



中国腐蚀与防护学会团体标准

T/CSCP 0026-2024

海洋大气环境腐蚀性分级方法

Marine atmospheric environment corrosivity classification
method

2024年11月23日发布

2025年1月1日实施

中国腐蚀与防护学会 发布

前 言

本文件参考 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及第8条与专利 CN110346273B 相关的专利的使用。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构承诺，他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款或条件下，就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可以通过以下联系方式获取：

专利持有人姓名：北京科技大学

地址：100083 北京市海淀区学院路 30 号

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国腐蚀与防护学会提出。

本文件由中国腐蚀与防护学会归口。

本文件起草单位：北京科技大学、钢铁研究总院青岛海洋腐蚀研究所、鞍钢股份有限公司、钢铁研究总院有限公司、中国船舶重工集团公司第七二五研究所、宝山钢铁股份有限公司。

本文件主要起草人：程学群、武会宾、张波、赵坦、汪兵、王晶晶、郝英敏、李文斌、陈小平、张志慧、吴俊升、王伦滔、杨小佳、李众、刘超、王炳钦。

本文件为首次发布。

海洋大气环境腐蚀性分级方法

1 范围

本文件规定了耐蚀钢在海洋大气环境中的腐蚀性分级方法，包括环境腐蚀性因子法、标准金属试样腐蚀速率法、腐蚀大数据传感器法等方法进行环境腐蚀性等级评定。

本文件适用于不同海洋大气环境条件下的耐蚀钢结构的腐蚀性分级。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 10123 金属和合金的腐蚀 基本术语和定义

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

GB/T 19292.2 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第2部分：腐蚀等级的指导值

GB/T 19292.3 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第3部分：影响大气腐蚀性环境参数的测量

GB/T 19292.4 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第4部分：用于评估腐蚀性的标准式样的腐蚀速率的测定

T/CSCP 0004-2022 材料腐蚀大数据评价技术—累积腐蚀积分电量法

3 术语和定义

GB/T 10123 和 GB/T 19292.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

腐蚀大数据 corrosion big data

包含腐蚀和其他至少三组腐蚀影响因素的连续数据流。

【来源：T/CSCP 0004-2022 材料腐蚀大数据评价技术—累积腐蚀积分电量法】

3.2

腐蚀大数据传感器 corrosion big data sensor

以腐蚀电流大小反映被测金属在指定环境中腐蚀速率的传感器。

3.3

润湿时间 time of wet

金属表面被能导致大气腐蚀吸附物或（和）电解质液膜覆盖的时间。

3.4

海洋大气整体环境 marine atmosphere overall environment

指钢结构所处的地理位置所在的整体海洋大气环境，包括大气中的湿度、温度、盐分、污染物等主要气象和化学腐蚀因子对钢结构腐蚀的影响。该环境决定了钢结构在所在区域的平均腐蚀速率。

3.5

海洋大气局部环境 marine atmosphere local environment

指围绕钢结构所在区域的较小范围环境因素，包括近距离的温湿度变化、空气污染物浓度、海风暴雨等局部气候和污染因子。局部环境的变化对钢结构腐蚀速率及腐蚀类型有显著影响，通常在建筑物或设施周围出现的特殊气候现象和人为污染源产生影响。

3.6

海洋大气微环境 marine atmosphere microenvironment

指钢结构表面或连接部位的微小局部环境，通常由于某些特殊设计或物理构造，如接头处、缝隙、阴影区域或水流滞留的部位，使得湿气、盐分或化学物质积聚，从而加速局部腐蚀的发生。这些微环境往往因局部集水、气流受限等因素而导致腐蚀速率显著提高。

4 海洋大气环境腐蚀性等级

无论对钢结构所处海洋大气整体环境、局部环境和微环境，环境腐蚀分级方法是相同的，环境腐蚀性等级分为六级，见表 1。

表 1 海洋大气环境腐蚀性等级

腐蚀等级	环境腐蚀性
C1	很低
C2	低
C3	中等
C4	高
C5	很高
CX	极高

5 海洋大气环境腐蚀性分级方法

采用不同分级方法对海洋大气环境腐蚀性进行测定时，如出现分级结果不一致，首先以标准金属样品测量的腐蚀速率分级结果为准，其次参考基于腐蚀大数据传感器的腐蚀速率分级结果。

5.1 根据海洋大气自然环境参数进行分级

根据钢结构所处海洋大气整体环境、钢结构局部环境和钢结构微环境监测一年的平均润湿时间和

污染物等级对耐蚀钢海洋大气环境腐蚀性进行分级。以海洋大气整体环境持续润湿时间，以及海洋大气微环境或海洋大气局部环境的 Cl^- 和 SO_2 浓度进行标定的海洋大气环境腐蚀性等级划分方法参考表 2。

表 2 根据标准海洋大气自然环境参数进行的海洋大气环境腐蚀性分级方法

环境腐蚀性等级															
	$\tau 1$			$\tau 2$			$\tau 3$			$\tau 4$			$\tau 5$		
	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3	S0-S1	S2	S3
P0-P1	C1	C1	C2	C1	C2	C4	C2	C4	C4	C3	C4	C5	C4	C5	C5
P2	C1	C1	C2	C2	C3	C4	C4	C4	C5	C4	C4	C5	C4	C5	C5
P3	C2	C2	C2	C2	C3	C4	C4	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5

5.2 根据标准金属试样测量的腐蚀速率进行分级

根据标准金属试样在海洋大气整体环境中暴露一年的腐蚀速率对海洋大气环境腐蚀性进行分级。一年期暴晒试验宜始于春季或秋季。在有明显季节性差异的气候环境中，建议在腐蚀性最强的时期开始试验。不能简单地利用第一年的腐蚀速率外推估计长期的腐蚀行为。

5.3 根据腐蚀大数据传感器测量的腐蚀速率进行分级

利用腐蚀大数据传感器，在海洋大气环境中选择盐雾浓度较高的时段，对环境腐蚀性进行腐蚀大数据传感器监测，监测周期可设为一周或一个月，以监测的传感器腐蚀速率对环境腐蚀性进行分级。根据实际情况，可加强监测频次和数据采集密度。

6 海洋大气钢结构自然环境参数分级评定

6.1 润湿时间的分级评定

6.1.1 润湿时间的测定

对于海洋大气自然环境中大气润湿时间的测定依照 GB/T 19292.3 规定，其中润湿时间计算表见附录 A，或使用湿度腐蚀大数据传感器方法。

6.1.2 润湿时间的分级

根据测定的海洋大气自然环境中大气年润湿时间数据或湿度腐蚀大数据传感器测定的一周的润湿时间数据，依照 GB/T 19292.1 规定对海洋大气自然环境腐蚀性分级，见表 3。

表 3 海洋大气环境湿润时间分级方法

等级	年润湿时间 (h/a)	周润湿时间 (h/w)
$\tau 1$	$\tau \leq 500$	$\tau \leq 9.6$
$\tau 2$	$500 < \tau \leq 1500$	$9.6 < \tau \leq 28.8$
$\tau 3$	$1500 < \tau \leq 4000$	$28.8 < \tau \leq 76.9$
$\tau 4$	$4000 < \tau \leq 6000$	$76.9 < \tau \leq 115.4$
$\tau 5$	$6000 < \tau$	$115.4 < \tau$

6.2 污染物的分级评定

6.2.1 污染物的测定

海洋大气自然环境中的污染物主要分为两类：由 SO_2 造成的污染和由空气中的 Cl^- 造成的污染。对于环境中污染物的测定依照 GB/T 19292.3 规定。

6.2.2 污染物的分级

根据测定的海洋大气自然环境中污染物数据对海洋大气环境污染物浓度进行分级，分级方法参考表 4 和表 5。

表 4 海洋大气环境 SO_2 浓度分级方法

等级	单位	浓度范围
P0	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$	$\text{SO}_2 \leq 10$
P1	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$	$10 < \text{SO}_2 \leq 35$
P2	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$	$35 < \text{SO}_2 \leq 80$
P3	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$	$80 < \text{SO}_2 \leq 200$

表 5 海洋大气环境 Cl^- 浓度分级方法

等级	单位	浓度范围
S0	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$	$\text{Cl}^- \leq 60$
S1	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$	$60 < \text{Cl}^- \leq 300$
S2	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$	$300 < \text{Cl}^- \leq 1500$
S3	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$	$1500 < \text{Cl}^-$

7 根据标准金属试样测量的腐蚀速率进行分级评定

7.1 标准金属试样的腐蚀速率的测定

标准金属（碳钢和耐蚀钢）试样在海洋大气钢结构自然环境下暴露一年的腐蚀速率值的测定依照 GB/T 19292.4 规定。

7.2 根据标准金属试样测量的腐蚀速率进行分级

根据测定的标准金属（碳钢和耐蚀钢）试样在海洋大气钢结构自然环境暴露一年的腐蚀速率，依照表 6 给出的标准金属试样在海洋环境暴晒一年的腐蚀速率指导值对海洋大气环境腐蚀性进行分级。

表 6 标准金属试样暴露一年的腐蚀速率指导值

环境腐蚀等级	腐蚀速率 ($\mu\text{m/a}$)	
	碳钢	耐蚀钢
C1	$r_{\text{corr}} \leq 25$	$r_{\text{corr}} \leq 25$
C2	$25 < r_{\text{corr}} \leq 50$	$25 < r_{\text{corr}} \leq 40$
C3	$50 < r_{\text{corr}} \leq 80$	$40 < r_{\text{corr}} \leq 70$
C4	$80 < r_{\text{corr}} \leq 150$	$70 < r_{\text{corr}} \leq 90$
C5	$150 < r_{\text{corr}} \leq 250$	$90 < r_{\text{corr}} \leq 180$
CX	$250 < r_{\text{corr}}$	$180 < r_{\text{corr}}$

8 根据腐蚀大数据传感器测量的腐蚀速率进行分级

8.1 腐蚀大数据的传感器的腐蚀速率的测定

通过腐蚀大数据传感器的方法测定碳钢和耐蚀钢标准试样在海洋大气环境暴露一周或一个月的腐蚀速率或稳态腐蚀累计积分电量值。材料腐蚀速率及稳态腐蚀累计腐蚀积分电量换算方法见附录 B。碳钢和耐蚀钢材料腐蚀大数据传感器的制备，可参考专利 CN110346273B 中所述的大数据传感器电极制备方法。

8.2 根据腐蚀大数据传感器的腐蚀速率进行分级

根据腐蚀大数据传感器测定的碳钢和耐蚀钢标准试样在海洋大气环境暴露一周或一个月的腐蚀速率或稳态腐蚀累计积分电量数据，依照表 7 给出的腐蚀大数据传感器测量一周的稳态腐蚀累计积分电量指导值对海洋大气环境腐蚀性进行分级。

表 7 腐蚀大数据传感器测量一周的稳态腐蚀累计积分电量指导值

环境腐蚀等级	累计积分电量 ($Q, \mu\text{C}$)	
	碳钢	耐蚀钢
C1	$Q \leq 6$	$Q \leq 6$
C2	$6 < Q \leq 85$	$6 < Q \leq 56$
C3	$85 < Q \leq 340$	$56 < Q \leq 284$
C4	$340 < Q \leq 1100$	$284 < Q \leq 568$
C5	$1100 < Q \leq 5100$	$568 < Q \leq 4546$
CX	$5100 < Q$	$4546 < Q$

附录 A
(资料性)

表 A.1 润湿时间计算和气候特征选择

气候类型	每年最大值的平均值 ^a			润湿时间计算/(RH>80%, $\theta > 0^{\circ}\text{C}$)	润湿时间分级
	低温/ $^{\circ}\text{C}$	高温/ $^{\circ}\text{C}$	最高温度/ $^{\circ}\text{C}$ (RH \geq 95%)		
极冷	-65	+32	+20	0~500	1级或2级
冷	-50	+32	+20	150~2500	2级或3级
稍冷	-33	+34	+23	2500~4200	4级
温暖	-20	+35	+25		
干热	-20	+40	+27	10~1600	2级或3级
很干热	-5	+40	+27		
非常干热	+3	+55	+28		
湿热	+5	+40	+31	4200~6000	4级或5级
非常湿热	+13	+35	+33		

^a 参见 IEC 721-2-1: 1998 《环境条件分类 第2部分: 自然环境条件 温度和湿度》

附录 B
(资料性)

材料腐蚀大数据评价技术—累计腐蚀积分电量法计算样品腐蚀速率

B.1 累计腐蚀积分电量计算方法

瞬态腐蚀电流密度随时间的积分表示单位面积传感器累计积分电量，可以用其反映腐蚀的总累积量。

相对腐蚀电流强度值随时间的总积分由以下函数表示：

$$Q_i = \sum_{n=1}^{n=T} (j_1 + j_2 + j_3 + \dots + j_n) \times \Delta t \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中，

Q_i ——腐蚀传感器累积积分电量，单位为库伦 (C)；

j_n —— $n = t$ 时刻的瞬态腐蚀电流密度；

Δt ——瞬态腐蚀电流密度采集时间间隔。

每次采集瞬态腐蚀电流密度时， Q_i 值都会被叠加并计算，并将计算结果绘制成累积腐蚀量曲线。

累计腐蚀积分电量反映的是材料自试验开始至一个试验周期结束后的连续累计损失值，可通过对传感器进行标定，换算成材料腐蚀损失。

B.2 累计稳态腐蚀积分电量与腐蚀速率转换规则

采用标准化的腐蚀大数据传感器在标准腐蚀环境中进行测试，并将其累计腐蚀量作为参考值来评定碳钢腐蚀耐大气腐蚀等级。按照下式计算：

$$Q = \frac{2.74 \times T \times \rho \times S \times z \times F \times r}{M} \times 10^{-4} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中，

Q ——积分电量，单位为库伦 (C)；

T ——试验时间，单位为天；

ρ ——密度 7.68 g/cm³；

S ——工作面积，单位为平方厘米 (cm²)；

z ——电荷数， $z = 2$ ；

F ——法拉第常数 96485 C/mol；

r ——腐蚀速率，单位为毫米每年 (mm/a)；

M ——摩尔质量 56 g/mol。