



指导性文件
GUIDANCE NOTES
GD010-2025

中国船级社

海上风电设施防腐检验指南

2025

2025年7月1日生效

北京

目 录

目 录.....	I
第1章 通 则.....	1
第1节 一般规定.....	1
第2节 定义和缩写.....	1
第3节 接受标准.....	2
第4节 检验和证书.....	3
第2章 防腐设计、施工和检查的机构和人员.....	5
第1节 一般规定.....	5
第3章 防腐技术要求.....	6
第1节 一般规定.....	6
第2节 防腐体系.....	6
第3节 涂层要求.....	8
第4节 阴极保护要求.....	14
第4章 防腐设计审查.....	21
第1节 一般规定.....	21
第5章 防腐施工检验.....	23
第1节 一般规定.....	23
第2节 防腐涂层施工检验.....	24
第3节 阴极保护安装检验.....	25
第6章 防腐在役检验.....	26
第1节 一般规定.....	26
第2节 防腐涂层在役检验.....	27
第3节 阴极保护在役检验.....	28
附录1 环境腐蚀性等级.....	30
第1节 一般规定.....	30
附录2 牺牲阳极计算.....	31
第1节 一般规定.....	31
附录3 检查日志和不合格报告（样表）.....	34
附录4 涂层劣化评估.....	36
第1节 一般规定.....	36
第2节 涂层膜厚测量.....	42
第3节 涂层附着力检测.....	43
附录5 防腐在役检验流程.....	47
附录6 常用 GB 和 ISO 标准对照表.....	48

第1章 通则

第1节 一般规定

1.1.1 一般要求

1.1.1.1 本指南适用于中国船级社（下称“CCS”）规范要求 and/or 受委托进行的海上固定式风机、海上浮式风机、海上变电站等海上风电设施的建造和运维阶段的防腐检验。

1.1.1.2 本指南提供的服务是非强制的，但选择 CCS 服务意味接受本指南的相关要求，其他采纳本指南的行为应自行承担所有相关风险。

1.1.1.3 海上风电设施的防腐检验除应符合本指南的要求外，还应符合 CCS 海上风电设施其它相关规范、指南要求。

1.1.2 等效与免除

1.1.2.1 若采用与本指南规定不一致的要求，可以书面文件证明或表明其至少与本指南要求具有同等的安全水平，并经合同各方及 CCS 同意，可以接受作为替代和等效方法。

1.1.2.2 对于具有新型结构和新颖特性的海上风电设施，如使用本指南的某一规定可能严重妨碍对其特性的应用或结构的使用时，经 CCS 同意，可免除该规定。

第2节 定义和缩写

1.2.1 定义

1.2.1.1 除另有规定外，本指南有关定义如下：

(1) 海上风电设施：指海上固定式风机设施、海上浮式风机设施、海上变电站设施等海上风电场设施；

(2) 风轮：一种将风能转化为机械能的装置，由叶片和轮毂组成；

(3) 风轮-机舱组件（RNA）：海上风电机组中由支撑结构支撑的部分；

(4) 塔架：连接 RNA 和海上风机平台的结构；

(5) 支撑结构：支撑 RNA 的结构，包括塔架和海上固定式风机平台或海上浮式风机平台；

(6) 海上固定式风机设施：一种下部结构承受水动力载荷并固定在海床上的海上风电设施，一般由 RNA 和支撑结构组成；

(7) 海上浮式风机设施：一种下部结构承受水动力载荷并由浮力和锚定系统支撑的海上风电设施，一般由 RNA 和支撑结构组成；

(8) 海上变电站设施：用于海上风电场各风电机组发出的电能汇集，升压或不升压（如柔性直流），并将电能送出的海上风电设施，包括海上变电站平台和上部组块；

(9) 海上风机平台：海上固定式风机设施、海上浮式风机设施中除塔架以外的支撑结构，可分为海上固定式风机平台和海上浮式风机平台；

(10) 海上变电站：海上风电场内，用于布置电气系统、安全系统和辅助系统等设备，汇集风电场电能后送出的海上风电场设施。包括海上升压站、海上柔性直流变电站；

(11) 防腐：通过采用涂层、阴极保护、材料选择、缓蚀剂、改善环境等保护措施改进

腐蚀系统，以减轻材料因环境影响导致的腐蚀损伤：

(12) 飞溅区：

- ① 对于海上固定式风机设施和海上变电站，飞溅区指的是支撑结构在潮汐和波浪作用下干湿交替的区间；
- ② 对于海上浮式风机设施，飞溅区指的是支撑结构在潮汐、波浪及浮动装置运动作用下干湿交替的区间。

(13) 潮差区：指最高天文潮位与最低天文潮位之间的区段，对于海上浮式风机平台，还应考虑水线区域的影响；

(14) 飞溅和潮差区：飞溅区和潮差区的范围之和；

(15) 大气区：飞溅和潮差区以上暴露于阳光、风、水雾及雨中的部分；

(16) 全浸区：潮差区以下，一直在海水中的部分；

(17) 海泥区：海泥中的部分。

1.2.2 缩写

除另有规定外，本指南采用的缩写如下：

CB	——	船舶行业标准
CCS	——	中国船级社
GB	——	中国国家标准
IMO	——	国际海事组织
ISO	——	国际标准化组织
JTS	——	交通行业标准
NB	——	能源行业标准
SY	——	中国石油天然气行业标准
RBI	——	基于风险的检验 (Risk-Based Inspection)
VOC	——	挥发性有机化合物 (Volatile Organic Compounds)
RNA	——	风轮-机舱组件 (Rotor-Nacelle Assembly)
ROV	——	水下机器人 (Remote Operated Vehicle)

第 3 节 接受标准

1.3.1 一般要求

1.3.1.1 本节所列规范性引用文件为 CCS 提供服务时所接受的标准规范，除本节所列的规范性引用文件之外，还应满足 CCS 海上风电设施相关的标准、规范、指南的要求。

1.3.1.2 其他适用的工业标准和检验委托方提供的企业标准也可使用，条件是应证明具有与本指南要求等效的安全水准，并事先经 CCS 同意。

1.3.1.3 任何与接受标准之间的不一致，以及对接受标准要求的免除及更改均应在设计文件中予以说明，并经业主和 CCS 同意。

1.3.1.4 本指南接受标准未明确具体版本号时，均指当前有效的最新版本。

1.3.1.5 为方便国外海上风电设施或执行国际标准 (ISO) 海上风电设施的检验，附录 6 中将本指南中涉及到的国家标准 (GB) 与国际标准 (ISO) 进行了对应。

1.3.2 主要参考依据

1.3.2.1 本指南接受的主要标准如下：

中华人民共和国海事局《海上浮动设施技术规则》；
中华人民共和国海事局《海上浮动设施检验规则》；
国家经贸委《海上固定平台安全规则》；
国际海事组织《1974年国际海上人命安全公约》及修正案；
国际海事组织《国际控制船舶有害防污底系统公约》；
GB/T 6823《船舶压载舱漆》；
GB/T 31817《风力发电设施防护涂装技术规范》；
GB/T 31972《海上浮式生产储存设备（FPS）的腐蚀防护要求》；
GB/T 33423《沿海及海上风电机组防腐控制技术规范》；
GB/T 33630《海上风力发电机组 防腐规范》；
GB/T 39154《金属和合金的腐蚀 混凝土用钢筋的阴极保护》；
NB/T 10663《海上型风力发电机组 电气控制设备腐蚀防护结构设计规范》；
NB/T 31006《海上风电场钢结构防腐蚀技术标准》；
NB/T 31133《海上风电场风力发电机组混凝土基础防腐蚀技术规范》；
ISO 12944 Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems；
ISO 24656 Cathodic protection of offshore wind structures；
NACE SP0176 Corrosion Control of Submerged Areas of Permanently Installed Steel Offshore Structures Associated with Petroleum Production；
CCS《海上风电场设施检验指南》；
CCS《海上风电场设施施工检验指南》；
CCS《海上风力发电机组认证指南》；
CCS《海上浮式风机平台指南》；
CCS《海上固定式风机支撑结构指南》；
CCS《在役导管架平台结构检验指南》；
CCS《海上浮动设施入级规范》；
CCS《海上升压站平台指南》；
CCS《实施IMO<所有类型船舶专用海水压载舱和散货船双舷侧处所保护涂层性能标准>暂行指南》；
CCS《海上升压站平台变电站消防工程建设质量验收指南》。

第4节 检验和证书

1.4.1 一般要求

1.4.1.1 申请 CCS 船级的海上浮式风电设施，除应符合指南的规定外，还应符合中华人民共和国海事局《海上浮动设施技术规则》、《海上浮动设施检验规则》等国家法律法规以及 CCS《海上浮动设施入级规范》等 CCS 相关标准规范要求。

1.4.1.2 除满足本指南规定的要求外，海上风电设施的检验还应满足 CCS《海上风电场设施检验指南》的相关要求，本指南未提及防腐检验事项可参考 CCS《船舶结构防腐蚀检验指南》、《在役导管架平台结构检验指南》等规范进行。

1.4.1.3 海上风电设施防腐检验与相关设施的检验种类、周期一致。

1.4.2 附加标志

1.4.2.1 申请 CCS 船级的海上浮式风电设施，按本指南有关要求对压载舱进行涂装的涂层系统，经检验确认满足本指南的相关要求，可按涂装的处所授予下列附加标志：

(1) 专用海水压载舱 PSPC(B)。

1.4.3 签发证书

1.4.3.1 海上风电设施的涂料产品、阴极保护装置按本指南及 CCS 其他相关规范、指南检验合格后，可签发相关产品证书。

1.4.3.2 海上风电设施按本指南及 CCS 其他相关规范、指南检验合格后，防腐检验相关内容可包含在海上浮式设施入级证书、海上设施符合证书中，不再单独签发证书。

1.4.3.3 根据申请，在设计寿命期内的在役海上风电设施，按本指南有关要求检验后，可单独出具技术服务报告。

第 2 章 防腐设计、施工和检查的机构和人员

第 1 节 一般规定

2.1.1 一般要求

2.1.1.1 从事海上风电设施防腐设计、施工、检查的机构应取得国家、行业规定的相应资质。

2.1.1.2 从事海上风电设施防腐设计、施工、检查的人员应经过专业的培训，防腐检查人员还应符合以下要求：

(1) 防腐检查员应获得防腐工程师、涂层检查员或其他相关资格，并经 CCS 同意。防腐检查员主要从事涂层、阴极保护等防腐检查并签发报告、编写和/或批准防腐检查程序、纠正不合格项等工作；

(2) 助理防腐检查员应经过专业的培训（提供培训记录），具备一定的防腐专业知识，能正确使用防腐测量仪器设备且能协助防腐检查员进行防腐质量检查，并在防腐检查员的监督下完成部分检查工作。

第3章 防腐技术要求

第1节 一般规定

3.1.1 一般要求

3.1.1.1 海上风电设施应根据不同的暴露环境、不同的部件以及全生命周期的不同阶段采取相应的防腐体系。

3.1.1.2 防腐设计年限应与海上风电设施的设计年限相适应，主要钢结构件的防腐设计年限宜不低于25年。

3.1.1.3 海上风电设施的防腐体系、涂层技术要求、阴极保护技术要求应符合本章要求，若采用其他规定，应经CCS同意。

3.1.1.4 防腐新材料、新技术、新工艺应取得第三方机构的检测、认证或认可证书/报告，并经CCS同意才能使用。

第2节 防腐体系

3.2.1 一般要求

3.2.1.1 海上风电设施的腐蚀环境分区见3.2.2，环境腐蚀性等级的分类见附录1。

3.2.1.2 海上风电设施的防腐体系应符合3.2.3要求。

3.2.2 腐蚀环境

3.2.2.1 海上固定式风机设施、海上浮式风机设施、海上变电站等海上风电设施的腐蚀环境可分为内部大气区、外部大气区、飞溅和潮差区（外部）、飞溅和潮差区（内部）、全浸区、海泥区。单桩基础海上固定式风机设施环境分区及腐蚀环境类型示意图见图3.2.2.1，其他海上风电设施的环境分区及腐蚀环境类型可参考单桩基础海上固定式风机设施和表3.2.2.1划分。

海上风电设施的环境分区及腐蚀环境类型

表 3.2.2.1

环境分区及腐蚀环境类型		海上固定式风机设施	海上浮式风机设施	海上变电站设施
内部环境	大气区 (C3/C4)	机舱、轮毂、塔架、固定式基础 ^a 内部	机舱、轮毂、塔架、漂浮式基础内部	上部结构内部
	飞溅和潮差区 (CX+Im2/Im4)	非密闭固定式基础 ^a 内部	漂浮式基础结构内部 ^b	^c
	全浸区 (Im2/Im4)	非密闭固定式基础 ^a 内部	漂浮式基础结构内部	^c
	海泥区 (Im3/Im4)	非密闭固定式基础 ^a 内部	漂浮式基础水下桩、吸力锚内部	^c
外部环境	大气区 (C5/CX)	叶片、轮毂、机舱、固定式基础 ^a 外部	叶片、轮毂、机舱、漂浮式基础外部	上部结构、导管架基础外部
	飞溅和潮差区 (CX+Im4)	固定式基础 ^a 外部	漂浮式基础外部	导管架基础外部
	全浸区 (Im4)	固定式基础 ^a 外部	漂浮式基础、系泊系统 ^d 外部	导管架基础外部
	海泥区 (Im4)	固定式基础 ^a 外部	系泊系统 ^d 外部，如锚	导管架基础外部

海上风电设施的环境分区及腐蚀环境类型（续）

表 3.2.2.1

环境分区及腐蚀环境类型	海上固定式风机设施	海上浮式风机设施	海上变电站设施
a	固定式基础分为单桩基础、多桩承台基础、导管架群桩基础、重力式基础、负压筒型基础。		
b	漂浮式基础结构内部由于漂浮式结构运动导致存在飞溅和潮差区，而非密闭固定式基础一般只有潮差区，而没有飞溅区。		
c	海上变电站一般采用内部密闭的导管架基础结构，无内部潮差区、全浸区、海泥区。当采用内部非密闭的其他基础结构时，内部可能存在潮差区、全浸区、海泥区。		
d	海上浮式风机设施的系泊系统外部全浸区、海泥区通常采用腐蚀增量防腐措施，处于 Im2 环境，当采用阴极保护时，处于 Im4 环境；海上固定式风机设施、海上变电站设施外部全浸区、海泥区处于 Im4 环境。		

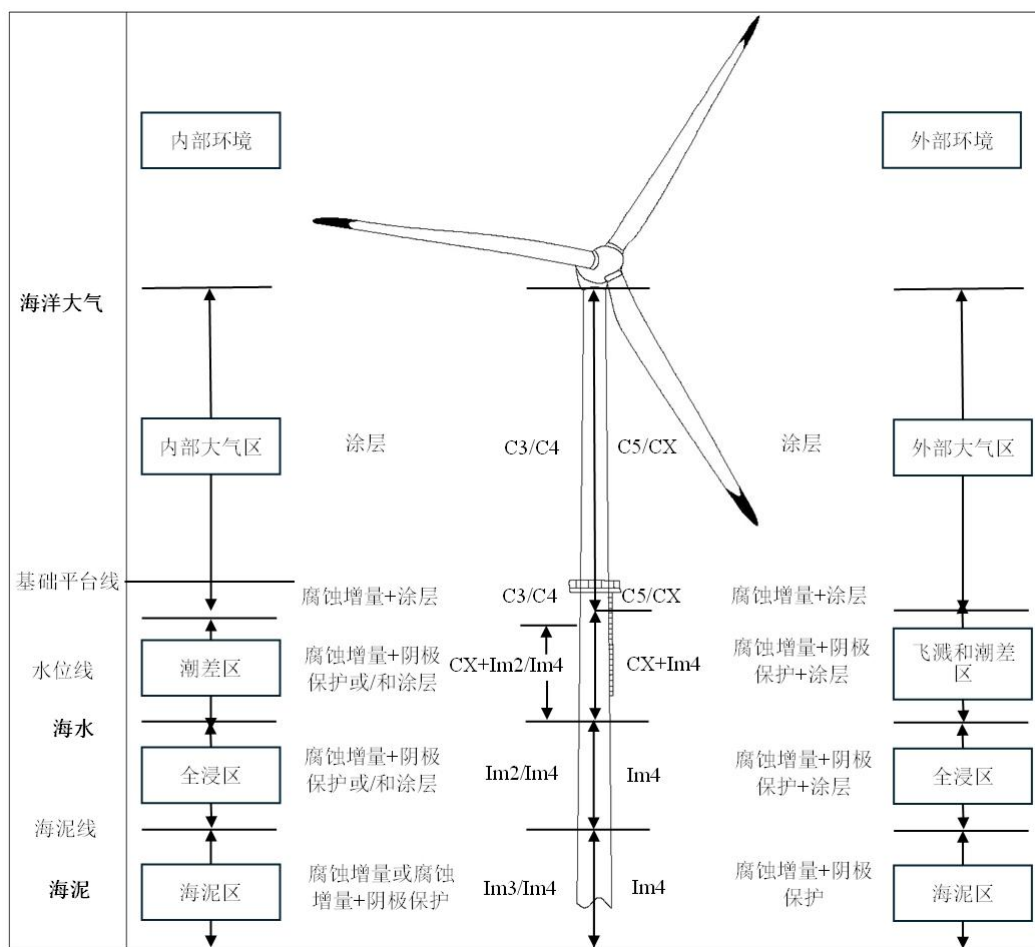


图 3.2.2.1 单桩基础海上固定式风机设施环境分区及腐蚀环境类型示意图

注：外部环境中的全浸区除采用腐蚀增量+阴极保护+涂层的防腐体系外，也可采用腐蚀增量+阴极保护的防腐体系。

3.2.3 防腐体系

3.2.3.1 海上风电设施各暴露环境区钢结构、机械设备防腐体系要求如下：

(1) 外部大气区的钢结构、机械设备宜采用满足本章第 3 节规定的 C5 环境腐蚀性等级要求的涂层进行防护；当有证据表明大气区钢结构、机械设备所处的环境腐蚀性达到 CX 等级时，应采用满足本章规定 CX 环境腐蚀性等级要求的涂层进行防护。海上固定式风机平台、海上浮式风机平台、海上变电站的基础部位的外部大气区还应考虑腐蚀增量；海上变电站直升机平台、海上浮式风机平台操作人员工作区域还应考虑防滑涂层，也可布置防滑网代替防滑涂层；

(2) 内部大气区的钢结构、机械设备宜采用满足本章第 3 节规定的 C4 环境腐蚀性等级要求的涂层进行防护。当采取环境控制措施使塔筒、机舱内的腐蚀性等级达到 C3 及以下时,可采用满足本章第 3 节规定的 C3 环境腐蚀性等级要求的涂层进行防护;海上固定式风机平台、海上浮式风机平台、海上变电站的内部大气区宜考虑腐蚀增量;

(3) 飞溅和潮差区的钢结构宜采用满足本章第 3 节规定的 Im2 或 Im4 环境腐蚀性等级要求的涂料与阴极保护联合保护,或采用经实践证明防腐效果优异的措施,如包覆复层矿脂体系、耐蚀合金、硫化氯丁橡胶等。同时,还应考虑腐蚀增量以及外部钢结构受到船舶、海冰作用等撞击、磨蚀影响的腐蚀。

(4) 全浸区、海泥区的内、外部钢结构的防腐体系要求如下:

- ① 外部的钢结构宜采用满足本章第 3 节规定的 Im4 腐蚀性环境要求的涂料与阴极保护联合防护,海泥面以下 3 m 可不采取涂料保护,海泥区可采用阴极保护进行防护。同时,还应考虑腐蚀增量;
- ② 应考虑内部密闭、海水是否内外连通以及对防腐系统要求的影响,当内部有海水时,与海水接触的部位宜采取阴极保护或阴极保护与涂料联合保护,水线附近和水线以上部位宜采取涂料保护。内部区没有海水时,宜采取涂料保护措施。没有氧或氧含量低、密封的桩的内壁可不采取防腐措施。因结构复杂而无法保证阴极保护电连续性要求的钢结构应采取增加腐蚀增量或其他措施;

(5) 混凝土基础结构表面可采用环氧涂层、硅烷浸渍方法进行防腐,具体防腐体系见 NB/T 31133—2018 中 5.3 节。混凝土基础中的钢筋和预埋钢结构的保护层厚度、飞溅区的钢筋防护应符合 NB/T 31133—2018 中 5.4 规定。预埋钢结构应尽量减少与外部金属部件有电连接或考虑绝缘,当混凝土中的钢筋与需要阴极保护的钢结构件电连接时,钢筋也应进行阴极保护。

(6) 海上浮式风机平台飞溅和潮差区、全浸区钢结构外表面宜考虑防污底系统,压载舱内部宜采用涂料与阴极保护联合保护,系泊系统宜采用腐蚀增量或其他经实践证明防腐效果优异的措施。

3.2.3.2 电气设备的防腐要求如下:

(1) 外部大气区电气设备的防腐应满足 C5 环境腐蚀性等级;当有证据表明外部大气区电气设备所处的环境腐蚀性达到 CX 等级时,设备的防腐应满足 CX 环境腐蚀性等级。电气设备的防腐设计寿命宜结合海上风电设施设计年限及全生命周期内的防腐、维修成本综合考虑;

(2) 内部大气区电气设备的防腐应符合 NB/T 10663 规定;

(3) 外部大气区电气设备外壳防护等级不应低于 IP65,内部大气区电气设备外壳防护等级不应低于 IP54,当塔筒、机舱内的环境腐蚀性等级达到 C3 及以下时,其内部电气设备外壳防护等级不应低于 IP43;

(4) 电气设备设计应满足“防盐雾、防潮湿、防霉菌”三防要求;

(5) 电气设备贮存、安装、调试、运行、断电等阶段,柜体内宜设加热除湿装置或放置适量的吸湿剂,或者采取其它防止凝露的技术措施,相对湿度应控制在 65% 以下。

3.2.3.3 钢结构、机械设备、电气设备紧固件的选用应考虑连接重要性、易更换性及腐蚀环境。

3.2.3.4 海上固定式风机、海上浮式风机的叶片应采用海洋环境下良好耐盐雾、耐候、耐湿热、耐雨蚀性能的叶片涂层体系,叶片涂层体系的设计寿命应综合考虑防护性能及全生命周期维护成本。

第 3 节 涂层要求

3.3.1 一般要求

3.3.1.1 海上风电设施应综合水文地质、环境条件、结构特性、预期使用寿命、施工环境和施工条件（施工季节、工厂涂装、现场涂装及维修保养）等选择合适的防腐涂层体系。

3.3.1.2 当采取涂层与阴极保护相配合使用时，应考虑其兼容性和经济合理性。

3.3.1.3 防腐涂料应符合相关环保要求，包括但不限于：

(1) 液体涂料的挥发性有机化合物（VOC）应符合 GB 30981、GB/T 38597 及相关的标准规范规定；

(2) 所用涂料中有害金属含量（铅 Pb、镉 Cd、六价铬 Cr⁶⁺、汞 Hg 等有害元素）应符合 GB 30981 规定。

3.3.1.4 涂层材料产品应取得第三方产品检验、认证或认可证书，并经 CCS 同意。海上浮式风机平台飞溅区（或水线区域）、全浸区（或水线以下）钢结构的防污底系统还应取得防污底证书，并经 CCS 同意。若采用除本章以外的防腐涂层材料，应经 CCS 同意。

3.3.2 防腐涂料体系

3.3.2.1 钢结构、设备的防腐涂料体系性能宜符合 ISO 12944、GB/T 33423 和表 3.3.2.1 规定，当采用 NB/T 31006、GB/T 31817、GB/T 33630 等其他标准规范要求时，应经 CCS 同意。涂层体系可依据 ISO 12944、GB/T 33423、GB/T 31817、GB/T 33630 等标准规范进行选择，并经 CCS 同意。表 3.3.2.2 中的钢结构、设备典型的防腐涂料体系可供参考。

防腐涂料体系性能要求（单位为小时）

表 3.3.2.1

环境区域	浸水试验 (GB/T 30648.2)	凝露试验 (GB/T 13893)	中性盐雾试验 (GB/T 10125)	循环老化试验 (GB/T 31415)	阴极剥离试验 (GB/T 7790—2008 方法 A)
C3	—	480	720	—	—
C4	—	720	1 440	1 680	—
C5	—	—	—	2 688	—
CX	—	—	—	4 200	—
CX+Im4	4 200	—	—	4 200	4 200
Im2	4 200	—	—	4 200	—
Im4	4 200	—	—	4 200	4 200

注 1：浸水试验后不生锈、不起泡、不开裂、不剥落，划线处腐蚀蔓延平均值 $M \leq 6.0$ mm。

注 2：凝露试验后不生锈、不起泡、不开裂、不剥落，允许轻微变色和失光。

注 3：中性盐雾试验后不生锈、不起泡、不开裂、不剥落，划线处腐蚀蔓延平均值 $M \leq 1.5$ mm。

注 4：循环老化试验后不生锈、不起泡、不开裂、不剥落，划线处腐蚀蔓延平均值：高冲击区域（如飞溅区等）的防护涂层体系， $M \leq 8.0$ mm；对于所有其它 C4、C5、CX 环境区域， $M \leq 3.0$ mm。

注 5：阴极剥离试验后，剥离面积的等效直径 ≤ 20 mm。

注 6：浸水、凝露、中性盐雾、循环老化试验前，防护涂层体系附着力 ≥ 5 MPa，对于 Im2 或 Im4 防护涂层体系，附着力 ≥ 8 MPa；浸水、凝露、中性盐雾、循环老化试验后，防护涂层体系附着力不低于试验前附着力的 50%，且若附着力低于 5 MPa 时，要求基材（碳钢）与每一道漆之间无附着破坏。

注 7：C4 防护涂层体系试验模式 1（凝露试验和中性盐雾试验）、试验模式 2（循环老化试验），可选一种或两种试验模式。

注 8：当海上风电设施位于冰区时，可增加高冲击区域（如飞溅区等）防护涂层体系的抗低温冲击测试。

注 9：升压站直升机甲板防滑涂层，还应测试抗冲击性、耐磨性等。

钢结构、设备典型的防腐涂料体系（单位为微米）

表 3.3.2.2

暴露环境区域及腐蚀性等级	涂层体系 ^a			
	编号	涂层类型	额定干膜厚度	总额定干膜厚度
外部大气区 (C5 或 CX)	CS-01	热喷锌	100	340
		封闭漆	NA ^b	
		环氧云铁中间漆	180	
		耐候型涂料 ^c	60	
	CS-02	富锌底漆	60	320
		环氧云铁中间漆	200	
		耐候型涂料 ^c	60	
	CS-03	环氧底漆	80	360
		环氧中间漆	220	
		耐候型涂料 ^c	60	
	CS-04	热浸镀锌	^e	240 ^f
		环氧连接漆	50	
环氧云铁中间漆		130		
耐候型涂料 ^c		60		
内部大气区 (C4) ^g	CS-05	富锌底漆	60	260
		环氧云铁中间漆	140	
		耐候型涂料 ^c	60	
	CS-06	富锌底漆	60	260
		环氧云铁中间漆	200	
	CS-07	环氧底漆	80	300
		环氧中间漆	160	
		耐候型涂料 ^c	60	
CS-08	热浸镀锌	^e		
内部大气区 (C3) ^g	CS-09	富锌底漆	60	200
		环氧云铁中间漆	80	
		耐候型涂料 ^c	60	
飞溅和潮差区（或内部潮差区） ^h CX+Im4（或内部 CX+Im2/Im4）	CS-10	厚浆型耐磨环氧涂料 或环氧玻璃鳞片涂料 ⁱ	1 000	1 000
全浸区（有阴极保护） (Im4)	CS-11	厚浆型耐磨环氧涂料 或环氧玻璃鳞片涂料	800	800
全浸区（无阴极保护） (Im2)	CS-12	厚浆型耐磨环氧涂料 或环氧玻璃鳞片涂料	800	800
压载舱内部（有阴极保护） (Im4)	CS-13	环氧类（纯环氧或改性 环氧）或其他认可的硬 质涂层	320	320
升压站直升机甲板 (C5 或 CX)	CS-14	防滑环氧类（可附加抗 紫外线面漆）	3 000	3 000

钢结构、设备典型的防腐涂料体系（续）（单位为微米） 表 3.3.2.2

暴露环境区域及腐蚀性等级	涂层体系 ^a			
	编号	涂层类型	额定干膜厚度	总额定干膜厚度
^a 基础顶法兰上、下表面及法兰孔、桩身牛腿上表面与圈梁底面等导电接触面可采用热喷锌 120 μm~140 μm，风机偏航法兰连接面和变桨法兰面防腐需综合考虑抗滑移性，可采用热喷锌 100 μm~150 μm，也可采用喷涂无机富锌底漆，漆膜厚度 40 μm~70 μm；防腐涂料体系为多道涂层时，底漆、中间漆、面漆宜选用不同颜色。 ^b NA 表示不适用，封闭漆以覆盖整个热喷锌面为准。 ^c 耐候性涂料可选用脂肪族丙烯酸聚氨酯面漆、氟碳面漆、聚硅氧烷面漆、聚天门冬氨酸酯面漆等。 ^d CS-03 和 CS-07 涂层体系可用于球墨铸铁部件的防腐。 ^e 热浸镀锌层厚度应符合 GB/T 13912—2020 表 3 和表 4 规定。 ^f 热浸镀锌和涂料复合涂层体系中总干膜厚度仅包括涂料的干膜厚。 ^g 塔筒内壁可采用 CS-05 或 CS-06 涂层体系，内部区其他钢结构、设备宜选用 CS-05 或 CS-09 涂层体系。 ^h 对于 CS-10 涂层体系，内部潮差区可不必涂装耐候型涂料面漆。 ⁱ 也可采用聚酯玻璃鳞片涂料，额定干膜厚度不低于 1 000 μm，参见 Norsok Standard M 501:2022。				

3.3.2.2 压载舱涂料应符合 GB/T 6823、CCS《实施 IMO<所有类型船舶专用海水压载舱和散货船双舷侧处所保护涂层性能标准>暂行指南》规定，其他涂料应符合相应的国家及行业规范要求。

3.3.2.3 涂装施工

(1) 不需要涂装的部位（如裸露的螺纹、螺纹孔等），表面处理、涂装施工前应采取合适的措施进行保护。

(2) 表面处理、涂装施工环境条件要求如下：

- ① 环境相对湿度宜小于 85%，钢材表面温度应高于露点温度至少 3 °C，防腐涂料施工时温度宜为 5 °C~38 °C；
- ② 雨、雾、雪、风沙等天气不得户外涂装；
- ③ 环境温度低于 5 °C时应采用低温固化产品或采取其他措施；
- ④ 涂装环境通风较差时必须采取强制通风措施。

(3) 表面处理要求如下：

- ① 表面处理前评估基材状况，对于新的钢结构、设备，钢材表面锈蚀等级应符合 GB/T 8923.1 规定的 A 级或 B 级；
- ② 对构件的锐边、火焰切割边缘要抛光打磨到 R≥2 mm，钢材结构缺陷处理等级应符合 GB/T 8923.3 规定的 P3 级，清除基体表面的水分、油污、尘垢、污染物、铁锈、氧化皮及其他物质；
- ③ 新的钢结构、设备的表面宜采用喷砂处理，待热喷锌表面除锈等级应达到 GB/T 8923.1 规定的 Sa3 级，粗糙度应达到 Rz 60 μm~100 μm，待涂敷油漆表面除锈等级应达到 GB/T 8923.1 规定的 Sa2 ½级，粗糙度应达到 Rz 40 μm~70 μm，待涂厚浆型耐磨环氧涂料或环氧玻璃鳞片涂料表面粗糙度应符合涂料厂家要求；涂层修补或维修时，钢材表面宜采用动力工具打磨至 St3 等级；
- ④ 海上浮式风机平台的压载舱的二次表面处理，如硅酸锌车间底漆按 CCS《实施 IMO<所有类型船舶专用海水压载舱和散货船双舷侧处所保护涂层性能标准>暂行指南》试验程序未通过涂层合格证明预试验，完整底漆至少要去除 70%，达到 Sa 2；如果由环氧基的主涂层和车间底漆组成的整体涂层系统按 CCS《实施 IMO<所有类型船舶专用海水压载舱和散货船双舷侧处所保护涂层性能标准>暂行指南》试验程序通过了合格证明预试验，则当使用同样的环氧涂层系统时，可保留完整的车间底漆。保留的车间底漆须用扫掠式喷砂、

高压水洗或等效的方法清洁；

- ⑤ 喷砂去除表面灰尘、磨料等，表面灰尘含量应不高于 GB/T 18570.3 规定的 2 级，表面水溶性氯化物含量应不大于 50 mg/m²；
- ⑥ 处理后的基材表面应防止受潮、生锈或二次污染，当涂装前出现返锈、表面污染时，应重新进行表面处理；
- ⑦ 当热浸镀锌、不锈钢、铝合金表面需要涂装时，应对工件去除油、脂等污染物后，采用非金属磨料扫砂处理，也可采用动力工具或砂纸打磨拉毛处理。

(4) 热喷锌施工要求如下：

- ① 热喷涂材料采用 Zn99.99 或 ZnAl15 线材，化学成分、尺寸公差、机械性能、表面性能应符合 GB/T 12608 要求；
- ② 热喷锌施工可采用电弧喷涂或等离子喷涂，批量施工前，应采用钢试片确定热喷涂工艺，试片材质宜与待喷涂工件一致，也可采用 Q235B、Q355 材质，试片尺寸 500 mm×500 mm×6 mm，试片数量不低于 3 片；用于附着力测试的试片也可选 200 mm×100 mm×6 mm，试片数量不低于 3 片；
- ③ 电弧喷涂、等离子喷涂施工时，热喷涂枪与待喷涂表面应保持垂直(角度 60°~90°)，并应保持 150 mm~200 mm 距离，宜一次喷涂达到规定的涂层厚度，可通过相互垂直、交叉的方法确保涂层厚度均匀并达到规定的厚度要求；
- ④ 涂层厚度宜采用电子式磁性测厚仪测量，测量点选取按 GB/T 9793 规定执行，涂层厚度应满足设计文件规定的最小局部厚度要求；
- ⑤ 热喷锌完成后，锌层外观应均匀一致，无开裂、起泡或底材裸露的斑点，且无附着不牢的金属熔融颗粒或影响涂层使用寿命和防腐效果的缺陷；
- ⑥ 热喷锌完成且涂层冷却后，在热喷锌涂层表面发生氧化和被污染前，应清理热喷锌的灰尘和附着不牢固的颗粒，采用封闭漆对热喷锌层进行封闭，封闭漆施工以覆盖整个热喷锌面为准；
- ⑦ 热喷锌涂层附着力测量应符合 GB/T 5210 规定，热喷锌涂层附着力要求不小于 5 MPa。

(5) 涂料施工要求如下：

- ① 涂料应严格按产品要求比例混合，宜使用机械搅拌器搅拌均匀，稀释剂加入量不应超过产品规定要求；
- ② 调配后超过产品规定适用期的涂料应弃用；
- ③ 在每道涂层施工前，应对边缘、焊缝、角落部位进行预涂；
- ④ 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；
- ⑤ 涂装应按设计的涂层配套体系逐道施工，每一道涂层施工应在上一道涂层检查合格后进行；
- ⑥ 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；
- ⑦ 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；
- ⑧ 每道涂层的涂装间隔时间应满足产品说明书的规定要求。

3.3.2.4 现场修补要求如下：

(1) 对预留补口和运输、安装过程中造成的涂层破损和缺陷，应进行涂层修补。涂层的修补配套宜与原涂层配套体系一致，且宜优先选用快干型涂料；热浸镀锌、热喷锌涂层宜采用环氧富锌或冷喷锌涂料修补。

(2) 涂层修补区域包括：

- ① 焊缝区域，预留补口或现场焊接部位；

- ② 涂层损坏区域，热工作业和运输、吊装、装卸等原因造成的涂层损伤或损坏部位；
- ③ 有涂层缺陷区域，涂装施工不当造成的流挂、漏涂、针孔等部位；
- ④ 涂层被严重污染区域，被水泥等污染且无法通过清洗去除的部位。

(3) 涂层修补前应进行表面处理，去除附着不牢固、损坏的涂层，损伤至底材的，应采用手工工具或动力工具清理至 St3，同时损伤区域周边 50 mm~80 mm 完好涂层拉毛处理并形成斜坡；未损伤至底材的，应采用手工工具或动力工具拉毛处理。表面灰尘含量、表面水溶性氯化物含量应符合 3.3.2.3 (3) 规定。涂层干膜厚度除符合设计规定的干膜厚度外，还应不低于周围原涂层厚度。

3.3.2.5 运输、贮存、安装、防护要求如下：

- (1) 在运输、贮存和安装过程中，应做好涂层保护，在涂层完全固化前不宜搬运；
- (2) 涂层构件在装卸、堆放、移动、运输和安装过程中应使用合适的衬垫保护，吊索应是织带型且起吊位置宜用橡皮软管或类似材料保护，不应使用裸钢丝绳；
- (3) 运输过程中，应采取必要的预防措施来保护涂层表面；
- (4) 检验后的涂层构件，不宜长期露天存放，安装前应检查涂层系统的损伤情况并修复。

3.3.3 叶片涂层

3.3.3.1 海上固定式风机、海上浮式风机设施的叶片涂层应采用耐盐雾、耐候、耐湿热、耐雨蚀性能良好的表面防护涂层和前缘防护涂层的联合防护体系，以接闪器为代表的铝制和不锈钢材质的叶片表面暴露金属件的防腐按海上风机设施厂家的规定执行。

3.3.3.2 叶片表面涂层可采用涂料体系或胶衣体系两类，叶片表面防护涂料体系、前缘防护涂层性能应符合相关的国家、行业标准规范要求，并经 CCS 同意。可参考的性能要求见表 3.3.3.1 和表 3.3.3.2，施工、质量检验应符合厂家要求。

叶片表面防护涂料体系性能要求

表 3.3.3.1

项目	技术指标	试验方法
漆膜外观	平整光滑	目视检查
弯曲试验/mm	(23±2) °C	GB/T 6742
	(-20±2) °C/h	
耐磨性/mg (CS-10, 1 000 g/L)	≤50	GB/T 1768
耐冲击/cm	≤50	GB/T 1732
附着力 (拉开法)	平均值大于 6 MPa, 单个测试值不低于 5 MPa	GB/T 5210
耐油性 (液压油, 4 h)	不起泡、不起皱, 允许轻微变色	GB/T 9274
耐酸性 (50 g/L H ₂ SO ₄ 溶液, 168 h)	不起泡、不起皱, 允许轻微变色	
耐碱性 (100 g/L NaOH 溶液, 96 h)	不起泡、不起皱, 允许轻微变色	
耐盐雾性 (720 h)	不起泡、不开裂、不剥落, 拉开法附着力: 平均值大于 5 MPa, 单个测试值不低于 4 MPa	GB/T 1025
耐湿热性 (480 h)	不起泡、不开裂、不脱落, 拉开法附着力不低于 4 MPa	GB/T 1740
人工加速老化试验 (QUV-A 340 nm, 2 000 h)	不起泡、不开裂、不脱落, 允许变色 2 级、失光 2 级和粉化 2 级	GB/T 23987

叶片前缘防护涂层性能要求

表 3.3.3.2

项目	技术指标	试验方法
附着力/MPa	单个测试值 ≥ 7 ，平均值 ≥ 5	GB/T 5210
柔韧性/mm	室温： ≤ 1 ， $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ： ≤ 2	GB/T 6742
耐冲击/cm	≥ 50	GB/T 1732
拉伸延伸率/%	$-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ： > 50	GB/T 16777
耐水性 (30 g/L NaCl 溶液, 96 h)	无异常	GB/T 1733—1993 甲法
耐紫外老化 (配套体系, 2 000 h)	不起泡、无开裂、无起泡、无剥落，允许 1 级变色，4 级失光和 1 级粉化，二次附着力 $\geq 5\text{ MPa}$ (单值)	GB/T 23987
耐湿性 (配套体系, 2 000 h)	外观无变化，无起泡、无剥落，二次附着力 $\geq 5\text{ MPa}$ (单值)	GB/T 13893
耐盐雾性 (配套体系, 3 000 h)	外观无变化，无起泡、无剥落，二次附着力 $\geq 5\text{ MPa}$ (单值)	GB/T 1025
耐油性 (液压油, 4 h)	漆膜可恢复	GB/T 9274
耐雨蚀/h	商定	—
<p>注 1：完成上面要求后，可复测附着力，以提供更多判断依据。</p> <p>注 2：人工加速老化除需要基本性能外，雨蚀试验需涉及试验参数的设定等细节，且试验时长可不设上线，以方便各款备选产品横向比较，帮助用户更具需要做出选择。</p>		

3.3.4 其他涂镀层

3.3.4.1 海上浮式风机平台的防污底涂层体系性能应满足国际海事组织《国际控制船舶有害防污底系统公约》和 GB/T 6822 要求。

3.3.4.2 海上变电站防火涂料及施工应满足 CCS《海上固定平台安全规则》、国际海事组织《1974 年国际海上人命安全公约》及修正案、CCS《海上升压站平台消防工程建设质量验收指南》、CCS《海上升压站平台指南》等要求。

3.3.4.3 当复层矿脂包覆层用于在役、新建海上风电设施飞溅区钢结构的防腐措施或加强防腐措施时，防护体系选择、材料性能、施工应符合 GB/T 32119 相关要求。

3.3.4.4 热浸镀锌、电镀锌、粉末渗锌、达克罗、铝合金阳极氧化、不锈钢钝化等其他涂镀涂层体系应根据钢结构、设备的材料、腐蚀环境以及使用寿命进行设计，并应符合相应的标准规范要求。

第 4 节 阴极保护要求

3.4.1 一般要求

3.4.1.1 新建海上固定式风机平台、海上浮式风机平台、海上变电站的阴极保护设计应符合相关的国家、行业标准规范，并经 CCS 同意，宜采用数值模拟技术对阴极保护电流和阳极的分布进行优化，附录 2 中的牺牲阳极阴极保护设计计算可供参考。阴极保护的设计年限可根据海上风电设施基础结构的使用年限或维修周期确定，阴极保护设计年限不应低于主体设施的设计年限。

3.4.1.2 海上固定式风机平台、海上浮式风机平台、海上变电站的阴极保护可采用牺牲阳极、外加电流或两者结合的方式。海水环境钢结构阴极保护宜采用牺牲阳极阴极保护、外加电流阴极保护，海水电阻率小于 $500\ \Omega\cdot\text{cm}$ 时宜采用牺牲阳极阴极保护。牺牲阳极材料应根据环境介质条件采用铝合金或锌合金，海泥中应慎用铝合金。

3.4.1.3 新建海上风电设施的阴极保护设计、施工应与结构的设计、施工同时进行，并同时投入使用。当结构安装期超过 6 个月，但外加电流或牺牲阳极阴极保护系统尚未投运时，宜考虑设计临时阴极保护系统。

3.4.1.4 采用阴极保护的钢结构应与非保护范围内的金属结构物电绝缘，无法电绝缘时应考虑其他金属结构对阴极保护系统的影响，同时应避免阴极保护对邻近结构物的干扰。

3.4.1.5 采用阴极保护的钢结构在阴极保护设计寿命内应保持良好的电连续性。

3.4.1.6 采用阴极保护的钢结构靠近其他金属结构或附近有杂散电流源，使钢结构或相邻的其他金属结构的电位正向偏移超过 20 mV 时，应采取有效措施防止杂散电流腐蚀。

3.4.1.7 对在役阴极保护系统进行改造前，应对腐蚀环境和腐蚀状况进行检测与评估。当被保护的金属材质发生变更或替代时，阴极保护的准则、保护电流密度和保护区域需要重新确定与计算。

3.4.1.8 深海钢质结构的阴极保护宜通过试验确定具体的阴极保护电位、阴极保护电流密度等参数。

3.4.1.9 阴极保护装置、产品应取得第三方的产品检验、认证或认可证书，并经 CCS 同意。若采用除本章以外的阴极保护装置、产品，应经 CCS 同意。

3.4.2 保护电位

3.4.2.1 钢结构在海水中的阴极保护电位应符合表 3.4.2.1 规定，高强度钢（屈服强度 > 550 MPa）的阴极保护电位范围应根据试验确定。

钢结构在海水中的阴极保护电位

表 3.4.2.1

环境、材质		保护电位/mV (vs. Ag/AgCl, 海水)	
		最正值	最负值
碳钢和低合金钢 (屈服强度 ≤ 550 MPa 且硬度 < 350HV)	含氧环境	-800	-1 100
	缺氧环境 (有硫酸盐还原菌腐蚀)	-900	-1 100

注：保护电位应为不含 IR 降的极化电位。

3.4.2.2 钢筋混凝土基础任一具有代表性的点应满足以下要求之一：

- (1) 瞬时断电电位负于 -720 mV (vs. Ag/AgCl, 0.5 mol/L KCl)，普通钢筋的瞬时断电电位不负于 -1 100 mV，预应力钢筋的瞬时断电电位不负于 -900 mV；
- (2) 断电瞬间的初始极化电位，断电后 24 h 内的电位衰减不小于 100 mV；
- (3) 断电瞬间的初始极化电位，断电长时间后(24 h 或更长)的电位衰减不小于 150 mV。

3.4.3 保护电流

3.4.3.1 钢结构内、外部阴极保护面积应包括潮差区、全浸区钢结构表面积，还应考虑飞溅区、系泊、锚链、电缆铠装、电缆保护装置、其他结构等可能额外消耗阴极保护电流的结构的表面积。混凝土结构阴极保护面积由所需要保护结构和区域确定。

3.4.3.2 钢结构、钢筋混凝土阴极保护电流密度与结构材质、运行工况、表面涂层状况、海水流速、水质状况、深度、海水温度等因素有关，电流密度、涂层破损系数、电流需求量的可参考 GB/T 33423、NB/T 31006、DNV-RP-B401 等选取和计算。海上浮式风机平台压载舱区域裸钢的电流密度设计要求可参考 GB/T 31972 等选取和计算。

3.4.4 牺牲阳极阴极保护系统

3.4.4.1 牺牲阳极阴极保护系统应包括牺牲阳极、电缆，也可安装阴极保护监测系统。

3.4.4.2 牺牲阳极材料应根据应用环境和介质条件采用铝合金或锌合金，钢结构牺牲阳极的化学成分、电化学性能应符合 GB/T 4948、GB/T 4950 规定。

3.4.4.3 大气区、飞溅区的混凝土结构钢筋可采用嵌入式阳极、粘性锌片、锌网或离散式牺牲阳极保护方式，阳极材料符合 GB/T 39154 要求。全浸区和海泥区的混凝土结构可采用铝-锌-铜合金阳极、锌合金阳极或镁合金阳极，淡水环境的混凝土可采用锌合金阳极或镁合金阳极，阳极化学成分、电化学性能应符合 GB/T 4948、GB/T 4950 和 GB/T 17731 要求。

3.4.4.4 牺牲阳极应具有出厂检验合格证、化学成分分析报告和电化学性能测试报告，应贮存在库房内，且防潮、防水，阳极工作面保持清洁，不得沾染油污。

3.4.4.5 牺牲阳极阴极保护系统的安装宜在海上风电基础安装后进行，也可在确保打桩等操作不会对阴极保护系统造成影响的情况下，在海上风电基础安装前的陆地建造时进行。牺牲阳极安装要求如下：

- (1) 可采用焊接或螺栓固定方式，安装应牢固可靠，因安装造成的涂层破损应修补；
- (2) 牺牲阳极的安装顶高程与设计低水位的距离不小于 1.2 m；
- (3) 牺牲阳极的安装底高程与海泥面的距离不小于 1.0 m；
- (4) 牺牲阳极与被保护钢结构表面间的距离不宜小于 100 mm。当牺牲阳极紧贴钢结构表面安装时，除应按规定装配屏蔽层外，还应应对贴近钢结构表面的牺牲阳极面涂装绝缘涂层；
- (5) 在役牺牲阳极与被保护钢结构之间的连接电阻不应大于 0.10 Ω ；
- (6) 牺牲阳极铁脚布置距离结构性焊缝应不小于 150 mm；
- (7) 牺牲阳极铁脚布置距离结构节点区域应不小于 600 mm；
- (8) 牺牲阳极安装位置应避开易受登船、电缆、系绳等损伤影响的部位；
- (9) 在基础结构上安装的阳极笼或远离基础结构安装的阳极地床，应通过电缆确保电气连接；
- (10) 单桩基础内部牺牲阳极可采用悬挂形式安装；
- (11) 混凝土结构牺牲阳极的安装应符合 GB/T 39154 要求。

3.4.4.6 牺牲阳极阴极保护系统的调试应符合以下要求：

(1) 涂敷涂层的钢结构至少极化 30 d 后、未涂敷涂层的钢结构至少极化 60 d 后测得的结构电位符合 3.4.2 规定；

(2) 应对单桩和过渡段基础、采用阳极笼或阳极地床的基础以及风电场其他类型基础的典型机位（全场 10% 以上且每种基础不少于 1 台）的牺牲阳极阴极保护系统进行详细的电位调查，要求如下：

- ① 对于单桩结构，平均潮位至泥面不少于 3 个电位监测点，电位值均应满足 3.4.2 中要求；内部阴极保护还应测量阳极串的电位；
- ② 对于导管架结构，应测量所有无涂层节点处、支撑处、靠近和远离阳极处等典型位置结构的电位。

3.4.4.7 牺牲阳极阴极保护系统可根据具体情况设置阴极保护监测系统，主要监测结构阴极保护电位等参数，应由参比电极、传感器、监测设备和数据管理软件组成，其组成部分应满足下列要求：

(1) 参比电极选用、安装位置应符合本章 3.4.5.11 规定，安装在牺牲阳极附近的参比电极应靠近牺牲阳极表面，但不应影响牺牲阳极和参比电极之间海水的正常流动，且参比电极不应被牺牲阳极氧化产物污染；

(2) 电阻探头、极化探头、电流密度探头、保护度探头、包覆效果可靠性探头等可与参比电极配合使用；

(3) 监测设备应能适应所处环境和抵御环境的侵蚀，具有测量并显示保护电位等功能，测量精度应符合本章 3.4.5.9 规定；

- (4) 数据管理系统应符合本章 3.4.5.9 规定；
- (5) 监测系统电缆的选择、布置和连接应符合本章 3.4.5.9 规定。

3.4.5 外加电流阴极保护系统

3.4.5.1 外加电流阴极保护系统应包括辅助阳极、直流电源、参比电极、电缆和监测系统。

3.4.5.2 钢结构阴极保护系统辅助阳极的性能应符合 GB/T 7388 规定。

3.4.5.3 大气区、飞溅区的混凝土结构钢筋的阴极保护可采用金属涂层、活性钛等辅助阳极，全浸和海泥区的混凝土结构可采用混合金属氧化物、铂钛、铂铌、高硅铸铁等辅助阳极，阳极材料应符合 GB/T 39154 要求，也可选用经实践验证的新型阳极系统。

3.4.5.4 直流电源应具有稳定、可靠、维护简单、抗过载、防雷、抗干扰、抗盐雾、故障保护等特点，并满足工业三防和海上三防要求。宜选用恒电位仪，除应符合 CB* 3220、SY/T 7326 的规定外，还应满足以下要求：

- (1) 具备恒电位模式、恒电流模式、手动模式，并从零到最大额定输出连续可调；
- (2) 直流输出不超过 50 V，人或动物易接近的阴极保护系统不超过 24 V；
- (3) 用于混凝土的直流电源应具有断电电位测试功能；
- (4) 设置数据传输接口，支持通用的工业通讯协议；
- (5) 至少提供一个阳极和一个阴极接线箱，所有输出端应与接线箱外壳绝缘。

3.4.5.5 辅助阳极、直流电源的可按 GB/T 33423、NB/T 31006、JTS 153、NACE SP0176、DNV-RP-B401 等标准进行设计计算，辅助阳极的数量及布置应确保电流分布均匀，被保护结构电位应符合 3.4.2 规定。

3.4.5.6 海上钢结构阴极保护用参比电极的选取应符合以下要求：

- (1) 阴极保护电位测量的参比电极应极化小、性能稳定、使用寿命长；
- (2) 海水钢结构阴极保护用参比电极性能、结构应符合 GB/T 7387 规定，电阻率小于或等于 $100 \Omega \cdot m$ 的海水中可采用氯化银电极或锌电极，电阻率大于 $100 \Omega \cdot m$ 的海水中宜采用锌电极。常用参比电极电位及使用环境应符合表 3.4.5.6 规定。

常用参比电极电位及使用环境

表 3.4.5.6

参比电极	电位/V (vs. 标准氢电极)	使用环境
饱和甘汞电极 (Hg/HgCl ₂ , 饱和 KCl)	+0.242	淡水、海水
铜/硫酸铜电极 (Cu/饱和 CuSO ₄)	+0.316	海水、淡水、土壤
银/氯化银电极 (Ag/AgCl 海水)	+0.250	海水
银/氯化银电极 (Ag/AgCl, 饱和 KCl)	+0.199	海水、混凝土
银/氯化银电极 (Ag/AgCl, 0.5 mol/L KCl)	+0.288	海水、混凝土
锌及锌合金电极	-0.784	海水、淡水、土壤
二氧化锰电极 (Mn/MnO ₂ , 0.5 mol/L NaOH)	+0.434	混凝土

3.4.5.7 混凝土结构阴极保护用参比电极应符合以下要求：

(1) 埋入式参比电极应具有极化小、不易损坏、适用环境介质等特点，埋入式参比电极的寿命大于 15 年，可选银/氯化银电极(Ag/AgCl, 0.5 mol/L KCl)或二氧化锰电极(Mn/MnO₂, 0.5 mol/L NaOH)电极，便携式参比电极可选用银/氯化银电极(Ag/AgCl, 0.5 mol/L KCl)；

(2) 保护电位和极化电位衰减值，可使用便携式参比电极或埋入式参比电极测量；不超过 24 h 电位衰减值也可由石墨、活性钛或锌制作的电位衰减值测量探头测量。

3.4.5.8 电源电缆、阳极电缆、阴极电缆、电连接电缆、参比电极电缆和电位测量电缆应使用颜色或者其他标记区分，电缆护套应具有良好的绝缘、抗老化、耐海洋环境和海水腐

蚀等性能。

3.4.5.9 外加电流阴极保护系统的安装应包括电连接与绝缘、辅助阳极安装、参比电极的安装、直流电源安装、电缆安装、监控系统安装等。混凝土结构外加电流阴极保护系统的安装应符合 GB/T 39154 规定。钢结构外加电流阴极保护系统的安装应符合以下规定：

(1) 电连接与绝缘的安装应按照设计要求进行结构电连接，接触电阻应符合要求；辅助阳极的绝缘座、绝缘密封件、阳极电缆、靠近阳极的支架和保护套管应采用耐海水、耐碱、耐氯盐腐蚀的材料制成；

(2) 辅助阳极、参比电极的安装应符合以下规定：

- ① 辅助阳极、参比电极的安装结构应确保正常运行条件下无渗漏，测试水压与辅助阳极、参比电极安装水深相关，安装深度不超过 50 m 时测试水压 500 KPa，安装深度超过 50 m 时测试水压不低于安装深度位置海水压强，保压时间不小于 3 小时；
- ② 辅助阳极应均匀布置，布置方式可采用远阳极或近阳极。采用远阳极布置时，应采取措施消除杂散电流对临近结构和停靠船舶的影响，远阳极与被保护结构的距离不宜超过 100 m；近阳极布置应避免局部过保护现象；
- ③ 辅助阳极与被保护钢结构的最小距离应根据阳极的输出电流和介质的电阻率确定，并不宜小于 1.5 m，当辅助阳极与被保护钢结构的距离小于 1.5 m 时，应使用阳极屏蔽层；
- ④ 辅助阳极、参比电极的安装应便于维修和更换，不应采用水下安装方式；
- ⑤ 辅助阳极、参比电极的安装应可靠牢固，外壁可采用焊接或法兰式连接在桩基基础的套装件上。内壁可采用吊装式阳极结构，吊装绳索、固定件、负重物应可靠牢固；辅助阳极、参比电极不应与金属构件发生短路；
- ⑥ 参比电极的布置位置应能全面表征被保护结构电位。

(3) 电缆连接安装应符合以下规定：

- ① 每一个阴极保护区域都应配置多根与辅助阳极、参比电极连接的电缆；
- ② 电缆的连接方式和安装方法应通过试验或工程实践证明能满足电连接的要求；
- ③ 结构、阳极、参比电极与电缆的接头以及电缆之间的接头均应进行密封防水处理，在外部全浸区、飞溅和潮差区，所有电缆应采用套管保护。

(4) 直流电源安装应符合以下规定：

- ① 所有电气安装工作应按照相关风电场电气安全标准进行；
- ② 交流电缆与低压直流电缆、参比电极测量电缆分开；
- ③ 直流电源输出端、接线盒及其连接端的电缆都应标识；
- ④ 电缆应有完善的支撑和保护以避免环境、人和其它的破坏；
- ⑤ 阳极和参比电极的电缆连接接头应在密封罩或接线盒内；
- ⑥ 密封罩和接线盒应采取完善的防水密封措施；
- ⑦ 直流电源输出电压超过 24 V 时，阳极应设置隔离系统；
- ⑧ 按照相关标准对设备的电气安全、测试和维护进行标识；
- ⑨ 安装过程中，应对所有回路的极性、电连续性、绝缘性进行检查，应确保直流电源的正极电缆与负极电缆、参比电极电缆与测量接地电缆之间电性绝缘良好，应按 CB* 3220、SY/T 7326 规定对直流电源进行测试。

3.4.5.10 外加电流阴极保护系统应按以下顺序进行调试：

(1) 检查接线，确保所有连接的安全性、电连续性和正确的极性（负极连接结构，正极连接阳极）；

(2) 通电前，采用固定参比电极测量结构的自腐蚀电位；

(3) 采用已校准的便携式参比电极测量固定参比电极附近结构的电位，以确定固定参比电极的精度；

(4) 在对直流输出进行任何检查之前，首先应进行电气测试，以确认直流电源的电气安全性；

(5) 打开直流电源,采用手动模式以约 10%设计电流值向结构提供直流电,检查直流电流输出极性,用经校准的便携式仪器检查输出电压和电流;

(6) 在阴极保护系统通电至约 10%设计电流后,所有安装固定参比电极位置测得的结构的电位值应比自腐蚀电位更负,若出现电位向正方向偏移,应进行检查;

(7) 将直流电源设置为恒电位模式,并设置合适的给定电位使所有被保护结构的电位值满足阴极保护准则要求;

(8) 通过在线监测系统连续记录结构的电位数据,若连续监测或实测电位出现过保护,应及时调整电源输出。在直流电源运行 30 d~60 d 后评估数据,并根据电位数据调整直流电源设置,直到整个基础的固定参比电极测得的电位达到阴极保护准则要求;并测量直流电源输出电流、输出电压,测量值变化应平稳,应在设计范围内并有裕量;

(9) 当在线监测数据表明已达到足够极化时,或最迟在通电 100 d 后,应在采用外加电流阴极保护的所有基础上进行详细电位调查,详细电位调查应符合本章 3.4.4.6 规定。

3.4.5.11 外加电流阴极保护系统应设置阴极保护监测系统。外加电流阴极保护监测系统由参比电极、传感器、监控设备和数据管理软件组成,其组成部分应满足下列要求:

(1) 钢结构基础阴极保护监测的参比电极宜选用银/氯化银电极(Ag/AgCl 海水)或锌电极,混凝土结构阴极保护监测的参比电极宜选用银/氯化银电极(Ag/AgCl, 0.5 mol/L KCl)或二氧化锰电极(Mn/MnO₂, 0.5 mol/L NaOH);

(2) 参比电极安装位置应能全面表征被保护结构电位。对于混凝土结构基础,宜布置 4 个以上参比电极,预应力钢筋应在距阳极最近处布置参比电极,防止预应力钢筋过极化引起氢脆,对重要或难以再次安装的混凝土结构与部位,考虑安装备用参比电极。对于钢结构基础,宜考虑在以下位置安装固定参比电极:

- ① 离阳极最近可能导致过保护的位置;
- ② 离阳极最远可能导致欠保护的位置;
- ③ 结构节点;
- ④ 复杂结构或附件易产生阴极保护屏蔽的位置;
- ⑤ 最高应力或疲劳敏感位置;
- ⑥ 不同防腐措施的区域。

(3) 电阻探头、极化探头、电流密度探头、保护度探头、包覆效果可靠性探头等可与参比电极配合使用;

(4) 监控设备应能适应所处环境和抵御环境的侵蚀,具有测量、调节并显示保护电位、电源设备的输出电流和输出电压等功能,混凝土结构阴极保护监控设备还应具有瞬时断电位和断电后一定时间内的电位衰减等功能,监控仪表应满足以下规定:

- ① 数字仪表应满足以下要求:最小分辨率为 1 mV,精度为±1 mV 或更高,输入阻抗不小于 10 MΩ;
- ② 零电阻电流表或其它装置的精度和分辨率应能使电流的测量精度小于被测量值的±1%;
- ③ 数据记录仪应满足以下要求:应有多通道输入或多路转接器;应装有识别测试位置、传感器、恒电位仪系统和阳极区域等功能的软件;最小输入阻抗为 10 MΩ;测量范围为 2 000 mV 时分辨率至少为 1 mV;精确度为±5 mV 或更高;应能够在电源断电的 0.1 s~0.5 s 内采集到电位;便携式数据记录仪应能够在户外和现场环境下使用;固定式数据记录仪应放置在适合于现场环境和气候条件的盒子里,能与传感器、恒电位仪装置等连接,应具备与网络的连接和实时在线显示数据的功能。

(5) 传感器测得的数据应能通过网络上传,并可自动保存在监测设备或计算机中,数据管理系统应能对校对、整理和评估保护效果和腐蚀风险的数据和文件进行处理,处理内容应至少包括下列信息:

- ① 涂层、包覆实施和阳极、参比电极区域布置图;

- ② 传感器类型和位置；
 - ③ 恒电位仪装置参数；
 - ④ 初始（试运行前）传感器读数；
 - ⑤ 试运行数据；
 - ⑥ 试运行后的传感器数据；
 - ⑦ 试运行后恒电位仪装置的输出数据；
 - ⑧ 事件记录（如检查日期、系统运行的变化等）。
- (6) 监测系统电缆的选择、布置和连接应符合本章 3.4.5.9 规定。

第4章 防腐设计审查

第1节 一般规定

4.1.1 一般要求

4.1.1.1 海上风电设施开工前，申请人应将本章规定的图纸资料提交 CCS 审查，必要时，CCS 可要求扩大送审图纸资料的范围。

4.1.1.2 已批准的图纸资料如有原则性的修改或补充，申请人应将修改或补充部分重新提交审查。

4.1.1.3 提交审查的图纸资料应注明审查所必需的尺寸和有关数据。

4.1.1.4 CCS 应按本章及主管部门要求核查海上风电设施的防腐体系、防腐涂层、阴极保护的设计情况。

4.1.2 图纸资料

4.1.2.1 对于海上浮式风机，应至少提交下列方案、图纸资料：

- (1) 基础防腐（含涂装、阴极保护）设计图纸、涂装规格书以及阴极保护设计计算书、规格书、采购书、料单等；
- (2) 塔架防腐设计方案；
- (3) 机舱防腐设计方案；
- (4) 电气设备防腐设计方案；
- (5) 叶片结构图纸、材质检验报告及涂层方案；
- (6) 海水压载舱 PSPC 防腐设计方案(必要时)；

4.1.2.2 对于海上固定式风机，应至少提交下列方案、图纸资料：

- (1) 基础防腐（含涂装、阴极保护）设计图纸、涂装规格书以及阴极保护设计计算书、规格书、采购书、料单等；
- (2) 塔架防腐设计方案；
- (3) 机舱防腐设计方案；
- (4) 电气设备防腐设计方案；
- (5) 叶片结构图纸、材质检验报告及涂层方案。

4.1.2.3 对于海上变电站，除应提交 CCS《海上升压站平台指南》规定的适用图纸资料，应提交下列图纸资料：

- (1) 基础防腐（含涂装、阴极保护）设计图纸、涂装规格书以及阴极保护设计计算书、规格书、采购书、料单等；
- (2) 基础上部结构、设备防腐设计方案；
- (3) 电气设备防腐设计方案。

4.1.3 涂装规格书

4.1.3.1 应提供满足本指南涂层性能要求的涂装规格书，涂装规格书应至少包括：

- (1) 施工范围；
- (2) 涂层系统类型；
- (3) 钢材处理；
- (4) 表面处理；

- (5) 表面清洁度;
- (6) 环境条件;
- (7) 涂装程序;
- (8) 验收标准和检查。

4.1.4 阴极保护设计计算书

4.1.4.1 阴极保护设计计算书应至少包括:

- (1) 保护范围、设计寿命;
- (2) 保护电位、电流密度、电流需求量以及海水电阻率、温度等参数的选取及计算;
- (3) 牺牲阳极阴极保护系统应选取并计算牺牲阳极类型、规格、数量、分布、接水电阻、寿命等,外加电流阴极保护系统应选取并计算辅助阳极的类型、规格、数量、分布、接水电阻以及阴极保护电源的类型、规格、数量等。

第 5 章 防腐施工检验

第 1 节 一般规定

5.1.1 一般要求

5.1.1.1 叶片涂层、其他涂镀层施工的检验应符合厂家的要求，其它防腐涂层施工以及阴极保护安装的检验应符合本章要求。

5.1.1.2 CCS 应按本指南第 3 章的要求核查涂层检查、涂层技术文件（CTF）情况：

(1) 如发现任何偏差均应向施工方或设计方提出，涂层检查员负责纠正措施的确认和实施；

(2) 如果纠正措施未被 CCS 接受或纠正措施没有落实，则应通知海上风电设施业主；

(3) 在所要求的全部纠正措施落实并得到 CCS 确认前，不得签发相应的海上风电设施入级或检验证书。

5.1.1.3 申请专用海水压载舱 PSPC(B)附加标志的，涂层技术文件由申请方在建造前提供，并应至少包括以下项目：

- ① 涂料的符合证明或认可证书的副本；
- ② 产品说明书副本，至少包括：
 - a. 产品名称，识别标记和 / 或编号；
 - b. 涂层系统的材料，成份和组成，颜色；最小和最大干膜厚度；
 - c. 涂装的方式，工具和/或机械；
 - d. 涂装前的表面状况（除锈等级、清洁度、粗糙度等）；
 - e. 环境限制条件（温度和相对湿度）。
- ③ 化学品安全技术说明书（MSDS）；
- ④ 涂装规格书，至少包括：
 - a. 施工范围；
 - b. 涂层系统类型；钢材处理；
 - c. 表面处理；表面清洁度；
 - d. 环境条件；涂装程序；
 - e. 验收标准和检查。
- ⑤ 涂装作业工作记录，至少包括：
 - a. 涂装的真实空间和面积（平方米计）；涂装的涂层系统；
 - b. 涂装的时间、厚度、道数等；涂装时的周围环境条件；
 - c. 表面处理的方式。
- ⑥ 建造期间涂层系统的检查和修补程序；
- ⑦ 涂层检查员签署的检查结果（检查日志和不合格报告样本见附录 2），声明涂层依照涂装规格书涂装，已得到涂料生产商代表的认可，并详细说明与涂装规格书的差异；
- ⑧ 业主核实的检查报告，至少包括：
 - a. 检查结果、检查完成日期；
 - b. 备注（如有时）、检查员签名。
- ⑨ 营运期内涂层系统的维护和修理程序；
- ⑩ 三方检查协议。

5.1.1.4 CCS 应按本指南第 3 章的要求核查阴极保护安装检查、文件资料情况：

(1) 如发现任何偏差均应向阴极保护安装检查人员提出，该检查员负责纠正措施的确认和实施；

(2) 如果纠正措施未被 CCS 接受或纠正措施没有落实，则应通知海上风电设施业主；

(3) 在所要求的全部纠正措施落实并使 CCS 满意前, 不得签发相应的海上风电设施入级或检验证书。

第 2 节 防腐涂层施工检验

5.2.1 一般要求

5.2.1.1 防腐涂层施工检验分为防腐施工过程检验和产品出厂检验, 检验项目及方法应符合表 5.2.1.1 要求。

涂料施工检验项目及方法

表 5.2.1.1

序号	检验项目	防腐施工过程 检验	产品出厂检验	检验方法
1	钢板锈蚀等级	○	*	GB/T 8923.1, 目视检查
2	钢结构预处理	○	*	GB/T 8923.3, 目视检查
3	除锈等级	○	*	GB/T 8923.1
4	粗糙度	○	*	GB/T 13288.2或GB/T 13288.4、GB/T 13288.5
5	表面盐分含量	○	*	GB/T 18570.6、GB/T 18570.9
6	表面灰尘含量	○	*	GB/T 18570.3
7	防腐材料	○	○	审查第三方检验、认可报告
8	防腐范围	○	○	目视检查
9	涂层外观	○	○	目视检查
10	涂层厚度	○	△5	GB/T 13452.2
11	涂层附着力	△5	*	GB/T 5210、GB/T 9286
12	面漆颜色	○	○	目视检查
13	防腐文件	—	○	目视检查

注1: 符号含义: 标有“*”为文件检验(厂家提供的检验文件); 标有“○”为全检, 检验比例 100%; 标有“—”为不作规定的检验项目, 标有“△5”表示抽检, 检验比例 5%。

注2: 本表仅作为需方防腐施工过程检验、产品出厂检验使用, 厂家检验应根据供方质量控制和国家相关要求规范进行控制。

5.2.1.2 表面处理完成后, 应对除锈等级、清洁度、粗糙度、盐分含量进行检查, 检验要求应符合本指南第 3 章规定。

5.2.1.3 防腐涂层施工完成后, 应对涂层外观、干膜厚度、附着力、涂漏点进行检查, 并符合以下规定:

(1) 涂层外观应均匀、光泽一致, 不应有针孔、气泡、脱落、皱皮、流挂等缺陷;

(2) 干膜厚度: 涂装后应该按 GB/T 13452.2 规定的方法进行涂层干膜厚度测试。主体结构、压载舱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%。其他结构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 20%, 且干膜厚度测点值不应小于设计值的 80%;

(3) 附着力: 涂层附着力测试按 GB/T 5210 规定采用拉开法, 附着力不低于 5 MPa; 干膜厚度在 250 μm 及以下, 涂层附着力也可采用划格法, 参见 GB/T 9286, 要求为 1 级或 0 级;

(4) 漏涂点: 对飞溅区、潮差区及全浸区的涂层应按照 5 V/μm 进行电火花漏涂点检

测并对漏涂点进行修复，修复处的干膜厚度应满足设计要求。

5.2.1.4 验收文件应至少包含以下资料：

- (1) 涂料产品合格证，质量检验报告，或（和）检验、认证、认可证书；
- (2) 工程设计文件、施工技术方案等；
- (3) 涂层的质量检查记录和验收报告等；
- (4) 返修记录（如有），包括返修位置、原因、方法、数量和检验结果；
- (5) 其它有关资料。

第 3 节 阴极保护安装检验

5.3.1 一般要求

5.3.1.1 阴极保护安装完成后，应核查阴极保护调试、阴极保护电位情况，必要时可现场见证调试、电位测量情况。

5.3.1.2 阴极保护验收文件应至少包括以下资料：

- (1) 阴极保护装置、产品的合格证，质量检验报告，或（和）检验、认证、认可证书；
- (2) 项目设计文件，包括系统设计计算书、规格书、采购书、材料/设备清单；
- (3) 竣工图纸，应包括系统及牺牲阳极、辅助阳极布置图、结构图及安装图等；
- (4) 系统电缆清单；
- (5) 系统安装工艺文件；
- (6) 变更文件；
- (7) 系统及设备使用说明；
- (8) 系统常用备品备件名称、规格型号、生产厂家；
- (9) 系统调试程序及记录文件，且应至少包括以下内容：
 - ① 工程整体描述、工程参与者（如业主、设计工程师、监理工程师、承包商、分包商）和系统设计、监理、试运行负责人及职责；
 - ② 有关安装和试运行的详细描述；
 - ③ 系统通电前后和初始系统性能评估期间所有的测量数据；
 - ④ 外加电流阴极保护系统调试项目还应包括机柜外壳绝缘检测、机柜接线校对、阴极保护设备启动、机柜输出电流调节及保护电位检测、干扰电流检测等；
 - ⑤ 系统运行情况综合分析。

第 6 章 防腐在役检验

第 1 节 一般规定

6.1.1 一般要求

6.1.1.1 海上风电设施的防腐在役检验分为年度检验、定期检验和临时检验。当海上风电设施、防腐系统出现故障或需要取证检验等临时情况时，可进行临时检验。

6.1.1.2 海上风电设施防腐年度检验的内容应至少包括：

- (1) 防腐涂层劣化及腐蚀状况目视检查，见本章第 2 节；
- (2) 阴极保护电位测量；
- (3) 外加电流阴极保护装置外观检查及输出电流、输出电压、电位设置、阴极保护检测系统检查；牺牲阳极阴极保护监测系统（若有）检查；
- (4) 维修维护资料检查：
 - ① 涂层检测和修补记录；
 - ② 外加电流阴极保护装置的输出电流、输出电压、异常报警、设备维护记录；
 - ③ 牺牲阳极检测和更换记录。

6.1.1.3 海上风电设施防腐定期检验，除年度检验的内容外，还应至少包括：

- (1) 涂层劣化及腐蚀状况详细评估，见本章第 2 节；
- (2) 叶片涂层劣化评估，见本章第 2 节；
- (3) 阴极保护电位详细调查，见本指南 3.4.4.6；
- (4) 阴极保护在役检验，见本章第 3 节；
- (5) 防腐系统效果评估。

6.1.1.4 海上风电设施临时检验可根据需要选取年度检验、定期检验中一项或多项内容，也可进行专项检测评估。

6.1.1.5 防腐在役检验流程见附录 5。对于已签发入级证书、建造检验证书或检验证明的海上风电设施，按本章内容进行防腐检验合格后，可将防腐检验内容作为年度检验、定期检验、临时检验证书或证明的一部分，不再单独签发证书或证明。未签发证书或证明的海上风电设施，按本章内容检验合格后，可单独出具技术服务报告，应至少包含以下内容：

- (1) 项目背景；
- (2) 工作范围；
- (3) 检验依据；
- (4) 检验方法；
- (5) 检验过程；
- (6) 防腐涂层在役检验结果；
- (7) 阴极保护在役检验结果；
- (8) 检验结果及建议，可参考的在役涂层修补建议、阴极保护维护建议分别见本指南 6.2.1.5 和 6.3.1.3；
- (9) 报告附件（如照片、记录表，防腐设计、施工、验收资料，维修维护记录，防腐材料检验、认证或认可证书等历史资料等）。

6.1.1.6 在可能存在氢气、氯气、硫化氢等气体析出的环境中检验时，应保持通风并正确穿戴工作服、口罩、防护镜等劳动保护用品。

第 2 节 防腐涂层在役检验

6.2.1 一般要求

6.2.1.1 防腐涂层在役检验主要评估涂层劣化及钢结构、设备腐蚀状况，水上结构涂层检测可采用目视、拍照、无人机、爬壁机器人等方式，水下结构涂层可通过潜水员或遥控水下机器人（ROV）进行检测。

6.2.1.2 涂层劣化评估可采用基于劣化面积比或劣化面积比与腐蚀程度结合的方法，也可采用基于风险的检验（RBI）。基于劣化面积比的评估方法见 6.2.1.3 和附录 4，基于劣化面积比与腐蚀程度结合的方法见 6.2.1.4，基于风险的评估方法可参考 CCS《固定式导管架平台结构基于风险的检验指南》。

6.2.1.3 基于劣化面积比的涂层评估主要依据 GB/T 30789 1~7 评估涂层生锈、剥落、开裂、起泡、长霉等，并根据破坏程度和大小分为 1~5 共五个等级（见表 6.2.1.3），分别代表涂层劣化等级的“低”、“较低”、“中”、“较高”、“高”。涂层劣化等级为“低”时，3 年内无需维护；涂层劣化等级为“较低”时，3 年内需进行维护；涂层劣化等级为“中”时，1 年内需进行维护；涂层劣化等级为“较高”时，1 年内需进行维护且局部需重点关注（如钢结构边缘棱角消失等）；涂层劣化等级为“高”时，立即进行维护，严重锈蚀或大量损耗的钢结构需修复或更换。

涂层劣化评级及处理建议

表 6.2.1.3

评估指标	综合等级				
	1 (低)	2 (较低)	3 (中)	4 (较高)	5 (高)
生锈	3(S3)	4(S5)	5(S5)	底材出现损耗	底材大量损耗
起泡	3(S3)	4(S5)	5(S5)	/	/
开裂或剥落	3(S2)	4(S4)	5(S5)	/	/
粉化	轻微	明显	严重	/	/
变色	明显	严重	严重		

注 1：变色为参考项，主要依据业主的需求而定；

注 2：开裂/剥落、粉化、起泡应结合其造成的涂层或底材锈蚀的情况进行判断；

注 3：生锈为该评价体系的关键指标，尤其应关注生锈引起的结构缺陷。

6.2.1.4 基于劣化面积比与腐蚀程度结合的涂层评估方法具体见 GB/T 33423—2024 附录 A，依据保护水平 N_p 将涂层状态分为 3 个级别并确定相应的维修计划（见表 6.2.1.4）。

防腐涂层保护水平 N_p 及维修计划

表 6.2.1.4

金属厚度损失与腐蚀增量比 (无量纲)	涂层劣化程度(R_i) %				
	≤0.05	0.05~0.5	0.5~8	8~40	>40
≤0.01 (无锈或轻微锈蚀)	0.011	0.015	0.080	0.410	1.010
0.01~0.1 (全面锈蚀)	0.101	0.105	0.180	0.500	1.100
0.1~0.25 (重度锈蚀)	0.251	0.255	0.330	0.650	1.250
0.25~0.5 (深的点蚀)	0.501	0.505	0.581	0.900	1.500
>0.5 (严重的金属损失)	1.001	1.005	1.010	1.400	2.000

注 1：涂层劣化程度 R_i 的评估方法参见 GB/T 30789.3。

注 2：涂层状态分级如下：

- (1) $N_p \leq 0.05$: 状况良好, 无需立即维护;
- (2) $0.05 < N_p \leq 0.5$: 一般状况, 应考虑维护;
- (3) $N_p > 0.5$: 状况差, 必须进行维护。

6.2.1.5 在役涂层修补要求如下:

(1) 应根据涂层评估结果选用不同的涂层修补方案, 修补前应查阅存档资料, 掌握原涂层的使用条件和性能;

(2) 大气区涂层修补宜采用低表面处理容忍型环氧底漆组成的配套体系, 热浸镀锌、热喷锌涂层宜采用环氧富锌或冷喷锌涂料修补, 飞溅区涂层可采用复层矿脂包覆层。表面处理要求如下:

- ① 环境条件应符合本指南 3.3.2.3 (2) 规定;
- ② 当涂层损伤至底材时, 应采用手工工具或动力工具清理至 St3, 损伤区域周边 50 mm~80 mm 完好涂层拉毛处理并形成斜坡;
- ③ 当涂层未损伤至底材时, 应去除附着不牢的涂层, 破损部位的周边完好涂层应拉毛处理。

(3) 现场修补施工要求如下:

- ① 涂层修补前, 应检查新旧涂层的兼容性;
- ② 涂装修补施工应符合本指南 3.3.2.4 规定;
- ③ 修补后涂层干膜厚度应符合设计要求, 且不应低于周围原涂层厚度, 热喷锌涂层修补后厚度应超过原涂层 30 μm ;
- ④ 修补后的涂层应注意保护, 防止踩踏或破坏。浸水或可能浸水区域, 涂层修补后涂层应完全固化后再浸水。

(4) 修补用涂料应与原涂层兼容, 宜优先选用同品牌涂料。

6.2.1.6 矿脂包覆层劣化评估可采用拆开检查或通过检查视窗检查预先安装在矿脂包覆层内部的钢质试片来评价包覆层防腐蚀的效果。

6.2.1.7 叶片涂层的检查可采用目视、高清相机、无人机、红外等方法, 无人机检测应符合 CCS《无人机检验应用指南》和 NB/T 10593 规定, 红外检测应符合 GB/T 37431 规定。

第 3 节 阴极保护在役检验

6.3.1 一般要求

6.3.1.1 海上风电设施的阴极保护在役检验、水下检测可参考 CCS《在役导管架平台结构检验指南》执行, 可采用潜水员或水下机器人 (ROV) 检测, 检测内容应至少包括:

- (1) 海上风电设施基础水下结构的涂层、腐蚀状况等外观检查;
- (2) 海生物厚度测量, 超过平台设计硬质海生物的允许量或平台经安全评估确定海生物需清除时应进行清除;
- (3) 牺牲阳极检测, 检测牺牲阳极的剩余尺寸、脱落、损坏、表面腐蚀产物等情况;
- (4) 结构电位测量和阳极电位测量, 对平台水下结构进行随机抽查, 对外观检查到阳极耗蚀严重位置或阳极不起作用位置应重点检查。通常电位测量选取 10% 的阳极和每一水平层的钢结构。被选择的阳极平均分布在单桩基础、多桩基础、导管架基础等的不同侧面和不同水平层上。

6.3.1.2 海上浮式风机平台的水下检测除本章要求外, 宜对压载舱内部打开进行检查, 以评估压载舱内部涂层和阴极保护状况。

6.3.1.3 阴极保护维护建议包括:

- (1) 对牺牲阳极溶解速率进行评估, 当剩余量在 25% 以下时, 应更换;
- (2) 牺牲阳极不溶解或溶解不均匀时, 应更换;

- (3) 辅助阳极、牺牲阳极脱落、接触不良的，应更换或维修；
- (4) 被保护结构平均电位达不到最小保护电位时，应补充和（或）更换牺牲阳极或调整外加电流阴极保护装置电流输出；当被保护结构局部电位达不到最小保护电位时，宜补充和（或）更换牺牲阳极或调整外加电流阴极保护装置电流输出；
- (5) 外加电流阴极保护系统还应检查阴极保护电源设备和参比电位的准确度、详细电位调查，必要时，调整阴极保护装置电流输出。

附录 1 环境腐蚀性等级

第 1 节 一般规定

1.1.1 大气环境腐蚀性等级

1.1.1.1 大气环境腐蚀性等级可根据标准试样的腐蚀速率测量值进行分类，见附表 1.1，也可采用基于环境信息的腐蚀性评估，见 GB/T 19292.1。

不同腐蚀性等级标准金属暴晒第一年的腐蚀速率 r_{corr} 附表 1.1

腐蚀性等级		金属腐蚀速率 r_{corr}				
		单位	碳钢	锌	铜	铝
C1	很低	$\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ $\mu\text{m}/\text{a}$	$r_{\text{corr}}\leq 10$ $r_{\text{corr}}\leq 1.3$	$r_{\text{corr}}\leq 0.7$ $r_{\text{corr}}\leq 0.1$	$r_{\text{corr}}\leq 0.9$ $r_{\text{corr}}\leq 0.1$	忽略 —
C2	低	$\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ $\mu\text{m}/\text{a}$	$10 < r_{\text{corr}} \leq 200$ $1.3 < r_{\text{corr}} \leq 25$	$0.7 < r_{\text{corr}} \leq 5$ $0.1 < r_{\text{corr}} \leq 0.7$	$0.9 < r_{\text{corr}} \leq 5$ $0.1 < r_{\text{corr}} \leq 0.6$	$r_{\text{corr}} \leq 0.6$ —
C3	中	$\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ $\mu\text{m}/\text{a}$	$200 < r_{\text{corr}} \leq 400$ $25 < r_{\text{corr}} \leq 50$	$5 < r_{\text{corr}} \leq 15$ $0.7 < r_{\text{corr}} \leq 2.1$	$5 < r_{\text{corr}} \leq 12$ $0.6 < r_{\text{corr}} \leq 1.3$	$0.6 < r_{\text{corr}} \leq 2$ —
C4	高	$\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ $\mu\text{m}/\text{a}$	$400 < r_{\text{corr}} \leq 650$ $50 < r_{\text{corr}} \leq 80$	$15 < r_{\text{corr}} \leq 30$ $2.1 < r_{\text{corr}} \leq 4.2$	$12 < r_{\text{corr}} \leq 25$ $1.3 < r_{\text{corr}} \leq 2.8$	$2 < r_{\text{corr}} \leq 5$ —
C5	很高	$\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ $\mu\text{m}/\text{a}$	$650 < r_{\text{corr}} \leq 1500$ $80 < r_{\text{corr}} \leq 200$	$30 < r_{\text{corr}} \leq 60$ $4.2 < r_{\text{corr}} \leq 8.4$	$25 < r_{\text{corr}} \leq 50$ $2.8 < r_{\text{corr}} \leq 5.6$	$5 < r_{\text{corr}} \leq 10$ —
CX	非常高	$\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ $\mu\text{m}/\text{a}$	$1500 < r_{\text{corr}} \leq 5500$ $200 < r_{\text{corr}} \leq 700$	$60 < r_{\text{corr}} \leq 180$ $8.4 < r_{\text{corr}} \leq 25$	$50 < r_{\text{corr}} \leq 90$ $5.6 < r_{\text{corr}} \leq 10$	$r_{\text{corr}} > 10$ —

注：本表中的腐蚀性等级根据 GB/T 19292.1、ISO 12944-2 确定

1.1.2 水和土壤环境腐蚀性等级

1.1.2.1 水和土壤环境腐蚀性等级的分类见附表 1.2。

水和土壤环境腐蚀性等级 附表 1.2

腐蚀性等级	环境	环境和结构示例
Im1	淡水	河流设施、水力发电站
Im2	海水或微咸水	无阴极保护的浸没结构，例如：港口地区的闸门、锁栓、防波等构筑物
Im3	土壤	埋在地下的储罐、钢桩、钢管
Im4	海水或微咸水	有阴极保护的浸没结构，例如：海上结构

注：本表中的腐蚀性等级根据 ISO 12944-2 确定。

附录2 牺牲阳极计算

第1节 一般规定

2.1.1 牺牲阳极接水电阻计算

2.1.1.1 条状牺牲阳极,若 $L \geq 4r$,条状牺牲阳极的接水电阻按公式(2.1)计算;若 $L < 4r$,条状牺牲阳极的接水电阻按公式(2.2)计算;牺牲阳极初始、末期等效半径分别按公式(2.3)和公式(2.4)计算:

$$R_a = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{4L}{r}\right) - 1 \right] \dots\dots\dots (2.1)$$

$$R_a = \frac{\rho}{2\pi L} \left\{ \ln\left[\frac{2L}{r} \left(1 + \sqrt{1 + \left(\frac{r}{2L}\right)^2} \right) \right] + \frac{r}{2L} - \sqrt{1 + \left(\frac{r}{2L}\right)^2} \right\} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$r_c = \frac{C}{2\pi} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$r_m = r_c - (r_c - r_t)\mu \dots\dots\dots (2.4)$$

式中:

- R_a ——牺牲阳极接水电阻,单位为欧姆(Ω);
- ρ ——介质电阻率,单位为欧姆厘米($\Omega \cdot \text{cm}$);
- L ——牺牲阳极长度,单位为厘米(cm);
- r ——牺牲阳极等效半径,单位为厘米(cm),分为 r_c 和 r_m ;
- r_c ——牺牲阳极初始等效半径,单位为厘米(cm);
- C ——牺牲阳极截面周长,单位为厘米(cm);
- r_m ——牺牲阳极末期等效半径,单位为厘米(cm),不符合 GB/T 4948、GB/T 4950 或 GB/T 17731 要求的非标准牺牲阳极产品,牺牲阳极末期等效半径宜通过具体试验测得;
- r_t ——牺牲阳极铁芯半径,单位为厘米(cm)。牺牲阳极铁芯尺寸应符合 GB/T 4948、GB/T 4950 或 GB/T 17731 要求,方形铁芯的半径由方形周长等效成圆周长后换算成半径;
- μ ——牺牲阳极利用系数,无量纲,取 0.85~0.90。

2.1.1.2 板状和手镯式牺牲阳极,按公式(2.5)和公式(2.6)计算:

$$R_a = \frac{\rho}{2L'} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$L' = \frac{L+b}{2} \dots\dots\dots (2.6)$$

式中:

- R_a ——牺牲阳极接水电阻,单位为欧姆(Ω);
- ρ ——介质电阻率,单位为欧姆厘米($\Omega \cdot \text{cm}$);
- L' ——牺牲阳极当量长度,单位为厘米(cm);
- L ——牺牲阳极长度,单位为厘米(cm);
- b ——牺牲阳极宽度,单位为厘米(cm)。

2.1.1.3 其他牺牲阳极,按公式(2.7)计算:

$$R_a = 0.315 \frac{\rho}{\sqrt{S}} \dots\dots\dots (2.7)$$

式中:

- R_a ——牺牲阳极接水电阻,单位为欧姆(Ω);
- ρ ——介质电阻率,单位为欧姆厘米($\Omega \cdot \text{cm}$);
- S ——牺牲阳极裸露面积,单位为平方厘米(cm^2)。

2.1.1.4 牺牲阳极输出电流计算

单只牺牲阳极的输出电流按公式(2.8)计算:

$$I_a = \frac{\Delta V}{R} \dots\dots\dots (2.8)$$

式中:

- I_a ——单只牺牲阳极的输出电流,单位为安培(A);
- ΔV ——牺牲阳极驱动电位,单位为伏特(V),锌合金阳极取0.20V~0.25V,铝合金阳极取0.25V~0.30V;
- R ——回路总电阻,单位为欧姆(Ω),一般情况下其值近似等于牺牲阳极接水电阻 R_a 。

2.1.2 牺牲阳极数量计算

2.1.2.1 牺牲阳极数量需同时满足钢结构阴极保护初始、末期以及维持期总保护电流的需要,牺牲阳极数量计算应符合下列规定。

(1) 初始和末期所需牺牲阳极数量按公式(2.9)计算:

$$N = \frac{I}{I_a} \dots\dots\dots (2.9)$$

式中:

- N ——初期或末期牺牲阳极数量,单位为只;
- I ——钢结构阴极保护在初始期或末期所需的总保护电流,单位为安培(A);
- I_a ——初期或末期每只牺牲阳极的输出电流,单位为安培(A)。

(2) 维持期所需牺牲阳极数量按公式(2.10)计算:

$$N_m = \frac{8760 I_m t}{q \mu W_i} \dots\dots\dots (2.10)$$

式中:

- N_m ——维持期牺牲阳极数量,单位为只;
- I_m ——钢结构阴极保护在维持期所需的总保护电流,单位为安培(A);
- t ——牺牲阳极阴极保护设计年限,单位为年(a);
- q ——牺牲阳极实际电容量,单位为安培小时每千克($\text{A} \cdot \text{h}/\text{kg}$);
- μ ——牺牲阳极利用系数,无量纲,长条形牺牲阳极取0.85~0.90,手镯式牺牲阳极取0.75~0.80,板状及其他形状牺牲阳极取0.75~0.85;
- W_i ——单只牺牲阳极净重,单位为千克(kg)。

2.1.3 牺牲阳极使用寿命计算

单只牺牲阳极使用年限按公式(2.11)校核:

$$t = \frac{W_i \mu}{E_g I_a} \dots\dots\dots (2.11)$$

式中:

- t ——单只牺牲阳极使用年限,单位为年(a);

- W_i ——单只牺牲阳极净重，单位为千克 (kg)；
- E_g ——牺牲阳极消耗率，单位为千克每安培年 (kg/(A·a))；
- I'_a ——牺牲阳极在使用年限内的平均输出电流，单位为安培 (A)， I'_a 为单只牺牲阳极初始输出电流的 0.50~0.55 倍；
- μ ——牺牲阳极利用系数，无量纲，长条形牺牲阳极取 0.85~0.90，手镯式牺牲阳极取 0.75~0.80，板状及其他形状牺牲阳极取 0.75~0.85。

附录 3 检查日志和不合格报告（样表）

检查日志

编页号：

设备名称：		编号：		数据库：					
结构部位：									
表面处理									
处理方法：					面积 (m ²)				
磨料类型：					颗粒度：				
表面温度：					大气温度：				
相对湿度 (最大值)：					露点：				
达到的标准：									
边缘圆度：									
检查意见：									
工作编号：			日期：			签名：			
涂层涂装 方法：									
涂料编号	系统	批号	日期	气温	表面温度	相对湿度	露点	测得的干膜厚度*	规定值
*测得的最小和最大干膜厚度，干膜厚度的读数应附在检查日志后									
检查意见：									
工作编号：			日期：			签名：			

不合格报告

编页号:

设备名称	编号	检查日期
结构部位:		
检查发现应纠正问题的描述:		
发现情况的描述:		
参考文件 (检查日志):		
采取的措施:		
工作编号:	日期:	签名:

附录4 涂层劣化评估

第1节 一般规定

4.1.1 涂层劣化目视检测

4.1.1.1 涂层劣化外观检测可采用目测、照相、录像、无人机辅助检测等方法。检测前应清除检测部位的附着物，涂层劣化检测点应根据涂层外观整体变化情况，布置在有代表性的结构部位。

4.1.1.2 涂层劣化检测结果应以涂层缺陷的生锈等级及大小表示，如生锈4(S4)涂层缺陷，“生锈4”表示生锈面积在1%~8%之间（附表4.1中生锈等级Ri 4和附图4.4），“S4”表示缺陷大小 $\geq 0.5\text{mm}$ 且 $\leq 5\text{mm}$ （附表4.2等级4），如有必要，详细说明试验结果，例如：“局限在边缘”，“层间起泡”。

生锈等级和生锈面积

附表 4.1

生锈等级	生锈面积/%
Ri 0	0
Ri 1	0.05
Ri 2	0.5
Ri 3	1
Ri 4	8
Ri 5	40~50

缺陷大小的评级

附表 4.2

等级	缺陷大小
0	10倍放大镜下无可见
1	10倍放大镜下才可见
2	正常示例下刚可见
3	正常视力下明显可见（ $< 0.5\text{mm}$ ）
4	$\geq 0.5\text{mm}$ 且 $\leq 5\text{mm}$
5	$> 5\text{mm}$

GB/T 30789.3 生锈等级体系与“ASTM D610 生锈等级体系”的比较 附表 4.3

GB/T 30789.3 生锈等级体系	ASTM D610 生锈等级体系
Ri 0	10
Ri 1	9
Ri 2	7
Ri 3	6
Ri 4	4
Ri 5	1~2



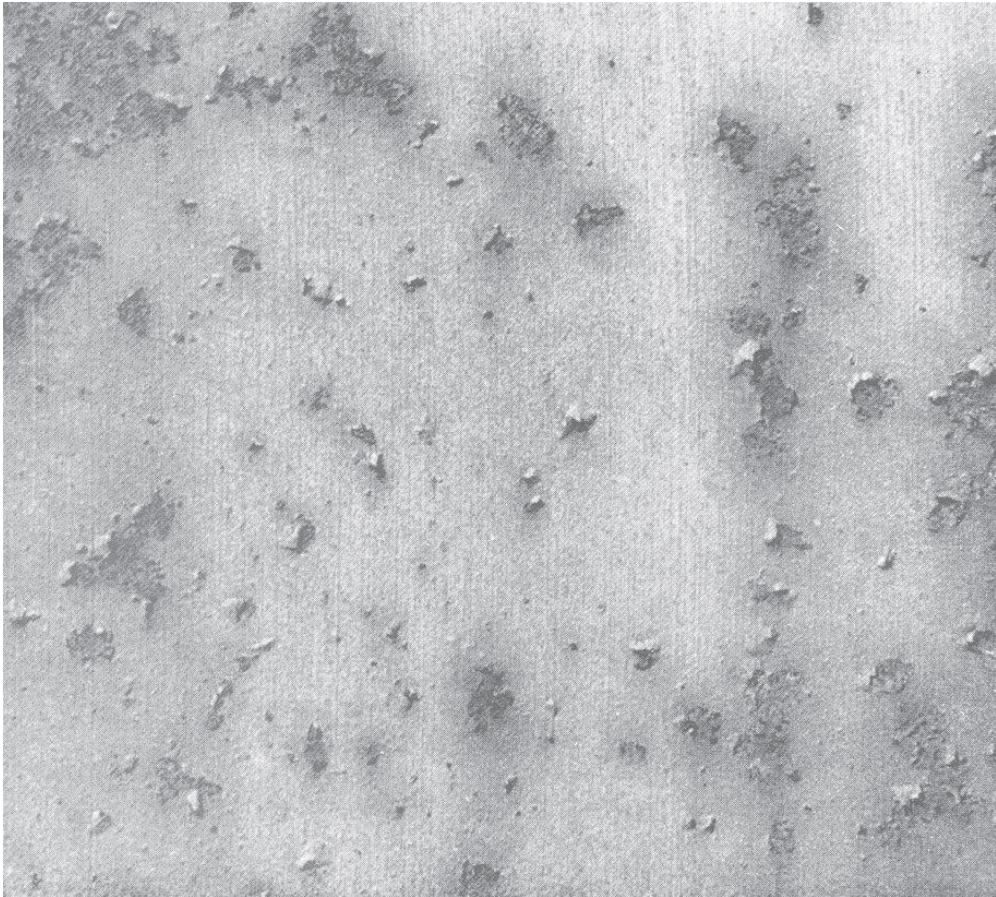
附图 4.1 生锈等级 Ri 1



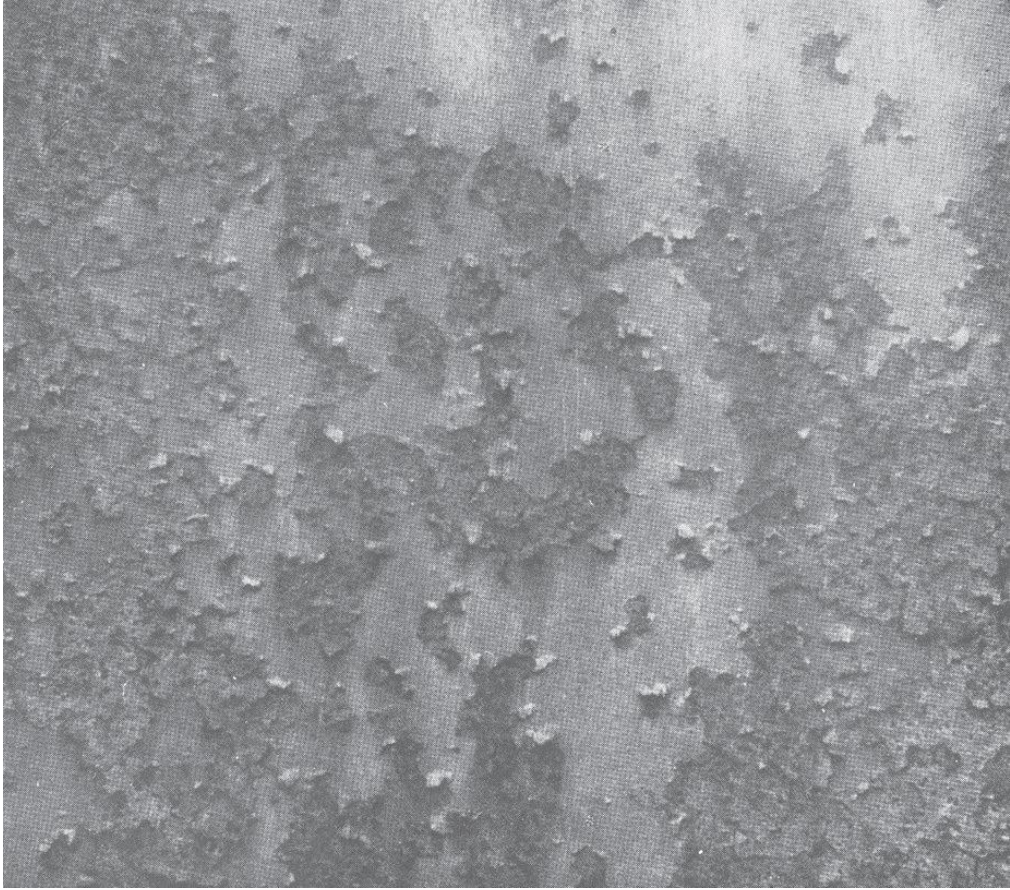
附图 4.2 生锈等级 Ri 2



附图 4.3 生锈等级 Ri 3



附图 4.4 生锈等级 Ri 4



附图 4.5 生锈等级 Ri 5

第 2 节 涂层膜厚测量

4.2.1 测量仪器

4.2.1.1 根据 GB/T 13452.2 选用磁感应型干膜测厚仪或涡电流干膜测厚仪进行测量,其中磁性基材选用磁感应型干膜测厚仪或涡电流干膜测厚仪,非磁性基材(如不锈钢、铝)选用涡电流干膜测厚仪。

4.2.1.2 磁感应干膜测厚仪量程为 $0\ \mu\text{m}\sim 1500\ \mu\text{m}$,精度为读数的 $\pm 5\%$ 或 $\pm 2.5\ \mu\text{m}$ 。

4.2.1.3 涡电流干膜测厚仪量程为 $0\ \mu\text{m}\sim 1200\ \mu\text{m}$,精度为读数的 $\pm 3\%$ 或 $\pm 1\ \mu\text{m}$ 。

4.2.1.4 必须保证仪器在使用之前处于良好工作状态,并经过正确校准:

- (1) 用无涂层的试板,以及厚度低于和高于指定干膜厚度的箔片/薄垫片进行仪器校正;
- (2) 有涂层的试板也可用来代替箔片/薄垫片;
- (3) 如果检定结果超出制造商给出的范围,该仪器将不能使用。

4.2.2 测量点选取

4.2.2.1 油漆膜厚按照附表 4.4 中的要求选取测量点数,测量点距离边缘、焊缝、空洞至少 15 mm。

油漆膜厚测量点数选取 附表 4.4

检测区域的面积(或长度)/m ² (或 m)	最少测量点数	可重复测量的最多测量点数
1 或以下	5	1
1-3	10	2
3-10	15	3
10-30	20	4
30-100	30	6
100 以上	每增加 100m ² 或 100m, 增加 10	最少测量点数量的 20%

注 1: 超过 1 000m² (或超过 1 000 m) 的区域应该分割成较小的检测区域;

注 2: 在一系列测量数据中,单个干膜厚度值不合格,可以在距离原测试点不超过 10mm 的地方进行重复测量。再次测量的数据将取代初次不合格的数据。新测量结果将成为单一干膜厚度值。如果该厚度值仍然不合格,则该数值不能被代替。

4.2.2.2 热浸镀锌涂层按照附表 4.5 中的要求选取测量参考区域,每个测量参考区域面积约 10 cm² 且至少测量 5 个点,测量点距离边缘、焊缝、空洞至少 10mm。

热浸镀锌涂层测量参考区域选取 附表 4.5

分类	检测区域的面积	参考区域的数量
a	>2m ²	≥3
b	>100cm ² 且 ≤2 m ²	≥1
c	>10cm ² 且 ≤100cm ²	1
d	≤10cm ²	1

注: 2m² = 200 cm×100 cm; 100 cm² = 10 cm×10 cm。

4.2.2.3 热喷锌涂层按照附表 4.6 中的要求选取测量参考区域,每个测量参考区域面积约 1dm² 且至少测量 5 个点,测量点距离边缘、焊缝、空洞至少 10mm。

热喷锌涂层测量参考区域选取 附表 4.6

分类	检测区域的面积/m ²	参考区域的数量
a	<1	2

热喷锌涂层测量参考区域选取 (续)

附表 4.6

分类	检测区域的面积/m ²	参考区域的数量
b	1-5	3
c	5-10	4
d	10-45	6
e	45-90	8
f	>90	商定

4.2.3 检测记录

涂层干膜厚度测量按附表4.7记录。

第 3 节 涂层附着力检测

4.3.1 检测方法及其记录

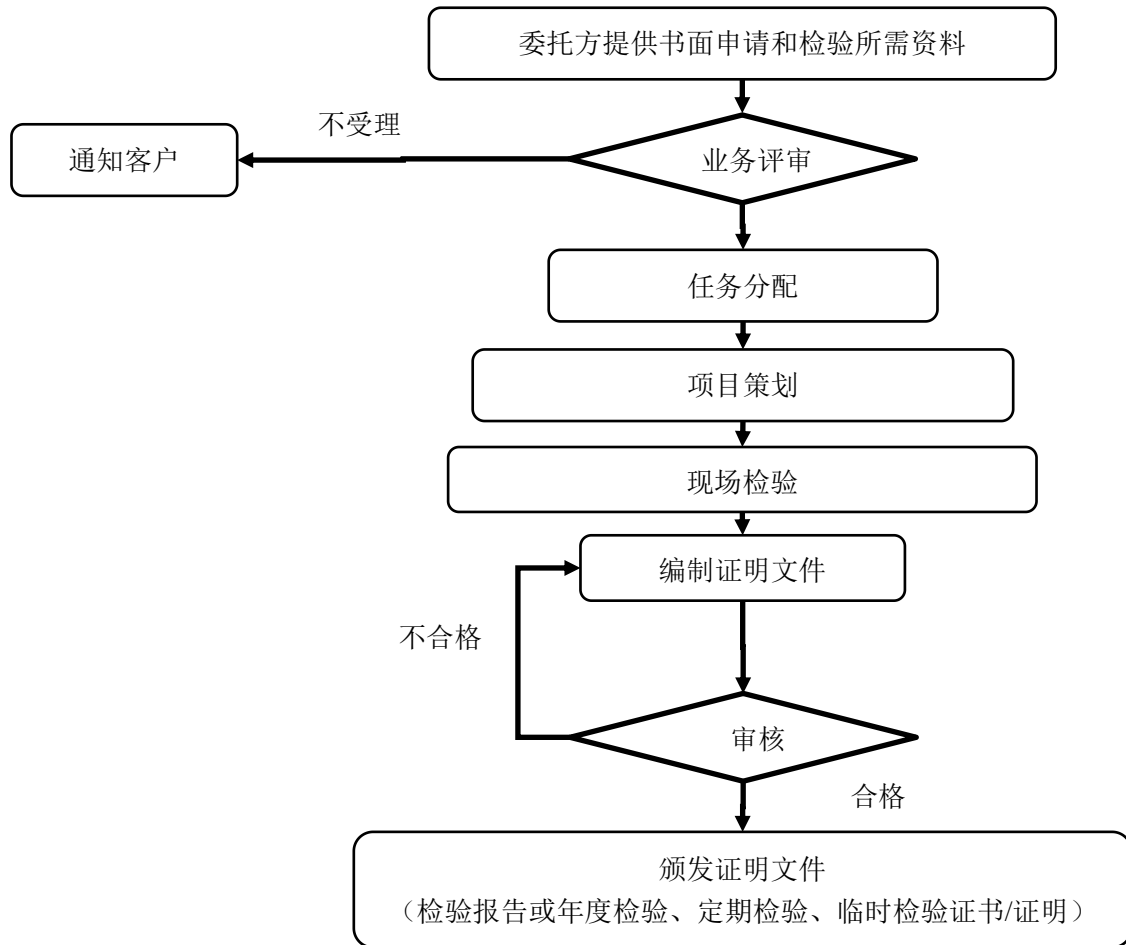
4.3.1.1 涂层附着力测试按 GB/T 5210 规定采用拉开法，并按附表 4.8 记录；干膜厚度在 250 μm 及以下，涂层附着力也可采用划格法，参见 GB/T 9286。

涂层附着力检测记录表（续）

附表 4.8

涂层附着力测量记录 第__页 共__页		
检测区域		
部位		
此处附测量照片		
工作编号：	日期	签名：

附录 5 防腐在役检验流程



附图 5.1 防腐在役检验流程

附录 6 常用 GB 和 ISO 标准对照表

国家标准 GB	国际标准 ISO
GB/T 1768 色漆和清漆 耐磨性的测定 旋转橡胶砂轮法	ISO 7784-2 Paints and varnishes — Determination of resistance to abrasion Part 2: Method with abrasive rubber wheels and rotating test specimen
GB/T 5210 色漆和清漆 拉开法附着力试验	ISO 4624 Paints and varnishes — Pull-off test for adhesion
GB/T 6742 色漆和清漆 弯曲试验 (圆柱轴)	ISO 1519 Paints and varnishes — Bend test (cylindrical mandrel)
GB/T 7790 色漆和清漆 暴露在海水中的涂层耐阴极剥离性能的测定	ISO 15711 Paints and varnishes — Determination of resistance to cathodic disbonding of coatings exposed to sea water
GB/T 8923.1 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分: 未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级	ISO 8501-1 Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Visual assessment of surface cleanliness — Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings
GB/T 8923.3 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 3 部分: 焊缝、边缘和其他区域的表面缺陷的处理等级	ISO 8501-3 Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Visual assessment of surface cleanliness Part 3: Preparation grades of welds, edges and other areas with surface imperfections
GB/T 9274 色漆和清漆 耐液体介质的测定	ISO 2812 Paints and varnishes — Determination of resistance to liquids Part 1: Immersion in liquids other than water
GB/T 9286 色漆和清漆 划格试验	ISO 2409 Paints and varnishes — Cross-cut test
GB/T 9793 热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金	ISO 2063 Thermal spraying — Zinc, aluminium and their alloys
GB/T 10123 金属和合金的腐蚀 术语	ISO 8044 Corrosion of metals and alloys — Vocabulary
GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验	ISO 9227 Corrosion tests in artificial atmospheres — Salt spray tests
GB/T 13288.2 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	ISO 8503-2 Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates Part 2: Method for the grading of surface profile of abrasive

	blast-cleaned steel — Comparator procedure
GB/T 13288.4 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4部分: ISO 表面粗糙度比较样块的校准和表面粗糙度的测定方法 触针法	ISO 8503-4 Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates Part 4: Method for the calibration of ISO surface profile comparators and for the determination of surface profile — Stylus instrument procedure
GB/T 13288.5 涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性 第5部分: 表面粗糙度的测定方法 复制带法	ISO 8503-5 Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates — Part 5: Replica tape method for the determination of the surface profile
GB/T 13452.2 色漆和清漆 漆膜厚度的测定	ISO 2808 Paints and varnishes — Determination of film thickness
GB/T 13893 色漆和清漆 耐湿性的测定 连续冷凝法	ISO 6270-2 Paints and varnishes — Determination of resistance to humidity Part 2: Condensation (in-cabinet exposure with heated water reservoir)
GB/T 18570.3 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第3部分: 涂覆涂料前钢材表面的灰尘评定(压敏粘带法)	ISO 8502-3 Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Tests for the assessment of surface cleanliness Part 3: Assessment of dust on steel surfaces prepared for painting (pressure-sensitive tape method)
GB/T 18570.6 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第6部分: 可溶性杂质的取样 Bresle 法	ISO 8502-6 Preparation of steel substrates before application of paints and related products Tests for the assessment of surface cleanliness Part 6: Extraction of water soluble contaminants for analysis (Bresle method)
GB/T 18570.9 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第9部分: 水溶性盐的现场电导率测定法	ISO 8502-9 Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Tests for the assessment of surface cleanliness Part 9: Field method for the conductometric determination of water-soluble salts
GB/T 19292.1 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第1部分: 分类、测定和评估	ISO 9223 Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Classification, determination and estimation
GB/T 23987 色漆和清漆 涂层的人工气候老化曝露 曝露于荧光紫外线和水	ISO 16474 Paints and varnishes — Methods of exposure to laboratory light sources
GB/T 30648.2 色漆和清漆 耐液体性	ISO 2812-2 Paints and varnishes —

的测定 第2部分：浸水法	Determination of resistance to liquids Part 2: Water immersion method
GB/T 30789.3 色漆和清漆 涂层老化的评价 缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识 第3部分：生锈等级的评定	ISO 4826-3 Paints and varnishes — Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance Part 3: Assessment of degree of rusting
GB/T 30795.5 色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第5部分：防护涂料体系	ISO 12944-5 Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems Part 5: Protective paint systems
GB/T 31415 色漆和清漆 海上建筑及相关结构用防护涂料体系性能要求	ISO 12944-9 Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems Part 9: Protective paint systems and laboratory performance test methods for offshore and related structures
GB/T 39154 金属和合金的腐蚀 混凝土用钢筋的阴极保护	ISO 12696 Cathodic protection of steel in concrete