

ICS 29.240.01

CCS F 20

团体标准

T/CCCTA 0048—2024

输变电设备用防腐蚀材料 实验室性能测试方法

Test methods for laboratory performance of anti-corrosion materials of power transmission and transformation equipment

2024-04-29 发布

2024-07-29 实施

中国腐蚀控制技术协会 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	3
4 实验室测试样板制备及养护	4
5 实验室测试	4
5.1 一般规定	4
5.2 防腐涂料的测试项目及测试方法	4
5.3 金属涂镀层的测试项目及测试方法	6
5.4 防腐涂层体系的性能要求及实验室测试方法	6
6 测试结果评定	8
6.1 总则	8
6.2 防腐体系实验室测试的评定	8
7 试验报告	9

前 言

本文件按照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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国腐蚀控制技术协会提出。

本文件由中国腐蚀控制技术协会团体标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中国南方电网有限责任公司超高压输电公司柳州局、沈阳中科腐蚀控制工程技术有限公司、华北电力科学研究院有限责任公司、四川轻化工大学、沈阳中科环境工程科技开发有限公司、沈阳工业大学、中国腐蚀控制技术协会、中蚀国际腐蚀控制工程技术有限公司（北京）有限公司。

本文件主要起草人：何学敏、孙阔腾、钟万才、陈极升、杨武志、王荣超、郑奇凯、吴玉胜、王熙俊、刘子豪、陈博、臧晗宇、吴华成、尤俊华、张秀丽、李新跃、周开宇、底广辉、窦宝捷、赵群、邢峻、李侠、刘福云。

输变电设备防腐蚀材料实验室性能测试方法

1 范围

本文件规定了输变电设备用防腐蚀材料的实验室性能测试项目及测试方法、测试结果评定、实验报告的要求。

本文件适用于输变电设备用防腐蚀材料实验室性能测试及评价。

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 1408.1 绝缘材料电气强度试验方法 第1部分 工频下试验

GB/T 1410 固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法

GB/T 1720 漆膜附着力测定法

GB/T 1725 色漆、清漆和塑料 不挥发物含量的测定

GB/T 1728 漆膜 腻子膜干燥时间测定法

GB/T 1730 色漆和清漆 摆杆阻尼试验

GB/T 1731 漆膜柔韧性测定法

GB/T 1732 漆膜耐冲击测定方法

GB/T 1733 漆膜耐水性测定法

GB/T 1734 漆膜耐汽油性测定法

GB/T 1735 色漆和清漆 耐热性的测定

GB/T 1740 漆膜耐湿热测定法

GB/T 1766 色漆和清漆涂层老化的评级方法

GB/T 1768 色漆和清漆 耐磨性的测定 旋转橡胶砂轮法

GB/T 1771 色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定

GB/T 1839 钢产品镀锌层质量试验方法

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 2518 连续热镀锌钢板及钢带

- GB/T 3186 色漆、清漆和色漆与清漆用原材料 取样
- GB/T 4956 磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法
- GB/T 5208 闪点的测定 快速平衡闭杯法
- GB/T 5210 色漆和清漆 拉开法附着力试验
- GB/T 6739 色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度
- GB/T 6742 色漆和清漆 弯曲试验(圆柱轴)
- GB/T 6753.1 色漆、清漆和印刷油墨 研磨细度的测定
- 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
- GB/T 9274 色漆和清漆 耐液体介质的测定
- GB/T 9276 涂层自然气候曝露试验方法
- GB/T 9286 色漆和清漆 漆膜的划格试验
- GB/T 9754 色漆和清漆 不含金属颜料的色漆漆膜的20°、60°和85°镜面光泽的测定
- GB/T 9761 色漆和清漆 色漆的目视比色
- GB/T 13452.2 色漆和清漆 漆膜厚度的测定
- GB/T 13893 色漆和清漆 耐湿性的测定 连续冷凝法
- GB/T 14522 机械工业产品用塑、涂料、橡胶材料人工气候老化试验方法荧光紫外灯料
- GB/T 17219 生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准
- GB/T 20777 色漆和清漆 试样的检查和制备
- GB/T 23985 色漆和清漆 挥发性有机化合物(VOC)含量的测定 差值法
- GB/T 23986 色漆和清漆 挥发性有机化合物(VOC)含量的测定 气象色谱法
- 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
- GB/T 31586.2 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 涂层附着力内聚力(破坏强度)的评定和验收准则 第2部分 划格试验和划叉试验
- HG/T 2454 溶剂型聚氨酯涂料
- HG/T 3668 富锌底漆
- HG/T 3792 交联型氟树脂涂料
- HG/T 4336 玻璃鳞片防腐涂料
- HG/T 4340 环氧云铁中间漆
- HG/T 4564 低表面处理容忍性环氧涂料
- HG/T 4566 环氧树脂底漆

HG/T 4755 聚硅氧烷涂料

HG/T 4845 冷涂锌涂料

JTJ-275 海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范

ISO 4628-2 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2部分: 起泡等级的评定 (Paints and varnishes—Evaluation of degradation of coatings—Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance—Part 2: Assessment of degree of blistering)

ISO 4628-3 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 (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)

ISO 4628-4 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4部分: 开裂等级的评定 (Paints and varnishes—Evaluation of degradation of coatings—Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance—Part 4; Assessment of degree of cracking)

ISO 4628-5 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5部分: 剥落等级的评定 (Paints and varnishes—Evaluation of degradation of coatings—Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance—Part 5: Assessment of degree of flaking)

3 术语和定义

下列术语与定义适用于本文件。

3.1

输变电设备 power transmission and transformation equipment

电力系统中实现电压范围不小于35kV的电力输送和电压变换功能所包含的设备以及相关的测量、保护、控制等装置, 包括输电线路设备 (包含输电杆塔、杆塔基础、架空线、接地网、抱箍、紧固件、绝缘子、电力金具、箱体、接地装置等)、变电站 (换流站) 设备 (包含配电装置、电力变压器、断路器、隔离开关、防护罩、设备壳体、轴销、轴套、接地装置、继电保护等)。

3.2

人工老化 artificial ageing

用于加速涂料体系老化的实验方法。

3.3

目测评定方法 visual assessment method

按照ISO 4628 有关部分对涂料体系进行目测评定的一种方法。

3.4

补充评定方法 complementary assessment method

对目测评定方法补充的评定方法。

3.5

要求 requirements

为了使测试的涂料体系可用于防腐蚀保护，必须达到的试验结果。

4 实验室测试样板制备及养护

4.1 试验用试板的材质应与实际使用的为同一类型，或按照测试方法的要求准备。

4.2 试板表面的处理方法及处理程度按测试方法的要求准备。

4.3 涂料取样时按GB/T 3186 的规定抽取待试产品(多道涂层体系中的每个产品)中有代表性的样品进行测试。按GB/T 20777的描述，检查并制备每个测试试样。

4.4 除另有商定，每个试验制备3块试板。

4.5 制备试板时宜采用喷涂法。应按照涂料生产商的施工说明书涂覆涂料。每道涂层的厚度和外观应均匀一致，无流淌、流挂、漏涂、针孔、起皱、光泽不一、缩孔、包覆颗粒、干喷及起泡等缺陷。按GB/T13452.2的规定测定干膜厚度，偏差不应超过规定值的20%。除另有商定，测试前应将试板在 $(23\pm 2)^\circ\text{C}/(50\pm 5)\%$ 相对湿度或 $(20\pm 2)^\circ\text{C}/(65\pm 5)\%$ 相对湿度的标准大气环境中养护3周。

4.6 试板边缘及背面应进行适当的保护。

4.7 按照测试项目和测试方法的规定进行实验室性能测试。

5 实验室测试

5.1 一般规定

5.1.1 输变电设备防腐体系采用的防腐蚀材料应按照本文件的规定进行实验室性能测试，测试项目及测试结果满足设计文件或技术规范书的要求方可投入使用。

5.1.2 防腐体系的实验室性能测试需满足本文件的规定方可投入使用。

5.2 防腐涂料的测试项目及测试方法

5.2.1 防腐涂料的测试项目及实验室测试方法可根据设计要求或技术规范书的规定按表1的

选用。

表1 防腐涂料的测试项目及实验室测试方法

序号	项 目	实验室测试方法	试板材质	试板尺寸 ¹ /mm
1	不挥发物含量/%	GB/T 1725	—	—
2	挥发性有机化合物 (VOC) 含量/g/L	GB/T 23985 (VOC含量 \geq 15% (质量分数) 时采用) GB/T 23986 (VOC含量 $<$ 15% (质量分数) 时采用)	—	—
3	细度/ μm	GB/T 6753.1	—	—
4	干燥时间/h	GB/T 1728	—	—
5	闪点/ $^{\circ}\text{C}$	GB/T 5208	—	—
6	漆膜外观和颜色	GB/T 9761	马口铁板	120 \times 50 \times (0.2~0.3)
7	光泽	GB/T 9754	马口铁板	150 \times 70 \times (0.2~0.3)
8	柔韧性/mm	GB/T 1731	马口铁板	120 \times 50 \times (0.2~0.3)
9	弯曲试验/mm	GB/T 6742	马口铁板	120 \times 50 \times (0.2~0.3)
10	耐冲性/kg. cm	GB/T 1732	马口铁板	120 \times 50 \times (0.2~0.3)
11	摆杆阻尼试验	GB/T 1730	玻璃板	120 \times 90 \times (1.2~2.0)
12	铅笔硬度	GB/T 6739	马口铁板	120 \times 50 \times (0.2~0.3)
13	附着力 (拉开法) /MPa	GB/T 5210	钢板 ²	300 \times 150 \times (0.8~1.5)
14	附着力 (划圈法/底漆适用) /级	GB/T 1720	马口铁板	120 \times 50 \times (0.2~0.3)
15	附着力 (划格法/中间漆、面漆适用) /级	GB/T 9286	钢板	150 \times 70 \times (0.8~1.5)
16	干膜锌含量/%	HG/T 3668	—	—
17	耐热性/h	GB/T 1735	马口铁板	120 \times 50 \times (0.2~0.3)
18	耐磨性/g	GB/T 1768	玻璃板	ϕ 100 \times (3~4)
19	电气击穿强度/MV/m	GB/T 1408.1	—	—
20	体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{m}$	GB/T 1410	—	—
21	耐水性/h	GB/T 1733	马口铁板	120 \times 25 \times (0.2~0.3)
22	耐汽油性/h	GB/T 1734	马口铁板	120 \times 25 \times (0.2~0.3)
23	耐液体介质 (如盐水、酸性溶液、碱性溶液、溶剂等) /h	GB/T 9274	钢板	120 \times 50 \times (0.45~0.55)
24	耐盐雾性/h	GB/T 1771	钢板	150 \times 100 \times 1
25	耐湿热性/h	GB/T 1740	钢板	150 \times 70 \times 1
26	人工气候老化 (氙灯) /h	GB/T 1865	钢板	150 \times 70 \times (0.8~1.5)
27	人工气候老化 (紫外灯) /h	GB/T 14522	钢板	150 \times 70 \times (0.8~1.5)
28	自然气候曝露试验/h	GB/T 9276	铝板	250 \times 150 \times (2~4)
29	循环老化试验/h	GB/T 31415	钢板	150 \times 75 \times 3
30	耐阴极剥离性/mm	GB/T 7790	钢板	150 \times 70 \times 2
31	抗氯离子渗透性/mg/ ($\text{cm}^2 \cdot \text{d}$)	JTJ—275 附录C.2	—	—
32	卫生安全评价	GB/T 17219	—	—
33	危险性评价	《联合国关于危险货物运输的建议书》	—	—

注1：表中所列尺寸为最小尺寸；

注2：表中钢板为普通碳素钢Q195或Q215冷轧钢板。

5.2.2 实验室测试中，按照GB/T 1766的规定评定涂料变色、起泡、剥落等破坏现象。

5.2.3 富锌底漆的性能指标不得低于HG/T 3668的规定。

5.2.4 冷涂锌涂料的性能指标不得低于HG/T 4845的规定。

5.2.5 环氧类防锈底漆的主要性能指标不得低于HG/T 4566的规定。

5.2.6 低表面处理类防锈底漆的主要性能指标不得低于HG/T 4564的规定。

5.2.7 环氧类中间漆的主要性能指标不得低于HG/T 4340的规定。

5.2.8 鳞片类防锈漆的主要性能指标不得低于HG/T 4336的规定。

5.2.9 氟碳面漆的性能指标不得低于HG/T 3792的规定。

5.2.10 聚硅氧烷涂料的性能指标不得低于HG/T 4755的规定。

5.2.11 聚氨酯涂料的性能指标不得低于HG/T 2454的规定。

5.2.12 本文件未具体规定的产品，性能指标参考相关国际标准、国家标准、行业标准或团体标准。

5.3 金属涂镀层的测试项目及测试方法

5.3.1 金属涂镀层的测试项目及实验室测试方法可根据设计要求或技术规范书的规定按表2的选用。

表2 金属涂镀层的测试项目及实验室测试方法

序号	项 目	实验室测试方法
1	表面质量特征，级	GB/T 2518
2	镀层单位面积质量，g/m ²	GB/T 1839
3	厚度，μm	GB/T 4956
4	附着力，级	GB/T 31586.2

5.4 防腐涂层体系的性能要求及实验室测试方法

5.4.1 大气腐蚀环境下的输变电设备防腐涂层体系实验室性能测试项目、测试方法及指标要求应符合表3的规定。

表3 大气腐蚀环境下防腐涂层体系实验室性能测试

腐蚀等级	耐久性等级	GB/T 13893 (凝露) h	GB/T 1771 (中性盐雾) h	GB/T 31415 (循环老化) h
C2	短期 (L)	48	—	—
	中期 (M)	48	—	—
	长期 (H)	120	—	—
	超长期 (VH)	240	480	—
C3	短期 (L)	48	120	—
	中期 (M)	120	240	—

表3 大气腐蚀环境下防腐涂层体系实验室性能测试（续）

腐蚀等级	耐久性等级	GB/T 13893 (凝露) h	GB/T 1771 (中性盐雾) h	GB/T 31415 (循环老化) h
C3	长期 (H)	240	480	—
	超长期 (VH)	480	720	—
C4	短期 (L)	120	240	—
	中期 (M)	240	480	—
	长期 (H)	480	720	—
	超长期 (VH)	720	1440	1680
C5	短期 (L)	240	480	—
	中期 (M)	480	720	—
	长期 (H)	720	1440	1680
	超长期 (VH)	—	—	2688
CX	短期 (L)	480	720	—
	中期 (M)	720	1440	1680
	长期 (H)	—	—	2688
	超长期 (VH)	—	—	4200

5.4.2 水腐蚀环境下的输变电设备防腐涂层体系实验室性能测试项目、测试方法及指标要求应符合表4的规定。

表4 水腐蚀环境下防腐涂层体系实验室性能测试

腐蚀环境	耐久性等级	GB/T 1733 (浸水) ¹ h	GB/T 13893 (凝露) H	GB/T 1771 (中性盐 雾) h	GB/T 31415 (循环老 化) h	GB/T 7790 (耐阴极 剥离)	GB 9274 (海水浸 泡) h
Im1	短期 (L)	—	—	—	—	—	—
	中期 (M)	2000	720	—	—	—	—
	长期 (H)	3000	1440	—	—	—	—
	超长期 (VH)	4000	2160	—	—	—	—
Im2	短期 (L)	—	—	—	—	—	—
	中期 (M)	2000	—	720	—	—	—
	长期 (H)	3000	—	1440	—	—	—
	超长期 (VH)	4000	—	2160	—	—	—
Im4浪溅区、潮差区	超长期 (VH)	—	—	—	4200	4200	4200
Im4全浸区、海泥区	超长期 (VH)	—	—	—	—	4200	4200

注1：Im1环境下，水为普通的淡水；Im2和Im4环境下，水为5%氯化钠水溶液。

5.4.3 土壤腐蚀环境下的输变电设备防腐涂层体系实验室性能测试项目、测试方法及指标要求应符合表5的规定。

表5 土壤腐蚀环境下防腐涂层体系实验室性能测试

腐蚀环境	耐久性等级	GB 9274 (耐化学品) ¹ h	GB/T 1733 (浸水) ² h	GB/T 1771 (中性盐雾) h
Im3微	中期 (M)	—	500	—
	长期 (H)	—	500	180

表5 土壤腐蚀环境下防腐涂层体系实验室性能测试（续）

腐蚀环境	耐久性等级	GB 9274 (耐化学品) ¹ h	GB/T 1733 (浸水) ² h	GB/T 1771 (中性盐雾) h
Im3微	超长期 (VH)	200	1000	360
Im3弱	中期 (M)	—	500	180
	长期 (H)	200	1000	360
	超长期 (VH)	500	2000	720
Im3中	中期 (M)	200	1000	360
	长期 (H)	500	2000	720
	超长期 (VH)	1000	3000	1440
Im3强	中期 (M)	500	2000	720
	长期 (H)	1000	3000	1440
	超长期 (VH)	2000	4000	2160

注1：耐化学品为耐10%的硫酸溶液。
注2：Im3环境下，水为5%氯化钠水溶液。

5.4.4 防腐涂层体系干膜厚度小于或等于250 μm时，在试验前应按照GB/T 9286的规定进行附着力测试，结果要求为0级或1级；当干膜厚度大于250 μm时，应按照GB/T 5210的规定进行附着力测试，要求强度不低于2.5MPa，且不得出现底漆与基材脱离的情况（除非附着力测试值大于或等于5MPa）。

6 测试结果评定

6.1 总则

6.1.1 输变电设备防腐涂料的实验室测试，应根据设计要求或技术规范书规定的性能指标选择测试项目，按本文件规定的方法进行测试。本文件没有给出测试方法的，按照国家或行业相关标准执行，测试结果评定时，所有项目的检测结果达到设计要求，方可判定合格。

6.1.2 输变电设备防腐体系的实验室性能要求和测试方法，当设计或技术规范书提出要求时，按要求执行测试和评定；当设计或技术规范书没有提出要求时，应根据本文件的规定执行。

6.2 防腐体系实验室测试的评定

6.2.1 防腐体系实验室测试的评定方法及要求如下：

- 评定方法：ISO 4628-2；要求：起泡 0(S0) (即刻评定)；
- 评定方法：ISO 4628-3；要求：生锈 Ri (即刻评定)；
- 评定方法：ISO 4628-4；要求开裂 0(S0) (即刻评定)；
- 评定方法：ISO 4628-5；要求：剥落 0(S0) (即刻评定)；
- 按 GB/T 1771 的规定进行人工老化试验后，基材上划痕处的腐蚀宽度不应超过1mm；
- 按GB/T 31415的规定循环老化试验后，划线处腐蚀宽度不应超过3mm。

6.2.2 试验结束后，按5.5条规定的条件恢复24h后补充测试附着力：当防腐体系干膜厚度小

于或等于250 μm 时，应按照GB/T 9286的规定进行测试，结果要求为0~2级；当干膜厚度大于250 μm 时，应按照GB/T 5210的规定进行附着力测试，要求强度不低于2.5MPa，且不得出现底漆与基材脱离的情况（除非附着力测试值大于或等于5MPa）。

6.2.3评定时，距试板边缘1cm产生的任何缺陷不应考虑。

7 试验报告

7.1 试验报告应至少包括以下信息：

- 测试实验室(名称和地址)；
- 测试日期；
- 基材和基材表面处理描述；
- 识别防护涂料体系所需的所有详细信息(生产商, 产品名称或参照编号, 批号, 涂层道数, 每道涂层干膜厚度)；
- 识别参照体系所需的所有详细信息；
- 干燥/固化和调节的条件和时间；
- 根据所得测试结果对涂料体系分类(腐蚀性等级和耐久性等级, 例如, C5中)；
- 进行的测试和每个测试的持续时间；
- 每块试板的测试结果；
- 与规定测试方法的任何偏离；

7.2 试验报告应清楚地说明测试仪器和程序符合相关标准。

7.3 试验报告应由试验操作者和实验室负责人或其他被授权的实验室代表签字。