

基于舱体涂装附着力的工艺研究与应用

马继勇 司子华 郭 智 王建吉 王锦霞

(长治清华机械厂, 长治 046012)



摘要: 基于某车辆舱体表面涂膜脱落失效, 采取试验方法得出刮涂腻子层厚度临界值。通过改善涂装前表面处理工艺, 控制检测涂装前表面处理质量, 达到减少和避免车辆舱体在使用过程中表面涂膜脱落, 从而保障产品的使用安全。

关键词: 涂膜脱落; 失效原因; 厚度临界值; 质量控制

Based on the Adhesion of Coating Technology Research and Application

Ma Jiyong Si Zihua Guo Zhi Wang Jianjie Wang Jinxia

(Changzhi Qinghua Machinery Factory, Changzhi 046012)

Abstract: Aimed at the coating fall off of cabyn surface, take the test method to get the critical value of the putty layer thickness. By modification process of surface treatment before coating, control the quality of surface treatment before application to control. In order to reduce the occurrence of launch vehicle cabin in the use process of surface coating shedding, so as to ensure the safe use of equipment.

Key words: coating fall off; failure analysis; the critical value of the thickness; the quality control

1 引言

某发射车舱体在沿海发生了大面积的表面涂膜脱落。为此对装备使用方进行了失效分析调研, 并结合生产经验, 分析造成这种涂膜脱落的原因: 涂装中刮涂腻子层过厚是造成使用中涂膜脱落的主要原因。发射车舱体由骨架和蒙皮焊接而成, 蒙皮焊接变形导致蒙皮平整度差, 为追求外观平整美观, 只有通过刮涂腻子来弥补缺陷; 而舱体局部变形大的部位腻子涂得较厚, 在振动冲击等作用下, 导致漆面开裂, 舱体表面涂膜大面积脱落。在涂装前的表面处理工序中, 用手工打磨清除表面氧化皮和锈层, 不仅氧化皮、铁锈和松散磨屑的残余量大, 而且一些表面沾污物(如油脂、铁腐蚀产物、水分、氯化物和灰尘)也难于去除, 影响涂料与待涂表面间的极性黏附和机械黏附, 表面处理质量低, 在沿海地区高温、高湿、高盐雾的海洋大气环境下, 加速了涂膜脱落。因此, 开展涂装附着力工艺研究有其实际应用价值。

2 主要研究内容和实施途径

2.1 刮涂腻子层厚度临界值试验研究

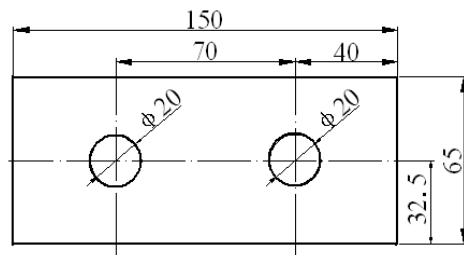


图1 局部刮涂腻子层厚度临界值研究用试样的基材

局部刮涂腻子层厚度临界值研究用试样简称局部刮涂腻子层试样。以Q235A钢为基材, 厚度为6mm, 表面开2个圆槽, 如图1所示。为研究局部刮涂腻子层厚度的临界值, 不同试样、基材的圆槽深度不同, 分别为1mm、2mm、3mm、4mm和5mm。基材表面采用喷砂处理, 依次涂装铁红环氧酯底漆(H06-2)、

作者简介: 马继勇(1978-), 工程师, 机械设计制造及自动化专业; 研究方向: 工艺技术。

收稿日期: 2013-07-23

刮涂腻子、涂装林地型迷彩面漆^[1]。其中：铁红环氧酯底漆和林地型迷彩面漆的涂装及厚度按图纸设计要求实施；刮涂腻子时，首先将基材的 2 个圆槽内涂满腻子，槽内腻子层的厚度即为圆槽的深度，以模拟局部小面积车身表面出现 1mm、2mm、3mm、4mm 和 5mm 的平整度偏差的情况。

按照 GB/T 1732—1993《漆膜耐冲击测定法》，对局部刮涂腻子层试样进行冲击试验。冲击试验使用 QCJ-1 型漆膜冲击器进行^[2]。冲击试验按漆膜耐冲击测定法执行，冲击试验结束后，观察漆膜有无裂纹和剥落等破坏，确定局部刮涂腻子层厚度的临界值。表 1 是局部刮涂腻子层各试样冲击试验后的典型破坏特征。

表 1 局部刮涂腻子层各试样的典型破坏特征

试样编号	局部刮涂腻子层厚度/mm	大面积刮涂腻子层厚度/ μm	冲击后漆膜典型的破坏特征
2-1-1	1	18~20	无裂纹和剥落
2-1-4			
2-1-5			
2-2-1	2	16~19	无裂纹和剥落
2-2-2			
2-2-3			
2-3-1	3	18~20	出现裂纹，但未剥落
2-3-3			
2-3-4			
2-4-2	4	17~20	出现剥落
2-4-4			
2-4-5			
2-5-1	5	16~18	出现裂纹，但未剥落
2-5-3			
2-5-4			

冲击试验后，局部刮涂 1mm、2mm、3mm、4mm 和 5mm 厚腻子层漆膜的典型破坏照片如图 2 所示。可见，局部刮涂 1mm 和 2mm 厚的腻子层不会影响漆膜的耐冲击性能；而局部刮涂 3mm、4mm 和 5mm 厚的腻子层后，漆膜的耐冲击性能发生不同程度的下降，冲击试验后漆膜出现裂纹或剥落。由此确定，局部刮涂腻子层的厚度不应超过 2mm。

根据上述试验结果，对于“局部小面积车身表面出现的大幅平整度偏差”局部刮涂腻子层的厚度不应超过 2mm。通过以上分析得出舱体焊接后局部变形不允许超过 2mm，否则涂装前对舱体进行校形，使其达到局部变形不超过 2mm 的工艺要求。

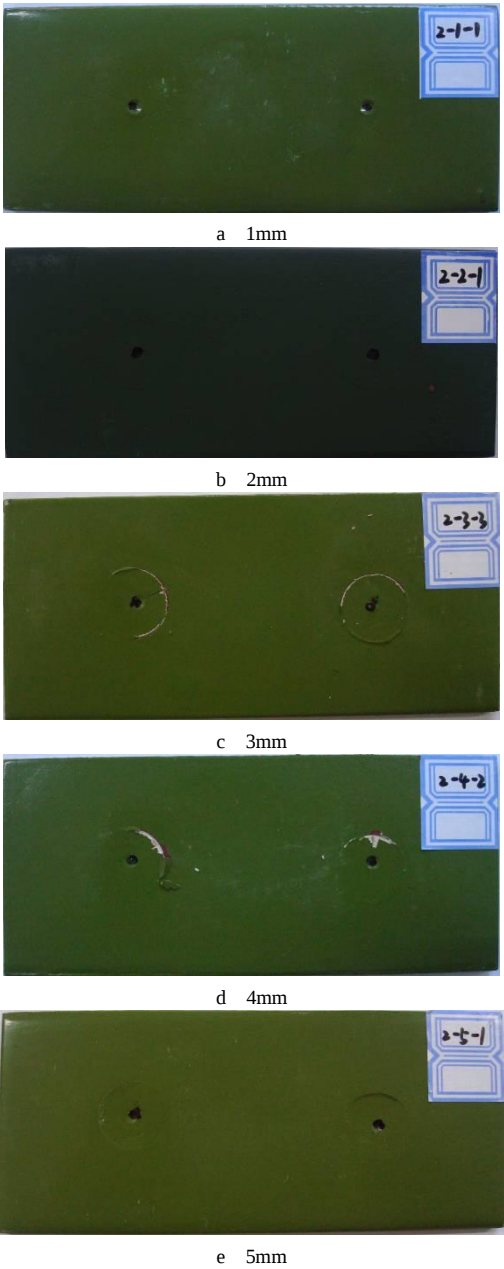


图 2 局部刮腻子层试样的典型破坏照片

2.2 涂装前处理工艺方法改进

涂装前处理是提高发射车涂装前表面清洁度的重要手段。原工艺方法为手工或动力工具清理，两者在一定程度上均存在局限性。手工清理劳动强度大且在清除结合紧密的氧化皮时是无效的。动力工具只能处理松散的氧化皮、铁锈，对于附着力牢固的氧化皮则不能去除，因具有摩擦作用，产生较光洁的表面粗糙度，从而影响涂装附着力。为此，对涂装新型表面处理技术进行研究，并考虑健康安全和环保因素，探索出海绵介质新型喷砂为舱体涂装前处理的最佳选择，且喷涂后表面清洁度等级达到 Sa2 级以上。

通过使用海绵介质喷砂处理，使得工件表面清洁度有所改善，如表 2 所示。
度明显提高；油脂、水分和灰尘等表面沾污物的清洁

表 2 常规处理和海绵介质处理对比

序号	检测内容	检测方法	常规处理	海绵介质处理
1	表面清洁度（铁锈和氧化皮）	表面清洁度图谱目测方法	在不放大情况下观察，存在附着牢固的氧化皮、铁锈	在不放大情况下观察，没有氧化皮、铁锈
2	表面油脂	滴水试验法	液滴保持原形大小，直至挥发成一锐圈痕迹	液滴迅速散开，残留一圆形痕迹
3	表面水分	滑石粉法	轻轻吹之，滑石粉局部残留有痕迹	轻轻吹之，滑石粉迅速移动
4	表面灰尘	压敏粘带法	灰尘颗粒尺寸等级为 3、4 或 5 的灰尘分布量达到 2 级	灰尘颗粒尺寸等级为 3、4 或 5 的灰尘分布量达到 1 级

表面油脂通过滴水试验，可以得出常规处理（图 3 左边试样）和海绵介质处理（图 3 右边试样）后的对比图。



图 3 试验结果

通过对常规处理及海绵介质喷砂处理试样进行表面清洁度（铁锈和氧化皮）、表面油脂、表面水分、表面灰尘分析得出，工艺改进后的海绵介质喷砂表面处理方式明显优于常规处理方式。

3 工艺改进后涂膜性能试验

主要研究经过“刮涂腻子层厚度控制”和“涂装前表面处理质量控制”后，对漆膜的性能产生的影响。

涂膜性能评价试验包括附着力、海洋大气环境下的时效性能等检测。

在制备涂膜性能评价试样的过程中，涂装前处理采用海绵介质喷砂处理，表面清洁度达 Sa2 级，局部刮涂腻子层的厚度参照摸索出的临界值（2mm）进行。

3.1 涂膜附着力

涂膜附着力的测试按照航天行业标准 QJ990.14—1986《涂层检验方法 涂层附着力检验方法》的规定进行^[3]，附着力试验结果的分级按照 GB/T 9286—

1998《色漆和清漆 漆膜的划格试验》的规定进行^[4]，对工艺改进后试样进行涂膜附着力测试。

涂膜附着力测试使用 QFH 型漆膜划格仪进行。基于涂膜的厚度（80~120μm），选择划线间距为 2mm 的划格刀具，并划透底漆和面漆，每个试样的测试部位为 3 个。划格后，按照 GB/T9286—1998《色漆和清漆 漆膜的划格试验》，对附着力试验结果进行分级，试样测试如图 4 所示。

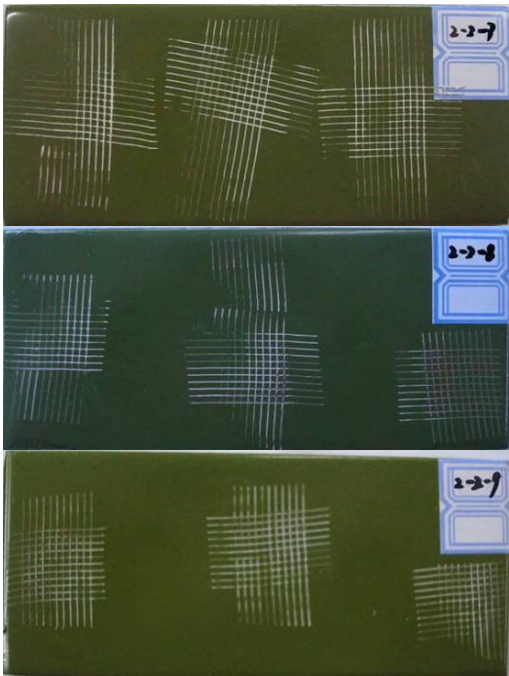


图 4 划格后试样十字交叉切割区的表面外观

通过对海绵介质处理后的涂膜附着力试验，可以得出，各试样十字交叉切割边缘依然平滑，无一格脱落，附着力分级结果为 0 级，达到了改进后的使用要求。

3.2 涂膜海洋大气环境下的时效性

涂膜海洋大气环境下时效性的测试按照国家军用标准 GJB150.11A—2009《军用装备实验室环境试验方法 第11部分：盐雾试验》的规定进行，对工艺改进后的试样进行海洋大气环境下测试。

盐雾试验使用美国 CCT-600 型 Q-Fog 循环盐雾腐蚀试验箱进行。盐雾试验中：盐溶液为浓度 $5\%\pm 1\%$ 、pH 值 $6.5\sim 7.2$ 的氯化钠水溶液；试验采用交替进行的 24h 喷盐雾和 24h 干燥两种状态共 96h（2 个喷盐雾润湿阶段和 2 个干燥阶段）的试验程序；喷雾阶段的温度为 $35\pm 1^\circ\text{C}$ ，干燥阶段的温度为 $25\pm 1^\circ\text{C}$ ；盐雾沉降率收集器在 80cm^2 的水平收集区内的收集量为 $1\sim 2\text{mL/h}$ 。

盐雾试验后各试样仍未出现任何腐蚀。

通过对海绵介质喷砂处理后的表面进行海洋大气环境下的测试得出：经“刮涂腻子层厚度控制”和“涂装前表面处理质量控制”后，未对涂膜的性能带来影响，涂膜的性能指标达到改进后的性能指标；附着力：0 级；海洋大气环境下的时效性：96h 的盐雾-干燥交替试验后无腐蚀发生。

4 现场适用性研究

使用本项目确定的刮涂腻子层厚度临界值以及建立的涂装前表面处理质量检测内容、方法和指标要求，涂装 2 个试验箱实物，以验证“刮涂腻子层厚度控制”和“涂装前表面处理质量控制”的现场适用性。

模拟发射车仪器设备舱、综合设备舱框架结构、外形特征、蒙皮材质及厚度尺寸，进行了试验箱设计，试验箱外形尺寸为 $1012\text{mm}\times 622\text{mm}\times 822\text{mm}$ ，蒙皮厚度为 1mm 。

对试验箱进行喷砂处理后，按照本项目确定的刮涂腻子层厚度临界值，刮涂试验箱腻子：对于“局部小面积表面出现的大幅平整度偏差”，局部刮涂腻子层的厚度进行 5 点检测，最大值为 1.7mm 。

试验箱涂装前，对表面清洁度（铁锈和氧化皮）、

表面油脂、表面水分和表面灰尘进行检测。涂装前，达到的表面处理质量如图 5 所示。



图 5 涂装的试验箱实物

为验证涂装工艺改进和质量检测后对产品涂装质量的影响，在跑车试验场，对试验箱进行了跑车试验。跑车车速 $60\sim 70\text{km/h}$ ，跑车里程 400km ，其中包括路面凹凸不平路段，高度差 $100\sim 200\text{mm}$ ，长度不小于 50km 。

通过对跑车试验的测试，得出：测试完成后，经目测检查，试验箱外观状态良好，未发现开裂现象。实践证明，确定的刮涂腻子层厚度临界值和建立的海绵介质喷砂表面处理方法在现场使用时是可行的。

5 结束语

为提高涂装附着力，本文研究了涂装中局部刮涂腻子层厚度的临界值，建立了适用于发射车的涂装前海绵介质喷砂处理方法，通过确定局部刮涂腻子层厚度临界值，采用改进后的处理方法，有效地解决了发射车涂装质量不稳定问题，具有一定的工程实用价值，为后续型号产品的涂装提供了强有力的保障。

参考文献

- 1 林鸣玉. 简明涂装工手册（第2版），机械工业出版社
- 2 周长庚. 实用油漆涂装速查手册. 河北科学技术出版社
- 3 GB1720—1979 漆膜附着力测定法（JB）
- 4 GB/T5210—2006 色漆和青漆、拉开法附着力试验