

ICS 27.120.20

A 29

备案号: 65984—2019

**NB**

中华人民共和国能源行业标准

**P**

**NB / T 25095 — 2018**

---

核电厂海工构筑物防腐蚀  
施工及验收规范

Specification for anticorrosion construction and acceptance  
of the marine works in nuclear power plants

**2018-11-21 发布**

**2019-03-01 实施**

---

国家能源局 发布

中华人民共和国能源行业标准

核电厂海工构筑物防腐蚀  
施工及验收规范

Specification for anticorrosion construction and acceptance  
of the marine works in nuclear power plants

**NB / T 25095 — 2018**

主编机构：中国电力企业联合会

批准部门：国 家 能 源 局

施行日期：2019 年 3 月 1 日

中国电力出版社

2019 北 京

中华人民共和国能源行业标准  
核电厂海工构筑物防腐蚀  
施工及验收规范

Specification for anticorrosion construction and acceptance  
of the marine works in nuclear power plants

**NB / T 25095 — 2018**

•

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京传奇佳彩数码印刷有限公司印刷

•

2019 年 12 月第一版 2019 年 12 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 2 印张 53 千字

印数 001—300 册

•

统一书号 155198 • 1761 定价 **30.00** 元

**版 权 专 有 侵 权 必 究**

本书如有印装质量问题, 我社营销中心负责退换

国家能源局  
公 告

2018 年 第 13 号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法（试行）〉及实施细则的通知》（国能局科技〔2009〕52 号）有关规定，经审查，国家能源局批准《核电厂常规岛焊接工艺评定规程》等 15 项行业标准（详见附件），现予以发布。

上述标准由中国电力出版社出版发行。

附件：行业标准目录

国家能源局  
2018 年 11 月 21 日

附件：

行 业 标 准 目 录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
...						
12	NB/T 25095—2018	核电厂海工构筑物防腐施工及验收规范			2018-11-21	2019-03-01
...						



## 前 言

本标准根据《国家能源局关于下达 2014 年第二批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2015〕12 号）的要求制定。

本标准在制订过程中，广泛开展了调查研究和专题研讨，全面总结了核电厂海工构筑物防腐蚀施工及验收的经验，参考国内外有关资料，并在征求核电工程建设各方意见的基础上，经审查定稿。

本标准主要包括：混凝土结构防腐蚀、钢结构防腐蚀、腐蚀监检测工程以及工程验收等。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准主编单位：苏州热工研究院有限公司

本标准参编单位：国核电力规划设计研究院

中广核工程有限公司

大亚湾核电运营管理有限公司

中广核研究院有限公司

中交四航局二公司

中核核电运行管理有限公司

本标准主要起草人：林 斌 逄文新 史力生 周 波

李建光 颜永贵 罗碧丹 黄士奎

高玉柱 张 维 胡 安 王有为

净晓飞 秦铁男 林泽泉 付国庆

廖开星 沈新生 王亚东

本标准主要审查人：冯 新 游兆金 李宇春 杜元生

李新民 何艳红 何 蓉 韩会娟

杨铁荣 吴昉赞 詹英杰 于良忠  
曾 伟

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

## 目 次

1	总则 .....	1
2	术语 .....	2
3	基本规定 .....	3
4	混凝土结构防腐蚀 .....	5
4.1	一般规定 .....	5
4.2	基层处理 .....	8
4.3	涂层保护 .....	9
4.4	硅烷浸渍 .....	14
4.5	钢筋阻锈剂 .....	15
4.6	电化学保护 .....	17
5	钢结构防腐蚀 .....	20
5.1	一般规定 .....	20
5.2	表面预处理 .....	21
5.3	涂料保护 .....	24
5.4	金属热喷涂 .....	30
5.5	阴极保护 .....	33
6	腐蚀监检测工程 .....	42
6.1	一般规定 .....	42
6.2	腐蚀监检测工程验收 .....	42
7	工程验收 .....	43
	本标准用词说明 .....	44
	引用标准名录 .....	45
	附：条文说明 .....	47

## Contents

1	General Provisions .....	1
2	Terms .....	2
3	Basic Requirements .....	3
4	Concrete Structure Anti-corrosion .....	5
4.1	General Requirement .....	5
4.2	Surface Treatment .....	8
4.3	Coating Protection .....	9
4.4	Silane Impregnation .....	14
4.5	Steel Corrosion Inhibitor .....	15
4.6	Electrochemical Protection .....	17
5	Steel Structure Anti-corrosion .....	20
5.1	General Requirement .....	20
5.2	Surface Pretreatment .....	21
5.3	Coating Protection .....	24
5.4	Metal Thermal Spraying .....	30
5.5	Cathodic Protection .....	33
6	Corrosion Monitoring and Inspection Engineering .....	42
6.1	General Requirement .....	42
6.2	Corrosion Monitoring and Inspection Project Acceptance ..	42
7	Project Acceptance .....	43
	Explanation of Wording in This Standard .....	44
	List of Quoted Standards .....	45
	Addition: Explanations of Provisions .....	47

## 1 总 则

**1.0.1** 本规范规定了核电厂海工构筑物防腐蚀施工及验收标准。

**1.0.2** 本规范适用于核电厂海工构筑物防腐蚀的施工及验收，包括混凝土结构、钢结构防腐蚀及腐蚀监测和检测。

## 2 术 语

### 2.0.1 高性能混凝土 high performance concrete

用混凝土的常规材料、常规工艺，在常温下，以低水胶比、大掺量优质掺合料和较严格的质量控制标准制作的高耐久性、高尺寸稳定性、良好工作性及较高强度的混凝土。

### 2.0.2 自腐蚀电位 self-corrosion potential

没有净电流从金属表面流入或流出时的电极电位。

### 2.0.3 牺牲阳极阴极保护 cathodic protection with sacrifice

通过与作为牺牲阳极的金属组元耦接而对被保护体提供负电流以实现阴极保护的电化学保护方法。

### 2.0.4 外加电流阴极保护 impressed current cathodic protection

通过外部电源向被保护体提供负电流以实现阴极保护的电化学保护方法。

### 2.0.5 电解质 electrolyte

存在于钢筋与混凝土之间能够电离出自由移动离子而导电的化合物。

### 2.0.6 极化电位 polarized potential

建构筑物与电解质界面处的电位，是金属结构腐蚀电位与阴极极化值之和。

### 2.0.7 断电电位 off potential

断电瞬间测得的构筑物中钢筋在电解质中相对于参比电极的电位。

### 2.0.8 鲁金探头 luggin probe

为减少欧姆电位降对电位测量影响而使用的探头。

### 2.0.9 宏电池探头 macro cell probe

肉眼可判别阳极和阴极的腐蚀探头。

3 基 本 规 定

- 3.0.1 为保证核电厂海工构筑物防腐蚀工程的施工质量，减少腐蚀造成的损失，制订本规范。
- 3.0.2 本规范适用于新建、改建、扩建的核电厂海工构筑物防腐蚀工程的施工及验收。
- 3.0.3 核电厂海工构筑物防腐蚀工程施工及所用原材料，必须符合本规范及有关设计和施工规范的要求。
- 3.0.4 对防腐蚀有要求的施工配合比，其材料检测应合格，配合比应经试验确定，并不应随意改变。
- 3.0.5 核电厂海工构筑物必须有防腐蚀施工专项方案，并严格按照批准的专项方案施工，保证施工质量。
- 3.0.6 核电厂海工构筑物腐蚀性的部位划分见表 3.0.6。防腐蚀施工应根据设计要求和部位划分要求分别实施，相邻区域之间过渡部位的施工应参照防腐蚀要求较高的部位实施。

表 3.0.6 海工构筑物腐蚀性部位划分

掩护条件	划分类别	大气区	浪溅区	水位变动区	水下区	泥面下区
有掩护条件	按港工设计水位	设计高水位加 1.5m 以上	大气区下界至设计高水位减 1.0m 之间	浪溅区下界至设计低水位减 1.0m 之间	水位变动区下界至泥面	泥面以下区域
无掩护条件	按港工设计水位	设计高水位加 ( $\eta_0 + 1.0\text{m}$ ) 以上	大气区下界至设计高水位减 $\eta_0$ 之间	浪溅区下界至设计低水位减 1.0m 之间	水位变动区下界至泥面	泥面以下区域

续表 3.0.6

掩护 条件	划分 类别	大气区	浪溅区	水位变动区	水下区	泥面下区
无掩护 条件	按天文 潮潮位	最高天文潮 位加 0.7 倍 百年一遇有 效波高 $H_{1/3}$ 以上	大气区下界 至最高天文 潮位减百年 一遇有效波 高 $H_{1/3}$ 之间	浪溅区下界至 最低天文潮位 减 0.2 倍百年 一遇有效波高 $H_{1/3}$ 之间	水位变动区 下界至泥面	泥面以下 区域

- 注：1.  $\eta_0$  为设计高水位时的重现期 50 年  $H_{1\%}$ （波列累积频率为 1% 的波高）波峰面高度（m）。
2. 当浪溅区上界计算值低于构筑物面高程时，应取构筑物面高程为浪溅区上界。
3. 当无掩护条件的海工构筑物无法按港工有关规范计算设计水位时，可按天文潮潮位确定构筑物的部位划分。
4. 同一构件处于不同部位，宜按耐久性要求高的部位划分。



4 混凝土结构防腐蚀

4.1 一般规定

4.1.1 钢筋的混凝土保护层最小厚度应符合表 4.1.1 的规定。

表 4.1.1 钢筋的混凝土保护层最小厚度 (mm)

建筑物所处地区	大气区	浪溅区	水位变动区	水下区
北方	50	60	50	40
南方	50	65	50	40

- 注：1. 混凝土保护层厚度是指结构构件中钢筋外边缘至构件表面的最小距离。
2. 表中数值系箍筋直径为 6mm 时主钢筋的保护层厚度；当箍筋直径超过 6mm 时，保护层厚度应按表中规定增加 5mm。
3. 位于浪溅区的码头面板、桩等细薄构件的混凝土保护层，南方和北方均取 50mm。
4. 南方指历年最冷月月平均气温大于 0℃的地区。
5. 当在保护层内配置防裂、防剥落的钢筋网片时，网片钢筋的保护层厚度不应小于 30mm。

4.1.2 预应力筋的混凝土保护层最小厚度应符合下列规定。

1 当构件厚度为 0.5m 以上时符合表 4.1.2 的规定。

表 4.1.2 预应力筋的混凝土保护层最小厚值 (mm)

所在部位	大气区	浪溅区	水位变动区	水下区
保护层厚度	75	90	75	75

- 注：1. 构件厚度系指规定保护层最小厚度方向上的构件尺寸。
2. 制作构件时，如采取特殊工艺或专门防腐措施，经充分技术论证，对钢筋的防腐蚀作用确有保证时，保护层厚度可不受上述规定的限制。
3. 有效预应力小于 400MPa 的预应力筋的保护层厚度，应按表 4.1.1 执行，但不宜小于 1.5 倍主筋直径。

2 当构件厚度小于 0.5m 时，预应力筋的混凝土保护层最小厚度应为 2.5 倍预应力筋直径（mm），且不得小于 50mm。

4.1.3 配置构造钢筋的海工素混凝土结构，构造筋的混凝土保护层最小厚度应不小于 40mm，且不小于 2.5 倍构造筋直径。

4.1.4 施工期钢筋混凝土最大裂缝宽度不应超过表 4.1.4 中所规定的限值。

表 4.1.4 钢筋混凝土最大裂缝限值（mm）

大气区	浪溅区	水位变动区	水下区
0.20	0.20	0.25	0.30

4.1.5 混凝土拌和物的氯离子最高限值应符合表 4.1.5 的规定，其检测方法应符合现行行业标准《混凝土中氯离子含量检测技术规程》JGJ/T 322 的规定。

表 4.1.5 混凝土拌和物中氯离子的最高限值  
（按胶凝材料质量分数%计）

预应力混凝土结构	钢筋混凝土结构	素混凝土结构
0.06	0.10	1.30

4.1.6 普通硅酸盐水泥及硅酸盐水泥熟料中铝酸三钙含量宜在 6%~12%范围内，水泥比表面积不宜超过 350m<sup>2</sup>/kg。

4.1.7 海工混凝土严禁采用碱活性骨料。

4.1.8 粉煤灰中 CaO 含量不大于 10%。

4.1.9 外加剂对混凝土的性能应无不利影响，其氯离子含量不宜大于胶凝材料质量的 0.02%。钢筋混凝土和预应力混凝土不得掺用氯盐防冻剂。

4.1.10 混凝土拌和用水应不含有影响水泥正常凝结、硬化或促使钢筋锈蚀的饮用水，并符合表 4.1.10 中的规定。

表 4.1.10 拌和用水质量指标

项目	钢筋混凝土、预应力混凝土	素混凝土
pH 值	>5.0	>4.5
不溶物 (mg/L)	<2000	<5000
可溶物 (mg/L)	<2000	<5000
氯化物 (以 Cl <sup>-</sup> 计, mg/L)	<200	<200
硫酸盐 (以 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 计, mg/L)	<600	<2200

- 4.1.11 钢筋混凝土和预应力混凝土均不得采用未处理过的海水拌和。
- 4.1.12 预应力混凝土、钢筋混凝土构件不得使用海水养护。应尽量延长新浇混凝土与海水等氯盐接触前的养护龄期。
- 4.1.13 混凝土中胶凝材料最高用量不宜超过 500kg/m<sup>3</sup>。
- 4.1.14 混凝土中的总含碱量不宜超过 3.0kg/m<sup>3</sup>。
- 4.1.15 后张有黏结预应力筋应采用全长连续密封的高密度塑料波纹管作为孔道管，并应用真空压浆技术。水泥浆中氯离子总量不应超过水泥质量的 0.06%。预应力筋的锚固端应有可靠的防锈措施，封端混凝土应具有良好的抗裂性，质量应高于构件本体混凝土，水胶比不大于 0.4。金属锚具的混凝土保护层厚度应不小于 90mm 并加塑料密封罩。
- 4.1.16 由于不均匀沉降、混凝土收缩或温度效应引起的应力，应通过合理设计和采取分缝、温度控制等施工措施控制在允许范围内。
- 4.1.17 暴露在混凝土结构构件外的吊环、紧固件、连接件等金属部件，表面应采用可靠的防腐措施。
- 4.1.18 施工缝、伸缩缝等连接缝的设置宜避开局部环境作用不利的部位，否则应采取有效的防护措施。在水位变动区和浪溅区，不宜设置施工缝与连接缝。伸缩缝及附近部位的混凝土宜局部采

取防腐蚀附加措施。

**4.1.19** 涂刷防腐涂层的混凝土表面基层应整洁、密实、干燥、坚固、无非结构凹凸变化。如不满足要求，应进行基层处理。

## 4.2 基 层 处 理

**4.2.1** 涂刷防腐涂层的水泥砂浆或混凝土表面基层，坡度和强度应符合设计要求，不应有起砂、起壳、裂缝、蜂窝麻面等现象。平整度应用 2m 直尺检查，允许空隙不应大于 5mm。

**4.2.2** 当在水泥砂浆或混凝土基层表面进行块材铺砌施工时，基层的阴阳角应做成直角；进行其他种类防腐蚀施工时，基层的阴阳角应做成斜面或圆角。

**4.2.3** 基层必须干燥。在深为 20mm 的厚度层内含水率不应大于 6%。当设计对湿度有特殊要求时，应按设计要求进行施工。当使用湿固化型环氧树脂固化剂施工时，基层的含水率可不受此限制，但基层表面不得有浮水。

**4.2.4** 基层表面必须洁净。防腐蚀施工前，应将基层表面的浮灰、水泥渣及疏松部位清理干净。基层表面的处理方法，宜采用砂轮或钢丝刷等打磨表面，然后用干净的软毛刷、压缩空气或吸尘器清理干净。当有条件时，可采用轻度喷砂法，使基层形成均匀粗糙面。

**4.2.5** 已被油脂、化学药品污染的表面或改建、扩建工程中已被侵蚀的疏松基层应进行表面预处理处理方法应符合下列规定。

1 被油脂、化学药品污染的表面可使用溶剂、洗涤剂、碱液洗涤或用火烤、蒸汽吹洗等方法处理，但不得损坏基层；

2 被腐蚀介质侵蚀的疏松基层必须凿除干净，用细石混凝土等填补，养护之后按新的基层进行处理。

**4.2.6** 凡穿过防腐层的管道、套管、预留孔、预埋件，均应预先埋置或留设。

## 4.3 涂 层 保 护

### 4.3.1 一般规定

1 本章所列防腐蚀涂料包括过氯乙烯漆、沥青漆、漆酚树脂漆、酚醛树脂漆、环氧树脂漆、聚氨基甲酸酯漆、氯化橡胶漆和氯磺化聚乙烯漆。

2 防腐蚀涂料的质量，应符合本规范 7.0.3 规定。

3 腻子、底漆、磁漆、清漆的配套使用应符合设计要求。不同厂家、不同品种的防腐蚀涂料需掺合使用时，应经试验确定；未经试验的不得掺合使用。

4 防腐蚀涂料工程的施工，环境温度宜为  $15^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不宜大于 80%；施工时应通风良好，在前一遍漆未干前不得涂刷第二遍漆。全部涂层完成后，应自然干燥 7 昼夜以后方可交付使用。不得在雨、雾、雪天进行室外施工，不宜在强烈日光照射下施工。

5 防腐蚀涂料和稀释剂在储存、施工及干燥过程中，不得与酸、碱及水接触。严禁明火，并应防尘、防曝晒。

6 配漆所用的填料应干燥，其耐酸率不应小于 95%，含水率不应大于 0.5%，细度要求 0.075mm 筛孔筛余不应大于 15%。

7 进行防腐蚀涂料施工时，应先进行试涂。

8 使用防腐蚀涂料时，应先搅拌均匀；当有碎漆皮及其他杂物时，必须过筛除净后，方可使用。开桶使用后的剩余涂料，必须密封保存。

### 4.3.2 涂料的施工

1 乙烯磷化底漆的配制与施工，应符合下列规定：

1) 乙烯磷化底漆（简称磷化底漆）可用于钢材表面的磷化处理，但不得代替防腐蚀涂料中的底漆使用。

2) 磷化底漆的质量配合比，应为底漆与磷化液之比为 4:1。配制时，应先将搅匀的底漆放入非金属容器中边

搅拌边慢慢加入磷化液，混合均匀放置 30min 后方可使用，并应在 12h 内用完。

- 3) 磷化底漆应涂覆一层，厚度宜为  $8\mu\text{m}\sim 12\mu\text{m}$ ，耗漆量宜为  $80\text{g}/\text{m}^2$ ，宜采用喷涂法施工；当采用刷涂时，不宜往复进行。
  - 4) 磷化底漆施工黏度宜为 15s。调整黏度所用的稀释剂为乙醇和丁醇的混合液，其质量配比为工业乙醇与丁醇之比为 3:1。
  - 5) 涂覆磷化底漆 2h 后，应立即涂覆配套防腐涂料的底漆，涂覆时间不得超过 24h。
- 2 过氯乙烯漆的配制与施工，应符合下列规定。
- 1) 在水泥砂浆、混凝土及木质的基层上，应先用过氯乙烯防腐清漆打底，再涂覆过氯乙烯底漆。在金属的基层上，当采用喷砂处理时，喷砂后应先涂覆乙烯磷化底漆，再用过氯乙烯底漆打底；当采用人工除锈时，除锈后应用铁红醇酸底漆或铁红环氧树脂底漆打底；底漆实干后，方可进行各涂层的施工。
  - 2) 过氯乙烯漆必须配套使用，按底漆、磁漆、清漆（面漆）的顺序施工，并应在底漆与磁漆及磁漆与清漆之间涂覆过渡漆，过渡漆的质量配比为底漆:磁漆或磁漆:清漆为 1:1。
  - 3) 除底漆外，过氯乙烯漆的施工，应连续进行。
  - 4) 过氯乙烯漆的施工，宜采用喷涂；当采用刷涂时，不宜往复进行。
  - 5) 过氯乙烯漆的施工黏度：喷涂时应为 14s~25s；刷涂时，底漆应为 30s~40s，磁漆、清漆、过渡漆应为 20s~40s；调整黏度的稀释剂应采用专用稀释剂，严禁使用醇类稀释剂或汽油。
  - 6) 当施工的环境湿度大于 70%时，宜减少稀释剂用量。

- 3 沥青漆的配制与施工,应符合下列规定:
  - 1) 在水泥砂浆、混凝土及木质的基层上,应先用稀释的沥青清漆打底;在金属的基层上,宜用铁红醇酸底漆或红丹酚醛防锈漆打底。
  - 2) 底漆实干后,方可涂刷沥青耐酸漆或沥青漆。沥青耐酸漆也可不用底漆,直接涂刷在金属的基层上。
  - 3) 当进行刷涂施工时,每层漆应在前层漆实干后涂刷,施工的间隔宜为 24h。
  - 4) 刷涂时的施工黏度,应为 25s~50s。当黏度过大时,可用溶剂稀释。当施工的环境温度较低、干燥较慢时,可加入不超过涂料量 5%的催干剂。
- 4 环氧树脂漆的配制与施工,应符合下列规定:
  - 1) 环氧树脂漆包括环氧酯底漆、胺固化环氧树脂漆和胺固化环氧沥青漆。环氧酯底漆为单组分。胺固化环氧树脂漆、胺固化环氧沥青漆均为双组分。配合比应按产品说明书,使用时将两组分按配比准确称量,混合搅匀,并放置 1h 后方可使用,并宜在 6h 内用完。
  - 2) 在水泥砂浆、混凝土及木质的基层上,宜先用质量比为清漆与稀释剂之比为 5:1~7:1 的稀释清漆打底,然后再涂刷环氧酯底漆或环氧沥青底漆;底漆实干后,方可进行其他各层漆的施工,每层漆应在前一层漆实干后涂刷,施工的间隔宜为 6h~8h。
  - 3) 施工黏度刷涂时应为 30s~40s;喷涂时应为 18s~25s。当黏度过大时,可用稀释剂稀释,环氧酯底漆、胺固化环氧树脂漆使用的稀释剂其质量比为二甲苯与丁醇之比为 7:3;胺固化环氧沥青漆使用的稀释剂为甲苯、丁醇、环己酮、氯化苯之比为 7:1:1:1。
- 5 聚氨酯甲酸酯漆(简称聚氨酯漆)应符合设计要求。



4.3.3 涂层与涂料验收

涂料品质与涂层性能应满足下列要求：

- 1 防腐蚀涂料应具有良好的耐碱性、附着性和耐蚀性，底层涂料尚应具有良好的渗透能力；表层涂料尚应具有耐老化性。
- 2 表湿区防腐蚀涂料应具有湿固化、耐磨损、耐冲击和耐老化等性能。
- 3 涂层的性能应满足表 4.3.3-1 的要求。涂层与混凝土表面的黏结力不得小于 1.5MPa。

表 4.3.3-1 涂层性能要求

项目	试验条件	标 准	涂层名称
涂层外观	耐老化试验 1000h 后	不粉化、不起泡、不龟裂、不剥落	底层+中间层+面层的复合涂层
	耐碱试验 30d 后	不起泡、不龟裂、不剥落	
	标准养护后	均匀，无流挂、无斑点、不起泡、不龟裂、不剥落等	
抗氯离子渗透性	活动涂层片抗氯离子渗透试验 30d 后	氯离子穿过涂层片的渗透量在 $5.0 \times 10^{-3} \text{mg}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$ 以下	底层+中间层+面层的复合涂层

注：涂层的耐老化性系采用涂装过的尺寸为 70mm×70mm×20mm 的砂浆试件，按现行国家标准《色漆和清漆 人工气候老化和人工辐射曝露 滤过的氙弧辐射》GB/T 1865 测定。

4 涂层系统应符合下列规定。

- 1) 涂层系统应由底层、中间层和面层或底层和面层的配套涂料涂膜组成。选用的配套涂料之间应具有相容性。
- 2) 根据设计使用年限及环境状况设计涂层系统，其配套涂料及涂层最小平均厚度可按表 4.3.3-2 选用。



表 4.3.3-2 混凝土表面涂层最小平均厚度

设计使用 年限 (a)	配套涂料名称			涂层干膜最小平均厚度 (μm)		
				表湿区	表干区	
20	1	底层		环氧树脂封闭漆	无厚度要求	无厚度要求
		中间层		环氧树脂漆	300	250
		面层	I	丙烯酸树脂漆或氯化橡胶漆	200	200
			II	聚氨酯磁漆	90	90
			III	乙烯树脂漆	200	200
	2	底层		丙烯酸树脂封闭漆	15	15
		面层		丙烯酸树脂漆或氯化橡胶漆	500	450
	3	底层		环氧树脂封闭漆	无厚度要求	无厚度要求
		面层		环氧树脂或聚氨酯煤焦油沥青漆	500	500
10	1	底层		环氧树脂封闭漆	无厚度要求	无厚度要求
		中间层		环氧树脂漆	250	200
		面层	I	丙烯酸树脂漆或氯化橡胶漆	100	100
			II	聚氨酯磁漆	50	50
			III	乙烯树脂漆	100	100
	2	底层		丙烯酸树脂封闭漆	15	15
		面层		丙烯酸树脂漆或氯化橡胶漆	350	320
	3	底层		环氧树脂封闭漆	无厚度要求	无厚度要求
		面层		环氧树脂或聚氨酯煤焦油沥青漆	300	280

- 5 涂层质量控制与检查应符合下列规定：
- 1) 施工过程中，应对每一道工序进行认真检查。
  - 2) 应按设计要求的涂装道数和涂膜厚度进行施工，随时用湿膜厚度规检查湿膜厚度，以控制涂层的最终厚度

及其均匀性。

- 3) 涂装施工过程中应随时注意涂层湿膜的表面状况,当发现漏涂、流挂等情况时,应及时进行处理。每道涂装施工前应对上道涂层进行检查。
- 4) 涂装后应进行涂层外观目视检查。涂层表面应均匀、无气泡、裂缝等缺陷。
- 5) 涂装完成 7d 后,应进行涂层干膜厚度测定。每 50m<sup>2</sup> 面积随机检测一个点,测点总数应不少于 30。平均干膜厚度应不小于设计干膜厚度,最小干膜厚度应不小于设计干膜厚度的 75%。当不符合上述要求时,应根据情况进行局部或全面补涂,直至达到要求的厚度为止。
- 6) 涂层竣工验收应在涂装完成后 14d 内进行。验收时应提交下列资料:
  - a) 各种涂料出厂合格证或质量检验文件,进场验收记录。
  - b) 原设计文件或设计变更文件。
  - c) 涂装施工记录。包含混凝土表面处理记录、湿膜厚度检验记录、有机溶剂添加记录、修补及返工记录、干膜厚度检验记录、涂层附着力检测记录;对于钢结构表面涂装工程,还应包含涂装温湿度记录、露点记录、钢结构表面清洁度及表面粗糙度记录。

## 4.4 硅 烷 浸 渍

### 4.4.1 硅烷浸渍施工

1 硅烷浸渍适用于核电厂海工构筑物浪溅区混凝土结构表面的防腐蚀保护。宜采用异丁烯三乙氧基硅烷单体作为硅烷浸渍材料,其他硅烷浸渍材料经论证也可采用。异丁烯三乙氧基硅烷

质量应满足下列要求:

- 1) 异丁烯三乙氧硅烷含量不应小于 98.9%;
- 2) 硅氧烷含量不应大于 0.3%;
- 3) 可水解的氯化物含量不应大于 1/10 000;
- 4) 密度应为  $0.88\text{g/cm}^3$ ;
- 5) 活性应为 100%，不得以溶剂或其他液体稀释。

2 浸渍硅烷前应进行喷涂试验。试验区面积应为  $1\text{m}^2 \sim 5\text{m}^2$ ，施工工艺应符合设计规定。完成试验区的喷涂工作后，在试验区随机钻取 6 个芯样，并各取两个芯样分别进行吸水率、硅烷浸渍深度和氯化物吸收量的降低效果测试。当测试结果符合 4.4.2 规定的合格判定标准时，方可在结构上浸渍硅烷。

#### 4.4.2 硅烷浸渍验收

1 浸渍硅烷质量的验收应以每  $500\text{m}^2$  浸渍面积为一个浸渍质量的验收批。浸渍硅烷工作完成后，按规定的方法各取两个芯样进行吸水率、硅烷浸渍深度、氯化物吸收量的降低效果的测试。当任一验收批硅烷浸渍质量的三项测试结果中任意一项不满足下列要求时，该验收批应重新浸渍硅烷：

- 1) 吸水率平均值不应大于  $0.01\text{mm}/\text{min}^{1/2}$ 。
- 2) 对强度等级不大于 C45 的混凝土，浸渍深度应达到  $3\text{mm} \sim 4\text{mm}$ ；对强度等级大于 C45 的混凝土，浸渍深度应达到  $2\text{mm} \sim 3\text{mm}$ 。
- 3) 氯化物吸收量的降低效果平均值不小于 90%。

2 硅烷的浸渍深度宜采用染料指示法评定。浸渍硅烷前的喷涂试验可采用热分解气相色谱法，当硅烷喷涂施工中对染料指示法的检测结果有疑问时，也可采用热分解色谱法进行最终结果评定。

### 4.5 钢筋阻锈剂

#### 4.5.1 一般规定

下列情况宜掺加亚硝酸钙阻锈剂，或以亚硝酸钙为主剂的复

合阻锈剂以及质量符合 4.5.3 规定的其他阻锈剂:

- 1 因条件限制, 混凝土构件的保护层偏薄;
- 2 预应力混凝土氯离子含量超过 0.06%, 钢筋混凝土氯离子含量超过 0.10%;
- 3 恶劣环境中的重要工程, 其浪溅区和水位变化区要求进一步提高优质混凝土或高性能混凝土的护筋性。

4.5.2 阻锈剂施工

1 浓度为 30% 的亚硝酸钙阻锈剂溶液推荐掺量, 可按表 4.5.2 的规定值选取。所选定的亚硝酸钙掺量应符合盐水浸烘试验的质量合格标准。其他阻锈剂的掺量, 应按生产厂家建议值和预期的氯化物含量, 通过盐水浸烘试验确定。

表 4.5.2 浓度为 30% 的亚硝酸钙溶液阻锈剂的推荐掺量

钢筋周围混凝土的酸溶性氯化物含量预期值 (kg/m <sup>3</sup> )	阻锈剂掺量 (L/m <sup>3</sup> )
1.2	5
2.4	10
3.6	15
4.8	20
5.9	25
7.2	30

2 在特殊情况下, 混凝土拌和物的氯化物含量超过 4.5.1 的规定值需掺加阻锈剂时, 应进行阻锈剂掺量的验证试验, 并应将预期渗入的氯化物含量加上该混凝土拌和物已有的氯化物含量, 作为验证试验所采用的氯化物掺量。

3 阻锈剂可与高性能混凝土、环氧涂层钢筋、混凝土表面涂层、硅烷浸渍等联合使用, 并具有叠加保护效果。

4 采用阻锈剂溶液时, 混凝土拌和物的搅拌时间应延长 1min; 采用阻锈剂粉剂时, 应延长 3min。

4.5.3 阻锈剂验收

阻锈剂质量验证试验应符合表 4.5.3 的规定。

表 4.5.3 阻锈剂质量验证试验标准

试验项目	试验方法	规 定
钢筋在砂浆中的阳极极化试验	按《水运工程混凝土试验规程》JTJ 270。砂浆的氯化钠掺量为 1.5%，阻锈剂掺量按生产厂家的规定采用。当单掺亚硝酸钙时，其掺量应为 1.5%	电极通电后 15min，电位跌落值不得超过 50mV。先进行新拌砂浆中的试验，若不合格再进行硬化砂浆中的试验，若仍不合格则应判为不合格
盐水浸烘试验	按《水运工程混凝土试验规程》JTJ 270	浸烘 8 次后，掺阻锈剂比未掺阻锈剂的混凝土试件中钢筋腐蚀失重率减少 40%以上
掺阻锈剂与未掺阻锈剂的优质或高性能混凝土抗压强度比	按《水运工程混凝土试验规程》JTJ 270	≥90%
掺阻锈剂与未掺阻锈剂的水泥初凝时间差和终凝时间差	按《水运工程混凝土试验规程》JTJ 270	均在±60min 内
掺阻锈剂与未掺阻锈剂的优质混凝土的抗氯离子渗透性	按《水运工程混凝土试验规程》JTJ 270	不降低

4.6 电 化 学 保 护

4.6.1 一般规定

1 采用阴极保护可消除多种类型结构的锈蚀，但必须遵循以下原则：

- 1) 阴极保护不可复原已锈蚀钢筋；
- 2) 对于预应力混凝土结构，不推荐广泛采用外加电流阴极保护；
- 3) 后张结构需经防锈工程师分析后，方可采用牺牲阳极保护法；
- 4) 在设置阴极保护体系前，必须先检查钢筋的导电性；

- 5) 混凝土必须具有适当的电阻率和含水率,以保证足够的导电性。

#### 4.6.2 阴极保护施工与质量验收

1 阴极保护施工应符合《大气混凝土中钢筋的阴极保护》GB/T 28721 的规定,应满足以下要求:

- 1) 阴极保护系统每一区域内的建筑物或构筑物各构件钢筋及其他金属构件的电连续性;
- 2) 外加电流阴极保护应避免辅助阳极与钢筋相互接触,并在施工过程对钢筋的电连续性进一步核查;
- 3) 安装阳极之前,不应在修复区域表面使用专用养护膜;
- 4) 活性钛阳极应按照网状或格状形式分布在混凝土表面;
- 5) 阳极之间应采用钛导电条采用点焊连接,阳极/电缆连接接头应牢固,接触电阻小于  $0.01\Omega$ ;
- 6) 预埋牺牲阳极与钢筋相连并预埋在混凝土中,应沿修补部位周边布置。

2 阴极保护系统各项设施必须按设计及安装要求逐项检查合格,检测仪器经校验后方可进行调试。阴极保护防腐工程保护指标应满足下列指标之一:

- 1) 去除 IR 降后的保护电位范围:普通钢筋为  $-720\text{mV} \sim -1100\text{mV}$ ;预应力钢筋为  $-720\text{mV} \sim -900\text{mV}$  (相对于  $\text{Ag}/\text{AgCl}/0.5\text{mol/L KCl}$  参比电极,下同);
- 2) 断电 24h 内的极化电位衰减不小于  $100\text{mV}$ ;
- 3) 断电超过 24h 后,极化电位衰减至少  $150\text{mV}$ 。

3 施工单位应配合维护单位或监理单位按本规范的有关规定对电化学防腐蚀施工质量进行控制与检验,验收时应提交下列资料:

- 1) 设计文件及设计变更文件;
- 2) 各种材料和设备出厂检验合格证、现场检验文件;
- 3) 施工检查检测记录和调试记录;

- 4) 施工记录;
- 5) 施工图、竣工图和施工总结;
- 6) 维护管理原则要求。

## 5 钢 结 构 防 腐 蚀

### 5.1 一 般 规 定

**5.1.1** 位于水位变动区以下的钢结构宜采用相同的钢种；当采用不同的钢种时，必须采取消除电偶腐蚀的措施。

**5.1.2** 承受交变应力的水下区钢结构必须进行阴极保护。

**5.1.3** 有条件时，核电厂海工构筑物钢结构应减少在浪溅区的表面积，宜采用易于进行防腐蚀施工的结构型式。

**5.1.4** 埋于混凝土桩帽、墩台或胸墙中的钢桩应做好钢桩之间的电连接。

**5.1.5** 水位变动区及以下部位的辅助构件或预埋件应与主体钢结构进行电连接。

**5.1.6** 与主构件连接的临时性钢结构应予以拆除。

**5.1.7** 防腐蚀设计应符合下列规定：

1 设计前应掌握被保护钢结构所处环境条件、结构型式、外形尺寸和使用状况等资料。当资料不全时，可参考类似工程经验或进行现场勘察。

2 初步设计应编制设计说明书，技术指标应简单明确。施工图设计应包括施工图、施工工艺和质量检验标准。

3 腐蚀措施应根据结构的部位、保护年限、施工、维护管理、安全要求和技术经济效益等因素确定，并应符合下列规定：

- 1) 大气区的防腐蚀应采用涂层或金属喷涂层保护。陆域结构型式复杂或厚度小于 1mm 的薄壁钢结构可采用热浸镀锌或电镀锌加涂料保护。
- 2) 浪溅区和水位变动区的防腐蚀宜采用重防蚀涂层或



金属热喷涂层加封闭涂层保护,也可采用树脂砂浆或包覆有机复合层、复合耐蚀金属层保护。

- 3) 水下区的防腐蚀可采用阴极保护和涂层联合保护或单独采用阴极保护。当单独采用阴极保护时,应考虑施工期的防腐蚀措施。
- 4) 泥下区的防腐蚀应采用阴极保护。当将牺牲阳极埋设于海泥中时,应选用适当的阳极材料,并应考虑其驱动电压和电流效率的下降。
- 5) 钢板桩岸侧、锚固桩及拉杆等海港埋地钢结构的防腐蚀宜采用外加电流阴极保护和涂层联合保护,也可采用牺牲阳极阴极保护和涂层联合保护。钢拉杆的防腐蚀可采用阴极保护和包缠有机防腐蚀材料联合保护。

#### 5.1.8 防腐蚀施工应符合下列规定:

- 1 防腐蚀工程所用的设备、材料和仪器必须经过实际应用或有关试验论证,并具备出厂质量合格证或质量检验报告,必要时应进行质量复检。
- 2 防腐蚀工程的施工应满足国家有关法律、法规对环境保护的要求,防腐蚀施工应有妥善的安全防范措施。
- 3 施工人员须穿戴好安全帽、劳保鞋、防毒口罩、护目镜等劳保用品方可进入施工区域。
- 4 涂漆工艺安全及其通风净化应符合《涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风净化》GB 6514 的规定。

## 5.2 表面预处理

### 5.2.1 一般规定

- 1 钢结构在涂装之前必须进行表面预处理。
- 2 防腐蚀设计文件应提出表面预处理的质量要求,表面清洁度和表面粗糙度应做出明确规定。

- 3 钢结构表面处理的等级应分为两级，应符合下列规定：
- 1) 一级钢结构表面无可见的油脂、污垢、氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物，任何残留的痕迹只能是点状或条纹状的轻微色斑；
  - 2) 二级钢结构表面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。

5.2.2 表面预处理施工

- 1 钢结构表面应平整，施工前应把焊渣、毛刺铁锈、油污等清除干净，并应用砂轮机对锐利的切割边缘进行处理。
- 2 按表 5.2.2-2 所列方法之一清洗结构表面可见的油脂见表 5.2.2-1。

表 5.2.2-1 表面脱脂净化方法的适用范围

清洗方法	适用范围	注意事项
采用汽油、过氯乙烯、丙酮等溶剂清洗	清除油脂、可溶污物、可溶涂层	若需保留旧涂层，应使用对该涂层无损的溶剂，溶剂及抹布应经常更换
采用如氢氧化钠、碳酸钠等碱性清洗剂清洗	除掉可皂化涂层、油脂和污物	清洗后应充分冲洗，并做钝化和干燥处理
采用 OP 乳化剂等乳化清洗	清除油脂及其他可溶污物	清洗后应用水冲洗干净，并做干燥处理

3 除锈清洁度的最低等级要求应符合表 5.2.2-2 的规定。重要工程主要钢结构除锈清洁度的最低等级应提高一级。

表 5.2.2-2 不同涂料表面清洁度的最低等级要求

涂料品种	表面清洁度最低等级	
	喷射或抛射除锈	手工或动力工具除锈
金属热喷涂层、富锌漆	Sa 2 $\frac{1}{2}$ （热喷铝涂层及无机富锌涂层为 Sa3）	不允许
环氧沥青漆、聚氨酯漆	Sa2	St3

4 表面粗糙度可根据涂装系统和涂层厚度按表 5.2.2-3 选取, 并不宜超过涂装系统总干膜厚度的 1/3。

表 5.2.2-3 表面粗糙度选择范围

涂装系统	常规防腐涂料	厚浆型重防腐涂料	金属热喷涂
涂层厚度 ( $\mu\text{m}$ )	100~250	400~800	100~300
表面粗糙度 ( $\mu\text{m}$ )	40~70	60~100	40~85

5 喷射清理的等级应符合 5.2.2-2 的规定。工作环境必须满足空气相对湿度低于 85%，钢结构表面温度不低于露点以上 3℃。

6 喷射清理所用的压缩空气应经过冷却装置和油水分离器处理, 油水分离器应定期清理。

7 喷射式喷砂机的工作压力宜为 0.50MPa~0.70MPa; 喷砂机喷口处的压力宜为 0.35MPa~0.50MPa, 但对壁厚小于 4mm 的薄壁构件, 压力可略低于下限。

8 喷嘴与被喷射钢结构表面的距离宜为 100mm~300mm; 喷射方向与被喷射钢结构表面法线之间的夹角宜为 15°~30°。

9 喷嘴孔口磨损直径增大 25% 时宜更换喷嘴。

10 喷射清理所用的磨料必须清洁、干燥。磨料的种类和粒度应根据钢结构表面的原始锈蚀程度、设计或涂装规格书所要求的喷射工艺、清洁度和表面粗糙度进行选择。壁厚大于或等于 4mm 的钢构件可选用粒度为 0.5mm~1.5mm 的磨料, 壁厚小于 4mm 的钢构件应选用粒度较小的磨料。

11 涂层缺陷的局部修补和无法进行喷射清理时可采用手动和动力工具除锈。

12 表面清理后, 应用吸尘器或干燥、洁净的压缩空气清除浮尘和碎屑, 清理后的表面不得用手触摸。

13 清理后的钢结构表面应及时涂刷底漆, 间隔时间不应超

过 8h; 涂装前如发现表面被污染或返锈, 应重新清理至原要求的表面清洁度等级。

14 喷砂工人在进行喷砂作业时应穿戴防护用具, 在工作间内作业时呼吸用空气应进行净化处理。

15 露天作业时应做防尘和环境保护。

### 5.2.3 质量验收

1 表面清洁度和表面粗糙度的质量验收, 均应在良好的散射日光下或照度相当的人工照明条件下进行。

2 表面清洁度等级评定时, 应用 GB/T 8923 中的照片与被基体金属的表面进行目视比较, 评定方法应按 GB/T 8923 的规定执行。

3 表面粗糙度评定应采用比较样块法或仪器法按以下要求执行:

- 1) 采用比较样块法应按 GB/T 13288 的规定进行评定。
- 2) 采用仪器法应按以下要求执行: 用表面粗糙度仪检测粗糙度时, 在 40mm 的评定长度范围内测 5 点, 取其算术平均值为此评定点的表面粗糙度, 每 10m<sup>2</sup> 表面应不少于 2 个评定点。

## 5.3 涂 料 保 护

### 5.3.1 一般规定

1 防腐蚀涂料宜选用经过工程实践证明其综合性能良好的产品, 选用新产品应进行技术和经济论证。

2 同一涂装配套中的底、中、面漆宜选用同一厂家的产品。

3 涂料应有完备的材质证明资料。

4 涂料应符合涂装施工的环境条件。

### 5.3.2 涂料选择

1 大气区采用的防腐蚀涂料应具有良好的耐候性。大气区的涂层系统可按表 5.3.2-1 选用。

表 5.3.2-1 大气区涂层系统

设计使用年限 (a)	配套涂料名称			平均涂层厚度 (μm)
10~20	组合配 套	底层	富锌漆	75
		中间层	环氧云铁防锈漆	100
		面层	聚氨酯漆、丙烯酸树脂漆、氟 碳涂料	100~150
	同品种配套		聚氨酯漆、丙烯酸树脂漆、氟 碳涂料	300~350
5~10	组合配 套	底层	富锌漆	50
		中间层	环氧云铁防锈漆	80
		面层	氯化橡胶漆、聚氨酯漆、丙烯 酸树脂漆	80~120
	同品种配套		氯化橡胶漆、聚氨酯漆、丙烯 酸树脂漆	220~250

2 浪溅区和水位变动区采用的防腐蚀涂料应能适应干湿交替变化，并应具有耐磨损、耐冲击和耐候的性能。浪溅区和水位变动区的涂层系统可按表 5.3.2-2 选用。

表 5.3.2-2 浪溅区和水位变动区涂层系统

设计使用年限 (a)	配套涂料名称			平均涂层厚度 (μm)
10~20	组合配 套	底层	富锌漆	75
		中间层	环氧树脂漆、环氧云铁防锈漆	300
		面层	厚浆型环氧漆、聚氨酯漆、丙 烯酸树脂漆	100~125
	同品种配套		厚浆型环氧漆、聚氨酯漆、丙 烯酸树脂漆、环氧沥青	450~500

续表 5.3.2-2

设计使用年限 (a)	配套涂料名称			平均涂层厚度 (μm)
5~10	组合配 套	底层	富锌漆	40
		中间层	环氧树脂漆、聚氨酯漆、氯化 橡胶漆	200
		面层	厚浆型环氧漆、氯化橡胶漆、 聚氨酯漆、丙烯酸树脂漆	75~100
	同品种配套		厚浆型环氧漆、聚氨酯漆、氯 化橡胶漆、环氧沥青漆	300~350

3 水下区和水位变动区采用的防腐蚀涂料应能与阴极保护配套，具有较好的耐电位性和耐碱性。水下区的涂层系统可按表 5.3.2-3 选用。

表 5.3.2-3 水下区涂层系统

设计使用年限 (a)	配套涂料名称			平均涂层厚度 (μm)
10~20	组合配 套	底层	富锌漆	75
		中间层	环氧树脂漆、聚氨酯漆	250~300
		面层	厚浆型环氧漆、聚氨酯漆、氯 化橡胶漆	125
	同品种配套		厚浆型环氧漆、聚氨酯漆、环 氧沥青漆	450~500
5~10	组合配 套	底层	富锌漆	75
		中间层	环氧树脂漆、聚氨酯漆、氯化 橡胶漆	150
		面层	厚浆型环氧漆、氯化橡胶漆、 聚氨酯漆	75~100
	同品种配套		厚浆型环氧漆、聚氨酯漆、氯 化橡胶漆、环氧沥青漆	300~350

4 设计使用年限 20 年以上的防腐涂装应采用重防腐涂层，涂层系统可参照表 5.3.2-4 选用。

表 5.3.2-4 设计使用年限 20 年以上的涂层系统

环境区域	配套涂料名称			平均涂层厚度 ( $\mu\text{m}$ )
大气区	组合 配套	底层	富锌漆	75
		中间层	环氧云铁涂料、环氧玻璃磷片 涂料	350~400
		面层	氟碳涂料	100
浪溅区、水位变 动区、水下区	组合 配套	底层	富锌漆	75
		中间层	环氧云铁涂料	400
			环氧玻璃磷片涂料	350
		面层	环氧重型防腐涂料、厚浆型聚氨 酯涂料、厚浆型环氧玻璃磷片涂料	250~300
	同品种配套		环氧重型防腐涂料	800
			厚浆型聚氨酯涂料	800
			厚浆型环氧玻璃磷片涂料	700

5 设计使用年限 30 年以上的防腐技术应根据涂装配套、工艺要求和环境适应性分析确定，可选择包覆厚度不小于 1mm 耐腐蚀合金、包覆厚度不小于 5mm 的热塑性聚乙烯复合包覆层、包覆厚度不小于 3mm 的环氧玻璃钢包覆层和包缠矿脂胶带防腐系统。

6 设计使用年限 10 年以上的防腐蚀涂层性能应符合表 5.3.2-5 的规定。

表 5.3.2-5 设计使用年限 10 年以上的防腐蚀涂层性能表

性能	指标	测试方法执行标准
耐盐雾 (h)	4000	GB/T 1771
耐老化 (h)	2000	GB/T 1865

续表 5.3.2-5

性能	指标	测试方法执行标准
耐湿热 (h)	4000	GB/T 1740
附着力 (MPa)	4	GB/T 5210
耐电位 (V)	-1.20	GB/T 7788

注：1. 耐电位指标为相对于银/氯化银电极；  
2. 当采用外加电流阴极保护时，配套涂层耐阴极电位为-1.50V。

5.3.3 涂料施工

- 1 涂装前应对钢结构表面进行外观检查，钢结构的表面清洁度和表面粗糙度应满足设计要求。
- 2 涂装方法和涂刷工艺应根据所选用涂料的物理性能、施工条件和被涂钢结构的形状进行选择，并应符合涂料规格书或产品说明书的规定。
- 3 表面预处理与涂装之间的间隔时间应尽可能缩短，在潮湿或工业大气等环境条件下，应在 2h 内涂装完毕；在车间作业或湿度较低的晴天不应超过 8h。
- 4 涂装前，不涂装或楔槽、油孔、轴孔、加工后配合面和工地焊缝两侧等暂不涂装部位，应采取遮蔽措施。
- 5 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，焊缝和边角部位宜采用刷涂方法进行第一道施工，其余部位应选用高压无气喷涂或空气喷涂。
- 6 涂装作业宜在通风良好的室内进行；如在工地现场施工，应在清洁的环境中进行，避免未干的涂层被灰尘等污染。
- 7 涂装过程中，应进行湿膜外观检查，不应有漏涂、流挂等缺陷，宜用湿膜测厚仪估测湿膜厚度。
- 8 需在工地拼装焊接的钢结构，其焊缝两侧应先涂刷不影响焊接性能的车间底漆，厚度应为 20μm 左右。焊接完毕后应对焊缝热影响区进行二次表面清理，并应按设计要求进行重新涂装。



9 涂层系统各层之间的涂装间隔时间应符合产品说明书或规格书的要求，如超过其最长间隔时间，应用粗砂布打毛后再涂刷下一道涂层。

10 涂装后应对涂膜进行维护，在固化前应避免雨淋、曝晒及践踏，在吊装搬运过程中应采取减少对涂层损伤的措施。

5.3.4 质量检验

1 涂膜固化后应进行外观检验。表面应均匀一致，无流挂、皱纹、鼓泡、针孔、裂纹等缺陷。

2 涂膜固化后应进行干膜厚度测定。85%以上的局部厚度应达到设计厚度；没有达到设计厚度的部位，其最小局部厚度应不低于设计厚度的 85%。

3 涂膜固化后应选用划格法或拉开法进行附着力检验。附着力检验为破坏性试验，宜做抽检或带样试验。涂层附着力满足表 5.3.4-1 定量指标或设计要求。

表 5.3.4-1 涂层附着力定量指标

涂料类别	附着力（MPa）
环氧类、聚氨酯类、氟碳涂料	≥5.0
氯化橡胶类、丙烯酸树脂类、乙烯树脂类、无机富锌类、环氧沥青、醇酸树脂类	≥3.0
酚醛树脂、油性涂料	≥1.5

4 对于厚浆型涂料涂膜，应用针孔仪进行全面检查，发现针孔应及时处理。涂层厚度与针孔仪选用检测电压关系见表 5.3.4-2。

表 5.3.4-2 涂层厚度与针孔仪选用检测电压关系

涂层厚度 （μm）	100	150	200	250	300	350	400	500	600	800	1000
电压 （kV）	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2	2.4	2.9	3.3	4.0	4.7

## 5.4 金属热喷涂

### 5.4.1 一般规定

1 金属热喷涂保护系统应包括金属喷涂层和封闭层,复合保护系统还应包括涂层。

2 封闭剂应具有较低的黏度,并应与金属涂层具有良好的相容性。涂层涂料应与封闭层有相容性,并应有良好的耐蚀性。

3 金属热喷涂方法可采用气喷涂或电喷涂法。

4 金属热喷涂操作应符合《金属和其他无机覆盖层 热喷涂操作安全》GB/T 11375 的有关规定。

5 采用金属热喷涂层的钢构件应与未喷涂构件电绝缘或对未喷涂部位实施阴极保护。

### 5.4.2 喷涂用金属材料及选择

1 热喷涂金属丝应光洁、无锈、无油、无折痕,金属丝直径宜为 2.0mm 或 3.0mm。

2 喷涂用金属材料应符合下列规定:

- 1) 锌应符合《锌锭》GB/T 470 中规定的 Zn99.99 的质量要求。
- 2) 铝应符合《变形铝及铝合金化学成分》GB/T 3190 中规定的 1060 的质量要求。
- 3) 锌铝合金的金属组成应为锌 85%~87%, 铝 13%~15%。锌铝合金中锌应符合《锌锭》GB/T 470 中规定的 Zn99.99 的质量要求, 铝应符合《变形铝及铝合金化学成分》GB/T 3190 中规定的 1060 的质量要求。
- 4) 铝镁合金的金属组成应为镁 4.8%~5.5%, 铝 94.5%~95.2%。
- 5) Al 铝的金属组成应为 Al 0.1%~0.3%, 铝 99.7%~99.9%。

3 金属热喷涂系统应符合下列规定:

- 1) 热喷涂材料宜选用铝、铝合金或锌合金。
  - 2) 腐蚀严重和维护困难的部位应增加金属涂层的厚度。
- 4 金属热喷涂系统可参照表 5.4.2-1 和表 5.4.2-2 选用。

表 5.4.2-1 大气区金属热喷涂系统

设计使用年限（a）	喷涂系统	最小局部厚度（μm）
≥20	喷锌+封闭	250+60
	喷铝+封闭	200+60
	喷 Ac 铝+封闭	150+60
	喷锌+封闭+涂装	250+30+100
	喷铝+封闭+涂装	200+30+100
	喷 Ac 铝+封闭+涂装	150+30+100
10~20	喷锌+封闭	160+60
	喷铝+封闭	120+60
	喷 Ac 铝+封闭	100+60
	喷锌+封闭+涂装	160+30+100
	喷铝+封闭+涂装	120+30+100
	喷 Ac 铝+封闭+涂装	100+30+100

表 5.4.2-2 浪溅区、水位变动区金属热喷涂系统

设计使用年限（a）	喷涂系统	最小局部厚度（μm）
≥20	喷铝+封闭	250+60
	喷 Ac 铝+封闭	200+60
	喷铝+封闭+涂装	250+30+100
	喷 Ac 铝+封闭+涂装	200+30+100
10~20	喷铝+封闭	150+60
	喷 Ac 铝+封闭	150+60
	喷铝+封闭+涂装	150+60+100
	喷 Ac 铝+封闭+涂装	150+30+100

续表 5.4.2-2

设计使用年限 (a)	喷涂系统	最小局部厚度 (μm)
5~10	喷铝+封闭	100+30
	喷 Ac 铝+封闭	100+30
	喷铝+封闭+涂装	100+30+60
	喷 Ac 铝+封闭+涂装	100+30+60

5.4.3 热喷涂施工

- 1 金属热喷涂前应对表面预处理的质量进行检验,合格后方可进行喷涂。
- 2 表面预处理与热喷涂施工之间的间隔时间,海洋环境条件下不应大于 4h,晴天或湿度不大的气候条件下不得超过 12h,雨天、潮湿、有盐雾的气候条件下不得超过 2h。
- 3 工作环境的大气温度低于 5℃或钢结构表面温度低于露点 3℃时,应停止热喷涂施工操作。
- 4 金属热喷涂所用的压缩空气应干燥、洁净;喷枪与被喷射钢结构表面宜成直角,最大倾斜角度不得大于 45°,喷枪的移动速度应均匀,各喷涂层之间的喷枪走向应相互垂直、交叉覆盖;一次喷涂厚度宜为 25μm~80μm,同一层内各喷涂带之间应有 1/3 的重叠宽度。
- 5 金属热喷涂层的封闭剂或首道封闭涂料施工宜在喷涂层尚有余温时进行,并宜采用刷涂方式施工。
- 6 钢构件的现场焊缝两侧应预留 100mm~150mm 宽度涂刷车间底漆临时保护,待工地拼装焊接后,对预留部分应按相同的技术要求重新进行表面清理和喷涂施工。
- 7 在装卸、运输或其他施工作业过程中应采取措施防止金属热喷涂层局部损坏。如有损坏,应按原设计要求和施工工艺进行修补。

#### 5.4.4 金属涂层质量检验

- 1 金属涂层外观应均匀一致, 没有金属熔融粗颗粒、起皮、鼓泡、裂纹、掉块及其他影响使用的缺陷。
- 2 金属涂层厚度检验要求最小局部厚度不应小于设计规定厚度。
- 3 结合强度检验为破坏性试验, 宜做抽检或带样试验。
- 4 复合保护涂层的表面应均匀一致, 无流挂、皱纹、鼓泡、针孔、裂纹等缺陷。
- 5 复合保护涂层的最小局部厚度不应小于设计规定的金属涂层厚度和涂料涂层厚度之和。
- 6 复合保护涂层结合强度的检验应采用切割试验法进行。

### 5.5 阴 极 保 护

#### 5.5.1 一般规定

- 1 阴极保护可采用牺牲阳极阴极保护、外加电流阴极保护或两种保护的联合。
- 2 预应力桩与钢桩混合使用的工程宜采用牺牲阳极阴极保护。采用外加电流阴极保护时, 严禁出现过保护现象尤其是使用高强钢时。
- 3 新建核电厂的阴极保护设计、施工应与钢结构的设计、施工同时进行, 并同时投入使用。
- 4 在运核电厂的钢结构追加阴极保护时, 应对腐蚀环境和腐蚀状况进行检测与评估。
- 5 使用外加电流阴极保护时, 应尽量减少施工期内钢结构的腐蚀, 可使用临时电源对外加电流阴极保护系统尽早供电或使用临时牺牲阳极系统。
- 6 阴极保护系统宜与涂料保护联合使用, 当单独使用阴极保护系统时, 应对腐蚀环境、结构材质及保护效果等进行综合论证。
- 7 高强结构钢构件采取阴极保护时, 宜与涂料保护联合使用, 并严格控制保护电位, 以降低氢脆风险。

8 在封闭区域采用阴极保护时,应避免产生大量的危险气体或合理预留排气孔。

9 采用阴极保护的钢结构必须确保每一个设计单元或整体具有良好的电连接性,保证电连接性可采用直接焊接、焊接钢筋或电缆连接。连接点面积应不小于电连接用钢筋或电缆芯的截面面积,连接电阻不应大于  $0.01\Omega$ 。

10 采用阴极保护的钢结构与水中其他金属结构物电绝缘,无法电绝缘时应考虑其他金属结构对阴极保护系统的影响,同时应避免阴极保护对邻近结构物的干扰。

5.5.2 阴极保护设计参数选择

- 1 阴极保护设计应收集如下资料,必要时可进行现场测定:
- 1) 钢结构的材质、外形尺寸、表面状况,与相邻结构物的关系;
  - 2) 介质的盐度或化学成分;
  - 3) 介质的温度、含氧量、电阻率和 pH 值;
  - 4) 波浪、潮位、海水流速和水中泥沙含量等;
  - 5) 介质的污染情况;
  - 6) 电绝缘和电连接情况等。
- 2 核电厂海工构筑物钢结构的保护电位应符合表 5.5.2-1 的规定。

表 5.5.2-1 钢结构的保护电位

环境、材质		保护电位 (V)		
		饱和硫酸铜电极	海水氯化银电极	锌合金电极
含氧环境中的钢	最正值	-0.85	-0.78	+0.25
	最负值	-1.10	-1.05	+0.00
缺氧环境中的钢 (有硫酸盐还原菌腐蚀)	最正值	-0.95	-0.90	+0.15
	最负值	-1.10	-1.05	+0.00
高强钢 ( $\sigma \geq 700\text{MPa}$ )	最正值	-0.85	-0.78	+0.25
	最负值	-1.00	-0.95	+0.10

3 阴极保护测量用参比电极应具有极化小、稳定性好、不易损坏、使用寿命长和适用环境介质等特性。参比电极类型及主要技术性能可参照《船用参比电极技术条件》GB/T 7387 和表 5.5.2-2 选用。

表 5.5.2-2 常用参比电极主要技术性能

名称	电极结构	电位（V）	适用环境
饱和甘汞电极	Hg/HgCl <sub>2</sub> 饱和 KCl	+0.242	淡水、海水
饱和硫酸铜电极	Cu/饱和 CuSO <sub>4</sub>	+0.316	海水、淡水、土壤
海水氯化银电极	Ag/AgCl 海水	+0.250	海水
锌合金电极	Zn 合金	-0.784	海水、淡水、土壤

注：电极电位的参照电极为标准氢电极。

4 阴极保护面积应包括水位变动区、水下区和泥下区钢结构的表面积。

5 核电厂海工构筑物钢结构的初期保护电流密度可参照表 5.5.2-3 选值，必要时可通过现场试验确定。有防腐涂层的钢结构初期保护电流密度应在表 5.5.2-3 中选值的基础上乘以涂层破损系数，涂层破损系数应按表 5.5.2-4 确定。

表 5.5.2-3 核电厂海工构筑物钢结构的初期保护电流密度

环境介质	钢结构 表面状态	保护电流密度（mA/m <sup>2</sup> ）		
		初始值	维持值	末期值
静止海水	裸钢	100~130	55~70	70~90
流动海水	裸钢	150~180	60~80	80~100
海泥	裸钢	25	20	20
海水堆石	裸钢	60~90	40~50	50~75
海水中混凝土或水泥砂浆包覆	裸钢	10~25		
水位变动区混凝土	钢筋	5~20		

表 5.5.2-4 涂层的破损系数（预计寿命 25a）

涂层类型	初始值	维持值	末期值
厚膜涂层	1%	10%	20%
乙烯基系统	2%	20%	50%
环氧煤焦油沥青	2%	20%	50%
环氧树脂（厚膜）	2%	20%	50%

5.5.3 外加电流阴极保护

- 1 外加电流阴极保护系统应包括直流电源、辅助阳极、参比电极、监检测设备和电缆。
- 2 直流电源应符合下列要求：
  - 1) 应选用恒电位仪。
  - 2) 直流电源的性能应符合《船用恒电位仪技术条件》CB\* 3220 的规定。
  - 3) 直流电源外壳应采用防干扰的金属外壳，进行妥善的防腐处理，并满足设计要求的防护等级。
  - 4) 直流电源的输出电流、输出电压应根据使用条件、辅助阳极的类型、被保护结构所需电流和保护系统回路电阻计算确定。
  - 5) 直流电源的布置应根据电源的台数、钢结构的形式、平面布置条件、维护管理和经济因素确定。电源可集中布置在若干个控制室中，也可分散布置在被保护钢结构工程的相应位置上。
  - 6) 直流电源的总功率可按下列公式计算：

$$P_i = \left( \sum_{i=1}^m I_i \right)^2 R \tag{5.5.3-1}$$

$$P = K \left( \sum_{i=1}^n P_i \right) \tag{5.5.3-2}$$



式中： $P_i$ ——单台直流电源功率（W）；  
 $m$ ——单台直流电源所担负的阳极数量；  
 $I_i$ ——每支阳极的发生电流（A）；  
 $R$ ——阴极保护回路的总电阻（ $\Omega$ ），包括阳极接水电阻、  
 电缆导线电阻和介质电阻；  
 $P$ ——直流电源总功率（W）；  
 $K$ ——系数，取 1.25~1.50；  
 $n$ ——直流电源的台数。

### 3 辅助阳极应符合下列要求：

- 1) 辅助阳极宜选用钛基金属氧化物阳极，或性能更优并通过技术鉴定的辅助阳极。辅助阳极的性能应符合《船用辅助阳极技术条件》GB/T 7388 的规定。
- 2) 辅助阳极结构和安装方式应符合《船用辅助阳极技术条件》GB/T 7388 的规定。
- 3) 辅助阳极接头的水密性应符合《船用辅助阳极技术条件》GB/T 7388 的规定，接头的绝缘电阻应大于  $1M\Omega$ ，其耐用年限应与阳极体的设计使用年限一致。
- 4) 辅助阳极的绝缘座、绝缘密封件、阳极电缆、靠近阳极的支架和阳极保护套管应采用耐海水、耐碱和耐氯气腐蚀的材料制成。

### 4 参比电极应符合下列要求：

- 1) 参比电极的性能应符合《船用参比电极技术条件》GB/T 7387 的规定。
- 2) 电阻率小于或等于  $100\Omega \cdot m$  的海水中可采用银/氯化银或锌参比电极；电阻率大于  $100\Omega \cdot m$  的海水中宜采用高纯锌参比电极，海水电阻率大于  $30\Omega \cdot cm$  时，应采用铜/饱和硫酸铜参比电极修正读数偏差。
- 3) 参比电极结构和安装方式应符合《船用参比电极技术条件》GB/T 7387 的规定。

- 4) 参比电极使用年限及更换方式应在设计文件中予以明确,参比电极的安装位置和数量应根据被保护钢结构和阴极保护的有关设计参数确定,每台直流电源必须布置不少于一个参比电极。
- 5 电缆应符合下列要求:
  - 1) 所用电缆均为低烟、无卤、阻燃绝缘护套的铜芯电缆,参比电极及测量电缆应为屏蔽电缆;
  - 2) 浸于海水中的电缆应采用耐海水电缆;
  - 3) 阴极电缆和阳极电缆应具有合理的截面,通常允许的压降小于 2V;
  - 4) 连接到同一根电缆上的多只阳极的输出电流之差应小于 10%;
  - 5) 参比电极电缆应选用耐老化的屏蔽电缆,且不应紧靠动力电缆,其屏蔽层必须接地。
  - 6) 电缆接头与辅助阳极、参比电极的连接应进行加固和密封处理,并用密封接线盒保护;
  - 7) 电缆接头与阴极和测量接地点的连接应采用 316L 不锈钢或更耐蚀的不锈钢紧固件。
- 6 监检测设备应符合下列要求:
  - 1) 监检测设备应适应所处的环境,当采用户外分散布置时,其保护性外壳应能抵御海水飞溅、盐雾、雨水、紫外线和海洋腐蚀介质的侵蚀;测量导线和仪器的连接点应绝缘密封。
  - 2) 监检测设备应具有测量和调节并显示钢结构保护电位、电源设备的输出电流和输出电压等基本功能。有条件时,应采用具有远距离遥测、遥控和分析评估功能的监控设备。
  - 3) 监检测设备应设有手动检测接线端子和备用参比电极接线端子。

**7 外加电流阴极保护系统调试应符合下列要求：**

- 1) 应对阴极保护系统所有组成部件进行全面的外观检查，确认安装无误，并正确标识。**
- 2) 在通电前应进行下列测试和记录：**
  - a) 用固定参比电极测量结构的自腐蚀电位；**
  - b) 用便携式参比电极测量敞开结构的自腐蚀电位。**
- 3) 通电应符合下列要求：**
  - a) 钢结构浸水后才能通电。**
  - b) 初始通电时，应采用手动方式以较低的电流进行通电，通电过程中监测电位，当极化至最小保护电位时，可转入自动模式。应对下列内容进行测量和记录：**

用固定式或便携式参比电极测得电位；  
直流电源的输出电压和输出电流；  
给定电位。
  - c) 确认测量结果的极性应符合设计要求，应与本款 7 中 2) 的测试结果相比，通电后的电位向负方向偏移。如果出现电位向正方向偏移，应进行检查。**
- 4) 调试结果应符合下列要求：**
  - a) 应将系统的保护电位调整到满足表 5.5.2-1 的要求；**
  - b) 系统应在初始设置电位下极化足够长的时间（通常在 3d~5d 之间），然后进行初始性能评估。**
- 5) 性能评估应符合下列要求：**
  - a) 用固定参比电极测量封闭式钢结构的保护电位，应符合表 5.5.2-1 的规定。**
  - b) 用便携式参比电极测量敞开式钢结构的保护电位，应符合表 5.5.2-1 的规定。**
  - c) 测量直流电源输出电流、输出电压。测量值变化应平稳，应在设计范围内并有裕量。**

#### 5.5.4 牺牲阳极系统

1 选用牺牲阳极的化学成分和电化学性能应符合《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》GB/T 4948、《锌-铝-镉合金牺牲阳极》GB/T 4950 和《镁合金牺牲阳极》GB/T 17731 的规定，或电化学性能优于上述标准规定并通过鉴定的阳极。

2 对于不同电阻率的淡海水介质，应按照《滨海电厂海水冷却水系统牺牲阳极阴极保护》GB/T 16166 的规定选用适合的阳极。

3 对于高强钢和有氢脆敏感性的不锈钢，宜选用具有低驱动电位的阳极。

4 牺牲阳极的几何尺寸和质量应能满足阳极初期发生电流、末期发生电流和使用年限的要求，其型号、规格可按《滨海电厂海水冷却水系统牺牲阳极阴极保护》GB/T 16166、《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》GB/T 4948 和《锌-铝-镉合金 牺牲阳极》GB/T 4950 选用，也可另行设计。

5 牺牲阳极的铁芯结构应能保证在整个使用期与阳极体的电连接，并能承受自重和使用环境所施加的荷载，其埋设方式和接触电阻应符合《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》GB/T 4948、《锌-铝-镉合金牺牲阳极》GB/T 4950 和《镁合金牺牲阳极》GB/T 17731 的规定。

6 牺牲阳极的布置应使被保护钢结构的表面电位均匀分布，宜采用均匀布置。牺牲阳极的安装位置应满足下列要求：

- 1) 牺牲阳极的安装顶高程与设计低水位的距离不小于 1.2m；
- 2) 牺牲阳极的安装底高程与海泥面的距离不小于 1.0m。

7 牺牲阳极与被保护钢结构间的距离不宜小于 100mm。当小于 100mm 时应在牺牲阳极与被保护钢结构之间设屏蔽层。屏蔽层的材料及技术指标应符合《船舶及海洋工程阳极屏涂料通用技术条件》GB/T 7788 的有关规定。牺牲阳极紧贴钢结构表面安装时，除应按规定装配屏蔽层外，还应对贴近钢结构表面的牺牲阳

极底面进行绝缘涂装。

**8** 牺牲阳极的安装方式可采用焊接或螺栓连接。采用螺栓连接时应确保牺牲阳极在有效使用期内与被保护钢结构之间的连接电阻不大于  $0.01\Omega$ 。

## 6 腐蚀监检测工程

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 腐蚀监检测工程的目的是长期稳定地检测海工构筑物防腐蚀性能。

**6.1.2** 腐蚀监检测系统的施工与验收，应遵守有关防爆、防雷、防静电等安全规定。

**6.1.3** 腐蚀监检测系统各项设施必须按设计及安装要求逐项检查合格，检测仪器经校验后方可进行调试。

### 6.2 腐蚀监检测工程验收

**6.2.1** 实施腐蚀监检测系统应达到下列指标：

1 电位衰减探头测试金属构筑物在停止阴极保护后最长24h的衰减值应不小于100mV；

2 电流密度探头和宏电池探头可用于确定金属构筑物的电流密度，应满足阴极保护系统设计要求；

3 宏电池探头可用于确认金属构筑物的腐蚀速度，应满足阴极保护系统设计要求；

4 保护度探头可用于确定阴极保护系统对金属构筑物的保护度，应满足阴极保护系统设计要求。

## 7 工 程 验 收

**7.0.1** 防腐蚀工程的验收，包括中间验收和交工验收，工程未经交工验收，不得投入生产使用。

**7.0.2** 防腐蚀工程施工前，必须对基层检查验收，合格后办理工序交接手续。

**7.0.3** 防腐蚀工程的交工验收，应提交下列资料：

- 1 原材料的出厂合格证或复验报告；
- 2 防腐材料主要技术性能的试验报告；
- 3 设计变更单、材料代用单；
- 4 隐蔽工程记录；
- 5 管线工程管线敷设坡度的实测记录和接口检漏试验报告；
- 6 修补和返工记录；
- 7 系统的详细描述和竣工图纸；
- 8 性能评估及数据分析的周期和程序；
- 9 系统主要部件清单，包括数据表和备件以及部件和系统维护程序。

## 本标准用词说明

1 为了便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中制定按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。



## 引用标准名录

- 1 涂装作业安全规程 涂漆安全规程及其通风净化 GB 6514
- 2 锌锭 GB/T 470
- 3 漆膜耐湿热测定法 GB/T 1740
- 4 色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定 GB/T 1771
- 5 色漆和清漆 人工气候老化和人工辐射曝露 滤过的氙弧辐射 GB/T 1865
- 6 变形铝及铝合金化学成分 GB/T 3190
- 7 铝-锌-铟系合金牺牲阳极 GB/T 4948
- 8 锌-铝-镉合金牺牲阳极 GB/T 4950
- 9 色漆和清漆 拉开法附着力试验 GB/T 5210
- 10 船用参比电极技术条件 GB/T 7387
- 11 船用辅助阳极技术条件 GB/T 7388
- 12 船舶及海洋工程阳极屏涂料通用技术条件 GB/T 7788
- 13 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评 GB/T 8923
- 14 金属和其他无机覆盖层 热喷涂 操作安全 GB/T 11375
- 15 涂敷涂料前钢材表面处理 GB/T 13288
- 16 滨海电厂海水冷却水系统牺牲阳极阴极保护 GB/T 16166
- 17 镁合金牺牲阳极 GB/T 17731
- 18 大气环境混凝土中钢筋的阴极保护 GB/T 28721
- 19 船用恒电位仪技术条件 CB\* 3220
- 20 混凝土中氯离子含量检测技术规程（附条文说明）JGJ/T 322
- 21 水运工程混凝土试验规程 JTJ 270



中华人民共和国能源行业标准

核电厂海工构筑物防腐蚀  
施工及验收规范

**NB / T 25095 — 2018**

条 文 说 明

目 次

1 总则 ..... 49

4 混凝土结构防腐蚀 ..... 50

5 钢结构防腐蚀 ..... 52

6 腐蚀监检测工程 ..... 54

7 工程验收 ..... 55

## 1 总 则

**1.0.1** 本条规定了凡涉及安全、施工质量和主要使用功能的重要材料、产品，应按各专业工程施工规范和设计文件等规定进行检验。

**1.0.2** 本条规定了具备验收条件的业内资料内容，包括材料出厂报告、隐蔽工程记录、修补和返修记录、性能评估、验收记录等。

## 4 混凝土结构防腐蚀

### 4.1 一般规定

4.1.1 本条规定了不同区域钢筋的混凝土保护层最小厚度。

4.1.18 在水位变动区和浪溅区设置施工缝与连接缝,伸缩缝及附近部位的混凝土宜局部采取防腐蚀附加措施。

4.1.19 混凝土表面基层应整洁密实,无非结构凹凸变化。如不满足要求,须进行基层处理。

### 4.2 基层处理

4.2.4 基层表面必须洁净,可采用手动、电动工具将基层表面清理干净。为获得较好的附着力,可用轻度喷砂法,形成均匀粗糙面。

### 4.3 涂层保护

4.3.1 防腐蚀施工涂料包括过氯乙烯漆、沥青漆、漆酚树脂漆、酚醛树脂漆、环氧树脂漆、聚氨基甲酸酯漆、氯化橡胶漆和氯磺化聚乙烯漆,不同厂家、不同品种的防腐蚀涂料,当需掺合使用时,应经试验确定再使用。环境温度宜为  $15^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度不宜大于 80%。不得在雨、雾、雪天进行室外施工,不宜在强烈日光照射下施工。配漆所用的填料应干燥,其耐酸率不应小于 95%,含水率不应大于 0.5%,细度要求 0.075mm 筛孔的筛余量不应大于 15%。

4.3.2 乙烯磷化底漆、过氯乙烯漆、沥青漆、环氧树脂漆、聚氨基甲酸酯漆配置与施工应遵守施工规定,时间间隔可根据环境和温度差异酌情调整。

## 4.4 硅 烷 浸 渍

**4.4.1** 核电厂海工构筑物浪溅区混凝土结构表面的防腐蚀保护优先异丁烯三乙氧基硅烷单体作为硅烷浸渍材料。

**4.4.2** 浸渍硅烷质量的验收应以每 500m<sup>2</sup> 浸渍面积为一个浸渍质量的验收批。浸渍硅烷工作完成后，按规定的方法各取两个芯样进行吸水率、硅烷浸渍深度、氯化物吸收量降低效果的测试。硅烷的浸渍深度宜采用染料指示法评定。

## 4.5 钢 筋 阻 锈 剂

**4.5.2** 阻锈剂可与高性能混凝土、环氧涂层钢筋、混凝土表面涂层、硅烷浸渍等联合使用。

## 4.6 电 化 学 保 护

**4.6.2** 阴极保护施工应符合《大气混凝土中钢筋的阴极保护》GB/T 28721 的规定，各项设施必须按设计及安装要求逐项检查合格，检测仪器经校验后方可进行调试，施工单位应配合维护单位或监理单位按规定对电化学防腐蚀施工质量进行控制与检验。

## 5 钢 结 构 防 腐 蚀

### 5.1 一 般 规 定

**5.1.1** 位于水位变动区采用不同的钢种时，须采取消除电偶腐蚀的措施。

**5.1.7** 防腐蚀设计应符合下列规定：

1 设计前应掌握被保护钢结构所处环境条件、结构型式、外形尺寸和使用状况等资料，必要时，参考类似工程经验或进行现场勘察。

2 初步设计应编制设计说明书，技术指标应简单明确。施工图设计应包括施工图、施工工艺和质量检验标准。

3 腐蚀措施应根据结构的部位、保护年限、施工、维护管理、安全要求和技术经济效益等因素确定。

**5.1.8** 防腐蚀施工涂漆工艺安全及其通风净化应符合《涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风净化》GB 6514 的规定。

### 5.2 表 面 预 处 理

**5.2.3** 表面清洁度和表面粗糙度的质量验收，均应在良好的散射日光下或照度相当的人工照明条件下进行。表面清洁度等级评定时，应用 GB/T 8923 中的照片与被基体金属的表面进行目视比较。

### 5.3 涂 料 保 护

**5.3.2** 飞溅区和水位变动区采用的防腐蚀涂料应能适应干湿交替变化，并应具有耐磨损、耐冲击和耐候的性能。

**5.3.3** 涂装过程应进行湿膜外观检查，不应有漏涂、流挂等缺陷，



并用湿膜测厚仪估测湿膜厚度。

**5.3.4** 涂膜固化后应进行干膜厚度测定，选用划格法或拉开法进行附着力检验。附着力检验为破坏性试验，宜做抽检或带样试验。

## 5.5 阴 极 保 护

**5.5.1** 阴极保护可采用牺牲阳极阴极保护、外加电流阴极保护或两种保护的联合，减少施工期内钢结构的腐蚀，可使用临时电源对外加电流或临时牺牲阳极阴极保护系统。采用阴极保护的钢结构应与水中其他金属结构物电绝缘，无法电绝缘时应考虑其他金属结构对阴极保护系统的影响，同时应避免阴极保护对邻近结构物的干扰。

**5.5.3** 外加电流阴极保护系统应包括直流电源、辅助阳极、参比电极、监检测设备和电缆，直流电源的性能应符合《船用恒电位仪技术条件》CB\* 3220 的规定，辅助阳极的性能应符合《船用辅助阳极技术条件》GB/T 7388 的规定，参比电极的性能应符合《船用参比电极技术条件》GB/T 7387 的规定。

**5.5.4** 选用牺牲阳极的化学成分和电化学性能应符合《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》GB/T 4948、《锌-铝-镉合金牺牲阳极》GB/T 4950 和《镁合金牺牲阳极》GB/T 17731 的规定，对于不同电阻率的淡海水介质，应按照《滨海电厂海水冷却水系统牺牲阳极阴极保护》GB/T 16166 的规定选用适合的阳极。

## 6 腐蚀监检测工程

**6.1.2** 本条规定了施工与验收，应遵守有关防爆、防雷、防静电等安全规定。

**6.1.3** 本条规定的验收调试指标必须按设计及安装要求逐项检查合格后进行。

## 7 工 程 验 收

**7.0.1** 防腐蚀工程验收包括中间验收和交工验收，工程未经交工验收，不得投入生产使用。

**7.0.2** 防腐蚀工程施工前，必须对基层检查验收，合格后办理工序交接手续。

**7.0.3** 防腐蚀工程的交工验收须提供全套的合格验收、材料替换及试验等材料。

---

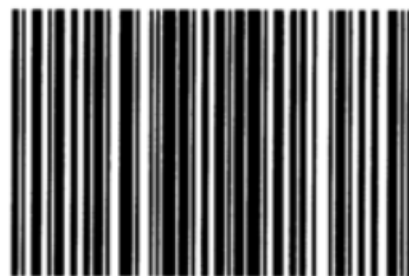


中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信

为您提供**最及时、最准确、最权威**的电力标准信息



155198.1761

定价：30.00 元