

钻塔喷砂除锈及防腐措施

张西坤¹, 拓 瑞², 高占听¹, 靳益民¹, 马红月¹

(1. 河北建勘钻探设备有限公司, 河北 石家庄 050031; 2. 西安探矿机械厂(陕西西探地质装备有限公司), 陕西 西安 710065)

摘要:概述了钻塔喷砂除锈及防腐措施的主要类型、工艺流程、验收评价标准, 分析了钻塔喷砂除锈及防腐措施中重要程序和注意事项, 对常见的问题给出了处理方案。根据美国石油学会 API 验收规范标准, 结合生产工作实际, 对钻塔除锈、喷涂防腐和质量检验进行了分析总结和详细阐述。

关键词:钻塔; 喷砂; 除锈; 防腐

中图分类号: P634.3⁺4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2014)11-0046-06

Sand Blast for Derrick and Anticorrosion Measures/ZHANG Xi-kun¹, TUO Rui², GAO Zhan-ting¹, JIN Yi-min¹, MA Hong-yue¹ (1. Hebei Jiankan Drilling Equipment Co., Ltd., Shijiazhuang Hebei 050031, China; 2. Xi'an Exploring Machinery Factory, Xi'an Shaanxi 710065, China)

Abstract: This paper summarizes the sand blast for derrick and anticorrosion measures about the main types, technological processes and acceptance evaluation standards, analyzes the important procedures and points for attention and gives solutions to common problems. According to the API acceptance standards of America Petroleum Institute and combined with the production practice, the analysis and summary are made on sand blast for derrick, spraying anticorrosion and quality inspection with detailed description.

Key words: derrick; sand blast; rust removal; corrosion protection

0 引言

我国钢材铆焊件除锈防腐的工艺发展还处于初级阶段, 人们对除锈防腐的意识或除锈防腐方法缺乏了解, 采用的除锈防腐工艺和产品还是一些传统的概念。随着石油、地质钻探和工业技术的迅速发展, 钻探机械产品外观和使用寿命的要求越来越高, 钻塔、底座等钢材铆焊件的除锈防腐问题逐渐成为人们关心的主题。

钻塔使用的各种钢材如槽钢、工字钢、H型钢、无缝钢管和各种板材, 在轧制生产或应用过程中, 其表面有不同程度的油脂、氧化皮或铁锈等杂质的存在, 在钻塔产品加工完成后, 需对其进行彻底的清除处理, 以便于做好最后的喷漆工作, 然后才能作为优质产品进行销售。如果做不好钻塔的除锈、防腐及表面处理, 就会严重地影响产品的外观质量和使用寿命, 失去产品在市场上的竞争能力。因此在重视钻塔下料、组焊、组装调试的同时, 做好钻塔表面的除锈和防腐处理, 已引起钻塔生产厂家的高度重视。河北建勘钻探设备有限公司生产的钻塔和底座产品数量大, 品种多, 总构建数每年多达上万件, 总用钢

量达 5700 t, 除锈防腐的工作量是可想而知的, 做好钻塔除锈防腐的工艺设计和实践总结显得尤为重要。

1 金属除锈和防腐的一般要求

在油漆涂装之前进行的金属材料的表面除锈处理是涂装作业中最关键最重要的一个步骤, 表面除锈处理的好坏直接影响到涂层的防腐效果和性能, 如果除锈工序处理不当或不彻底, 则即使是价格最昂贵、技术性能最先进的油漆也会失去其功效的。

1.1 金属表面锈蚀等级的判断

钢材表面处理的锈蚀等级的判断及质量等级要求应符合《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定等级》(GB/T 8923.1-2011)的有关规定。需涂装的钢材表面处理前, 应先对钢材表面的锈蚀等级进行判断(参见表 1)。

1.2 金属表面除锈的方法

钢材表面除锈采用方法有手动工具除锈法、动力工具除锈法、喷射除锈法、抛射除锈法以及化学除锈法等(见表 2)。

收稿日期: 2014-08-25; 修回日期: 2014-09-05

作者简介: 张西坤(1968-), 男(汉族), 河北安平人, 河北建勘钻探设备有限公司总工程师、教授级高级工程师、注册安全工程师, 石家庄铁道大学机械工程硕士导师, 机械工程专业, 硕士, 从事钻探设备的研制开发和技术管理工作, 河北省石家庄装备制造基地沙河大道 1 号, 1059580109@qq.com。

表 1 金属表面除锈方法

序号	级别	特征描述	目视评定看板
1	A 级	钢材表面全面地覆盖着氧化皮且几乎没有铁锈	
2	B 级	钢材表面已发生锈蚀且部分氧化皮已经剥落	
3	C 级	钢材表面氧化皮因锈蚀而剥落或者可以刮除,且有少量点蚀	
4	D 级	钢材表面氧化皮因锈蚀而全面剥落且已普遍发生点蚀	

从表 2 的分析可以看出,钻塔的除锈防腐措施主要手段是喷砂除锈和手动除锈相结合最合适。

表面处理的目的是确保以上污物都清除干净,减少初期锈蚀的机会,并形成一定的表面粗糙度,保证即将涂覆的油漆与钢材表面有充分的附着力。钢材表面处理的质量等级要求应按除锈方法和除锈程度确定,并符合如下规定:(1)手工或动力工具除锈金属表面处理质量等级分为 St2 级、St3 级两级(见表 3);(2)喷射或抛射除锈金属表面处理质量等级分为 Sa1、Sa2、Sa2.5、Sa3 级四级(见表 4)。

表 2 金属表面除锈方法

除锈类型	除锈方法	主要设备	适用范围
物理除锈法	手动除锈	钢丝刷、砂纸、砂轮机、角磨机	小型钢结构件、正在使用设备或缝隙较小的管道联接处
	喷砂除锈	空压机、喷砂机、附属设施	大型钢结构件
	抛丸除锈	离心机、弹丸	铸件、锻件、钢结构件
	高压水除锈	高压泵、高压管、喷枪	允许返锈的重要设备
化学除锈法	化学反应	无机稀释溶液	酸洗结构复杂零部件
火焰除锈法	高温	用火焰产生高温	去除金属表面油脂、污垢

表 3 手工或动力工具除锈金属表面处理质量等级

处理等级	处理程度	除锈特征描述
St2 级	彻底的手工和动力工具除锈	钢材表面无可见的油脂和污垢且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物
St3 级	非常彻底的手工和动力工具除锈	钢材表面无可见的油脂和污垢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 级更为彻底,底材显露部分的表面应具有金属光泽

表 4 喷射或抛射除锈金属表面处理质量等级

处理等级	处理程度	除锈特征描述
Sa1	轻度的喷射或抛射除锈	钢材表面无可见的油脂和污垢,且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物
Sa2	彻底的喷射或抛射除锈	钢材表面无可见的油脂和污垢,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
Sa2.5	非常彻底的喷射或抛射除锈	钢材表面无可见的油脂、污垢、氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物,任何残留的痕迹应仅是点状或条纹状的轻微色斑
Sa3	使金属表面观洁净的喷射或抛射除锈	钢材表面无可见的油脂、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色泽

1.3 金属防腐处理技术要求

金属构件的防腐蚀技术的质量要求,应严格按《工业设备及管道防腐蚀工程施工规范》(GB 50726-2011)等相关行业标准要求执行。

1.3.1 防腐材料的要求

防腐蚀工程所用的原材料,应有产品质量证明文件、质量检验报告和产品技术文件,并符合设计要求。当需变更设计、材料代用或采用新材料时,必须征得设计人员同意。不应使用超过存放期限的涂料。

1.3.2 防腐作业的技术要求

(1)金属构件防腐涂装宜在焊接完成、焊缝检验完毕和经过表面除锈处理并检验合格后进行。

(2)经处理后的金属表面,宜在 4 h 内进行防腐

结构层作业。当空气湿度较大,或工件温度低于环境温度时,应采取加热措施防止被处理的工件表面再度锈蚀。涂装表面的温度应高于露点温度 3 ℃方可进行防腐面层的作业。

(3)钻塔防腐喷漆是复合层涂层防腐作业,其底漆、中间漆、面漆应配套使用,宜选用同一厂家。不同厂家的防腐蚀涂料如需配套使用,应经试验确定。配制和使用防腐涂料时,宜采用气动搅拌器搅拌,并应搅拌均匀。涂底漆前应对标识、焊接坡口、螺纹等特殊部位加以保护。前一道漆膜实干后,方可涂下一道漆。

(4)防腐作业结束后,在吊装和运输时,不得碰撞和损伤,在使用前应妥善保管。

2 钻塔喷砂除锈应用实践

如果钻塔使用的材料、钻塔部件和焊接加工成品表面未经处理就进行涂装,其涂层内的氧化皮、铁锈或油脂被油漆涂层所掩盖,不久就会出现油漆涂层脱落等现象,使所销售的产品呈现出锈迹斑斑的外观。做好钻塔除锈工序是保证钻塔产品质量的重要环节。

钻塔的除锈以前一般采用手动或动力除锈,手工或动力除锈劳动强度大,除锈效率低,一般 $0.2 \sim 0.5 \text{ m}^2/\text{h}$,环境恶劣,难以除去氧化皮等污物,除锈效果不佳,很难达到规定的清洁度和粗糙度,已逐步被机械方法和化学方法所替代。

随着生产规模的扩大和产量的增加,钻塔除锈防腐喷漆的工作量越来越大,喷砂除锈方式的应用越来越广泛。敞开式喷砂机应用的除锈方式能较为彻底地清除金属表面所有的杂质,如氧化皮、锈蚀和

旧漆膜,除锈效率高达 $4 \sim 5 \text{ m}^2/\text{h}$,机械程度高,除锈质量好。但对由于磨料一般不能回收,对其他作业有影响,清理现场麻烦。所以环境污染较重,近来逐渐被限制使用。目前,我们应用 PSF $13 \text{ m} \times 5.5 \text{ m} \times 4.8 \text{ m}$ 喷砂房喷砂处理的方式进行钻塔的焊后表面处理,不但除锈效率高、质量好,而且磨料可以回收反复使用,没有环境污染,对周边其他作业没有影响,使用效果良好。PSF $13 \text{ m} \times 5.5 \text{ m} \times 4.8 \text{ m}$ 喷砂房包括:(1)防雨型喷砂房房体;(2)吸砂地板、分离器及高压离心风机;(3)除尘器及风管系统;(4)喷砂罐及胶管、喷枪装置;(5)电气控制装置;(6)土建基础及预埋件;(7)轨道及配套运输台车装置;(8)电源配电(控制箱的电源布线);(9)压缩空气系统。PSF $13 \text{ m} \times 5.5 \text{ m} \times 4.8 \text{ m}$ 喷砂房设备安装见图1。

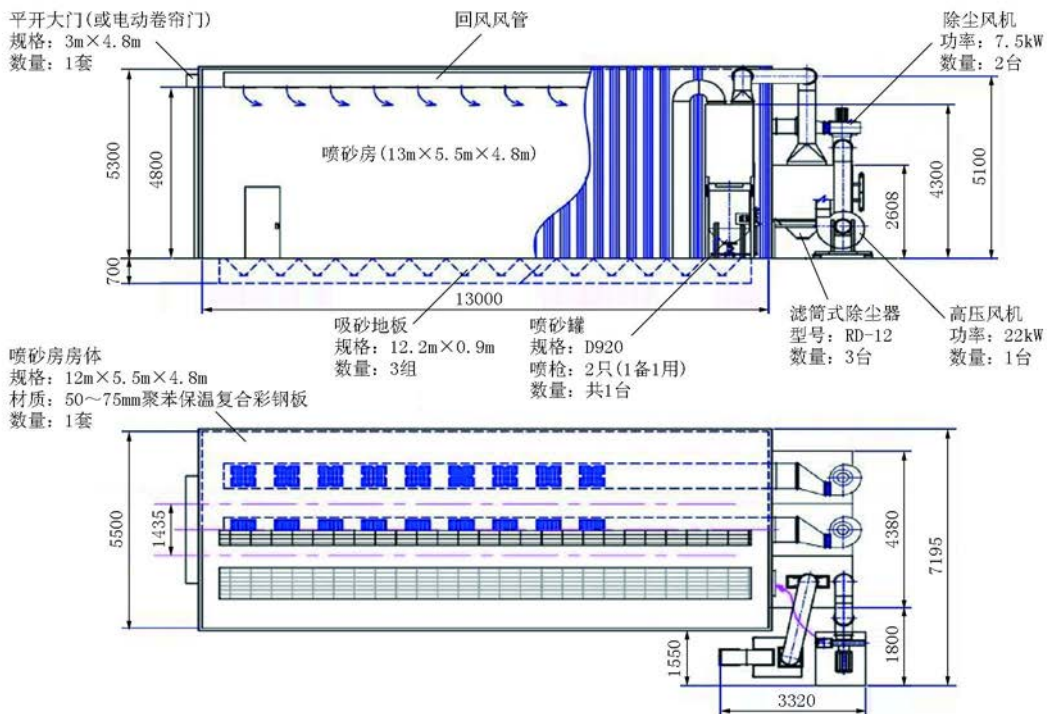


图1 PSF $13 \text{ m} \times 5.5 \text{ m} \times 4.8 \text{ m}$ 喷砂房设备安装图

2.1 PSF $13 \text{ m} \times 5.5 \text{ m} \times 4.8 \text{ m}$ 喷砂房执行标准

- (1) 喷砂器执行标准:《钢制压力容器》(GB 150-1998);
- (2) 喷砂机执行标准:《干式喷砂机》(JB/T 10349-2002);
- (3) 车间空气粉尘浓度、噪声执行:《工作场所有害因素职业接触限值》(GBZ 2-2002);
- (4) 粉尘排放执行:《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996);

(5) 表面工艺要求:表面清理等级 Sa2.5, 表面粗糙度 $20 \sim 50 \mu\text{m}$ 。

2.2 PSF $13 \text{ m} \times 5.5 \text{ m} \times 4.8 \text{ m}$ 喷砂房技术参数 (见表5)

2.3 PSF $13 \text{ m} \times 5.5 \text{ m} \times 4.8 \text{ m}$ 喷砂房主要设备规格参数 (见表6)

2.4 PSF $13 \text{ m} \times 5.5 \text{ m} \times 4.8 \text{ m}$ 喷砂房操作步骤

检查压缩空气供气状态→准备磨料→关闭砂罐放气阀→放置工件(无积砂)→展开伸缩式房体→

表 5 PSF 13 m×5.5 m×4.8 m 喷砂房技术参数

序号	参数名称	参 数 值	备 注
1	安装电机功率/kW	40	
2	压缩空气压力/MPa	0.7	
3	压缩空气消耗量 ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	12	单枪
4	喷枪数量/支	2	1 用 1 备
5	喷嘴直径/mm	8~10	
6	房体净空尺寸/m	13×5.5×4.8	
7	工件最大外形尺寸	多种规格	适于房体空间
8	工件最大质量/t	20	
9	工件运输方式	地面轨道台车	
10	安装条件	厂区露天安装	
11	使用条件	碳钢构件表面除锈清理	非薄板件
12	磨料种类/目	20~25 目石英砂	
13	动力条件	3P-380 V-50 Hz 电源	功率约 40 kW

表 6 PSF 13 m×5.5 m×4.8 m 喷砂房主要设备规格参数

序号	参数名称	部 位	参数值	备注
1	防雨型喷砂房 房体	骨架	Q235 方管	
		壁板	50 mm 聚苯乙烯泡沫 保温层复合彩钢板	钢板厚度 0.4 mm
		顶部	75 mm 厚度屋面型复 合彩钢板	钢板厚度 0.4 mm
		内衬	厚 2 mm 白色橡胶贴 面	
		应急门	4 m×4 m	平开大门
		照明灯	8 组	防尘
2	吸砂地板		3 组(配孔板防护网)	2 mm,Q235
3	喷砂罐	罐体 组合放气阀 料位器	Ø620/0.3 m ³	
4	碳化硼喷枪	单枪耗气量	3.9~6.1 m ³ /min	
5	分离器		1100 mm×1100 mm	
6	滤筒除尘器	主体	RD-12	
		喷吹阀	自动喷吹电磁阀	喷吹控制仪
		滤筒	D325×660 mm; 12 个/台	波纹纤维滤布
7	高压离心风机		功率 22 kW	
8	离心风机	型号	4-72N0.4.5A	2 台
		风量	10000 m ³ /h	
		全压	1700 Pa	
		功率	7.5 kW	
9	吸砂风管		3 mm×108 m ²	
10	循环风管		2 mm×78 m ²	
11	防尘聚光灯		125 W/组×8 组	
12	电气控制系统		气控合阀	

开启照明灯→启动高压风机→检查(并清理)集砂斗补充添加磨料(漫撒)→关闭房体穿戴防护服→开启喷枪喷砂→停止喷砂→运走工件→检查集砂斗有无较多积砂并疏通→开启放气阀→关闭放气阀→循环新的喷砂作业。喷砂作业见图 2, 钻塔喷砂完成情况见图 3。



图 2 喷砂作业现场



图 3 喷砂作业完成效果

3 钻塔喷漆房喷漆应用实践

我们应用 PQF 12.9 m×6 m×4 m 伸缩移动式喷漆房进行钻塔的喷漆防腐处理,效率高、污染小、喷漆表面洁净均匀。PQF 12.9 m×6 m×4 m 喷漆房包括:(1)防雨型伸缩移动式喷漆房房体;(2)无泵水幕漆雾净化器;(3)防爆离心风机;(4)防爆轴流风机;(5)防爆日光灯;(6)土建基础及预埋件;(7)轨道及配套运输台车装置;(8)电源配电(控制箱的电源布线);(9)外部供水系统。PQF 12.9 m×6 m×4 m 喷漆房设备安装图见图 4,PQF 12.9 m×6 m×4 m 喷漆房作业现场见图 5,PQF 12.9 m×6 m×4 m 喷漆房作业完成情况见图 6。

3.1 PQF 12.9 m×6 m×4 m 喷漆房执行标准

- (1)废气室外排放:《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996);
- (2)伸缩移动前室内有害气体浓度:《工作场所所有害因素职业接触限值》(GBZ 2-2002);
- (3)照明灯具设置:《喷漆室安全技术规程》(GB 14444 涂装作业安全规程)。

3.2 PQF 12.9 m×6 m×4 m 喷漆房技术参数(见表 7)

3.3 PQF 12.9 m×6 m×4 m 喷漆房操作要点

伸缩移动式喷漆房是适用于大型工件产品喷漆的设备,房体可沿地面轨道自由伸缩。房体收拢后,需要喷漆的工件即可利用龙门吊和天车将其吊运放置在作业区域,从而省去了用于运送工件的传统

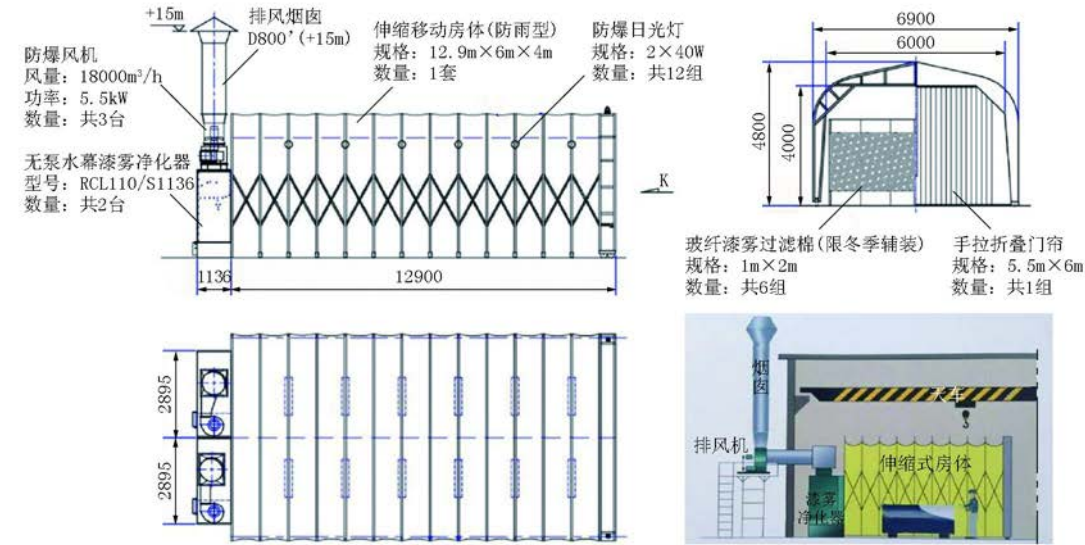


图 4 PQF 12.9 m×6 m×4 m 喷漆房设备安装图



图 5 PQF 12.9 m×6 m×4 m 喷漆房作业现场



图 6 PQF 12.9 m×6 m×4 m 喷漆房作业完成情况

台车。操作伸缩式房体使其展开,即可将待喷漆工件罩住,形成封闭或半封闭的喷漆作业区域。

在进行喷漆作业时,无泵水幕漆雾净化系统将对漆雾进行水幕冲洗、水帘过滤和水雾冲激洗涤三级净化处理,净化效率高达 99.8%。保证无任何废水排放,水中添加 0.3%~0.5% 的专用絮凝剂之后,非常方便清除漆渣。视情况随时补水即可,无需排水。经过无泵水幕漆雾净化系统处理后,挥发性有机化合物 VOC 的排放浓度和速率完全符合欧洲和我国的环保排放标准。

表 7 PQF 12.9 m×6 m×4 m 喷漆房技术参数

序号	参数名称	参数值	备 注
1	工件最大外形尺寸	多种规格	适于房体空间
2	工件最大质量	不限	
3	工件运输方式	天车运送	
4	安装条件	室外露天安装	
5	动力条件/kW	26	3P-380 V-50 Hz
6	外形尺寸/mm	12900×6000×4000	
7	无泵水幕漆雾净化器	RCL110/S1136 型	2 台
8	漆雾净化效率	>98%	
9	絮凝剂	X1-V	
10	伸缩移动前室	抗风 8 级	风速 25 m/s
11	防爆日光灯	2×40 W/组×12 组	约 300 Lx 照度
12	声光警示灯/W	36	2 组
13	行走驱动减速机/kW	2×1.5	防爆电机功率
14	防爆轴流风机风量	18000	HHT-NO.6.5×2 台 (m³·h ⁻¹)
15	防爆离心风机风量	6000(水幕风机)	B4-72NO.4A×2 台 (m³·h ⁻¹)
16	主控制箱[非防爆]/个	1	

钻塔本身的表面温度和相对湿度会影响最终的涂装结果,对于喷漆作业来说,通常要求空气的相对湿度<85%,钢材的表面温度至少高于露点温度 3℃,一般情况下涂装作业时的钢材表面温度应该不低于 5℃,不高于 40℃。PQF 12.9 m×6 m×4 m 喷漆房很好地解决了这些问题,在一般情况下,喷漆房内的温度、湿度和洁净度是满足上述要求的。

4 钻塔除锈及防腐效果评价

在防腐作业过程中,必须进行中间检查。防腐作业完工后,应及时进行验收。钻塔除锈和防腐效果的评价包括外观检查、光泽度评价、冲击强度测试、附着力检测、硬度检测和涂层厚度测量等。

4.1 外观检查

内容包括:涂层表面目视检查是否脱皮、漏涂、返锈、气泡、透底、针孔、流挂、皱皮、光亮与光滑、分色界限、颜色、刷纹。

4.2 光泽度评价

钻塔喷漆颜色鲜艳,外表光滑,光泽度 75 度。

4.3 冲击强度测试

冲击强度测试标准按《漆膜一般制备法》(GB 1727-79)进行,冲击强度 $\geq 50\text{ kg/cm}^2$ 。

4.4 附着力检测(参见表 8)

表 8 附着力分级的标准描述

级别	附着力级别描述
0	切割边缘完全平滑,无一格脱落
1	交叉处有少许涂层脱落,受影响面积不能明显大于 5%
2	在切口交叉处或沿切口边缘有涂层脱落,影响面积为 5%~15%
3	涂层沿切割边缘部分或全部以大面积脱落受影响的交叉切割面积在 15%~35%
4	沿边缘整条脱落,有些格子部分或全部脱落,受影响面积 35%~65%
5	剥落的程度超过 4 级

我们是用划格法来检测和评价钻塔除锈和防腐效果即喷漆附着力的。划格法附着力标准主要有《胶带试验测定粘合性的试验方法》(ASTMD 3359)、《油漆和清漆-划格试验》(ISO 2409-2013)和《百格测试标准》(GB 9286-98)。采用的工具是划格测试器,划格测试器具有 6 个切割面的多刀片切割器,切刀间隙 1、2 和 3 mm。将试样涂于样板上,干燥 16 h 后,用划格器平行拉动 3~4 cm,有 6 道切痕,应切穿漆膜至底材;然后用同样的方法与前者垂直,切痕同样 6 道;这样形成许多小方格。对于软底材,用软毛刷沿网格图形成每一条对角线,轻轻向前和后各扫几次,即可评定等级;而对于硬质底材,先清扫,之后贴上胶带,保证胶带与实验区全面接触并使之接触良好,然后迅速拉开,使用目视或者放大镜对照标准与说明附图进行对比定级。

在划格法测定附着力时,可以最高测定 250 μm 厚度的涂膜。根据涂层厚度大小,可以选择不同的划格间距,一般为涂层小于 60 μm ,硬质底材间距 1 mm,软质底材间距为 2 mm;涂层厚度为 60~120 μm ,软硬质底材间距均为 2 mm;涂层厚度 > 120 μm ,软硬质底材间距选择 3 mm。在《油漆和清漆-划格试验》(ISO 2409-2013)中规定,附着力需要达到 1 级才能认定为合格;在《百格测试标准》(GB

9286-98)中,附着力达到 1~2 级时认定为合格。

4.5 硬度检测

钻塔硬度检测应 > 2H 铅笔硬度。

4.6 涂层厚度测量

检查方法是:用电磁式膜厚计测量。钻塔长度方向每 1 m 长测量一个点,三点平均值应超过标准总涂层厚度的 90%;但三点平均的最小值不应小于标准涂层总厚度的 70%。测得的涂层厚度分配标准误差(三点平均值)应小于标准涂层总厚度的 20%。

5 结语

河北建勘钻探设备有限公司钻塔设计以其“创新、宜人、实用、美观”的设计理念获得河北省工业设计奖优秀奖。这里钻塔除锈防腐表面处理的效果得到了充分体现。钻塔的设计思路是满足客户需求的基础,而良好的喷涂效果和美观的外形极大地促进了钻塔产品的推广和产品价值的提升,本文根据美国石油学会 API 验收规范标准,结合公司的生产工作实际,对钻塔除锈、喷涂防腐和质量检验进行了分析总结和详细阐述,希望对提升钻塔设计生产和保证钻塔外观质量具有一定参考意义。

参考文献:

[1] 马红月,李斌,李斌,等. 基于 Solidworks 的钻机底座有限元分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(2):48-49.

[2] 李斌,崔鹤田,马红月,等. K45 钻机井架额载工况下的受力分析与模态分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(4):51-53.

[3] 马增幅. 一种新型双缸互助折叠钻塔的设计思路及要点[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(4):36-37.

[4] 张西坤,宋小娟. 液压起塔定向施工 A 型钻塔[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(12):28-29.

[5] 张西坤,靳益民. 关于钻塔的几个问题的探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(7):37-42.

[6] 陈应明. 钢铁表面喷砂除锈技术的探索[J]. 腐蚀与防护,1997,(4):34,21.

[7] 李众. 工业厂房钢结构构件的防腐保护[J]. 中国新技术新产品,2009,(17):178.

[8] 彭铁红,侯峰. 某钢结构涂装工程质量事故分析与处理[J]. 钢结构,2007,(1):96-98.

[9] 汪国平. 船舶涂料与涂装技术[M]. 北京:化学工业出版社,2006.

[10] 冯立明,张殿平,牛玉超. 涂装工艺与设备[M]. 北京:化学工业出版社,2004.

[11] 吴宗泽. 机械结构设计[M]. 北京:机械工业出版社,1988.