中国腐蚀与防护学会标准

T/CSCP 0014-2024

输电线路杆塔及其相关设施用金属材料大气环境腐蚀性分级方法

Classification method for atmospheric corrosiveness of metal materials used in transmission line towers and related facilities

2024-11-01 发布　　2025-01-01 实施

中国腐蚀与防护学会 发布

前　言

本标准按照 GB/T 1.1-2020 给出的规则起草。

本标准由中国腐蚀与防护学会提出并归口。

本标准主要起草单位：北京科技大学

本标准参加起草的单位：国网四川省电力公司电力科学研究院、国网四川省电力公司、国网福建省电力有限公司电力科学研究院、中国电力科学研究院有限公司、国网电力工程研究院有限公司、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、国网湖南省电力有限公司电力科学研究院、国网陕西省电力公司电力科学研究院、国网天津市电力公司电力科学研究院、国网江西省电力有限公司电力科学研究院、国网（西安）环保技术中心有限公司、国网湖北省电力有限公司电力科学研究院、国网四川省电力公司凉山供电公司、国网四川省电力公司广元供电公司、国网四川省电力公司巴中供电公司、国网四川省电力公司内江供电公司、国网四川省电力公司宜宾供电公司

本标准主要起草人：杜翠薇、李晓刚、程学群、王志高、陈俊杰、兰新生、李富祥、李旭旭、李训、王方强、王昕煜、王涛、张帆、杨小佳、杨国威、王伦滔、 李众、李清、徐迪、孙雷、杨体绍、田倩倩、刘涛、王杰、曾晓亮、林德源、万芯瑗、夏晓健、张强、陈云、黄路遥、郝文魁、易盼、黄耀、胡家元、周宇通、柳森、陈军君、王军、谢亿、欧阳克俭、丁德、白晓春、伍发元、张莹、于金山、夏亚龙、毛嫚、李昆、马建刚、吴跃伟、田刚、王玉龙、骆相材、刘卫东。

目录

1 范围.....1
2 规范性引用文件.....1
3 术语和定义.....1
4 输电线路杆塔及其相关设施用金属材料大气环境腐蚀性等级.....2
5 输电线路杆塔及其相关设施用金属材料大气环境腐蚀性分级方法.....2
6 根据标准金属试样测量的腐蚀速率进行分级评定.....3
7 根据腐蚀大数据传感器测量的腐蚀速率进行分级评定.....4
8 根据输电线路杆塔及其相关设施用金属材料大气环境参数进行分级评定.....4
附录 A 润湿时间计算和气候特征选择.....6
附录 B 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.....7

1 范围

本标准规定了输电线路杆塔及其相关设施用金属材料大气环境腐蚀性的分级方法。包括环境腐蚀性因子分级方法、标准金属试样的腐蚀速率分级方法以及腐蚀大数据传感器分级方法等进行环境腐蚀性等级评定。

本标准适用于不同地区和不同气候条件下输电线路杆塔及其相关设施用金属材料大气环境腐蚀性的分级。

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。凡是标注日期的引用文件，仅标注日期的版本适用于本文件。凡是不标注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改版）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 10123-2022，ISO 8044:2020，IDT)

GB/T 19292.1 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第 1 部分：分类（GB/T 19292. 1-2018，ISO 9223:2012，IDT）

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. 2-2018，ISO 9224:2012，IDT）

GB/T 19292.3 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第 3 部分：污染物的测量（GB/T 19292. 3-2018，ISO 9225:2012，IDT）

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试样的腐蚀速率的测定（GB/T 19292. 4-2018，ISO 9226:2012，IDT）

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

包含腐蚀和其他至少三组腐蚀影响因素的连续数据流。

3.2 腐蚀大数据传感器

以腐蚀电流大小反映被测金属材料在指定大气环境中腐蚀速率的传感器。

3.3 润湿时间

金属表面被能导致大气腐蚀的吸附物或（和）电解质液膜覆盖的时间。

3.4 输电线路杆塔及其相关设施用金属材料所处大气环境

包括输电线路杆塔及其相关设施用金属材料所处大气整体环境、局部环境和局部微环境。

3.5 输电线路杆塔及其相关设施用金属材料所处整体环境

指输电线路设施所在地理位置的主要环境。该环境主要受该地区的大气环境腐蚀性因素影响，决定着输电线路杆塔及其相关设施用金属材料在该地区的平均腐蚀速率。

3.6 输电线路杆塔及其相关设施用金属材料所处局部环境

指围绕输电线路杆塔及其相关设施用金属材料的主要环境。该类环境包括局部范围内的温湿度和污染参数，决定着局部范围内输电线路杆塔及其相关设施用金属材料的腐蚀速率及腐蚀类型。

3.7 输电线路杆塔及其相关设施用金属材料所处局部微环境

指输电线路杆塔及其相关设施上连接件或紧固件用金属材料所处的局部微环境。如连接件的缝隙处，液体容易在此处贮存，极大加速连接件或紧固件的腐蚀。

4 输电线路杆塔及其相关设施用金属材料大气环境腐蚀性等级

对输电线路杆塔及其相关设施所处整体环境、输电线路杆塔及其相关设施用金属材料局部环境和输电线路杆塔及其相关设施上连接件或紧固件用金属材料局部微环境，大气环境腐蚀分级方法是相同的，表 1 为大气环境腐蚀性等级。

表 1 输电线路杆塔及其相关设施用金属材料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 输电线路杆塔及其相关设施用金属材料大气环境腐蚀性分级方法

大气环境腐蚀性分类应按第 6 章进行标准金属试样 1 年期暴露试验测定，不能测定时，应按第 7 章或第 8 章进行腐蚀性评估。

5.1 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大气环境中暴露一年的腐蚀速率对输电线路杆塔及其相关设施用金属材料环境腐蚀性进行分级。

5.2 根据腐蚀大数据传感器测量的腐蚀速率进行分级

根据腐蚀大数据传感器在以上三种环境中暴露一周或一个月的腐蚀速率对输电线路杆塔及其相关设施用金属材料大气环境腐蚀性进行分级。

5.3 根据输电线路杆塔及其相关设施用金属材料大气环境参数进行分级

根据输电线路杆塔及其相关设施所处整体环境、输电线路杆塔及其相关设施用金属材料局部环境和输电线路杆塔及其相关设施上连接件或紧固件用金属材料局部微环境监测一年的平均润湿时间和污染物等级对输电线路杆塔及其相关设施用金属材料环境腐蚀性进行分级。

6 根据标准金属试样测量的腐蚀速率进行分级评定

6.1 标准金属试样的腐蚀速率的测定

标准金属（碳钢、锌、铝、铜、不锈钢、耐候钢、镀锌钢）试样在输电线路杆塔及其相关设施所处大气环境下暴露一年的腐蚀速率值的测定依照 GB/T 19292.4 规定。

6.2 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试样在输电线路杆塔及其相关设施用金属材料所处大气环境下暴露 1 年的腐蚀速率，依照 GB/T 19292.1 规定对输电线路杆塔及其相关设施用金属材料大气环境腐蚀性分级。表 2 为不同腐蚀性等级标准金属暴晒第一年的腐蚀速率 r_{corr}。

表 2 为不同腐蚀性等级标准金属暴晒第一年的腐蚀速率 r_{corr}

腐蚀性等级	金属腐蚀速率 r_{corr}				
	单位	碳钢	锌	铜	铝
C1	g/(m²•a) μm/a	$r_{corr}\leqslant 10$ $r_{corr}\leqslant 1.3$	$r_{corr}\leqslant 0.7$ $r_{corr}\leqslant 0.1$	$r_{corr}\leqslant 0.9$ $r_{corr}\leqslant 0.1$	忽略 -
C2	g/(m²•a) μm/a	$10<r_{corr}\leqslant 200$ $1.3<r_{corr}\leqslant 25$	$0.7<r_{corr}\leqslant 5$ $0.1<r_{corr}\leqslant 0.7$	$0.9<r_{corr}\leqslant 5$ $0.1<r_{corr}\leqslant 0.6$	$r_{corr}\leqslant 0.6$ -
C3	g/(m²•a) μm/a	$200<r_{corr}\leqslant 400$ $25<r_{corr}\leqslant 50$	$5<r_{corr}\leqslant 15$ $0.7<r_{corr}\leqslant 2.1$	$5<r_{corr}\leqslant 12$ $0.6<r_{corr}\leqslant 1.3$	$0.6<r_{corr}\leqslant 2$ -
C4	g/(m²•a) μm/a	$400<r_{corr}\leqslant 650$ $50<r_{corr}\leqslant 80$	$15<r_{corr}\leqslant 30$ $2.1<r_{corr}\leqslant 4.2$	$12<r_{corr}\leqslant 25$ $1.3<r_{corr}\leqslant 2.8$	$2<r_{corr}\leqslant 5$ -
C5	g/(m²•a)	$650<r_{corr}\leqslant 1500$	$30<r_{corr}\leqslant 60$	$25<r_{corr}\leqslant 50$	$5<r_{corr}\leqslant 10$

	μm/a	80＜r_{corr}≤200	4.2＜r_{corr}≤8.4	2.8＜r_{corr}≤5.6	-
CX	g/(m²•a) μm/a	1500＜r_{corr}≤5500 200＜r_{corr}≤700	60＜r_{corr}≤180 8.4＜r_{corr}≤25	50＜r_{corr}≤90 5.6＜r_{corr}≤10	r_{corr}＞10 -

注 1：分类标准是基于用于腐蚀性评估得标准试样腐蚀速率的测定方法（见 ISO 9226）。

注 2：以克每平方米年表示的腐蚀速率被换算为微米每年，并且进行四舍五入。

注 3：标准金属材料表征见 ISO 9226。

注 4：铝经受不均匀腐蚀和局部腐蚀。表中所列腐蚀速率是按均匀腐蚀计算得到的。最大点蚀坑深度和点蚀坑数量是潜在破坏性的最好指示，这取决于最终的应用。鉴于钝化作用和逐渐降低的腐蚀速率，不均匀腐蚀和局部腐蚀不能在暴晒第一年后就用于评估。

注 5：腐蚀速率超过 C5 等级上限是极端情况。腐蚀性等级 CX 是指特定的海洋和海洋工业环境（详见 GB/T 19292.1-2018 附录 C）。

7 根据腐蚀大数据传感器测量的腐蚀速率进行分级评定

7.1 腐蚀大数据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标准金属（碳钢、锌、铝、铜、不锈钢、耐候钢、镀锌钢）试样在输电线路杆塔及其相关设施用金属材料所处大气环境中暴露 1 周或 1 个月的腐蚀速率值。材料腐蚀速率的计算方法见附录 B。

7.2 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标准金属试样在输电线路杆塔及其相关设施用金属材料所处大气环境中暴露 1 周或 1 个月的腐蚀速率数据，依照 GB/T 19292.1 规定对输电线路杆塔及其相关设施用金属材料大气环境腐蚀性分级。

8 根据输电线路杆塔及其相关设施用金属材料大气环境参数进行分级评定

8.1 润湿时间的分级评定

8.1.1 润湿时间的测定

对于输电线路杆塔及其相关设施用金属材料所处大气环境中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，或使用腐蚀大数据传感器方法。

8.1.2 润湿时间的分级

根据测定的输电线路杆塔及其相关设施用金属材料在大气环境中润湿时间数据，依照 GB/T 19292.1 规定对输电线路杆塔及其相关设施用金属材料大气环境的腐蚀性分级。

8.2 污染物的分级评定

8.2.1 污染物的测定

输电线路杆塔及其相关设施用金属材料所处大气环境中的污染物主要分为两类：由SO_2造成的污染和由Cl^-造成的污染。对于大气环境中污染物的测定依照 GB/T 19292.3 规定，或使用腐蚀大数据传感器方法。

8.2.2 污染物的分级

根据测定的输电线路杆塔及其相关设施用金属材料大气环境中污染物数据，依照 GB/T 19292.1 规定对输电线路杆塔及其相关设施用金属材料大气环境腐蚀性进行分级。

附录 A 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％，θ＞0℃)	润湿时间分级
	低温/℃	高温/℃	最高温度/℃（RH≥95％）		
极冷	-65	+32	+20	0～100	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 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：

$$Qi=\Sigma(j1+j2+j3+\cdots+jn)n=Tn=1\Delta t \qquad \text{(B-1)}$$

B-1 式中，Qi 为腐蚀传感器累积积分电量，单位为库伦 C；jn 为 n = t 时刻的瞬态腐蚀电流密度；Δt 为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，Qi 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 累计腐蚀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：

$$Q = 2.74T\rho SzFr\ M \times 10^{-4} \qquad \text{（B-2）}$$

其中，

r：腐蚀速率，mm/a

Q：积分电量，C

M：mol 质量，56 g/mol

T：试验时间，天，

ρ：密度，7.68 g/cm^3

S：工作面积，cm^2

z：电荷数，z =2

F：法拉第常数，96485 C/mol