

# 团 体 标 准

T/SCMES X—2020

## 石油天然气钻采设备 钻机用水性涂料涂装规范

Petroleum drilling and production equipment —  
Coating Specification of Water-based coatings for drilling rig

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2020 - ×× - ××发布

2020 - ×× - ××实施

四川省机械工程学会 发布



## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、定义和缩略语 .....	3
3.1 术语和定义 .....	3
3.2 缩略语 .....	4
4 腐蚀防护设计要求 .....	4
4.1 大气腐蚀分类 .....	4
4.2 产品结构设计要求 .....	4
4.3 水性涂料涂层体系设计 .....	4
5 水性涂料性能要求和试验方法 .....	6
5.1 总体要求 .....	6
5.2 水性涂料性能要求 .....	6
5.3 试验方法 .....	8
6 涂装工艺评定 .....	12
6.1 基本要求 .....	12
6.2 评定过程 .....	13
6.3 PCPS .....	15
6.4 CPT .....	15
6.5 实验室性能检测 .....	15
6.6 CPQR .....	16
6.7 CPS .....	16
7 防腐涂装施工技术要求 .....	16
7.1 表面处理 .....	16
7.2 涂装 .....	20
8 防腐涂装检验要求 .....	23
8.1 表面处理过程检验 .....	23
8.2 涂装过程检验 .....	23
9 石油钻机及其配套设备各部件常用颜色 .....	24
附录 A (资料性) 大气腐蚀分类 .....	25
附录 B (资料性) 石油钻机及其配套设备水性涂料涂层配套体系 .....	26
附录 C (资料性) 石油钻机各部件常用颜色 .....	28
参考文献 .....	31

图 1	水性涂料涂装工艺评定流程 .....	14
表 1	水性涂料涂层配套体系的最少涂装道数和额定干膜厚度最低要求.....	5
表 2	石油钻机及其配套设备常用水性涂料品种.....	5
表 3	钻机用水性环氧富锌底漆技术要求 .....	6
表 4	钻机用水性环氧树脂漆技术要求 .....	6
表 5	钻机用水性聚氨酯面漆技术要求 .....	7
表 6	复合涂层连续冷凝和中性盐雾试验时间要求.....	8
表 7	试样制备 .....	8
表 8	测试工件和测试试板要求 .....	15
表 9	PCPS 包含内容.....	15
表 10	二次表面处理工艺要求 .....	18
表 11	二次表面处理等级 .....	19
表 A.1	大气腐蚀分类 .....	25
表 B.1	石油钻机及其配套设备外表面水性涂料涂层配套体系.....	26
表 C.1	石油钻机各部件常用颜色 .....	28

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由四川省机械工程学会提出并归口。

本文件起草单位：四川宏华石油设备有限公司、宝鸡石油机械有限责任公司、汉正检测技术有限公司、湘江涂料科技有限公司、甘肃宏腾油气装备制造有限公司、宏华油气工程技术服务（四川）有限公司。

本文件主要起草人：



# 石油天然气钻采设备 钻机用水性涂料涂装规范

## 1 范围

本文件规定了石油天然气钻采设备钻机及其配套设备钢制底材外表面在腐蚀环境下,水性涂料腐蚀防护设计要求、涂料性能要求和试验方法、涂装工艺评定、防腐涂装施工技术要求、防腐涂装检验要求及常用颜色。

本文件适用于在大气腐蚀类型(C3~C4)条件下,石油天然气钻采设备钻机及其配套设备钢制底材外表面水性涂料涂装。

本文件不适用于C5(很高)和CX(极端)大气腐蚀环境下设备钢制底材外表面水性涂料涂装。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 1724—2019 色漆、清漆和印刷油墨 研磨细度的测定
- GB/T 1725—2007 色漆、清漆和塑料 不挥发物含量的测定
- GB/T 1728—1979 漆膜、腻子膜干燥时间测定法
- GB/T 1732—1993 漆膜耐冲击测定法
- GB/T 1733—1993 漆膜耐水性测定法
- GB/T 1766—2008 色漆和清漆 涂层老化的评级方法
- GB/T 1768—2006 色漆和清漆 耐磨性的测定 旋转橡胶砂轮法
- GB/T 1771—2007 色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定
- GB/T 1865—2009 色漆和清漆 人工气候老化和人工辐射暴露 滤过的氙弧辐射
- GB 2893 安全色
- GB/T 3181 漆膜颜色标准
- GB/T 3186 色漆、清漆和色漆与清漆用原材料 取样
- GB/T 4893.3—2005 家具表面耐干热测定法
- GB/T 5206 色漆和清漆 术语和定义
- GB/T 5210—2006 色漆和清漆 拉开法附着力试验
- GB 6514 涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风净化
- GB/T 6682—2008 分析实验室用水规格和试验方法
- GB/T 6739—2006 色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度
- GB/T 6742—2007 色漆和清漆 弯曲试验(圆柱轴)
- GB 7691 涂装作业安全规程 安全管理通则
- GB 7692 涂装作业安全规程 涂漆前处理工艺安全及其通风净化
- GB/T 8264 涂装技术术语

GB/T 8923.1 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级

GB/T 8923.2 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第2部分：已涂覆过的钢材表面局部清除原有涂层后的处理等级

GB/T 8923.3 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第3部分：焊缝、边缘和其他区域的表面缺陷的处理等级

GB/T 9268—2008 乳胶漆耐冻融性的测定

GB/T 9271—2008 色漆和清漆 标准试板

GB/T 9274—1988 色漆和清漆 耐液体介质的测定

GB/T 9278 涂料试样状态调节和试验的温湿度

GB/T 9286—1998 色漆和清漆 漆膜的划格试验

GB/T 9754—2007 色漆和清漆 不含金属颜料的色漆漆膜的20°、60°和85°镜面光泽的测定

GB/T 13288.1 涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性 第1部分：用于评定喷射清理后钢材表面粗糙度的ISO表面粗糙度比较样块的技术要求和定义

GBT 13288.5 涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性 第5部分：表面粗糙度的测定方法 复制带法

GB/T 13452.2 色漆和清漆 漆膜厚度的测定

GB/T 13893—2008 色漆和清漆 耐湿性的测定 连续冷凝法

GB 14443 涂装作业安全规程 涂层烘干室安全技术规定

GB 14444 涂装作业安全规程 喷漆室安全技术规定

GB/T 18570.3 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第3部分：涂覆涂料前钢材表面的灰尘评定（压敏粘带法）

GB/T 18570.4 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 涂覆涂料前凝露可能性的评定 导则

GB/T 18570.6 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第6部分：可溶性杂质的取样 Bresle法

GB/T 18570.9 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第9部分：水溶性盐的现场电导率测定法

GB/T 18838.3 涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理用金属磨料的技术要求 第3部分：高碳铸钢丸和砂

GB/T 23986—2009 色漆和清漆 挥发性有机化合物(VOC)含量的测定 气相色谱法

HG/T 3668—2009 富锌底漆

ISO 12944-4 色漆和清漆-防护涂料体系对钢结构的防腐保护-第4部分：表面类型和表面处理 (Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Part 4: Types of surface and surface preparation)

ISO 12944-6:2018 色漆和清漆-防护涂料体系对钢结构的防腐保护-第6部分：实验室性能试验方法 (Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Part 6: Laboratory performance test methods)

ASTM D4285 压缩空气中指示油或水的标准试验方法 (Standard Test Method for Indicating Oil or Water in Compressed Air)

SSPC PA 2 使用磁性测厚仪测量涂层干膜厚度 (Procedure for determining conformance to dry coating thickness requirements)

### 3 术语、定义和缩略语

GB/T 5206和GB/T 8264界定的以及下列术语、定义和缩略语适用于本文件。

#### 3.1 术语和定义

##### 3.1.1

**耐久性 durability**

涂层抵御环境对其破坏性影响的能力。

[来源：GB/T 5206—2015，2.89]

##### 3.1.2

**涂层体系 coating system**

将要施涂或已经施涂于底材上的涂料形成的所有单涂层的组合。

注1：实际体系可用包含的单涂层道数加以表征。

注2：见涂层。

[来源：GB/T 5206—2015，2.54]

##### 3.1.3

**大气腐蚀 atmospheric corrosion**

在地球大气及气温环境下发生的腐蚀。

##### 3.1.4

**维修 maintenance**

确保钢结构防腐蚀功能持续有效的所有措施。

注：维修包括但不局限于涂装工作，部分涂装工作可以是局部修补涂装（修补涂层系统中失效点或区域），局部涂装之后有覆涂或整个涂装。

##### 3.1.5

**涂层 coating**

通过一次或多次施涂将涂料涂覆到底材上所形成的涂料层。

[来源：GB/T 5206—2015，2.50.1]

##### 3.1.6

**露点 dew point**

导致空气中湿气在固体表面产生冷凝的温度。

##### 3.1.7

**磨料 abrasive**

用作喷射处理介质的天然或合成固体材料。

##### 3.1.8

**老化 ageing**

随着时间的推移，漆膜的一项或多项性能由初始状态逐渐发生变化。

[来源：GB/T 5206—2015，2.11]

### 3.1.9

**酸洗 pickling**

用酸液洗去工件表面锈蚀物和轧皮的过程。

[来源：GB/T 8264—2008，3.13]

## 3.2 缩略语

CPQR 涂装工艺评定记录 (coating procedure qualification record)

CPS 涂装工艺规程 (coating procedure specification)

CPT 涂装工艺试验 (coating procedure test)

PCPS 预涂装工艺规程 (pre coating procedure specification)

## 4 腐蚀防护设计要求

### 4.1 大气腐蚀分类

根据实际工况，腐蚀环境在大气环境下分为C1很低、C2低、C3中、C4高、C5很高、CX极端6个级别，具体见附录A。

### 4.2 产品结构设计要求

4.2.1 结构设计应易于防护涂层体系的施工、检查和维修，所有需涂覆的钢结构表面应是可见的，并在操作人员能安全接触到的范围之内。

4.2.2 狭窄通道、看不见的缝隙处和搭接处均会导致潮气和污垢的滞留（包括表面处理时的磨料），宜进行焊接密封。

4.2.3 结构设计时，应采用不易积水的结构形式，不应形成水槽、水仓。

4.2.4 表面暴露在潮气下的开口箱形构件和空心部件应设计排水口；封闭的箱形构件和空心部件应采用连续焊接完全密封，并且开口都应有密封盖；箱形结构应确保有进入的通道，通道尺寸足够使施工人员和装置（包括安全设备）能够安全进入。

4.2.5 在制作过程中，所有尖锐边缘应倒圆处理，半径不小于 2 mm，应去除孔沿和切割边缘的毛边。

4.2.6 焊接时不应出现凹凸不平、咬边、气孔、凹陷、飞溅等缺陷。

4.2.7 结构设计时，不应出现异种金属接触形成电偶腐蚀现象，不宜出现大阴极小阳极的情况；如果设计时这种电耦合不可避免，连接表面应采取绝缘措施。

4.2.8 设计加强筋时不应有沉积物和水的滞留，方便进行表面处理和涂装施工。

4.2.9 设计时应考虑起重方法和起重吊点的设计，以及考虑采取适当的措施防止在起重、运输和现场加工过程中对防护涂层的破坏。

### 4.3 水性涂料涂层体系设计

#### 4.3.1 设计原则

石油钻机及其配套设备水性涂料涂层体系根据产品所处的腐蚀环境、待涂钢结构表面状态、涂层耐久性以及钢结构的特殊应力状态等因素确定底、中、面涂层的种类、额定干膜厚度、表面处理的方式和等级。

#### 4.3.2 水性涂料涂层配套体系基本要求

4.3.2.1 应按照大气腐蚀类型、使用环境、耐久性设计水性涂料涂层配套体系。

4.3.2.2 按照石油钻机及其配套设备作业的实际工况，水性涂料涂层体系的耐久性分为L低（不超过7年）、M中（7~15年）、H高（15~25年）三个等级。

注：耐久性不是“担保时间”，它是一个能够帮助业主进行维修计划的技术依据。担保时间是在合同中具有法律效力的条款。担保时间通常比耐久性短，且并没有规则来阐明这两个时间的关联性。

4.3.2.3 基于一定耐久性要求和大气腐蚀类型，水性涂料涂层配套体系的最少涂装道数和额定干膜厚度最低要求见表1。

表1 水性涂料涂层配套体系的最少涂装道数和额定干膜厚度最低要求

耐久性		L低		M中		H高	
底漆类型		Zn(R) <sup>a</sup>	Misc. <sup>b</sup>	Zn(R) <sup>a</sup>	Misc. <sup>b</sup>	Zn(R) <sup>a</sup>	Misc. <sup>b</sup>
底漆和中漆主要基料类型		水性环氧	水性环氧	水性环氧	水性环氧	水性环氧	水性环氧
面漆主要基料类型		水性聚氨酯	水性聚氨酯	水性聚氨酯	水性聚氨酯	水性聚氨酯	水性聚氨酯
C3	MNOC <sup>c</sup>	e		2	2	3	3
	NDFT <sup>d</sup>			120	120	160	180
C4	MNOC <sup>c</sup>	2	2	3	3	3	3
	NDFT <sup>d</sup>	120	120	160	180	200	240

<sup>a</sup> Zn(R)，是指形成的涂层干膜中锌粉颜料质量含量不低于80%的水性富锌底漆（不挥发分中金属锌含量≥80%）。  
<sup>b</sup> Misc，是指所有其他类型的底漆，包括不挥发分中金属锌含量<80%的水性富锌底漆和水性环氧树脂漆等。  
<sup>c</sup> MNOC，是指最少涂装道数，根据涂层材料、施工方法和零件的设计，可能需要施工更多的涂装道数。  
<sup>d</sup> NDFT，是指额定干膜厚度。  
<sup>e</sup> 如果需要涂层防护，则可使用一种用于高一级别耐久性的体系。

#### 4.3.3 水性涂料涂层体系的选择

4.3.3.1 石油钻机及其配套设备推荐使用的水性涂料品种见表2。

表2 石油钻机及其配套设备常用水性涂料品种

设备及部位	涂料品种		
	底漆	中间漆	面漆
井架、底座、天车、钻井泵、绞车、转盘、游吊设备、顶驱、各种罐体外表面、固控设备、管汇、各种房体、液压站等钻机各部件外表面； 压裂撬、混砂撬、柔性水罐、混配撬、砂罐、供酸撬、供液撬、自动化机具等配套设备外表面。	水性环氧富锌底漆或水性环氧树脂漆	水性环氧树脂漆或水性环氧云铁漆 <sup>a</sup>	水性聚氨酯面漆

<sup>a</sup> 水性环氧树脂漆分含云铁和不含云铁，如涂料中含云铁，则表述为水性环氧云铁漆。

4.3.3.2 石油钻机及其配套设备水性涂料涂层配套体系参照附录B进行选择。

## 5 水性涂料性能要求和试验方法

## 5.1 总体要求

水性涂料技术指标应通过涂料供应商提供的质量证明文件进行验证。

## 5.2 水性涂料性能要求

## 5.2.1 钻机用水性环氧富锌底漆的技术要求见表 3。

表3 钻机用水性环氧富锌底漆技术要求

项目		技术指标		
		1类	2类	3类
在容器中状态		搅拌混合后无硬块，呈均匀状态		
冻融稳定性（3次循环）		不变质		
不挥发物含量/%	≥	70		
不挥发物中金属锌含量/%	≥	80	70	60
贮存稳定性（（50±2）℃，7 d）		正常		
挥发性有机化合物（VOC）含量/质量分数（%）		< 10		
施工性		施工无障碍		
漆膜外观		正常		
闪锈抑制性		正常		
干燥时间/h	表干时间	≤ 1		
	实干时间	≤ 24		
早期耐水性		无异常		
耐水性（240 h）		无异常		
弯曲试验/mm	≤	2		
耐冲击性/cm	≥	50		
附着力（拉开法）/MPa	≥	5		
耐盐雾性，h		600	400	200
		不起泡、不生锈、不开裂、不剥落		

## 5.2.2 钻机用水性环氧树脂漆的技术要求见表 4。

表4 钻机用水性环氧树脂漆技术要求

项目		技术指标		
在容器中状态		搅拌混合后无硬块，呈均匀状态		
冻融稳定性（3次循环）		不变质		
不挥发物含量/%	≥	50		
贮存稳定性（（50±2）℃，7 d）		正常		
挥发性有机化合物（VOC）含量/质量分数（%）		< 10		
施工性		施工无障碍		
漆膜外观		正常		
闪锈抑制性		正常		
干燥时间/h	表干时间	≤ 4		
	实干时间	≤ 24		
早期耐水性		无异常		

表4 钻机用水性环氧树脂漆技术要求（续）

项目	技术指标
耐水性（240 h）	无异常
弯曲试验/mm $\leq$	2
耐冲击性/cm $\geq$	50
划格试验/级 $\leq$	1
耐盐雾性, h	300
	不起泡、不生锈、不开裂、不剥落

5.2.3 钻机用水性聚氨酯面漆的技术要求见表5。

表5 钻机用水性聚氨酯面漆技术要求

项目	技术指标	
在容器中状态	搅拌混合后无硬块，呈均匀状态	
冻融稳定性（3次循环）	不变质	
不挥发物含量/% $\geq$	45	
细度/ $\mu\text{m}$ $\leq$	20	
贮存稳定性（ $(50\pm 2)^\circ\text{C}$ ，7 d）	正常	
挥发性有机化合物（VOC）含量/质量分数（%） $<$	10	
施工性	施工无障碍	
漆膜外观	正常	
干燥时间 <sup>a</sup> /h	表干时间 $\leq$	2
	实干时间 $\leq$	24
	烘干	通过
早期耐水性	无异常	
铅笔硬度（擦伤） $\geq$	HB	
光泽（ $60^\circ$ ） <sup>b</sup> /单位值 $\geq$	90 或 70~85	
鲜映性 <sup>c</sup> /DOI 值 $\geq$	75	
耐磨性（500 g/500 r）/mg $\leq$	30	
耐干热性（ $(70\pm 2)^\circ\text{C}$ ，15min）/级 $\leq$	2	
弯曲试验/mm $\leq$	2	
耐冲击性/cm $\geq$	50	
划格试验/级 $\leq$	1	
极限面漆厚度（ $(80\pm 3)\mu\text{m}$ ）	无异常	
<sup>a</sup> 产品可进行自然干燥或烘干，并测试干燥时间（表干）、干燥时间（实干）、干燥时间（烘干）。 <sup>b</sup> 当产品要求高光泽涂层配套体系，光泽（ $60^\circ$ ）/单位值需满足 $\geq 90$ ；常规钻机项目，光泽（ $60^\circ$ ）/单位值需满足70~85。 <sup>c</sup> 当产品要求高鲜映性涂层配套体系，应对鲜映性进行检测，常规钻机项目不需进行鲜映性检测。		

表5 钻机用水性聚氨酯面漆技术要求（续）

项目		技术指标
复合涂层	附着力（拉开法）/MPa $\geq$	5
	耐水性（240 h）	无异常
	耐酸性（50g/L 硫酸溶液）（48 h）	无异常
	耐碱性（50g/L 氢氧化钠溶液）（48 h）	无异常
	耐人工气候老化性 <sup>d</sup> , h	1 000
	耐湿热性（连续冷凝试验）, h	见表6
	耐盐雾性, h	见表6
	附着力（拉开法）/MPa $\geq$ （连续冷凝试验和中性盐雾试验后分别进行）	3 没有第一道涂层与钢材之间的附着破坏（除非拉开强度值 $\geq$ 5 MPa）
<sup>d</sup> 耐人工气候老化性试验后，性能等级不低于 GB/T 1766—2008 中保护性漆膜综合老化性能等级评定 1 级要求。		

5.2.4 复合涂层连续冷凝和中性盐雾试验时间要求见表6。

表6 复合涂层连续冷凝和中性盐雾试验时间要求

大气腐蚀类型	耐久性	连续冷凝试验/h	中性盐雾试验/h
C3	低	48	120
	中	120	240
	高	240	480
C4	低	120	240
	中	240	480
	高	480	720
注：连续冷凝试验和中性盐雾试验后，不起泡、不生锈、不开裂、不剥落；盐雾试验后划痕处单项扩蚀 $\leq$ 1 mm。			

### 5.3 试验方法

#### 5.3.1 取样

产品按GB/T 3186的规定取样，取样量根据检验需要确定。

#### 5.3.2 试验环境

试板的状态调节和试验的温、湿度应符合GB/T 9278的规定。

#### 5.3.3 试样制备

5.3.3.1 试验用底材的材质及表面处理应符合 GB/T 9271—2008 的规定。

5.3.3.2 施工性、漆膜外观、干燥时间、弯曲试验、耐冲击性、耐干热性、极限面漆厚度项目采用马口铁板，处理应按 GB/T 9271—2008 中 4.3 的规定进行。

5.3.3.3 划格试验、铅笔硬度、早期耐水性项目采用钢板，处理应按 GB/T 9271—2008 中 3.5 的规定进行。

5.3.3.4 耐磨性项目采用铝板，处理应按 GB/T 9271—2008 中 6.2 的规定进行。

5.3.3.5 光泽度、鲜映性项目采用玻璃板，处理应按 GB/T 9271—2008 中 7.2 的规定进行。

5.3.3.6 附着力（拉开法）、闪锈抑制性、耐水性、耐湿热性、耐酸性、耐碱性、耐盐雾性、耐人工气候老化性项目试验用底材采用喷砂钢板，其除锈等级达到 GB/T 8923.1 中规定的 Sa2.5 级，表面粗糙度要求  $Ry40\ \mu m \sim Ry80\ \mu m$ 。

5.3.3.7 采用与本文件规定不同的样板制备方法，应在检验报告中注明。

5.3.3.8 试样制备按表 7 进行。采用与本文件规定不同的试样制备方法，应在检验报告中注明。漆膜厚度的测试按 GB/T 13452.2 的规定进行。

表7 试样制备

试验项目	底材类型	底材尺寸/mm	漆膜厚度/ $\mu m$	涂装要求
施工性、漆膜外观、干燥时间	马口铁板	120×50×(0.2~0.3)	23±3	施涂一道，涂膜外观项目放置 48 h
弯曲试验、耐冲击性	马口铁板	120×50×(0.2~0.3)	23±3	施涂一道，放置 7 d
耐干热性	马口铁板	120×50×(0.2~0.3)	40±5(两道总厚度)	施涂两道，间隔 24 h，放置 7 d
极限面漆厚度	马口铁板	120×50×(0.2~0.3)	80±3	施涂一道，放置 48 h
划格试验、铅笔硬度	钢板	150×70×(0.45~0.55)	23±3	施涂一道，放置 7 d
早期耐水性	钢板	150×70×(0.8~1.5)	40±5	底漆：施涂一道，放置 24 h
			底漆 40±5 中间漆 40±5	中间漆：施涂一道底漆，间隔 24 h 再施涂中间漆一道，放置 24 h
			底漆 40±5 中间漆 40±5 面漆 40±5	面漆：施涂一道底漆，间隔 24 h 再施涂中间漆一道，间隔 24 h 最后施涂面漆，放置 24 h
耐磨性	铝板	直径 100	40±5(两道总厚度)	施涂两道，间隔 24 h，放置 7 d
光泽度、鲜映性	玻璃板	150×100×3	40±5(两道总厚度)	施涂两道，间隔 24 h，放置 48 h
闪锈抑制性	喷砂钢板	150×70×(3~5)	50±5	施涂一道，放置 24 h
单一涂层的附着力（拉开法）	喷砂钢板	150×70×(3~5)	75±10(两道总厚度)	施涂两道，间隔 24 h，放置 7 d
单一涂层的耐水性和耐盐雾性	喷砂钢板	150×70×(3~5)	90±10(两道总厚度)	施涂两道，间隔 24 h，放置 14 d
复合涂层的附着力（拉开法）、耐水性、耐酸性、耐碱性、耐人工气候老化性	喷砂钢板	150×70×(3~5)	底漆 45±5 中间漆 75±5 面漆 55±5	施涂底漆，间隔 24 h， 再施涂中间漆，间隔 24 h， 最后施涂面漆，放置 14 d
复合涂层的附着力（拉开法）、耐湿热性、耐盐雾性、附着力（拉开法，连续冷凝试验和中性盐雾试验后）	喷砂钢板	150×70×(3~5)	参考附录 B 表 B.1	施涂底漆，间隔 24 h， 再施涂中间漆，间隔 24 h， 最后施涂面漆，放置 14 d

### 5.3.4 操作方法

#### 5.3.4.1 一般要求

所用试剂均为化学纯以上，所用水均为符合GB/T 6682—2008规定的三级水，试验溶液在试验前预先调整到试验温度。进行早期耐水性、耐水性、耐酸性、耐碱性、耐人工气候老化性、湿热性、耐盐雾性试验的试板，试验前应对试板进行封边和封背处理。

#### 5.3.4.2 在容器中状态

打开容器，用调刀或搅拌棒搅拌，允许容器底部有沉淀。若经搅拌易于混合均匀，则评为“搅拌混合后无硬块，呈均匀状态”。多组份涂料应分别进行检验。

#### 5.3.4.3 冻融稳定性

按GB/T 9268—2008中A法进行，仅测试含水组份。

#### 5.3.4.4 不挥发物含量（聚氨酯面漆）

按GB/T 1725—2007的规定进行。水性环氧富锌底漆和水性环氧树脂漆将产品各组份（稀释剂除外）按生产商规定的比例均匀混合后进行测试；双组份水性聚氨酯面漆测试主剂。试样量为 $(2.0 \pm 0.2)$  g，试验温度为 $(105 \pm 2)$  °C，烘烤时间为2 h。

#### 5.3.4.5 不挥发物中金属锌含量

按HG/T 3668—2009中5.7的规定进行测试。

#### 5.3.4.6 细度

按GB/T 1724—2019的规定进行。多组份涂料测试主剂。

#### 5.3.4.7 贮存稳定性

将约0.5 L样品装入合适的塑料或玻璃容器中，瓶内留有约10%的空间，密封后放入 $(50 \pm 2)$  °C恒温干燥箱中，7 d后取出，在 $(23 \pm 2)$  °C下放置24 h，按照5.3.4.2的方法检查“在容器中状态”。如果搅拌混合后无硬块，呈均匀状态，则评为“正常”。多组份涂料应分别检测各组份。

#### 5.3.4.8 挥发性有机化合物（VOC）含量

按GB/T 23986—2009的规定进行，测试结果的计算按GB/T 23986—2009中10.2方法1的规定进行。

#### 5.3.4.9 施工性

按照5.3.3制备试样，若施工过程中无困难，则评为“施工无障碍”。

#### 5.3.4.10 漆膜外观

按照5.3.3制备试样，试板放置24 h后，在散射日光下观察。如果漆膜均匀，无流挂、发花、裂纹、缩孔、颗粒、针孔、暗泡等漆膜病态，则评为“正常”。

#### 5.3.4.11 极限面漆厚度

按照5.3.3制备试样，试板放置48 h后，在散射日光下观察，检查漆膜外观。如果漆膜均匀，无流挂、发花、裂纹、缩孔、颗粒、针孔、暗泡等漆膜病态，则评为“正常”。

#### 5.3.4.12 闪锈抑制性

将试板水平放置24 h后观察漆膜表面有无锈透，之后立即将试板浸泡在丁酮（或二甲苯：丁醇（体积比）= 3: 1）溶剂中去除漆膜（必要时可用木质工具），观察底材上有没有锈点。若漆膜表面无透锈、底材上也无锈点，则评为“正常”。

#### 5.3.4.13 干燥时间

按GB/T 1728—1979的规定进行。表干按乙法进行，实干按甲法进行。烘干在60 °C~70 °C烘烤60 min或70 °C~80 °C烘烤30 min，若实干则评为“通过”。

#### 5.3.4.14 早期耐水性

按照5.3.3制备试样，放置24 h后，将试板的涂层至少一半的表面浸入符合GB/T 6682—2008规定的三级水中5 h，然后取出试板，目测浸水区无起泡、生锈、开裂、剥落现象，且试板在标准试验环境中放置2 h后，浸水区和非浸水区相比无明显变色和失光（面漆需考虑），则评为“无异常”。

#### 5.3.4.15 弯曲试验

按GB/T 6742—2007的规定进行。

#### 5.3.4.16 耐冲击性

按GB/T 1732—1993的规定进行。

#### 5.3.4.17 划格试验

按GB/T 9286—1998的规定进行。

#### 5.3.4.18 铅笔硬度

按GB/T 6739—2006的规定进行。

#### 5.3.4.19 光泽（60°）

按GB/T 9754—2007的规定进行。

#### 5.3.4.20 鲜映性

采用鲜映性测定仪器测定鲜映性（DOI）值，重复检测三次，平均值作为结果，且单次检测结果需满足要求。

#### 5.3.4.21 耐磨性

按GB/T 1768—2006的规定进行，推荐砂轮型号：CS-10。

#### 5.3.4.22 耐干热性

按GB/T 4893.3—2005的规定进行。

#### 5.3.4.23 耐水性

按GB/T 1733—1993中9.1的规定进行。将试板浸入符合GB/T 6682—2008要求的三级水中，至规定的时间取出试板观察，3块试板中至少有2块未出现起泡、生锈、开裂、剥落、无明显变色和失光（面漆

需考虑)等涂膜病态现象,则评为“无异常”。如出现以上涂膜病态现象,按GB/T 1766—2008进行描述。

#### 5.3.4.24 耐酸性

按GB/T 9274—1988中甲法的规定进行。浸入50 g/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>水溶液中48 h,3块试板中至少有2块未出现起泡、生锈、开裂、剥落、无明显变色和失光(面漆需考虑)等涂膜病态现象,则评为“无异常”。如出现以上涂膜病态现象,按GB/T 1766—2008进行描述。

#### 5.3.4.25 耐碱性

按GB/T 9274—1988中甲法的规定进行。浸入50 g/L NaOH水溶液中48 h,3块试板中至少有2块未出现起泡、生锈、开裂、剥落、无明显变色和失光(面漆需考虑)等涂膜病态现象,则评为“无异常”。如出现以上涂膜病态现象,按GB/T 1766—2008进行描述。

#### 5.3.4.26 耐人工气候老化性

按GB/T 1865—2009中循环A的规定进行试验。性能等级不低于GB/T 1766—2008中保护性漆膜综合老化性能等级评定1级要求。

#### 5.3.4.27 附着力(拉开法)

按GB/T 5210—2006的规定进行。耐湿热性和耐盐雾性试验后,试板的附着力(拉开法)测试,应在符合GB/T 9278规定的试验环境中调节14 d后进行,每块试板至少需要3个试柱被拉脱。

#### 5.3.4.28 耐湿热性

按GB/T 13893—2008的规定进行。3块试板中至少有2块未出现起泡、生锈、开裂、剥落等涂膜病态现象,则评为“无异常”。如出现以上涂膜病态现象,按GB/T 1766—2008进行描述。

#### 5.3.4.29 耐盐雾性

按GB/T 1771—2007的规定进行。单一涂层的耐盐雾性测试试板不划线。复合涂层的耐盐雾性测试试板应划线,划线至少长50 mm、宽2 mm,距任一长板边的距离至少12.5 mm,距任一短板边的距离至少25 mm,划线应完划透涂层且显露碳钢底材,划线应与板面垂直,划线程序和划线处的腐蚀评估按ISO 12944-6-2018附录A要求进行。3块试板中至少有2块未出现起泡、生锈、开裂、剥落等涂膜病态现象,且划痕处单项扩蚀≤1 mm,则评为“无异常”。如出现以上涂膜病态现象,按GB/T 1766—2008进行描述。

## 6 涂装工艺评定

### 6.1 基本要求

#### 6.1.1 人员

喷射清理和涂装人员应有相关的技工水平认证,经过培训,具有上岗资格证。施工人员应具备关于健康、安全危害、运用设备、喷涂材料、涂料、表面处理等相关方面的知识。没有相关技工水平认证的人员,应具有和正式技工培训同等级别的相关培训和经验的证明材料。

#### 6.1.2 设备

喷射清理和涂装设备应处于正常的工作状态，并在检定周期范围内；用于检验的仪器、仪表等设备合格有效并在检定周期范围内。

### 6.1.3 材料

水性涂料应具有合格证书。

## 6.2 评定过程

### 6.2.1 总则

评定结果用于确认水性涂料涂层配套体系，确定耐久性的范围。

### 6.2.2 涂装工艺评定流程

水性涂料涂装工艺评定流程见图1。

水性涂料涂装工艺评定流程

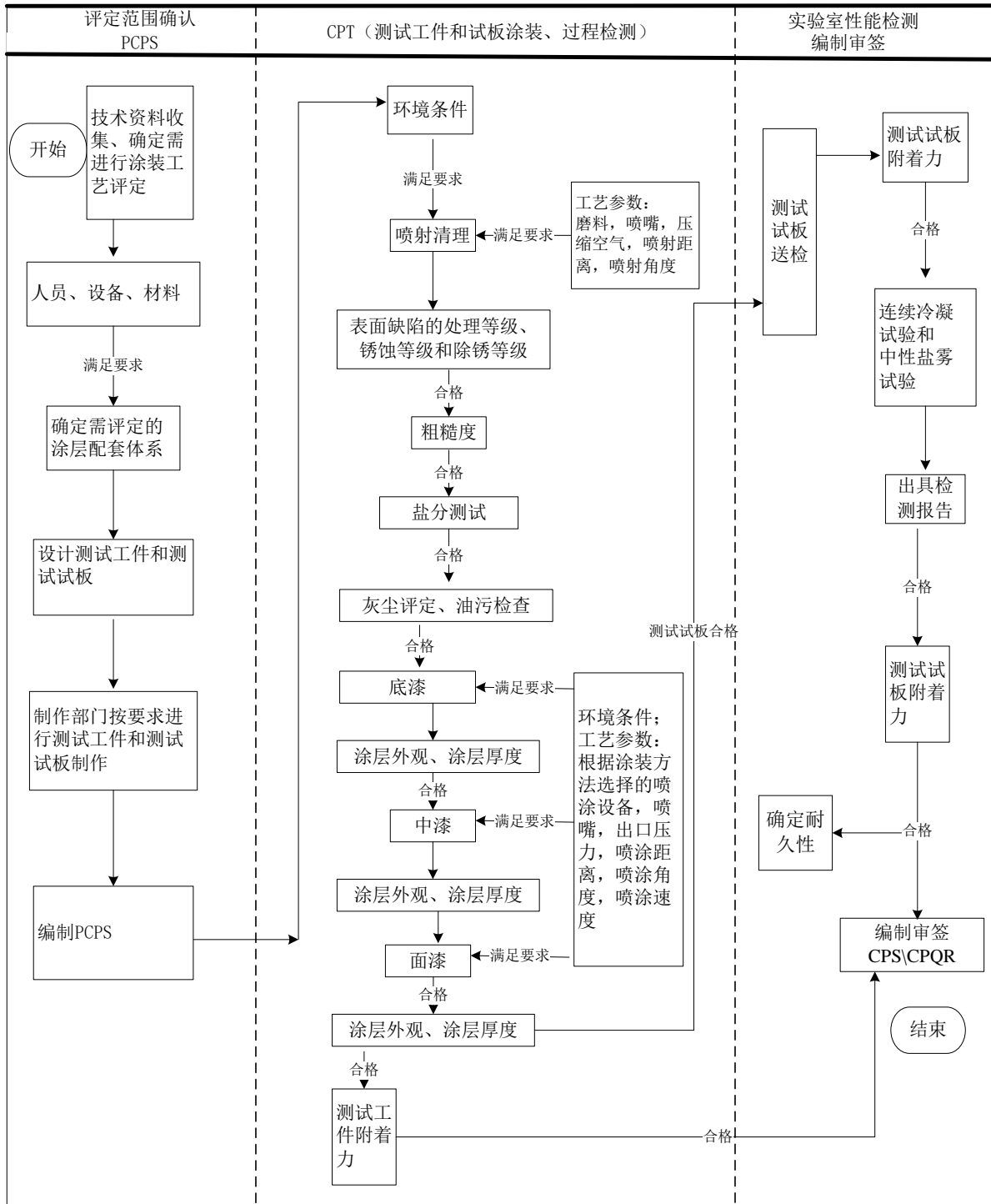


图1 水性涂料涂装工艺评定流程

6.2.3 测试工件和试板

设计和制作测试工件和测试试板，针对一种涂层配套体系，需制作1件测试工件和8张测试试板，相关要求见表8。

表8 测试工件和测试试板要求

项目	材料	尺寸/mm	备注
测试工件	焊接件(碳钢钢板、型材等)	至少1 000×1 000×300	非封闭式箱型结构
测试试板	碳钢	150×70×(3~5)	

### 6.3 PCPS

编制PCPS, PCPS包含内容见表9。

表9 PCPS 包含内容

序号	项目	具体内容
1	环境条件	相对湿度, 基材表面温度与空气露点温度的温度差, 环境温度
2	表面处理	焊缝、边缘和其他区域的表面缺陷的处理等级, 清理, 表面处理方法(喷射清理), 锈蚀等级和除锈等级, 粗糙度, 盐分测试, 灰尘评定, 油污检查, 喷射处理完后与涂装时间间隔
3	喷射清理工艺参数	磨料, 喷嘴, 压缩空气, 喷射距离, 喷射角度
4	涂层体系	水性涂料品牌, 涂层体系(包括涂料产品名称和干膜厚度)
5	喷漆施工	各道涂层的颜色, 搅拌时间, 主剂和固化剂的混合比, 水的用量, 混合使用期, 熟化时间, 过滤, 预涂, 喷涂工艺参数, 复涂间隔, 漆膜养护时间
6	涂装工艺参数	根据涂装方法选择的喷涂设备, 喷嘴, 出口压力, 喷射距离, 喷射角度, 喷涂速度
7	测试工件和测试试板	涂层外观、涂层厚度、附着力、连续冷凝试验、中性盐雾试验

### 6.4 CPT

6.4.1 拟采用的水性涂料涂层配套体系需采用一个 CPT 来进行确认。

6.4.2 涂装工艺试验应在与施工现场相同的真实条件下进行, 测试工件和测试试板同时进行涂装。

6.4.3 过程检查:

- a) 表面处理过程检验要求按 8.1 条执行;
- b) 各道涂层分别进行外观和厚度检查, 涂膜干燥时间应大于不同环境温度条件下涂膜的干燥时间;
- c) 测试工件面漆干燥后进行附着力检查, 随机选择 3 处进行检查, 涂膜自然干燥时间大于 7 d 后进行, 干燥温度 10 °C~35 °C, 周围环境空气相对湿度低于 85%。

### 6.5 实验室性能检测

按如下步骤进行实验室性能检测:

- a) 测试试板面漆干燥后, 应在符合 GB/T 9278 规定的试验环境中调节 14 d, 抽取 2 张试板进行附着力检查, 单张试板至少需要 3 个试柱被拉脱, 每个点附着力应 $\geq 5$  MPa;
- b) 合格后, 分别抽取 3 张试板进行连续冷凝试验和中性盐雾试验, 试验时间满足表 6 要求, 测试结果按 5.3.4.26 和 5.3.4.27 进行评估;
- c) 合格后, 在符合 GB/T 9278 规定的试验环境中调节 14 d, 分别抽取 1 件已进行连续冷凝试验和中性盐雾试验的试板进行附着力检查, 单张试板至少需要 3 个试柱被拉脱, 每个点附着力应 $\geq 2.5$  MPa, 且没有第一道涂层与钢材之间的附着破坏(除非拉开强度值 $\geq 5$  MPa);
- d) 检测报告至少应含有以下信息: 试样名称、试样编号、检测设备、检测地点、检测方法、检测日期、检测时间。

## 6.6 CPQR

对试验结果进行评价，并编制CPQR。

## 6.7 CPS

出具最终的CPS，经认证的CPS应在整个涂装工作中被严格遵守；如果涂装工艺参数中发生了以下变化，CPS应重新进行认证：

- a) 任何涂层材料的改变；
- b) 任何表面处理和涂装施工方法及设备的改变。

## 7 防腐涂装施工技术要求

### 7.1 表面处理

#### 7.1.1 作业环境要求

表面处理作业环境应满足下列条件：

- a) 周围环境空气相对湿度低于 85%，金属基体表面温度高于露点 3 °C 及以上，按 GB/T 18570.4 相关要求评定；
- b) 严禁在潮湿表面上进行表面处理。

#### 7.1.2 一般规定

7.1.2.1 涂装前应对工件进行表面处理。

7.1.2.2 待涂钢结构表面状态分为新建和维修，新结构按锈蚀等级分为 A、B、C、D 级，锈蚀等级 A 级或 B 级为合格。

7.1.2.3 构件不应进行喷射清理处理的部位：

- a) 加工的配合面、摩擦面、工作面；
- b) 配套的钢管、阀、法兰内表面及法兰连接面；
- c) 螺纹、销孔；
- d) 安装的铭牌、标识牌；
- e) 进行局部喷射清理的结构件上的其他附属部件。

7.1.2.4 表面处理方法：

- a) 厚度  $\geq 6$  mm 的金属构件宜采用喷射清理；
- b) 涂层损伤部位和不便于或不需要进行喷射处理的部件宜采用手工或动力工具清理；
- c) 薄壁部件表面处理可采用酸洗和磷化处理。

#### 7.1.3 焊缝、边缘和其他区域的表面缺陷处理

结构缺陷处理按 GB/T 8923.3 执行，表面缺陷处理等级至少按 P2 进行。

#### 7.1.4 喷射清理

##### 7.1.4.1 清理

喷射清理前，所有的润滑剂、油污、泥土、灰尘、磨料、盐类物质和其他杂质应去除，基体表面的油和油脂应用溶剂或清洗剂和干净的抹布擦洗，必要时使用清水（高压）冲洗工件表面，直至所有污染物被去除。

#### 7.1.4.2 除锈

##### 7.1.4.2.1 磨料

喷射清理用金属磨料应符合GB/T 18838.3的要求，并满足下列条件：

- a) 喷射处理用的磨料应干燥、清洁，具有足够的强度和硬度，不易碎裂；钢丸硬度 390 HV~530 HV，钢砂硬度 $\geq 60$  HRC；
- b) 磨料粒径：0.8 mm~1.6 mm；
- c) 磨料再次使用前，应除去粉尘和污染物。

##### 7.1.4.2.2 喷嘴

喷射清理用喷嘴的口径磨损后最大口径不应超过原口径的120%。

##### 7.1.4.2.3 压缩空气

喷射清理用压缩空气的压力为0.5 MPa~0.8 MPa，压缩空气中应无油、无水，按照ASTM D4285压缩空气清洁度（吸墨纸）测试：取一吸墨纸在距460 mm（18 in）处连续吹1 min，目测没有油（污）和水痕迹判断合格。

##### 7.1.4.2.4 喷射距离

喷射时喷嘴至基体表面距离宜为100 mm~300 mm。

##### 7.1.4.2.5 喷射角度

喷射方向与基体金属表面夹角宜为 $70^{\circ}$  ~ $90^{\circ}$ 。

#### 7.1.4.3 喷射清理的质量评定

##### 7.1.4.3.1 表面清洁度

喷射清理后，工件表面清洁度等级应符合GB/T 8923.1规定的Sa2.5级（非常彻底的喷射清理），在不放大的情况下进行观察时，表面应无可见的油、脂和污物，并且没有氧化皮、铁锈、涂层和外来杂质。任何残留的痕迹应仅呈现为点状或条纹状的轻微色斑。

##### 7.1.4.3.2 表面粗糙度

喷射清理后，可按照GB/T 13288.1中规定的方法，用粗糙度标准比较样块进行评定；也可按照GB/T 13288.5中规定的方法，采用复制带法进行评定；工件表面粗糙度要求 $Ry40\ \mu m$ ~ $Ry80\ \mu m$ 。

#### 7.1.5 手工或动力工具清理

##### 7.1.5.1 手工清理

手工清理可以除去松散的氧化皮、锈蚀等有害物质，不能除去附着牢固的氧化皮和锈蚀；常用的工具有砂纸、纸砂盘、钢丝刷、铲刀、刮刀等。

##### 7.1.5.2 动力工具清理

动力工具清理较手工清理去除氧化皮和锈蚀更彻底，动力工具清理常用的工具有旋转钢丝刷、砂纸盘、针枪、砂轮等。

### 7.1.5.3 手工和动力工具清理的质量评定

手工或动力工具清理后，工件表面清洁度应符合GB/T 8923.1规定的St3级（非常彻底的手工和动力工具清理），在不放大的情况下进行观察时，表面应无可见的油、脂和污物，并且没有附着不牢的氧化皮、铁锈、涂层和外来杂质，表面应具有金属底材的光泽。

### 7.1.6 酸洗和磷化

#### 7.1.6.1 酸洗

酸洗前需进行脱脂处理，脱脂处理后的工件，不应有油脂、乳浊液等污物，其表面应能被水完全润湿。

#### 7.1.6.2 磷化

宜采用浸渍法进行磷化处理，磷化处理可以在以锌、锰、锌钙、碱金属、其他金属或氨的磷酸二氢盐为主要成分的溶液中进行，宜采用中温或高温磷化。

#### 7.1.6.3 酸洗和磷化的质量评定

酸洗处理后，工件表面处理等级应符合ISO 12944-4规定的Be级，氧化皮、锈被完全去除，不能有腐蚀现象；磷化后工件的颜色应为浅灰色到灰黑色，膜层应结晶致密、连续和均匀。

### 7.1.7 二次（局部）表面处理

7.1.7.1 二次表面处理采用局部的喷射清理、局部的机械打磨、局部的手工或动力工具清理。

7.1.7.2 只有对大面积锈蚀、损坏和打磨工具不能施工的狭小区域进行修复时，才需要进行局部的喷射清理；一般的表面处理方法是在重新喷漆前进行局部的机械打磨、局部的手工或动力工具清理。

7.1.7.3 二次表面处理时对各部位的具体工艺要求见表10。

表10 二次表面处理工艺要求

作业部位	要求
焊缝区	a) 去除焊缝两侧烧焦、起泡、变色的漆膜及其周围 30 mm~50 mm 范围内底层已受热损伤的漆膜； b) 去除焊缝表面及两侧的黑皮、黄锈。
烧损区	a) 去除烧焦、起泡、变色的漆膜及其周围 30 mm~50 mm 范围内底层已受热损伤的漆膜； b) 漆膜厚度大于 50 μm 时，上述区域周围 25 mm~30 mm 范围内的涂层应形成一定的坡度。
自然锈蚀区	a) 去除锈蚀区及周围 20 mm~25 mm 范围内的漆膜与黄锈； b) 漆膜厚度大于 50 μm 时，上述区域周围 25 mm~30 mm 范围内的涂层应形成一定的坡度。
涂层完好区	a) 轻度打磨，除去原涂层表面的异物； b) 特殊部位根据有关涂料的技术要求处理。

表 10 二次表面处理工艺要求（续）

作业部位	要求
型钢反面、边角	尽可能除去表面黑皮及黄锈

等作业困难区	
--------	--

7.1.7.4 二次表面处理等级应按 GB/T 8923.2 的规定进行评估，并符合表 11 的要求。

表11 二次表面处理等级

标准处理等级 <sup>a</sup>		表面处理方式	处理后表面的重要特征	应用领域
P Sa 2.5	非常彻底的局部喷射清理	局部（定点区域）的喷射清理	牢固附着的油漆涂层应完好无损 <sup>b</sup> ，表面的其他部分，在不放大的情况下观察时，应无可见的油、脂和污物，无疏松涂层、氧化皮、铁锈和外来杂质。任何污染物的残留的痕迹应仅呈现为点状或条纹状的轻微污斑	一些涂层需要保留的已涂漆钢材的表面处理 <sup>c</sup>
P St 3	非常彻底的局部手工和动力工具清理	局部手工或动力工具清理	牢固附着的油漆涂层应完好无损 <sup>b</sup> ，表面的其他部分，在不放大的情况下观察时，应无可见的油、脂和污物，无附着不牢的氧化皮、铁锈、涂层和外来杂质，表面应具有金属底材的光泽。	
<sup>a</sup> 符号：P Sa：已有涂层表面的局部的喷射清理；P St：已有涂层表面的局部的手工或动力工具清理。 <sup>b</sup> 涂层如果不能用钝的油灰刀去除，则被认为是附着牢固的。 <sup>c</sup> 应了解原来涂层的信息：涂料（如基料和颜料的类型）或金属涂层的类型、厚度和涂装时间；锈蚀等级；如果可能，还需了解膜下腐蚀的详细老化情况、起泡等级、附着力、开裂、粉化等。				

## 7.1.8 待涂表面的要求

### 7.1.8.1 待涂表面灰尘评定

喷射清理后的工件在喷漆作业前，应清除工件表面余留的颗粒、灰尘等异物，按GB/T 18570.3压敏粘带法对喷涂前钢材表面灰尘进行评定，达到0~2级为合格。

### 7.1.8.2 待涂表面可溶性盐现场导电率和含盐量测定

喷射清理后的工件在喷漆作业前，工件表面的含盐量测试按照GB/T 18570.6和GB/T 18570.9进行测试；按GB/T 18570.6从喷砂后的钢材表面提取可溶性杂质，按GB/T 18570.9现场评定喷砂后的钢材表面水溶性盐的总表面浓度，应小于50 mg/m<sup>2</sup>。

### 7.1.8.3 待涂表面油污检测

目测表面疑似有油污时进行检测，用粉笔以相同的压力通过怀疑有油的区域和无油区域，痕迹稍淡的判定为有油区域。如果有油污，应重新处理，达到要求后再涂装。

### 7.1.8.4 表面处理与涂装时间间隔

喷射清理后的表面不应用手触摸，表面喷射处理完后与涂装之间的间隔时间宜尽可能短，周围环境空气相对湿度>50%~80%时不超过4 h，周围环境空气相对湿度≥30%~50%时不超过8 h，最终以工件表面状态没有变色生锈和污染物为原则。如果由于表面污染或返锈，应重新处理，达到要求的等级再涂装。

## 7.2 涂装

### 7.2.1 涂装作业环境要求

涂装作业环境应满足下列条件：

- a) 周围环境空气相对湿度 30%~80%，金属基体表面温度高于露点 3 ℃及以上，按 GB/T 18570.4 相关要求评定；
- b) 推荐施工温度 10 ℃~35 ℃；
- c) 不应在雨、雪、雾、大风环境下进行户外施工；
- d) 不应在灰尘较大的场所进行施工；
- e) 涂装作业应保持空气流通；
- f) 不应在潮湿表面上进行涂装；
- g) 在规定的条件下进行涂层干燥和固化；
- h) 涂装作业和涂层干燥前，施工表面不应被周围的粉尘污染或被水滴溅湿。

注：在达不到上述条件时，采取增加遮蔽物、暖风机、除湿机、红外线预热升温设备等措施，以满足工作环境的要求。

## 7.2.2 一般规定

### 7.2.2.1 不需要涂装的部件及部位

一般情况下，不需要涂装的部件及部位主要有：

- a) 不与介质接触的全封闭的箱形结构内表面；
- b) 经机加工且有严格公差限制的配合面、磨擦面、工作面等；
- c) 配套的钢管、阀、法兰内表面；
- d) 密封面、轴承、油孔；
- e) 阀杆、活动接头、空气压缩机和泵轴；
- f) 不锈钢件、铝制件、铜制件等有色金属制件；
- g) 钢丝绳、非金属管线；
- h) 橡胶制品、玻璃制品；
- i) 仪器仪表、电缆；
- j) 螺纹孔、销孔；
- k) 铭牌、标识牌；
- l) 现场配焊焊缝区；
- m) 涂层完好的外购件或外协件。

### 7.2.2.2 不涂装部位的保护

涂装前应对不涂装或暂不涂装的部位进行遮蔽或采取其他保护措施，以免对装配、安装、现场焊接、转运等带来不利影响。

### 7.2.2.3 涂装过程质量控制

喷涂后道涂层前，应对前一涂层进行检查，清除前一涂层上的流挂、油污、水分、灰尘等，确保后一涂层的涂装质量和涂层间结合力；保证前道涂层干燥后才能进行后道涂层的施工。

## 7.2.3 涂装前的准备

### 7.2.3.1 总则

各道涂层间的干燥时间、复涂间隔时间（对应的环境状况）应按照水性涂料产品说明书执行。

### 7.2.3.2 估量

根据将要施工的工件和工艺估算涂料用量。

### 7.2.3.3 开桶

开桶前，应首先确认材料牌号、品种、名称、批号、颜色、保质期等信息正确，再将桶外的灰尘、杂物除尽以免混入漆桶内。开桶后若发现有结皮现象，应将漆皮整块或分成若干块取出，不应将漆皮捣碎混入漆中。在使用前和使用过程中，涂料应符合以下要求：

- a) 包装容器上的标识与所设计产品的描述一致；
- b) 没有结皮；
- c) 没有不可逆转的沉淀；
- d) 在既定的现场条件下是可用的。

### 7.2.3.4 搅拌

在水性涂料使用前，应将桶内的涂料及沉淀物用搅拌器全部搅拌均匀才可使用。

### 7.2.3.5 配比

双组份的水性涂料，在使用前应将甲、乙两组份各自搅拌均匀，再按指定的比例均匀混合。双组份水性涂料一旦混合在一起，应在规定的时间内使用完。

### 7.2.3.6 熟化

混合好的涂料应按产品说明书规定的时间进行熟化。

### 7.2.3.7 稀释

由于贮存条件、施工方法、作业环境、作业温度等因素的影响，在使用时，有时需用水稀释调整粘度。各种涂料使用水稀释的最大用量在说明书中有明确的规定，使用时应遵照执行。

### 7.2.3.8 过滤

水性涂料在使用前，应使用80目的金属网或尼龙丝筛进行过滤；所用筛子应保持清洁，使用完后应立即用水清洗，保存备用。

## 7.2.4 涂装方法

### 7.2.4.1 通用要求

根据金属结构物件形状、面积选择不同的方式或几种施工方式相结合，按设计要求和材料工艺进行底涂、中涂和面涂的施工。每道涂层的涂装间隔时间应符合材料及供应商的规定，超过最大涂装间隔时间时，应进行表面拉毛处理后再进行涂装。

### 7.2.4.2 预涂的主要区域

底、中漆预涂宜采用刷涂法，面漆预涂宜采用空气喷涂法，预涂的主要区域如下：

- a) 角和边的切割处；
- b) 灵敏度高的仪器、电机、机械和仪表周围等关键区域；
- c) 对焊焊接处、棱边、法兰、角落等区域；
- d) 槽、通气孔、型钢、狭小处、形状比较复杂的部位。

### 7.2.4.3 刷涂

#### 7.2.4.3.1 刷涂的部位

刷涂用于涂刷较小面积：补涂、喷漆难以喷到的部位或预涂等地方，不能进行辊涂或喷涂的区域或局部修补。

#### 7.2.4.3.2 刷涂方法

刷涂时应采用十字交叉法，刷涂中，一般应遵循先难后易、先里后外、先左后右、先上后下、先边后面五个原则，刷涂次数要多，蘸漆量少，多刷多理，不应横刷乱涂。刷涂垂直表面时，最后一道漆应由上向下刷。要求涂膜厚薄一致、平整光滑、色泽均匀。

#### 7.2.4.4 空气喷涂

压缩空气的压力、喷嘴的孔和角度、喷涂距离、运行速度等应根据实际情况调节，使用的压缩空气，应无水、无油。喷枪、容器和涂料经过的管路，在喷涂结束后应立即用溶剂清洗干净，以备再用。在风速较大时不宜采用空气喷涂方式施工。

#### 7.2.4.5 高压无气喷涂

按工件、涂料要求选择适合的喷涂机、喷嘴和空气压力。喷枪的喷涂角度以与工作面垂直为原则，在两端以45°为限，喷枪应与被涂表面作平行移动，喷枪不宜作长距离或弧形挥动。喷嘴与工作面的垂直距离宜为300 mm~500 mm。喷涂施工时应采取先上下、后左右或先左右、后上下的纵横喷涂方法。

#### 7.2.4.6 现场末道面漆涂装前的处理

现场末道面漆涂装前，应进行：

- a) 对破损处进行修复处理；
- b) 用水、清洗剂等对涂装表面进行必要的清洁处理，除掉表面油污和灰尘等污染物；
- c) 整个涂装过程中应注意涂装有无异常情况；
- d) 如超过最大涂装间隔时间或经清洗油污的表面应进行拉毛处理后再进行涂装。

#### 7.2.5 涂膜保护及修补

7.2.5.1 涂装后，应注意保护未完全固化的涂膜，避免雨淋、曝晒、损伤、弄脏。涂膜需完全固化后进行户外放置和投入使用，其他工序在施工、转运和吊装及进行其他作业时应注意对涂层的爱惜和保护。在转运已喷完漆的工件时不宜转运涂膜未实干的工件。转运吊装时，应采取保护措施，吊绳与工件的接触面宜用护垫隔离。

7.2.5.2 损伤的涂膜应进行修补，修补部位应清除表面的油、水、脂等污物。

7.2.5.3 表面处理应符合本文件 7.1.7 中二次（局部）表面处理相关要求。

7.2.5.4 待受损区域表面处理好之后，应使用与原始涂层相对应的水性涂料，采用适合的施工方式，对受损区域进行修补。

#### 7.2.6 安全防护

7.2.6.1 喷射清理应注意下列事项：

- a) 喷射清理前，应对不能喷射清理的部位进行查看和遮蔽保护(如用木板或薄铁皮遮挡等)；
- b) 注意穿戴防护用具，保护身体不受伤害；
- c) 喷射时喷嘴不应对人，喷射人员和砂罐管理人员之间在喷射开始、停止或调整出砂量时，应有简单明了的信号；

d) 注意防尘和环境保护。

7.2.6.2 涂装作业应符合 GB 7691、GB 7692 的规定；喷涂工艺及其通风净化应符合 GB 6514 的有关规定；涂层烘干室安全技术要求应符合 GB 14443 的规定；喷漆室安全技术要求应符合 GB 14444 的规定。

## 8 防腐涂装检验要求

### 8.1 表面处理过程检验

表面处理过程检验项目包括：结构缺陷、作业环境、压缩空气、表面清洁度、表面粗糙度、待涂表面灰尘评定、待涂表面可溶性盐现场导电率和含盐量测定、待涂表面油污检测、表面处理与涂装时间间隔；合格后方可进行涂装。

### 8.2 涂装过程检验

8.2.1 涂装时检查水性涂料在取用、配比、搅拌等过程中是否符合涂料产品使用说明书的规定。

8.2.2 喷涂施工前检查对边、角、焊缝处的预涂是否执行，检查不需要喷漆部位的保护情况。

8.2.3 漆膜干燥时间满足水性涂料产品使用说明书中相关要求，每道涂层应进行干透性检验，按 GB/T 1728 中的指触法进行检验，无凹陷及指印，轻摸涂层表面无粘性。

#### 8.2.4 涂层外观检验：

- a) 表面涂层应均匀、细致，不得有闪锈、漏涂、流挂、起泡、缩皱、脱皮、发白、针孔、开裂、咬底、渗色、剥落、痱子等缺陷；
- b) 面漆表面平整光滑、光泽饱满、色泽一致，在光线充足的地方，肉眼看不到明显的机械杂质和污浊物，无明显的修补痕迹和伤痕；
- c) 表面不同颜色的油漆交界处，应平整清晰，不得有不规则的交错线。

#### 8.2.5 涂层厚度检验：

- a) 各道涂层湿膜厚度按 GB/T 13452.2 中的机械法（梳规）进行测试，干膜厚度按 GB/T 13452.2 中的磁性法测试。施工中应随时检查湿膜厚度以保证干膜厚度的设计要求；
- b) 涂层厚度检验应在涂膜完全干燥固化后进行，涂膜测厚仪精度应不低于 5%；测试结果参照 SSPC PA 2 的规定进行：
  - 1) 涂层厚度测量时，每 10 m<sup>2</sup>进行 5 点任意测试，每点取 3 个读数的算术平均值，每点的 3 个读数应在直径为 40 mm 的圆形区域内不同位置测得；
  - 2) 面积不超过 30 m<sup>2</sup>的，每 10 m<sup>2</sup>均应进行测量；
  - 3) 面积 30 m<sup>2</sup>~100 m<sup>2</sup>的，任意选择 3 个 10 m<sup>2</sup>进行测量；
  - 4) 面积超过 100 m<sup>2</sup>的，任意选择一个 100 m<sup>2</sup>进行测量；其余每个 100 m<sup>2</sup>选择一个 10 m<sup>2</sup>进行测量；
  - 5) 如任意 10 m<sup>2</sup>的膜厚不符合规范要求，则在不符合区域的平分角度 8 个方向上以 1.5 m 为间隔向外进行扩展测量，直至每个方向上两个连续的测量点满足规范要求，以确定不合格规范的区域。通常结构复杂的工件或者不宜采用 1.5 m 间隔进行测试时，应进行构件单元的重复测量；
  - 6) 测量区域平均值应等于或大于最低干膜厚度值；所有测量值应等于或大于最低干膜厚度值的 90%；所有测量点中，低于最低干膜厚度但不低于 90%最低干膜厚度的测量点应不超过总测量点的 10%；最大干膜厚度不应超过最低干膜厚度的 3 倍，针对水性聚氨酯面漆单道涂层干膜厚度不超过 80 μm。

8.2.6 附着力检验:

- a) 拉开法附着力试验应符合 GB/T 5210 中的相关要求, 拉开值应不低于 5 MPa;
- b) 要求制作试块并在试块上检测附着力, 按与产品相同的方法在试块上进行表面处理和涂装。材料为碳钢的试块尺寸要求为 150 mm×70 mm×(5~10) mm, 至少检测 3 个点。

9 石油钻机及其配套设备各部件常用颜色

- 9.1 产品安全标志颜色应符合 GB 2893 的规定。
- 9.2 颜色的规定应符合 GB/T 3181 漆膜颜色标准或 RAL 色卡。
- 9.3 石油钻机各部件常用颜色见附录 C。

附 录 A  
(资料性)  
大气腐蚀分类

大气腐蚀分类见表A.1。

表 A.1 大气腐蚀分类

大气腐蚀类型	单位面积上质量和厚度损失（经第1年暴露后）				典型环境案例（仅供参考）
	低碳钢		锌		
	质量损失 /g·m <sup>-2</sup>	厚度损失 /μm	质量损失 /g·m <sup>-2</sup>	厚度损失 /μm	室外
C1 很低	≤10	≤1.3	≤0.7	≤0.1	——
C2 低	>10~ 200	>1.3~25	>0.7~5	>0.1~ 0.7	干冷地区和温带地区，潮湿时间短（潮湿时间≤2 500 h/a）的低污染（SO <sub>2</sub> ≤5 ug/m <sup>3</sup> ）大气环境。
C3 中	>200~ 400	>25~50	>5~15	>0.7~ 2.1	1、温带地区，湿度（250 h/a<潮湿时间≤2 500 h/a）的中度污染（5 ug/m <sup>3</sup> <SO <sub>2</sub> ≤30 ug/m <sup>3</sup> ）城市地区、工业地区，低氯化物沉积（Cl <sup>-</sup> ≤60 [mg/(m <sup>2</sup> ·d)]）的沿海地区； 2、亚热带和热带地区，高湿度（2 500 h/a<潮湿时间≤5 500 h/a）的低污染（SO <sub>2</sub> ≤5 ug/m <sup>3</sup> ）大气环境。
C4 高	>400~ 650	>50~80	>15~30	>2.1~ 4.2	温带地区，湿度（250 h/a<潮湿时间≤2 500 h/a）的重污染（30 ug/m <sup>3</sup> <SO <sub>2</sub> ≤90 ug/m <sup>3</sup> ）工业地区，氯化物沉积（60 [mg/(m <sup>2</sup> ·d)] <Cl <sup>-</sup> ≤300 [mg/(m <sup>2</sup> ·d)]）的中等含盐度的沿海区域。
C5 很高	>650~ 1500	>80~200	>30~60	>4.2~ 8.4	温带和亚热带地区，高湿度（2 500 h/a<潮湿时间≤5 500 h/a）的超重污染（90 ug/m <sup>3</sup> <SO <sub>2</sub> ≤250 ug/m <sup>3</sup> ）工业地区，氯化物沉积（300 [mg/(m <sup>2</sup> ·d)] <Cl <sup>-</sup> ≤1 500 [mg/(m <sup>2</sup> ·d)]）的高含盐度的沿海区域。
CX 极端	>1500~ 5500	>200~ 700	>60~ 180	>8.4~ 25	亚热带和热带地区，极高湿度（潮湿时间>5 500 h/a）的极重污染（SO <sub>2</sub> >250 ug/m <sup>3</sup> ）工业地区，氯化物沉积（300 [mg/(m <sup>2</sup> ·d)] <Cl <sup>-</sup> ≤1 500 [mg/(m <sup>2</sup> ·d)]）的高含盐度的海上区域。

注1：用温度大于 0 °C 且相对湿度高于 80%的时间来估算有关表面的潮湿时间。

注2：在确定石油钻机作业地区的大气腐蚀类型时，参考典型环境案例进行评估，也可根据作业地区低碳钢或锌单位面积上质量和厚度损失（经第1年暴露后）相关数据进行评估。

## 附录 B

(资料性)

## 石油钻机及其配套设备水性涂料涂层配套体系

石油钻机及其配套设备水性涂料涂层配套体系参照表B.1进行选择。

表 B.1 石油钻机及其配套设备外表面水性涂料涂层配套体系

大气腐蚀类型	耐久性	涂层	涂料品种	最低干膜厚度 $\mu\text{m}$	
C3	低	底涂层	水性环氧树脂底漆	60	
		面涂层	水性聚氨酯面漆	40	
		总干膜厚度		100	
	中	方案一	底涂层	水性环氧富锌底漆 (Zn(R))	40
			中间涂层	水性环氧树脂中间漆	40
			面涂层	水性聚氨酯面漆	40
		总干膜厚度		120	
		方案二	底涂层	水性环氧树脂底漆	80
			面涂层	水性聚氨酯面漆	40
	总干膜厚度		120		
	高	方案一	底涂层	水性环氧富锌底漆 (Zn(R))	40
			中间涂层	水性环氧树脂中间漆	70
			面涂层	水性聚氨酯面漆	50
			总干膜厚度		160
		方案二	底涂层	水性环氧树脂底漆	50
			中间涂层	水性环氧树脂中间漆	80
面涂层			水性聚氨酯面漆	50	
总干膜厚度			180		
C4	低	方案一	底涂层	水性环氧富锌底漆 (Zn(R))	40
			中间涂层	水性环氧树脂中间漆	40
			面涂层	水性聚氨酯面漆	40
		总干膜厚度		120	
		方案二	底涂层	水性环氧树脂底漆	80
			面涂层	水性聚氨酯面漆	40
	总干膜厚度		120		
	中	方案一	底涂层	水性环氧富锌底漆 (Zn(R))	40
			中间涂层	水性环氧树脂中间漆	70
			面涂层	水性聚氨酯面漆	50
总干膜厚度			160		

表 B.1 石油钻机及其配套设备外表面水性涂料涂层配套体系（续）

大气腐蚀类型	耐久性	涂层	涂料品种	最低干膜厚度 μm		
C4	中	方案二	底涂层	水性环氧树脂底漆	50	
			中间涂层	水性环氧树脂中间漆	80	
			面涂层	水性聚氨脂面漆	50	
		总干膜厚度			180	
	高	方案一	底涂层	水性环氧富锌底漆（Zn(R)）	60	
			中间涂层	水性环氧树脂中间漆	80	
			面涂层	水性聚氨脂面漆	30×2 <sup>a</sup>	
			总干膜厚度			200
		方案二	底涂层	水性环氧树脂底漆	60	
			中间涂层	水性环氧树脂中间漆	120	
			面涂层	水性聚氨脂面漆	30×2 <sup>a</sup>	
			总干膜厚度			240
			<sup>a</sup> 30×2，是指分两道喷涂工序。			

附 录 C  
(资料性)  
石油钻机各部件常用颜色

石油钻机各部件常用颜色见表C.1。

表 C.1 石油钻机各部件常用颜色

序号	部件及设备名称		颜色
1	井架	塔式井架/自升式多段井架	红白相间
		自升式两段井架	白色
		井架笼梯及附属操作台	黄色、白色
		二层台	白色
		高低支架	红色
		栏杆	黄色
2	底座	主体	蓝色、灰色、白色
		起升油缸	红色、黄色
		逃生滑道	黄色
		储气罐	白色、黄色
		滑轮	红色、黄色
		栏杆	黄色
		游车铺台、猫道、钻杆架	随底座主体
3	天车	主体	红色
		滑轮	红色、黄色
		栏杆	黄色
4	平移装置		蓝色、灰色、白色、黑色
5	拖挂装置		蓝色、灰色、白色
6	套管扶正台		黄色、白色
7	保温棚		蓝色、灰色、白色
8	雨棚、遮阳棚		蓝色、白色
9	绞车	主体	蓝色
		滚筒	黑色、红色
10	钻井泵	主体	蓝色、中绿色
		底座	蓝色、黑色
		泄压管汇	红色
		空气包	红色
		喷淋泵	蓝色
11	游车		黄色、黑黄相间

表 C.1 石油钻机各部件常用颜色（续）

序号	部件及设备名称		颜色
12	大钩		黄色
13	水龙头		黄色
14	顶驱		黄色
15	吊环		红色
16	转盘传动装置		蓝色
17	转盘	主体	蓝色
		转盘补芯	红色、蓝色
		转盘防滑垫	黄色
18	司钻偏房、营房	主体	白色
		底座	黑色
19	配电房和电控房	主体	白色
		底座	黑色
20	发电机房	主体	白色
		底座	黑色
21	气源房	主体	白色
		底座	黑色
22	司钻控制房	主体	本色
		底座	灰色、黑色
23	井控房、消防工具房		红色
24	管线槽、电缆槽		蓝色、灰色、白色
25	高压管汇		红色
26	倒绳机		蓝色、灰色
28	BOP 起重设备		红色
29	油罐		白色、黄色、灰色
30	水罐		蓝色、灰色、绿色
31	气罐		黄色、白色
32	死绳固定器、万向轴		红色
33	节流、压井管汇		红色
34	井控装置、固井管汇及附属设施		红色
35	防喷器		红色
36	液压猫头		红色
37	液压大钳、大钳、气动绞车		黄色
38	上卸扣钳		红色
39	消防系统		红色
40	管线	一般水管线	绿色
		高压水管线	红色

表 C.1 石油钻机各部件常用颜色（续）

序号	部件及设备名称		颜色
40	管线	空气管路	白色
		油管线	黄色
		煤气、天然气管路	蓝色、黄色
		电线管路	灰色
		蒸汽管路	银灰色
		消防管路	红色
		液压管路	桔红色
41	固控设备	除泥器	豆蔻绿、军绿色
		除砂器	豆蔻绿、军绿色
		旋流器	桔黄色
		液气分离器	红色
		真空除气器	蓝色（护罩白色）
		振动筛	蓝色、绿色、桔黄色
		直喷漏斗	蓝色
		离心机	蓝色、绿色、桔黄色
		搅拌器	蓝色
		固控罐	白色、蓝色、灰色
栏杆	黄色		
42	铁钻工		红色
43	压裂撬		蓝色
44	混砂撬		蓝色
45	混配撬		蓝色
46	供酸供液撬		蓝色
47	输砂系统		蓝色
48	动力猫道		橙色、灰色

## 参 考 文 献

- [1] HG/T 4759—2014 水性环氧树脂防腐涂料
  - [2] HG/T 4761—2014 水性聚氨酯涂料
  - [3] HG/T 5176—2017 钢结构用水性防腐涂料
  - [4] SY/T 6919—2012 石油钻机和修井机涂装规范
  - [5] ISO 9223:2012 Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Classification, determination and estimation
  - [6] ISO 12944-2:2017 Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Part 2: Classification of environments
  - [7] ISO 12944-3:2017 Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Part 3: Design considerations
  - [8] ISO 12944-5:2019 Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Part 5: Protective paint systems
  - [9] NORSOK M-501-2012 Surface preparation and protective coating
-