

中国腐蚀与防护学会标准

T/CSCP 0004-2023

电力变压器防腐涂层现场检测规范

Field inspection schemes of anticorrosion coating used
for power transformer

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国腐蚀与防护学会 发布

前 言

本文件参照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》和GB/T20001.5《标准编写规则 第5部分：规范标准》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。

本文件由中国腐蚀与防护学会（T/CSCP）提出。

本文件由中国腐蚀与防护学会（T/CSCP）归口。

本文件起草单位：中国电力科学研究院有限公司、国家电网有限公司、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、北京科技大学、国网智能电网研究院有限公司、国网天津市电力公司电力科学研究院、武汉材料保护研究所有限公司。

本文件主要起草人：杨臻、易盼、李正、王卫东、莫娟、汪美顺、高瑾、徐金、肖葵、马裕超、房正刚、樊宝珍、周海飞、冯国巍、吴军、李想、李毅刚、陈云、郝文魁、于金山、安江峰、张辰毓、黄路遥、韩伟豪。

本文件为首次发布

电力变压器防腐涂层现场检测规范

1 范围

本文件规定了电力变压器防腐涂层一般规定与分级、防腐涂层老化等级检测与评定、综合老化等级评定等要求。

本文件适用于电力变压器、电抗器等防腐涂层老化性能的现场评定。

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 250 评定变色用灰色样卡

GB/T 1766 色漆和清漆 涂层老化的评级方法

GBT 5206 色漆和清漆 术语和定义

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 11186.2 涂膜颜色的测量方法 第二部分 颜色测量

GB/T 11186.3 涂膜颜色的测量方法 第三部分 色差计算

GB/T 30789.2 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

GB/T 30789.4 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

GB/T 30789.5 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

ISO 4628-6 色漆和清漆 涂层粉化的评定 一般类型破坏的程度、数量和大小的评定 第六部分：胶带纸法粉化等级的评定

ISO 4268-7 色漆和清漆 涂层粉化的评定 一般类型破坏的程度、数量和大小的评定 第七部分：天鹅绒布法粉化等级的评定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电力变压器 power transformer

一种静止的电气设备，用来将某一数值的交流电压（电流）变成频率相同的另一种或几种数值不同的电压（电流）的设备。

3.2

现场检测 field inspection

在实际服役环境下对服役中的防腐涂层的性能进行检测或评价。

3.3

失光 loss of gloss

漆膜受气候环境影响表面光泽度降低或完全消失的现象。

3.4

变色 discoloration

涂膜颜色发生均匀或不均匀变化的现象。

3.5

粉化 chalking

由于漆膜或单涂层中一种或多种成分的降解，而呈现出表面疏松附着有粉末的外观。

3.6

开裂 cracking

干漆膜或干单涂层破裂的现象。

3.7

起泡 blister

因涂层体系中的一道或多道单涂层发生的局部剥离，而在漆膜上出现的凸起形变。

3.8

生锈 rusting

构件暴露在环境中或某种介质中，因发生化学或电化学反应而受到损坏的过程。

3.9

剥落 peeling

涂层因失去附着力而大面积脱落的现象。

4 一般规定与分级

4.1 一般规定

4.1.1 变压器防腐涂层性能检测宜结合停电检修开展。

4.1.2 变压器防腐涂层现场检测部位应包括箱沿、法兰与焊接部位等。

4.1.3 变压器防腐涂层现场检测过程中，每种性能指标检测部位应不少于3个。不同部位的评级结果存在差异时，应按最严重的结果进行评定。

4.1.4 变压器防腐涂层如有数种破坏现象，评定综合等级时，应按最严重的一项进行评定。

4.2 分级

本文件以0至5的数字等级来评定破坏程度和数量，“0”表示无破坏，“5”表示严重破坏。数字1、2、3、4的四个等级的确定应使得涂层老化程度评级得到最佳划分。如有需要，也可采用中间的半级来对所观察到的破坏现象作更详细的记录。

5 防腐涂层老化等级检测与评定

5.1 失光等级的检测与评定

采用光泽度仪按GB/T 9754测定光泽度，并按公式1计算失光率，其失光等级评价指标见表1。

表 1 失光程度等级

等级	失光率/%
0	≤3
1	4~15
2	16~30
3	31~50
4	51~80
5	>80

根据公式1计算失光率（%）：

$$\text{失光率} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100 \quad (1)$$

式中：

A_0 —变压器起初投入服役状态时的涂层光泽度测定值；

A_1 —服役过程中光泽度测定值。

5.2 变色等级的检测与评定

5.2.1 目视法

变压器防腐涂层变色等级应按GB/T 9761的规定将变压器防腐涂层与标准色卡进行比色，防腐涂层颜色变化程度参照GB/T 250用灰色样卡进行评定，见表2。

对于现场无法直接进行目视评定的情况，也可对变压器防腐涂层进行拍照评定。

变压器防腐涂层变色等级拍照评定过程，应首先将标准色卡置于变压器表面，随后采用数码相机进行拍照；然后参照GB/T 250用灰色样卡进行评定。

表 2 变色程度和变色等级

等级	灰卡等级	变色程度
0	5级至4级	无变色
1	劣于4级至3级	很轻微变色
2	劣于3级至2级	轻微变色
3	劣于2级至1~2级	明显变色
4	劣于1~2级至1级	较大变色
5	劣于1级	严重变色

5.2.2 仪器测定法

按GB/T 11186.2和GB/T 11186.3测定和计算变压器防腐涂层服役过程中的色差值（ ΔE ），色差等级评价指标见表3。

表 3 变色程度和变色等级

等级	色差值/ ΔE	变色程度
----	-----------------	------

0	≤1.5	无变色
1	1.6~3.0	很轻微变色
2	3.1~6.0	轻微变色
3	6.1~9.0	明显变色
4	9.1~12.0	较大变色
5	>12.0	严重变色

在变压器防腐涂层变色等级评定过程中，应优先采用仪器测定法。

5.3 粉化等级的检测与评定

5.3.1 天鹅绒布法粉化等级的评定按ISO 4628-7进行，粉化程度和等级见表4。

表4 粉化程度和等级

等级	粉化程度
0	无粉化
1	很轻微，试布上刚可观察到微量颜料粒子
2	轻微，试布上沾有少量颜料粒子
3	明显，试布上沾有较多颜料粒子
4	较重，试布上沾有很多颜料粒子
5	严重，试布上沾满大量颜料粒子，或样板出现露底

5.3.2 胶带纸法粉化等级的评定按ISO 4628-6进行。

变压器防腐涂层粉化等级评定过程中，应优先采用胶带纸法。

5.4 开裂等级的检测与评定

5.4.1 变压器防腐涂层的开裂等级用开裂数量和开裂大小表示。

5.4.2 对于无法直接进行开裂等级现场评定的情况，也可对变压器防腐涂层进行拍照评定。

5.4.3 变压器防腐涂层开裂数量的评级应参照GB/T 30789.4执行。

5.4.4 开裂大小等级见表5。

5.4.5 变压器防腐涂层开裂等级拍照评定过程，应首先将带有刻度的塑料尺置于变压器表面，随后采用数码相机进行拍照。

表5 开裂大小等级

等级	开裂大小
S0	10倍放大镜下无可见开裂
S1	10倍放大镜下才可见开裂
S2	正常视力下目视刚可见开裂
S3	正常视力下目视清晰可见开裂
S4	基本达到1mm宽的开裂
S5	超过1mm宽的开裂

5.4.6 如有可能，还可表明开裂的深度类型。开裂深度主要分为三种类型：

a) 表示没有穿透防腐涂层的表面开裂；

b) 表示穿透表面防腐涂层，但对底下各层漆膜基本没有影响的开裂；

c)表示穿透整个防腐涂层体系的开裂,可见底材。

5.4.7 开裂等级的评定表示方法:开裂数量的等级和开裂大小的等级(加括号)。如有可能,可表明开裂的深度。

示例:开裂3(S4)b,表示开裂数量3级,开裂大小S4级,开裂穿透表面漆膜未影响底层。

5.5 起泡等级的检测与评定

5.5.1 防腐涂层的起泡等级用起泡的密度和起泡的大小表示。

5.5.2 起泡密度的评级应参照GB/T 30789.2执行。

5.5.3 起泡大小等级见表6。

5.5.4. 起泡大小评定时,应在变压器防腐涂层表面放置带有刻度的塑料尺。

表6 起泡大小等级

等级	起泡大小(直径)
S0	10倍放大镜下无可见的泡
S1	10倍放大镜下才可见的泡
S2	正常视力下刚可见的泡
S3	<0.5mm的泡
S4	0.5mm~5mm的泡
S5	>5mm的泡

5.5.5 起泡等级的评定表示方法:起泡密度等级和起泡大小等级(加括号)。

示例:起泡2(S3),表示防腐涂层起泡密度为2级,起泡大小为S3级。

5.6 生锈等级的检测与评定

5.6.1 变压器的生锈等级用表面防腐涂层的锈点(锈斑)数量(见表7)和锈点大小(见表8)表示。

5.6.2 锈点大小评定时,应在变压器防腐涂层表面放置带有刻度的塑料尺。

表7 锈点(斑)数量等级

等级	生锈状况	锈点(斑)数量(个)
0	无锈点	0
1	很少,几个锈点	≤5
2	有少量锈点	6~10
3	有中等数量锈点	11~15
4	有较多数量锈点	16~20
5	密集型锈点	>20

表8 锈点大小等级

等级	锈点大小(最大尺寸)
S0	10倍放大镜下无可见的锈点
S1	10倍放大镜下才可见的锈点
S2	正常视力下刚可见的锈点

S3	<0.5mm 的锈点
S4	0.5mm~5mm 的锈点
S5	>5mm 的锈点（斑）

5.6.3 生锈等级的评定表示方法：锈点（斑）数量的等级和锈点大小的等级（加括号）。

示例：生锈3（S4），表示锈点（斑）的数量等级为3级，锈点大小等级为S4级。

5.7 剥落等级的评定

5.7.1 变压器防腐涂层剥落的等级用防腐涂层剥落面积和剥落暴露面积的大小（见表9）表示。

5.7.2 变压器防腐涂层剥落面积的评级应参照GB/T 30789.5执行。

5.7.3 剥落面积的大小等级见表9。

5.7.4 剥落面积的大小评定时，应在变压器防腐涂层表面放置带有刻度的塑料尺。

表9 剥落面积的大小等级

等级	剥落大小（最大尺寸）
S0	10倍放大镜下无可见剥落
S1	≤1mm
S2	≤3mm
S3	≤10mm
S4	≤30mm
S5	>30mm

5.7.5 可根据防腐涂层体系破坏的层次，表示剥落的深度。

a) 表示表层防腐涂层从它下层漆膜上剥落；

b) 表示整个防腐涂层体系从底材上剥落。

5.7.6 剥落等级的评定表示方法：剥落面积的等级和剥落大小的等级（加括号）。如有可能，可表示剥落的深度。

示例：剥落3（S2）a，表示剥落面积为3级，剥落大小为S2级，表面防腐涂层从下层漆膜上剥落。

6 综合老化等级评定

按变压器防腐涂层服役过程中的单项破坏等级评定涂层老化程度的综合等级，分为0/1/2/3/4/5共六个等级，分别代表涂层耐老化性能的优、良、中、可、差、劣，见表10。

表10 变压器防腐涂层综合老化性能等级的评定

综合等级	单项等级						
	生锈	剥落	开裂	起泡	粉化	变色	失光
0	0	0	0	0	0	2	1
1	1(S1)	0	1(S1)	1(S1)	0~1	2~3	1~2
2	1(S2)	1(S1)	3(S1)或 2(S2)	5(S1)或 2(S2)或	1~2	3~4	2~3

				1 (S3)			
3	2 (S2) 或 1 (S3)	2 (S2)	3 (S2) 或 2 (S3)	3 (S2) 或 2 (S3)	2~3	4~5	3~4
4	3 (S2) 或 2 (S3)	3 (S3)	3 (S3) 或 2 (S4)	4 (S3) 或 3 (S4)	3~4		4~5
5	3 (S3) 或 2 (S4)	4 (S4)	3 (S4)	5 (S3) 或 4 (S4)	4~5		/

7 试验报告

试验报告至少包括下列内容：

- a) 变压器防腐涂层及服役环境的必要细节；
 - b) 注明本文件标号；
 - c) 试验的结果；
 - d) 试验的时间；
 - e) 试验日期。
-