

中华人民共和国行业标准

水运工程结构防腐蚀施工规范

JTS/T 209—2020

主编单位:中交四航工程研究院有限公司

批准部门:中华人民共和国交通运输部

施行日期:2020年9月15日

人民交通出版社股份有限公司

2020·北京

交通运输部关于发布《水运工程结构 防腐蚀施工规范》的公告

2020 年第 51 号

《水运工程结构防腐蚀施工规范》(以下简称《规范》)为水运工程推荐性行业标准,标准代码为 JTS/T 209—2020,自 2020 年 9 月 15 日起施行,由交通运输部水运局负责管理和解释,其文本可在交通运输部政府网站“水运工程行业标准”专栏(mwtis.mot.gov.cn/syportal/sybz)下载。《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》(JTJ 275—2000)、《海港工程钢结构防腐蚀技术规范》(JTS 153—3—2007)同时废止。

特此公告。

中华人民共和国交通运输部

2020 年 7 月 2 日

制定说明

本规范是根据《交通运输部关于下达 2013 年度水运工程标准编制计划的通知》(交水发[2013]462 号)的要求,由交通运输部水运局组织有关单位在深入调查研究的基础上,总结我国水运工程结构防腐蚀施工应用实践经验,结合水运工程建设发展需要,借鉴国内外相关技术标准并吸收新的研究成果,经广泛征求意见编制而成。

《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》(JTJ 275—2000)、《海港工程钢结构防腐蚀技术规范》(JTS 153—3—2007)等自实施以来,对我国水运工程结构防腐蚀设计和施工起到了积极的指导和规范作用。随着水运工程防腐蚀新材料和新技术的不断发展,为进一步提高水运工程结构耐久性,建造品质工程,制定本规范。

本规范共分 14 章和 10 个附录,并附条文说明,主要包括混凝土表面涂层、混凝土硅烷浸渍、钢筋阻锈剂、环氧涂层钢筋、不锈钢钢筋、混凝土结构外加电流阴极保护、钢结构涂层、钢结构金属热喷涂、钢结构包覆有机复合层、钢结构牺牲阳极阴极保护、钢结构外加电流阴极保护。

本规范主编单位为中交四航工程研究院有限公司,参编单位为中交天津港湾工程研究院有限公司、中交上海三航科学研究院有限公司、中交武汉港湾工程设计研究院有限公司和南京水利科学研究院。本规范编写人员的分工如下:

- 1 总则:王胜年
- 2 术语:王胜年 熊建波
- 3 基本规定:王胜年 熊建波 黄君哲 张国志
- 4 混凝土表面涂层:黄君哲 王迎飞 吴建平
- 5 混凝土硅烷浸渍:熊建波 吴建平 米胜东 张国志
- 6 钢筋阻锈剂:梅国兴 范卫国 汤雁冰
- 7 环氧涂层钢筋:马化雄 邓春林 米胜东 范志宏
- 8 不锈钢钢筋:王胜年 方翔 汤雁冰 陈龙
- 9 混凝土结构外加电流阴极保护:陈龙 黄君哲 王迎飞
- 10 钢结构涂层:熊建波 范卫国 梅国兴
- 11 钢结构金属热喷涂:范卫国 梅国兴 陈龙
- 12 钢结构包覆有机复合层:马化雄 邓春林 范志宏 葛仕彦
- 13 钢结构牺牲阳极阴极保护:马化雄 葛仕彦 王迎飞
- 14 钢结构外加电流阴极保护:汤雁冰 陈龙 黄君哲

附录 A:黄君哲

附录 B:黄君哲

附录 C:熊建波 吴建平

附录 D:熊建波 吴建平

附录 E:梅国兴 汤雁冰

附录 F:陈 龙 方 翔

附录 G:葛仕彦 陈 龙 吴建平

附录 H:葛仕彦 陈 龙 吴建平

附录 J:黄君哲 熊建波 梅国兴 邓春林 葛仕彦

附录 K:熊建波 黄君哲

本规范于2019年6月14日通过部审,2020年7月2日发布,自2020年9月15日起施行。

本规范由交通运输部水运局负责管理和解释。各单位在执行过程中发现的问题和意见,请及时函告交通运输部水运局(地址:北京市建国门内大街11号,交通运输部水运局技术管理处,邮政编码:100736)和本规范管理组(地址:广东省广州市前进路157号,中交四航工程研究院有限公司,邮政编码:510230),以便修订时参考。

《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》 (JTJ 275—2000)前言

本规范是在总结我国 50 年来航务工程混凝土结构防腐蚀技术的科研成果和设计、施工经验的基础上,借鉴国内外有关标准和技术成果,并经广泛征求意见编制而成。

本规范共分 7 章 18 节和 6 个附录,并附条文说明。内容主要包括结构形式和构造、普通混凝土、高性能混凝土等有关防腐蚀方面的要求和措施,以及海港工程采用混凝土表面涂层保护、硅烷浸渍保护、环氧涂层钢筋和钢筋阻锈剂等特殊防腐蚀措施的有关规定。内容涵盖了近期国内外有关海港工程混凝土结构防腐蚀方面的新技术、新成果,是迄今为止我国海港工程最完整的防腐蚀技术规范。

本规范由交通部水运司负责管理,具体解释工作由广州四航工程技术研究院负责。请各单位在执行本规范过程中,结合工程实际,注意总结经验,积累资料,将发现的问题和意见及时函告广州四航工程技术研究院,以便今后修订时参考。

本规范如进行修订或局部修订,其内容将在《水运工程标准与造价管理信息》上刊登。

《海港工程钢结构防腐技术规定》 (JTS 153—3—2007) 修订说明

本规范是在《海港工程钢结构防腐技术规定》(JTJ 230—89)的基础上,总结了近年来我国海港工程钢结构防腐设计、施工和检测的成功经验,参考了国内外钢结构防腐的相关标准,经深入调查研究、广泛征求意见修订而成。主要包括防腐设计、防腐施工、检验与验收和维护管理等技术内容。

本规范的主编单位为中交天津港湾工程研究院有限公司,参加单位为中交上海港湾工程设计研究院有限公司和中交四航工程研究院有限公司。

《海港工程钢结构防腐技术规定》(JTJ 230—89)自1989年实施以来,对我国海港工程钢结构防腐设计、施工和维护管理起到了积极的指导和规范作用。随着我国水运工程建设事业的不断发展,大量的新材料、新工艺和新设备不断涌现,《海港工程钢结构防腐技术规定》(JTJ 230—89)已不能适应海港工程钢结构防腐的需要,为此交通部水运司组织中交天津港湾工程研究院有限公司等单位对《海港工程钢结构防腐技术规定》(JTJ 230—89)进行了修订。

本规范的第4.5.34条的黑体字部分为强制性条文,与建设部发布的《工程建设标准强制性条文(水运工程部分)》(建标[2002]273号)具有同等效力,必须严格执行。

本规范共分7章和9个附录,并附条文说明。编写组人员分工如下:

- 1 总则:马化雄 赵立鹏 李俊毅
- 2 术语:马化雄 赵立鹏 李俊毅
- 3 基本规定:马化雄 赵立鹏
- 4 防腐设计:马化雄 王胜年 吴三余
- 5 防腐施工:赵立鹏 马化雄 王胜年 吴三余
- 6 检验与验收:马化雄 王胜年 吴三余
- 7 维护管理:马化雄 王胜年 吴三余

附录A~附录H:马化雄 赵立鹏

附录J:马化雄 赵立鹏

本规范于2007年3月20日通过部审,2007年11月26日发布,2008年5月1日起实施。

本规范由交通部水运司负责管理和解释。请各单位在执行过程中,将发现的问题和意见及时函告交通部水运司(地址:北京市建国门内大街11号,交通部水运司工程技术处,邮政编码:100736)和本规范管理组(地址:天津市河西区大沽南路1002号,中交天津港湾工程研究院有限公司,邮政编码:300222),以便再修订时参考。

目 次

1	总则	(1)
2	术语	(2)
3	基本规定	(4)
4	混凝土表面涂层	(7)
4.1	一般规定	(7)
4.2	材料	(7)
4.3	施工	(8)
4.4	检验与验收	(9)
5	混凝土硅烷浸渍	(11)
5.1	一般规定	(11)
5.2	材料	(11)
5.3	施工	(12)
5.4	检验与验收	(13)
6	钢筋阻锈剂	(15)
6.1	一般规定	(15)
6.2	材料	(15)
6.3	施工	(16)
6.4	检验与验收	(16)
7	环氧涂层钢筋	(18)
7.1	一般规定	(18)
7.2	材料	(18)
7.3	施工	(18)
7.4	检验与验收	(20)
8	不锈钢钢筋	(22)
8.1	一般规定	(22)
8.2	材料	(22)
8.3	施工	(24)
8.4	检验与验收	(25)
9	混凝土结构外加电流阴极保护	(28)
9.1	一般规定	(28)
9.2	材料和设备	(28)

9.3	施工	·····	(30)
9.4	检验与验收	·····	(32)
10	钢结构涂层	·····	(35)
10.1	一般规定	·····	(35)
10.2	材料	·····	(35)
10.3	施工	·····	(36)
10.4	检验与验收	·····	(38)
11	钢结构金属热喷涂	·····	(40)
11.1	一般规定	·····	(40)
11.2	材料	·····	(40)
11.3	施工	·····	(40)
11.4	检验与验收	·····	(41)
12	钢结构包覆有机复合层	·····	(44)
12.1	一般规定	·····	(44)
12.2	材料	·····	(44)
12.3	施工	·····	(47)
12.4	检验与验收	·····	(48)
13	钢结构牺牲阳极阴极保护	·····	(51)
13.1	一般规定	·····	(51)
13.2	材料	·····	(51)
13.3	施工	·····	(51)
13.4	检验与验收	·····	(52)
14	钢结构外加电流阴极保护	·····	(54)
14.1	一般规定	·····	(54)
14.2	材料和设备	·····	(54)
14.3	施工	·····	(55)
14.4	检验与验收	·····	(56)
附录 A	混凝土表面涂层施工小区试验	·····	(58)
附录 B	混凝土表面涂层质量现场检验方法	·····	(60)
B.1	涂层外观检验方法	·····	(60)
B.2	涂层厚度测定方法	·····	(60)
B.3	涂层粘结强度测定方法	·····	(61)
附录 C	混凝土硅烷浸渍小区试验	·····	(62)
附录 D	混凝土硅烷浸渍现场取样方法	·····	(64)
附录 E	钢筋阻锈剂混凝土防锈性能现场检验方法	·····	(65)
附录 F	辅助阳极使用寿命加速测试方法	·····	(68)
附录 G	牺牲阳极取样方法(化学成分检验)	·····	(71)

附录 H 钢结构阴极保护电位检测方法	(72)
附录 J 防腐蚀施工记录表	(73)
J.1 混凝土表面涂层施工记录表	(73)
J.2 混凝土硅烷浸渍施工记录表	(74)
J.3 钢筋阻锈剂混凝土施工记录表	(76)
J.4 混凝土结构外加电流阴极保护施工记录表	(76)
J.5 钢结构涂层施工记录表	(78)
J.6 钢结构金属热喷涂施工记录表	(79)
J.7 钢结构包覆有机复合层施工记录表	(81)
J.8 钢结构牺牲阳极阴极保护施工记录表	(83)
J.9 钢结构外加电流阴极保护施工记录表	(86)
附录 K 本规范用词说明	(88)
引用标准名录	(89)
附加说明 本规范主编单位、参编单位、主要起草人、主要审查人、总校人员 和管理组人员名单	(92)
《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》(JTJ 275—2000)主编单位、参加单位、 主要起草人名单	(94)
《海港工程钢结构防腐蚀技术规范》(JTS 153—3—2007)主编单位、参加单位、 主要起草人名单	(95)
条文说明	(97)

1 总 则

1.0.1 为统一水运工程结构防腐蚀施工的技术要求,提高结构耐久性和工程质量,做到技术先进、安全可靠、经济合理,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建水运工程混凝土结构附加防腐蚀和钢结构防腐蚀施工。

1.0.3 水运工程结构防腐蚀施工除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 防腐蚀 Anti-corrosion

通过防腐材料或其他防腐处理措施,防止和减缓材料与环境介质发生物理作用、化学作用或电化学反应而出现渐进性损伤与破坏。

2.0.2 涂层 Coating

由有机或无机涂料分层涂装在结构构件表面,使该表面具有阻隔或延缓有害介质侵入其内部的作用的防腐蚀保护层。

2.0.3 涂料 Coating Material

一种含有颜料的液态或粉末状材料。当将其施于底材时,能形成具有保护、装饰或特殊功能的薄膜。

2.0.4 涂装 Painting

将涂料涂覆于基体表面,形成具有防护、装饰或特定功能涂层的过程。

2.0.5 小区试验 Plot Experiment

涂层和硅烷浸渍防腐正式施工前,选取有一定代表性的区域,按照设计要求的完整施工工艺对该区域进行试验,以验证材料、施工工艺、性能等是否满足施工和设计要求的过
程,是正式施工质量控制的重要依据。

2.0.6 表面处理 Surface Treatment

是在混凝土结构或钢结构基体材料表面上使用机械、物理或化学的工艺方法进行处理,以提高基层与防腐蚀材料的结合能力。

2.0.7 硅烷浸渍 Silane Impregnation

用膏状或液体类硅烷涂覆混凝土表面,渗透进混凝土表层使混凝土具有低吸水性、低氯离子渗透率并具有透气性的防腐蚀措施。

2.0.8 阻锈剂 Corrosion Inhibitor

拌和在混凝土中或涂在混凝土表面的能抑制混凝土中钢筋电化学腐蚀的物质。

2.0.9 环氧涂层钢筋 Epoxy Coated Rebar

将热固环氧树脂、填料与交联剂等外加剂制成的粉末,在严格控制的工厂流水线上,采用静电喷涂工艺喷涂于表面处理过的预热的钢筋上,形成一层坚韧、不渗透、连续的绝缘涂层的钢筋。

2.0.10 不锈钢钢筋 Stainless Steel Bars

以不锈、耐蚀性为主要特征的钢筋。

2.0.11 外加电流阴极保护 Impressed Current Cathodic Protection

由直流电源设备通过辅助阳极提供阴极电流,使金属释放电子的阳极反应减缓或停

止的防腐蚀技术。

2.0.12 保护电位范围 Protection Potential Range

阴极保护条件下,使金属达到一定保护,且不引起被保护金属及其保护涂层等损害的电位范围。

2.0.13 保护电位 Protection Potential

为进入保护电位范围所必须达到的腐蚀电位临界值。

2.0.14 电连接 Electric Connection

把按设计要求采用阴极保护的所有金属用焊接或者可靠的导电连接方法连接,使整座构造物中的金属成为一个良好的等电位体。

2.0.15 热喷涂 Thermal Spraying

在喷涂枪内或外将喷涂材料加热到塑性或熔化状态,然后喷射于经预处理的基体表面,基本保持未熔状态形成涂层的方法。

2.0.16 包覆 Wrapping

为防止腐蚀,在结构物外表面包裹一层耐蚀材料,使原来表面与环境隔离。

2.0.17 牺牲阳极阴极保护 Sacrificial Anode Cathodic Protection

由牺牲阳极提供阴极电流,使金属释放电子的阳极反应减缓或停止的防腐蚀技术。

3 基本规定

3.0.1 水运工程结构防腐蚀施工,应按设计文件的规定进行。需要变更时,应由设计单位重新设计。

3.0.2 水运工程结构防腐蚀施工不得损伤已有结构,且不应影响结构整体耐久性。

3.0.3 水运工程结构防腐蚀施工应按经审查批准的施工技术文件进行。

3.0.4 水运工程结构防腐蚀施工应根据环境类别和结构部位采取合适的施工工艺和措施,并制定防腐蚀施工专项方案,专项方案宜包括下列主要内容:

- (1) 工程概况;
- (2) 环境类别、结构部位;
- (3) 防腐蚀设计要求;
- (4) 材料质量及性能;
- (5) 验收参数及要求;
- (6) 施工工艺及质量控制措施。

3.0.5 水运工程混凝土结构环境类别和结构部位划分应符合下列规定。

3.0.5.1 水运工程混凝土结构所处环境可按表 3.0.5-1 的规定进行环境类别划分。

表 3.0.5-1 水运工程混凝土结构环境类别

序号	环境类别	腐蚀特征
1	海水环境	氯盐作用下引起混凝土中钢筋锈蚀
2	淡水环境	水流冲刷、溶蚀混凝土或大气环境下混凝土碳化引起钢筋锈蚀
3	冻融环境	冰冻地区冻融循环导致混凝土损伤
4	化学腐蚀环境	硫酸盐等化学物质对混凝土的腐蚀

3.0.5.2 海水环境混凝土结构部位应按设计水位或天文潮位划分为大气区、浪溅区、水位变动区和水下区,各部位划分应符合表 3.0.5-2 的规定。

表 3.0.5-2 海水环境混凝土部位划分

掩护条件	划分类别	大气区	浪溅区	水位变动区	水下区
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
无掩护条件	按港工设计水位	设计高水位加($\eta_0 + 1.0m$)以上	大气区下界至设计高水位减 η_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
	按天文潮位	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

注:① η_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浪溅区上界计算值低于码头顶面高程时,取码头面板顶面高程为浪溅区上界;

③无掩护条件的海水环境混凝土结构无法按有关规范计算设计水位时,按天文潮位确定混凝土结构的部位划分。

3.0.5.3 淡水环境混凝土结构部位应按设计水位划分为水上区、水位变动区和水下区,各部位划分应符合表 3.0.5-3 的规定。

表 3.0.5-3 淡水环境混凝土部位划分

水上区	水下区	水位变动区
设计高水位以上	设计低水位以下	水上区与水下区之间

注:水上区也可按历年平均最高水位以上划分。

3.0.5.4 冻融环境下混凝土结构应按腐蚀条件划分为微冻、受冻和严重受冻地区,各地区划分应符合表 3.0.5-4 的规定。

表 3.0.5-4 冻融环境混凝土所在地区划分

微冻地区	受冻地区	严重受冻地区
最冷月月平均气温为 0℃ ~ -4℃	最冷月月平均气温为 -4℃ ~ -8℃	最冷月月平均气温低于 -8℃

3.0.5.5 混凝土结构化学腐蚀环境作用等级划分应符合表 3.0.5-5 的规定。有多种化学物质共同作用时,应取其中最高的作用等级作为设计的环境作用等级。其中有两种及以上化学物质的作用等级相同且可能加重化学腐蚀时,其环境作用等级应提高 1 级。

表 3.0.5-5 水、土中硫酸盐和酸类物质环境作用等级划分

环境作用等级	作用因素					
	水中硫酸根离子浓度 SO_4^{2-} (mg/L)	强透水性土中水溶硫酸根离子浓度 SO_4^{2-} (mg/kg)	弱透水性土中水溶硫酸根离子浓度 SO_4^{2-} (mg/kg)	水中酸碱度 (pH 值)	水中侵蚀性二氧化碳浓度 CO_2 (mg/L)	水中镁离子浓度 Mg^{2+} (mg/L)
中等	200 ~ 1000	300 ~ 1500	1500 ~ 6000	5.5 ~ 6.5	15 ~ 40	300 ~ 1000
严重	1000 ~ 4000	1500 ~ 6000	6000 ~ 15000	4.5 ~ 5.5	40 ~ 100	1000 ~ 3000
非常严重	4000 ~ 10000	6000 ~ 15000	> 15000	4.0 ~ 4.5	> 100	> 3000

注:①强透水性土是指碎石土和砂土,弱透水性土是指粉土和黏性土;

②表中与环境作用等级相应的硫酸根浓度,所对应的环境条件为干湿交替环境;长期浸没于地表或地下水中无干湿交替时,按表中的作用等级降低 1 级;

③混凝土结构处于弱透水土体中时,土中的硫酸根离子、水中镁离子、水中侵蚀性二氧化碳及水的 pH 值的作用等级按相应的等级降低 1 级;

④氯盐浓度大于 500mg/L 的地下水或氯盐浓度大于 750mg/kg 土体,不单独考虑硫酸盐的作用;

⑤高水压条件下,提高相应的环境作用等级 1 级~2 级;

⑥水中硫酸根离子含量大于 10000mg/L、土中硫酸根离子含量大于 15000mg/kg 或 pH 值小于 4 时,混凝土耐久性设计应经过专门试验论证。

3.0.6 水运工程钢结构应按不同环境类别和作用程度进行腐蚀部位或腐蚀条件划分,所处部位或腐蚀条件的划分应满足下列要求。

3.0.6.1 海水环境钢结构部位应按设计水位或天文潮位划分为大气区、浪溅区、水位变动区、水下区和泥下区,各部位划分应符合表 3.0.6-1 的规定。

表 3.0.6-1 海水环境钢结构部位划分

掩护条件	划分类别	大气区	浪 溅 区	水位变动区	水 下 区	泥 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
无掩护条件	按港工设计水位	设计高水位加($\eta_0 + 1.0m$)以上	大气区下界至设计高水位减 η_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
	按天文潮位	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

注:① η_0 值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;

②无掩护条件的海水环境钢结构无法按有关规范计算设计水位时,按天文潮位确定钢结构的部位划分。

3.0.6.2 淡水环境钢结构部位应按设计水位划分为水上区、水下区和泥下区,各部位的划分应符合表 3.0.6-2 的规定。

表 3.0.6-2 淡水环境钢结构部位划分

水 上 区	水 下 区	泥 下 区
设计高水位以上	设计高水位以下至泥面	泥面以下

3.0.7 防腐蚀材料应有产品质量证明文件,材料进场时应进行检验。

3.0.8 防腐蚀材料运输应分类放置,并采取有效的保护措施。存放宜设置唯一性标识、单独堆放,并应存放在干燥阴凉处。

3.0.9 施工设备应性能良好,并经试验论证设备参数满足施工要求。检测仪器设备应检定合格并在有效期内使用。

3.0.10 混凝土表面涂层和硅烷浸渍防腐蚀施工应进行小区试验,正式施工应在防腐蚀材料和施工工艺应经小区试验验证并满足设计要求后进行。

3.0.11 防腐蚀施工必须满足国家现行安全、职业健康及环保相关规定。

3.0.12 防腐蚀施工应综合考虑与其他工序的搭接和交叉,合理安排施工工序,上一道工序未经检验合格,不得进行后续作业。

3.0.13 防腐蚀施工后应及时进行防腐蚀工程质量检验。

3.0.14 防腐蚀工程施工中应做好施工记录,施工完成后应及时验收,竣工验收资料内容应完整。

3.0.15 水运工程设施管理单位应建立结构防腐蚀维护动态管理台账,并定期监测、检测防腐蚀保护效果与质量。

4 混凝土表面涂层

4.1 一般规定

- 4.1.1 实施涂装的混凝土龄期不宜少于28d,并应验收合格。
- 4.1.2 涂装前应对混凝土进行表面处理。
- 4.1.3 混凝土表面涂层涂装范围应按表4.1.3划分为表干区和表湿区。

表4.1.3 混凝土表面涂层涂装范围划分

名称	环境类别	
	海水环境	淡水环境
表干区	大气区	水上区
表湿区	飞溅区及平均水位以上的水位变动区	平均水位以上的水位变动区

注:飞溅区、水位变动区或水下区的预制构件在未安装前进行涂装时可按表干区划分。

- 4.1.4 处于表湿区位置的混凝土构件应选用湿固化涂料,涂层与湿表面混凝土的粘结强度应满足设计要求。
- 4.1.5 涂装前应按设计涂层体系进行小区试验。小区试验应符合下列规定。
- 4.1.5.1 在待涂装构件上应选取面积不应小于20m²的代表性部位按附录A的规定进行小区试验。
- 4.1.5.2 涂装小区试验检验结果不满足设计要求时,应另外选取不小于20m²的试验区按附录A的要求重做试验,仍不合格时,应分析原因并采取措施。
- 4.1.6 涂装施工的混凝土涂层材料、施工工艺应与小区试验保持一致。
- 4.1.7 混凝土涂层应逐道涂装,每道涂层厚度、涂装间隔应满足涂料产品说明书的要求。

4.2 材料

- 4.2.1 涂料应按设计涂层体系选择,涂料质量应符合下列规定。
- 4.2.1.1 每批涂料及稀释剂应有产品出厂检验合格证书,且应在有效期内使用。
- 4.2.1.2 各批次进场涂料应取样检验涂料性能和涂层性能,并保存样品,涂料性能检验应符合表4.2.1-1的规定,涂层性能检验项目和检验方法应符合表4.2.1-2的规定,涂层性能检验结果应满足设计要求。

表4.2.1-1 涂料性能指标

检验项目	性能指标	检验方法
颜色	满足标准色卡要求	《漆膜颜色标准》(GB/T 3181)
黏度(s)	满足产品规定要求	《涂料粘度测定法》(GB/T 1723)或《胶黏剂黏度的测定 单圆筒旋转黏度计法》(GB/T 2794)

续表 4.2.1-1

检验项目	性能指标	检验方法
不挥发物含量(%)	满足产品规定要求	《色漆、清漆和塑料 不挥发物含量的测定》(GB/T 1725)
密度(g/ml)	满足产品规定要求	《色漆和清漆 密度的测定 比重瓶法》(GB/T 6750)
遮盖力(g/m ²)	满足产品规定要求	《涂料遮盖力测定法》(GB/T 1726)
干燥时间	表干时间不大于 2.5h	《漆膜、腻子膜干燥时间测定法》(GB/T 1728), 试验温度 25℃
流挂性	满足产品规定要求	《色漆和清漆 抗流挂性评定》(GB/T 9264)
面漆细度(μm)	≤50	《涂料细度测定法》(GB/T 1724)
附着力(级)	≤2	《色漆和清漆 漆膜的划格试验》(GB/T 9286)
中间漆和面漆的耐磨性(g)	≤0.05	《色漆和清漆 耐磨性的测定 旋转橡胶砂轮法》(GB/T 1768), 砣码质量 1kg, 转数 500 转

表 4.2.1-2 涂层性能检验项目和检验方法

序号	检验项目	检验方法
1	涂层耐老化性	《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), 混凝土涂层试件
2	冲击强度	《漆膜耐冲击测定法》(GB/T 1732)
3	涂层抗氯离子渗透性	《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153)
4	涂层粘结强度	
5	涂层耐碱性	
6	涂层外观质量	

注:表湿区涂层性能检验应采用潮湿混凝土试件上涂装各道涂层。

4.2.1.3 涂料在容器中搅拌后的状态应无粗颗粒、呈现均匀状态。

4.2.2 小区试验前,选定的涂料应经检测单位检验涂料性能,并按照设计涂层配套体系检验涂层性能。小区试验应在涂层性能和涂料性能检验合格后进行,涂层正式施工应在小区试验合格后进行。

4.2.3 涂料在运输过程中应采取有效的防碰撞、防泄漏和防火等措施。

4.2.4 涂料应按品种、规格分别堆放,应贮存在通风阴凉区域,并应采取有效的防火措施。

4.3 施 工

4.3.1 混凝土表面处理应符合下列规定。

4.3.1.1 混凝土表面存在明显麻面、砂斑和气泡等缺陷,应采用与涂料相容的环氧胶泥或水泥基修补材料修补平整,修补材料粘结强度不应低于 1.5MPa。

4.3.1.2 混凝土表面的浮浆、不牢灰浆、油污、养护剂、脱模剂等,宜采用压力不小于 20MPa 的高压淡水清除干净;也可使用动力打磨工具清除,然后用淡水清洗干净或使用通过除油装置的压缩空气吹除干净;必要时应用适当溶剂清除油污。

4.3.1.3 表干区混凝土表面含水率不应大于 6%,表湿区混凝土不应有积水、流水和

水珠等。

4.3.2 涂装施工环境相对湿度宜小于85%，湿固化涂料可不受环境湿度的限制。

4.3.3 涂装施工现场及附近应无明火，且施工现场应远离火种，在密闭空间进行喷涂时应采用防爆照明并安装通风装置。

4.3.4 涂装宜采用高压无气喷涂，当施工条件不允许或被涂装表面复杂而不具备喷涂施工条件时，可采用辊涂或刷涂进行涂装施工。

4.3.5 双组分或多组分涂料应严格按产品要求比例混合调配，稀释剂加入量不得超过产品规定要求，涂料混合应及时使用动力搅拌装置充分搅拌均匀。

4.3.6 调配后的涂料应遵照产品说明书要求在规定的时间内使用，调配后超过产品规定使用时间的涂料应弃用。

4.3.7 涂装应按设计的涂层配套体系逐道施工，并应符合下列规定。

4.3.7.1 涂料用量应根据小区试验结果、构件类型、涂装面积、涂装方式等确定。

4.3.7.2 涂装施工应采取有效措施控制涂层的厚度和均匀性，并随时检验涂层湿膜厚度，湿膜厚度不满足要求应及时补涂。

4.3.7.3 涂装过程中应随时检查涂层湿膜的表面状况，当涂层出现流挂、针孔、气泡、漏涂、色泽不匀等情况时应及时处理。

4.3.7.4 每道涂层涂装前应对上一道涂层进行检查，当上一道涂层表面附着有盐分、灰尘及油污等污染物时，应使用清洁剂、淡水等清洗干净。

4.3.7.5 各道涂层的涂装间隔时间应满足产品说明书的规定要求。

4.3.8 每工作班应核查各道涂层的涂料用量，当用量有明显出入时，应分析原因，并采取相应对策。

4.3.9 涂装后应全面目视检查涂层外观，涂层表面应光滑平整、色泽一致，无气泡、透底、开裂、剥落、漏涂等缺陷。

4.3.10 当发现涂层有损坏时，应及时按设计涂层配套体系进行补涂，修补后的涂层应完整、色泽均匀一致。

4.3.11 涂装施工应做好施工记录，施工记录宜符合附录 J.1 节的有关规定。

4.4 检验与验收

4.4.1 进场涂料应检验涂料性能和涂层性能，涂料检验应符合下列规定。

4.4.1.1 每批进场涂料应检查产品出厂合格证和材料检验报告等。

4.4.1.2 各批次进场涂料应随机抽样检验并保存样品，每种涂料取样不少于8kg，分别按表4.2.1-1、表4.2.2-2的规定检验涂料性能和涂层性能。

4.4.1.3 涂料性能检验批次应按每种涂料的每2t为1个检验批，单批次不足2t应按1个检验批计。

4.4.1.4 涂层性能检验批次应按涂料配套总使用量的每30t为1个检验批，单批次不足30t应按1个检验批计。

4.4.1.5 抽样检验结果有不合格项时，应双倍抽样复检不合格项，仍有不合格项时，应

判定该批产品质量不合格。

4.4.2 混凝土表面涂层质量检验应在涂装施工完成 7d 后进行,并应按附录 B 的规定检验涂层外观、涂层干膜厚度和涂层粘结强度。

4.4.3 涂层质量检验可按构件类别、数量划分检测单元,表干区和表湿区构件应分别划分检测单元。

4.4.4 每个检测单元应按 2000m^2 为 1 个检验批,不足 2000m^2 时按 1 个检验批计。

4.4.5 涂层外观检验应对全部构件目视检查,必要时采用放大镜检查。涂层表面应光滑平整、色泽一致,无气泡、透底、返锈、返黏、起皱、开裂、剥落、漏涂等缺陷。

4.4.6 涂层干膜厚度检验应符合下列规定。

4.4.6.1 涂层干膜厚度的检验应按每 200m^2 面积不少于 1 个测点,且每种构件不应少于 3 个测点。每一测点应测取 3 次读数,取 3 次读数的算术平均值为此点的测点值。

4.4.6.2 涂层干膜厚度测点值小于设计值的测点数不应大于总测点数的 10%,且干膜厚度测点值不应小于设计值的 90%。

4.4.7 涂层粘结强度检验应符合下列规定。

4.4.7.1 涂层粘结强度的检验应按每 1000m^2 面积不少于 1 个测点,每一测点值应测取 3 次读数,每种构件不应少于 3 个测点。

4.4.7.2 涂层粘结强度测点值不应小于设计值。

4.4.8 混凝土结构表面涂层质量检验批有不合格项时,应双倍抽样复检不合格项,仍有不合格项时,应判定该检验批不合格。

4.4.9 涂层外观、涂层干膜厚度不合格时,可对该检验批采取全面补涂措施。涂层粘结强度不合格时,该检验批涂层应全部清除,按照设计涂层体系重新涂装。

4.4.10 涂层质量检验位置的破损涂层应使用设计涂层配套体系修补,修补边界扩大范围不应小于 50mm 。

4.4.11 混凝土表面涂层施工验收前应确认小区试验报告、施工记录、质量证明材料和现场检验等齐全。

4.4.12 混凝土表面涂层竣工验收应提交下列资料:

- (1) 涂料出厂合格证、质量证明书及涂层检验报告;
- (2) 进场涂料检验报告、涂装小区试验报告;
- (3) 设计文件及设计变更文件;
- (4) 混凝土表面处理检查交接记录;
- (5) 涂装施工记录;
- (6) 现场检验报告;
- (7) 施工过程中出现的问题及处理情况;
- (8) 维护管理建议。

5 混凝土硅烷浸渍

5.1 一般规定

- 5.1.1 实施硅烷浸渍的混凝土龄期不宜少于 28d, 并应验收合格。
- 5.1.2 硅烷浸渍前应对混凝土进行表面处理。
- 5.1.3 硅烷浸渍施工前应按设计要求进行小区试验。小区试验应符合下列规定。
- 5.1.3.1 在待硅烷浸渍构件上选取面积不宜小于 20m² 的代表性部位按附录 C 的规定进行小区试验。
- 5.1.3.2 硅烷浸渍小区试验检验结果不满足设计要求时, 应另外选取不小于 20m² 的试验区按附录 C 的要求重做试验, 仍不合格时, 应分析原因并采取措施。
- 5.1.4 硅烷浸渍施工的硅烷材料、施工工艺应与小区试验保持一致。
- 5.1.5 硅烷浸渍间隔时间应满足硅烷产品说明书的要求。

5.2 材 料

- 5.2.1 硅烷材料应按设计要求选择, 硅烷材料质量应符合下列规定。
- 5.2.1.1 每批硅烷材料应有产品出厂检验合格证书, 且应在有效期内使用。
- 5.2.1.2 各批次进场硅烷材料应取样检验硅烷材料性能和硅烷浸渍保护性能, 并保存样品, 其检验项目和检验方法应符合表 5.2.1-1 和表 5.2.1-2 的规定, 检验结果应满足设计要求。

表 5.2.1-1 硅烷材料性能的检验项目和检验方法

检 验 项 目	检 验 方 法
硅烷有效成分	《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153)
硅烷有效成分含量	
硅氧烷含量	
氯离子含量	

表 5.2.1-2 硅烷浸渍保护性能的检验项目和检验方法

检 验 项 目	检 验 方 法
吸水率	《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153)
渗透深度	
氯化物吸收量降低效果	

- 5.2.2 小区试验前, 选定的硅烷材料应经检测单位检验硅烷材料性能和硅烷浸渍保护性

能。小区试验应在硅烷材料性能和硅烷浸渍保护性能检验合格后进行,硅烷浸渍正式施工应在小区试验合格后进行。

5.2.3 硅烷材料在运输过程中应采取有效的防碰撞、防泄漏和防接触直接热源等措施。

5.2.4 硅烷材料宜单独堆放,应贮存在通风、干燥、阴凉区域,并应采取有效的防火措施。产品贮存期不宜超过6个月,过期应重新进行性能检验。硅烷材料应盛放在密封完好的容器中,容器开启后宜在48h内使用完毕。

5.3 施 工

5.3.1 混凝土表面处理应符合下列规定。

5.3.1.1 混凝土表面存在明显麻面、砂斑等缺陷,应采用水泥基修补材料进行修补,修补材料强度不应低于基体混凝土强度。硅烷浸渍宜在修补完成14d后进行。

5.3.1.2 混凝土表面的不牢附着物宜采用高压淡水或打磨工具等清理干净,表面油污宜用溶剂或清洁剂擦洗去除。

5.3.1.3 混凝土表面存在的脱模剂或养护剂,经试验确定对硅烷浸渍有影响时应打磨清理干净。

5.3.1.4 混凝土表面打磨后应采用淡水冲洗干净,并自然干燥。硅烷浸渍前混凝土表面含水率不宜大于8%。

5.3.2 硅烷浸渍宜使用低压不间断循环泵送设备喷涂,浸渍面积较小时,可采用辊涂或刷涂。

5.3.3 施工宜选择在晴朗天气,大风、雾雨等天气应停止作业。作业时混凝土表面温度宜在5℃~45℃之间。

5.3.4 硅烷浸渍施工现场及附近应无明火,且施工现场应远离火种,在密闭空间进行喷涂时应采用防爆照明并安装通风装置。

5.3.5 混凝土硅烷浸渍施工质量控制应符合下列规定。

5.3.5.1 硅烷浸渍施工前,应在现场待浸渍混凝土的表面钻取质量检验用混凝土空白芯样。

5.3.5.2 浸渍施工前应采用目视检查法全面检查混凝土表面处理质量,并按200m²一个测点检测混凝土表面含水率。浸渍施工应在检查合格后进行。

5.3.5.3 硅烷材料在施工中不得以溶剂或其他液体稀释使用。

5.3.5.4 硅烷浸渍施工应自下而上进行,浸渍道数、每道硅烷材料用量应根据小区试验结果、构件类型、涂装面积、涂装方式等确定。

5.3.5.5 液体硅烷浸渍施工时,应使被涂面至少有5s保持表湿状态,并按浸渍同一类型构件一定面积,随机称量硅烷材料耗用量,测定值不应低于小区试验和设计要求。

5.3.5.6 膏体硅烷浸渍施工时,宜分层叠加施涂,并按浸渍同一类构件测定硅烷湿膜厚度或一定面积随机称量硅烷材料耗用量,测定值不应低于小区试验和设计要求。

5.3.5.7 硅烷浸渍应避免与邻近的橡胶支座、沥青材料和接口密封件等接触。

5.3.6 混凝土硅烷浸渍后的保养应符合下列规定。

5.3.6.1 混凝土硅烷浸渍后应避免暴晒和雨淋,宜使用适当材料围挡或塑料薄膜覆盖,保养时间不应少于6h。

5.3.6.2 混凝土构件硅烷浸渍后产生的损伤部位,应在使用水泥基修补材料修补完成14d后进行硅烷浸渍修复。

5.3.7 混凝土硅烷浸渍应做好施工记录,施工记录应符合附录J.2节的有关规定。

5.4 检验与验收

5.4.1 进场硅烷材料应检验硅烷材料基本性能和硅烷浸渍保护性能,硅烷材料检验应符合下列规定。

5.4.1.1 每批进场硅烷材料应检查产品出厂合格证和材料检验报告等。

5.4.1.2 各批次进场硅烷材料应随机抽样检验及保存样品,每个样本不少于1kg,分别按表5.2.1-1和表5.2.1-2的规定检验硅烷材料基本性能和硅烷浸渍保护性能。

5.4.1.3 硅烷材料基本性能检验批次应按每1t为1个检验批,单批次不足1t应按1个检验批计。

5.4.1.4 硅烷浸渍保护性能检验批次应按每10t为1个检验批,单批次不足10t应按1个检验批计。

5.4.1.5 抽样检验结果有不合格项时,应双倍抽样复检不合格项,仍有不合格项时,应判定该批产品质量不合格。

5.4.2 硅烷浸渍施工完成7d后应按附录D的规定现场钻取芯样进行硅烷浸渍深度、吸水率和氯化物降低效果等混凝土硅烷浸渍质量检验,检验方法应符合现行行业标准《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153)的有关规定。

5.4.3 混凝土硅烷浸渍检验可按构件类别、数量划分检测单元。

5.4.4 混凝土硅烷浸渍深度、吸水率和氯化物降低效果检验应符合下列规定。

5.4.4.1 每类构件按1000m²为1个检验批,不足1000m²时按1个检验批计。

5.4.4.2 硅烷浸渍深度和氯化物降低效果不应小于设计值,硅烷吸水率不应大于设计值。

5.4.5 混凝土硅烷浸渍质量检验批有不合格项时,应双倍抽样复检不合格项,仍有不合格项时,应判定该检验批不合格。

5.4.6 混凝土硅烷浸渍质量检验批不合格时,应对该检验批全面补涂硅烷直至检验满足设计要求。

5.4.7 硅烷浸渍质量检验钻取芯样位置孔洞修补应符合下列规定。

5.4.7.1 混凝土孔洞应采用无收缩的水泥基材料修补平整,修补材料的强度和耐久性能不应低于混凝土本体性能。

5.4.7.2 修补完成14d后,混凝土修补区域应按原设计硅烷浸渍体系补涂,补涂边界扩大范围不应小于100mm。

5.4.8 混凝土硅烷浸渍施工验收前应确认小区试验报告、施工记录、质量证明材料和现场质量检验等齐全。

5.4.9 混凝土表面硅烷浸渍竣工验收应提交下列资料：

- (1) 硅烷材料出厂合格证、质量证明书、硅烷材料及硅烷浸渍保护检验报告；
- (2) 进场硅烷材料质量检验文件、小区试验报告；
- (3) 设计文件及设计变更文件；
- (4) 施工记录；
- (5) 硅烷浸渍后检验报告及检验批质量验收记录；
- (6) 施工过程中出现的问题及处理情况；
- (7) 维护管理建议。

6 钢筋阻锈剂

6.1 一般规定

- 6.1.1 水运工程钢筋混凝土结构使用钢筋阻锈剂时,宜采用内掺型钢筋阻锈剂。
- 6.1.2 钢筋阻锈剂对新拌混凝土和硬化混凝土的性能应无不利影响。
- 6.1.3 钢筋阻锈剂使用过程中,应采取避免造成环境污染的措施。

6.2 材 料

6.2.1 钢筋阻锈剂应按设计要求选择,阻锈剂质量应符合下列规定。

6.2.1.1 钢筋阻锈剂应有产品出厂检验合格证书,并应标明其主要化学成分及含量、阻锈作用类型及适用范围,且应在有效期内使用。

6.2.1.2 各批次进场钢筋阻锈剂应取样检验掺阻锈剂混凝土性能和钢筋阻锈剂防锈性能,并保存样品。其检验项目和检验方法应符合表 6.2.1-1 和表 6.2.1-2 的规定,检验结果应满足设计要求。

表 6.2.1-1 掺阻锈剂混凝土性能的检验项目和检验方法

检 验 项 目	检 验 方 法
凝结时间差	《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236)
28d 抗压强度比	
坍落度损失	
抗渗性	

注:钢筋阻锈剂性能检验采用掺阻锈剂混凝土与未掺阻锈剂混凝土进行。

表 6.2.1-2 钢筋阻锈剂防锈性能的检验项目和检验方法

检 验 项 目	检 验 方 法
盐水溶液中的防锈性能	《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153)
电化学综合防锈性能	
盐水浸烘环境中防锈性能	

注:电化学综合防锈性能检验仅适用于阳极型钢筋阻锈剂。

- 6.2.2 钢筋阻锈剂与外加剂复合使用时的相容性及对混凝土的影响应由试验确定。
- 6.2.3 钢筋阻锈剂在运输过程中应采取有效的防潮、防泄漏和防接触直接热源等措施。
- 6.2.4 钢筋阻锈剂宜单独存放,应贮存在干燥阴凉区域。产品贮存期不宜超过 6 个月,过期应重新进行性能检验。

6.3 施 工

- 6.3.1** 钢筋阻锈剂混凝土配合比设计应符合现行行业标准《水运工程混凝土质量控制标准》(JTS 202—2)的有关规定。混凝土试验应采用工程使用的原材料,当使用水剂型钢筋阻锈剂时,混凝土拌和用水应扣除阻锈剂的含水量。
- 6.3.2** 钢筋阻锈剂掺量应根据生产厂家推荐用量并经试验确定。
- 6.3.3** 混凝土浇筑前,应确定钢筋阻锈剂对混凝土初凝和终凝时间的影响。
- 6.3.4** 钢筋阻锈剂混凝土的搅拌、运输、浇筑、养护应符合现行行业标准《水运工程混凝土质量控制标准》(JTS 202—2)的有关规定。在后张法预应力孔道灌浆中掺钢筋阻锈剂时,应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)等的有关规定。
- 6.3.5** 钢筋阻锈剂混凝土的搅拌时间应适当延长,延长时间应通过试验确定。
- 6.3.6** 施工过程中应做好施工记录,施工记录应符合附录 J.3 节的有关规定。

6.4 检验与验收

- 6.4.1** 进场钢筋阻锈剂应检验掺阻锈剂混凝土性能和钢筋阻锈剂防锈性能,检验应符合下列规定。
- 6.4.1.1** 每批进场钢筋阻锈剂应检查产品出厂合格证和材料检验报告等。
- 6.4.1.2** 各批次进场钢筋阻锈剂应随机抽样检测并保存样品,每个样本不应少于 2kg,分别按表 6.2.1-1 和表 6.2.1-2 的规定检验掺阻锈剂混凝土性能和钢筋阻锈剂防锈性能。
- 6.4.1.3** 掺阻锈剂混凝土性能检验批次应按每 10t 为 1 个检验批,单批次不足 10t 应按 1 个检验批计。
- 6.4.1.4** 钢筋阻锈剂防锈性能检验批次应按每 50t 为 1 个检验批,单批次不足 50t 应按 1 个检验批计。
- 6.4.1.5** 抽样检测结果有不合格项时,应双倍抽样复检不合格项;仍有不合格项时,应判定该批产品质量不合格。
- 6.4.2** 钢筋阻锈剂混凝土的质量检验可按构件类别、数量划分检测单元。
- 6.4.3** 钢筋阻锈剂混凝土的质量检验应符合下列规定。
- 6.4.3.1** 现场抽样钢筋阻锈剂混凝土可按每类构件每 3000m³ 混凝土为 1 个检验批,不足 3000m³ 时应按 1 个检验批计。每个检验批取样应制作 2 组试件,1 组试件用于抽样检测,另 1 组试件留存备查。
- 6.4.3.2** 钢筋阻锈剂混凝土质量检测方法应符合附录 E 的有关规定。
- 6.4.3.3** 抽样检测结果有不合格项时,可对留存备查的试件进行复检;仍不合格时,应判定该批产品质量不合格。
- 6.4.4** 钢筋阻锈剂施工验收前应确认施工记录、质量证明材料和现场质量检验等齐全。
- 6.4.5** 掺钢筋阻锈剂混凝土竣工验收应提交下列资料:
- (1) 钢筋阻锈剂产品合格证、质量证明书及检验报告;

- (2) 进场钢筋阻锈剂质量检验文件；
- (3) 设计文件及设计变更文件；
- (4) 混凝土配合比通知单；
- (5) 施工记录表；
- (6) 掺钢筋阻锈剂混凝土现场抽样检测报告；
- (7) 施工过程中出现的问题及处理情况；
- (8) 维护管理建议。

7 环氧涂层钢筋

7.1 一般规定

- 7.1.1 环氧涂层钢筋在运输、搬运和施工中应采取有效措施避免环氧涂层受到损坏,少量涂层破损应及时修补。
- 7.1.2 采用绑扎连接时,环氧涂层钢筋绑扎接头应采用专用的包胶铁丝或尼龙扎带绑扎;采用机械连接接头和焊接接头时,环氧涂层钢筋接头部位应使用配套的涂层修补。
- 7.1.3 同一构件中的环氧涂层钢筋与无涂层钢筋不得电连接。

7.2 材 料

7.2.1 环氧涂层钢筋质量应符合下列规定。

7.2.1.1 生产环氧涂层钢筋的钢筋和环氧粉末材料应符合现行国家标准《钢筋混凝土用环氧涂层钢筋》(GB/T 25826)的有关规定。

7.2.1.2 环氧涂层钢筋性能的检验项目和检验方法应符合表 7.2.1 的规定,检验结果应满足设计要求。

表 7.2.1 环氧涂层钢筋性能的检验项目和检验方法

检验项目	检验方法
涂层厚度	《色漆和清漆 漆膜厚度的测定》(GB/T 13452.2—2008)方法 7 磁性法
涂层连续性	《钢筋混凝土用环氧涂层钢筋》(GB/T 25826)
涂层可弯性	

7.2.2 环氧涂层钢筋的力学性能应满足设计要求,并应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定。

7.2.3 环氧涂层修补材料应与原环氧涂层具有相容性,并在混凝土中具有惰性。

7.2.4 环氧涂层钢筋在运输过程中应采取有效的防碰撞和防火措施。

7.2.5 环氧涂层钢筋的贮存应符合下列规定。

7.2.5.1 环氧涂层钢筋现场贮存期不宜超过 6 个月,当环氧涂层钢筋室外存放的时间需要 2 个月以上时,应采取保护措施,避免暴露在阳光和盐雾中。

7.2.5.2 环氧涂层钢筋存放时应离开地面不少于 200mm,并应堆放平整牢靠;当成捆堆放时,钢筋与地面、钢筋捆与捆之间应用垫木隔开,且成捆堆放的层数不应超过 5 层。

7.3 施 工

7.3.1 环氧涂层钢筋的现场搬运应符合下列规定。

7.3.1.1 环氧涂层钢筋搬运宜采用具有抗紫外线照射性能的黑塑料布包装成捆,严禁拖拉抛拽环氧涂层钢筋。

7.3.1.2 环氧涂层钢筋水平搬运时,装运钢筋不应超过 5 层,各捆钢筋之间应使用 50mm×50mm 方木分隔,再用帆布覆盖。

7.3.1.3 涂层钢筋吊装应采用不损伤环氧涂层的高强度尼龙吊带作为吊索,吊索与环氧涂层钢筋之间应有垫层或采用适当方法防止涂层的损伤。

7.3.1.4 涂层钢筋吊装应采用防止钢筋捆过度下垂的多点吊,相邻吊点之间的距离不应大于 4m。

7.3.2 环氧涂层钢筋加工应满足下列要求:

(1) 环氧涂层钢筋弯曲切割时,环境温度不低于 5℃;

(2) 钢筋弯曲机的心轴套以尼龙管套或其他缓冲材料管套,加工台平板表面铺以布毡垫层;

(3) 对直径小于或等于 20mm 钢筋,环氧涂层钢筋的弯曲直径不小于钢筋直径的 4 倍;

(4) 对直径大于 20mm 钢筋,环氧涂层钢筋的弯曲直径不小于钢筋直径的 6 倍且弯曲速率不大于 8rad/min;

(5) 进行切割、冷弯时,所有接触环氧涂层钢筋的机具接触面安装尼龙套管筒或衬垫;

(6) 环氧涂层钢筋切断处钢筋断面及时采用环氧涂层修补材料修补。

7.3.3 架立环氧涂层钢筋不得采用无涂层钢筋,架立涂层钢筋的垫座、垫块应以尼龙、塑料或其他柔软材料包裹。

7.3.4 环氧涂层钢筋的接头形式宜采用绑扎接头,也可采用机械连接接头或焊接接头。环氧涂层钢筋接头应符合下列规定。

7.3.4.1 涂层钢筋直径小于 20mm 应采用绑扎接头,绑扎材料应采用专用的包胶铁丝或尼龙扎带。

7.3.4.2 涂层钢筋机械连接接头应采用经过涂装的专用套筒、螺母进行连接。

7.3.4.3 涂层钢筋焊接施工前,应先将钢筋焊接端头长度 150mm 范围的涂层清除干净,削平钢筋的端面,使端面与钢筋中心线相垂直,并应清洁打磨钢筋端头使其露出金属光泽。直径 20mm~22mm 的钢筋应采用连续闪光焊,直径 25mm 及以上钢筋应采用闪光—预热—闪光焊。

7.3.5 环氧涂层钢筋的涂层修补应符合下列规定。

7.3.5.1 不包括切割部位的涂层损伤面积超过钢筋表面积的 0.5%,或任意 1m 长的环氧涂层钢筋受损涂层面积超过其表面积的 1% 时,该根环氧涂层钢筋应废弃。不包括切割部位的涂层损伤面积小于钢筋表面积的 0.5%,或任意 1m 长的环氧涂层钢筋受损涂层面积小于其表面积的 1% 时,应对目视可见的涂层损伤进行修补。

7.3.5.2 钢筋加工过程中受到剪切、锯割或工具切断时的切断头,与焊接烧伤及热影响区,均应在切断或损伤后 2h 内及时修补。

7.3.5.3 修补应采用环氧涂层钢筋生产厂家提供的材料,修补材料应按厂家提供的比例配制,并在材料的有效使用时间内实施涂装。

7.3.5.4 修补前,应清除修补处的环氧涂层和钢筋锈迹。

7.3.5.5 修补环境相对湿度大于85%时,应使用电热吹风机对钢筋适当加热除湿。

7.3.5.6 修补材料与已有牢固环氧涂层搭接的范围应适当,不宜使已有的牢固环氧涂层过度增厚。

7.3.5.7 修补部位的环氧涂层厚度不应低于钢筋原有涂层厚度。

7.3.5.8 涂层完全固化前,修补区域应避免扰动、碰触。混凝土浇筑前,应确保所有破损的环氧涂层均已得到有效修补。

7.3.6 环氧涂层钢筋现场施工保护措施应符合下列规定。

7.3.6.1 施工过程中应制定有效措施,避免作业人员、机械等碰伤、划伤、损坏钢筋表面的环氧涂层。

7.3.6.2 施工过程中应采用塑料或橡胶套筒对接头进行保护。

7.3.6.3 施工过程中应随时检查环氧涂层钢筋外观,严格控制环氧涂层钢筋出现破损缺陷。

7.3.6.4 采用插入式混凝土振捣器振捣时,应在金属振捣棒外套橡胶套或采用非金属振捣棒。振捣过程中应避免振捣棒与钢筋接触。

7.3.7 环氧涂层钢筋施工应做好施工记录,施工记录宜符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)的有关规定。

7.4 检验与验收

7.4.1 进场环氧涂层钢筋检验应符合下列规定。

7.4.1.1 每批进场环氧涂层钢筋应检查产品出厂合格证和材料检验报告等。

7.4.1.2 各批次进场环氧涂层钢筋应按每30t为1个检验批,单批次不足30t应按1个检验批计,每批应由同一生产线、同一生产工艺、同一公称直径、同一牌号的钢筋组成。

7.4.1.3 每检验批应随机抽检不少于2根检验钢筋涂层厚度,不少于2根检验涂层连续性,不少于1根检验涂层可弯性。

7.4.1.4 抽样检测结果有不合格项时,应双倍抽样复检不合格项,仍有不合格项时,应判定该批产品质量不合格。

7.4.2 环氧涂层钢筋现场检验应符合下列规定。

7.4.2.1 环氧涂层钢筋的现场检验应按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)和《水运工程质量检验标准》(JTS 257)的有关规定进行。

7.4.2.2 钢筋锚固长度、架立钢筋材质应全部进行观察检验,其质量应满足设计要求。

7.4.2.3 采用绑扎连接时,应全部检验绑扎材料、接头位置、同一截面接头数量、搭接长度,其质量应满足设计要求。

7.4.2.4 钢筋机械连接接头的现场检验应符合现行行业标准《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ 107)的有关规定,焊接接头力学性能的抽样检验应符合现行行业标准《钢

筋焊接及验收规程》(JGJ 18)的有关规定,其质量应满足设计要求。

7.4.2.5 环氧涂层钢筋现场修补后应检测单个缺陷面积大于 1cm^2 的修补区域的涂层连续性和涂层厚度。

7.4.3 环氧涂层钢筋施工验收应在混凝土浇筑前进行,验收前应确认施工记录、质量证明材料和现场检验等齐全。

7.4.4 环氧涂层钢筋竣工验收应提交下列资料:

- (1) 环氧涂层钢筋出厂合格证、质量证明书及检验报告;
- (2) 进场环氧涂层钢筋质量检验文件;
- (3) 设计文件及设计变更文件;
- (4) 环氧涂层钢筋现场检验结果和涂层修补记录;
- (5) 施工过程中出现的问题及处理情况;
- (6) 维护管理建议。

8 不锈钢钢筋

8.1 一般规定

8.1.1 不锈钢钢筋和普通钢筋在新建混凝土结构混合使用时可直接接触。

8.1.2 不锈钢钢筋应采用机械接头连接或绑扎连接,不应采用焊接连接。

8.2 材 料

8.2.1 不锈钢钢筋质量应符合下列规定。

8.2.1.1 不锈钢钢筋应采用 HPB300S、HRB400S、HRB500S 牌号钢筋。

8.2.1.2 不锈钢钢筋尺寸、外形、重量及允许偏差应满足下列要求:

(1) 热轧光圆不锈钢钢筋的公称直径范围为 6mm ~ 22mm, 热轧带肋不锈钢钢筋的公称直径范围为 6mm ~ 50mm;

(2) 不锈钢钢筋公称直径横截面面积与理论重量符合现行行业标准《钢筋混凝土用不锈钢钢筋》(GB/T 33959) 的有关规定;

(3) 光圆不锈钢钢筋和带肋不锈钢钢筋的表面形状和允许偏差分别符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 1 部分:热轧光圆钢筋》(GB 1499.1) 和《钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋》(GB 1499.2) 的有关规定;

(4) 不锈钢钢筋按定尺长度交货时,具体交货长度在合同中注明,长度允许偏差为 0, +50mm;

(5) 直条不锈钢钢筋每米弯曲度不大于 4mm,总弯曲度不大于钢筋总长度的 0.4%,且不影响正常使用,不锈钢钢筋端部需剪切正直,且局部变形不影响钢筋正常使用;

(6) 光圆不锈钢钢筋和带肋不锈钢钢筋实际重量与理论重量的偏差符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 1 部分:热轧光圆钢筋》(GB 1499.1) 和《钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋》(GB 1499.2) 的有关规定;

(7) 按盘卷交货的钢筋,每盘由 1 根盘条组成,每盘重量不小于 800kg。

8.2.1.3 不锈钢钢筋化学成分应满足下列要求:

(1) 不同钢号钢筋熔炼的化学成分符合表 8.2.1 的规定;

表 8.2.1 不同钢号钢筋的化学成分要求

统一数字 代号	钢 号	化学成分(按质量计,%)									
		C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	N	Cu
S30408	06Cr19Ni10	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	18.00 ~ 20.00	8.00 ~ 11.00	—	—	—

续表 8.2.1

统一数字 代号	钢 号	化学成分(按质量计,%)									
		C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	N	Cu
S30453	022Cr19Ni10N	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	18.00 ~ 20.00	8.00 ~ 11.00	—	0.10 ~ 0.16	—
S731608	06Cr17Ni12Mo2	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	16.00 ~ 18.00	10.00 ~ 14.00	2.00 ~ 3.00	—	—
S31653	022Cr17Ni12Mo2N	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	16.00 ~ 18.00	11.00 ~ 13.00	2.00 ~ 3.00	0.10 ~ 0.16	—
S32304	022Cr23Ni4MoN	≤0.03	≤1.00	≤2.50	≤0.040	≤0.030	21.50 ~ 24.50	3.50 ~ 5.50	0.05 ~ 0.60	0.05 ~ 0.20	0.05 ~ 0.60
S22253	022Cr22Ni5Mo3N	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.020	21.00 ~ 23.00	4.50 ~ 6.50	2.50 ~ 3.50	0.08 ~ 0.20	—

(2) 不锈钢钢筋成品的化学成分除满足表 8.2.1 要求外,其允许偏差符合现行国家标准《钢的成品化学成分允许偏差》(GB/T 222)的有关规定;

(3) 不锈钢钢筋化学成分分析方法符合现行国家标准《钢铁及合金化学分析方法》(GB/T 223)、《钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法(常规方法)》(GB/T 20123)、《钢铁 氮含量的测定 惰性气体熔融热导法(常规方法)》(GB/T 20124)和《不锈钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)》(GB/T 11170)的有关规定。

8.2.2 不锈钢钢筋的性能应符合下列规定。

8.2.2.1 不锈钢钢筋的力学性能应符合表 8.2.2 的规定,其试验方法应符合现行国家标准《金属材料 拉伸试验 第 1 部分:室温试验方法》(GB/T 228.1)和现行行业标准《钢筋混凝土用不锈钢钢筋》(GB/T 33959)的有关规定。

表 8.2.2 不锈钢钢筋力学性能要求

不锈钢 钢筋牌号	规定塑性延伸强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	断后伸长率 (%)	最大力总延伸率 (%)
HRB300S	≥300	≥330	≥25	≥10.0
HRB400S	≥400	≥440	≥16	≥7.5
HRB500S	≥500	≥550	≥15	≥7.5

8.2.2.2 不锈钢钢筋的弯曲性能应满足按规定的弯芯直径冷弯试验 180°后,钢筋受

弯部位表面不产生裂纹。钢筋弯曲试验方法应符合现行国家标准《金属材料 弯曲试验方法》(GB/T 232)的有关规定,钢筋弯芯直径应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第1部分:热轧光圆钢筋》(GB 1499.1)和《钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋》(GB 1499.2)的有关规定。

8.2.2.3 不锈钢钢筋直径大于16mm时宜进行V型缺口冲击试验,冲击吸收能量应满足设计和供需双方确定的要求,其试验方法应符合现行国家标准《金属材料 夏比摆锤冲击试验方法》(GB/T 229)的有关规定。

8.2.2.4 不锈钢钢筋经晶间腐蚀试验后应无晶间腐蚀裂纹,其试验方法应符合国家标准《金属和合金的腐蚀 不锈钢晶间腐蚀试验方法》(GB/T 4334—2008)方法E的规定。

8.2.2.5 不锈钢钢筋疲劳性能及试验方法应符合现行行业标准《钢筋混凝土用不锈钢钢筋》(GB/T 33959)的有关规定。

8.2.3 不锈钢钢筋用机械连接接头的材质应与不锈钢钢筋相近。机械连接接头性能及检验方法应符合现行行业标准《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ 107)的有关规定。

8.2.4 不锈钢钢筋在运输过程中应采取有效的防碰撞和防火措施。

8.2.5 不锈钢钢筋的贮存应符合下列规定。

8.2.5.1 不锈钢钢筋应贮存在干净、整洁的场地上,应按牌号、等级、规格、生产厂家、使用要求分类堆放,不得与其他钢筋混存。

8.2.5.2 不锈钢钢筋的贮存应附有标签,标明厂家、型号、等级、直径及钢筋标记等。

8.3 施 工

8.3.1 不锈钢钢筋加工应符合下列规定。

8.3.1.1 钢筋加工应使用专用的加工设备,并宜在常温状态下进行,加工过程中不应_对钢筋进行加热。

8.3.1.2 钢筋调直宜采用机械方法,也可采用冷拉方法。当采用冷拉法调直钢筋时,HPB300S钢筋的冷拉率不宜大于4%;HRB400S、HRB500S钢筋的冷拉率不宜大于1%。经机械调直的钢筋,表面应无明显擦伤,无局部弯曲。

8.3.1.3 钢筋的弯钩或弯折应满足下列要求:

(1)HPB300S钢筋末端需作180°弯钩时,其弯弧内径不小于钢筋直径的2.5倍;HRB400S钢筋需作90°或135°弯折或弯钩时,其弯弧内径不小于钢筋直径的5倍;HRB500S钢筋需作90°或135°弯折或弯钩时,钢筋直径为28mm以下时其弯弧内径不小于钢筋直径的6倍,钢筋直径为28mm及以上时其弯弧内径不小于钢筋直径的7倍;

(2)钢筋弯后平直部分长度,HPB300S钢筋不小于钢筋直径的3倍,HRB400S、HRB500S钢筋满足设计要求,设计无要求时,作135°的弯钩时不小于钢筋直径的5倍,作90°的弯钩时不小于钢筋直径的10倍;

(3)弯起钢筋弯折点处弯曲直径,HPB300S钢筋不小于钢筋直径的10倍,HRB400S钢筋不小于钢筋直径的12倍,HRB500S钢筋不小于钢筋直径的16倍;

(4)箍筋末端弯钩的形式符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)

的有关规定。

8.3.1.4 不锈钢钢筋加工的形状尺寸应满足设计要求,钢筋加工的允许偏差和检查方法应符合表 8.3.1 的规定。

表 8.3.1 钢筋加工的允许偏差和检查方法

项 目	允许偏差 (mm)	检 查 方 法
受力钢筋顺长度方向全长的净尺寸	±10	钢尺检查
弯起钢筋的弯折位置	±20	钢尺检查
箍筋内净尺寸	±5	钢尺检查

8.3.2 不锈钢钢筋连接应符合下列规定。

8.3.2.1 不锈钢钢筋的机械连接和绑扎方式应满足设计要求。

8.3.2.2 不锈钢钢筋接头设置位置应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定。

8.3.2.3 机械连接接头的加工和安装应符合现行行业标准《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ 107)的有关规定。

8.3.2.4 不锈钢钢筋绑扎钢丝应采用直径 1.2mm 柔软不锈钢丝,钢号与钢筋相同,绑扎应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定。

8.3.3 不锈钢钢筋安装位置允许偏差和检查方法应符合表 8.3.3 的规定。

表 8.3.3 不锈钢钢筋安装位置的允许偏差和检查方法

项 目	允许偏差 (mm)	检 查 方 法	
钢筋骨架外 轮廓尺寸	长度	+5, -10	用钢尺测量两端和中部
	宽度、高度	+5, -10	用钢尺测量两端和中部
受力钢筋	间距	±15	用钢尺测量两端和中部
	层距或排距	±10	用钢尺测量两端和中部
弯起钢筋弯起点位置	±20	钢尺检查	
箍筋、分布筋间距	±20	用钢尺测量两端和中部 连续 3 档,取大值	

注:预制构件外伸环形钢筋的间距或倾斜允许偏差为 ±20mm。

8.3.4 不锈钢钢筋施工应做好施工记录,施工记录宜符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)的有关规定。

8.4 检验与验收

8.4.1 进场不锈钢钢筋和机械连接接头检验应符合下列规定。

8.4.1.1 每批进场不锈钢钢筋应检查产品出厂合格证、材料检验报告或质量证明书等。厂家应提供与进场钢筋同钢号、同型号的疲劳试验报告。

8.4.1.2 各批次进场不锈钢钢筋应按每 60t 为 1 个检验批,单批次不足 60t 应按 1 个检验批计。超过 60t 的部分,每增加 40t 或不足 40t 的余数,应增加 1 个拉伸试验试样和 1 个弯曲试验试样。每批应由同一厂家、同一生产线、同一炉罐号、同一牌号、同一交货状态

的钢筋组成。

8.4.1.3 每批次进场不锈钢钢筋的检验项目、取样数量和取样方法应符合表 8.4.1 的规定。

表 8.4.1 进场不锈钢钢筋检验项目、取样数量和取样方法

序号	检验项目	取样数量	取样方法
1	尺寸	逐根(盘)	—
2	外形	逐根(盘)	—
3	重量	5	任选不少于 5 根(盘)钢筋切取,试样长度不少于 500mm
4	化学成分	1	每炉取,并符合现行国家标准《钢和铁化学成分测定用试样的取样和制样方法》(GB/T 20066)的有关规定
5	拉伸	2	任选 2 根(盘)钢筋切取
6	弯曲	2	任选 2 根(盘)钢筋切取
7	晶间腐蚀	1	任选 1 根(盘)钢筋切取
8	冲击	2	任选 2 根(盘)钢筋切取

8.4.1.4 厂家应根据需方要求提供有效的不锈钢钢筋疲劳试验报告。

8.4.1.5 各检验项目的检验方法及结果应符合第 8.2 节的有关规定。

8.4.1.6 不锈钢钢筋抽样检测结果有不合格项时,应进行复验,复验与合格性判定应符合现行国家标准《钢及钢产品交货一般技术要求》(GB/T 17505)的有关规定。钢筋的重量偏差不合格时,不得复验。

8.4.1.7 每批进场的机械连接接头应检查产品出厂合格证、材料检验报告或质量证明书等。厂家应提供有效的接头的型式检验报告及疲劳试验报告。

8.4.1.8 进场机械接头与配套使用的不锈钢钢筋应按现行行业标准《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ 107)的有关规定进行接头工艺检验。

8.4.2 不锈钢钢筋加工检验应符合下列规定。

8.4.2.1 钢筋加工质量检验应按每工作班同一类型钢筋、同一加工设备抽查不少于 3 件。

8.4.2.2 钢筋加工质量抽检结果应符合第 8.3.1 条的规定。检验批质量合格的判定应按现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)的有关规定执行。

8.4.3 不锈钢钢筋安装检验应符合下列规定。

8.4.3.1 受力钢筋机械连接接头应全数检查接头位置、同一截面接头数量。钢筋机械连接接头还应进行抗拉强度试验,螺纹接头安装后应校核拧紧扭矩,其抽检频率及检验批质量合格的判定应符合现行行业标准《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ 107)的有关规定。

8.4.3.2 受力钢筋绑扎接头应全数检查接头位置、同一截面接头数量和绑扎接头的搭接长度,其质量应符合《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定。

8.4.3.3 钢筋安装位置抽检数量,梁、板、桩等小型构件应抽查 10% 且不应少于 3 件,沉箱、扶壁等大型构件应逐件检查,其质量应满足第 8.3.3 条的要求,检验批质量合格的

判定应按现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)的有关规定执行。

8.4.4 不锈钢钢筋施工验收应在混凝土浇筑前进行,验收前应确认施工记录、质量证明材料和现场检验等齐全。

8.4.5 不锈钢钢筋竣工验收应提交下列资料:

- (1) 不锈钢钢筋出厂合格证、质量证明书及检验报告;
- (2) 进场不锈钢钢筋质量检验文件;
- (3) 设计文件及设计变更文件;
- (4) 不锈钢钢筋现场检验记录;
- (5) 施工过程中出现的问题及处理情况;
- (6) 维护管理建议。

9 混凝土结构外加电流阴极保护

9.1 一般规定

- 9.1.1 混凝土中实施阴极保护的钢筋应进行电连接,连接电阻不应大于 1.0Ω 。
- 9.1.2 混凝土结构外加电流阴极保护单元划分应满足设计要求,设计无要求时,可根据现场条件以同一部位、同一构件的混凝土表面积 $50\text{m}^2 \sim 200\text{m}^2$ 作为1个保护单元。
- 9.1.3 保护单元内的辅助阳极应满足电连续性,不同保护单元的辅助阳极之间、辅助阳极和阴极保护的钢筋之间应满足电绝缘性。
- 9.1.4 混凝土凝结硬化前应保护已安装的辅助阳极、参比电极、电缆及电连接装置。
- 9.1.5 易燃易爆气体环境中的混凝土结构采用外加电流阴极保护,其电源和检测设备应设置防爆装置,各种接线点应进行绝缘密封,并置于密闭的接线盒中。

9.2 材料和设备

- 9.2.1 辅助阳极、导电条、电缆、直流电源和参比电极的性能应满足设计要求。
- 9.2.2 辅助阳极宜采用网状钛基混合金属氧化物阳极带,钛阳极带应采用符合国家标准《钛及钛合金板材》(GB/T 3621—2007)规定的TA1或TA2钛合金板材,钛阳极带规格应满足表9.2.2-1的要求,钛阳极带性能检验项目和检验方法应符合表9.2.2-2的规定。

表 9.2.2-1 钛阳极带规格

阳极宽度(mm)	10	13	19
额定输出电流(mA/m)	2.8	3.5	5.28

表 9.2.2-2 钛阳极带性能检验项目和检验方法

检验项目	检验方法
外形尺寸	《船用辅助阳极技术条件》(GB/T 7388)
表面质量	
氧化物层厚度	
氧化物层结合状态	《钛及钛合金牌号和化学成分》(GB/T 3620.1)
钛的化学成分	
辅助阳极使用寿命	附录 F

- 9.2.3 导电条宜采用钛导电条,钛导电条应采用符合国家标准《钛及钛合金板材》(GB/T 3621—2007)规定的TA1或TA2钛合金板材,钛导电条性能检验项目和检验方法应符合表9.2.3的规定。

表 9.2.3 钛导电条性能检验项目和检验方法

检验项目	检验方法
化学成分	《钛及钛合金牌号和化学成分》(GB/T 3620.1)
尺寸	《钛及钛合金板材》(GB/T 3621)
外观质量	
室温力学性能	
弯曲性能	

9.2.4 电缆性能应符合下列规定。

9.2.4.1 阳极电缆和阴极电缆应采用具有绝缘层和护套的单芯铜芯电缆。

9.2.4.2 参比电极电缆和监测电缆应采用屏蔽电缆,电缆导体截面积不小于 2.5mm^2 。

9.2.4.3 电缆护套颜色应满足下列要求:

- (1) 阳极电缆为红色或棕褐色;
- (2) 阴极电缆为黑色或灰色;
- (3) 参比电极电缆为蓝色;
- (4) 监测电缆为黄色。

9.2.4.4 电缆应满足 $\text{pH} = 13$ 的碱性环境具有长期稳定性能要求,护套材料宜为交联聚乙烯。

9.2.4.5 电缆性能检验项目和检验方法应符合表 9.2.4 的规定。

表 9.2.4 电缆性能检验项目和检验方法

检验项目	检验方法
尺寸	《额定电压 1kV ($U_n = 1.2\text{kV}$) 到 35kV ($U_n = 40.5\text{kV}$) 挤包绝缘电力电缆及附件》(GB/T 12706)
导体电阻	《电缆的导体》(GB/T 3956)

9.2.5 参比电极性能应符合下列规定。

9.2.5.1 长期埋入混凝土中的固定式参比电极宜使用双液接 $\text{Ag}|\text{AgCl}, \text{KCl}$ 参比电极或 $\text{Mn}|\text{MnO}_2, \text{NaOH}(0.5\text{mol/L})$ 参比电极,便携式参比电极宜使用凝胶双液接 $\text{Ag}|\text{AgCl}, \text{KCl}(0.5\text{mol/L})$ 参比电极或非玻璃体饱和甘汞电极。

9.2.5.2 参比电极检验项目和检验方法应符合表 9.2.5 的规定。

表 9.2.5 参比电极的检验项目和检验方法

检验项目	检验方法
表面质量	《船用参比电极技术条件》(GB/T 7387)
电极电位	
电位稳定性	

9.2.6 直流电源应符合下列规定。

9.2.6.1 直流电源应符合现行行业标准《船用恒电位仪技术条件》(CB 3220) 的有关规定。

9.2.6.2 直流电源应满足恒电流或恒电位控制要求,并从零到最大额定输出连续可调。

9.2.6.3 直流电源应具有保护电位监测功能。条件允许时宜配置根据保护电位监测结果自动控制输出电流大小的智能控制单元。

9.2.6.4 直流电源应具有提供直流继电器系统中断输出的功能。

9.2.6.5 直流电源的直流输出电压不应超过 50V,人或动物易接近的阴极保护系统不应超过 24V。最大纹波电压有效值不应超过 100mV,纹波频率不应小于 100Hz。

9.2.6.6 直流电源应具有抗交流 50Hz 工频干扰功能。

9.2.6.7 直流电源设备接线板上应装有电源输入、阳极输出、阴极输出、零位接地、参比输入、机壳接地等接线端子。接线柱应安装在绝缘板上,接线柱的大小应满足电缆导体截面积的要求,并同时满足强度要求。接线板上应设有维修专用的 220V AC 电源插座。有数据传输要求时,接线板上应设置数据传输接口。

9.2.6.8 直流电源的各接线端子对机壳的绝缘电阻不应小于 1MΩ。

9.2.6.9 直流电源应具有性能稳定和环境适应性强等特点,电源外壳应采用防干扰的金属外壳,并应进行防腐处理。

9.2.6.10 直流电源外壳防护等级,室外应达到 IP55 及以上,室内应达到 IP31 及以上,且应符合现行国家标准《外壳防护等级 (IP 代码)》(GB 4208)的有关规定。

9.2.6.11 直流电源的检验项目和检验方法应符合表 9.2.6 的规定。

表 9.2.6 直流电源的检验项目和检验方法

检 验 项 目	检 验 方 法
输出电压范围	《船用恒电位仪技术条件》(CB 3220)
输出电流范围	
控制范围	
电位控制误差	
输入阻抗	
绝缘电阻	
限流或过流保护	
过、欠保护电位显示	

9.2.7 阴极保护系统的材料和设备的运输与贮存应符合下列规定。

9.2.7.1 材料和设备在运输过程中应采取有效的防损坏和受到污染的措施。

9.2.7.2 材料和设备应贮存在干燥、通风良好、无腐蚀性气体的仓库内。

9.2.7.3 辅助阳极和参比电极不得沾染油漆、油污,不得接触酸、碱、盐等化学药品。

9.2.7.4 直流电源的保管应满足产品技术文件的要求。

9.2.7.5 露天存放的电缆,端头应采用可收缩塑料封帽可靠密封。

9.3 施 工

9.3.1 外加电流阴极保护系统的施工应包括阴极保护单元内阴极钢筋电连接、辅助阳极

系统安装、参比电极安装、电缆铺设、电源系统安装以及调试等。

9.3.2 钢筋电连接施工应符合下列规定。

9.3.2.1 钢筋电连接应在混凝土浇筑前进行。

9.3.2.2 非预应力钢筋的电连接可采用电焊连接或机械连接等方式,预应力钢筋的电连接应采用机械连接的方式。

9.3.2.3 采用电焊接连接时,宜双面焊接,焊缝长度不应小于8mm。

9.3.2.4 每个保护单元内阴极钢筋的连接电阻值应及时采用数字直流欧姆表或内阻大于10MΩ、最小分辨率1mV的高内阻数字万用表测量。

9.3.3 辅助阳极系统安装应符合下列规定。

9.3.3.1 辅助阳极系统的安装应牢固、可靠,且严禁阳极系统与钢筋、金属预埋件、绑扎丝等短路。

9.3.3.2 施工中应根据阳极品种、规格和安装方式采取有效的防护措施,防止阳极损坏,应确保阳极接头和连接电缆的绝缘密封性能良好。

9.3.3.3 阳极在搬运和堆放过程中应采取避免阳极断裂或损伤的防护措施。

9.3.3.4 辅助阳极之间的搭接不应小于50mm,采用焊接方式搭接时,每个搭接部分点焊不应少于3点。

9.3.3.5 阳极网带和钛导电条宜采用便携式电焊机点焊,每个连接点应3点焊接。

9.3.3.6 每个保护单元内的钛导电条和阳极网应连接成整体,导电条、阳极接头和钛阳极网之间的电连续性应满足设计要求。

9.3.4 参比电极安装应符合下列规定。

9.3.4.1 参比电极安装位置及安装方式应满足设计要求,安装步骤应满足下列要求:

(1) 安装和敷设参比电极及其测量电缆;

(2) 使用校验合格的便携式参比电极和便携式电位测试仪器测量线路的连续性,校核测量读数偏差;

(3) 连接参比电极与控制台、恒电位仪或其他电位测量仪器。

9.3.4.2 参比电极电缆水中不得有接头,陆上接头应修复屏蔽层并进行绝缘密封,在敷设时应留有适当的余量。

9.3.4.3 参比电极电缆应采用导管保护,导管及配件的安装应满足设计要求。采用金属套管或配件时,应采取相应的防腐措施。

9.3.4.4 参比电极电缆屏蔽层的接地可采用与测量仪器金属外壳连接的方式,也可另设专用接地极,其接地点应密封防水。

9.3.5 电缆铺设应符合下列规定。

9.3.5.1 阴极保护电缆的敷设和连接方式应符合现行国家标准《电力工程电缆设计规范》(GB 50217)的有关规定并满足设计要求。

9.3.5.2 阴极保护用电缆应采用钢管或聚氯乙烯管保护,或敷设于有盖的电缆管沟中,不应暴露于日光曝晒和腐蚀性较强的环境中;电缆套管或管沟中的电缆应分类固定于电缆支架上,采用钢质电缆支架时,应根据所处环境采取相应的防腐蚀措施。

9.3.5.3 参比电极电缆应与动力、电源电缆保持适当距离,不得与动力电缆、阴极、阳极电缆使用同一个电缆套管,在电缆管沟中应置于不同的排架上。

9.3.5.4 电缆的连接、阳极分流点和阴极汇流点应采用专用的接线盒,并在接线盒内灌满环氧树脂进行保护。室外暴露的连接点应有良好的密封措施。阳极接线头不得与金属接线箱外壳接触。

9.3.6 电源系统的安装应符合下列规定。

9.3.6.1 直流电源的安装位置及保护方式应满足设计要求,其施工应符合现行国家标准《电器装置安装工程 低压电器施工及验收规范》(GB 50254)的有关规定。

9.3.6.2 直流电源的交流输入端应安装外部切断开关,其金属外壳应妥善接地,接地电阻应小于 4Ω 。

9.3.6.3 多台直流电源集中安装于室内时,应保持适当的距离,便于冷却空气的流通;电源分散布置于室外时,应置于维护管理方便、不易为装卸作业所破坏的地点,并设置防雨、防晒、防腐蚀设施,电源设备周围50cm内不应有其他物体。

9.3.7 阴极保护系统的调试应符合下列规定。

9.3.7.1 通电调试应在阴极保护系统施工完毕后、提交竣工验收之前进行,通电调试时间应至少连续1个月。

9.3.7.2 阴极保护通电极化应按设计要求逐步调整电流量。初始通电应按设计电流量的10%~20%通电,在混凝土结构中钢筋极化稳定后,应根据保护系统运行情况,再对系统增加电流的输出,直至达到保护要求的电流水平。

9.3.7.3 通电调试期间应根据参比电极的保护电位、直流电源的输出电流和输出电压等调整阴极保护系统的运行参数。

9.3.7.4 监测参比电极的保护电位应采用便携式或备用参比电极校核。在所有参比电极的电位读数满足设计要求并基本稳定后,应检测每一保护单元的钢筋保护电位。保护电位不满足设计要求应及时采取补救措施。

9.3.8 混凝土结构外加电流阴极保护施工应做好施工记录,施工记录应符合附录J.4节的有关规定。

9.4 检验与验收

9.4.1 进场材料和设备检验应符合下列规定。

9.4.1.1 进场材料和设备应检查产品出厂合格证、检验报告和使用说明书等。

9.4.1.2 辅助阳极每批次检验数量不应少于5%,且不应少于3根,钛阳极带应按表9.2.2-1和表9.2.2-2的有关规定检验。

9.4.1.3 导电条每批次检验数量不应少于5%,且不应少于3根,钛导电条应按表9.2.3的有关规定检验。

9.4.1.4 电缆的外观与规格型号应采用目视检查,电缆的绝缘电阻应采用电工摇表进行逐根检测,导体电阻应采用万用表进行逐根检测。

9.4.1.5 参比电极表面质量和电极电位应按表9.2.5-1和表9.2.5-2的有关规定逐

件检验,电位稳定性每批次检测数量不应少于5%,且不应少于3件。

9.4.1.6 辅助阳极和导电条的抽样检测结果有不合格项时,应双倍抽样复检不合格项,仍有不合格项时,应判定该批产品质量不合格。

9.4.1.7 电缆和参比电极的检测结果显示有不合格项时,应判定该批产品质量不合格。

9.4.1.8 直流电源应逐台在现场检验,直流电源应按表9.2.6的规定检验,检验结果显示有不合格项时,应判定该台产品质量不合格。

9.4.2 阴极保护系统电连接检验应符合下列规定。

9.4.2.1 电连接应在混凝土浇筑前全数检验,电连接检验应使用数字直流欧姆表或内阻大于10M Ω 、最小分辨率1mV的高内阻数字万用表。

9.4.2.2 阴极保护系统电连接应检验钢筋和阴极电缆之间,辅助阳极和钛导电条之间,辅助阳极和阳极电缆之间的连接电阻。

9.4.2.3 阴极保护系统电连接电阻不应大于1.0 Ω 。

9.4.3 阴极保护系统电绝缘检验应符合下列规定。

9.4.3.1 辅助阳极接头、连接电缆的电绝缘应采用兆欧表全数检验。

9.4.3.2 辅助阳极与钢筋电绝缘检验应满足下列要求:

(1) 阳极与钢筋电绝缘按每个保护单元全数检验;

(2) 混凝土浇筑前,将湿海绵置于阳极和阴极间作为电解液,采用直流电位差计测定的电位差不小于50mV;

(3) 混凝土浇筑完后,全数检测阳极与钢筋间电位差。

9.4.4 辅助阳极、参比电极和电缆的安装检验应符合下列规定。

9.4.4.1 辅助阳极安装位置应采用量测法逐件检查,允许偏差 ± 50 mm。

9.4.4.2 参比电极安装位置应采用量测法逐件检查,允许偏差 ± 100 mm。

9.4.4.3 阳极电缆、阴极电缆、参比电极电缆、监测电缆等应采用目视法全数检查。

9.4.4.4 辅助阳极、参比电极和电缆的外观、型号和标识应满足设计要求。

9.4.5 混凝土外加电流阴极保护质量检验应在施工完成后90d内进行。

9.4.6 阴极保护质量检验应包括钢筋保护电位、直流电源和监控设备运行状况等。

9.4.7 钢筋保护电位检验应按每个保护单元随机抽检不少于10个点,相对于Ag|AgCl, KCl(0.5mol/L)参比电极,保护电位检验应符合下列规定。

9.4.7.1 普通混凝土中钢筋瞬时断电电位不应负于-1100mV。

9.4.7.2 预应力混凝土中钢筋瞬时断电电位不应负于-900mV。

9.4.7.3 混凝土结构任一代表性的测点,其电位实测值应满足下列要求之一:

(1) 直流电回路断开后0.1s~1.0s测得的瞬时断电电位负于-720mV;

(2) 断电后24h内电位与瞬时断电电位相比,衰减值不小于100mV;

(3) 断电后48h内电位与瞬时断电电位相比,衰减值不小于150mV。

9.4.8 直流电源和监控设备运行状况应在阴极保护系统安装完毕后进行调试与运行中测试,测试和记录应包括下列内容:

(1) 每个保护单元的输出电压和输出电流;

- (2) 瞬时断电电位；
- (3) 电位衰减；
- (4) 阴极保护系统外观检查。

9.4.9 混凝土外加电流阴极保护质量检验有不合格项时,应及时进行调整或采取补救措施。

9.4.10 阴极保护系统施工验收前应确认施工记录、质量证明材料、现场检验以及调试与运行记录等齐全。

9.4.11 阴极保护工程竣工验收应提交下列资料：

- (1) 材料、仪器和设备出厂合格证、质量证明书和检验报告；
- (2) 进场材料质量检验文件；
- (3) 设计文件及设计变更文件；
- (4) 现场检验报告和记录；
- (5) 阴极保护施工记录；
- (6) 施工过程中出现的问题及处理情况；
- (7) 维护管理建议。

10 钢结构涂层

10.1 一般规定

10.1.1 钢结构在涂装前应按设计要求的粗糙度和除锈等级进行表面处理,并按隐蔽工程验收,形成记录。

10.1.2 涂层应逐道涂装,每道涂层厚度、涂装间隔应满足涂料产品说明书的要求。

10.2 材 料

10.2.1 涂料质量应符合下列规定。

10.2.1.1 采用阴极保护时,水下区和水位变动区防腐蚀涂料应与阴极保护配套,且应具有较好的耐电位性和耐碱性。

10.2.1.2 涂层破损修补涂料,对水下区应具有水下固化和水下施工性能,对水位变动区应具有潮湿固化性能。

10.2.1.3 涂料及稀释剂必须有产品出厂检验合格证书,同一配套中的底、中、面漆宜选用同一厂家产品,且应在有效期内使用。

10.2.1.4 各批次进场涂料应取样检验,涂料性能应符合表 10.2.1 的规定。

表 10.2.1 涂 料 性 能

检 验 项 目	性 能 指 标	检 验 方 法
颜 色	满足标准色卡要求	《漆膜颜色标准》(GB/T 3181)
黏 度 (s)	满足产品规定要求	《涂料粘度测定法》(GB/T 1723)或《胶黏剂黏度的测定 单圆筒旋转黏度计法》(GB/T 2794)
不挥发物含量 (%)	满足产品规定要求	《色漆、清漆和塑料 不挥发物含量的测定》(GB/T 1725)
密 度 (g/ml)	满足产品规定要求	《色漆和清漆 密度的测定 比重瓶法》(GB/T 6750)
遮 盖 力 (g/m ²)	满足产品规定要求	《涂料遮盖力测定法》(GB/T 1726)
干 燥 时 间	表干时间不大于 2.5h	《漆膜、腻子膜干燥时间测定法》(GB/T 1728),试验温度 25℃
流 挂 性	满足产品规定要求	《色漆和清漆抗流挂性评定》(GB/T 9264)
面漆细度 (μm)	≤ 50	《涂料细度测定法》(GB/T 1724)
附着力 (级)	≤ 2	《色漆和清漆 漆膜的划格试验》(GB/T 9286)
冲击强度 (cm)	≥ 50	《漆膜耐冲击测定法》(GB/T 1732)
中间漆和面漆的 耐 磨 性 (g)	≤ 0.05	《色漆和清漆 耐磨性的测定 旋转橡胶砂轮法》(GB/T 1768),砝码质量 1kg,转数 500 转

10.2.1.5 涂料在容器中的状态搅拌后应无粗颗粒、呈现均匀状态。

10.2.2 涂层性能检验项目和检验方法应符合表 10.2.2 的规定,检验结果应满足设计要求。

表 10.2.2 涂层检验项目和检验方法

检验项目	检验方法
耐老化性	《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)
耐盐雾性	《色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定》(GB/T 1771)
耐湿热性	《漆膜耐湿热测定法》(GB/T 1740)
粘结强度	《色漆和清漆 拉开法附着力试验》(GB/T 5210)
耐电位性	《船舶及海洋工程阳极屏涂料通用技术条件》(GB/T 7788)

10.2.3 涂装前,选定的涂料应经检测单位检验涂料性能,并按照设计涂层配套体系检验涂层性能。

10.2.4 涂料在运输过程中应采取有效的防碰撞、防泄漏和防火等措施。

10.2.5 涂料应按品种、规格分别堆放,应贮存在通风阴凉区域,并应采取有效的防火措施。

10.3 施 工

10.3.1 钢结构表面处理应符合下列规定。

10.3.1.1 钢结构表面处理前的结构预处理应满足下列要求:

(1)清除钢结构表面的焊渣、毛刺、飞溅物和疏松的氧化皮等,锐边打磨成圆角,必要时对缺陷进行补焊处理;

(2)钢结构表面无可见的油污和污垢,少许污垢采用有机溶剂处理,面积较大的油污采用表面活性剂或碱液等专用清洁剂清洗,并用清洁淡水洗净;

(3)被酸、碱、盐浸染的钢结构表面,采用清洁淡水洗净。

10.3.1.2 钢结构表面处理作业环境应满足下列要求:

(1)空气相对湿度不大于 85%,钢结构基体金属表面温度不低于露点以上 3℃;

(2)作业环境不满足要求时,采用遮盖、供暖或输入净化干燥的空气等措施改善。

10.3.1.3 钢结构表面处理可采用喷射或抛射除锈、动力工具和手工工具除锈等。

10.3.1.4 喷射和抛射磨料应满足下列要求:

(1)磨料符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面处理方法 磨料喷射清理》(GB/T 18839.2)的有关规定,并不含有腐蚀性成分和影响涂层附着力的污染物;

(2)金属磨料种类符合现行国家标准《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 导则和分类》(GB/T 18838.1)的有关规定;

(3)非金属磨料符合现行国家标准《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 导则和分类》(GB/T 17850.1)的有关规定。

10.3.1.5 喷射或抛射处理后,钢结构基材表面磨料等残留物,应使用真空吸尘器或无油、无水的压缩空气吹净清理。

10.3.1.6 表面处理完成的钢结构应采取有效保护措施防止二次污染,并应及时进行

隐蔽工程验收和涂装底层涂料防止返锈。

10.3.1.7 作业环境相对湿度不大于85%时,表面处理与第一层涂料涂装间隔时间不应超过4h;作业环境相对湿度不大于60%时,不应超过10h。

10.3.1.8 现场拼装焊接的钢结构,其焊缝两侧应先涂刷不影响焊接性能的车间底漆,现场焊接完毕后应对焊热影响区域进行二次表面处理和涂装底漆。

10.3.2 涂装时的作业环境应符合下列规定。

10.3.2.1 温度宜为5℃~38℃,相对湿度宜小于85%,钢结构表面温度必须高于露点温度3℃。

10.3.2.2 雨、雾、雪、风沙和较大灰尘时不得户外涂装。

10.3.2.3 环境温度低于5℃时应采用低温固化产品或采取其他措施。

10.3.2.4 涂装环境通风较差时必须采取强制通风措施。

10.3.3 涂装宜采用高压无气喷涂,条件不允许时,可采用辊涂或刷涂。最后一道面漆宜整体喷涂。

10.3.4 涂料应严格按产品要求比例混合,宜使用机械搅拌器拌和均匀,稀释剂加入量不得超过产品规定要求。

10.3.5 调配后超过产品规定适用期的涂料应弃用。

10.3.6 涂装应按设计的涂层配套体系逐道施工,并应符合下列规定。

10.3.6.1 涂料用量应根据构件类型、涂装面积、涂装方式、作业条件等确定。

10.3.6.2 每一道涂层施工应在上一道涂层经过检查合格后进行。

10.3.6.3 涂装施工过程中应及时用湿膜规检查涂层湿膜厚度,涂层厚度不足时应及时补涂。

10.3.6.4 涂装过程涂层出现流挂、针孔、气泡、漏涂、色泽不匀等应及时处理。

10.3.6.5 涂装下一道涂层前,根据上一道涂层的表面洁净程度,可用淡水彻底除去涂层上的盐分、灰尘等污染物,可用清洁剂清除油污,并用淡水清洗干净。

10.3.6.6 各道涂层的涂装间隔时间应满足产品说明书的规定要求。

10.3.6.7 涂装结束后4h内应避免雨淋和潮水冲刷,涂层自然养护时间不宜少于7d,气温高时可缩短。

10.3.7 涂层施工过程质量控制应符合下列规定。

10.3.7.1 涂层表面不得有影响下道涂层质量的严重缺陷、油污、水生物、盐分、灰尘及不牢附着物等。

10.3.7.2 每道涂层涂装应按构件随机测定涂层湿膜厚度,涂层湿膜厚度应满足设计要求。

10.3.7.3 每工作班应核查涂料用量。

10.3.7.4 损坏的涂层应按设计涂层配套体系分层修补,修补后的涂层应完整、色泽均匀一致。

10.3.7.5 每道涂装后应全面目视检查涂层外观,涂层表面应光滑平整、色泽一致,无气泡、透底、开裂、剥落、漏涂等缺陷。

10.3.8 涂装施工应做好施工记录,施工记录应符合附录 J.5 节的有关规定。

10.4 检验与验收

10.4.1 进场涂料检验应符合下列规定。

10.4.1.1 每批进场涂料应检查产品出厂合格证和材料检验报告等。

10.4.1.2 各批次进场涂料应随机抽样检测及保存样品,每种涂料取样不应少于 8kg,按表 10.2.1 的规定检验涂料性能,按表 10.2.2 的规定检验涂层性能。

10.4.1.3 涂料性能检验批次应按每种涂料的每 2t 为 1 个检验批,单批次不足 2t 应按 1 个检验批计。

10.4.1.4 涂层性能检验批次应按涂料配套总使用量的每 30t 为 1 个检验批,单批次不足 30t 应按 1 个检验批计。

10.4.1.5 抽样检测结果有不合格项时,应双倍抽样复检不合格项,仍有不合格项时,应判定该批产品质量不合格。

10.4.2 钢结构表面处理检验应符合下列规定。

10.4.2.1 钢结构表面应洁净,无焊渣、毛刺、铁锈、油污及其他附着物。

10.4.2.2 钢结构除锈等级和粗糙度的检验数量应满足下列要求:

- (1) 小型钢结构不少于构件总数的 10%,且每工作班不少于 5 件;
- (2) 大型、整体钢结构每 50m²检查 1 次,且每工作班检查次数不少于 1 次;
- (3) 钢管桩、钢板桩不少于钢构件总数的 10%,且每工作班不少于 1 根。

10.4.2.3 钢结构除锈等级和粗糙度检验应符合现行国家标准《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 8923.1)、《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 2 部分:磨料喷射清理后钢材表面粗糙度等级的测定方法 比较样块法》(GB/T 13288.2)和《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 18570.3)的有关规定。

10.4.2.4 钢结构除锈等级和粗糙度的检验结果应满足设计要求。

10.4.3 钢结构涂层质量检验应在涂装施工完成 7d 后进行,并应检验涂层外观质量、涂层干膜厚度和涂层粘结强度。

10.4.4 涂层外观检验应对全部构件目视检查,必要时采用放大镜检查。涂层表面应均匀、色泽一致,不应有流挂、皱皮、气泡、针孔、裂纹等现象。外观质量不合格时,可对构件采取全面补涂措施。

10.4.5 涂层干膜厚度检验应符合下列规定。

10.4.5.1 涂层干膜厚度的检验数量应满足下列要求:

(1) 小型钢结构不少于构件总数的 10%,且同类构件不少于 3 件,每 2m²不少于 1 个测点;

(2) 大型、整体钢结构每 10m²不少于 3 个测点;

(3) 钢管桩、钢板桩全数检查,且每根不少于3个测点。

10.4.5.2 每1测点值应测取3次读数,每次测量的位置应相距25mm~75mm,应取3次数的算术平均值为此点的测点值。涂层干膜厚度测定方法应按国家标准《色漆和清漆 漆膜厚度的测定》(GB/T 13452.2—2008)中规定的方法7磁性法执行。

10.4.5.3 涂层干膜厚度测点值小于设计值的测点数不应大于总测点数的10%,且干膜厚度测点值不应小于设计值的90%。

10.4.6 涂层粘结强度检验应符合下列规定。

10.4.6.1 涂层粘结强度的检验数量应满足下列要求:

(1) 小型钢结构不少于构件总数的10%,且同类构件不少于3件;抽样构件不少于3个测点;

(2) 大型、整体钢结构按每200m²面积不少于1个测点,总测点数不少于3点;

(3) 钢管桩、钢板桩每批次不少于10%,且不少于3件;每根不少于3个测点。

10.4.6.2 涂层粘结强度测定方法应按现行国家标准《色漆和清漆 拉开法附着力试验》(GB/T 5210)的有关规定执行。

10.4.6.3 涂层粘结强度应满足设计要求。

10.4.7 钢结构涂层质量检验有不合格项时,应双倍抽样复检不合格项,仍有不合格项时,应判定涂层质量不合格。

10.4.8 涂层干膜厚度不合格时,应逐构件检验涂层干膜厚度,对不合格构件的涂层全部清除后重新涂装,或对不合格构件采取全面补涂措施。涂层粘结强度不合格时,应逐构件检验涂层粘结强度,不合格构件的涂层应全部清除,按照设计涂层体系重新涂装。

10.4.9 涂层质量检验位置的破损涂层应使用设计涂层配套体系涂料修补,修补边界扩大范围不应小于50mm。

10.4.10 钢结构涂层施工验收前应确认表面处理验收资料、施工记录、质量证明材料和现场检验等齐全。

10.4.11 钢结构涂层竣工验收应提交下列资料:

- (1) 涂料出厂合格证、质量证明书及检验报告;
- (2) 进场涂料检验报告;
- (3) 设计文件及设计变更文件;
- (4) 表面处理检查交接记录;
- (5) 涂装施工记录;
- (6) 现场检验报告;
- (7) 施工过程中出现的问题及处理情况;
- (8) 维护管理建议。

11 钢结构金属热喷涂

11.1 一般规定

11.1.1 钢结构在金属热喷涂前应按设计要求的粗糙度及除锈等级进行处理,表面处理应按隐蔽工程验收并形成记录。

11.1.2 涂层应逐道涂装,喷涂工艺、每道涂层厚度、涂装间隔应满足产品说明书的要求。

11.1.3 钢结构金属热喷涂应包括金属喷涂层、封闭层和涂料涂层,封闭层和涂料涂层施工应符合第 10 章的有关规定。

11.2 材 料

11.2.1 喷涂用金属材料应满足下列要求:

(1) 锌符合现行国家标准《锌锭》(GB/T 470)中规定的 Zn99.99 的质量要求;

(2) 铝符合现行国家标准《变形铝及铝合金化学成分》(GB/T 3190)中规定的牌号 1060 的质量要求;

(3) 锌铝合金的金属组成为锌 85% ~ 87%、铝 13% ~ 15%,常用的锌铝合金是 Zn85%、Al15%;

(4) 铝镁合金的金属组成为铝 94.5% ~ 95.2%、镁 4.8% ~ 5.5%;

(5) Al 铝合金的金属组成为铝 99.7% ~ 99.9%、Si 0.1% ~ 0.3%。

11.2.2 喷涂用金属合金材料中金属元素的含量允许偏差量应为规定值的 $\pm 1\%$ 。

11.2.3 喷涂用金属材料成分分析方法应符合现行国家标准《热喷涂 火焰和电弧喷涂用线材、棒材和芯材分类和供货技术条件》(GB/T 12608)的有关规定。

11.2.4 金属热喷涂层检验项目和检验方法应符合表 11.2.4 的规定,检验结果应满足设计要求。

表 11.2.4 金属热喷涂层检验项目和检验方法

检验项目	检验方法
粘结强度	《色漆和清漆 拉开法附着力试验》(GB/T 5210)
耐盐雾性	《人造气氛腐蚀试验 盐雾试验》(GB/T 10125)

11.2.5 钢结构金属热喷涂材料应包装运输和贮存。包装应足以保护材料不受损伤、污染和腐蚀,带包装的热喷涂材料应存放于干燥室内。

11.3 施 工

11.3.1 钢结构表面处理应符合第 10.3 节的有关规定。作业环境相对湿度不大于 85%

时,表面处理与第一层热喷涂涂装间隔时间不应超过 4h;作业环境相对湿度不大于 60% 时,不应超过 10h。受到二次污染或返锈的钢结构应再次进行表面处理。

11.3.2 涂装环境温度宜为 5℃ ~ 38℃,相对湿度不宜大于 85%,钢结构表面温度必须高于露点温度 3℃。

11.3.3 金属热喷涂施工用压缩空气应干燥和洁净。

11.3.4 金属热喷涂层施工的工艺控制参数应符合下列规定。

11.3.4.1 气喷涂法(火焰喷涂)工艺控制参数宜符合表 11.3.4-1 的规定。

表 11.3.4-1 气喷涂法工艺控制参数

项 目	控制参数
氧气压力(MPa)	0.4 ~ 0.6
乙炔压力(MPa)	0.06 ~ 0.10
压缩空气压力(MPa)	0.4 ~ 0.6
喷涂距离(mm)	100 ~ 150

11.3.4.2 电喷涂法(电弧喷涂)工艺控制参数宜符合表 11.3.4-2 的规定。

表 11.3.4-2 电喷涂法工艺控制参数

项 目	控制参数
喷涂控制电压(V)	26 ~ 34
喷涂控制电流(A)	150 ~ 200
压缩空气压力(MPa)	0.5 ~ 0.6
喷涂距离(mm)	120 ~ 200

11.3.5 金属热喷涂与被喷射钢结构表面应基本成直角,最大倾斜角度不得大于 45°;喷枪的移动速度应均匀,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,各喷涂层之间的喷枪走向应相互垂直,交叉覆盖。

11.3.6 金属喷涂层施工过程中,应采用线测量方法或点测量方法检测涂层厚度,发现涂层厚度不满足设计要求时,应及时进行修正。

11.3.7 金属热喷涂层的封闭层涂料的施工宜在喷涂层尚有余温时进行,宜采用刷涂方式施工。

11.3.8 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。工地拼装焊接后,对预留的焊接热影响区应按相同的技术要求重新进行表面处理及喷涂施工。

11.3.9 施工作业应采取减少或避免金属热喷涂层在装卸、运输或其他施工作业过程中的局部损坏的措施。对局部破损处宜按原设计要求和施工工艺进行修补。条件不具备时,可在得到设计同意的情况下采用同类涂料进行修补。

11.3.10 金属热喷涂施工应做好施工记录,施工记录宜符合附录 J.6 节的有关规定。

11.4 检验与验收

11.4.1 进场金属热喷涂材料检验应符合下列规定。

- 11.4.1.1 每批进场金属热喷涂材料应检查产品出厂合格证和材料检验报告等。
- 11.4.1.2 各批次金属热喷涂层材料应随机抽样检测并保存样品,每批次金属热喷涂层材料取样不应少于60g,按第11.2.1条规定检验金属材料化学成分。
- 11.4.1.3 金属热喷涂层材料检验批次应按每1t为1个检验批,单批次不足1t应按1个检验批计。
- 11.4.1.4 金属热喷涂层材料抽样检测结果有不合格项时,应双倍抽样复检不合格项,仍有不合格项时,应判定该批产品质量不合格。
- 11.4.1.5 封闭层和涂料涂层进场检验应符合第10.4.1条的规定。
- 11.4.2 钢结构表面处理检验方法应按第10.4.2条进行,检验结果应满足设计要求。
- 11.4.3 钢结构金属热喷涂涂层质量检验应在涂装施工完成7d后进行,并应检验涂层外观质量、涂层厚度和涂层粘结强度。
- 11.4.4 金属热喷涂层涂层外观质量检验应对全部构件目视检查,必要时采用放大镜检查,涂膜应光滑平整、外观应均匀一致,涂层不得有针孔、裸露底材的斑点、附着不牢的金属熔融颗粒、裂纹及其他影响使用性能的缺陷。外观质量不合格时,可对构件采取全面补涂措施。
- 11.4.5 金属热喷涂应分别检验金属喷涂层、封闭层、涂料涂层的厚度,封闭层、涂料涂层检验应符合第10.4.5条的规定,金属喷涂层厚度检验应符合下列规定。
- 11.4.5.1 涂层厚度的检验数量应按每10m²面积不少于3个测点。
- 11.4.5.2 每个测点值应取面积100cm²范围测量3个点的涂层厚度算术平均值。
- 11.4.5.3 涂层厚度测点值不应低于设计厚度。
- 11.4.5.4 涂层干膜测定厚度方法应按现行国家标准《热喷涂涂层厚度的无损测量方法》(GB/T 11374)的有关规定执行。
- 11.4.6 金属热喷涂体系粘结强度检验应符合下列规定。
- 11.4.6.1 涂层粘结强度的检验数量每批次不应少于1%,且不应少于3件,抽样构件不应少于3个测点;其他钢构件应按每200m²面积不少于1个测点,且总测点数不应少于3点。
- 11.4.6.2 涂层粘结强度应满足设计规定。
- 11.4.6.3 涂层粘结强度测定方法应按现行国家标准《色漆和清漆 拉开法附着力试验》(GB/T 5210)的有关规定执行。
- 11.4.7 钢结构金属热喷涂涂层质量检验有不合格项时,应双倍抽样复检不合格项,仍不合格时,应判定该检验批不合格。
- 11.4.8 金属热喷涂涂层厚度不合格时,应逐构件检验涂层厚度,对不合格构件的涂层全部清除后重新涂装,或对不合格构件采取全面补涂措施。金属热喷涂体系粘结强度不合格时,应逐构件检验涂层粘结强度,不合格构件的涂层应全部清除,按照设计涂层体系重新涂装。
- 11.4.9 金属热喷涂涂层质量检验位置的破损涂层应使用设计涂层配套体系修补,修补边界扩大范围不应小于50mm。

11.4.10 钢结构金属热喷涂施工验收前应确认表面处理验收资料、施工记录、质量证明材料和现场检验等齐全。

11.4.11 钢结构金属热喷涂竣工验收应提交下列资料：

- (1) 金属热喷涂材料与配套涂层的出厂合格证、质量证明书及检验报告；
- (2) 进场材料质量检验文件；
- (3) 设计文件及设计变更文件；
- (4) 表面处理检查交接记录；
- (5) 施工记录；
- (6) 现场检验报告；
- (7) 施工过程中出现的问题及处理情况；
- (8) 维护管理建议。

12 钢结构包覆有机复合层

12.1 一般规定

12.1.1 钢结构包覆有机复合层防腐蚀施工前应按设计要求的除锈等级进行处理,表面处理应按隐蔽工程验收并形成记录。

12.1.2 热塑性聚乙烯复合包覆层、玻璃纤维复合材料包覆层施工宜在厂房内作业,矿脂胶带防腐体系施工宜在现场作业。

12.2 材 料

12.2.1 热塑性聚乙烯复合包覆层材料应符合下列规定。

12.2.1.1 热塑性聚乙烯复合包覆层材料应有产品出厂检验合格证书,且应在有效期内使用。

12.2.1.2 各批次进场热塑性聚乙烯复合包覆层材料应取样检验热塑性聚乙烯材料性能、热熔胶材料性能和包覆层整体性能,并保存样品,热塑性聚乙烯材料应符合表 12.2.1-1 的规定,热熔胶性能应符合表 12.2.1-2 的规定,热塑性聚乙烯复合包覆层整体性能应符合表 12.2.1-3 的规定。

表 12.2.1-1 热塑性聚乙烯材料性能指标

项 目		指 标	试 验 方 法	
厚度 (mm)		≥5	游标卡尺	
拉伸强度 (MPa)		≥17	《塑料 拉伸性能的测定》(GB/T 1040)	
断裂伸长率 (%)		≥400		
热收缩率 (%)	热收缩带		《辐射交联聚乙烯热收缩带(套)》(SY/T 4054)	
	热收缩套	径向		≥50
		轴向		≤10

表 12.2.1-2 热熔胶材料性能指标

项 目		指 标	试 验 方 法
环球软化点 (°C)	最高设计温度为 50°C	≥90	《沥青软化点测定法(环球法)》(GB/T 4507)
	最高设计温度为 70°C	≥110	

表 12.2.1-3 包覆层整体性能质量要求及检验方法

项 目		指 标	试 验 方 法
剥离强度 (N/cm)	23°C ± 2°C	≥70	《胶粘带剥离强度的试验方法》(GB/T 2792)
	50°C ± 2°C	≥15	

12.2.1.3 热塑性聚乙烯复合包覆层应在-30℃ ~ +40℃条件下运输和贮存,应避免阳光长时间暴晒,避免雨淋、重压和碰撞损伤,并采取有效的防火措施,贮存期不宜超过1年。

12.2.2 矿脂胶带防腐体系材料应符合下列规定。

12.2.2.1 组成矿脂胶带防腐体系的矿脂防蚀膏、矿脂防蚀带和防蚀保护罩材料应有产品出厂检验合格证书,且应在有效期内使用。

12.2.2.2 矿脂防蚀膏的检验项目和检验方法应符合表 12.2.2-1 的规定,检验结果应满足设计要求。

表 12.2.2-1 矿脂防蚀膏检验项目和检验方法

检验项目	检验方法
不挥发物含量	《色漆、清漆和塑料 不挥发物含量的测定》(GB/T 1725)
耐中性盐雾性	《人造气氛腐蚀试验 盐雾试验》(GB/T 10125)

12.2.2.3 矿脂防蚀带的检验项目和检验方法应符合表 12.2.2-2 的规定,检验结果应满足设计要求。

表 12.2.2-2 矿脂防蚀带检验项目和检验方法

检验项目	检验方法
厚度	《纺织品和纺织制品厚度的测定》(GB/T 3820)
拉伸强度	《纺织品 织物拉伸性能 第1部分:断裂强力和断裂伸长率的测定(条样法)》(GB/T 3923.1)
断裂伸长率	
耐中性盐雾性	《人造气氛腐蚀试验 盐雾试验》(GB/T 10125)

12.2.2.4 防蚀保护罩可采用高密度聚乙烯预制而成的防蚀保护罩或多层不饱和聚酯树脂浸透玻璃纤维预制而成的防蚀保护罩,多层不饱和聚酯树脂浸透玻璃纤维保护罩内应设置密封缓冲层。

12.2.2.5 高密度聚乙烯预制而成的防蚀保护罩的性能指标应符合表 12.2.2-3 的规定和设计要求,多层不饱和聚酯树脂浸透玻璃纤维保护罩的性能指标检测应符合表 12.2.2-4 的规定和设计要求,密封缓冲层的性能指标应符合现行国家标准《绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料(XPS)》(GB/T 10801.2)的有关规定。

表 12.2.2-3 高密度聚乙烯保护罩的性能指标和检验方法

检验项目	性能指标	检验方法
厚度(mm)	≥2	游标卡尺
密度 (g/cm ³)	≥0.94	《塑料 非泡沫塑料密度的测定 第2部分:密度梯度柱法》 (GB/T 1033.2)
拉伸屈服强度(N/mm)	≥26	《土工合成材料 聚乙烯土工膜》(GB 17643)
拉伸断裂强度(N/mm)	≥40	
断裂伸长率(%)	≥600	
抗穿刺(N)	≥480	

表 12.2.2-4 多层不饱和聚酯树脂浸透玻璃纤维保护罩的性能指标和检验方法

检验项目	性能指标	检验方法
巴氏硬度 (HBa)	≥ 35	《增强塑料巴柯尔硬度试验方法》(GB/T 3854)
弯曲强度 (MPa)	≥ 147	《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》(GB/T 1449)
拉伸强度 (MPa)	≥ 50	《纤维增强塑料拉伸性能试验方法》(GB/T 1447)
抗冲击强度 (J/m^2)	$\geq 2.5 \times 10^6$	《硬质橡胶 冲击强度的测定》(HG/T 3845)
富树脂层树脂含量 (%)	≥ 70	《玻璃纤维增强塑料树脂含量试验方法》(GB/T 2577)
不计胶衣层和富树脂层的树脂含量 (%)	≥ 45	

12.2.2.6 矿脂胶带防腐材料在运输和贮存过程中应避免阳光长时间暴晒、雨淋、重压和碰撞损伤,并应采取有效的防火措施,贮存期不宜超过1年。

12.2.3 玻璃纤维复合材料应符合下列规定。

12.2.3.1 组成玻璃纤维复合材料的玻璃纤维包覆材料和配套的不饱和聚酯专用树脂应有产品出厂检验合格证书,且应在有效期内使用。

12.2.3.2 玻璃纤维包覆材料宜采用中碱玻璃纤维短切毡、中碱玻璃纤维布、中碱玻璃纤维增强表面毡,性能应满足设计要求。

12.2.3.3 不饱和聚酯专用树脂检验项目和检验方法应符合表 12.2.3-1 的规定,检验结果应满足设计要求。

表 12.2.3-1 不饱和聚酯树脂检验项目和检验方法

检验项目	检验方法
固含量	《不饱和聚酯树脂试验方法》(GB/T 7193)
黏度	
凝结时间	

12.2.3.4 玻璃纤维复合材料检验项目和检验方法应符合表 12.2.3-2 的规定,检验结果应满足设计要求。

表 12.2.3-2 玻璃纤维复合材料检验项目和检验方法

检验项目	检验方法
拉伸强度	《纤维增强塑料拉伸性能试验方法》(GB/T 1447)
断裂伸长率	
弯曲强度	《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》(GB/T 1449)
盐雾试验	《人造气氛腐蚀试验 盐雾试验》(GB/T 10125)
击穿电压	《绝缘材料电气强度试验方法 第1部分:工频下试验》(GB 1408.1)

12.2.3.5 玻璃纤维复合材料在运输和贮存过程中应避免阳光长时间暴晒、雨淋、重压和碰撞损伤,并应采取有效的防火措施。

12.3 施 工

12.3.1 包覆有机复合层的钢结构表面处理应符合下列规定。

12.3.1.1 进行热塑性聚乙烯复合包覆层、玻璃纤维复合材料包覆层的钢结构表面处理方法应符合第 10.3.1 条的有关规定,除锈等级应满足设计要求。

12.3.1.2 进行矿脂胶带防腐体系防腐的钢结构表面处理应将钢结构基层表面的尖锐物体割除并打磨平整,铲除全部厚锈层,清除焊渣、毛刺、油、脂和污物,清除表面的浮灰和碎屑,除锈等级应满足设计要求。

12.3.2 热塑性聚乙烯复合包覆层施工应符合下列规定。

12.3.2.1 施工前应在生产线上进行试验。

12.3.2.2 应采用无污染的热源加热至合适涂敷温度,最高加热温度不应明显影响钢结构的力学性能。

12.3.2.3 聚乙烯侧向缠绕时,应确保搭接部分的聚乙烯和钢结构焊缝两侧的聚乙烯完全辊压密实,并防止压伤聚乙烯层表面。

12.3.2.4 聚乙烯层包覆后应用水冷却至温度不高于 60℃,并确保熔结热熔胶固化完全。

12.3.3 矿脂胶带防腐体系施工应符合下列规定。

12.3.3.1 矿脂防蚀膏施工应满足下列要求:

- (1) 在钢结构表面均匀涂刷一层矿脂防蚀膏;
- (2) 钢结构表面明显凹凸不平位置用矿脂防蚀膏填补;
- (3) 矿脂防蚀膏用量控制为 $200\text{g}/\text{m}^2 \sim 500\text{g}/\text{m}^2$ 。

12.3.3.2 矿脂防蚀带施工应满足下列要求:

- (1) 从钢结构底部螺旋向上缠绕;
- (2) 搭边不少于 55% 防蚀带宽度;
- (3) 任何部位防蚀带缠绕至少两层,且每卷矿脂防蚀带之间有 150mm 以上的头尾重叠;
- (4) 防蚀带缠绕至顶部时,完整缠绕一周。

12.3.3.3 高密度聚乙烯保护罩施工应满足下列要求:

- (1) 使用手提液压拉紧装置固定螺栓拉紧保护罩;
- (2) 操作时保持各套液压装置平均受力,使螺栓凸缘均匀合拢压紧;
- (3) 拉紧后在未安装液压装置的螺栓孔上安装螺栓、垫片和螺母;
- (4) 拧紧螺栓后,移走液压装置,并安装液压装置处的螺栓。

12.3.3.4 多层不饱和聚酯树脂浸透玻璃纤维保护罩施工应满足下列要求:

- (1) 将密封缓冲层粘贴在防蚀保护罩的内侧,缓冲层的上部比保护罩短 5mm ~ 10mm;
- (2) 矿脂防蚀带施工完毕 24h 内安装防蚀保护罩;
- (3) 防蚀保护罩下端紧接在卡箍上,并由下向上安装;
- (4) 防蚀保护罩法兰对接处的密封缓冲层内面放置挡板;

(5) 法兰连接处采用耐海水腐蚀螺栓紧固,螺栓孔距不大于 200mm;

(6) 将封闭胶泥填充到预留间隙中,无气泡、漏涂等现象。

12.3.4 玻璃纤维复合材料包覆层施工应符合下列规定。

12.3.4.1 玻璃纤维复合材料包覆层施工宜采用机械缠绕法。

12.3.4.2 钢结构表面处理的基层表面干燥后,应及时进行包覆施工,其间隔时间不应超过 4h。

12.3.4.3 现场施工时,应在表面淋洒树脂胶液后,先包覆玻璃纤维短切毡一层,再淋洒树脂胶液,包覆玻璃纤维布一层;根据设计完成全部层纤维复合层的包覆。

12.3.4.4 同层布的搭接宽度不应小于 50mm;上下两层布接缝错开不应小于 50mm。

12.3.4.5 树脂和固化剂混合后的凝结时间宜为 30min ~ 40min。凝结时间过长时,应在现场补加促进剂,促进剂的加入量应根据施工环境温度经试验确定,并应准确称量,分散均匀。

12.3.4.6 盛装或配置不饱和聚酯树脂及其胶料的容器和工具应保持干燥、无油污、无固化残渣。

12.3.4.7 包覆完成后钢结构应在辊架上继续旋转不小于 30min,待树脂初凝后,运至堆场静置时间不小于 48h 后出运。

12.3.5 钢结构包覆有机复合层应做好施工记录,施工记录宜符合附录 J.7 节的有关规定。

12.4 检验与验收

12.4.1 进场材料检验应符合下列规定。

12.4.1.1 每批进场材料应检查产品出厂合格证、材料检验报告或质量证明书等。

12.4.1.2 热塑性聚乙烯复合包覆层材料检验应按每 3000m²为 1 个检验批,按表 12.2.1-1、表 12.2.1-2 和表 12.2.1-3 的检验项目检测材料的性能和包裹层的性能。

12.4.1.3 矿脂胶带防腐体系材料检验应满足下列要求:

(1) 矿脂防蚀膏按每 1t 为 1 个检验批,按表 12.2.2-1 的检验项目检测矿脂防蚀膏的性能;

(2) 矿脂防蚀带按每 20000m 为 1 个检验批,按表 12.2.2-2 的检验项目检测矿脂防蚀带的性能;

(3) 防蚀保护罩性能指标按每 3000m²为 1 个检验批,按表 12.2.2-3 的检验项目检测高密度聚乙烯预制而成的防蚀保护罩的性能,按表 12.2.2-4 的检验项目检测多层不饱和聚酯树脂浸透玻璃纤维预制而成的防蚀保护罩。

12.4.1.4 玻璃纤维复合材料检验应满足下列要求:

(1) 不饱和聚酯专用树脂按每 4t 为 1 个检验批,按表 12.2.3-1 的检验项目检测树脂的性能;

(2) 玻璃纤维复合材料包覆层按每 3000m²为 1 个检验批,按表 12.2.3-2 的检验项目检测包覆层的性能。

12.4.1.5 抽样检测结果有不合格项时,应双倍抽样复检不合格项,仍有不合格项时,应判定该批产品质量不合格。

12.4.2 钢结构表面处理检验方法应符合第 10.4.2 条的规定,除锈等级应满足设计要求。

12.4.3 热塑性聚乙烯复合包覆层质量检验应包括包覆层外观质量、包覆层厚度和剥离强度。

12.4.3.1 包覆层外观质量检验应逐件目视检查。表面应平滑、无暗泡、无麻点、无皱折、无裂纹,色泽应均匀,管端应无翘边。

12.4.3.2 包覆层厚度检验应满足下列要求:

(1) 包覆层厚度抽检比例不少于构件数量的 10%,测量不少于 3 个截面周长方向均匀分布的 4 点,取所有点测值的算术平均值为包覆层厚度测定值;

(2) 包覆层厚度测定值不小于设计值;

(3) 包覆层厚度测定方法按国家标准《色漆和清漆 漆膜厚度的测定》(GB/T 13452.2—2008)中规定的方法 7 磁性法执行。

12.4.3.3 包覆层剥离强度检验应满足下列要求:

(1) 包覆层剥离强度抽检比例不少于构件数量的 10%,且不少于 3 件,至少在 50℃ 和 23℃ 两个温度条件下各抽检 1 次;

(2) 剥离强度最小测值不小于设计值,不满足要求时重新施工直至满足要求;

(3) 剥离强度测定方法按现行国家标准《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》(GB/T 23257)的有关规定执行。

12.4.4 矿脂胶带防腐体系质量检验应包括矿脂防蚀膏均匀性和厚度、矿脂防蚀带表面质量和厚度、保护罩厚度和长度及安装位置。

12.4.4.1 矿脂防蚀膏质量检验应逐件进行,质量应满足下列要求:

(1) 防蚀膏涂抹均匀、平整;

(2) 防蚀膏厚度用游标卡尺测量,每根构件不少于 3 个测点,每 1 测点值测取 3 次读数,每次测量的位置相距 25mm~75mm,取 3 次测量值的算术平均值为该点的测点值;

(3) 防蚀膏厚度测点值不小于设计值,厚度不满足要求时补涂至设计厚度。

12.4.4.2 矿脂防蚀带质量检验应逐件检验,质量应满足下列要求:

(1) 防蚀带缠绕目视检查表面平整、密实;

(2) 防蚀带搭接大于 55%;

(3) 防蚀带缠绕层数和厚度开孔检验,开孔尺寸为 150mm×150mm 方孔;

(4) 防蚀带缠绕层数不少于 2 层,防蚀带总厚度测点值不小于设计值。

12.4.4.3 矿脂防蚀带包覆长度应逐件检验,可用卷尺测量,长度不小于设计值。

12.4.4.4 保护罩的安装位置应逐件测量,测量结果应满足设计要求。

12.4.5 玻璃纤维复合材料包覆层质量检验应在树脂终凝后进行,应检验包覆层的外观质量、长度、厚度和击穿电压。

12.4.5.1 包覆层外观质量检验应逐件目视检查。包覆层表面应平整、光洁、无杂质混

入、无纤维外露、无可见裂纹。

12.4.5.2 包覆长度应逐件用卷尺对成品进行测量,测量结果应满足设计要求,不满足要求时应加长至设计长度。

12.4.5.3 包覆层厚度检验应满足下列要求:

(1) 包覆层厚度的检验数量每批次不少于构件数量的10%,且不少于3件,钢管桩或钢板桩每根检测数量不少于10个测点,其他钢构件每10m²不少于3个测点,每1测点值测取3次读数,每次测量的位置相距25mm~75mm,取3次数的算术平均值为该点的测点值;

(2) 厚度测点值小于设计厚度的测点数不大于10%,且测点值不小于设计干膜厚度的90%;

(3) 厚度测定方法按国家标准《色漆和清漆 漆膜厚度的测定》(GB/T 13452.2—2008)中规定的方法7磁性法执行。

12.4.5.4 包覆层的击穿电压可采用管道防腐层检漏仪逐根检测,包覆层击穿电压不应小于5kV。

12.4.6 钢结构包覆有机复合层施工验收前应确认表面处理验收资料、施工记录、质量证明材料和现场检验等齐全。

12.4.7 钢结构包覆有机复合层的竣工验收应提交下列资料:

- (1) 原材料的出厂合格证、质量证明书及检验报告;
- (2) 成品的主要技术性能检验报告;
- (3) 设计文件及设计变更文件;
- (4) 表面处理检查记录;
- (5) 施工记录;
- (6) 施工过程中出现的问题及处理情况;
- (7) 维护管理建议。

13 钢结构牺牲阳极阴极保护

13.1 一般规定

13.1.1 钢结构与牺牲阳极的连接方式宜采用短路电焊焊接或螺栓连接,螺栓连接长期性能应稳定。

13.1.2 钢结构保护单元的电连接施工宜在混凝土浇筑前完成,测量接线柱应采取妥善保护措施。

13.1.3 钢结构牺牲阳极安装潜水施工和安全用电应符合现行国家相关标准的有关规定。

13.2 材 料

13.2.1 牺牲阳极的检验项目和检验方法应符合表 13.2.1 的规定,检验结果应满足设计要求。

表 13.2.1 牺牲阳极检验项目和检验方法

检验项目	检验方法
尺寸	(1) 铝合金牺牲阳极符合现行国家标准《铝—锌—铟系合金牺牲阳极》(GB/T 4948)的有关规定; (2) 锌合金牺牲阳极符合现行国家标准《锌—铝—镉合金牺牲阳极》(GB/T 4950)的有关规定; (3) 镁合金牺牲阳极符合现行国家标准《镁合金牺牲阳极》(GB/T 17731)的有关规定
重量	
表面质量	
化学成分	
电化学性能	

13.2.2 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,并能承受自重和环境作用,铁芯埋设方式和接触电阻应满足设计要求。

13.2.3 牺牲阳极运输和贮存应符合下列规定。

13.2.3.1 牺牲阳极宜采用托盘打捆或木箱包装。

13.2.3.2 牺牲阳极的存放和运输应避免损坏阳极材料和阳极铁脚。

13.2.3.3 牺牲阳极工作面不得沾染油漆、油污,不得接触酸、碱、盐等。

13.3 施 工

13.3.1 钢结构的电连接可采用直接电焊连接、钢筋电连接或电缆连接的方式,所用的材料和施工方式应满足设计要求,连接电阻值应小于 0.01Ω 。

13.3.2 电连接钢筋或电缆的外露部位应采取适当的防腐措施。

13.3.3 牺牲阳极安装位置应满足设计要求,阳极安装高程偏差不宜超过 0.2m ;调整后

的阳极安装高程应满足下要求:

- (1) 阳极体顶高程低于设计低水位 1.2m 以下;
- (2) 阳极体底高程高于泥面 1.0m 以上。

13.3.4 牺牲阳极安装前,阳极铁脚与钢结构接触表面应清洁干净,无油漆、海生物等影响电连接的附着物。

13.3.5 牺牲阳极与钢结构连接采用沉底式或者埋入式等远距离安装时,其电缆连接或钢筋连接应牢固可靠。

13.3.6 牺牲阳极水下短路电焊焊接施工应符合下列规定。

- 13.3.6.1** 焊接作业人员应取得水下作业焊接合格证书。
- 13.3.6.2** 焊接施工前应进行焊接工艺评定,制定焊接作业指导书。
- 13.3.6.3** 焊缝长度、焊缝高度、水下焊条及焊接工艺应满足设计要求。
- 13.3.6.4** 焊接应牢固,焊缝应饱满、连续、无虚焊。
- 13.3.6.5** 焊接前应对阳极铁脚校正。

13.3.7 牺牲阳极短路螺栓连接施工应符合下列规定。

13.3.7.1 螺栓连接应满足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小于 0.01Ω 。

13.3.7.2 钢结构上的安装板和螺栓的材质应与阳极铁脚的材质相同。

13.3.7.3 安装板和螺栓的外露面应采取适当的防腐措施。

13.3.8 安装后的牺牲阳极工作面不得沾有油漆和油污。

13.3.9 牺牲阳极施工过程应做好施工记录,施工记录宜符合附录 J.8 节的规定。

13.4 检验与验收

13.4.1 进场牺牲阳极检验应符合下列规定。

13.4.1.1 每批进场阳极应检查产品出厂合格证和材料检验报告等。

13.4.1.2 阳极化学成分检验应按每批不得少于 1.5%,且不得少于 1 件,按附录 G 的方法在现场随机取样。

13.4.1.3 阳极电化学性能检验应按每 15t 为 1 个检验批,单批不足 15t 应按 1 个检验批计。

13.4.1.4 阳极尺寸、重量和表面质量应在现场抽样检查检验,每批次检查检验数量不得少于 5%,且不得少于 3 块。

13.4.1.5 各检验项目的检验方法应符合表 13.2.1 的规定,检验结果应满足设计要求。

13.4.1.6 抽样检验结果有不合格项时,应双倍抽样复检不合格项,仍有不合格项时,应判定该批产品质量不合格。

13.4.2 牺牲阳极阴极保护工程施工质量检验应在施工完成后 90d 内单独进行,应检验牺牲阳极安装质量和钢结构保护电位。

13.4.3 牺牲阳极安装质量检验应符合下列规定。

13.4.3.1 阳极短路电焊焊接检验应采用水下摄像或其他水下成像技术测定焊缝长度、焊缝高度及连续性,检查数量应为阳极总数的 5% ~ 10%,且不得少于 3 块。检验结果应符合第 13.3.6.4 款的规定。

13.4.3.2 阳极螺栓连接应采用扭力扳手或其他测量紧固工具,并配合水下摄像或其他水下成像技术检验螺栓紧固情况,检查数量应为阳极总数的 5% ~ 10%,且不得少于 3 块。检验结果应满足设计要求。

13.4.3.3 抽样检验结果有不合格项时,应全数检验阳极安装质量,并对不合格项立即采取补救措施。

13.4.4 钢结构保护电位应按每个保护单元全数检验,检验方法应符合附录 H 的规定,检验结果应该满足设计要求。

13.4.5 牺牲阳极阴极保护施工验收前应确认施工记录、质量证明材料和现场检验等齐全。

13.4.6 钢结构牺牲阳极阴极保护竣工验收应提交下列资料:

- (1) 材料的出厂合格证、质量证明书及检验报告;
- (2) 进场材料检验报告;
- (3) 设计文件及设计变更文件;
- (4) 牺牲阳极施工记录;
- (5) 保护电位测量记录;
- (6) 竣工图纸;
- (7) 施工过程中出现的问题及处理情况;
- (8) 维护管理建议。

14 钢结构外加电流阴极保护

14.1 一般规定

- 14.1.1 阴极保护系统的阴极应进行电连接,连接电阻应小于 0.01Ω 。
- 14.1.2 钢结构的电连接系统、参比电极、电缆、管线、接头等应采取妥善保护措施。
- 14.1.3 易燃易爆气体环境中的钢结构采用外加电流阴极保护,其电源和检测设备应设置防火防爆装置,各种接线点应进行绝缘密封,并置于密闭的接线盒中。

14.2 材料和设备

- 14.2.1 辅助阳极、电缆、直流电源、参比电极的型号规格和性能应满足设计要求。
- 14.2.2 辅助阳极性能应符合下列规定。
- 14.2.2.1 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应采用耐海水腐蚀的材料制成。
- 14.2.2.2 辅助阳极检验项目和检验方法应符合表 14.2.2 的规定。

表 14.2.2 辅助阳极的检验项目和检验方法

检验项目	检验方法
外形尺寸	《船用辅助阳极技术条件》(GB/T 7388)
表面质量	
氧化物层厚度	
氧化物层结合状态	
电化学性能	

- 14.2.3 电缆性能应符合下列规定。
- 14.2.3.1 阳极电缆和阴极电缆应采用具有绝缘层和护套的单芯铜芯电缆。
- 14.2.3.2 参比电极电缆和监测电缆应采用屏蔽电缆,电缆导体截面积不应小于 2.5mm^2 。
- 14.2.3.3 电缆护套颜色应满足下列要求:
- (1) 阳极电缆为红色或棕褐色;
 - (2) 阴极电缆为黑色或灰色;
 - (3) 参比电极电缆为蓝色;
 - (4) 监测电缆为黄色。
- 14.2.3.4 电缆性能检验项目和检验方法应符合表 14.2.3 的规定。

表 14.2.3 电缆性能检验项目和检验方法

检验项目	检验方法
尺寸	《额定电压 1kV ($U_n = 1.2kV$) 到 35kV ($U_n = 40.5kV$) 挤包绝缘电力电缆及附件》(GB/T 12706)
导体电阻	《电缆的导体》(GB/T 3956)

14.2.4 参比电极性能应符合下列规定。

14.2.4.1 锌及锌合金参比电极的化学成分应符合表 14.2.4-1 的规定。参比电极中的硅、铁、镉、铅、铜的检验应按现行国家标准《锌—铝—镉合金牺牲阳极化学分析方法》(GB/T 4951) 的有关规定进行,铝的检验应按现行国家标准《锌及锌合金化学分析方法 第 1 部分:铝量的测定 铬天青 S-聚乙二醇辛基苯醚-溴化十六烷基吡啶分光光度法、CAS 分光光度法和 EDTA 滴定法》(GB/T 12689.1) 的有关规定进行。

表 14.2.4-1 锌及锌合金参比电极的化学成分

参比电极类型	Zn	Al	Si	Fe	Cd	Pb	Cu
锌参比电极	>99.995	<0.005	—	<0.0014	<0.003	<0.003	<0.002
锌铝硅参比电极	余量	1.4~1.7	0.10~0.16	<0.005	—	—	<0.005

14.2.4.2 参比电极的检验项目和检验方法应符合表 14.2.4-2 的规定。

表 14.2.4-2 参比电极的检验项目和检验方法

检验项目	检验方法
表面质量	《船用参比电极技术条件》(GB/T 7387)
电极电位	
电位稳定性	

14.2.5 外加电流阴极保护系统的直流电源应符合第 9.2.6 条的规定。

14.2.6 阴极保护系统的材料和设备的运输与贮存应符合下列规定。

- 14.2.6.1 材料和设备应妥善包装,避免在运输过程中损坏和受到污染。
- 14.2.6.2 材料和设备应贮存在干燥、通风良好、无腐蚀性气体的仓库内。
- 14.2.6.3 辅助阳极和参比电极不得沾染油漆、油污,不得接触酸、碱、盐等。
- 14.2.6.4 直流电源的保管应满足产品技术文件的要求。
- 14.2.6.5 露天存放的电缆,端头应采用可收缩塑料封帽可靠密封。

14.3 施 工

14.3.1 钢结构外加电流阴极保护的施工应包括钢结构的电连接、辅助阳极系统安装、参比电极安装、电缆铺设、电源系统安装及调试等。

14.3.2 钢结构的电连接所用的材料及施工方式应满足设计要求。采用电缆连接方式时,电缆应留有适当的伸缩裕量,电连接钢筋或电缆的外露部位应采取适当的防腐保护措施。

14.3.3 辅助阳极的安装应符合下列规定。

14.3.3.1 辅助阳极的安装位置应满足设计要求,纵向的位置偏差不得超过0.2m,横向的位置偏差不得超过0.1mm。

14.3.3.2 辅助阳极及其屏蔽板(层)的安装应满足设计要求,并应根据阳极的规格品种和安装方式采取相应的防护措施,阳极接头和连接电缆应绝缘密封。

14.3.3.3 辅助阳极的连接电缆水中部分应留有足够的长度裕量,接头不宜设置在水下。无法避免水中接头或水中电缆的绝缘保护层受损时,应采取措施确保接头或绝缘受损处的绝缘密封性能和耐久性,否则应更换阳极。

14.3.4 参比电极、电缆铺设、电源系统的安装应符合第9.3节的有关规定。

14.3.5 阴极保护的调试应符合下列规定。

14.3.5.1 通电调试应在阴极保护系统施工完毕后、提交竣工验收之前进行。

14.3.5.2 通电调试期间应根据参比电极的保护电位、直流电源的输出电流和输出电压等逐步增大保护电流,直至保护电位达到设计要求。

14.3.5.3 在所有参比电极的电位读数满足设计要求并基本稳定后,应采用便携式参比电极对钢结构进行一次全面保护电位检测。保护电位不满足设计要求应及时采取补救措施。

14.3.6 钢结构外加电流阴极保护施工过程应做好施工记录,施工记录宜符合附录J.9节的规定。

14.4 检验与验收

14.4.1 进场材料和设备检验应符合下列规定。

14.4.1.1 进场材料和设备应具有产品出厂合格证、检验报告和使用说明书等。

14.4.1.2 辅助阳极每批次检验数量不应少于5%,且不应少于3件。

14.4.1.3 电缆的外观与规格型号应采用目视检查,电缆的绝缘电阻、导体电阻应逐根检测。

14.4.1.4 参比电极的表面质量和电极电位应逐件检验,化学成分和电位稳定性每批次检测数量不应少于5%,且不应少于3件。

14.4.1.5 辅助阳极的抽样检测结果有不合格项时,应双倍抽样复检不合格项,仍有不合格项时,应判定该批产品质量不合格。

14.4.1.6 电缆和参比电极的检测结果有不合格项时,应判定该批产品质量不合格。

14.4.1.7 直流电源应逐台在现场检验,直流电源应按表9.2.6的有关规定检验,检验结果有不合格项时,应判定该台产品质量不合格。

14.4.2 阴极保护系统电连接检验应符合下列规定。

14.4.2.1 电连接应采用数字直流欧姆表或内阻大于10M Ω 、最小分辨率1mV的高内阻数字万用表全数检验。

14.4.2.2 电连接应检验直流电源和阳极电缆、阴极电缆、参比电极之间以及辅助阳极和阳极电缆之间的连接电阻。

14.4.3 阴极保护系统电绝缘检验应符合下列规定。

- 14.4.3.1 电绝缘的检测应采用兆欧表检验。
- 14.4.3.2 辅助阳极与钢结构电绝缘检验应按每个保护单元全数检验。
- 14.4.3.3 阴极保护系统电绝缘检验不应出现短路。
- 14.4.4 辅助阳极和参比电极的安装位置检验应符合下列规定。
- 14.4.4.1 焊接在钢结构上的辅助阳极和参比电极支架,应采用水下摄像或其他水下成像技术检验焊缝长度、高度及连续性,检验数量应为总数的10%,且不得少于3个,检验结果应满足设计要求。
- 14.4.4.2 辅助阳极和参比电极的安装位置应采用量测法逐件检查,纵向的位置偏差不宜超过200mm,横向的位置偏差不宜超过100mm。
- 14.4.5 阴极保护电源系统检验应符合下列规定。
- 14.4.5.1 电源系统应检查安装位置、连接方式和防护措施等,检查结果应满足设计要求。
- 14.4.5.2 易燃、易爆环境中的阴极保护系统,应检查电源的防爆装置、各种连接点的绝缘密封和电缆的外露点,检查结果应满足设计要求。
- 14.4.6 阴极保护系统安装完毕后的调试与运行中的测试和记录应包括下列内容:
- (1) 阴极保护系统的每个区的输出电压和电流的测量和记录;
 - (2) 阴极保护系统的外观检查;
 - (3) 保护电位测量。
- 14.4.7 钢结构外加电流阴极保护质量检验应符合下列规定。
- 14.4.7.1 阴极保护质量检验工作可独立进行,也可与涂装或热喷涂施工合并进行。
- 14.4.7.2 钢结构保护电位应按每个保护单元全数检验,检验方法应符合附录H的规定,检验结果应该满足设计要求。
- 14.4.8 外加电流阴极保护工程施工质量检验应在施工完成后90d内单独进行。
- 14.4.9 外加电极阴极保护质量检验应包括辅助阳极、参比电极安装质量,钢结构保护电位、直流电源和监控设备运行状况等。
- 14.4.10 钢结构外加电流阴极保护质量检验有不合格项时,应及时进行调整或采取补救措施。
- 14.4.11 阴极保护系统施工验收前应确认施工记录、质量证明材料和现场检验等齐全。
- 14.4.12 钢结构外加电流阴极保护竣工验收应提交下列资料:
- (1) 进场材料和设备质量检验报告或合格证;
 - (2) 设计文件及设计变更文件;
 - (3) 施工记录;
 - (4) 现场检验报告;
 - (5) 施工过程中出现的问题及处理情况;
 - (6) 调试运行报告;
 - (7) 直流电源使用说明书;
 - (8) 维护管理建议。

附录 A 混凝土表面涂层施工小区试验

A.0.1 混凝土表面涂层施工小区试验应采用与正式涂装施工相同的涂层体系、涂料、涂装设备、机具、工具、涂装工艺、质量控制措施等。

A.0.2 试验仪器设备和材料应满足下列要求：

- (1) 台秤, 量程 100kg, 精度 50g;
- (2) 混凝土表面含水率测定仪;
- (3) 涂层湿膜厚度测厚仪;
- (4) 涂层干膜厚度测厚仪;
- (5) 温度计;
- (6) 湿度计;
- (7) 打磨机;
- (8) 高压水清洗机;
- (9) 喷涂装备;
- (10) 快固化高强胶黏剂, 粘结强度不低于 5.0MPa。

A.0.3 试验区应选择具有代表性的混凝土构件的表干区和表湿区, 试验区面积各不应小于 10m²。

A.0.4 试验环境的温度、湿度、风力等应与涂料产品说明书对环境条件的要求保持一致。

A.0.5 混凝土表面涂层小区施工试验应按下列步骤进行。

A.0.5.1 凝土表面处理应采用打磨机或高压水除去混凝土表面的一切不牢附着物, 表面油污可用适当溶剂或清洁剂清除干净。

A.0.5.2 混凝土表面采用打磨机处理后应使用清洁淡水清洗干净。

A.0.5.3 涂装前表干区混凝土表面含水率应使用含水率测定仪随机检验, 混凝土表面含水率不应大于 6%; 表湿区混凝土表面可保持潮湿状态, 但不应有积水、流水。

A.0.5.4 涂料宜采用电动或气动搅拌器彻底搅拌均匀, 双组份或多组份涂料配制可用体积法或重量法计量。

A.0.5.5 涂装应按设计的涂层体系和涂料产品说明书的要求分层、逐道作业。

A.0.5.6 涂装过程中应测定每道涂层的湿膜厚度和干膜厚度。湿膜厚度与干膜厚度和涂料体积固含量的关系见下式：

$$\text{湿膜厚度} = \frac{\text{干膜厚度}}{\text{体积固含量}} \quad (\text{A.0.5})$$

A.0.5.7 在涂装前、后应分别称量涂层的底层、中间层、面层涂料的用量, 并计算各道

涂层的涂料用量。

A.0.6 涂层完全硬化后应按附录 B 的有关规定测定涂层干膜厚度和粘结强度,涂层干膜厚度测点不应少于 10 个,涂层粘结强度测点不应少于 3 个。

A.0.7 小区试验报告至少应包括下列内容:

- (1) 涂装作业班组人员构成;
- (2) 涂装环境温度、湿度、风力;
- (3) 涂装设备和检测仪器的规格、型号、检定时间;
- (4) 混凝土表面处理清洁情况,并附有照片;
- (5) 表干区混凝土表面含水率;
- (6) 各层涂层的涂装道数、每道涂层的湿膜厚度;
- (7) 涂装间隔时间;
- (8) 各道涂层的涂料用量和涂料损耗率;
- (9) 涂层湿膜厚度与干膜厚度的比值;
- (10) 涂层粘结强度和干膜厚度;
- (11) 涂层施工及质量控制建议方案。

附录 B 混凝土表面涂层质量现场检验方法

B.1 涂层外观检验方法

B.1.1 涂层外观检验可采用目视检查方法,或采用放大镜、钢尺等工具检测,并采取照相、录相等方式进行记录。

B.1.2 涂层外观应检查涂层的均匀性和是否存在色差、流挂、皱纹、起泡、桔皮、裂纹、剥落等。

B.2 涂层厚度测定方法

B.2.1 仪器设备应满足下列要求:

- (1) 湿膜测厚仪,量程为 $25\mu\text{m} \sim 2000\mu\text{m}$,精度 $25\mu\text{m}$;
- (2) 超声波涂层测厚仪,量程为 $0 \sim 1000\mu\text{m}$,精度 $2\mu\text{m} +$ 测试厚度的 3%;
- (3) 显微镜式涂层测厚仪,量程为 $0 \sim 2000\mu\text{m}$,精度 $2\mu\text{m}$ 。

B.2.2 涂层湿膜测厚仪应外觀光洁、表面无缺损、无锈蚀,标记字体清晰、整齐端正。

B.2.3 涂层湿膜厚度测定步骤应满足下列要求:

- (1) 测点选择在涂层表面平整位置;
- (2) 将湿膜测厚仪量程范围与涂层湿膜厚度相近的测量边垂直地压入涂层中;
- (3) 从涂层中移出湿膜测厚仪,读取湿膜厚度值;
- (4) 在测点位置邻近随机选取 3 个点读取测值;
- (5) 取 3 个点测值的算术平均值为涂层湿膜厚度测点值。

B.2.4 涂层干膜厚度测定应满足下列要求。

B.2.4.1 超声波涂层测厚仪应根据待测定的涂层体系厚度进行校正。

B.2.4.2 超声波涂层测厚仪测定步骤应满足下列要求:

- (1) 测点选择在涂层表面平整位置;
- (2) 将测量探头垂直地按在涂层表面;
- (3) 在仪器显示器上读取涂层厚度;
- (4) 在测点位置邻近随机选取 3 个点读取测值;
- (5) 取 3 个点测值的算术平均值为涂层干膜厚度测点值。

B.2.4.3 显微镜式涂层测厚仪应根据待测定的涂层体系和混凝土表面状况进行校正。

B.2.4.4 显微镜式涂层测厚仪检测应按下列步骤进行:

- (1) 测点选择涂层表面平整位置;

- (2) 将涂层刻刀在涂层测点上划一刀,划入深度刚好达到混凝土表面;
- (3) 在仪器镜筒上读取涂层厚度;
- (4) 在测点位置邻近随机选取 3 个点读取测值;
- (5) 取 3 个点测值的算术平均值为涂层干膜厚度测点值。

B.3 涂层粘结强度测定方法

B.3.1 仪器设备、材料和化学试剂应满足下列要求:

- (1) 涂层拉拔式附着力测定仪,量程 0~20MPa,精度 0.2MPa;
- (2) 零号细砂纸;
- (3) 快固化高强胶黏剂,粘结强度不低于 5.0MPa;
- (4) 丙酮或酒精,化学纯。

B.3.2 涂层粘结强度测定应按下列步骤进行:

- (1) 测点选择涂层表面比较平整位置;
- (2) 用零号细砂纸分别将待测涂层表面和试验圆盘座轻轻打磨粗糙,用丙酮或酒精等溶剂清洁;
- (3) 用快固化高强胶黏剂将圆盘座粘贴在涂层上;
- (4) 高强胶黏剂硬化后,用套筒式割刀将圆盘座周边涂层切除,深度达到混凝土基层,并与周边外围的涂层完全分离;
- (5) 用涂层拉拔式附着力测定仪拉开圆盘座,读取粘结强度测值;
- (6) 圆盘座底面 75% 及以上的面积附着涂层或混凝土时测值有效;
- (7) 圆盘座底面 75% 以下的面积粘有涂层或混凝土等物体时,在该测点的附近涂层面上重做涂层粘结强度测定;
- (8) 在测点位置邻近随机选取 3 个点测定;
- (9) 取 3 个点测值的算术平均值为涂层粘结强度测点值,精确至 0.1MPa。

附录 C 混凝土硅烷浸渍小区试验

C.0.1 试验仪器设备和材料应满足下列要求:

- (1) 天平,量程 2000g,精度 0.1g;
- (2) 混凝土表面含水率测定仪;
- (3) 湿膜测厚仪,量程为 $25\mu\text{m} \sim 2000\mu\text{m}$,精度 $25\mu\text{m}$;
- (4) 温度计;
- (5) 湿度计;
- (6) 打磨机或高压水清洗机;
- (7) 低压不间断循环泵送喷涂机;
- (8) 辊筒;
- (9) 混凝土取芯机,配备直径 50mm 和 100mm 的钻头;
- (10) 硅烷浸渍材料,不少于 20kg,密封完好;
- (11) 塑料容器,不小于 5L;
- (12) 塑料薄膜、胶带等。

C.0.2 试验区应选择具有代表性的混凝土构件水平表面和混凝土构件垂直表面,试验区面积各不应小于 10m^2 。

C.0.3 小区试验宜选择在晴朗天气,混凝土表面温度宜在 $5^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$ 之间,混凝土表面含水率不应大于 8%。

C.0.4 硅烷浸渍小区试验应符合下列规定。

C.0.4.1 混凝土表面处理应满足下列要求:

- (1) 选择与正式施工时采用的打磨机或高压水清洗机,除去混凝土表面的一切不牢固附着物,表面油污用溶剂、清洁剂擦洗或者直接动力打磨清除;
- (2) 通过试验确定脱模剂或养护剂对硅烷浸渍质量的影响,有影响硅烷浸渍质量时,将脱模剂或养护剂清除干净;
- (3) 混凝土表面处理后无油污、污渍,表面平整,混凝土存在的裂缝、麻面、砂斑等明显缺陷及时按规定要求修补。

C.0.4.2 硅烷浸渍材料用量控制应满足下列要求:

- (1) 小区试验硅烷用量根据设计要求和施工工艺确定;
- (2) 按硅烷浸渍施工损耗率计算试验区硅烷用量;
- (3) 液体硅烷浸渍分 2 道逐道辊涂或喷涂,每道用量为 $200\text{ml}/\text{m}^2 \sim 400\text{ml}/\text{m}^2$;
- (4) 膏体硅烷浸渍按 1 道辊涂或喷涂用量为 $300\text{g}/\text{m}^2$,分 2 道时,每道用量为 $100\text{g}/\text{m}^2 \sim 200\text{g}/\text{m}^2$ 。

C.0.4.3 硅烷浸渍作业应满足下列要求：

- (1) 硅烷浸渍前,在试验区混凝土构件上,用混凝土取芯机钻取 3 个直径 100mm 的空白芯样,用于硅烷浸渍氯化物吸收量降低效果测定;
- (2) 取不少于 1kg 样本送相关检测单位,检验硅烷材料性能;
- (3) 硅烷浸渍涂装方式与正式施工时相同;
- (4) 采用低压不间断循环泵送设备喷涂施工,喷枪始终与被涂面保持垂直,距离保持在 150mm~300mm 之间,喷枪始终与被涂面保持等距离移动,保持硅烷厚度均匀、平整;
- (5) 采用辊涂工具施工时,硅烷均匀浸透辊筒,辊筒涂装轨迹纵横交错,相互重叠,保持硅烷厚度均匀;
- (6) 硅烷浸渍作业前、后均需称重,计算涂装材料用量;
- (7) 膏体硅烷喷涂过程中,随时测量硅烷湿膜厚度。

C.0.4.4 小区试验记录应满足下列要求：

- (1) 确认小区试验环境和相对湿度满足产品说明书规定的要求,做好涂装环境记录;
- (2) 拍照记录混凝土表面处理效果;
- (3) 计算单位面积硅烷用量;
- (4) 拍照记录相关见证情况。

C.0.4.5 硅烷浸渍后应及时养护,避免暴晒或雨淋。可采用在试验区域表面覆盖塑料薄膜,并用胶带密封牢固的养护措施。

C.0.4.6 硅烷浸渍小区试验完成 7d 后,应按附录 D 的规定现场钻取芯样进行硅烷浸渍深度、吸水率和氯化物降低效果等混凝土硅烷浸渍质量检验,检验方法应符合现行行业标准《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153)的有关规定。

C.0.4.7 混凝土钻取芯样位置的孔洞修补及硅烷浸渍应符合第 5.4.7 条的规定。

C.0.5 硅烷浸渍小区试验结果的评定应符合下列规定。

C.0.5.1 硅烷浸渍混凝土芯样的吸水率、浸渍深度和氯化物吸收量降低效果检验结果均满足设计要求时,应判定小区试验合格。

C.0.5.2 上述检验结果中有任意 1 项不满足要求时,应重新进行小区试验。

附录 D 混凝土硅烷浸渍现场取样方法

D.0.1 试验设备和材料应满足下列要求:

- (1) 混凝土取芯机, 配备直径 50mm 和 100mm 的钻头;
- (2) 记号笔, 油性。

D.0.2 混凝土硅烷浸渍涂装施工前, 待浸渍的混凝土表面清洁后, 在待浸渍混凝土表面用混凝土取芯机应随机钻取直径 (100 ± 5) mm、高度不低于 45mm 的混凝土芯样 3 个。

D.0.3 在现场划定检验批后, 应采用记号笔进行划分标识。

D.0.4 每个划定的检验批中, 应随机在混凝土构件上钻取芯样 3 组, 芯样应保持硅烷浸渍表面完整。芯样尺寸应满足下列要求:

- (1) 直径为 (50 ± 5) mm、高度不低于 100mm 的混凝土芯样 3 个;
- (2) 直径为 (50 ± 5) mm、高度不低于 45mm 的混凝土芯样 3 个;
- (3) 直径为 (100 ± 5) mm、高度不低于 45mm 的混凝土芯样 3 个。

D.0.5 混凝土钻取芯样位置的孔洞修补及硅烷浸渍应符合第 5.4.7 条的规定。

D.0.6 混凝土芯样应采用记号笔进行标号, 并在取芯点留下相应标识。标号后应随即对芯样采用试样密封袋进行封装, 一组 3 个芯样封装为一袋。

D.0.7 封装好的芯样应送至相关检测单位, 并按表 5.2.2 检验项目检测硅烷浸渍保护性能。分别对直径为 (50 ± 5) mm、高度不低于 100mm 的混凝土芯样进行吸水率测试; 直径为 (50 ± 5) mm、高度不低于 45mm 的混凝土芯样进行渗透深度测试; 直径 (100 ± 5) mm、高度不低于 45mm 的混凝土芯样进行氯化物吸收量降低效果测试。

附录 E 钢筋阻锈剂混凝土防锈性能现场检验方法

E.0.1 试验仪器设备和化学试剂应满足下列要求：

- (1) 烘箱,温度控制在 $(80 \pm 5)^\circ\text{C}$ 和 $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$;
- (2) 干燥器,内径不小于 250mm;
- (3) 热风机,便携式热风筒;
- (4) 钢筋,牌号 HPB300,直径不小于 10mm;
- (5) 游标卡尺,精度 0.1mm;
- (6) 氯化钠,分析纯;
- (7) 乙醇或丙酮,化学纯;
- (8) 塑料密封箱,高度不小于 200mm;
- (9) 试模,尺寸为 100mm×100mm×200mm;
- (10) 试验筛,孔径为 15 mm 的方孔筛;
- (11) 台秤,量程 100kg,精度为 50g。

E.0.2 钢筋阻锈剂混凝土防锈性能现场检验应符合下列规定。

E.0.2.1 钢筋试件制作应按下列步骤进行：

- (1) 将钢筋加工为直径 10mm、长度 120mm、表面粗糙度不小于 $6.3\mu\text{m}$ 的试件;
- (2) 用乙醇或丙酮除去钢筋上的油脂等,并用热风机吹干;
- (3) 用游标卡尺测量钢筋直径并编号,检查无锈痕后用纸包裹后放入干燥器内。

E.0.2.2 混凝土试件的制作应按下列步骤进行：

(1) 基准混凝土按剔除钢筋阻锈剂后的施工混凝土配合比在试验室拌制,混凝土中掺入以拌和水质量的 3.5% 的氯化钠,将搅拌均匀的混凝土拌合物使用孔径为 15mm 的方孔筛,筛除 15mm 以上的混凝土拌合物骨料,留下粗骨料最大粒径为 15mm 的混凝土拌合物成型基准混凝土试件;

(2) 钢筋阻锈剂混凝土从施工现场随机抽取混凝土拌合物,在试验室称重,按施工混凝土配合比计算该拌合物中的拌和水质量,将拌和水质量的 3.5% 氯化钠分散掺入拌合物中搅拌均匀,混凝土搅拌时间不少于 3min,将搅拌均匀的混凝土拌合物使用孔径为 15mm 的方孔筛,筛除 15mm 以上的混凝土拌合物骨料,留下粗骨料最大粒径为 15mm 的混凝土拌合物成型钢筋阻锈剂混凝土试件;

(3) 采用尺寸为 200mm×100mm×50mm 的试模,在试模内放置 2 根钢筋试件,钢筋试件的混凝土保护层厚度为 20mm,两头采用端头板和木楔固定,如图 E.0.2 所示。基准混凝土试件成型不少于 8 个,钢筋阻锈剂混凝土试件成型不少于 6 个;

- (4) 混凝土装入试模后在振动台上振动密实;

(5) 试件成型 24h 后卸去端头板和木楔,在试件两端浇筑水胶比小于混凝土试件水胶比的封闭砂浆,并插捣密实;

(6) 试件成型 72h 后再拆模,并放入标准养护室养护至 7d。

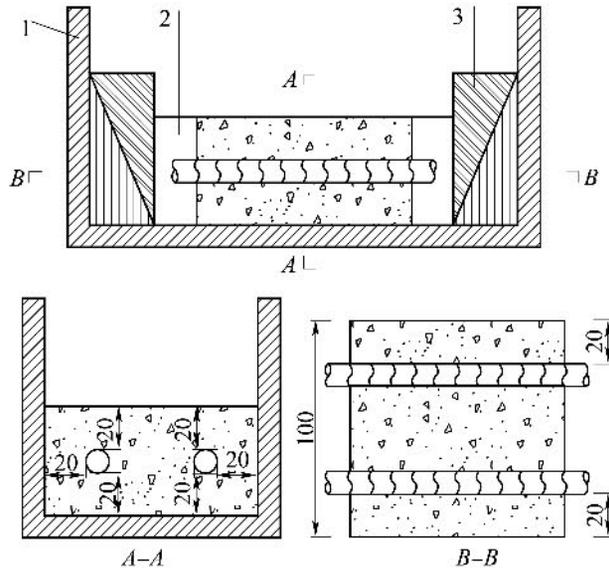


图 E.0.2 试件成型示意图(尺寸单位:mm)

1-试模;2-钢筋试件固定端板;3-木楔

E.0.2.3 混凝土试件盐水浸烘试验应按下列步骤进行:

(1) 试件到达养护龄期后将试件置于 $(80 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘干 24h,取出自然冷却 30min;

(2) 试件放入装有 3.5% 氯化钠溶液的密闭塑料箱中浸泡 96h,然后再放入 $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘 72h;

(3) 试件浸泡 96h、烘 72h 为一个浸烘循环;

(4) 试件浸烘 4 个循环后,劈开 1 个基准试件,取出钢筋,用透明纸包裹在钢筋表面描绘锈蚀轮廓,在方格纸上统计钢筋锈蚀面积,计算钢筋锈蚀面积百分率;钢筋锈蚀面积百分率达到 15% 及以上时,停止浸烘循环;基准混凝土试件的钢筋锈蚀面积百分率小于 15% 时,再进行 1 个浸烘循环,然后再测定基准混凝土试件的钢筋锈蚀面积,直至达到 15% 后停止浸烘循环;

(5) 浸泡过程中保持氯化钠溶液浸没试件,且试件间距不小于 10mm。

E.0.3 试验结果计算应符合下列规定。

E.0.3.1 钢筋试件锈蚀测定应满足下列要求:

(1) 试验结束后检查所有混凝土试件,封闭砂浆与混凝土裂开或钢筋的混凝土保护层厚度小于 16mm 时,该试件作废,有效的基准混凝土、钢筋阻锈剂混凝土试件数量均不少于 4 个;

(2) 劈开基准混凝土试件和钢筋阻锈剂混凝土试件,取出钢筋,分别计算基准混凝土钢筋和钢筋阻锈剂混凝土中钢筋试件的平均锈蚀面积。

E.0.3.2 钢筋试件锈蚀率应按下列式计算:

$$R = \frac{A_n}{A_0} \times 100\% \quad (\text{E.0.3})$$

式中 R ——钢筋试件锈蚀率；

A_n ——混凝土试件 n 次浸烘循环后钢筋的锈蚀面积 (mm^2)；

A_0 ——钢筋试件表面积 (mm^2)。

E.0.3.3 试验结果的评定应满足下列要求：

(1) 钢筋阻锈剂混凝土的钢筋试件与基准混凝土的钢筋试件锈蚀率比值小于 5% 时，判定为钢筋阻锈剂混凝土在盐水浸烘环境中钢筋腐蚀面积减少 95% 以上；

(2) 有效钢筋试件少于 4 根时，试验结果无效。

附录 F 辅助阳极使用寿命加速测试方法

F.0.1 试验仪器设备和化学试剂应满足下列要求。

F.0.1.1 测试电解池装置应满足下列要求：

(1) 测试电解池,采用容量 1.0L 的玻璃烧杯,瓶口应带橡胶塞;橡胶塞上留有用于安装阳极、阴极、鲁金毛细管或电流反向阳极、pH 电极的孔;阳极孔与阴极孔之间的距离约为 50mm;电流反向阳极或鲁金毛细管孔在阳极孔与阴极孔正中间;典型的电解池装置如图 F.0.1-1 所示;

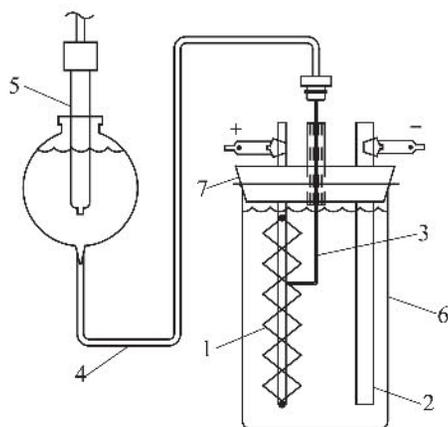


图 F.0.1-1 带鲁金毛细管的测试电解池装置

1-测试阳极;2-阴极;3-鲁金毛细管;4-盐桥;5-参比电极;6-玻璃烧杯;7-橡胶塞

(2) 电解池内溶液,包括三种,浓度为 1.30g/L 的氯化钠溶液,浓度为 40g/L 的氢氧化钠溶液,以及浸泡有细砂的模拟孔溶液,模拟孔溶液组成为 0.20% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、3.20% KCl 、1.00% KOH 、2.45% NaOH 和 93.15% 蒸馏水或去离子水;

(3) 阳极暴露于溶液中的表面积为 2000mm^2 ,其余部分采用绝缘材料进行密封,阳极在电解池外部通过直径不少于 1mm 的铜线连接到电源;

(4) 阴极为由钛、铂、铌等惰性材料做成的棒状电极;阴极离电解池底部距离约为 10mm;阴极在电解池外部通过直径不小于 1mm 的铜线与电源连接;

(5) 电流反向阳极的材料及尺寸与测试阳极一样;电流反向阳极在电解池外部通过直径不小于 1mm 的铜线与电源连接;

(6) 参比电极为饱和甘汞电极或银/氯化银电极,并通过盐桥与鲁金毛细管相连。

F.0.1.2 电源应为能恒定输出 17.6mA 电流的直流电源,电流输出误差在 1% 以内。

F.0.1.3 电压表应具有 $10\text{M}\Omega$ 或更高的输入电阻,测量准确度应在 1% 以内。

F.0.1.4 电量计对通过的总电量的测量精度应在 1% 以内。

F.0.1.5 各电解池可通过串联的方式与电源连接。典型的测试连接如图 F.0.1-2 所示。

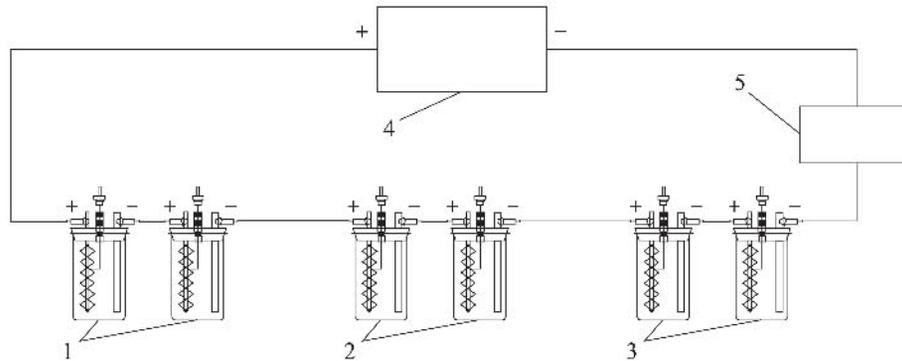


图 F.0.1-2 测试连接示意图

1-氯化钠溶液;2-氢氧化钠溶液;3-浸泡在模拟孔溶液中的砂;4-直流电源;5-电量计

F.0.2 试验测试步骤应满足下列要求。

F.0.2.1 测试应在第 F.0.1.1 款所述溶液中进行,每种溶液应进行两个平行试验。

F.0.2.2 电解池中溶液的体积不应小于 900ml,测试阳极应完全浸泡在溶液中。测试时不应搅拌溶液。测试过程中应检查各电解池中溶液的量,并加入蒸馏水或去离子水以补充蒸发造成的溶液损耗,维持溶液的体积为 900ml。

F.0.2.3 在整个测试过程中溶液温度应保持在 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

F.0.2.4 溶液 pH 值应在测试开始前和测试开始后每 100h 进行记录。

F.0.3 试验测试应包括电流反向测试和正常极化测试。

F.0.4 电流反向测试应符合下列规定。

F.0.4.1 电流反向阳极应安装在阴极与待测试阳极中间,电源负极应连接阳极,正极应连接电流反向阳极。通电前应检查阳极与电流反向阳极连接情况。

F.0.4.2 电流反向测试通电电流应为 17.6mA,测试时间应为 8h。

F.0.4.3 在电流反向测试过程中,在第 1min,第 1h 和第 8h 应测量电解池槽压及流过的电流。测量槽压时,应将电压表指针与阳极和电流反向阳极连接。

F.0.5 正常极化测试应符合下列规定。

F.0.5.1 正常极化测试应在电流反向测试后进行。通电前,应更换电解池中溶液,取走电流反向阳极,安装鲁金毛细管,电源正极应连接阳极,负极应连接阴极。

F.0.5.2 鲁金毛细管管口与阳极表面距离应为 2 倍管口直径。

F.0.5.3 正常极化测试通电电流应为 17.6mA,测试时间应为 225d。

F.0.5.4 在正常测试过程中,应在第 1h、24h、7d、14d、28d、42d、56d、70d、84d、98d、112d、126d、140d、154d、168d、182d、196d、210d 和 225d 测量槽压、通电电流以及阳极相对于参比电极的电位。测量槽压时,应将电压表指针与阳极和阴极连接。测量阳极相对于参比电极电位时,应将电压表指针与阳极和参比电极连接。

F.0.5.5 测试结束时施加于阳极的单位面积总电量应达到 $47500\text{Ah}/\text{m}^2$ 。

F.0.6 试验时应记录各测试时间对应的槽压、电位等。测试记录宜按表 F.0.6 进行。

表 F.0.6 阳极使用寿命加速测试记录

编号:

溶液	氯化钠溶液/氢氧化钠溶液/浸泡在模拟孔溶液中的砂				
测试	时间	电流 (mA)	槽压 (V)	阳极电位 (V,对饱和甘汞)	溶液 pH 值
电流反向 测试	1min				
	1h				
	8h				
正常测试	1h				
	24h				
	7d				
	14d				
	28d				
	42d				
	56d				
	70d				
	84d				
	98d				
	112d				
	126d				
	140d				
	154d				
	168d				
	182d				
	196d				
210d					
225d					

F.0.7 试验结果的评定应满足下列要求:

(1) 测试过程中没有出现槽压与阳极电位的快速增加时,判定辅助阳极使用寿命加速测定合格;

(2) 测试过程中出现槽压与阳极电位的快速增加时,判定辅助阳极使用寿命加速测定不合格。

附录 G 牺牲阳极取样方法(化学成分检验)

G.0.1 牺牲阳极现场取样方法应符合下列规定。

G.0.1.1 铝合金牺牲阳极及锌合金牺牲阳极现场取样时,取样部位应避开铁芯,每个试样上的取样量为 20g 以上的碎屑,取样用的钻头或刀具应清洁干净,严禁试样中混入杂质。

G.0.1.2 镁合金牺牲阳极现场取样时,取样部位应避开铁芯,取样前应清除表面氧化层,清除厚度不应小于 0.5mm;每个试样上的取样量应为 100g 以上,取样用的钻头或刀具应清洁干净,严禁试样中混入杂质。

附录 H 钢结构阴极保护电位检测方法

H.0.1 钢结构电位检测方法应符合下列规定。

H.0.1.1 电位检测仪器应采用最小分辨率 1mV、内阻大于 10M Ω 的高内阻数字万用表和符合现行国家标准《船用参比电极技术条件》(GB/T 7387) 有关规定的 Ag/AgCl 参比电极或 Cu/CuSO₄ 参比电极。

H.0.1.2 每次保护电位检测前,应校对便携式参比电极与饱和甘汞电极的电位差值,测量值应符合现行国家标准《船用参比电极技术条件》(GB/T 7387) 的有关规定。

H.0.1.3 电位检测步骤应满足下列要求:

- (1) 将参比电极放入水中,并靠近待测钢结构的表面,不与被测钢结构直接接触;
- (2) 用导线将参比电极、万用表和所测钢结构形成回路,用万用表读取测试数据。

H.0.1.4 钢结构阴极保电位检测应按上述步骤,依次检测各点保护电位值,结果精确至 1mV,并形成记录。

附录 J 防腐蚀施工记录表

J.1 混凝土表面涂层施工记录表

J.1.1 混凝土表面涂层涂装记录应按表 J.1.1 填写。

表 J.1.1 混凝土表面涂层涂装记录表

工程编号或名称：

混凝土浇筑日期：

施工部位	混凝土表面处理			混凝土表面涂层			
	处理方法	观察检查	含水率	涂料名称	道数	涂料用量	湿膜厚度
施工日期							
温度、相对湿度							
施工班(组)							

项目专业技术负责人：

质检员：

J.1.2 混凝土表面涂层检验批质量验收记录应按表 J.1.2 填写。

表 J.1.2 混凝土表面涂层检验批质量验收记录

工程名称		分项工程名称		验收部位	
施工单位		专业工长		项目经理	
分包单位		分包项目经理		施工班组长	
施工执行标准名称及编号					
序号	检验项目	验收规定	施工单位检查评定记录	建设(监理)单位验收记录	
1					
2					
3					
施工单位检查评定结果	项目专业质量检查员 年 月 日				
建设(监理)单位验收结论	建设单位项目专业技术负责人(监理工程师) 年 月 日				

J.1.3 混凝土表面涂层防腐蚀工程施工分项工程质量验收记录应按表 J.1.3 填写。

表 J.1.3 混凝土表面涂层施工分项工程质量验收记录

工程名称		结构类型		检验批数	
施工单位		项目经理		项目技术负责人	
分包单位		分包单位负责人		分包项目经理	
序号	检验批部位、区段	施工单位检查 评定结果	建设(监理)单位验收结论		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
检查结论	项目专业技术负责人 年 月 日		验收结论	建设单位项目专业技术负责人 (监理工程师) 年 月 日	

J.2 混凝土硅烷浸渍施工记录表

J.2.1 混凝土硅烷浸渍施工记录应按表 J.2.1 填写。

表 J.2.1 混凝土硅烷浸渍防腐蚀工程施工记录表

工程编号或名称:

混凝土浇筑日期:

防腐部位	基层表面处理			硅烷浸渍		
	处理方法	观察检查	含水率检验	材料名称	道数	用量控制
施工日期						
温度、相对湿度						
施工班(组)						

项目专业技术负责人:

质检员:

J.2.2 混凝土硅烷浸渍防腐蚀工程检验批质量验收记录应按表 J.2.2 填写。**表 J.2.2 混凝土硅烷浸渍防腐蚀工程检验批质量验收记录**

工程名称		分项工程名称		验收部位	
施工单位		专业工长		项目经理	
分包单位		分包项目经理		施工班组长	
施工执行标准 名称及编号					
序号	检验项目	验收规定	施工单位检查评定记录	建设(监理)单位验收记录	
1					
2					
3					
施工单位检查 评定结果	项目专业质量检查员 年 月 日				
建设(监理)单位 验收结论	建设单位项目专业技术负责人(监理工程师) 年 月 日				

J.2.3 混凝土硅烷浸渍防腐蚀工程施工分项工程质量验收记录应按表 J.2.3 填写。**表 J.2.3 混凝土硅烷浸渍防腐蚀工程施工分项工程质量验收记录**

工程名称		结构类型		检验批数	
施工单位		项目经理		项目技术负责人	
分包单位		分包单位负责人		分包项目经理	
序号	检验批部位、区段	施工单位检查 评定结果	建设(监理)单位验收结论		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

续表 J.2.3

检查结论	项目专业技术负责人 年 月 日	验收结论	建设单位项目专业技术负责人 (监理工程师) 年 月 日
------	------------------------	------	---------------------------------------

J.3 钢筋阻锈剂混凝土施工记录表

J.3.1 钢筋阻锈剂用于钢筋混凝土工程时的施工记录应按表 J.3.1 填写。

表 J.3.1 钢筋阻锈剂用于钢筋混凝土工程施工记录表

工程名称			
施工配合比			
钢筋阻锈剂名称	规格	每立方米混凝土中钢筋阻锈剂添加量(kg/m ³)	
混凝土用量(m ³)			
钢筋阻锈剂理论添加量(kg)	混凝土用量 × 每立方米混凝土添加量 = _____		
钢筋阻锈剂实际添加量(kg)			
钢筋阻锈剂理论添加量 与实际添加量是否一致	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
备注			
签字	建设(监理)单位	设计单位	施工单位
	年 月 日	年 月 日	年 月 日

J.4 混凝土结构外加电流阴极保护施工记录表

J.4.1 混凝土结构外加电流阴极保护的施工记录应按表 J.4.1 填写。

表 J.4.1 混凝土结构外加电流阴极保护的施工记录表

工程编号 或名称					
系统安装记录					
钢筋电连接测试		短路测试		电绝缘性测试	
部位	记录值	部位	记录值	部位	记录值

续表 J.4.1

系统调试记录											
自然腐蚀电位		输出电压		输出电流		保护电位		保护电流		电位衰减	
部位	记录值	部位	记录值	部位	记录值	部位	记录值	部位	记录值	部位	记录值
施工日期											
施工班(组)											

项目专业技术负责人:

质检员:

J.4.2 混凝土结构外加电流阴极保护工程施工分项工程质量验收记录应按表 J.4.2 填写。

表 J.4.2 混凝土结构外加电流阴极保护工程施工分项工程质量验收记录

工程名称												
验收构件编号												
施工单位												
项目经理							项目技术负责人					
施工执行标准名称及编号												
主要检验项目	输出电压	电源编号		实测电压(V)		施工单位检查评定记录		建设(监理)单位验收记录				
	输出电流	电源编号		实测电流(A)		施工单位检查评定记录		建设(监理)单位验收记录				
	电位检验	参比电极编号		实测电位(V)		施工单位检查评定记录		建设(监理)单位验收记录				
施工单位检查评定结论	项目专业技术负责人					建设(监理)单位验收结论		建设单位项目专业技术负责人 (监理工程师)				
	年 月 日							年 月 日				

J.5 钢结构涂层施工记录表

J.5.1 钢结构涂层涂装记录应按表 J.5.1 填写。

表 J.5.1 钢结构涂层涂装记录表

工程编号或名称								
施工部位	钢结构表面处理				钢结构涂层			
	清洁度级别	粗糙度级别	处理方法	检查结果	涂料名称	涂层道数	涂料用量	湿膜厚度
施工日期								
温度、相对湿度								
施工班(组)								

项目专业技术负责人：

质检员：

J.5.2 钢结构涂层检验批质量验收记录应按表 J.5.2 填写。

表 J.5.2 钢结构涂层检验批质量验收记录

工程名称		分项工程名称		验收部位	
施工单位		专业工长		项目经理	
分包单位		分包项目经理		施工班组长	
施工执行标准名称及编号					
序号	检验项目	验收规定	施工单位检查评定记录	建设(监理)单位验收记录	
1					
2					
3					
施工单位检查评定结果	项目专业质量检查员 年 月 日				
建设(监理)单位验收结论	建设单位项目专业技术负责人(监理工程师) 年 月 日				

J.5.3 钢结构涂层防腐蚀工程施工分项工程质量验收记录应按表 J.5.3 填写。

表 J.5.3 钢结构涂层施工分项工程质量验收记录

工程名称		结构类型		检验批数	
施工单位		项目经理		项目技术负责人	
分包单位		分包单位负责人		分包项目经理	
序号	检验批部位、区段	施工单位检查 评定结果	建设(监理)单位验收结论		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
检查结论	项目专业技术人员 年 月 日		验收结论	建设单位项目专业技术人员 (监理工程师) 年 月 日	

J.6 钢结构金属热喷涂施工记录表

J.6.1 钢结构金属热喷涂涂装记录应按表 J.6.1 填写。

表 J.6.1 钢结构金属热喷涂涂装记录表

工程编号或名称:

施工部位	钢结构表面处理			金属热喷涂涂层			
	处理方法	清洁度	粗糙度	材料名称	道数	材料用量	平均干膜厚度
施工日期							
温度、相对湿度							
施工班(组)							

项目专业技术人员:

质检员:

J.6.2 钢结构金属热喷涂检验批质量验收记录应按表 J.6.2 填写。

表 J.6.2 钢结构金属热喷涂检验批质量验收记录

工程名称		分项工程名称		验收部位	
施工单位		专业工长		项目经理	
分包单位		分包项目经理		施工班组长	
施工执行标准名称及编号					
序号	检验项目	验收规定	施工单位检查评定记录	建设(监理)单位验收记录	
1					
2					
3					
施工单位检查评定结果	项目专业质量检查员 年 月 日				
建设(监理)单位验收结论	建设单位项目专业技术负责人(监理工程师) 年 月 日				

J.6.3 钢结构金属热喷涂施工分项工程质量验收记录应按表 J.6.3 填写。

表 J.6.3 钢结构金属热喷涂施工分项工程质量验收记录

工程名称		结构类型		检验批数	
施工单位		项目经理		项目技术负责人	
分包单位		分包单位负责人		分包项目经理	
序号	检验批部位、区段	施工单位检查评定结果	建设(监理)单位验收结论		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

续表 J.6.3

检查结论		验收结论	
	项目专业技术负责人 年 月 日		建设单位项目专业技术负责人 (监理工程师) 年 月 日

J.7 钢结构包覆有机复合层施工记录表

J.7.1 热塑性聚乙烯复合包覆层、矿脂胶带防腐系统和玻璃纤维复合材料的施工记录应分别按表 J.7.1-1、表 J.7.1-2、表 J.7.1-3 填写。

表 J.7.1-1 热塑性聚乙烯复合包覆层施工记录表

工程编号或名称：

工 程 部 位	钢结构表面处理		包覆层施工			
	处理方法	除锈等级	预热温度	环氧粉末涂敷	胶黏剂涂敷	聚乙烯层缠绕
施工日期						
温度、相对湿度						
施工班(组)						

项目专业技术负责人：

质检员：

表 J.7.1-2 矿脂胶带防腐系统施工记录表

工程编号或名称：

工 程 部 位	钢结构表面处理		包覆层施工			
	处理方法	除锈等级	底漆	矿脂胶带	缓冲层	安装保护罩
施工日期						
温度、相对湿度						
施工班(组)						

项目专业技术负责人：

质检员：

表 J.7.3 钢结构包覆有机复合层施工分项工程质量验收记录

工程名称		结构类型		检验批数	
施工单位		项目经理		项目技术负责人	
分包单位		分包单位负责人		分包项目经理	
序号	检验批部位、区段	施工单位检查 评定结果	建设(监理)单位验收结论		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
检查结论	项目专业技术负责人 年 月 日		验收结论	建设单位项目专业技术负责人 (监理工程师) 年 月 日	

J.8 钢结构牺牲阳极阴极保护施工记录表

J.8.1 钢结构牺牲阳极阴极保护施工记录应按表 J.8.1 填写。

表 J.8.1 钢结构牺牲阳极阴极保护施工记录表

编号: _____

工程名称: _____

部 位: _____ 桩 号: _____

阳极情况				
阳极型号		阳极尺寸 (mm)		阳极毛重 (kg)
阳极水下焊接				
序号	1	2	3
作业日期 (年、月、日)				
实测泥面高程 (m)				
阳极顶高程 (m)				
角度 (°)				
焊接人				
检查人				
检查日期				
检查情况				
钢管桩电位检测				
自然保护电位 (mV)			检测日期 (年、月、日)	
实测保护电位 (mV)			检测日期 (年、月、日)	
电位检测结论				
质检员:		项目专业技术负责人:		
年 月 日		年 月 日		

J.8.2 钢结构牺牲阳极阴极保护施工质量验收记录应按表 J.8.2 填写。

表 J.8.2 钢结构牺牲阳极阴极保护施工分项工程质量验收记录表

编号: _____

工程名称					
验收钢构件编号					
施工单位					
项目经理		项目技术负责人			
施工执行标准名称及编号					
主要检验项目	水下焊接质量检验	质量标准规定	单元构件及阳极块编号	施工单位检查评定记录	建设(监理)单位验收记录
		(填写焊缝长度、高度、连续性)			
主要检验项目	钢构件保护电位检验	单元构件编号	实测保护电位(mV)	施工单位检查评定记录	建设(监理)单位验收记录
施工单位检查评定结论	项目专业技术负责人		建设(监理)单位验收结论	建设单位项目专业技术负责人 (监理工程师)	
	年 月 日			年 月 日	

J.9 钢结构外加电流阴极保护施工记录表

J.9.1 钢结构外加电流阴极保护施工记录应按表 J.9.1 填写。

表 J.9.1 钢结构外加电流阴极保护施工记录表

工程编号或名称											
系统安装记录											
电连接测试				短路测试				电绝缘性测试			
部位		记录值		部位		记录值		部位		记录值	
系统调试记录											
自然腐蚀电位		输出电压		输出电流		保护电位		保护电流		电位衰减值	
部位	记录值	部位	记录值	部位	记录值	部位	记录值	部位	记录值	部位	记录值
辅助阳极/参比电极安装记录											
辅助阳极/参比电极编号				安装位置							
施工日期											
施工班(组)											

项目专业技术负责人：

质检员：

J.9.2 钢结构外加电流阴极保护工程施工分项工程质量验收记录应按表 J.9.2 填写。

表 J.9.2 钢结构外加电流阴极保护工程施工分项工程质量验收记录

工程名称					
验收构件编号					
施工单位					
项目经理		项目技术负责人			
施工执行标准名称及编号					
主要检验项目	输出电压	电源编号	实测电压(V)	施工单位检查评定记录	建设(监理)单位验收记录
	输出电流	电源编号	实测电流(A)	施工单位检查评定记录	建设(监理)单位验收记录
	电位检验	参比电极编号	实测电位(V)	施工单位检查评定记录	建设(监理)单位验收记录
	水下焊接质量检验	质量标准规定	单元构件及阳极/ 参比电极编号	施工单位检查评定记录	建设(监理)单位验收记录
		(填写焊缝长度、高度、连续性)			
施工单位检查评定结论	项目专业技术负责人 年 月 日		建设(监理)单位验收结论	建设单位项目专业技术负责人 (监理工程师) 年 月 日	

附录 K 本规范用词说明

为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度的用词说明如下:

- (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) 表示允许选择,在一定条件下可以这样做的采用“可”。

引用标准名录

- 1.《漆膜颜色标准》(GB/T 3181)
- 2.《涂料粘度测定法》(GB/T 1723)
- 3.《胶黏剂黏度的测定 单圆筒旋转黏度计法》(GB/T 2794)
- 4.《色漆、清漆和塑料 不挥发物含量的测定》(GB/T 1725)
- 5.《色漆和清漆 密度的测定 比重瓶法》(GB/T 6750)
- 6.《涂料遮盖力测定法》(GB/T 1726)
- 7.《漆膜、腻子膜干燥时间测定法》(GB/T 1728)
- 8.《色漆和清漆抗流挂性评定》(GB/T 9264)
- 9.《涂料细度测定法》(GB/T 1724)
- 10.《色漆和清漆 漆膜的划格试验》(GB/T 9286)
- 11.《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)
- 12.《漆膜耐冲击测定法》(GB/T 1732)
- 13.《色漆和清漆 耐磨性的测定 旋转橡胶砂轮法》(GB/T 1768)
- 14.《钢筋混凝土用环氧涂层钢筋》(GB/T 25826)
- 15.《色漆和清漆 漆膜厚度的测定》(GB/T 13452.2)
- 16.《钢筋混凝土用不锈钢钢筋》(GB/T 33959)
- 17.《钢筋混凝土用钢 第1部分:热轧光圆钢筋》(GB 1499.1)
- 18.《钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋》(GB 1499.2)
- 19.《钢的成品化学成分允许偏差》(GB/T 222)
- 20.《钢铁及合金化学分析方法》(GB/T 223)
- 21.《钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法(常规方法)》(GB/T 20123)
- 22.《钢铁 氮含量的测定 惰性气体熔融热导法(常规方法)》(GB/T 20124)
- 23.《不锈钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)》(GB/T 11170)
- 24.《金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法》(GB/T 228.1)
- 25.《金属材料 弯曲试验方法》(GB/T 232)
- 26.《金属材料 夏比摆锤冲击试验方法》(GB/T 229)
- 27.《金属和合金的腐蚀 不锈钢晶间腐蚀试验方法》(GB/T 4334)
- 28.《钢和铁化学成分测定用试样的取样和制样方法》(GB/T 20066)
- 29.《钢及钢产品交货一般技术要求》(GB/T 17505)

- 30.《钛及钛合金板材》(GB/T 3621)
- 31.《船用辅助阳极技术条件》(GB/T 7388)
- 32.《钛及钛合金牌号和化学成分》(GB/T 3620.1)
- 33.《额定电压 1kV ($U_m = 1.2kV$) 到 35kV ($U_m = 40.5kV$) 挤包绝缘电力电缆及附件》(GB/T 12706)
- 34.《电缆的导体》(GB/T 3956)
- 35.《船用参比电极技术条件》(GB/T 7387)
- 36.《外壳防护等级 (IP 代码)》(GB 4208)
- 37.《电力工程电缆设计规范》(GB 50217)
- 38.《电器装置安装工程 低压电器施工及验收规范》(GB 50254)
- 39.《色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定》(GB/T 1771)
- 40.《漆膜耐湿热测定法》(GB/T 1740)
- 41.《色漆和清漆 拉开法附着力试验》(GB/T 5210)
- 42.《船舶及海洋工程阳极屏涂料通用技术条件》(GB/T 7788)
- 43.《涂覆涂料前钢材表面处理 表面处理方法 磨料喷射清理》(GB/T 18839.2)
- 44.《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 导则和分类》(GB/T 18838.1)
- 45.《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 导则和分类》(GB/T 17850.1)
- 46.《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 8923.1)
- 47.《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 2 部分:磨料喷射清理后钢材表面粗糙度等级的测定方法 比较样块法》(GB/T 13288.2)
- 48.《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 18570.3)
- 49.《锌锭》(GB/T 470)
- 50.《变形铝及铝合金化学成分》(GB/T 3190)
- 51.《热喷涂 火焰和电弧喷涂用线材、棒材和芯材分类和供货技术条件》(GB/T 12608)
- 52.《人造气氛腐蚀试验 盐雾试验》(GB/T 10125)
- 53.《热喷涂涂层厚度的无损测量方法》(GB/T 11374)
- 54.《塑料 拉伸性能的测定》(GB/T 1040)
- 55.《沥青软化点测定法(环球法)》(GB/T 4507)
- 56.《胶粘带剥离强度的试验方法》(GB/T 2792)
- 57.《纺织品和纺织制品厚度的测定》(GB/T 3820)
- 58.《纺织品 织物拉伸性能 第 1 部分 断裂强度和断裂伸长率的测定(条样法)》(GB/T 3923.1)

- 59.《绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料(XPS)》(GB/T 10801.2)
- 60.《塑料 非泡沫塑料密度的测定 第2部分:密度梯度柱法》(GB/T 1033.2)
- 61.《土工合成材料 聚乙烯土工膜》(GB 17643)
- 62.《增强塑料巴柯尔硬度试验方法》(GB/T 3854)
- 63.《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》(GB/T 1449)
- 64.《纤维增强塑料拉伸性能试验方法》(GB/T 1447)
- 65.《玻璃纤维增强塑料树脂含量试验方法》(GB/T 2577)
- 66.《不饱和聚酯树脂试验方法》(GB/T 7193)
- 67.《绝缘材料电气强度试验方法 第1部分:工频下试验》(GB 1408.1)
- 68.《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》(GB/T 23257)
- 69.《铝—锌—铟系合金牺牲阳极》(GB/T 4948)
- 70.《锌—铝—镉合金牺牲阳极》(GB/T 4950)
- 71.《镁合金牺牲阳极》(GB/T 17731)
- 72.《锌—铝—镉合金牺牲阳极化学分析方法》(GB/T 4951)
- 73.《锌及锌合金化学分析方法 第1部分:铝量的测定》(GB/T 12689.1)
- 74.《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153)
- 75.《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236)
- 76.《水运工程混凝土质量控制标准》(JTS 202—2)
- 77.《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)
- 78.《水运工程质量检验标准》(JTS 257)
- 79.《钢筋机械连接通用技术规程》(JGJ 107)
- 80.《钢筋焊接及验收规程》(JGJ 18)
- 81.《电解槽金属阳极涂层》(HG/T 2471)
- 82.《辐射交联聚乙烯热收缩带(套)》(SY/T 4054)
- 83.《硬质橡胶 冲击强度的测定》(HG/T 3845)
- 84.《船用恒电位仪技术条件》(CB 3220)

附加说明

本规范主编单位、参编单位、主要起草人、 主要审查人、总校人员和管理组人员名单

主编单位:中交四航工程研究院有限公司

参编单位:中交天津港湾工程研究院有限公司

中交上海三航科学研究院有限公司

中交武汉港湾工程设计研究院有限公司

南京水利科学研究院

主要起草人:王胜年(中交四航工程研究院有限公司)

熊建波(中交四航工程研究院有限公司)

潘德强(中交四航工程研究院有限公司)

(以下按姓氏笔画为序)

马化雄(中交天津港湾工程研究院有限公司)

王迎飞(中交四航工程研究院有限公司)

方翔(中交四航工程研究院有限公司)

邓春林(中交四航工程研究院有限公司)

米胜东(中交天津港湾工程研究院有限公司)

汤雁冰(中交四航工程研究院有限公司)

陈龙(中交四航工程研究院有限公司)

吴建平(中交四航工程研究院有限公司)

张国志(中交武汉港湾工程设计研究院有限公司)

范卫国(南京水利科学研究院)

范志宏(中交四航工程研究院有限公司)

黄君哲(中交四航工程研究院有限公司)

梅国兴(南京水利科学研究院)

葛仕彦(中交上海三航科学研究院有限公司)

主要审查人:仇伯强

(以下按姓氏笔画为序)

文立、刘现鹏、曲政、李武、张琦彬、赵尚传、宓宝勇、

周国然、黄宏宝、滕爱国

总校人员:刘国辉、吴敦龙、李荣庆、董方、檀会春、王胜年、黄君哲、
熊建波、邓春林、方翔

管理组人员:熊建波(中交四航工程研究院有限公司)

邓春林(中交四航工程研究院有限公司)

方翔(中交四航工程研究院有限公司)

范志宏(中交四航工程研究院有限公司)

张夏虹(中交四航工程研究院有限公司)

《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》
(JTJ 275—2000) 主编单位、参加单位、
主要起草人名单

主 编 单 位: 广州四航工程技术研究院

参 加 单 位: 中交水运规划设计院

南京水利科学研究院

主要起草人: 潘德强

(以下按姓氏笔画为序)

杨松泉、洪定海、郭瑞伦

《海港工程钢结构防腐蚀技术规范》
(JTS 153—3—2007) 主编单位、参加单位、
主要起草人名单

主编单位:中交天津港湾工程研究院有限公司

参加单位:中交四航工程研究院有限公司

中交上海港湾工程设计研究院有限公司

主要起草人:马化雄、赵立鹏

(以下按姓氏笔画为序)

王胜年、吴三余、李俊毅

中华人民共和国行业标准

水运工程结构防腐蚀施工规范

JTS/T 209—2020

条文说明

目 次

1	总则	(101)
3	基本规定	(102)
4	混凝土表面涂层	(104)
4.1	一般规定	(104)
4.2	材料	(105)
4.3	施工	(105)
4.4	检验与验收	(105)
5	混凝土硅烷浸渍	(107)
5.1	一般规定	(107)
5.2	材料	(107)
5.3	施工	(107)
5.4	检验与验收	(108)
6	钢筋阻锈剂	(109)
6.1	一般规定	(109)
6.2	材料	(109)
6.3	施工	(110)
6.4	检验与验收	(110)
7	环氧涂层钢筋	(111)
7.1	一般规定	(111)
7.2	材料	(111)
7.3	施工	(111)
7.4	检验与验收	(112)
8	不锈钢钢筋	(113)
8.1	一般规定	(113)
8.2	材料	(113)
8.3	施工	(115)
9	混凝土结构外加电流阴极保护	(116)
9.1	一般规定	(116)
9.2	材料和设备	(116)
9.3	施工	(116)
9.4	检验与验收	(116)

10	钢结构涂层	(117)
10.1	一般规定	(117)
10.3	施工	(117)
11	钢结构金属热喷涂	(118)
11.3	施工	(118)
12	钢结构包覆有机复合层	(119)
12.1	一般规定	(119)
12.2	材料	(119)
12.3	施工	(119)
12.4	检验与验收	(119)
13	钢结构牺牲阳极阴极保护	(120)
13.2	材料	(120)
13.3	施工	(120)
13.4	检验与验收	(120)
14	钢结构外加电流阴极保护	(121)
14.1	一般规定	(121)
14.2	材料和设备	(121)
附录 A	混凝土表面涂层施工小区试验	(122)
附录 B	混凝土表面涂层质量现场检验方法	(123)
B.2	涂层厚度测定方法	(123)
附录 E	钢筋阻锈剂混凝土防锈性能现场检验方法	(124)
附录 F	辅助阳极使用寿命加速测试方法	(125)

1 总 则

1.0.1 水运工程结构防腐蚀质量取决于设计和施工两方面。我国行业标准《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153—2015)对水运工程结构防腐蚀设计已有明确规定,但如何达到满足设计要求的防腐蚀质量,需要指导防腐蚀施工的统一标准。我国防腐蚀材料生产厂家和施工单位众多,质量水平参差不齐,且水运工程所处的环境较陆上工程恶劣,防腐蚀施工实施难度大,如施工质量控制不好,容易导致工程结构在达不到设计使用年限时即发生腐蚀破坏、功能降低,进一步发展到会影响结构的安全使用。因此,统一水运工程结构防腐蚀施工技术要求,有利于提高我国水工程建设质量,保证结构耐久性,降低结构全寿命成本。

3 基本规定

3.0.1 水运工程结构防腐蚀质量与设计、施工的材料和工艺密切相关。按设计文件规定施工是保障防腐蚀质量的前提条件。

3.0.2 水运工程结构防腐蚀部位处于水上和高空环境,受波浪、潮汐和大风等影响,施工作业环境条件较差,防腐蚀作业过程中容易造成对结构的局部损伤。由于水运工程结构所处腐蚀环境恶劣,混凝土或钢结构自身的损伤和构造物形状的完整性将降低结构整体耐久性能,因此防腐蚀施工作业时,尽量避免及降低对构件的损伤,尤其需要注意施工的临时设施如焊接搭平台、吊点、支架、预埋件、打孔等造成结构的损伤。

3.0.3 水运工程结构所处的腐蚀环境严酷,防腐蚀标准要求高,防腐蚀施工质量受到环境影响大,制定防腐蚀施工专项方案,有利于及时发现材料、工艺和质量控制过程中出现的问题,以便能够针对现场需要防腐蚀施工构件所处不同的环境和部位等,选择合适的施工工艺,配备适当的辅助和防护措施,制定具有针对性的施工方案,指导施工过程控制,以满足结构防腐蚀符合要求。

3.0.4 水运工程结构所处的环境类别和结构部位对防腐蚀施工工艺和措施有直接的影响,防腐蚀施工方案的制定需要根据具体情况进行。如海水的涨落潮、风浪等,会影响混凝土表面涂层与硅烷浸渍施工、外加电流阴极保护管线安装、钢结构牺牲阳极潜水员水下焊接和作业平台的施工安全;水流速度较大时牺牲阳极水下焊接难度大,需要考虑阳极水上焊接支架安装工艺等。

3.0.7 防腐蚀施工原材料品质是保证工程质量符合要求的决定因素之一。为了防止不合格材料或不符合设计要求的材料用于工程施工,因此规定了使用的防腐蚀材料需要提交“产品质量证明文件”。对原材料的质量管理,不仅有供应商提供的检验报告等产品质量证明文件,还需要进行材料进场复验,以证明进场防腐蚀材料的有效性。复验满足设计要求后方能确定用于工程施工。对于防腐蚀材料性能重要但复验检测时间周期较长的指标如涂层的耐老化性试验等,由厂家提供同品种型号材料检验合格证明文件。

3.0.8 防腐蚀材料具有特定使用范围和目的的专用特性,分类贮存和有效保护非常重要。如涂层种类多且多组分配套、硅烷材料易挥发、阴极保护材料和设备配套等,运输和存放中均需要分类放置、设置唯一性标识,以免混淆,并防止材料泄漏可能引发事故。同时,某些防腐蚀材料如涂料、涂料的稀释剂、硅烷材料等具有一定的可燃性,在运输和存放时采取有效的防火、防碰撞等措施也非常重要。

3.0.9 施工设备和检测仪器设备经检验合格,保持其性能良好,既是满足防腐蚀质量满足要求的前提,也是作业人员职业健康和安全生产的需要。

3.0.10 混凝土表面涂层、硅烷浸渍防腐蚀施工时,由于各工程中混凝土结构基体材料的

不同、结构所处环境的不同、所选用的防腐蚀材料和厂家的不同等等因素,所选用的防腐蚀材料、设备、施工工艺等在工程实际中实施后是否能满足设计要求尚不得知。因此,正式施工前,需选取有一定代表性的区域,按照设计要求的完整施工工艺对该区域进行试验,以获得满足设计要求下的材料以及材料配套、施工工艺、施工设备参数、损耗控制、涂装间隔时间、材料用量控制、施工后的性能指标等参数。小区试验合格后,按照小区试验所获得的参数和控制方法进行正式施工,才能实施防腐蚀施工质量的有效控制,保障设计目标在工程实际中得以实现。

3.0.11 防腐蚀施工中所涉及的机械混凝土表面打磨、钢结构表面喷砂等处理会对环境产生噪声和粉尘污染,喷涂涂层、喷涂硅烷等会对环境产生污染;涂料、硅烷材料自身可燃,施工中也需避免火源;阻锈剂一般具有气味或不利于人体健康的成分;施工作业产生的各类废弃物也有可能产生危害。以上各类行为均有可能影响到健康、安全和环境保护等,施工中按国家现行规定处理。

3.0.12 防腐蚀施工中,诸多工序如涂层及硅烷浸渍的表面处理、阴极保护电连接、外加电流的电缆搭设、涂层或硅烷施工工作平台搭设等等,均需要与结构主体施工进行交叉作业,需要在施工中进行通盘考虑,尽量减少交叉作业,合理安排,避免交叉作业影响安全和质量问题。施工作业过程中各道工序的检查是质量控制的重要环节。如混凝土表面涂层的涂装施工会遮盖上一道工序,而上一道工序的质量可能直接影响到下一道工序施工质量,如基材的表面处理质量,会影响整个防腐体系的质量。因此,本条规定上一道工序经过验收后,才能进行下一步作业,以保障施工质量满足规定要求。

3.0.14 防腐蚀工程施工完成后及时验收,有利于及时发现问题和采取必要的补救措施,利用施工作业平台检测和验收,准确判断防腐蚀质量等。如及时进行混凝土表面涂层外观、涂层厚度和粘结力现场测试,硅烷浸渍深度、吸水性和氯化物降低效果现场取芯检测,外加电流的保护电位测试等的检查验收,一方面减少了海水对已完成的防腐蚀涂层的污染,利于检查验收结果的准确性,另一方面尽可能利用施工时已搭建的工作平台和设施,使验收便捷安全和节省费用,如施工平台拆掉后,验收工作难度将加大,其次及时验收能尽早发现问题,便于及时采取措施补救。

3.0.15 水运工程结构防腐蚀保护年限长,多数达10年~30年,甚至达到50年。工程结构防腐蚀是否能达到设计的预期目的,一方面取决于设计和施工质量,另一方面也与后期的维护和保养密切相关。而要实现结构防腐蚀良好的维护和保养,则工程设施管理人员建立完善的结构防腐蚀维护动态管理台账是一个关键点,并按照有关标准、规范和设计要求定期监测防腐蚀保护效果与质量,做到及时发现问题,为主动实施科学维护和合理采取耐久性补救措施等提供依据。

4 混凝土表面涂层

4.1 一般规定

4.1.1 实施涂装的基层混凝土质量直接影响涂层的防腐蚀效果,如涂层粘结强度、耐碱性、涂层均匀性等。通常混凝土龄期达到28d时胶凝材料水化已趋于稳定,有利于混凝土涂层质量稳定。

4.1.2 混凝土表面的清洁程度直接影响涂层质量。混凝土表面在一定程度上存在着浮浆、脱模剂、养护剂、浮尘、油污、其他不牢附着物等,这些处理不干净将直接影响涂层的粘结强度和防腐蚀性能。

4.1.3 混凝土表面涂层保护划分为表干区和表湿区,主要是考虑现场涂装施工要求和混凝土构件的腐蚀特点。混凝土表面涂层通常在现场涂装,这样结构的整体保护效果和外观质量较好。海水环境大气区混凝土构件、淡水环境水上区混凝土构件,混凝土表面处于表干状态,则按照表干区选择涂料和涂装施工,其他如海水环境浪溅区、水位变动区或水下区的预制构件在未安装前进行涂装,这时混凝土表面仍处于表干状态。对于海水环境浪溅区及平均潮位以上的水位变动区或淡水环境平均水位以上的水位变动区的混凝土构件,受到潮水涨落、水位变动、风浪飞溅等使混凝土表面往往处于潮湿甚至带水状态,则按照表湿区选择涂料和涂装施工。

4.1.4 处于表湿区的混凝土构件,使用的涂料需要具备在潮湿的混凝土表面上能够正常固化,同时,需满足涂层与混凝土表面最低的粘结强度要求,以防止涂层脱落。通常海港码头面板混凝土构件及以下部位划分浪溅区属于表湿区范围,需要选用湿固化涂料以满足涂层质量要求。

4.1.5 水运工程混凝土表面涂层质量除了与涂层配套设计、涂料质量等有关外,涂装施工在某种程度上也影响极大。因此,通过在混凝土构件的表干区、表湿区代表性部位进行小区试验,一方面检验进场涂料是否满足设计涂层体系的质量要求,另一方面验证混凝土表面处理设备、涂装设备、涂装工具、涂装要领、涂层质量控制和仪器设备等是否满足涂装施工要求。

4.1.7 涂层体系中各道涂层有其特定的作用。底层涂层使用的涂料黏度很低,其较好的渗透能力使涂层与混凝土粘结牢固;中间层涂层厚度较大,主要功能是防腐蚀能力,抵抗外界有害介质的入侵起到屏蔽效果;面层涂层是保护中间层涂层免受阳光照射,避免涂层过早褪色、粉化,甚至开裂、脱落,故要求面层涂层满足耐老化性能。因此,各道涂层需要根据涂料产品说明书的要求逐道涂装,一般情况下涂装作业涂层划分的道数越多,涂层将越均匀、缺陷也更少,但会降低涂装效率。

4.2 材 料

4.2.1 进场涂料检验是满足工程使用材料质量和稳定性的重要手段,涂料基本性能检验是对涂料产品的质量进行验证,检验底漆、中间漆和面漆等各种涂料的基本性能;涂层性能是检验涂料施涂在混凝土试件上形成的硬化涂层的防腐蚀性能,涂层根据设计的配套体系,通常由底漆+中间漆+面漆组成,涂层性能体现了混凝土涂层的防护效果。因此,检验进场涂料的基本性能和涂层性能都是混凝土表面涂层施工中的重要环节。

涂料样品保存便于当涂层出现质量问题时为查明原因提供依据。

4.3 施 工

4.3.1 混凝土构件验收后,外观质量虽然能够满足相关规范的规定,但仍可能存在裂缝、麻面、砂斑和气泡等缺陷,这些缺陷会降低涂层的均匀性、连续性和防护效果。

高压淡水清洁混凝土表面具有工效高、清洁效果好的特点,能够除去混凝土表面不牢物,并提高混凝土表面粗糙度,有利于提高涂层与混凝土的粘结强度。我国国家标准《建筑防腐蚀工程施工规范》(GB 50212—2014)第4.1.1条对混凝土基层表面处理方式规定,混凝土强度等级大于或等于C40时处理方式为抛丸、喷砂、高压射流。实验证明:高压淡水压力达到20MPa时,通常能够除去混凝土表面的各类不牢附着物,形成清洁的基层,而清除混凝土表面的海蛎子设备压力的适宜范围为30MPa~50MPa,使用时根据混凝土的表面状态调节水压及流量等参数。

表干区混凝土表面含水率限值为6%引自我国国家标准《建筑防腐蚀工程施工质量验收规范》(GB 50224—2010)和《建筑防腐蚀工程施工规范》(GB 50212—2014)对基层混凝土含水率的要求。

4.3.2 环境湿度较大时进行涂装将影响某些涂料的成膜质量。本条规定涂装施工环境相对湿度小于85%的要求参照我国国家标准《建筑防腐蚀工程施工规范》(GB 50212—2014)制定。而湿固化涂料在潮湿或带水的混凝土表面均能具有较好的粘结能力,其性能受环境湿度的影响较小。

4.3.4 高压无气喷涂漆膜均匀、光滑平整、外观质量高、工效高,但漆雾会影响周围环境,人工辊涂和刷涂漆膜均匀和外观质量不如高压无气喷涂、工效低,优点是不会产生漆雾,适用于面积较小构件,以及对涂层外观质量要求不高部位。

4.3.5、4.3.6 涂料配制时未按产品要求的比例混合、混合后未完全搅拌均匀、随意过量添加稀释剂、超过混合使用时间的涂料变稠后添加稀释剂继续使用等现象,将显著降低涂层性能,并且事后难于发现,需要加强控制。

4.4 检验与验收

4.4.2 涂层性能检验应在涂层完全干燥和固化后进行,涂料干燥固化时间与涂料品种和温度等有关,普通混凝土涂层在温度25℃中约经过7d时间涂层可以完全固化。

4.4.6 工程实践表明,混凝土表面涂层干膜厚度现场检验过程中,一个测点值测定一次

代表性不足,检验批涂层厚度所有测点计算平均值也不能体现满足涂层厚度要求的保证率。因此,参照我国现行规范对钢结构涂层厚度检验方法,以相邻位置3个点测值的算术平均值为涂层干膜厚度测点值。参照我国国家标准《建筑防腐蚀工程施工质量验收规范》(GB 50224—2010)第10.0.7条对涂层干膜厚度的规定,并考虑水运工程混凝土结构大面积涂层防腐蚀的具体情况规定:涂层干膜厚度检验数量按每200m²面积不应少于1个测点,测点值小于设计干膜厚度的测点数不应大于10%,且测点值不应小于设计干膜厚度的90%。

5 混凝土硅烷浸渍

5.1 一般规定

5.1.1 硅烷浸渍一般是混凝土结构工程施工的最后一道工序,混凝土各项性能指标验收龄期也至少需要达到28d。此外,采用混凝土硅烷浸渍既保留了混凝土表面原有颜色,又起到了防腐蚀和美观的双重作用,但同时也保留了混凝土表面已有的缺陷,因此实施硅烷浸渍施工作业之前,混凝土的各项性能指标包括外观质量等需要先行验收合格。

5.1.2 验收合格后的混凝土构件,其表面可能存在脱模剂、养护剂、不牢固物质和缺陷等,这些处理不干净均可能对硅烷浸渍保护质量产生不良影响。

5.1.3 混凝土基材自身的密实程度和表面状况,将对硅烷浸渍渗透的效果和防腐蚀性能产生不同程度的影响。因此,在混凝土结构代表性部位进行小区试验的主要作用,一是检验硅烷浸渍施工是否满足设计要求的混凝土保护技术指标;二是检验进场硅烷浸渍材料是否满足设计的质量要求;三是确定硅烷浸渍施工的混凝土表面处理设备、混凝土表面含水率、喷涂设备或辊涂工具、涂装工艺、浸渍道数、材料用量、浸渍时间间隔、浸渍质量控制及仪器设备等。

5.2 材 料

5.2.1 硅烷浸渍后的混凝土构件表面基本维持原色和质感,外观上无法判断硅烷浸渍效果和变化,施工前期及施工过程中的材料检验是保证施工质量的关键环节,因此,硅烷材料进场时检测硅烷材料性能和硅烷涂覆在混凝土试件上硅烷浸渍保护性能,只有经过检验证明能够满足设计要求的硅烷才能在工程上使用。

5.2.2 硅烷浸渍小区试验实际上是硅烷在工程上小规模应用,因此只有在硅烷材料性能和硅烷浸渍保护性能检验合格后才能进行小区试验。

5.2.3 硅烷材料具有一定的挥发性,并能和空气中的水分反应后释放易燃乙醇成分,采取各种措施防燃防爆是硅烷材料在运输与存放中的重要内容。

5.2.4 硅烷材料和空气中的水分水解反应会生成大分子量的硅氧烷,从而影响硅烷材料的渗透性能。因此,盛放硅烷材料的容器需要密封完好,硅烷在使用前才打开容器,避免空气进入容器中而造成部分硅烷材料水解。硅烷使用时在容器打开后越快使用完毕越好,如硅烷材料在容器打开后放置超过48h,则需要重新取样检验材料性能。

5.3 施 工

5.3.1 硅烷浸渍前的混凝土表面处理效果直接影响硅烷的浸渍质量,硅烷浸渍渗入混凝土

土表层主要靠混凝土表面毛细孔隙的吸附,混凝土表面平整度、清洁度和干燥程度影响较大。油污以及成膜性混凝土脱模剂或养护剂会降低硅烷的浸渍效果。

混凝土表面清洁和干燥程度硅烷浸渍施工成败的关键是混凝土的表面状况。要获得良好的效果,待处理面在施工前保持至少 24h 表干,实验证明混凝土表面含水率不宜大于 8% 利于硅烷的浸渍渗透,可以采用混凝土表面含水率测定仪直接现场测定。不得采用人工干燥混凝土表面,因为当干燥设备移除后,混凝土内部的水分会继续通过毛细作用扩散到混凝土表面,从而影响硅烷的浸渍效果。

5.3.3 气温太高以及风太大时,硅烷材料的挥发加剧,造成材料损失;气温太低以及雾雨等空气中水汽含量大时,硅烷材料沿混凝土的毛细孔隙渗透的速度降低,且其与混凝土内部水分水化反应的速度也降低,容易造成保护效果不理想。

5.3.4 混凝土表面经过硅烷浸渍后,硅烷材料与混凝土内壁水分等产生反应,释放乙醇,而乙醇具有可燃性。因此,基于安全考虑,硅烷浸渍施工现场、附近无明火且要远离火种,在密闭空间进行喷涂时需采用防爆照明以及安装通风装置。

5.3.5 硅烷浸渍施工质量检验需要在现场待浸渍混凝土的表面钻取质量检验用混凝土空白芯样。为了保证硅烷浸渍对混凝土保护性能,以及便于材料的质量控制,硅烷浸渍材料施工时不得以溶剂或其他液体稀释使用。

涂装液态硅烷时,浸渍用量可以采用涂装前后称重与现场涂装人员目测喷涂面状态联合进行控制;涂装膏体硅烷时,可以采用涂层湿膜厚度测试规进行喷涂用量控制。

硅烷材料会损坏被涂装混凝土构件附近的橡胶支座、涂装钢件表面、沥青材料和接口密封剂等,浸渍前和施工中需要对这些部位进行遮盖,以避免硅烷材料涂覆在这些材料上。

5.3.6 硅烷浸渍混凝土后,将与混凝土内壁水分等产生化学胶联反应,形成憎水层,在此过程中,需要尽量减少暴晒、大风引起的硅烷材料加剧挥发损失以及雨淋造成的材料流失。

5.4 检验与验收

5.4.1 材料的质量监控是混凝土表面硅烷浸渍的重要环节,对硅烷浸渍材料检验批和样品数量、不合格判定等进行明确规定,是硅烷浸渍施工的首要条件。

5.4.2 混凝土表面硅烷浸渍后,硅烷材料与混凝土表层的水化反应时间,通常情况下经过 7d 时间基本完成。

5.4.4 我国行业标准《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》(JTJ 275—2000)第 7.2.3 条规定以每 500m² 为一个验收批。考虑到近年来水运工程混凝土硅烷浸渍防腐蚀日益普及,混凝土结构涂装面积较大,针对工程硅烷浸渍施工检验批的具体实施情况,规定同类构件按 1000m² 为一个检验批。

5.4.7 混凝土构件孔洞或破损缺陷的修补材料性能和质量要求不低于混凝土本体性能,是为了避免这些部位成为结构的薄弱环节引起混凝土中钢筋腐蚀。为防止修补材料与原混凝土产生收缩裂纹,通常采用无收缩或微膨胀修补孔洞并加强潮湿养护。实验表明常用的水泥基修补材料经过 14d 龄期已对其表面实施硅烷浸渍质量无明显影响。

6 钢筋阻锈剂

6.1 一般规定

6.1.1 钢筋阻锈剂通过抑制混凝土与钢筋界面孔溶液中发生的阳极或阴极电化学反应来保护钢筋。钢筋阻锈剂直接参与界面化学反应,使钢筋表面形成钝化膜或吸附膜,直接阻止或延缓钢筋锈蚀的电化学过程。常见的钢筋阻锈剂按使用方式将钢筋阻锈剂分为内掺型钢筋阻锈剂和外涂型钢筋阻锈剂两类。由于外涂型钢筋阻锈剂在水运工程中使用较少,我国行业标准《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153—2015)第5.5节“钢筋阻锈剂”的有关规定也是主要针对内掺型钢筋阻锈剂。因此本规范主推荐采用内掺型钢筋阻锈剂。

6.1.2 根据钢筋阻锈剂试验研究及其工程实践发现,钢筋阻锈剂对混凝土或砂浆的初终凝时间、抗压强度和坍落度等会有一定程度的影响。因此,选用的钢筋阻锈剂,需要通过试验确定掺阻锈剂混凝土性能满足设计及施工要求,同时又不影响混凝土质量。

6.1.3 钢筋阻锈剂使用过程有可能会对环境造成一定程度的影响。目前市场上的内掺型钢筋阻锈剂种类繁多,按照化学成分可分为无机类和有机类两种。有机类钢筋阻锈剂,常以胺、醇胺及它们的盐为主要阻锈成分,一般无毒、环境安全性好,是现代钢筋阻锈剂应用和研究开发的热点;无机类钢筋阻锈剂,常以亚硝酸盐或硝酸盐为主要阻锈成分,具有一定的毒性和致癌性,鉴于亚硝酸盐类钢筋阻锈剂的环保问题,有些发达国家已禁止使用该类阻锈剂。因此,优先选用环保类型的钢筋阻锈剂,以减少阻锈剂对环境及人体的危害。当采用有污染的无机类钢筋阻锈剂时,在生产和施工过程中需要采取适当的防护措施。

6.2 材 料

6.2.1 不同类型阻锈剂的使用方法可能有所不同,有时厂家提供的阻锈剂是由两种或两种以上无机盐类或有机化合物类阻锈成分复合而成。因此,本条规定的标明阻锈剂的主要化学成分及其含量、阻锈作用的特性类型和适用范围,用以满足在工程中正确使用阻锈剂,避免阻锈剂与混凝土组成材料的各种成分产生不良影响。

6.2.2 为了使产品性能达到最佳,很多钢筋阻锈剂产品均是由多种组分复配而成,并且由于知识产权的原因,不公布其所有的基本成分。当钢筋阻锈剂与减水剂、早强剂、引气剂、缓凝剂等外加剂复配使用时,有些钢筋阻锈剂中的酸根离子可能会与有些外加剂中的碱性物质发生化学反应并影响其效力,有些钢筋阻锈剂中的某种组分可能会与有些外加剂发生沉淀或絮凝反应。此外,有些钢筋阻锈剂本身就含有减水、早强或缓凝等功效。故

当其与外加剂复合使用时,需进行相关试验确定阻锈剂和外加剂的相容性,避免对混凝土性能及钢筋阻锈剂性能产生不利影响。

6.2.3、6.2.4 钢筋阻锈剂是一种化学品,有的易于吸潮变质,有的易燃易爆。因此,运输与存放时应注意防爆、防潮和防泄漏。不同种类的产品分别堆放是为了区别不同种类钢筋阻锈剂,以防止在施工过程中混用。

6.3 施 工

6.3.2 钢筋阻锈剂的掺量直接影响其阻锈效果,也一定程度上影响混凝土拌合物的性能,合适的掺量需要根据工程应用的混凝土配合比和原材料,按照阻锈剂生产厂家推荐用量范围,经过试验确定。

6.3.5 延长掺加钢筋阻锈剂的混凝土拌和时间,使钢筋阻锈剂能够均匀分布在混凝土拌合物中。由于各种搅拌机拌和方式、强度有差别,混凝土搅拌延长时间则需要根据混凝土试拌,测定混凝土拌合物的均匀性,确定掺加钢筋阻锈剂的混凝土拌和时间。

6.3.6 施工记录表可以清楚地记录混凝土中掺入钢筋阻锈剂的量,并得到工程各方的确认。

6.4 检验与验收

6.4.1 进场钢筋阻锈剂检测批次参照我国行业标准《钢筋阻锈剂应用技术规程》(YB/T 9231—2009)和《钢筋阻锈剂应用技术规程》(JGJ/T 192—2009)的有关规定制定。

6.4.3 掺加钢筋阻锈剂混凝土的质量检验,除了抽样检测掺阻锈剂混凝土性能和防锈性能外,钢筋阻锈剂混凝土拌合物的质量检验也是重要环节,本条规定应在现场抽样阻锈剂混凝土在盐水浸烘环境中的防锈性能作为控制混凝土质量措施。

现场抽样钢筋阻锈剂混凝土检验批混凝土数量,参照我国行业标准《水运工程混凝土质量控制标准》(JTS 202—2—2011)第7.3.5条混凝土抗氯离子渗透性的有关规定制定。附录E规定了钢筋阻锈剂混凝土防锈性能现场检验方法,通过现场抽取掺加钢筋阻锈剂的混凝土拌合物,制作钢筋阻锈剂混凝土试件,在室内制作基准混凝土试件,然后采用钢筋阻锈剂混凝土盐水浸烘试验方法进行两者效果的对比检验。

7 环氧涂层钢筋

7.1 一般规定

7.1.1 环氧涂层钢筋如涂层破损,则在破损部位容易发生比普通钢筋更严重的坑蚀腐蚀,破损涂层即使修补,其质量的稳定性也不及原涂层,从而降低环氧涂层钢筋整体的防护性能。因此,环氧涂层钢筋在运输、存放、加工、安装等各个环节均需要采取有效保护措施,避免环氧涂层受到损坏。

7.1.3 同一构件环氧涂层钢筋和与普通钢筋混合使用时,如果环氧涂层钢筋与普通钢筋之间出现电连接,在环氧涂层钢筋的缺陷位置钢筋易发生活化,形成阳极,而无涂层钢筋形成阴极,由于阳极的面积较小,阴极的面积较大,阳极阴极面积比非常大,会显著加速环氧涂层钢筋缺陷部位的钢筋腐蚀,当混凝土电阻率较小时,这种腐蚀会更快,因此需要保证涂层钢筋与无涂层钢筋之间的绝缘。

7.2 材 料

7.2.1 国家标准《色漆和清漆 漆膜厚度的测定》(GB/T 13452.2—2008)中规定了一系列用于测量涂敷至底材上涂层的方法,包括测量湿膜厚度、干膜厚度、未固化粉末涂层厚度及粗糙表面上漆膜厚度的方法。涂层干膜厚度测定原理有机械法、重量分析法、光学法、磁性法、辐射法和光热法。作为磁性材料的钢筋使用磁性法测定环氧涂层厚度,方法7有4种测试仪:7A磁吸力脱离测试仪(系统误差为 $5\mu\text{m}$)、7B磁通量测试仪(系统误差为 $3\mu\text{m}$)、7C诱导磁性测试仪(系统误差为 $2\mu\text{m}$)和7D涡流测试仪(系统误差为 $2\mu\text{m}$)。

7.2.3 选择与环氧涂层钢筋上原有粉末涂层的具有相容性涂层修补材料,利于尽量恢复损坏涂层的保护性能,该层修补材料在混凝土中需具有惰性,进而能够避免产生腐蚀电流,以保持环氧涂层钢筋的长期保护性能。环氧涂层修补材料一般由环氧涂层钢筋生产厂家提供,以满足涂层之间有良好的匹配性。

7.2.5 环氧涂层暴露在大气环境受到阳光中的紫外线照射容易老化。贮存时间不宜太长,贮存期间也同样需要做好防护措施,通常采取的措施有:(1)用帆布或不透光的黑色塑料布包裹;(2)搭棚避免直接日晒雨淋;(3)保持环氧涂层钢筋周围空气流通,避免覆盖层下凝结水珠。

7.3 施 工

7.3.1 环氧涂层是高分子材料,在紫外线作用下容易被降解,出现老化、粉化等降低涂层防腐性能,环氧涂层钢筋搬运中尽量避免长时间直接暴露在紫外线下。钢筋吊装、运输

搬运过程中产生的摩擦、碰撞均容易破坏环氧涂层,施工过程统筹考虑,尽量减少起吊、运输的次数,在起吊、运输过程中做好保护措施,避免损坏涂层。

7.3.2 环境温度较低时环氧涂层塑性、韧性会降低,此时对环氧涂层钢筋进行弯曲加工对涂层不利。

7.3.3 固定、支撑环氧涂层钢筋的各种钢筋,需要直接与环氧涂层钢筋接触,如采用无环氧涂层钢筋架立环氧涂层钢筋,则两种钢筋之间将产生电偶腐蚀。架立涂层钢筋的垫座、垫块直接承受钢筋重量,接触面小,使用柔软材料包裹避免涂层损坏。

7.3.5 水运工程现场大气通常较潮湿,含盐雾,因此要求尽量缩短涂层损伤处修补前的暴露时间,并强调空气较潮湿时使用电热吹风机对钢筋适当加热除湿,以保证修补质量。

7.3.6 据有关文献报道,环氧涂层钢筋在施工过程中造成环氧涂层破损,80%是在混凝土浇注振捣过程中产生,因此,规定对防止或减少混凝土在浇注振捣过程中造成涂层损坏非常必要。

7.4 检验与验收

7.4.1 本条参照国家标准《钢筋混凝土用环氧涂层钢筋》(GB/T 25826—2010)。

8 不锈钢钢筋

8.1 一般规定

8.1.1 同一结构中使用不锈钢钢筋与普通碳钢钢筋,若两者电连接,理论上会产生电偶腐蚀。但已有实验结果表明,结构物寿命初期碳钢与不锈钢都处在钝化的状态时,两者电连接基本不产生电偶腐蚀电流。而在结构物寿命后期,当氯离子渗透已经达到一定的程度,出现碳钢处在活化状态,不锈钢仍处在钝化状态的情况时,电连接产生的电偶腐蚀会加速碳钢的腐蚀。不同钢号的不锈钢钢筋与普通钢筋连接的电偶腐蚀实验结果显示,电偶腐蚀电流不到普通钢筋自身腐蚀电流的3%,说明电偶腐蚀对普通钢筋的腐蚀加速影响相当小。另一方面,为降低建造成本,通常仅在腐蚀严重部位使用不锈钢钢筋,而腐蚀不严重的区域仍使用普通钢筋。一种典型的做法是仅外层钢筋用不锈钢钢筋,内层钢筋仍用普通钢筋。这种钢筋布置方式可以令氯离子渗透至普通钢筋并使其活化的时间被大大延后,超过结构物的设计使用寿命,从而避免在结构物使用寿命期内上述不锈钢钢筋对普通钢筋的腐蚀加速效应的出现。基于以上分析,合理地将不锈钢钢筋与普通钢筋用在不同的部位,两者是可以直接接触的。英国高速公路局编写的《道路桥梁设计手册》(BA 84/02)便指出在新建结构中普通钢筋可与不锈钢钢筋直接连接而无需进行电绝缘处理。挪威建筑研究院编写的《混凝土结构不锈钢钢筋使用指南》更指出不锈钢钢筋除可在新建结构中与普通钢筋直接接触,更可在维修项目中替代已经损坏的钢筋。

8.1.2 不锈钢钢筋焊接后会在热影响区域产生一层与其他区域不一样的氧化物,这层氧化物的抗氯离子性要低很多。有研究表明,不锈钢钢筋的临界氯离子浓度一般为普通钢筋的10倍,但在焊接后,临界氯离子浓度会下降至只有3倍~6倍。英国《道路桥梁设计手册》(BA 84/02)便指出:不锈钢钢筋不宜实施焊接,因为焊接可能会损害不锈钢钢筋的物理性能。挪威的《混凝土结构不锈钢钢筋使用指南》对于不锈钢钢筋的焊接有更为具体的说明:只要完全清除焊接产物,钢筋的耐蚀性不会降低,但是焊接产生的氧化产物需要采用酸洗或打砂才能清除干净,这在施工现场是不容易做到的,因此现场不建议对不锈钢钢筋进行焊接。基于我国目前施工状况,此条采用英国的《道路桥梁设计手册》(BA 84/02)不采用焊接连接方式的建议。

8.2 材 料

8.2.1 三种不锈钢钢筋牌号HPB300S、HRB400S、HRB500S是根据不锈钢钢筋的力学性能及外观进行划分的。本条表8.2.1提到的钢号是根据不锈钢钢筋成分进行划分的,不同钢号耐蚀性能不一样,同一钢号可以做成不同牌号的不锈钢钢筋。

本条表 8.2.1 中所列的 06Cr19Ni10、022Cr19Ni10N、06Cr17Ni12Mo2、022Cr17Ni12Mo2N 属于奥氏体不锈钢,即市售 304、304LN、316、316LN 不锈钢。316 比 304 多添加了钼元素,耐蚀性进一步增加。L、N 分别表示低碳和加氮,减少不锈钢中碳含量可以减轻晶间腐蚀并提高焊接性能,而添加氮元素可以提高机械性能。022Cr23Ni4MoN、022Cr22Ni5Mo3N 相当于 2304 和 2205,都属于双相不锈钢。2304 耐蚀性与 316 相当,2205 耐蚀性最好。不同环境及使用条件下不锈钢钢筋钢号的选择,英国标准《Stainless steel bars for the reinforcement of and use in concrete-Requirements and test methods》(BS 6744-2001)给出了指导意见。表 8.1 列出 BS 6744-2001 标准中的不同钢号不锈钢钢筋的使用范围。

表 8.1 BS 6744-2001 规定的不锈钢钢筋使用范围

BS6744 不锈钢 钢筋钢号	使用情况				对应的 YB/T 4362 的不锈钢钢筋钢号
	具有长的使用 寿命或服役周期内 不便进行维护 的结构或部件	暴露在氯盐环境中, 且混凝土耐久性 设计要求没有放宽 的结构或部件	暴露在氯盐环境 中的接头处钢筋、 或伸出混凝土 表面的钢筋	暴露在氯盐环境中, 且放宽了混凝土 耐久性设计要求的 结构或部件	
1.4301	1	1	5	3	06Cr19Ni10
1.4162	1	1	5	3	—
1.4436	2	2	1	1	06Cr17Ni12Mo2
1.4429	2	2	1	1	022Cr17Ni12Mo2N
1.4362	2	2	1	1	022Cr23Ni4MoN
1.4462	2	2	1	1	022Cr22Ni5Mo3N
1.4529	4	4	4	4	—
1.4501	4	4	4	4	—

注:①考虑到抗腐蚀性能与经济性的合适选择;

②过于保守;

③可能适用于某些情况,需要专家意见;

④仅应用在由防腐蚀专家制定的专门的领域;

⑤不适用。

本条表 8.2.1 中的数值为熔炼分析的成分值,是指在钢液浇铸过程中取样进行化学成分分析得到的表示同一炉(罐)钢液的平均化学成分。实际也会在经过加工的成品钢材(包括钢坯)上取样进行化学分析,得到成品分析的成分值,以验证钢材的化学成分。由于钢液在结晶过程中产生元素的不均匀性分布(偏析),成品分析的成分值有时与熔炼分析的成分值不同。成品化学成分分析偏差是指熔炼分析的成分值虽在标准规定的范围内,但由于钢中元素的偏析,成品分析的成分值可能超出标准规定的成分界限值。对超出界限值的大小规定一个允许的数值,就是成品化学成分允许偏差。

8.2.5 不锈钢钢筋和普通碳素钢分开存放,避免了碳素钢在不锈钢表面形成锈迹。事实上,不锈钢表面上的锈迹是微小碳钢颗粒,并非不锈钢本身发生锈蚀,该锈迹仅仅影响不

锈钢钢筋的外观,并不会对不锈钢本身性能(包括力学性能及耐蚀性能)产生不利影响,但会让人产生不锈钢钢筋锈蚀的误解。但是对于碳钢而言则有影响,在大气环境中碳钢与不锈钢钢筋接触,会因为电偶腐蚀加速其自身的腐蚀。

8.3 施 工

8.3.1 不锈钢在切割、弯曲时使用碳钢设备。这有可能会令设备上的碳钢颗粒在巨大的作用力下被压入不锈钢内部晶格中,若碳钢颗粒发生腐蚀,由于腐蚀发生在不锈钢内部晶格中,可能会进一步引发不锈钢钢筋发生晶间腐蚀和点蚀。该现象目前并无深入研究,但基于安全考虑,不锈钢钢筋进行加工时不使用碳钢钢筋的设备,需使用不锈钢钢筋加工专用设备。

9 混凝土结构外加电流阴极保护

9.1 一般规定

9.1.1 钢筋电连接性是实施阴极保护的基本前提,钢筋混凝土结构阴极防护要求每一个保护单元内的钢筋是电连接的。如混凝土中存在未能电连接的钢筋,它将不会受到阴极防护,甚至可能遭受到腐蚀。

9.1.2 混凝土外加电流阴极保护的辅助阳极一般为带状,同一保护单元内的辅助阳极通过导电条点焊在一起,每个保护单元面积需要合理选择,以满足电流分布的均匀性和系统运行的安全性。

9.2 材料和设备

9.2.5 双液接 $\text{Ag}|\text{AgCl}, \text{KCl}$ 参比电极或 $\text{Mn}|\text{MnO}_2, \text{NaOH}(0.5\text{mol/L})$ 参比电极在碱性条件下性能稳定、寿命长,适合作为埋入式参比电极。

9.3 施 工

9.3.2 确保钢筋的电连接是确保外加电流阴极保护正常运行的前提。

9.3.7 阴极保护通电极化是一个逐步的过程。初始通电使用较小电流,逐渐使钢筋极化并且稳定,然后根据保护系统运行情况,逐渐增大输出电流,直至达到保护要求的电流。

9.4 检验与验收

9.4.2、9.4.3 混凝土外加电流阴极保护的电连接和电绝缘检验对阴极保护正常运行至关重要,全面严格检验至关重要。

9.4.7 阴极保护电位是判断阴极保护系统正常运行的重要参数,需要对每个保护单元进行电位检测。

10 钢结构涂层

10.1 一般规定

10.1.1 钢结构表面处理质量是涂层附着力满足要求的主要影响因素。表面处理规定的清洁度、粗糙度及除锈等级要求,有利于保障涂层涂装质量,其处理过程属于隐蔽工程,需要形成记录,以便于质量溯源。

10.3 施 工

10.3.3 高压无气喷涂漆膜均匀、光滑平整、外观质量高、工效高,适用于大面积喷涂;人工辊涂和刷涂漆膜均匀和外观质量不如高压无气喷涂、工效低,适用于细长和小面积构件,以及对涂层外观质量要求不高的部位。

10.3.4、10.3.5 涂料配制时未按产品要求的比例混合、混合后未完全搅拌均匀、随意过量添加稀释剂、超过混合使用时间的涂料变稠后添加稀释剂继续使用等现象,将显著降低涂层性能。

11 钢结构金属热喷涂

11.3 施 工

11.3.1 缩短表面处理与热喷涂施工之间的时间间隔,可以减少被保护钢结构返锈和结露的机会,从而保证金属热喷涂层的附着力。间隔时间越短越好,具体时间间隔要求因施工现场的空气相对湿度的不同而有区别。

11.3.2 被喷涂钢结构表面在温度低于露点以上 3°C 时,或空气相对湿度大于85%时,容易结露形成水膜,从而造成涂层的附着力显著下降。

11.3.6 线测量方法是在一条线上测量至少5个读数,每个测点间距25mm,5个读数的平均值为该条线测量值。点测量是在 10cm^2 的范围内选取5个点,测定其干膜厚度并计算平均值。

11.3.9 水运工程钢结构的保护涂层现场修复条件恶劣,修复质量难以保证,因此,采取适当措施减少或避免金属热喷涂层在工程施工过程中损坏是必要的。

12 钢结构包覆有机复合层

12.1 一般规定

12.1.1 表面处理的质量直接影响有机包覆层整体的防腐效果,在包覆层施工前,需要确保表面处理效果满足要求,并形成隐蔽工程验收记录。

12.1.2 热塑性聚乙烯复合包覆层和玻璃纤维复合材料对表面处理的要求较高,一般要达到 Sa2.5 级以上,且对施工时环境湿度要求较高,一般在现场不具备作业条件。矿脂胶带防腐系统对表面处理的要求较低,一般仅需达到 St2 级,且可以水下作业,适合于现场作业。

12.2 材 料

12.2.2 矿脂胶带包覆层防腐体系主要由矿脂防蚀膏、矿脂防蚀带和防蚀保护罩组成。矿脂底漆膏和矿脂防蚀带的性能主要参照国家标准《钢制管道外部缠绕防腐蚀冷缠矿脂带作业规范》(GB/T 30788—2014)的规定制定。最外层的防蚀保护罩主要有两种产品,柔性材料高密度聚乙烯保护罩和采用刚性材料多层不饱和聚酯树脂浸透玻璃纤维预制而成的防蚀保护罩。

高密度聚乙烯保护罩的性能主要参照英国 DENSO 公司的产品指标要求,国外拉伸断裂强度采用 ASTM D638 方法测试,该产品与我国国家标准《土工合成材料 聚乙烯土工膜》(GB 17643—2011)中规定的产品类似,性能指标基本对应,故采用我国国家标准方法《塑料 非泡沫塑料密度的测定 第2部分:密度梯度柱法》(GB/T 1033.2—2010)等进行产品性能测试。

12.3 施 工

12.3.3 矿脂胶带防腐系统对表面处理的要求比热塑性聚乙烯复合包覆层技术低,仅需达到 St2 级即可,但是表面处理完成后,为防止表面返锈,尽快完成矿脂胶带防腐系统的安装。矿脂防蚀带满足保证 55% 的搭接,即确保任何位置的矿脂防蚀带缠绕不少于 2 层。

12.4 检验与验收

12.4.1 包覆有机复合层防腐以成品材料在现场安装为主,进场材料的质量相对稳定,因此材料的验收批次划分相对宽松些。进场材料检验按每 3000m²所需要的配套材料进行检测,配套用量依据我国南方深圳盐田港区某码头钢管桩矿脂胶带防腐工程和华东地区东海风电某钢管桩玻璃纤维复合包覆层等项目的经验确定。

13 钢结构牺牲阳极阴极保护

13.2 材 料

13.2.1 根据行业标准《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153—2015)附录 L 钢结构牺牲阳极阴极保护系统设计计算,牺牲阳极的尺寸、重量、表面质量及化学成分与阳极发射电流及其使用年限有直接关系;当该些参数不符合设计要求时,可能会导致钢结构得不到足够的保护电流量,同时也会导致阳极的使用寿命降低。

13.2.2 阳极的铁芯对牺牲阳极在整个设计使用期限内起着支撑、定位和导电作用,因而此条参照国家标准对其埋设方式和接触电阻均作了明确的规定。

13.3 施 工

13.3.3 牺牲阳极暴露于空气中时,因通电回路中断,无法发出保护电流;铝合金牺牲阳极被埋入泥中时,其发生电流和电流效率均会有所下降,有些品种可能还会出现钝化或逆转现象。因此,需要避免出现上述使用情况,保证阳极的安装在整个服役期内处于海水中。

13.4 检验与验收

13.4.4 钢结构保护电位是重要的设计指标,也是阴极保护效果最直观、最重要的判据,本条款规定旨在对阴极保护系统的有效性进行校核。

14 钢结构外加电流阴极保护

14.1 一般规定

14.1.3 在具有以电弧或火花能点燃的气体或蒸气或粉尘的易燃性混合物(即危险性气氛)的区域内,阴极保护因下列原因,可能会产生纵火火花:

(1)将跨接于阴极保护下的管线的接头的连接件或跨接于阴极保护下的其他相关设备的连接件或偶然连接被保护设备与其他相关设备的连接件有意或无意地断开;

(2)一些绝缘接头被有意或无意地短路,误被工具所短路,或被冲击电压所击穿,而后者是由于雷击或电力故障在管线上引起的;

(3)电位不同、相互隔开的若干点之间,偶然地跨接,例如,无意地被金属碎片、零散的金属丝、活动的设备所跨接而造成的短路;

(4)输送阴极保护电流的电缆被断开或断裂;

(5)供阴极保护系统测量与测试用的仪器被接通或断开。

需要采取下列安全措施:

(1)如果阴极保护电源或其他仪器不可能放在危险区之外,则应加防火罩;

(2)有电阻的连接件应加防火罩;

(3)将阴极保护方案所包括的被保护的钢结构上和其他结构物或设备断开之前,在打算断开的两端之间,准备好一个临时的连续性连接件;

(4)尽量将阴极保护中的任何一个绝缘接头都装在危险区之外;

(5)安装保护装置(避雷器)保护整流器及有关设备,防止由于雷击或其他外部原因而造成的过电压。

14.2 材料和设备

14.2.2 在酸性环境中,外加电流阴极保护在阴极区会发生析氢反应($2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$);在中性或碱性环境中,外加电流阴极保护的阴极区会发生吸氧反应($\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$),这两个反应都会使阴极附近的溶液变成碱性;在海水环境中,外加电流阴极保护装置的阳极反应结果是电解生成氯气,因此,要求辅助阳极的绝缘座、绝缘密封件、阳极电缆、靠近阳极的支架和阳极保护套采用耐海水、耐碱和耐氯气腐蚀的材料制成。

附录 A 混凝土表面涂层施工小区试验

A.0.5 混凝土表面涂层小区试验过程中控制各道涂层的湿膜厚度,是控制涂层总干膜厚度满足设计要求的重要手段。小区试验中测定各道涂层的湿膜厚度和干膜厚度,以建立两者的相关性,为了测定各道涂层的干膜厚度,通常做法是在待测定干膜厚度的某一道涂层上,选取一定面积,待涂层硬化后测定干膜厚度,然后再涂装下一道涂层,依次测定各道涂层的干膜厚度。

附录 B 混凝土表面涂层质量现场检验方法

B.2 涂层厚度测定方法

B.2.1 涂层湿膜测厚仪又称湿膜规、湿膜梳、湿膜卡等,测厚仪按照国际标准《色漆和清漆 漆膜厚度的测定》(ISO 2808—1974)(E)的要求而设计制造,主要用于测定涂漆表面湿膜的厚度并大致估计干膜厚度。测厚仪通常为6边形,每边测量不同厚度范围,中间有不同高度齿状,两端都有支撑点,通常由耐腐蚀的不锈钢制成。测量范围有 $5\mu\text{m} \sim 150\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m} \sim 750\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m} \sim 2000\mu\text{m}$ 等。

显微镜式涂层测厚仪,又称破坏式涂层测厚仪。测量原理基于标准楔形切割:涂层以一个定义的角度被划破到基材,涂层的厚度根据切割面的三角形投影计算出来,通过一个50倍显微镜读取涂层系统的每层涂层厚度或总厚度。测量范围按不同刀具分为 $2\mu\text{m} \sim 250\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m} \sim 600\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m} \sim 2000\mu\text{m}$ 等。

超声波测厚仪是根据超声波脉冲反射原理来进行厚度测量的,当探头发射的超声波脉冲通过被测物体到达材料分界面时,脉冲被反射回探头通过精确测量超声波在材料中传播的时间来确定被测材料的厚度。

附录 E 钢筋阻锈剂混凝土防锈性能现场检验方法

E.0.1 ~ E.0.3 《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153—2015)附录 J 钢筋阻锈剂防锈性能试验方法中第 J.3 条盐水浸烘环境中防锈性能试验,提供了类似的试验方法,本附录在此基础上结合现场施工阻锈剂混凝土的实际情况制定。

附录 F 辅助阳极使用寿命加速测试方法

F.0.1 混凝土用阳极寿命加速测试的作用是揭示阳极在特定时间内可靠工作的能力。由于加速测试所采用的电流较大(为正常阴极保护电流密度的数百倍),如果该测试在混凝土中进行的话,如此大的测试电流会导致混凝土本体遭到破坏,影响测试结果。因此,混凝土用阳极寿命加速测试需在溶液中进行。

水运工程中,混凝土阴极保护的阳极通常用于氯盐环境,确保阳极在氯盐环境中长期工作的稳定性是关键。因此,选择氯化钠溶液作为测试溶液之一,也是最大程度的测试阳极在氯盐环境中长期工作的稳定性。

混凝土一般为碱性,阳极在混凝土中通常也会发生析氧反应,即氢氧根失去电子会有氧气析出。因此,选用 pH 值比混凝土更高的氢氧化钠溶液作为测试溶液之一,是测试阳极在长期工作过程中受析氧反应影响的稳定性。

模拟孔溶液模拟了混凝土实际孔溶液的成份,能进一步测试混凝土用阳极在实际工作状态下的长期稳定性。而使用细砂包围电极,则减少使用纯溶液测试中反应物和反应产物在溶液中对流的影响,使阳极的寿命加速测试在更接近实际工作状态中进行。

F.0.3、F.0.4 阴极保护系统的阳极在系统施加电流初期可能会被错误地施加了阴极电流。这一情况仅仅通过观察整流器上的电表可能无法被觉察。这一情况会不被觉察地维持数天,直至进行极化测试前。阳极也可能由于与钢筋之间产生短路而遭受反向电流。在这种情况下,阳极在阴极保护系统启动及调试前会遭受阴极电流,有时候这会持续几个月。鉴于这些可能出现的情况以及可能对阳极造成损坏,阳极需要有承受短暂的电流反向的能力。

F.0.5 单位面积总电量相当于阳极在 $108\text{mA}/\text{m}^2$ 电流密度下工作 50 年的输出量。