

ICS 27.100  
标准\_DL/T 654-2006 DLT 654-2006.DOC

F 22

备案号: J633—2007

**DL**

**中华人民共和国电力行业标准**

**P**

**DL/T 5358 — 2006**

# 水电水利工程金属结构设备 防腐蚀技术规程

**Technical code for anticorrosion of metal structures in  
hydroelectric and hydraulic engineering**



**2006-12-17 发布**

**2007-05-01 实施**

**中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布**

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	2
3 术语和定义 .....	3
4 一般规定 .....	7
5 表面预处理 .....	9
5.1 一般要求 .....	9
5.2 表面预处理方法 .....	9
5.3 喷射除锈施工 .....	10
5.4 质量检验 .....	11
6 涂料保护 .....	12
6.1 一般要求 .....	12
6.2 涂层配套及选择 .....	12
6.3 涂装施工和质量控制 .....	13
6.4 质量检验 .....	14
7 热喷涂金属保护 .....	16
7.1 一般要求 .....	16
7.2 热喷涂金属材料的选择与要求 .....	16
7.3 封闭处理及涂装涂料的选择 .....	16
7.4 热喷涂金属涂层最小局部厚度推荐 .....	17
7.5 热喷涂的施工要求 .....	18
7.6 质量控制与检验 .....	18
8 阴极保护 .....	20
8.1 一般要求 .....	20
8.2 阴极保护准则和电位测量 .....	20

8.3 基本设计资料 .....	21
8.4 牺牲阳极阴极保护 .....	21
8.5 强制电流阴极保护 .....	23
附录 A (资料性附录) 露点计算 .....	26
附录 B (规范性附录) 钢材表面清洁度等级 .....	27
附录 C (规范性附录) 比较样块的表面粗糙度值 .....	28
附录 D (资料性附录) 涂层之间的复涂适应性 .....	29
附录 E (资料性附录) 大气区涂层系统 .....	30
附录 F (资料性附录) 水位变动区、水中区涂层系统 .....	36
附录 G (资料性附录) 耐磨涂层系统 .....	40
附录 H (资料性附录) 饮用水输水设备涂层系统 .....	41
附录 I (规范性附录) 涂层附着力试验—划格法 .....	42
附录 J (规范性附录) 涂层附着力试验—拉开法 .....	45
附录 K (规范性附录) 热喷涂涂层厚度检测 .....	46
附录 L (规范性附录) 热喷涂涂层结合强度测试方法 .....	48
附录 M (规范性附录) 常用参比电极的主要参数和适用 环境 .....	50
附录 N (资料性附录) 无涂层钢常用保护电流密度值和 有涂层钢保护电流密度计算 .....	51
附录 O (资料性附录) 阴极保护设计计算公式 .....	52
附录 P (资料性附录) 常用辅助阳极材料性能 .....	56
条文说明 .....	57

## 前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于下达 2003 年行业标准项目补充计划的通知》（发改办工业〔2003〕873 号）要求制定的。

本标准是在广泛调研的基础上充分考虑水电水利工程金属结构设备腐蚀的特点，总结和吸收了近 30 年来国内外水电水利金属结构设备防腐蚀方面的科技成果和先进经验，参考了国内外有关标准制定的。

本标准的附录 A、附录 D、附录 E、附录 F、附录 G、附录 H、附录 N、附录 O、附录 P 为资料性附录。

本标准的附录 B、附录 C、附录 I、附录 J、附录 K、附录 L、附录 M 为规范性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业水电站金属结构及启闭机标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准主要起草单位：南京水利科学研究院。

本标准参加起草单位：水电水利规划设计总院、水利部水工金属结构质量检验检测中心、汉江水利水电有限责任公司。

本标准主要起草人：蔡跃波、朱锡昶、龚建新、葛燕、孙红尧、朱雅仙、张小阳、王占华、周利利、张志修。



## 1 范 围

本标准规定了水电水利工程金属结构设备表面预处理、涂料保护、热喷涂金属保护、阴极保护防腐蚀标准及相关技术要求。

本标准适用于水电水利工程金属结构设备的防腐蚀设计、施工、验收和管理。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 4948 铝—锌—铟系合金牺牲阳极

GB/T 4950 锌—铝—镉合金牺牲阳极

GB/T 7387 船用参比电极技术条件

GB 8923 涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级

GB/T 9286 色漆和清漆 漆膜的划格试验

GB 11375 金属和其他无机覆盖层 热喷涂 操作安全

GB/T 13288 涂装前钢材表面粗糙度等级的评定（比较样块法）

GB/T 17731 镁合金牺牲阳极

GB/T 17848 牺牲阳极电化学性能试验方法

GB/T 17850 涂覆涂料前钢材表面处理喷射清理用非金属磨料的技术要求

GB/T 18838 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

### 3 术语和定义

下列术语适用于本标准。

#### 3.0.1

**表面预处理** **surface preparation**

为提高涂层与基体间结合力及防腐蚀效果，在涂装之前用机械方法或化学方法处理基体表面，以达到符合涂装要求的措施。

#### 3.0.2

**涂料保护** **coating protection**

在物体表面能形成具有保护、装饰或特殊功能（如绝缘、防腐、标志等）的固态涂膜的方法。

#### 3.0.3

**热喷涂金属保护** **thermal spraying metal**

利用热源将金属材料熔化、半熔化或软化，并以一定速度喷射到基体表面形成涂层的方法。

#### 3.0.4

**阴极保护** **cathodic protection**

通过阴极极化控制金属电化学腐蚀的技术。阴极保护有牺牲阳极法和强制电流法。

#### 3.0.5

**磨料** **blast-cleaning abrasive**

用于喷射处理基体表面的固体材料。

#### 3.0.6

**喷射除锈** **compressed air blast cleaning**

在压缩空气的驱动下，利用高速磨料流的冲击作用，净化和粗化基体表面的工艺过程。

3.0.7

**手工工具除锈 handtool cleaning**

利用手工工具除去基体表面锈层的工艺过程。

3.0.8

**动力工具除锈 powertool cleaning**

利用动力（风动或电动）工具除去基体表面锈层的工艺过程。

3.0.9

**附着力 adhesion**

漆膜与被涂面之间（通过物理和化学作用）结合的坚固程度。

3.0.10

**火焰喷涂 flame spraying**

利用可燃气体与助燃气体混合后燃烧的火焰为热源的热喷涂方法。

3.0.11

**电弧喷涂 arc spraying; electric spraying**

利用两根形成涂层材料的消耗性电极丝之间产生的电弧为热源，加入熔化消耗性电极丝，并被压缩气体将其雾化喷射到基体上，形成涂层的热喷涂方法。

3.0.12

**热喷涂涂层封孔剂 coat sealer**

用以渗入和封闭热喷涂金属涂层孔隙的材料。

3.0.13

**最小局部厚度 minimum and partial thickness**

在一个工件主要表面上所测得的各局部厚度中的最小值。

3.0.14

**结合强度 bonding force**

热喷涂金属涂层和基体之间结合的坚固程度。

3.0.15

**强制电流 impressed current**

又称外加电流，通过外部电源施加阴极保护电流。

### 3.0.16

**牺牲阳极 sacrificial anode**

通过自身腐蚀的增加而提供阴极保护电流的金属或合金。

### 3.0.17

**参比电极 reference electrode**

在同样的测量条件下自身电位稳定的，用以测量其他电极电位的电极。

### 3.0.18

**最大保护电位 maximum protection potential**

阴极保护条件下，所允许的绝对值最大的负电位值。

### 3.0.19

**IR 降 IR drop**

电流在流过介质时电阻所造成的压降。

### 3.0.20

**杂散电流 stray current**

规定或设计回路以外的电流。

### 3.0.21

**辅助阳极 impressed current anode**

与强制电流电源正极连接的，仅限于以提供电流为目的的电极。

### 3.0.22

**接水电阻 water connection resistance**

阴极保护系统中阳极在水中的界面电阻。

### 3.0.23

**自然电位 natural potential**

无外部电流影响时金属在介质中的腐蚀电位。

### 3.0.24

**工作电位 working potential**

有保护电流流出时，牺牲阳极的电位。

3.0.25

**驱动电压 driving voltage**

牺牲阳极的工作电位与结构物被极化后的电位之间的差值。

3.0.26

**实际电容量 practical current capability**

实际测得的阳极消耗单位质量所产生的电量。

## 4 一般规定

4.0.1 水电水利工程金属结构设备（包括钢闸门、拦污栅、启闭机、压力钢管和清污机等），应采取防腐蚀措施。

4.0.2 水电水利金属结构设备防腐蚀设计应在工程结构设计时同时提出。防腐蚀措施选择应从整体结构的使用寿命、维修难易程度、所处腐蚀环境、投资金额等因素综合考虑。防腐蚀措施应合理、先进、经济。

4.0.3 水电水利工程金属结构设备大多处于大气区、水位变动区和水下区环境中。大气区和水位变动区宜采用涂料保护或热喷涂金属保护。水下区可采用涂料保护、热喷涂金属保护、阴极保护与涂层（涂料涂层或热喷涂金属层）联合保护。处于海水和污染介质中的金属结构设备宜采用阴极保护与涂层（涂料涂层或热喷涂金属层）联合保护。

4.0.4 金属结构设备的结构形式应尽量简洁，应避免设计产生的腐蚀因素。

4.0.5 防腐蚀施工应由具有相应防腐蚀工程施工资质的承包商完成。操作人员应经过培训并持有上岗证书。

4.0.6 防腐蚀工程所用材料、设备应具有产品质量合格证书或质量检验报告，可进行质量复检。

4.0.7 防腐蚀工程施工应加强过程控制，在交付使用前应进行质量验收，质量合格后方可投入使用。

4.0.8 用于质量检验、检测的设备、器具应按周期进行计量检定，使用时应在规定的检定有效期内。

4.0.9 防腐蚀工程在竣工验收时应提交下列技术资料：设计文件及设计变更文件，材料及设备的出厂证明及有关检验、检测报告，



施工记录、事故记录、检测与检查记录等。

**4.0.10** 防腐蚀设计、施工、验收和维护管理除应符合本标准外，还应符合现行的有关国家标准或行业规范的要求。

## 5 表面预处理

### 5.1 一般要求

5.1.1 金属结构设备在涂料涂装和热喷涂金属前应进行表面预处理。表面预处理的质量要求应在设计文件中明确规定。

5.1.2 表面预处理主要包括脱脂净化和除锈。除锈分为喷射除锈、手工工具除锈和动力工具除锈。

5.1.3 除锈质量检验包括表面清洁度和表面粗糙度两项指标。

### 5.2 表面预处理方法

#### 5.2.1 脱脂净化

金属结构设备在进行除锈之前，应仔细地清除焊渣、飞溅等附着物，并按下列方法之一清洗表面可见的油脂及其他污物。

1 溶剂法。采用汽油等溶剂擦洗表面，溶剂和抹布要经常更换。

2 碱性清洗剂法。用氢氧化钠、磷酸钠、碳酸钠和钠的硅酸盐等溶液擦洗或喷射清洗，清洗后用洁净淡水充分冲洗。

3 乳液清洗法。采用混有强乳化液和湿润剂的有机溶液配制而成的乳化清洗液清洗，清洗后用洁净淡水冲洗。

#### 5.2.2 喷射除锈

喷射除锈适用于金属结构设备的涂料保护、热喷涂金属保护的表面预处理。

##### 1 要求。

1) 喷射除锈后的表面清洁度等级应不低于 GB 8923 中规定的  $Sa2\frac{1}{2}$  级，采用热喷涂铝及铝合金保护时，表面

清洁度等级应达到 Sa3 级。

- 2) 喷射除锈后的表面粗糙度值应根据涂层系统选择，一般不大于涂层总厚度的三分之一，宜在  $40\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$  范围内。不同涂层系统的表面粗糙度值可按表 5.2.2 选择。

表 5.2.2 不同涂层系统的表面粗糙度值要求  $\mu\text{m}$

涂层系统	常规防腐涂料	厚浆型重防腐涂料	热喷涂金属
粗糙度 $R_z$	40~70	60~100	60~100
注： $R_z$ 是指在取样长度内，最大轮廓峰高和最大轮廓谷深之和的高度。			

## 2 磨料的选择。

- 1) 喷射除锈所用的磨料应洁净、干燥。应根据基体表面的原始锈蚀程度、除锈方法和涂装所要求的表面粗糙度选择磨料种类和粒度。
- 2) 金属磨料应符合 GB/T 18838 的规定。
- 3) 非金属磨料应符合 GB/T 17850 的规定。

## 5.2.3 手工和动力工具除锈

手工和动力工具除锈适用于小型或预期使用寿命较短的金属结构设备，以及涂层缺陷的局部修补和无法进行喷射除锈的场合，表面清洁度等级应达到 GB 8923 中规定的 St3 级。

## 5.3 喷射除锈施工

5.3.1 喷射除锈方法包括干式和湿式压缩空气喷射除锈。

5.3.2 喷射除锈所用的压缩空气应经过冷却装置及油水分离器处理。油水分离器应定期清理。

5.3.3 喷射方向与基体金属表面法线夹角以  $15^\circ\sim 30^\circ$  为宜，喷嘴到基体表面的距离宜保持在  $100\text{mm}\sim 300\text{mm}$  范围内。喷嘴孔径因磨损增大 25% 时宜更换。

5.3.4 除锈后,应用吸尘器或干燥、无油的压缩空气清除浮尘和碎屑,清理后的表面应避免再次污染。

5.3.5 涂装前已喷射除锈的表面应保持干燥,若出现返锈应重新处理达到表面清洁度要求。

5.3.6 喷射除锈应在空气相对湿度低于 85%、基体表面温度至少高于露点 3℃的环境条件下作业(涂料制造商另有规定除外),否则应采取有效措施,如室内作业或对表面进行加热等,以满足对工作环境的要求,在不能满足以上条件情况下应停止作业。露点计算方法参见附录 A。

## 5.4 质 量 检 验

5.4.1 表面预处理后应对表面清洁度和表面粗糙度进行检查,检查应作记录。

5.4.2 表面清洁度和表面粗糙度的检验,均应在适度照明条件下进行。

5.4.3 评定表面清洁度等级时,被检表面应与 GB 8923 中相应的标准样板或照片进行目视比较评定。表面清洁度等级要求见附录 B。

5.4.4 评定表面粗糙度时,可按照 GB/T 13288 用标准样块目视比较,以与基体表面外观最接近的样块所示的粗糙度作为评定结果,标准比较样块的粗糙度值见附录 C。或用表面粗糙度仪直接测定粗糙度值,在 40mm 的长度范围内测量 5 点,取其算术平均值为此评定点的表面粗糙度值。

## 6 涂 料 保 护

### 6.1 一 般 要 求

6.1.1 涂料保护涂层系统的设计应根据金属结构设备的用途、使用年限、所处环境条件和经济等因素综合考虑。

6.1.2 涂层系统的设计应包括涂料品种选择、涂层配套、涂层厚度、涂装前表面预处理和涂装工艺等。

6.1.3 涂层系统设计使用寿命应根据保护对象的使用年限、价值和维修难易程度确定。一般分为短期 5 年以下、中期 5 年~10 年和长期 10 年~20 年。

6.1.4 应选用经过工程实践证明性能优良的涂料,也可选用经过试验比对或论证确认性能满足设计要求的新型涂料。

### 6.2 涂 层 配 套 及 选 择

#### 6.2.1 涂层配套

涂层之间(底层、中间层、面层)应具有良好的匹配性和层间附着力。后道涂层对前道涂层应无咬底现象,各道涂层之间应有相同或相近的热膨胀系数。涂层之间的复涂适应性参见附录 D 中的表 D.1。

#### 6.2.2 涂层系统的选择

1 处于大气区的金属结构设备应根据耐久年限要求选择耐光老化、耐盐雾侵蚀、耐酸雨、耐湿热老化性能好的涂层系统。可参照附录 E 中表 E.1~表 E.2 选用。

2 处于水位变动区的金属结构设备应根据耐久年限要求选择耐盐雾侵蚀、耐光老化、耐水冲刷、耐湿热老化和耐干湿交替性能好的涂层系统。可参照附录 F 中的表 F.1 选用。

3 处于水下区的金属结构设备应选用具有耐水性和耐生物侵蚀性好的涂层系统。可参照附录 F 中的表 F.2 选用。

4 有耐磨要求的金属结构设备如压力钢管、泄洪洞钢闸门等应选用耐磨性和耐水性良好的重防腐蚀涂层系统，可参照附录 G 中的表 G1 选用。

5 对饮用水输水设备应选择对水质无害和耐水性好的涂层系统，可参照附录 H 中的表 H.1 选用。

### 6.3 涂装施工和质量控制

6.3.1 金属结构设备宜在表面预处理后及时涂装底涂层。

6.3.2 涂装方法应根据涂料的物理性能、施工条件和被涂结构的形状进行选择，并按涂料说明书的要求进行，在刷涂、滚涂、喷涂都可可行时宜优先采用喷涂。

6.3.3 在工厂涂装和现场涂装都可可行时，宜优先采用工厂涂装。

6.3.4 相对湿度大于 85% 和被涂基体表面温度低于露点 3℃ 时不得进行涂装。如涂料说明书另有规定，则应按规定要求施工。

6.3.5 涂装作业应保证周围环境的清洁，避免未表干的涂层被灰尘等污染。

6.3.6 涂装前应对待涂装的涂料进行外观质量检查，检查涂料表面有无结皮和不可逆的沉淀等。

6.3.7 涂装前应对基体的表面预处理质量进行检查，合格后方可进行涂装。

6.3.8 应对前道涂层进行外观检查，如发现漏涂、流挂、皱纹等涂层缺陷，应在后道涂层涂装前进行处理。

6.3.9 涂装过程中宜用湿膜测厚仪及时测定湿膜厚度，以控制涂层的干膜厚度。

6.3.10 涂装后的涂层应注意维护。在固化前应避免雨淋、曝晒、践踏，受损的涂层应及时采用原涂层涂料修补。

6.3.11 任何涂装部位、涂装方法和涂装要求的变更须报业主和

监理工程师批准并记录备案。

6.3.12 涂装结束后应进行涂层的外观检查。涂层表面应均匀一致，无流挂、皱纹、鼓泡、针孔、裂纹等缺陷。

## 6.4 质量检验

6.4.1 涂装前应进行以下检查：

1 产品说明书、产品批号、合格证和检验资料，涂料的物理性能指标，以及工艺参数，涂料的生产日期和储存期。

2 涂料对基体表面预处理等级、涂装施工环境和涂装方法的要求等。

3 多组分涂料的混合配比及混合后涂料的适用时间的指导性说明，特种功能涂料的附加说明等。

6.4.2 涂层固化干燥后用无损涂层测厚仪进行干膜厚度的测定。85%以上测点的厚度应达到设计要求，其最小厚度应不低于设计厚度的85%。对有最大干膜厚度要求的涂层，应满足相关要求。

6.4.3 附着力的检查

对现场涂装的涂层附着力检查，应在涂层完全固化后进行。划格法和拉开法附着力检查为破坏性检验，如在工件上进行，应选择非重要部位，检测后尽快修补。

1 划格法。

1) 划格法不适用于涂层厚度250 $\mu$ m以上的涂层，也不适用于有纹理的涂层。具体检测步骤见附录I。

2) 采用宽25mm、黏着力(10 $\pm$ 1)N/25mm(或商定)的透明压敏胶粘带进行附着力检查。采样、刀具和试板等的要求参见GB/T 9286。

3) 结果检查应在照明良好的环境中进行，用正常的或校正过的视力，或经有关双方商定，用放大倍数为2倍或3倍的目视放大镜仔细检查试验涂层的切割区。在观察过程中，转动样板或改变观察方向，以使试验面



的观察和照明不局限在一个方向。以类似方式检查胶粘带也是有效的。

- 4) 与附录 I 中的表 I.1 图示比较, 将试验面进行分级。对于一般性的用途前三级是有效的, 评定通过/不通过时也可采用前三级。
- 5) 如果试验结果不同, 应报告每个试验结果。在多道涂层的情况下, 应报告脱落的部位(涂层之间或涂层与基体表面之间)。

## 2 拉开法。

- 1) 拉开法是附着力的定量测试方法, 适用于不同厚度的涂层, 具体操作步骤见附录 J。
- 2) 涂层与基体表面的附着力按双方约定执行。

6.4.4 厚浆型涂料涂层应采用针孔检查仪进行针孔检查, 如有针孔应打磨后修补。

## 7 热喷涂金属保护

### 7.1 一般要求

7.1.1 热喷涂金属涂层使用寿命设计应考虑金属结构设备的使用年限和维修难易程度,分为长期 10 年~20 年和超长期 20 年以上。

7.1.2 热喷涂金属涂层表面应采用封孔剂进行封闭处理,封闭处理后宜采用涂料涂装。

7.1.3 热喷涂的操作安全应满足 GB 11375 的要求。

### 7.2 热喷涂金属材料的选择与要求

7.2.1 热喷涂金属材料可选用: 锌、铝、锌合金、铝合金等。

7.2.2 乡村大气和淡水中的金属结构设备宜选用热喷涂锌、铝、锌合金、铝合金,海洋大气、工业大气和海水,以及污染的淡水中宜选用热喷涂铝、锌合金(锌铝合金)和铝合金。

7.2.3 热喷涂金属材料应满足以下要求:

锌线材中锌的含量应大于或等于 99.99%;

铝线材中铝的含量应大于或等于 99.50%;

锌铝合金线材中锌的含量一般在 84%~86%之间,铝为 14%~16%;

除另有规定外合金中的金属含量允许偏差为规定值的 $\pm 1\%$ 。

热喷涂线材表面应光滑,无腐蚀产物、毛刺、开裂、缩孔、搭接、鳞片、颈缩等缺陷,不应有影响热喷涂材料性能或热喷涂涂层性能的异物。

### 7.3 封闭处理及涂装涂料的选择

7.3.1 选择封闭处理的封孔剂和涂装涂料时应注意与金属涂层

之间的相容性。

7.3.2 热喷涂金属涂层表面采用环氧类涂料涂装时可选用环氧锌铬黄或环氧磷酸锌作为封孔剂，采用聚氨酯类涂料涂装时可选用聚氨酯锌铬黄或聚氨酯磷酸锌作为封孔剂。也可选用经稀释的环氧类、聚氨酯类清漆或涂料作为封孔剂。封孔剂宜黏度小、易于渗透，干膜厚度不宜大于 30 $\mu\text{m}$ 。

7.3.3 热喷涂金属涂层表面的涂装涂料应根据金属结构设备所处的环境，参照本标准 6.2 选择中间层和面层涂料。涂料涂层的厚度宜为 60 $\mu\text{m}$ ~180 $\mu\text{m}$ ，有耐磨要求时应根据冲磨环境确定涂料涂层厚度。

7.4 热喷涂金属涂层最小局部厚度推荐

在乡村大气、海洋大气（工业大气）、淡水、海水环境中热喷涂锌、铝涂层的最小局部厚度推荐值见表 7.4，热喷涂锌合金、铝合金涂层的最小局部厚度可参照表 7.4 选择。

表 7.4 热喷涂金属涂层最小局部厚度推荐值

所处环境	首次维修寿命	涂层类型	最小局部厚度 $\mu\text{m}$
乡村大气	超长期（20 年以上）	热喷涂锌	160
		热喷涂铝	160
	长期（10 年~20 年）	热喷涂锌	120
		热喷涂铝	120
海洋大气 （工业大气）	超长期（20 年以上）	热喷涂锌	200
		热喷涂铝	160
	长期（10 年~20 年）	热喷涂锌	160
		热喷涂铝	120
淡水	超长期（20 年以上）	热喷涂锌	200
		热喷涂铝	160

表 7.4 (续)

所处环境	首次维修寿命	涂层类型	最小局部厚度 μm
淡水	长期 (10 年~20 年)	热喷涂锌	160
		热喷涂铝	120
海水	超长期 (20 年以上)	热喷涂锌	300
		热喷涂铝	200
	长期 (10 年~20 年)	热喷涂锌	200
		热喷涂铝	160

7.5 热喷涂的施工要求

7.5.1 热喷涂工作环境温度应高于 5℃或基体表面温度至少高于露点 3℃。

7.5.2 基体表面预处理后应尽快进行热喷涂作业，一般环境下最长不应超过 8h，潮湿和盐雾环境下最长不应超过 2h。

7.5.3 热喷涂涂层厚度应均匀，两层或两层以上涂层应采用相互垂直、交叉的方法施工覆盖，单层厚度不宜超过 100μm。

7.5.4 热喷涂锌及锌合金可采用火焰喷涂或电弧喷涂，热喷涂铝及铝合金宜采用电弧喷涂。

7.5.5 热喷涂金属后应及时用封孔剂进行封闭处理。

7.5.6 涂料涂装的施工要求按本标准 6.3 执行。

7.6 质量控制与检验

7.6.1 热喷涂前应对表面预处理的质量进行检查，合格后方可进行热喷涂。

7.6.2 热喷涂前应检查设备、环境条件和材料是否满足相关技术要求。

7.6.3 热喷涂结束后封闭处理前应进行热喷涂涂层质量检查，内容和要求包括：

1 涂层外观检查。热喷涂涂层表面应均匀一致，无气孔或基体裸露的斑点，没有附着不牢的金属熔融颗粒和影响涂层使用寿命及应用的缺陷。

2 涂层厚度检测。遵照附录 K 进行测量，涂层厚度应满足设计文件提出的最小局部厚度要求。

3 涂层结合强度检测。遵照附录 L 或附录 J 进行检测。

7.6.4 涂层破损处应按原工艺修补。条件不具备时，热喷涂锌和锌合金涂层可用富锌底漆修补，热喷涂铝和铝合金涂层可用铝粉底漆修补。涂料涂层采用原涂料修补。

7.6.5 完成涂料涂装后应进行涂层（热喷涂金属涂层+涂料涂层）总厚度检测，应满足设计文件提出的涂层总厚度要求。

7.6.6 涂料涂层的质量检验按本标准 6.4 执行。

## 8 阴 极 保 护

### 8.1 一 般 要 求

8.1.1 阴极保护分为强制电流法和牺牲阳极法，可单独使用也可联合使用。

8.1.2 阴极保护系统的设计使用年限可根据金属结构设备的使用年限或维修周期确定，可设计为短期 10 年以下、长期 10 年～20 年和超长期 20 年以上。

8.1.3 采用阴极保护的金属结构设备必须是电连续的。电连接应采用直接焊接或通过焊接钢筋和电缆的方式进行，焊接面积应大于电连接用钢筋或电缆芯的横截面面积，连接电阻不应大于 $0.01\Omega$ 。

8.1.4 采用阴极保护的金属结构设备应与水中其他金属结构设备电绝缘，无法电绝缘时应考虑其他金属结构设备对阴极保护系统的影响。应尽量避免阴极保护系统对邻近结构物的干扰。

### 8.2 阴极保护准则和电位测量

#### 8.2.1 阴极保护准则

1 金属结构设备的材质为碳素钢或低合金钢时，在含氧环境中保护电位应达到 $-0.85\text{V}$  或更负（相对于铜/饱和硫酸铜参比电极，下同）；在缺氧环境中保护电位应达到 $-0.95\text{V}$  或更负。

2 金属结构设备包含不同材质的金属材料时，保护电位应根据最阳极性金属材料的保护电位确定，但不应超过金属结构设备中任何一种金属材料的最大保护电位。

3 最大保护电位应以不损坏金属结构设备表面的涂层为前提。

#### 8.2.2 电位测量方法

1 应在金属结构设备表面具有代表性的位置测量自然电位

和保护电位。测量保护电位时应测量距阳极最远点和最近点的电位值，并应考虑电解质中 IR 降的影响。

2 应根据金属结构设备所处的环境选用参比电极，参比电极的技术条件应符合 GB/T 7387 的规定。

3 常用参比电极的主要参数和适用环境见附录 M。

### 8.3 基本设计资料

8.3.1 阴极保护设计前应掌握以下资料，必要时进行现场勘测。

1 金属结构设备的设计和施工资料。

2 金属结构设备表面涂层的种类、状况和使用寿命。

3 金属结构设备的电连续性以及与水中其他金属结构设备的电绝缘。

4 介质的化学成分、pH 值、电阻率、污染状况，以及温度、流速和潮位的变化。

5 金属结构设备是否受杂散电流干扰。

8.3.2 阴极保护设计时应确定金属结构设备初期极化需要的保护电流密度、维持极化需要的平均保护电流密度和末期极化需要的保护电流密度。

8.3.3 保护电流密度可通过有关经验数据或试验确定。无涂层钢常用的初始保护电流密度值和有涂层钢保护电流密度计算方法参见附录 N。

8.3.4 保护面积应包括金属结构设备水中（包括水位变动区）和泥中的面积，并应考虑影响金属结构设备阴极保护效果的其他金属结构设备的面积。计算保护电流时，应考虑 1.1~1.2 的系数。

### 8.4 牺牲阳极阴极保护

8.4.1 保护系统设计

1 牺牲阳极材料和规格。

1) 锌基、铝基和镁基合金是常用的牺牲阳极材料。锌合



金适用于海水、淡海水和海泥环境，铝合金适用于海水和淡海水环境，镁合金适用于电阻率较高的淡水和淡海水环境。

- 2) 牺牲阳极的性能应符合 GB/T 4948、GB/T 4950、GB/T 17731 的要求。
- 3) 牺牲阳极的电化学性能应按 GB/T 17731 和 GB/T 17848 测试。
- 4) 牺牲阳极的规格、重量应根据金属结构设备的结构形式、保护电流和使用年限选用或自行设计计算。

## 2 牺牲阳极计算。

牺牲阳极设计计算方法参见附录 O.1。

## 3 牺牲阳极的布置和安装。

- 1) 牺牲阳极不应安装在金属结构设备的高应力和高疲劳区域。
- 2) 牺牲阳极应通过铁芯与金属结构设备短路连接。连接方式宜采用焊接，也可采用电缆连接和机械连接。

### 8.4.2 保护系统施工及质量控制与验收

1 保护系统施工前应测量金属结构设备的自然电位，确认现场环境条件以及使用的材料与设计文件一致。

#### 2 保护系统施工应依据设计文件和下列要求进行：

- 1) 牺牲阳极的工作表面不得沾有油漆和油污。
- 2) 采用焊接法安装牺牲阳极时，焊接应牢固，焊缝饱满、无虚焊。

3 保护系统施工结束后应对施工质量进行全面检查，并做好记录。采用水下焊接法安装牺牲阳极时，可通过水下摄像或水下照相的方法对焊接质量进行抽样检查，检查的牺牲阳极数量应不少于牺牲阳极总数的 5%。

4 保护系统安装完成交付使用前应测量金属结构设备的保护电位，确认金属结构设备各处的保护电位均符合本标准 8.2 的

要求。若不满足要求时应调整牺牲阳极的数量和布置方式进行调整。

#### 8.4.3 保护系统运行和维护

1 应定期对保护系统的设备和部件进行检查和维护,确保其设计使用年限内有效运行。

2 应定期测量并记录金属结构设备的保护电位,若测量结果不满足本标准 8.2 的要求时应及时查明原因,采取措施。

### 8.5 强制电流阴极保护

#### 8.5.1 保护系统设计

##### 1 供电电源和电源设备。

1) 供电电源应能满足长期不间断供电要求,供电不可靠时应配备备用电源或不间断供电设备。

2) 电源设备应具有可靠性高、维护简便,输出电流和电压可调,并具有抗过载、防雷、抗干扰和故障保护功能。电源设备可集中布置,也可分散布置。

3) 电源设备可选用整流器或恒电位仪。当输出电流变化较大时应选用恒电位仪。

4) 电源设备功率计算方法参见附录 O.2。

##### 2 辅助阳极。

1) 辅助阳极材料的选用参见附录 P,也可选用通过技术鉴定的新型辅助阳极。

2) 辅助阳极的规格应根据金属结构设备的结构形式,以及辅助阳极允许的工作电流密度、输出电流和使用年限等设计。

3) 辅助阳极用量计算方法参见附录 O.2。

4) 为改善金属结构设备的电位分布可设置阳极屏蔽层,计算方法参见附录 O.4。

##### 3 参比电极。

- 1) 采用恒电位控制时每台电源设备应至少安装一个控制用参比电极；采用恒电流控制时每台电源设备应至少安装一个测量用参比电极。
- 2) 参比电极应安装在金属结构设备表面距辅助阳极较近或较远的位置。

#### 4 电缆。

- 1) 所有电缆应适合使用环境，并应采取相应的保护措施以满足长期使用的要求。
- 2) 辅助阳极电缆和阴极电缆宜采用铜芯电缆，控制用参比电极的电缆应采用屏蔽电缆。电缆截面积应根据电缆的允许压降和机械强度等因素确定。

### 8.5.2 保护系统施工与质量控制

1 保护系统施工前应测量金属结构设备的自然电位，并确认现场环境条件及使用的仪器设备和材料与设计文件一致。

2 保护系统施工应依据设计文件和下列要求进行：

- 1) 电源设备集中布置时应置于通风良好、清洁的环境中；电源设备分散安装在室外时，应设置防尘、防水的保护罩。
- 2) 辅助阳极应安装牢固，不得与被保护金属结构设备之间产生金属短路。
- 3) 辅助阳极、参比电极和电缆的接头，以及金属结构设备和电缆的接头应进行密封防水处理。电缆间的接头应进行密封防水处理并不宜处于水中。
- 4) 阴极电缆和测量电缆不得共用。

### 8.5.3 保护系统调试

1 保护系统启动前应检查所有的安装是否与设计文件一致，确认所有电缆与设备连接正确。

2 应采用逐步极化的方式施加阴极保护电流，直至金属结构设备的保护电位达到本标准 8.2 的要求。调试过程中应记录电源

设备的输出电压和输出电流，确认其不超过电源设备的容量。

3 通电一定时间后测量金属结构设备的保护电位。保护电位不满足本标准 8.2 的要求时应对保护系统进行调整。

#### 8.5.4 保护系统验收

保护系统调试结束后金属结构设备的保护电位应满足本标准 8.2 的要求。

#### 8.5.5 保护系统运行和维护

1 应定期对保护系统的设备和部件进行检查和维护，确保其在设计使用年限内有效运行。参比电极应定期率定和更换。

2 应定期测量和记录电源设备的输出电压、输出电流和金属结构设备的保护电位，测量结果不满足要求时应及时查明原因，采取措施。

3 电源设备的输出电压超过 36V 时，严禁人员在水下作业。确需进行水下作业时，必须切断电源设备的电源。

# 附录 A

## (资料性附录)

### 露点计算

A.1 在不同空气温度  $t$  和相对湿度  $\phi$  下的露点值  $t_d$  按式 A.1 计算 (当  $t \geq 0^\circ\text{C}$  时有效)。

$$t_d = 234.175 \times \frac{(234.175 + t)(\ln 0.01 + \ln \phi) + 17.08085t}{234.175 \times 17.08085 - (234.175 + t)(\ln 0.01 + \ln \phi)} \quad (\text{A.1})$$

A.2 表 A.1 给出了部分空气温度  $t$  和相对湿度  $\phi$  下的露点计算值。

表 A.1 露点计算表

空气温度 相对湿度 ℃ %	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
95	-0.7	4.3	9.2	14.2	19.2	24.1	29.1	34.1	39.0	44.0
90	-1.4	3.5	8.4	13.4	18.3	23.2	28.2	33.1	38.0	43.0
85	-2.2	2.7	7.6	12.5	17.4	22.3	27.2	32.1	37.0	41.9
80	-3.0	1.9	6.7	11.6	16.4	21.3	26.2	31.0	35.9	40.7
75	-3.9	1.0	5.8	10.6	15.4	20.3	25.1	29.9	34.7	39.5
70	-4.8	0.0	4.8	9.6	14.4	19.1	23.9	28.7	33.5	38.2
65	-5.8	-1.0	3.7	8.5	13.2	18.0	22.7	27.4	32.1	36.9
60	-6.8	-2.1	2.6	7.3	12.0	16.7	21.4	26.1	30.7	35.4
55	-7.9	-3.3	1.4	6.1	10.7	15.3	20.0	24.6	29.2	33.8
50	-9.1	-4.5	0.1	4.7	9.3	13.9	18.4	23.0	27.6	32.1
45	-10.5	-5.9	-1.3	3.2	7.7	12.3	16.8	21.3	25.8	30.3
40	-11.9	-7.4	-2.9	1.5	6.0	10.5	14.9	19.4	23.8	28.2
35	-13.6	-9.1	-4.7	-0.3	4.1	8.5	12.9	17.2	21.6	25.9
30	-15.4	-11.1	-6.7	-2.4	1.9	6.2	10.5	14.8	19.1	23.4

**附录 B**  
**(规范性附录)**  
**钢材表面清洁度等级**

**B.1** 各种除锈方法钢材表面清洁度等级划分见表 B.1。

**表 B.1 钢材表面清洁度等级划分表**

除锈方法	等级	表面清洁度等级要求内容
手工 和动力 工具 除锈	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，参见 GB 8923 中照片 BSt2、CSt2、DSt2
	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，底材显露部分的表面应具有金属光泽。参见 GB 8923 中照片 BSt3、CSt3、DSt3
喷射 除锈	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，参见 GB 8923 中照片 BSa1、CSa1、DSa1
	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。参见 GB 8923 中照片 BSa2、CSa2、DSa2
	$Sa2\frac{1}{2}$	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，任何残留的痕迹应仅是点状或条纹状的轻微色斑。参见 GB 8923 中照片 ASa2 $\frac{1}{2}$ 、BSa2 $\frac{1}{2}$ 、CSa2 $\frac{1}{2}$ 、DSa2 $\frac{1}{2}$
	Sa3	使钢材表面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色泽。参见 GB 8923 中照片 ASa3、BSa3、CSa3、DSa3

附录 C  
(规范性附录)  
比较样块的表面粗糙度值

C.1 比较样块的表面粗糙度值见表 C.1。

表 C.1 标准比较样块的表面粗糙度值 μm

各小样块编号	“S” 样板表面粗糙度参数 $R_z$		“G” 样板表面粗糙度参数 $R_z$	
	公称值	允许公差	公称值	允许公差
1	25	3	25	3
2	40	5	60	10
3	70	10	100	15
4	100	15	150	20
注 1: “S” 样块用于评定采用丸状磨料或混和磨料喷射处理后获得的表面粗糙度;				
注 2: “G” 样块用于评定采用棱角状磨料或混和磨料喷射处理后获得的表面粗糙度。				

**附录 D**  
(资料性附录)  
**涂层之间的复涂适应性**

**D.1** 涂层之间的复涂适应性见表 D.1。

**表 D.1 涂层之间的复涂适应性**

涂于下层的 涂料	涂于上层的涂料											
	长效 磷化 底漆	无机 富锌 底漆	有机 富锌 底漆	环氧 云铁 涂料	油性 防锈 涂料	醇酸 树脂 涂料	酚醛 树脂 涂料	氯化 橡胶 涂料	乙烯 树脂 类涂 料	环氧 树脂 涂料	焦油 环氧 涂料	聚氨 酯类 涂料
长效磷化底漆	○	X	X	△	○	○	○	○	○	△	△	△
无机富锌底漆	○	○	○	○	X	△	△	○	○	○	○	○
有机富锌底漆	○	X	○	○	X	△	△	○	○	○	○	○
环氧云铁涂料	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○
油性防锈涂料	X	X	X	X	○	○	○	X	X	X	X	X
醇酸树脂涂料	X	X	X	X	○	○	○	○	△	X	X	X
酚醛树脂涂料	X	X	X	X	○	○	○	○	△	△	△	△
氯化橡胶涂料	X	X	X	X	X	○	○	○	△	X	X	X
乙烯树脂类涂料	X	X	X	X	X	X	X	X	○	X	X	X
环氧树脂涂料	X	X	X	△	X	△	△	△	○	○	△	○
焦油环氧涂料	X	X	X	X	X	△	△	△	△	○	○	△
聚氨酯类涂料	X	X	X	X	X	△	△	△	○	○	△	○
注：○—可以；X—不可以；△——定条件下可以。												



附 录 E  
(资料性附录)  
大 气 区 涂 层 系 统

E.1 乡村大气中涂层系统的选择见表 E.1。

表 E.1 乡村大气中的涂层系统

设计使用 年限 a	配 套 涂 层 名 称			涂层 道数	平均涂层 厚 度 $\mu\text{m}$
10~20	1	底层	环氧防锈涂料	1~2	80
		中间层	环氧树脂涂料	1~2	80
		面层	聚氨酯涂料	1~2	80
	2	底层	厚浆型环氧树脂防锈涂料	1	160
		面层	丙烯酸树脂涂料	1	40
	3	底层	厚浆型环氧树脂防锈涂料	1	160
		面层	聚氨酯涂料	1	40
	4	底层	有机富锌涂料	1	40
		中间层	环氧树脂涂料	1~2	80
		面层	聚氨酯涂料	1~2	80
	5	底层	无机富锌涂料	1	80
		中间层	环氧树脂涂料	1	40
		面层	聚氨酯涂料	1~2	80
	6	底层	有机富锌涂料	1	40
		中间层	环氧树脂涂料	1~2	80
		面层	丙烯酸树脂涂料、氯化橡胶涂料、 高氯化聚乙烯树脂涂料	1~2	80
	7	底层	无机富锌涂料	1	80
		中间层	环氧树脂涂料	1	40
		面层	丙烯酸树脂涂料、氯化橡胶涂料、 高氯化聚乙烯树脂涂料	1~2	80

表 E.1 (续)

设计使用 年限 a	配套涂层名称			涂层 道数	平均涂层 厚度 $\mu\text{m}$
5~10	1	底层	环氧防锈涂料	1~2	80
		面层	环氧树脂涂料	1~2	80
	2	底层	环氧防锈涂料	1~2	80
		面层	聚氨酯涂料	1~2	80
	3	底层	有机富锌涂料	1	40
		中间层	环氧树脂涂料	1	40
		面层	丙烯酸树脂涂料	1~2	80
	4	底层	有机富锌涂料	1	40
		中间层	环氧树脂涂料	1	40
		面层	氯化橡胶涂料	1~2	80
	5	底层	有机富锌涂料	1	40
		中间层	环氧树脂涂料	1	40
		面层	高氯化聚乙烯树脂涂料	1~2	80
	6	底层	无机富锌涂料	1~2	80
		中间层	环氧树脂涂料	1	40
		面层	丙烯酸树脂涂料	1~2	40
	7	底层	无机富锌涂料	1~2	80
		中间层	环氧树脂涂料	1	40
		面层	氯化橡胶涂料	1~2	40
	8	底层	无机富锌涂料	1~2	80
		中间层	环氧树脂涂料	1	40
		面层	高氯化聚乙烯树脂涂料	1~2	40
<5	1	底层	醇酸树脂防锈涂料	2	80
		面层	醇酸树脂涂料	1	40
	2	底层	丙烯酸树脂防锈涂料	2	80
		面层	丙烯酸树脂涂料	2	80
		底层	氯化橡胶防锈涂料	2	80
		面层	氯化橡胶涂料	2	80

表 E.1 (续)

设计使用 年限 a	配 套 涂 层 名 称			涂层 道数	平均涂层 厚 度 μm
<5	3	底层	氯磺化聚乙烯树脂防锈涂料	2	80
		面层	氯磺化聚乙烯树脂涂料	2	80
	4	底层	高氯化聚乙烯防锈涂料	2	80
		面层	高氯化聚乙烯涂料	2	80
	5	底层	环氧树脂防锈涂料	1~2	80
		面层	醇酸树脂涂料、丙烯酸树脂涂料、 氯化橡胶涂料、氯磺化聚乙烯树脂涂 料、高氯化聚乙烯涂料、环氧树脂涂 料	1	40

注 1: 设计使用年限 5 年~10 年、10 年~20 年表面清洁度等级为  $Sa2\frac{1}{2}$ , 设计使用  
年限小于 5 年表面清洁度等级为  $Sa2$  或  $St3$ ;

注 2: 表中聚氨酯涂料, 在对颜色和光泽度保持有要求时应考虑使用脂肪族聚氨酯涂  
料。

E.2 工业大气、城市大气和海洋大气中涂层系统的选择见表 E.2。

表 E.2 工业大气、城市大气和海洋大气中的涂层系统

设计使用 年限 a	配 套 涂 层 名 称			工业大气 城市大气		海洋大气	
				涂层 道数	平均 涂层 厚度 μm	涂层 道数	平均 涂层 厚度 μm
10~20	1	底层	有机富锌涂料或无机富锌 涂料	1~2	80	1~2	80
		中间层	环氧树脂涂料	1~2	120	1~2	120
		面层	聚氨酯涂料	1~2	80	2~3	120
	2	底层	有机富锌涂料或无机富锌 涂料	1~2	80	1~2	80
		中间层	环氧树脂涂料	1~2	120	1~2	120
		面层	氟树脂涂料	1~2	80	2~3	120

表 E.2 (续)

设计使用 年限 a	配套涂层名称			工业大气 城市大气		海洋大气	
				涂层 道数	平均 涂层 厚度 $\mu\text{m}$	涂层 道数	平均 涂层 厚度 $\mu\text{m}$
10~20	3	底层	有机富锌涂料或无机富锌涂料	1~2	80	1~2	80
		中间层	环氧树脂涂料	1~2	120	1~2	120
		面层	丙烯酸改性有机硅涂料	1~2	80	2~3	120
	4	底层	环氧树脂防锈涂料	2~3	120	2~3	120
		中间层	环氧树脂涂料	1~2	100	2~3	120
		面层	丙烯酸改性有机硅涂料、 氟树脂涂料或聚氨酯涂料	1~2	80	2~3	120
5~10	1	底层	有机富锌涂料	1	40	1~2	80
		中间层	环氧树脂涂料	1~2	80	1~2	80
		面层	聚氨酯涂料	1~2	80	1~2	80
	2	底层	无机富锌涂料	1	80	1	80
		中间层	环氧树脂涂料	1	40	1~2	80
		面层	聚氨酯涂料	1~2	80	1~2	80
	3	底层	有机富锌涂料	1	40	1~2	80
		中间层	环氧树脂涂料	1~2	80	1~2	80
		面层	丙烯酸树脂涂料、氯化橡胶涂料、高氯化聚乙烯树脂涂料	1~2	80	1~2	80
	4	底层	无机富锌涂料	1~2	80	1~2	80
		中间层	环氧树脂涂料	1	40	1~2	80
		面层	丙烯酸树脂涂料、氯化橡胶涂料、高氯化聚乙烯树脂涂料	1~2	80	1~2	80
	5	底层	环氧树脂防锈涂料	1~2	80	2~3	120
		中间层	环氧树脂涂料	1~2	80	1~2	80
		面层	聚氨酯涂料	1~2	80	1~2	80

表 E.2 (续)

设计使用 年限 a	配套涂层名称			工业大气 城市大气		海洋大气	
				涂层 道数	平均 涂层 厚度 μm	涂层 道数	平均 涂层 厚度 μm
<5	1	底层	有机富锌涂料	1	40	1~2	80
		中间层	环氧树脂涂料	1	40	1	40
		面层	聚氨酯涂料	1~2	80	1~2	80
	2	底层	无机富锌涂料	1	80	1	80
		中间层	环氧树脂涂料	1	40	1~2	80
		面层	聚氨酯涂料	1	40	1	40
	3	底层	有机富锌涂料	1	40	1~2	80
		中间层	环氧树脂涂料	1	40	1	40
		面层	丙烯酸树脂涂料、氯化橡胶涂料、高氯化聚乙烯树脂涂料	1~2	80	1~2	80
	4	底层	无机富锌涂料	1	80	1	80
		中间层	环氧树脂涂料	1	40	1~2	80
		面层	丙烯酸树脂涂料、氯化橡胶涂料、高氯化聚乙烯树脂涂料	1	40	1	40
	5	底层	环氧树脂防锈涂料	1~2	80	1~2	80
		中间层	环氧树脂涂料	1	40	1~2	80
		面层	聚氨酯涂料	1~2	80	1~2	80
	6	底层	厚浆型环氧树脂防锈涂料	1	160	1	160
		面层	丙烯酸树脂涂料、氯化橡胶涂料、高氯化聚乙烯树脂涂料	1	40	1~2	80
	7	底层	醇酸树脂防锈涂料	1~2	80	1~2	80
		中间层	醇酸树脂涂料	1	40	1~2	80
		面层	醇酸树脂涂料	1~2	80	1~2	80
	8	底层	丙烯酸树脂防锈涂料、氯化橡胶防锈涂料、高氯化聚乙烯树脂防锈涂料	1~2	80	1~2	80

表 E.2 (续)

设计使用 年限 a	配 套 涂 层 名 称			工业大气 城市大气		海洋大气	
				涂层 道数	平均 涂层 厚度 μm	涂层 道数	平均 涂层 厚度 μm
<5	8	中间层	丙烯酸树脂涂料、氯化橡胶涂料、高氯化聚乙烯树脂涂料	1	40	1~2	80
		面层	丙烯酸树脂涂料、氯化橡胶涂料、高氯化聚乙烯树脂涂料	1~2	80	1~2	80
<p>注 1：表面清洁度等级均为 Sa2<math>\frac{1}{2}</math>；</p> <p>注 2：表中聚氨酯和氟树脂涂料，在对颜色和光泽度保持有要求时应考虑使用脂肪族类涂料。</p>							

附 录 F  
(资料性附录)  
水位变动区、水中区涂层系统

F.1 水位变动区涂层系统的选择见表 F.1。

表 F.1 水位变动区的涂层系统

设计使用 年限 a	配 套 涂 层 名 称			涂层 道数	平均 涂层 厚度 μm
10~20	1	底层	有机或无机富锌涂料	2~3	120
		中间层	环氧树脂类涂料	2~3	120
		面层	环氧树脂类涂料	3~4	160
	2	底层	有机或无机富锌涂料	2~3	120
		中间层	环氧树脂类涂料	3~4	160
		面层	聚氨酯类涂料	2~3	120
	3	底层	厚浆型环氧树脂防锈涂料	1~2	360
		面层	氯化橡胶类涂料、环氧树脂类涂料、聚氨酯类涂料、有机硅丙烯酸树脂涂料	1~2	80
	4	底层	厚浆型环氧煤焦油沥青涂料	1	200
		面层	厚浆型环氧煤焦油沥青涂料或厚浆型聚氨酯煤焦油沥青涂料	1~2	240
5~10	1	底层	有机或无机富锌涂料	1~2	80
		中间层	环氧树脂类涂料	2~3	120
		面层	氯化橡胶类涂料、聚氨酯类涂料、丙烯酸树脂涂料	1~2	80
	2	底层	有机或无机富锌涂料	1~2	80
		中间层	聚氨酯类涂料	2~3	120
		面层	氯化橡胶类涂料、聚氨酯类涂料、丙烯酸树脂涂料	1~2	80

表 F.1 (续)

设计使用 年限 a	配 套 涂 层 名 称			涂层 道数	平均 涂层 厚度 μm
5~10	3	底层	有机或无机富锌涂料	1~2	80
		中间层	氯化橡胶类涂料或高氯化聚乙烯涂料	2~3	120
		面层	氯化橡胶类涂料或高氯化聚乙烯涂料	1~2	80
	4	底层	厚浆型环氧树脂防锈涂料	1~2	240
		面层	氯化橡胶涂料、环氧树脂类涂料、聚氨酯类涂料、有机硅丙烯酸树脂涂料、丙烯酸树脂涂料	2~3	120
	5	底层	厚浆型氯化橡胶防锈涂料	1~2	240
		面层	氯化橡胶类涂料、高氯化聚乙烯涂料	2~3	120
	6	底层	厚浆型环氧煤焦油沥青涂料	1	200
		面层	厚浆型环氧煤焦油沥青涂料	1	200
	7	底层	厚浆型聚氨酯煤焦油沥青涂料	1	200
		面层	厚浆型聚氨酯煤焦油沥青涂料	1	200
<5	1	底层	环氧树脂防锈涂料	1~2	80
		中间层	环氧树脂类涂料	1~2	80
		面层	环氧树脂类涂料、氯化橡胶类涂料, 高氯化聚乙烯树脂涂料, 聚氨酯树脂类涂料, 丙烯酸树脂涂料	1~2	80
	2	底层	环氧树脂煤焦油沥青涂料	1~2	120
		面层	环氧树脂煤焦油沥青涂料	1~2	120
	3	底层	聚氨酯煤焦油沥青涂料	1~2	120
		面层	聚氨酯煤焦油沥青涂料	1~2	120
	4	底层	有机富锌涂料或无机富锌涂料	1	40
		中间层	环氧树脂类涂料	1	80
		面层	环氧树脂类涂料、氯化橡胶类涂料, 高氯化聚乙烯树脂涂料, 聚氨酯树脂类涂料, 丙烯酸树脂涂料	1~2	80
	注: 表面清洁度等级均为 Sa2 $\frac{1}{2}$ 。				



F.2 水下区涂层系统的选择见表 F.2。

表 F.2 水下区的涂层系统

设计使用 年限 a	配 套 涂 层 名 称			涂层 道数	平均 涂层 厚度 μm
10~20	1	底层	有机或无机富锌涂料	1~2	80
		面层	环氧树脂煤焦油沥青涂料	3~4	440
	2	底层	有机或无机富锌涂料	1~2	80
		面层	聚氨酯煤焦油沥青涂料	3~4	440
	3	底层	环氧树脂防锈涂料	1~2	80
		面层	无溶剂环氧树脂厚浆涂料	1	400
	4	底层	环氧煤焦油沥青防锈涂料	1	120
		面层	环氧煤焦油沥青涂料	3	360
	5	同品种底 面层配套	无溶剂环氧树脂厚浆涂料	1~2	600
	6		厚浆型或无溶剂型环氧煤焦油沥青涂料	1	500~ 800
5~10	1	底层	有机或无机富锌涂料	1~2	80
		中间层	环氧树脂类涂料	1~2	80
		面层	环氧树脂类涂料、聚氨酯类涂料	2~4	200
	2	底层	环氧树脂防锈涂料	1~2	80
		面层	环氧煤焦油沥青涂料	3~4	280
	3	底层	环氧树脂防锈涂料	1~2	80
		中间层	环氧树脂类涂料	1~2	80
		面层	环氧树脂类涂料、聚氨酯类涂料	2~4	200
	4	底层	氯化橡胶防锈涂料	1~2	80
		面层	氯化橡胶类涂料	3~4	280
	5	底层	高氯化聚乙烯树脂防锈涂料	1~2	80
		面层	高氯化聚乙烯树脂涂料	3~4	280
	6	底层	环氧煤焦油沥青涂料	1	120
		面层	环氧煤焦油沥青涂料	2	240

表 F.2 (续)

设计使用 年限 a	配 套 涂 层 名 称			涂层 道数	平均 涂层 厚度 μm
5~10	7	底层	聚氨酯煤焦油沥青涂料	1	200
		面层	聚氨酯煤焦油沥青涂料	1	200
<5	1	同品种底 面层配套	氯化橡胶涂料	2~4	220
	2		高氯化聚乙烯树脂涂料	2~4	220
	3		环氧煤焦油沥青涂料	2~4	260
	4		聚氨酯煤焦油沥青涂料	2~4	260
注：表面清洁度等级均为 Sa2 $\frac{1}{2}$ 。					

附录 G  
(资料性附录)  
耐磨涂层系统

G.1 耐磨涂层系统的选择见表 G1。

表 G.1 耐磨涂层系统

设计使用 年限 a	配 套 涂 层 名 称			涂层 道数	平均 涂层 厚度 μm
5~10	1	同品种底 面层配套	厚浆型环氧玻璃鳞片涂料	2~4	700
	2		厚浆型环氧金刚砂涂料	2~4	700
	3		厚浆型环氧树脂类耐磨涂料	2~4	700
	4		厚浆型聚氨酯类耐磨涂料	2~4	700
<5	1	同品种底 面层配套	厚浆型环氧玻璃鳞片涂料	1~2	400
	2		厚浆型环氧金刚砂涂料	1~2	400
	3		厚浆型环氧煤焦油沥青涂料	1~2	400
	4		厚浆型聚氨酯煤焦油沥青涂料	1~2	400
注：表面清洁度等级均为 Sa2 $\frac{1}{2}$ 。					

**附录 H**  
**(资料性附录)**  
**饮用水输水设备涂层系统**

**H.1 饮用水输水设备涂层系统的选择见表 H.1。**

**表 H.1 饮用水输水设备涂层系统**

设计使用 年限 a	配 套 涂 层 名 称			涂层 道数	平均 涂层 厚度 μm
10~20	1	底层	环氧树脂防锈涂料	1~2	80
		面层	无溶剂环氧树脂厚浆涂料	1	400
	2	同品种底 面层配套	无溶剂环氧树脂厚浆涂料	1~2	600
5~10	1	底层	有机或无机富锌涂料	1~2	80
		中间层	环氧树脂类涂料	1~2	80
		面层	环氧树脂类涂料、聚氨酯类涂料	2~4	200
	2	底层	环氧树脂防锈涂料	1~2	80
		中间层	环氧树脂类涂料	1~2	80
		面层	环氧树脂类涂料、聚氨酯类涂料	2~4	200
	3	底层	氯化橡胶防锈涂料	1~2	80
		面层	氯化橡胶类涂料	3~4	280
	4	底层	高氯化聚乙烯树脂防锈涂料	1~2	80
		面层	高氯化聚乙烯树脂涂料	3~4	280
<5	1	同品种底 面层配套	氯化橡胶涂料	2~4	220
	2		高氯化聚乙烯树脂涂料	2~4	220

注：设计使用年限 5 年~10 年、10 年~20 年表面清洁度等级为 Sa2 $\frac{1}{2}$ ，设计使用年限  
小于 5 年表面清洁度等级为 Sa2 或 St3。

附录 I  
(规范性附录)

涂层附着力试验—划格法

I.1 总 则

I.1.1 在样板上至少进行三个不同位置的试验，三个位置的相互间距和与试板边缘的间距均不小于 5mm。如果三次结果不一致，差值超过一个单位等级，应在三个以上不同位置重复上述试验，必要时另用样板，并记录所有的试验结果。

I.1.2 除另有规定，试验前样板应在规定的条件下至少放置 16h。在现场试验时允许采用环境条件。

I.1.3 切割图形每个方向的切割数应是 6。

I.1.4 每个方向切割的间距应相等，且切割的间距取决于涂层厚度和底材的类型，即：

涂层厚度  $0\mu\text{m}\sim 60\mu\text{m}$ ，1mm 间距；涂层厚度  $61\mu\text{m}\sim 120\mu\text{m}$ ，2mm 间距；涂层厚度  $121\mu\text{m}\sim 250\mu\text{m}$ ，3mm 间距。

I.2 用手工法切割涂层

I.2.1 将样板放置在坚硬、平直的物面上。试验前，检查刀具的切割刀刃，并通过磨刃或更换刀片使其保持良好的状态。

I.2.2 握住切割刀具，使刀垂直于样板表面对切割刀具均匀施力，并采用适宜的间距导向装置，用均匀的切割速率在涂层上形成规定的切割数。所有切割均应划透至底材表面。如果涂层太硬不能做到切透至底材，则试验无效，并如实记录。

I.2.3 重复上述操作，再作相同数量的平行切割线，与原先切割线成  $90^\circ$  角相交，以形成网格图形。

I.2.4 用软毛刷沿网格图形每一条对角线，轻轻地向后扫几次，再向前扫几次。

I.2.5 按均匀的速度拉出一段胶粘带，除去最前面的一段，然后剪下长约 75mm 的胶粘带。把该胶粘带的中心点放在网格上方，方向与一组切割线平行，然后用手指把胶粘带在网格区上方的部位压平，胶粘带长度至少超过网格 20mm。

为了确保胶粘带与涂层接触良好，用手指尖用力蹭胶粘带。透过胶粘带看到的涂层颜色全面接触则是黏结有效的显示。

在贴上胶粘带 5min 内，拿住胶粘带悬空的一端，并在尽可能接近  $60^\circ$  的角度，在 0.5s~1.0s 内平稳地撕离胶粘带。

I.2.6 可将胶粘带固定在透明膜面上进行保留，以供参照用。

### I.3 采用电动机驱动的刀具切割涂层

如果切割刀具采用电动机驱动的装置，务必遵守在手工操作步骤中规定的操作，特别是对于切割的间隔及试验次数。

### I.4 试验检查结果分级

表 I.1 试验结果分级

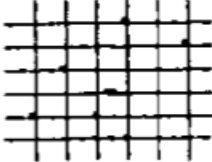
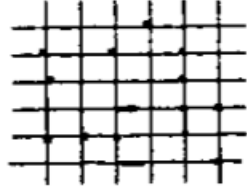


分级	说 明	发生脱落的十字交叉切割区的表面外观
0	切割边缘完全平滑、无一格脱落	—
1	在切口交叉处有少许涂层脱落，但交叉切割面积受影响不能明显大于 5%	
2	在切口交叉处和/或沿切口边缘有涂层脱落，受影响的交叉切割面积明显大于 5%，但不能明显大于 15%	
3	涂层沿切割边缘部分或全部以大碎片脱落，和/或在格子不同部位上部分或全部脱落，受影响的交叉切割面积明显大于 15%，但不能明显大于 35%	

表 I.1 (续)

分级	说 明	发生脱落的十字交叉 切割区的表面外观
4	涂层沿切割边缘大碎片剥落, 和/或一些方格部分或全部出现脱落, 受影响的交叉切割面积明显大于 35%, 但不能明显大于 65%	
5	剥落的程度超过 4 级	

## 附录 J

### (规范性附录)

#### 涂层附着力试验—拉开法

**J.1** 涂层附着力拉开法是采用拉拔的方法将涂层与基体脱离，测定其附着力。

**J.2** 测试采用拉脱式涂层附着力测试仪。

**J.3** 按每  $100\text{m}^2$  面积随机找三个测点进行检测，每测点约  $30\text{mm}\times 30\text{mm}$ ，用零号砂纸将每一测点的涂层表面轻轻打磨，并用丙酮或酒精等溶剂除油；同样也对附着力测试仪的铝合金铆钉型圆盘座底面作同样打磨、除油处理。用黏结剂把铝圆盘座粘到处理好的涂层上。

**J.4** 待黏结剂硬化 24h，用拉脱式涂层附着力测试仪的配件套筒式割刀，将圆盘座的周边涂层切割，使其与周边的涂层分开。

**J.5** 将附着力测试仪的钢环支座片套住圆盘座，把附着力测试仪的手轮作反时针旋转，使仪器的爪具松下并嵌入铝合金铆钉型圆盘座，使仪器的三只支撑柱立在钢环支座片上，将仪器的指针拨到“0”的刻度位置，顺时针方向旋紧手轮，一直持续到涂层拉脱为止。记录指针读数。

**J.6** 试验后应观察铝合金铆钉型圆盘座的底面黏结物的情况，如果底面有 75% 以上的面积黏附着涂层，则测试数据有效。如果底面不到 75% 的面积黏有涂层，而且附着力小于规定的最低值，则可在该测点附近的涂层面上重做附着力测试。



附 录 K  
(规范性附录)  
热喷涂涂层厚度检测

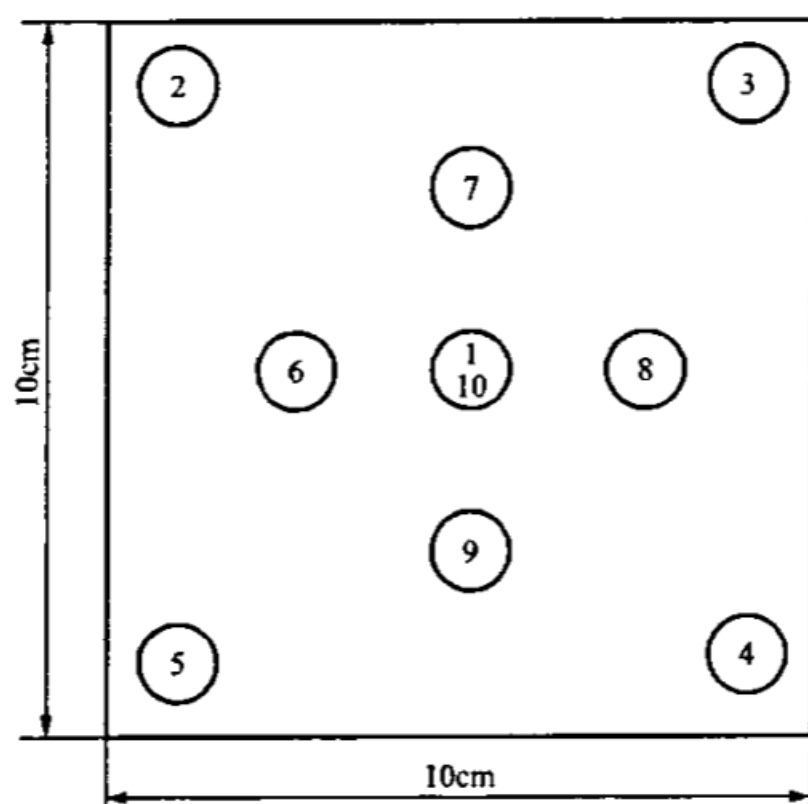
**K.1 基准面面积与个数的确定。**

**K1.1** 热喷涂金属有效面积大于  $1\text{m}^2$ ，用于测量局部厚度的每个基准面面积为  $10\text{cm}\times 10\text{cm}$ 。

**K1.2** 基准面个数与位置的确定：基准表面的个数的确定应使基准表面的总面积不小于有效表面积的 5%。基准表面的位置应均匀分布在整個有效表面上。

**K.2 局部厚度的测量。**

在选择的基准面内作 9 点 10 次测量，第一次与第十次重合。见图 K.1。



注：○为测量点，○里数字为测量次序。

图 K.1 九点十次测量

**K.3 检测结果。**

根据不同要求可提供热喷涂涂层平均厚度、最小局部厚度或最大局部厚度。

如无专门规定，热喷涂涂层的厚度应报告有效表面上测得的最小局部厚度。

**附录 L**  
**(规范性附录)**  
**热喷涂涂层结合强度测试方法**

**L.1 原理。**

将涂层切断至基体，使之形成具有给定尺寸的方形格子，涂层不应产生剥离。

**L.2 装置。**

具有硬质刃口的切割工具，其形状如图 L.1 所示。

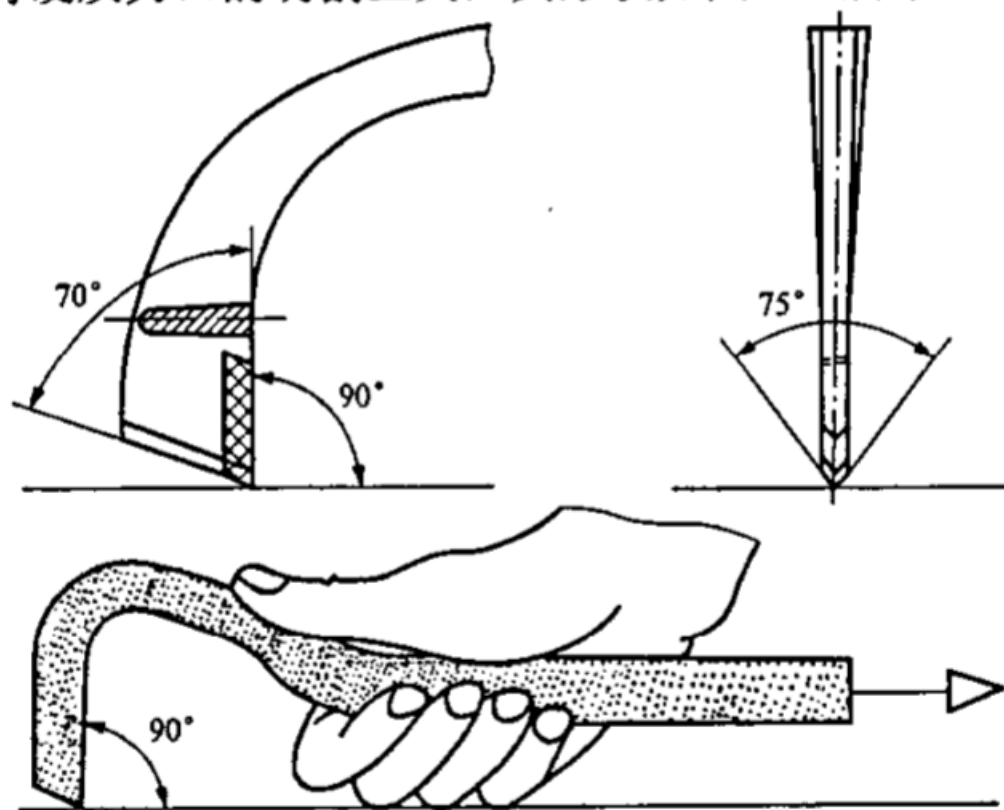


图 L.1 切割工具

**L.3 操作。**

使用图 L.1 规定的刀具，切出表 L.1 中规定的格子尺寸。

切痕深度，要求应将涂层切断至基体金属。

切割成格子后，采用供需双方协商认可的一种合适粘胶带，借助于一个辊子施以 5N 的载荷将粘胶带压紧在这部分涂层上，然后沿垂直涂层表面方向快速将粘胶带拉开。

如不能使用此法，则测量涂层结合强度的方法应取得供需双方同意。

表 L.1 格 子 尺 寸

覆盖格子的近似表面 mm	涂层厚度 $\mu\text{m}$	划痕之间的距离 mm
15×15	$\leq 200$	3
25×25	$> 200$	5

#### L.4 检测结果。

无涂层从基体上剥离或每个方格子的一部分涂层仍然黏附在基体上，并损坏发生在涂层的层间而不是发生在涂层与基体界面处，则认为合格。

附 录 M  
(规范性附录)

常用参比电极的主要参数和适用环境

M.1 常用参比电极的主要参数和适用环境见表 M.1。

表 M.1 常用参比电极的主要参数和适用环境

名 称	电极结构	常用符号	电位 (相对于 标准氢电极) V	适用环境
饱和甘汞电极	Hg/HgCl/饱和 KCl	$E_{\text{Hg}}$ 、 $E_{\text{SCE}}$	+0.25	海水、淡水
铜/饱和硫酸铜 电极	Cu/饱和 CuSO <sub>4</sub>	$E_{\text{C}}$ 、 $E_{\text{CSE}}$	+0.32	淡水、土壤
银/氯化银电极	Ag/AgCl/海水	$E_{\text{Ag}}$	+0.25	海水
锌及锌合金电极	Zn、Zn 合金	$E_{\text{Zn}}$	-0.78	海水、淡水

## 附 录 N

### (资料性附录)

### 无涂层钢常用保护电流密度值和有涂层钢保护电流密度计算

#### N.1 无涂层钢常用保护电流密度值见表 N.1。

表 N.1 无涂层钢常用保护电流密度参考值

环境介质		保护电流密度 mA/m <sup>2</sup>
淡水	静止	20~55
	流动	45~70
	高流速	50~160
海水	静止	80~120
	流动	100~150

#### N.2 有涂层钢保护电流密度计算。

有涂层钢保护电流密度可按式 N.1 计算。

$$i_c = i_b \times f_c \quad (\text{N.1})$$

式中：

$i_c$  ——有涂层钢的保护电流密度，mA/m<sup>2</sup>；

$i_b$  ——无涂层钢的保护电流密度，mA/m<sup>2</sup>；

$f_c$  ——涂层的破损系数， $0 < f_c \leq 1$ 。

常规涂料初期涂层破损系数为：水中 1%~2%，泥中 25%~50%。涂层破损速率为每年增加 1%~3%。

**附 录 O**  
(资料性附录)  
**阴极保护设计计算公式**

**O.1 牺牲阳极设计计算。****O.1.1 牺牲阳极输出电流：**

$$I_a = \frac{\Delta V}{R} \quad (\text{O.1})$$

式中：

$I_a$  ——牺牲阳极的输出电流，A；

$\Delta V$  ——牺牲阳极的驱动电压，V；

$R$  ——回路总电阻， $\Omega$ 。一般情况下其值近似等于牺牲阳极的接水电阻，可按附录 O.3 计算。

**O.1.2 牺牲阳极数量。**

$$N = \frac{I}{I_a} \quad (\text{O.2})$$

式中：

$N$  ——牺牲阳极的数量；

$I$  ——金属结构设备的保护电流，A；

$I_a$  ——单只牺牲阳极的输出电流，A。

**O.1.3 牺牲阳极总的净质量。**

$$W = \frac{8760 I_m t}{q} K \quad (\text{O.3})$$

式中：

$W$  ——牺牲阳极总的净质量，kg；

$I_m$  ——金属结构设备的平均保护电流，A；

$t$  ——牺牲阳极的设计使用年限，a；

$q$  ——牺牲阳极的实际电容量, (A·h)/kg;

$K$  ——安全系数, 一般取 1.1~1.2。

#### O.1.4 牺牲阳极寿命校核。

$$t = \frac{W_i f}{E_g I'_a} \quad (\text{O.4})$$

式中:

$t$  ——牺牲阳极的寿命, a;

$W_i$  ——单只牺牲阳极的净质量, kg;

$E_g$  ——牺牲阳极的消耗率, kg/(A·a);

$I'_a$  ——牺牲阳极在使用年限内的平均输出电流, A;

$f$  ——牺牲阳极的利用系数, 可采用下列数值:

长条状牺牲阳极: 0.90~0.95;

手镯式牺牲阳极: 0.75~0.80;

其他形状的牺牲阳极: 0.75~0.90。

### O.2 强制电流设计计算。

#### O.2.1 电源设备功率:

$$P = \frac{IV}{\eta} \quad (\text{O.5})$$

$$V = I(R_a + R_L + R_C) \quad (\text{O.6})$$

式中:

$P$  ——电源设备的输出功率, W;

$I$  ——电源设备的输出电流, A;

$V$  ——电源设备的输出电压, V;

$\eta$  ——电源设备的效率, 一般取 0.7;

$R_a$  ——辅助阳极的接水电阻,  $\Omega$ , 可按附录 O.3 计算;

$R_L$  ——导线电阻,  $\Omega$ ;

$R_C$  ——阴极过渡电阻,  $\Omega$ 。

#### O.2.2 辅助阳极数量:



$$N = \frac{I}{I_a} \quad (O.7)$$

式中:

$N$  ——辅助阳极的数量;

$I$  ——金属结构设备的保护电流, A;

$I_a$  ——单只辅助阳极的输出电流, A。

### O.2.3 辅助阳极总的净质量:

$$W = KEI_m t \quad (O.8)$$

式中:

$W$  ——辅助阳极总的净质量, kg;

$K$  ——安全系数, 一般取 1.1~1.5;

$E$  ——辅助阳极的消耗率, kg/(A·a);

$I_m$  ——金属结构设备的平均保护电流, A;

$t$  ——辅助阳极的使用年限, a。

## O.3 阳极接水电阻。

### O.3.1 长条阳极:

若  $L \geq 4r$ ,

$$R_a = \frac{\rho}{2\pi L} \left[ \ln \left( \frac{4L}{r} \right) - 1 \right] \quad (O.9)$$

若  $L < 4r$ ,

$$R_a = \frac{\rho}{2\pi L} \left\{ \ln \left[ \frac{2L}{r} \left( 1 + \sqrt{1 + \left( \frac{r}{2L} \right)^2} \right) \right] + \frac{r}{2L} - \sqrt{1 + \left( \frac{r}{2L} \right)^2} \right\} \quad (O.10)$$

### O.3.2 板状阳极:

$$R_a = \frac{\rho}{2S} \quad (O.11)$$

### O.3.3 其他形状阳极:

$$R_a = 0.315 \frac{\rho}{\sqrt{A}} \quad (O.12)$$

式中:

$R_a$  ——阳极接水电阻,  $\Omega$ ;

$\rho$  ——介质电阻率,  $\Omega \cdot \text{cm}$ ;

$L$  ——阳极长度,  $\text{cm}$ ;

$r$  ——阳极等效半径,  $\text{cm}$ , 对非圆柱状阳极,  $r = \frac{C}{2\pi}$ ,  $C$  为

阳极截面周长,  $\text{cm}$ ;

$S$  ——阳极长度和宽度的算术平均值,  $\text{cm}$ ;

$A$  ——阳极的暴露面积,  $\text{cm}^2$ 。

#### O.4 阳极屏蔽层。

##### O.4.1 圆形阳极:

$$D = (I_a \rho) / [\pi(E_0 - E)] \quad (\text{O.13})$$

式中:

$D$  ——阳极屏蔽层的直径,  $\text{m}$ ;

$I_a$  ——阳极的输出电流,  $\text{A}$ ;

$\rho$  ——介质电阻率,  $\Omega \cdot \text{m}$ ;

$E_0$  ——结构物的保护电位,  $\text{V}$ ;

$E$  ——距阳极中心为  $D/2$  处的结构物的电位,  $\text{V}$ , 取决于涂层的耐阴极电位值。

##### O.4.2 长条形阳极:

$$D_e = 2L / \exp[1 + \pi L(E_0 - E) / (\rho I_a)] \quad (\text{O.14})$$

式中:

$D_e$  ——阳极屏蔽层边缘距长度为  $L$  的阳极边缘的最短距离,  $\text{m}$ ;

$L$  ——阳极长度,  $\text{m}$ ;

$E$  ——距阳极边缘为  $D_e$  处的结构物的电位,  $\text{V}$ , 取决于涂层的耐阴极电位值;

$E_0$ 、 $I_a$ 、 $\rho$  ——同 O.4.1。

**附 录 P**  
**(资料性附录)**  
**常用辅助阳极材料性能**

**P.1** 常用辅助阳极材料性能见表 P.1。

**表 P.1 常用辅助阳极材料性能**

阳极材料	使用环境	最大电流密度 $A/m^2$	消耗率 $kg/(A \cdot a)$	极化电位 $\leq V$
石 墨	海水	40	1.1	—
	淡水	2.7	0.5~1.1	—
高硅铸铁	海水、淡水、土壤	10~30	0.25~0.5	—
铅银合金	海水	50~300	0.1	2.0
铅银合金微铂	海水	50~1000	$8 \times 10^{-3}$	2.2
镀铂钛	海水	$\leq 1250$	$6 \times 10^{-6}$	2.3
铂钛复合	海水	$\leq 1500$	$6 \times 10^{-6}$	2.5
铂铌复合	海水	$\leq 2000$	$6 \times 10^{-6}$	2.5
钛基金属氧化物	海水、淡水、海泥	$\leq 600$	$5 \times 10^{-6}$	1.9
注：极化电位指在额定工作电流密度下的恒电流极化电位。				

# 水电水利工程金属结构设备 防腐蚀技术规程

## 条 文 说 明

目 录

4 一般规定 ..... 59

5 表面预处理 ..... 61

6 涂料保护 ..... 64

7 热喷涂金属保护 ..... 68

8 阴极保护 ..... 71

## 4 一般规定

4.0.3 涂料保护是利用涂料涂装在结构表面使金属基体与电解质溶液、空气隔离开来，以杜绝产生腐蚀的条件。涂料保护的特点是施工方便、造价相对较低，至今仍是水电水利工程金属结构设备常用的防腐蚀方法之一。

热喷涂金属涂层对金属结构具有双重的保护作用，一方面像涂料涂层那样起着物理屏蔽作用，将基体金属与环境隔离开来；另一方面，当涂层有孔隙或局部损坏时，金属涂层与基体构成腐蚀电池，金属涂层成为阳极，金属基体成为阴极，以热喷涂金属材料的消耗对基体金属起到电化学保护作用。金属涂层与基体之间具有良好的附着力，而且有一定的韧性，在结构受力变形，热胀冷缩及振动等情况下不易发生翘皮、脱壳等破坏现象。喷金属保护与涂料保护相比，防腐蚀效果大大提高，保护年限也较长。

绝大多数情况下，金属腐蚀属于电化学腐蚀。阴极保护是一种从根本上抑制电化学腐蚀的方法。阴极保护技术发明至今已有一百多年的历史，在海水和土壤等介质中已广泛应用。阴极保护不仅可以防止水中金属结构的均匀腐蚀，而且还能有效防止电偶腐蚀和各种局部腐蚀，但对于缺乏电解质的大气区则不适用。强制电流法相对复杂，需要管理。牺牲阳极保护是以牺牲阳极材料的自身消耗使钢铁基体获得保护，结构简单、安全可靠、无需管理，近年来得到更为广泛的应用。

阴极保护与涂层联合使用时，阴极保护电流分布在涂层孔隙和缺陷处，使金属表面阴极极化，形成阴极产物膜，可以起到修补涂层的作用，延长结构物涂层的耐用年限。另外涂层覆盖了大部分的金属基体表面，大大降低了所需要的阴极保护电流，改善了阴极保护电流的分布，提高了阴极保护的效果。联合保护的一

次投资比单独采用阴极保护或涂层保护要高一些，但由于联合保护的优点从长期防腐蚀效果和所需总费用来看，联合保护方案是经济有效的。

对于防腐蚀措施的选择应简单、经济、有效。考虑到设计、施工方便，在同一个金属结构设备上可根据腐蚀较严重的区域选择和确定防腐蚀措施。处于海水或污染较为严重介质中的金属结构防腐蚀措施选择应慎重。

**4.0.4** 金属结构设备形式应尽量简洁，确保需要防腐蚀的表面能按质量要求进行表面预处理和防腐蚀施工，避免出现狭窄的间隙和小截面的“E”、“T”形的结构型式。过去常采用的角钢、工字钢背靠背的杆件结构形式，狭小的间隙不便于进行防腐蚀处理。另外在考虑不周时金属结构设备上会存在一些易于积水的部位，这些部位成为腐蚀相对严重的区域，对于积水的部位可采用开孔排水以减少腐蚀的条件。

一些金属结构设备上采用不锈钢螺栓、不锈钢导轨板或其他不锈钢构件，尽管螺栓和导轨板等不腐蚀或腐蚀减轻了，但由于电偶作用造成金属涂层的快速消耗和基体的腐蚀加重。因此，在水下区同一金属结构设备上尽量避免采用异种金属。

## 5 表面预处理

5.1.1 防腐蚀涂层的有效寿命与涂装前金属基体表面预处理质量、涂层厚度、涂料种类和涂装的工艺条件等多种因素有关。早在 20 年前日本曾研究过影响涂层质量和寿命的各种因素,见表 1。

表 1 各种因素对涂层质量的影响

序号	主要因素	影响程度 %
1	表面预处理质量	50
2	涂装道数	20
3	同一系列的涂料品种	5
4	涂装工艺及环境等	25

涂装前表面预处理质量对涂层寿命的影响最大。对于热喷涂金属保护,基体金属表面预处理质量是影响金属涂层与基体结合强度的主要因素之一。

5.1.3 金属结构表面处理质量包括表面清洁度和表面粗糙度两个指标。

表面清洁度是指除去基体表面氧化皮、铁锈和其他附着物的程度。

金属结构表面粗糙度是指经过表面预处理后,基体表面微观的不平整度。粗糙度的概念在几何学上属三维状态,本标准选用的粗糙度参数为 GB 3505 中的轮廓最大高度值,即在一个取样长度内,最大轮廓峰高和最大轮廓谷深之和的高度。钢材长期存放后形成的腐蚀坑或钢材轧制时产生的表面缺陷均不属于粗糙度的范围。

5.2.1 脱脂净化的目的是除去基体金属表面的油、脂、机械加工



时的润滑剂等有机物。这些有机物附着在基体金属表面上会严重影响涂层的附着力，并会污染喷射处理时所用的磨料，当磨料回收利用时，又会污染工件。

多数溶剂都易燃并有一定毒性，使用时应注意安全。使用清洗剂后必须冲洗干净，残余的清洗剂也会影响涂层的附着力。

**5.2.2** 目前水工金属结构都有较长的保护寿命要求，故要求较高的表面预处理等级。要达到 Sa3 级需要较高的预处理费用，除了热喷涂金属铝外，很少采用 Sa3 级；对于大气区便于维修的金属结构设备，有时会采用一些价格便宜的涂料，表面预处理要求可适当降低，Sa2 级能满足这些涂料表面处理要求，但 Sa2 级不能满足热喷涂金属及一些高性能涂料如富锌涂料、环氧树脂涂料等的要求。Sa2 $\frac{1}{2}$  级能满足绝大部分情况的要求，成本也较适中。

合适的金属表面粗糙度可以提高涂层与基体之间的附着力，粗糙度太大或太小均不利于涂层的性能。粗糙度太大会造成涂层厚度的分布不均匀，在波峰处涂层厚度不足，易引起早期锈蚀，在波谷凹坑内易残留气泡，成为涂层起泡的根源；而粗糙度太小则不利于涂层附着力的提高。

磨料的选择是表面预处理中极为重要的一环，当设备和工艺参数选定以后，效率及成本取决于磨料的选择。钢材种类不同，其表面硬度也不同。硬度较高的钢材应选用硬度大的磨料。在金属热喷涂中机械咬合是涂层与基底结合的主要形式，要求表面轮廓呈粗糙的尖角形，应使用棱角状或丸状与棱角状混合的磨料。金属磨料单价高于非金属磨料，但其重复使用率高，在有回收条件的场合，其经济性优于其他磨料。

**5.2.3** 手工除锈不能除去附着牢固的氧化皮，动力除锈无法将蚀孔深处的锈和污物除净，且动力除锈有抛光作用，影响涂层的附着力。手工和动力除锈一般不适用于对防腐蚀要求较高的水工金属结构表面的预处理，只能作为辅助手段。在喷砂除锈前可以用

手工或动力工具先清除厚的、附着牢固的铁锈，有助于后续的喷砂除锈的处理。

**5.3 喷射除锈方法**参见 GB/T 18839.2。干式压缩空气喷射除锈方法会导致游离粉尘的溢散，在除尘或抽风设备不能满足环境保护要求的场合使用受到限制。湿式压缩空气喷射除锈方法可以最大限度地减少施工时产生的粉尘。湿式压缩空气喷射除锈可在水中加入与后续涂料配套系统相适应的缓蚀剂。

**5.3.2 空气压缩机**提供的压缩空气可能含有一定的油和水，油和水都会严重影响基底与涂层的附着力，水还会使基体返锈，所以压缩空气必须要经过油水分离器。油水分离器使用一段时间后，内部的过滤材料会失效，应定期检查、清理、更换。

**5.3.6 表面预处理后**裸露的基体金属暴露在潮湿环境中极易再次生锈，因此对工作环境有一定的要求。空气的相对湿度和金属结构表面温度是评定结露可能性的依据，空气相对湿度大于 85% 时，温度稍有降低（在空气温度为 0~35℃ 范围内，空气温度与露点之差小于 3℃），就会结露；当金属结构表面温度接近露点时，也易结露。因此要求相对湿度低于 85% 和金属结构表面温度应高于露点至少 3℃。

**5.4.2 GB 8923《涂装前钢材表面等级和除锈等级》**为评定钢材除锈质量提供了明确的依据，但标准中规定的除锈等级是一定范围内的检验尺度。根据标准进行评定时，必须充分考虑钢材种类、原始表面状态、所用的磨料及除锈方法等综合因素。

**5.4.3 本标准**规定了不同涂层系统的表面粗糙度值的要求，在使用比较样块法进行粗糙度评定时，根据设计文件规定的粗糙度值和附录 C 中的表 C.1，基体表面的粗糙度应该接近某一块标准样板或在两块标准样块之间。

## 6 涂 料 保 护

6.1.1 防腐蚀涂层系统有经济的也有造价高使用寿命长的系统，涂装方法有刷涂、滚涂和喷涂等涂装方法，采用什么涂装系统和什么样的涂装方法，需要根据金属结构的使用目的、设计使用年限、环境条件、施工条件、工期和经济等因素综合分析考虑。

6.1.3 涂层设计的目标是使用寿命，而使用寿命决定于腐蚀环境等因素。

使用寿命有两种含义：一种是指使用至下一次维护的间隔期限；另一种是指使用至失去保护效果的期限。水电水利工程大型结构一般都要定期进行维护、维修，标准中所指的使用寿命为使用至下一次维修的间隔期限。

ISO 12944—5 中的寿命划分为：短寿命 (L)：2 年～5 年；中寿命 (M)：5 年～15 年；长寿命 (H)：15 年以上。《涂料工艺》(修订版) 中对于气相腐蚀使用寿命一般划分为：短寿命 (L)：5 年以下；中寿命 (M)：5 年～10 年；长寿命 (H)：10 年～20 年；超长寿命：20 年以上。

标准中使用寿命划分为三段，即：短寿命 L：5 年以下；中寿命 M：5 年～10 年；长寿命 H：10 年～20 年。

6.1.4 经过长时间实践检验性能好的涂料，可能已经是快要淘汰的产品。如氯化橡胶涂料在生产过程中因使用了对环境有害的溶剂而逐渐退出防腐蚀涂料市场，逐步被性能更好、对环境损害小或无害的新产品所替代。为推动技术进步，让新的技术转化为生产力，设计单位和业主在对新产品进行分析论证，在相应技术资料和检测结果满足要求的情况下宜采用新技术新材料。

6.2.2 厚浆型涂料一次刷涂或喷涂涂层厚度就可以达到  $100\mu\text{m}$ ～ $600\mu\text{m}$ ，一道就有可能达到设计厚度要求。一次涂装和多道涂

装各有优缺点，见表 2。

表 2 一次涂装与多道涂装优缺点比较

序号	厚浆涂料一次涂装	多道涂装
1	施工进度快、耗工少	底、中、面漆可各按要求配套，使底层起附着和缓蚀作用，中层起抗渗透作用，面层起抵抗腐蚀介质和外力的破坏作用，易发挥更好的总体效果
2	施工中受环境影响小，少受有害物质，如烟、雾、雨、粉尘等的污染	薄涂层中的溶剂易挥发，对涂层影响小
3	无层间附着问题	前一道涂层的缺陷可被下一道涂层弥补
4	厚浆涂料具有触变性，基体上的突缘、边角、垂直处的厚度均能保证	采取合理的涂装工艺，总体质量优于单道涂层

涂层厚度与保护寿命有很大关系。环境条件不同，对涂层厚度要求不一样（见表 3），设计防护涂层要综合考虑多种因素。

表 3 不同用途涂层总厚度推荐

涂层类别	涂层总厚度 $\mu\text{m}$	涂层类别	涂层总厚度 $\mu\text{m}$
一般性涂层	80~100	重防腐蚀涂层	300~500
装饰性涂层	100~150	耐磨涂层	300~400
保护性涂层	150~200	超重防腐蚀涂层	500~700
海洋大气涂层	200~300	高固体分涂层	700~1000

6.2.2 大气环境一般分为乡村大气、城市大气、工业大气和海洋大气。影响金属结构大气腐蚀的关键因素是在金属结构表面形成水膜的时间和大气中腐蚀性物质的含量。大气中腐蚀性物质的存在加速了金属结构的腐蚀速率，在相同湿度条件下，腐蚀性物质含量越高，腐蚀速度越大。腐蚀性物质的腐蚀性与大气的湿度有关，在较高的湿度（潮湿型）环境中腐蚀性大，在较低的湿度（干燥型）环境中腐蚀性大大降低，如果有吸湿性沉积物（如氯化物

等)存在时,即使环境大气的湿度很低( $RH<60\%$ )也易发生腐蚀。有关资料显示,恶劣大气环境中金属结构腐蚀破坏程度并不低于水下金属结构的腐蚀程度,应引起重视。

以前一些规范对大气区的涂层系统不作分类考虑,本标准把大气环境分为乡村大气、城市和工业大气、海洋大气三类推荐涂层系统,分类是根据 ISO 12944—2 和国家标准 GB/T 15957《大气环境腐蚀性分类》综合确定的。

附录 E 和附录 F 中推荐的涂层系统是参照 ISO 12944—5 和实践经验综合确定的。

压力钢管等需要耐磨防腐蚀的结构必须采用具有耐磨性能的涂料,一般由厚浆型涂料掺耐磨填料组成。附录 G 中表 G1 是根据实践经验整理确定的。

饮用水输水金属结构设备的防腐蚀必须考虑防护材料对水质的影响,附录 H 中表 H.1 推荐的涂料中不能含有重金属颜料(如红丹)和有毒添加剂,不能含有降解后对水质有害的物质(如煤焦油)。

6.3.3 工厂涂装和现场涂装各有优缺点,在条件允许的情况下,尽量采用工厂涂装,表 4 是工厂涂装的优缺点。

表 4 工厂涂装的优缺点

序号	优 点	缺 点
1	有利于质量控制	受构件大小的限制
2	有利于温度控制	运输和安装容易引起涂层损伤
3	有利于控制湿度	可能会超过涂装间隔时间
4	便于缺陷修补	最后一道涂层可能污染
5	效力高	
6	有利于污染的控制	

6.4.2 干膜厚度检测指标在 ISO 12944—5 要求 80%以上测点的厚度应达到设计厚度,没有达到设计厚度的测点其最小厚度应不

低于设计厚度的 80%。交通部规范 JTJ 230—89 要求 90% 以上测点的厚度应达到设计厚度，没有达到设计厚度的测点其最小厚度应不低于设计厚度的 90%。水利部规范 SL 105—95 要求 85% 以上测点的厚度应达到设计厚度，没有达到设计厚度的测点其最小厚度应不低于设计厚度的 85%。本标准规定 85% 以上测点的厚度应达到设计要求，其最低厚度应不低于设计厚度的 85%。

6.4.3 现场检验涂层附着力，划格法实施起来比较方便，立即就能得出结果，但这是半定量测试方法。如果需要定量测试可以用拉开法（附录 J）测定。

6.4.4 对厚浆型涂料或其他一次涂装就能达到规定干膜厚度的涂料，涂膜可能出现针孔，因此必须进行针孔检查。



## 7 热喷涂金属保护

7.1.2 热喷涂金属是利用热源将金属材料熔化，在压缩空气作用下以雾状颗粒喷射到基体表面，形成的喷涂层是饼状的堆积物，喷涂层内部存在着大量孔隙。当电解质通过孔隙渗透到喷涂层内部时，基体和金属涂层不可避免地要遭受腐蚀，另一方面热喷涂层为保护基体而消耗加快，所以应对金属涂层内部的孔隙进行封闭处理。

热喷涂金属涂层封闭可分为自然封闭和人工封闭。自然封闭是指依靠喷涂材料锌、铝的腐蚀产物填充涂层内部的孔隙，效果差，一般不予采用。人工封闭是指采用封孔剂封堵涂层内部的孔隙，起到加强机械隔离的作用、减少喷涂层与电解质的接触面积，本标准规定热喷涂金属涂层表面应采用封孔剂进行封闭处理。

国外一些资料对使用寿命 20 年以上的热喷涂涂层一般没有推荐采用涂料涂装，10 年~20 年可采用涂料涂装也可不采用涂料涂装，这是考虑到一般涂料耐老化寿命有限，另外热喷涂金属层自身也具有一定的自封闭功能，在我国热喷涂金属表面大多采用涂料涂装。在标准中我们没有规定“必须”采用涂料涂装，但我们认为热喷涂金属涂层采用涂料涂装要比不采用涂料涂装的防腐蚀效果好、使用寿命长，这是因为金属涂层和涂料涂层两者之间存在协同作用。根据荷兰热镀研究所研究结果，热喷涂金属加涂料涂层复合防护系统的使用寿命是单一的热喷涂金属涂层和单一的涂料涂层合计寿命的 1.5~2.3 倍。

7.2.2 热喷涂锌、热喷涂铝均能适用于大多数腐蚀环境，一般来说热喷涂锌涂层用于弱碱性条件下为好，热喷涂铝涂层用于中性或弱酸性条件下为好。对于海水中、海洋大气和工业大气（含有  $\text{SO}_2$ ）热喷涂铝更为合适。这是因为：

1 铝在空气中极易形成稳定的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  膜， $\text{Al}_2\text{O}_3$  膜具有高度的致密性和耐蚀性；热喷涂锌涂层在空气中较难形成稳定的  $\text{ZnCO}_3$ ，锌涂层的寿命通常与其厚度成正比。

2 在有电解质的情况下，锌铝都能提供牺牲阳极保护作用。铝的电化学容量为  $2.98(\text{A} \cdot \text{h})/\text{kg}$ ，锌的电化学容量只有  $0.82(\text{A} \cdot \text{h})/\text{kg}$ 。

3 铝的比重为  $2.70\text{g}/\text{mm}^3$ ，锌的比重为  $7.14\text{g}/\text{mm}^3$ ，喷涂相同厚度的涂层，锌的耗用量比铝的耗用量要多。国家标准 GB/T 9793—1997《金属和其他无机覆盖层 热喷涂 锌、铝及其合金》附录 B，对在盐水、工业环境中不推荐采用未经涂料涂装的热喷涂锌保护。需特别注意的是热喷涂铝相对热喷涂锌来说，对封闭处理和施工工艺要求都较高，处理不当易出现涂料涂层的早期失效。

7.2.3 对热喷涂金属材料的要求可参考 GB/T 12608—2003《热喷涂 火焰和电弧用线材、棒材和芯材 分类和供货技术条件》。

7.3.1 选择封闭处理的封孔剂和涂装涂料时应注意与金属涂层之间的相容性，否则会加速涂层系统失效。特别是在含氯离子的环境中采用热喷涂铝及其合金，出现过多次热喷涂铝涂层在海水中涂料涂层过早鼓泡失效的教训，相容性问题尤其重要。热喷涂铝涂层在海水中的阴极保护作用范围大，封孔处理不好使得铝涂层作为牺牲阳极消耗加快，其腐蚀产物体积是原涂层的若干倍，若采用的表面涂料强度较低，更易于导致表面涂料涂层的过早鼓泡。

7.3.2 封孔剂是用以渗入封闭金属涂层孔隙的材料。要求黏度要小，易于渗透到金属涂层的微孔中去，同时要求能封堵孔隙。干膜厚度一般控制在  $10\mu\text{m} \sim 30\mu\text{m}$ 。在热喷涂金属表面采用涂料涂装，起到了一定的封闭作用，但在涂料黏度较大时涂料不能渗透到金属涂层内部，封闭效果较差。本标准考虑到水电水利行业大多采用环氧类、聚氨酯类涂料涂装，因此推荐采用环氧类、聚氨



酯类树脂为成膜物质，锌铬黄、磷酸锌为主颜料作为封孔剂，对于小型工程考虑施工方便也可选用经稀释的环氧类、聚氨酯类清漆或罩面涂料作为封孔剂，厚浆型涂料、耐磨涂料因填料颗粒较粗，即使经过稀释也很难渗入到金属涂层微孔中去，不宜作为封孔剂使用。

7.4 热喷涂金属涂层最小局部厚度推荐是根据 JB/T 8427—96《金属结构腐蚀防护喷涂锌、铝及其合金涂层选择与应用导则》、GB/T 19355—2003《钢铁结构耐腐蚀防护锌和铝覆盖层指南》、GB/T 9793—1997《金属和其他无机覆盖层 热喷涂 锌、铝及其合金》整理，并参考了工程实践经验。最小局部厚度是指在一个构件主要表面上所测得的各局部厚度中的最小值，实际金属涂层的总平均厚度会超过最小局部厚度。为满足最小局部厚度要求，喷涂施工过程中可适当提高喷涂层的厚度值。

7.5.4 热喷涂工艺上可分为火焰喷涂和电弧喷涂。火焰喷涂铝涂层同基体附着力低，厚度较大时易发生鼓泡和脱壳现象，另外热喷涂铝涂层孔隙率相对较高。热喷涂铝采用电弧喷涂有以下优点：

1 火焰喷涂铝涂层与基体的结合强度在  $4\text{N/mm}^2 \sim 16\text{N/mm}^2$  之间，电弧喷涂可提高到  $13\text{N/mm}^2 \sim 37\text{N/mm}^2$ 。

2 电弧喷涂铝涂层孔隙率低，密实度高，低孔隙率有利于防止电解质的渗透。

3 电弧喷涂铝涂层脆性较低，应变可达  $3\% \sim 4\%$ ，带有涂料时延伸到  $10\%$  时涂层仍不致破裂脱落。

4 电弧喷涂温度高，被加热到过热状态的铝在抵达基体表面时会发生强烈的铝和氧化铁的放热反应，，保证铝涂层的结合强度。

## 8 阴 极 保 护

**8.1.1** 阴极保护是向被保护金属表面通入足够的阴极电流，使其阴极极化以减小或防止金属腐蚀的一种电化学防腐蚀保护技术。实施阴极保护有强制电流和牺牲阳极两种方法。强制电流法用直流电源给被保护金属通以阴极电流，保护系统主要由直流电源、辅助阳极、参比电极和电缆等组成。牺牲阳极保护是在被保护的金属上连接一种电位更负的金属或合金（称为牺牲阳极），通过牺牲阳极的自我溶解和消耗，使被保护金属得到阴极电流。强制电流和牺牲阳极保护的基本原理和保护效果都是相同的，但各有优缺点，见表 5。对两种保护方式的选择主要取决于工程实际情况和现场所具备的条件。

表 5 强制电流法和牺牲阳极法的优缺点

保护方式	优 点	缺 点
强制电流	(1) 输出电流连续可调； (2) 保护范围大； (3) 不受环境电阻率限制； (4) 工程越大越经济	(1) 需要外部电源； (2) 对邻近构筑物干扰大； (3) 维护管理工作量大
牺牲阳极	(1) 不需要外部电源； (2) 对邻近构筑物无干扰或干扰小； (3) 投产调试后可不需管理； (4) 保护电流分布均匀、利用率高	(1) 保护电流几乎不可调； (2) 一次性投资较高

**8.2.2** 正确解释保护电位测量值，必须考虑通过金属结构设备和电解质界面的电压降。

美国腐蚀工程师协会标准 NACE RP0169—2002 《Control of external corrosion on underground or submerged metallic piping

systems》指出,“考虑”意味着使用下列正确做法:

- 1 测量或计算 IR 降;
- 2 检查阴极保护系统以往的效果;
- 3 评价金属结构设备及其环境的物理和电性能;
- 4 确定是否存在腐蚀的直接证据。

美国陆军工程师兵团工程手册 EM 1110—2—2704 《Engineering and design cathodic protection systems for civil work structures》规定,测量保护电位时参比电极应放在距离金属结构表面 200mm 以内的电解质中。

8.3.3 保护电流密度的选择主要参考美国军用手册 MIL—HDBK—1004/10 《Electrical engineering cathodic protection》、美国三军统一装备标准 UFC 3—570—02N: 2004 《Design: Electrical engineering cathodic protection》和南京水利科学研究院编著的《水工港工钢结构物的腐蚀与防护》。涂层破损系数的选择参考了英国国家标准 BS EN 13174: 2001 《Cathodic protection for harbour installations》。

8.4.1 牺牲阳极的规格可按照 GB/T 4948 《铝—锌—铟系合金牺牲阳极》、GB/T 4950 《锌合金牺牲阳极》和 GB/T 17731 《镁合金牺牲阳极》设计,根据工程情况也可自行设计所需要的规格。

8.5.1 参比电极应安装在金属结构设备表面距辅助阳极较近或较远的位置,以控制距阳极较近点的保护电位不超过最大保护电位,距阳极较远点保护电位能达到规定的最低值。

---



155083.1697

销售分类建议：规程规范

DL/T 5358—2006

中华人民共和国电力行业标准  
水电水利工程金属结构设备防腐蚀技术规程  
DL/T 5358 — 2006

\*

中国电力出版社出版、发行  
(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)  
北京博图彩色印刷有限公司印刷

\*

2007年5月第一版      2007年5月北京第一次印刷  
850毫米×1168毫米 32开本 2.375印张 60千字  
印数 0001—3000册

\*

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

[www.bzxz.net](http://www.bzxz.net)

免费标准下载网