酸聚氨酯旧涂层进行涂装,并且测试了漆膜的厚度、附着力与耐腐蚀性能,结果证明:

(1)稀土改性涂装体系较常用涂装体系性能具有很大的改进,其附着力、耐腐蚀性能较常用工艺技术均有较大提升。

(2)稀土改性涂装体系比较适合磷化、锈蚀钢材的表面处理,磷化可以在正常生产中使用,而锈蚀钢板则在生产与现场维修均可以采用。

(3)对丙烯酸聚氨酯旧涂层,采用稀土改性涂装体系一定要彻底清除才可以获得比较理想的耐腐效果。

## 参考文献

- [1] 李发忠,赵德安,张超,等.基于CAD的喷涂机器人轨迹优化[J].农业机械学报,2010,41(5):213-217.
- [2] 刁训娣,赵德安,李医民,等.喷漆机器人喷枪轨迹离线优化方法[J].农机化研究,2004,(1):93-95.
- [3] 张麟,刘学进,李栋.低温螺旋榨油机榨螺表面爆炸喷涂涂层技术[J].农业工程学报,2010,26(7):113-117.
- [4] 张柳丽,李宝增,林生军,等.不锈钢涂装前处理工艺实践[J].电镀与精饰,2014,36(10):32-35.
- [5] 张柳丽,林生军,李宝增,等.前处理方法对不锈钢涂装性能的影响[J].电镀与精饰,2016,38(9):31-35.
- [6] 苏修梁,张欣宇.表面涂层与基体间的界面结合强度及其测定[J].电镀与环保,2004,24:6-11.
- [7] 沈之荃.稀土催化剂在分子合成中的开拓应用[J].高分子通报,2005,(4):1-12.
- [8] 邵晓曦,皮丕辉,郑大锋,等.稀土在涂料中的应用研究[J].涂料工业,2009,8:55-58.
- [9] 刘文伟.纳米 $SiO_2$ -稀土元素复合改性环氧树脂防腐涂层的耐蚀性[J].腐蚀与防护,2015,(8):738-741.
- [10] 陈佳.稀土防腐防污涂料的制备与性能研究[D].重庆:重庆大学,2015:23-24.
- [11] 孙日圣,贺晓慧,吴琴芬,等.稀土元素对涂料催干性能的影响及其机理[J].稀土,2000,(5):27-29.