

ICS 27.180

F 11

备案号: 64286-2018

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB / T 31133 — 2018

海上风电场风力发电机组混凝土基础 防腐蚀技术规范

Technical specification of anti-corrosion of offshore wind turbine
concrete foundation

2018-04-03 发布

2018-07-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本规定 2

5 混凝土基础防腐要求 2

6 运行维护 3

附录 A（规范性附录） 混凝土表面涂层耐碱试验 5

附录 B（规范性附录） 混凝土表面涂层抗氯离子渗透试验 6

附录 C（规范性附录） 混凝土表面硅烷浸渍材料要求 7

前 言

本规范依据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本规范的某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规范由中国电力企业联合会提出。

本规范由能源行业风电标准化技术委员会风电场运行维护分技术委员会（NEA/TC 1/SC3）归口并解释。

本规范起草单位：华能新能源股份有限公司、北京鉴衡认证中心有限公司、中国大唐集团新能源股份有限公司。

本规范主要起草人：何焱、郭辰、王际广、冯笑丹、蒋贲。

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

海上风电场风力发电机组混凝土基础 防 腐 蚀 技 术 规 范

1 范围

本规范规定了海上风电场风力发电机组混凝土基础的防腐蚀及运行维护技术要求。
本规范适用于海上风电场风力发电机组混凝土基础。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。
凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1740 漆膜耐湿热测定法

GB/T 1771 色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定

GB/T 1865 色漆和清漆 人工气候老化和人工辐射暴露 滤过的氙弧辐射

GB/T 5210 色漆和清漆 拉开法附着力试验

NB/T 31006 海上风电场钢结构防腐蚀技术标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

海上风力发电机组基础 offshore wind turbine foundation

位于海上风力发电机组塔架以下的支撑结构，能将作用在结构上的载荷传递到海床上。

3.2

大气区 atmospheric zone

最高天文潮位加 0.7 倍百年一遇有效波高以上暴露在大气环境中的区域。

3.3

飞溅区 splash zone

大气区下界至最高天文潮位减百年一遇有效波高之间在波浪作用下间歇被海浪飞溅的区域。

3.4

潮差区 tidal zone

飞溅区下界至最低天文潮位减百年一遇有效波高之间在潮汐和波浪作用下周期性被海水浸没的区域。

3.5

全浸区 underwater zone

潮差区以下的区域。

3.6

涂层保护 coating protection

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

3.7

阴极保护 cathodic protection

通过阴极极化控制金属电化学腐蚀的技术。阴极保护主要包括牺牲阳极法和强制电流法。

4 基本规定

4.1 海上风电场风力发电机组混凝土基础应进行防腐蚀耐久性设计，并应在耐久性设计中明确风电场运行过程中定期检测的要求。

4.2 海上风电场风力发电机组混凝土基础的腐蚀环境分为大气区、飞溅区、潮差区和全浸区。防腐蚀系统的设计、运行和维护应考虑到浮冰、高温、高湿等环境条件的影响。

4.3 防腐蚀系统的设计使用年限应不小于风力发电机组的设计使用年限。

4.4 混凝土基础表面可能受到船舶、漂浮物、流冰碰撞或海水激流冲刷的部位，应采用合理的保护措施。

4.5 防腐蚀耐久性设计可采用高性能混凝土、提高保护层厚度、表面涂覆、增加表面防护等措施。

4.6 基础的防腐蚀系统应能满足抵御泥沙和海浪冲刷的要求，在出现损坏或失效时，应及时采取补救措施。

5 混凝土基础防腐要求

5.1 性能要求

5.1.1 混凝土结构的强度等级应同时满足承载能力和耐久性要求，不同环境区域混凝土结构的最低强度等级、最大水胶比以及保护层最小厚度应符合表 1 的规定。

表 1 不同环境区域混凝土结构的最低强度等级、最大水胶比以及保护层最小厚度

环境等级	最低强度等级	最小胶凝材料用量 kg/m ³	最大水胶比	保护层最小厚度 mm
大气区	C45	360	0.4	45
飞溅区	C50	400	0.36	55
潮差区	C45	360	0.4	45
全浸区	C45	340	0.42	40

5.1.2 处于飞溅区的混凝土结构，宜采用高性能混凝土、混凝土表面涂层或表面硅烷浸渍、环氧涂层钢筋、钢筋阻锈剂等防腐蚀措施。

5.2 结构设计

5.2.1 混凝土结构的外形应简单、平顺，减小混凝土结构的比表面积。

5.2.2 结构构件应便于对关键部件进行检测和维修，应设置检测、维护和采取补充保护措施的通道。

5.3 混凝土表面防腐

5.3.1 混凝土结构表面可采用环氧涂层或硅烷浸渍方法进行防腐，具体防腐措施应根据结构特点及所处环境条件确定。

5.3.2 涂层保护应在混凝土龄期达到 28d 后实施，涂层设计使用年限应不少于 10 年。

5.3.3 混凝土结构表面的环氧涂层性能要求如下：

- a) 防腐蚀涂料应具有良好的耐碱性、附着性和耐蚀性；底层涂料应具有良好的渗透性能；表层涂料应具有良好的耐老化性能。

- b) 飞溅区及潮差区防腐蚀涂料应具有湿固化、耐磨损、耐冲击和耐老化等性能。
- c) 涂层性能应满足表 2 的要求。

表 2 混凝土涂层性能

项目	试验条件	依据标准	标 准
涂层性能	耐老化试验 2000h	GB/T 1865	无粉化、起泡、龟裂、剥落
	耐碱试验 30d 后	附录 A	不起泡、龟裂、剥落
	耐盐雾 4000h	GB/T 1771	无粉化、起泡、龟裂、剥落
	耐湿热 4000h	GB/T 1740	无粉化、起泡、龟裂、剥落
	附着力	GB/T 5210	4MPa
抗氯离子渗透性	活动涂层片抗氯离子渗透试验 30d 后	附录 B	氯离子穿过涂层片的渗透量在 5.0×10^{-3} mg/(cm ² ·d) 以下
注：涂层的耐老化性能试验采用涂装过的尺寸为 70mm×70mm×20mm 的砂浆试件进行测定。			

5.3.4 飞溅区混凝土基础结构表面宜采用硅烷浸渍进行防腐蚀保护，硅烷浸渍材料应满足附录 C 的要求。

5.4 钢筋及预埋钢结构防腐

- 5.4.1 钢筋和预埋钢结构保护层厚度应满足表 1 的要求。
- 5.4.2 处于飞溅区和潮差区的混凝土结构宜采用环氧涂层钢筋，可同时掺加钢筋阻锈剂进行防腐。
- 5.4.3 预埋钢结构可采用阴极保护方式进行防腐。
- 5.4.4 采用环氧清漆涂层的钢筋和预埋钢结构不应与阴极保护同时使用。

5.5 阴极保护

- 5.5.1 阴极保护系统的设计应符合 NB/T 31006 的技术要求。
- 5.5.2 每个独立被保护构件应至少设置一个阴极测量点，且宜处于方便到达和易于测量阴极保护电位的位置。测量点应采用耐海水不锈钢或紫铜棒制作。
- 5.5.3 预埋钢结构采用最低屈服强度大于 550MPa 的高强度碳钢材料时，应进行氢致应力开裂性能测试。

6 运行维护

- 6.1 应定期对海上混凝土结构的腐蚀状况及防腐蚀效果进行巡视检查和定期检测。
- 6.2 巡视检查周期宜为 3 个月，内容主要包括大气区和飞溅区涂层老化破坏状况、结构腐蚀状况，主要构件的阴极保护电位。
- 6.3 定期检测周期一般不超过 5 年，可根据巡视检查结果的腐蚀状况适当缩短检测周期。内容应包括结构（包括水下结构）腐蚀程度、评价防腐蚀系统效果、检测阴极保护系统近间距电位、预估防腐蚀系统使用年限、提出处理措施和意见。
- 6.4 清理海洋生物的方式应避免对防腐蚀系统造成损伤。
- 6.5 阴极保护系统的整个设计寿命期间应保持设计电位。在阴极保护系统能够稳定运行 3 年后可适当延长检测周期，但不应超过 1 年。在电位出现显著变化后，应及时调整检测周期，进行原因分析，并采取

相应的整改措施。

6.6 应根据当地气象、海况条件以及历史检查结果，制定相应的检查方案和检测频次。

6.7 出现冰凌、台风、地震、海啸等特殊气象后，应及时对混凝土基础防腐系统进行检查。

6.8 在海上风电场进行作业前，应评估对防腐系统的影响。对防腐系统有重大影响的作业结束后，应对混凝土基础防腐系统进行检查。

附 录 A
(规范性附录)
混凝土表面涂层耐碱试验

A.1 试验工具

A.1.1 试模，尺寸为 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 。

A.1.2 涂层湿膜厚度规，量程为 $0\mu\text{m} \sim 500\mu\text{m}$ 。

A.1.3 显微镜式测厚仪。

A.2 试验步骤

A.2.1 试验用混凝土块应采用不低于 C25 的混凝土，水泥宜采用 32.5 级普通硅酸盐水泥，用 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 试模成型 6 个混凝土块，并标准养护 28d。

A.2.2 涂层试件的制作：每个混凝土块的任一个非成型面，用饮用水和钢丝刷刷洗。如有气孔，用普通硅酸盐水泥砂浆填补。处理完毕后，置于室内，用纸覆盖，自然干燥 7d，即可涂装；将试验的配套涂料，依照其使用说明书要求，按底层、中间层、面层的顺序分别涂装，同时控制涂层的干膜总厚度为 $250\mu\text{m} \sim 300\mu\text{m}$ ，涂装过程中用湿膜厚度规检测各层的湿膜厚度，并用称重法核实各层涂料的涂布率 (kg/m^2 或 L/m^2)。试件制成后，置于室内自然养护 7d。

A.2.3 耐碱性试验：取 3 个试件，如图 A.1 所示，涂料涂层面朝上，半浸于水或饱和氢氧化钙溶液中 30d。试验过程中，每隔 1d~2d 检查涂层外观是否起泡、开裂或剥离等。

A.2.4 将余下的 3 个涂层试件，用显微镜式测厚仪检测涂层干膜总厚度，并计算至少 30 个测点的平均厚度。

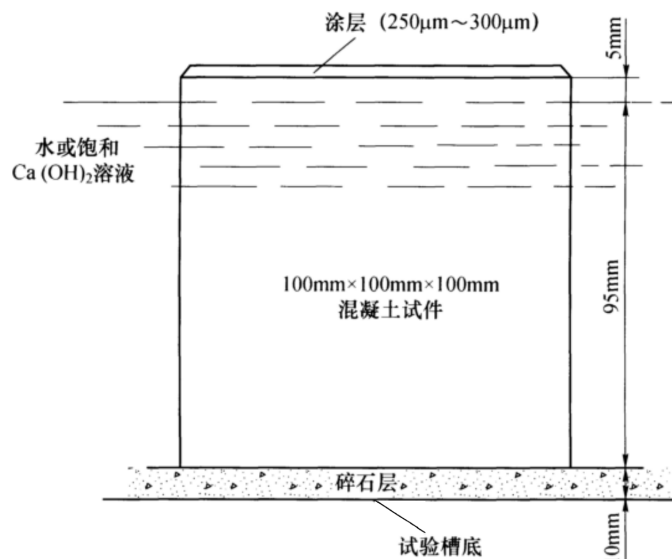


图 A.1 混凝土表面涂层耐碱性试验示意图

附录 B
(规范性附录)

混凝土表面涂层抗氯离子渗透试验

B.1 试验工具

B.1.1 内径为 40mm~50mm 的有机玻璃试验槽。

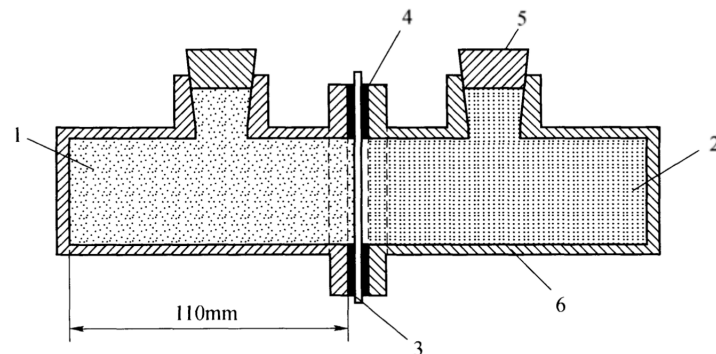
B.1.2 湿膜厚度规。

B.1.3 磁性测厚仪。

B.2 试验步骤

B.2.1 试验用的活动涂层片的制作是采用 150mm×150mm 的涂料细度纸作增强材料，将其平铺于玻璃板上，将试验的配套涂料，依照使用说明书的要求，先涂底层涂料一道，再涂中间层涂料两道、面层涂料一道。每一道涂膜施涂后，应立即将细度纸掀离玻璃板并悬挂在绳子上，经 24h 再涂下一道，如此反复施涂，用湿膜厚度规控制涂料形成的涂层干膜总厚度为 250μm~300μm。按此方法共制作三张活动涂层片。制成后，悬挂在室内自然养护 28d，再用磁性测厚仪测量涂层片的厚度，供试验使用。

B.2.2 将制得的活动涂层片剪成直径为 60mm 的试件，按图 B.1 所示方法进行抗氯离子渗透性试验。使试件涂漆的一面朝向 3%食盐水；细度纸的另一面朝向蒸馏水。共用三组装置。置于室内常温条件下进行试验，经 30d 试验终结后，测定蒸馏水中的氯离子含量。



说明：

1—3%食盐水；

2—蒸馏水；

3—试件（活动涂层片）；

4—硅橡胶填料；

5—硅橡胶塞；

6—试验槽。

图 B.1 混凝土表面涂层抗氯离子渗透性试验装置示意图

附 录 C

(规范性附录)

混凝土表面硅烷浸渍材料要求

C.1 硅烷浸渍适用于海港工程飞溅区混凝土结构表面的防腐蚀保护。宜采用异丁烯三乙氧基硅烷单体作为硅烷浸渍材料，其他硅烷浸渍材料经论证可行后也可采用。异丁烯三乙氧基硅烷质量应满足下列要求：

- a) 异丁烯三乙氧基硅烷含量不应小于 98.9%；
- b) 硅氧烷含量不应大于 0.3%；
- c) 可水解的氯化物含量不应大于 0.01%；
- d) 密度应为 0.88g/cm^3 ；
- e) 活性应为 100%，不得用溶剂或其他液体稀释。

C.2 浸渍硅烷前应进行喷涂试验。试验内容包括试样吸水率、硅烷浸渍深度和氯化物吸收量的降低效果。当试验结果符合 C.3 条规定的合格判定标准时，方可在结构上浸渍硅烷。

C.3 浸渍硅烷质量的验收应以每 500m^2 浸渍面积为一个浸渍质量的验收批。浸渍硅烷工作完成后，应进行吸水率、硅烷浸渍深度、氯化物吸收量的降低效果试验。当任一验收批硅烷浸渍质量的三项测试结果中任意一项不满足下列要求时，该验收批应重新浸渍硅烷：

- a) 吸水率平均值不应大于 $0.01\text{mm}/\text{min}^{1/2}$ ；
- b) 浸渍深度应达到 $2\text{mm}\sim 3\text{mm}$ ；
- c) 氯化物吸收量的降低效果平均值不应小于 90%。

C.4 硅烷的浸渍深度宜采用染料指示法评定。浸渍硅烷前的喷涂试验可采用热分解气相色谱法，当硅烷喷涂施工中对染料指示法的检测结果有疑问时，也可采用热分解色谱法进行最终结果评定。

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
海上风电场风力发电机组混凝土基础
防 腐 蚀 技 术 规 范
NB/T 31133—2018

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京传奇佳彩数码印刷有限公司印刷

*

2019年1月第一版 2019年1月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 16千字
印数 001—200册

*

统一书号 155198·1073 定价 11.00元

版 权 专 有 侵 权 必 究
本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信

为您提供最及时、最准确、最权威的电力标准信息



155198.1073