涂料防腐蚀工程质量检验与评定方法

崔轲龙 黄新泉 马红杰

（中国石油独山子石化分公司研究院，新疆 独山子 833600）

摘 要：本文介绍了在涂料防腐蚀工程质量检验过程中，对于涂装前表面处理、涂层厚度、孔隙率、附着力和硬度的常用检验和评定方法以及常用检测仪器的基本原理。

关键词：表面处理 涂料 厚度 孔隙率 附着力 硬度

中图分类号：TG172.4 文献标识码：A 文章编号：1008-7818(2008)02-0016-03

The Measurements of Examination and Assessment in Coating Anticorrosion Engineering

CUI Ke-long, HUANG Xin-quan, MA Hong-jie

(Research Institute of Dushanzi Petrochemical Company, CNPC, Dushanzi 833600, China)

Abstract: This article introduced the measurements of examination and assessment in coating anticorrosion engineering, introduced the commonly used instruments for surface processing, coating thickness, hole rate, adhesive strength, and adhesive strength.

Key word: surface processing; coating; thickness; hole rate; adhesive strength; degree of hardness

0 前言

防腐涂层的失效形式通常是在使用1~2年后产生丧失附着力、起泡等缺陷，因此，涂料防腐蚀施工过程中，必须严格控制施工质量，特别是在工程质量检验方面要严格把关。这就需要一套完善的涂料防腐蚀工程质量检验与评定方法，对工程质量进行控制。

1 表面处理

1.1 表面处理的作用[1]

表面处理的目的主要是清除基体的锈层、油污、旧的防腐层和其他的污染杂物，得到一定粗糙度的表面，增加防腐层与基体的结合力，延长防腐层的使用寿命。

1.2 基体表面状态

基体表面状态的优劣直接影响防腐蚀涂覆的施工和保护效果，基体表面状态分为清洁度和粗糙度两个方面，它们对防腐蚀工程施工质量有较大影响。

1.2.1 清洁度

清洁度是指基体表面材质本体裸露程度，即基体表面清除杂物污染后的清洁程度。涂装前钢材表面的清洁度标准全凭目测评定，要求是没有铁锈和氧化皮。通常采用以下两种方法评定[2]：

(1)将观察到的钢材表面与表面清洁度图谱进行比较；

(2)采用文字方式描述各级标准所允许的肉眼可见沾污物的百分比。

1.2.2 粗糙度

粗糙度反映了基体表面的粗糙程度。适当地将基体表面粗糙化，对于涂、衬是有好处的，可提高涂、衬层与基体表面的黏结强度。粗糙度太大反而会降低黏结强度，影响黏结剂对金属表面的良好浸润，凹处残留的空气对黏结不利，尖峰处的涂层过薄，也会影响涂装防腐蚀的效果。通常采用以下两种方法评定：(1) 采用表面粗糙度仪测定，该方法在水平表面或凸面测量精确，但对于凹面却无法测量；(2) 采用粗糙度比较样板进行比对，评定级别。比较样板由一个具有四个分块的矩形组成，中心有一圆孔，第一块最为细密，其后每块粗糙度逐步递增，其中1、2块之间被称为“细密”，2、3块之间被称为“中等”，3、4块之间被称为“粗大”。

1.3 表面处理标准

表面处理方法包括机械方法、化学方法和火焰法三

作者简介：崔轲龙（1981-），男，助理工程师，现在中国石油独山子石化分公司研究院防腐中心工作。

大类。表面处理依据有：GB 8923《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》、HGJ 229《工业设备、管道防腐蚀工程施工及验收规范》。适用于喷射或抛射除锈、手工和动力工具除锈及火焰除锈；行业标准还规定了化学除锈的等级。

1.3.1 原始锈蚀等级

未涂装过的钢材表面原始锈蚀等级见表 1。

表 1　未涂装过的钢材表面原始锈蚀等级

锈蚀等级	锈蚀程度
A	表面覆盖着氧化皮，几乎没有铁锈的钢材表面
B	已经发生锈蚀，并且部分氧化皮已经剥落的钢材表面
C	氧化皮已因锈蚀剥落，或可以刮除，并有少量点蚀的钢材表面
D	氧化皮已因锈蚀全面剥落，并且表面已经普遍发生点蚀的钢材表面

1.3.2 除锈质量等级

除锈质量等级见表 2。

表 2　除锈质量等级

质量等级	表面质量表述	标准来源
St2	彻底的手工和动力工具除锈。钢材表面应无可见的油脂和污垢，并且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物	GB 8923
St3	非常彻底的手工和动力工具除锈。钢材表面应无可见的油脂和污垢，并且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物。除锈应比 St2 更彻底，基材的表面应具有金属光泽	GB 8923
Sa1	轻度的喷射或抛射除锈。钢材表面应无可见的油脂和污垢，并且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物	GB 8923
Sa2	彻底的喷射或抛射除锈。钢材表面应无可见的油脂和污垢，并且氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物已基本清除，其残留物应是牢固附着的	GB 8923
Sa2.5	非常彻底的喷射或抛射除锈。钢材表面应无可见的油脂、污垢、氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物。任何残留物的痕迹应仅是点状或条纹状的轻微色斑	GB 8923
Sa3	使钢材表观洁净的喷射或抛射除锈，钢材表面应无可见的油脂、污垢、氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物，该表面应显示均匀的金属光泽	GB 8923
F1	钢材表面应无氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物，任何残留的痕迹应仅为表面变色（不同颜色的暗影）	GB 8923
Pi	经酸洗、中和、钝化和干燥后的金属表面，应完全除去油脂、氧化皮、锈蚀产物等一切杂物。附着于金属表面的电解质应用水清洗，使金属表面呈现均一的色泽，并不得出现黄色锈斑	HGJ229

备注：GB 8923 中关于除锈质量等级的标准，给出 24 张 1∶1 的彩色照片。

2 涂层厚度

2.1 检测仪器

常用的涂层测厚仪分为三大类：①磁力拉出式；②固定探头式；③电子式。其作用原理都是把涂层作为一层空气间隙进行测量。

(1)磁力拉出式涂层测厚仪的作用原理是基于弹簧拉力，即一根游丝在支点与杠杆相连接，杠杆的一端安装磁铁，刻度盘固定在杠杆上，在刚刚超出平衡点时，杠杆上的磁铁从表面弹起，在刻度盘上读出涂层厚度；

(2)固定探头式涂层测厚仪的作用原理是基于机械式自平衡的磁力，将固定的钻石尖探头置于涂层上，从回转机械装置上读出涂层厚度；

(3)电子式涂层测厚仪采用电磁感应或霍尔效应探头测量铁质基材上的非磁性涂层厚度[3]；使用涡流探测计测量有色金属基材上的非导体涂层厚度。

2.2 测量频度

关于测量频度，有人认为[4]，在检测点内任取三点，测量结果取平均值，其测量结果按 85/15 评定，即根据测量结果允许有 15% 的读数可低于规定值，但每一单独读数不得低于规定值的 85%。SSPC（美国钢结构涂装委员会）在其《用磁性计测量干涂层厚度》中介绍[2]，对于超过 27.66m^2 的构件，在 9.22m^2 的面积上均匀的进行 5 处测量，每处读数是同一点连续 3 次测量的平均值。5 处读数的平均值不得低于规定的漆膜厚度，同时，任一读数（一点连续 3 次测量的平均值）不得低于规定漆膜厚度的 80%。ISO 12944 也对测量频度做出规定，见表 3。

表 3　　干膜厚度的测量和验收标准及测量的频率

测量区域的面积 / 长度 /（m^2/m）	测量的最少次数
约 1	4
1~3	10
3~10	15
10~30	20
30~100	30
大于 100	每 100m^2 增加 10 次

2.3 测量误差

(1) 在测量头顶上方的涂层厚度，测厚仪的读数会产生误差；

(2)振动的影响会引起测厚仪磁铁和钢表面间磁引力的减小，从而使测量值大于实际涂层厚度；

(3) 当涂层柔软或发黏，测厚仪的探头可能压入涂层，从而使测量值小于实际涂层厚度；

(4) 当测厚仪探头未经定期清洗使用时，在探头上可能聚集有金属磨料，使测量值产生误差。

3 涂层孔隙率

孔隙率的检测是检测涂层质量的一项重要指标，一般采用湿海绵试验和高压电火花试验两种方法。

3.1 湿海绵试验

湿海绵试验是将一块用自来水浸湿的海绵紧贴在涂层上，用一根电缆将电源连接到已实施涂层的钢件上。检测时以每 30cm/s 的速度在涂层表面上移动海绵测量涂层中的孔隙，当涂层出现孔隙时，电路闭合时电流通过，电路中安装灯泡或音响等报警设施，每一区域来回一次，检测中应施加足够的压力以保持涂层表面湿润，如果检测到孔隙，应使用海绵角部确定其确切位置。

该方法操作简便，但是，当涂层表面湿度过大或大气再生水分过大会引起跟踪现象，即水会引起距海绵一定距离的针孔导电；另外，对于 500 μm 以上的涂层检测效果不佳。

3.2 高压电火花试验

高压电火花试验的原理由直流电源提供连续电压或脉冲型放电器周期性放电产生高压脉冲电压，其电路与湿海绵试验相似，但不使用海绵，而是使用钢丝刷或导电橡胶。检测时以每30cm/s的速度在涂层表面上单程扫过，当涂层出现孔隙，电路闭合，有火花跳跃报警并记录孔隙个数。

高压电火花试验过程中会击穿涂层，因此，该方法适用于检测厚涂层。一般根据设计要求选取检测电压，即按 SY/T 0036《管道防腐层检测试验方法》选择电压：

$V=3294\sqrt{T_c}$

式中 V －检测电压

T_c－涂层厚度 mm

在对电压未作规定的情况下，可按每 25 μm 涂层厚度使用 100V 电压的比例进行选取。

4 涂层附着力

涂层附着力检测是一种破坏性涂层检测手段，通常有下列几种检测方法：

4.1 十字划格法

GB/T 9286《色漆和清漆漆膜的划格试验》规定了监测方法和评定等级，其中 0 级最好，5 级最差。

4.2 X 切割法

在涂层表面用保险刀片切出长 40mm，以 30°~45° 的角度相交的切口，此时在用胶带往外黏拉，以评定等级。

5 涂层硬度

涂层硬度检测通常使用铅笔硬度试验，用一套 6B、5B、4B、3B、2B、B、HB、F、H、2H、3H、4H、5H 和 6H 的铅笔，将铅笔削至笔芯露出笔杆约 0.63cm，用细砂纸将笔芯顶端磨平，然后将铅笔呈 45° 放在涂层上，以一定压力向前推进。以不能划破涂层的最硬铅笔型号即为涂层硬度；对于 800μm 以上涂层，可选用便携式巴式（Barcol）硬度计和杜氏（Durometer）硬度计进行测量。

6 结语

涂料防腐蚀工程质量的优劣，直接影响到所涂敷钢结构的使用寿命。因此，在涂料防腐蚀施工过程中要重视质量检验，选择合适的检验与评定方法，对于保证涂料防腐蚀施工质量具有深远的意义。

参考文献

[1] 张清学,吕今强.防腐施工管理及施工技术[M].北京：化学工业出版社,2005.

[2] D.A. 贝利斯,D.H. 迪肯,等.钢结构的腐蚀控制[M].北京：化学工业出版社,2005.

[3] Fletcher,J.,J.Protective Coatings and Linings (Jan.2000) 30-6.

[4] 余存烨.涂料防腐蚀工程的施工管理与质量监检[J].全面腐蚀控制,2006,20(4)：41-44.