

团 体 标 准

T/CSEE XXXX—YYYY

高压电机定子冲片绝缘涂层检测方法

Measurement methods of stator lamination insulation coating
in high voltage electric machinery

(征求意见稿)

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

中国电机工程学会 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 试验条件	2
5 涂层外观	2
6 涂层厚度	2
7 涂层弯曲性（圆柱轴）	3
8 涂层附着性	5
9 涂层划痕硬度	7
10 涂层耐溶剂擦拭性	8
11 冲片表面绝缘电阻率	9
12 涂层电气强度	10
13 涂层抗压缩性	11
14 涂层耐浸水性	11
15 涂层耐油性	12
16 试验报告	12
附录 A (资料性) 涂层厚度测量装置示例	13
附录 B (资料性) 产品冲片绝缘涂层检测项目及标准示例	14
附录 C (资料性) 试验报告示例	15

前言

本文件按照《中国电机工程学会标准管理办法（暂行）》的要求，依据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。

本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国电机工程学会提出。

本文件由中国电机工程学会电机专业委员会技术归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件于 20XX 首次制定。

本文件执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条 1 号，100761，网址：<http://www.csee.org.cn>，邮箱：cseeba@csee.org.cn）。

引言

本文件旨在提出一系列适用于检测高压电机定子冲片绝缘涂层性能的试验方法。

由于制造工艺的特殊性，与其他电气设备所使用的电工钢片（带）不同，高压电机定子冲片在冲制成型后须再次进行绝缘处理。现有的涂层检测方法多针对于电工钢片（带）底涂层，不能完全适用于高压电机定子冲片涂层。近年来，高压电机的容量逐渐增加，煤电、核电、水电机组均已进入百万千瓦等级，对定子冲片绝缘涂层的性能要求也逐步提高。为了进一步明确和完善高压电机定子冲片绝缘涂层的检测方法，使底涂层选型、产品验收、工艺性能评定、涂料研发等具有统一的试验基础，更好地促进电工钢片（带）制造厂、电机制造企业与涂料供应商间的技术交流与合作，特制定本文件。

本文件基于我国高压电机定子冲片绝缘涂层生产技术的现状，参考现有国内外标准，提出了适用于高压电机定子冲片绝缘涂层的检测方法。由于机组结构类型、运行要求的不同，绝缘涂层的性能要求存在差异，尚无法统一。

高压电机定子冲片绝缘涂层检测方法

1 范围

本文件描述了额定电压 6 kV 及以上高压电机定子冲片（以下简称“冲片”）绝缘涂层的检测方法。

本文件适用于额定电压 6 kV 及以上的高压电机（凸极式发电机、隐极式发电机、发电电动机），其它系列电机产品可参照执行。

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 2522 电工钢片（带）表面绝缘电阻、涂层附着性测试方法
- 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 9286 色漆和清漆 划格试验
- GB/T 13452.2 色漆和清漆 漆膜厚度的测定
- GB/T 23989 涂料耐溶剂擦拭性测定法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

定子冲片 stator lamination

按要求冲制成型、去毛刺，并涂覆绝缘涂层的电工钢片

3.2

底材 substrate

涂料涂敷或即将涂敷的表面

3.3

涂层 coating

将涂料单次或多次涂敷至底材后形成的连续层

3.4

涂层厚度 coating thickness

涂层表面与底材表面间的距离

3.5

弯曲试验（圆柱轴） bend test（cylindrical mandrel）

一种评定涂层在标准条件下绕圆柱轴弯曲时的抗开裂性和/或从底材上剥落性能的经验性试验方法

3.6

涂层附着性 coating adhesion

T/CSEE#####—#####

指涂层与底材表面之间或涂层与涂层之间相互结合的能力

3.7

十字划格法 cross-cut test

一种用于评估当在涂层中切割直角网格图案并穿透底材时涂层与底材或涂层与涂层分离阻力的测试方法

3.8

划痕硬度 scratch hardness

一种在涂层表面用硬物划出痕迹或划伤涂层以测定涂层硬度的方法

3.9

铅笔硬度法 pencil hardness test

一种通过已知绘画铅笔或石墨铅笔的硬度来测定涂层划痕硬度的方法

3.10

表面绝缘电阻率 surface insulation resistivity

在金属触点和冲片试样的金属底材之间测试的单面绝缘涂层的有效电阻率

3.11

富兰克林法 franklin test

一种在预定的电压、压力和温度条件下测量单片冲片的表面绝缘电阻率的方法

3.12

涂层抗压缩性 coating compressibility

(涂层) 叠装试样在规定的时间和温度承受压力后, 其叠装高度的变化反映

4 试验条件

试样在试验前至少在温度 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $(50 \pm 5)\%$ 的条件下调节 1 h。

除非另有规定, 试验在 $18^\circ\text{C} \sim 27^\circ\text{C}$ 下进行。

注: 本项不适用于现场试验。

5 涂层外观

5.1 概述

目视检测冲片双面涂层。

5.2 判断标准

冲片表面涂层应均匀, 色泽基本一致, 无明显斑点, 不应有杂质、气泡等缺陷。允许支撑面有支撑划痕。

6 涂层厚度

6.1 概述

宜采用磁性法对涂层厚度进行测量。

6.2 原理

磁性法适用于金属底材上涂层厚度的测量，测量仪器为覆层测厚仪。覆层测厚仪根据从涂层移开磁体所需要的力或磁体磁场的改变来测定涂层厚度，涂层的性能使得仪器在接触涂层表面时读数有效。

对大多数覆层测厚仪，在读取读数前须进行检查。应在预期的涂层厚度范围内按生产商说明校验仪器。

6.3 试验步骤

以与涂层表面垂直的方向将仪器放在涂层上，从仪器上直接读取厚度值。测量位置应尽量均匀分布于被测涂层，测量位置的选取可参考附录 A。漆膜厚度包括硅钢片出厂时保护膜的厚度。测量结果为每面涂层测量点的平均值。

7 涂层弯曲性（圆柱轴）

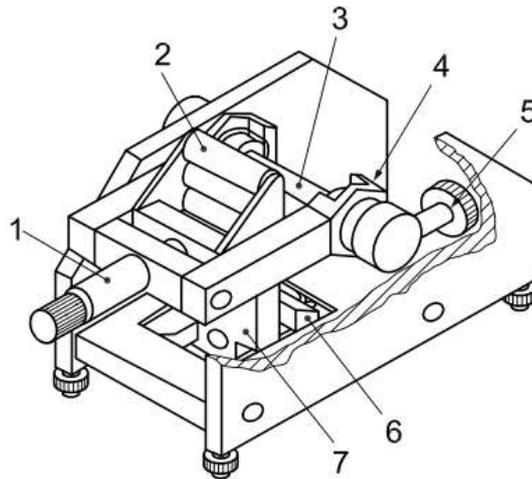
7.1 概述

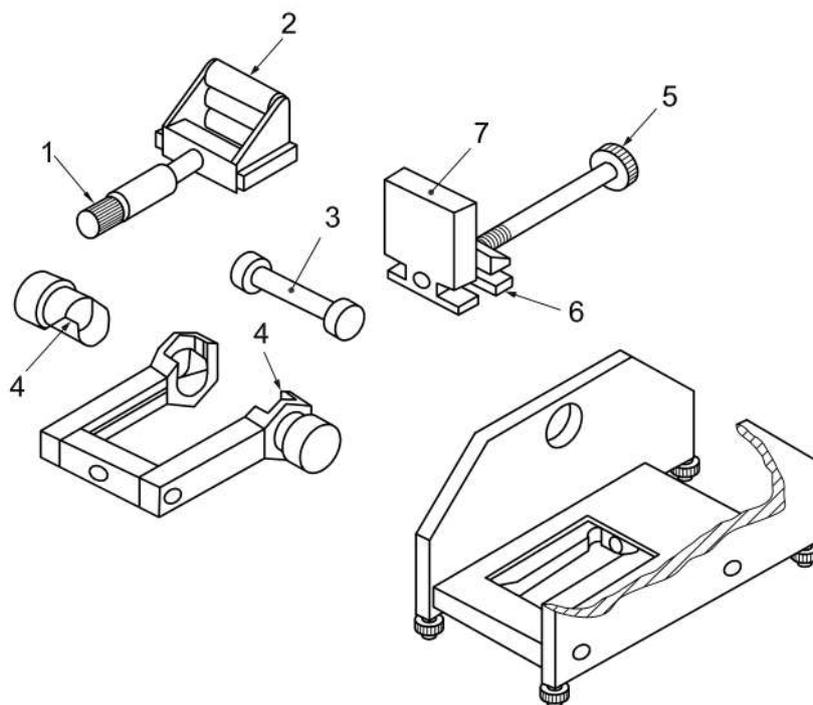
可以按照如下两种方法进行试验：用规定直径的轴进行试验，以评定涂层是否符合特定要求；依次减小轴径重复进行试验，以确定使涂层开裂或从底材上剥落的最大轴径。

对于多涂层系统，可以对每一涂层单独进行测试，也可以对整个系统进行测试。

7.2 仪器

推荐采用图 1 所示弯曲试验仪进行试验。轴径的规格一般有 2 mm、3 mm、4 mm、5 mm、6 mm、8 mm、10 mm、12 mm、16 mm、20 mm、25 mm、32 mm，公差±0.1 mm。





标引序号说明:

- 1—螺旋手柄;
- 2—弯曲部件;
- 3—轴棒;
- 4—轴棒支撑件;
- 5—调节螺栓;
- 6—夹紧颚;
- 7—止推轴承

图 1 弯曲试验仪示意图

7.3 试验步骤

用规定的单一直径的轴进行试验时,按如下步骤操作:

- a) 将弯曲试验仪稳稳放置于靠近试验台边缘的地方,从而使其在试验过程中不发生位移且操作者可自由操作螺旋手柄;
- b) 在弯曲部件与轴棒之间、止推轴承与夹紧颚之间,从上面插入试样,使待测涂层背对轴棒。
- c) 拉动调节螺栓以移动止推轴承,使试样处于垂直位置并与轴接触;
- d) 通过旋转调节螺栓用夹紧颚将试样固定;
- e) 弯曲过程是在 1 s~2 s 内以恒定的速度抬起螺旋手柄使其转过 180°,试样也随之弯曲 180°;
- f) 转动螺栓手柄至初始位置,取出试样。然后用合适的操作部件(旋转手柄、调节螺栓)松开弯曲部件和夹紧颚;
- g) 在充足的光照条件下立即目测检查涂层是否开裂或从底材上剥落,距试样边缘 10 mm 内的涂层不考虑。

测定引起涂层破坏的最大轴径时,依次减小轴径重复上述步骤对一系列试样进行试验,直至涂层开裂或从底材上剥落。找出使涂层开裂或剥落的最大直径的轴,用另一片试样重复进行试验以确认结果。

8 涂层附着性

8.1 概述

采用十字划格法对涂层的附着性进行试验。所述方法既可作为涂层附着性是否合格的判定方法，又可作为涂层附着性分级的评定方法。除其他因素外，本方法的检测结果取决于涂层与前一涂层或底材的附着力。但本方法不应被视为一种测量附着力大小的方法。

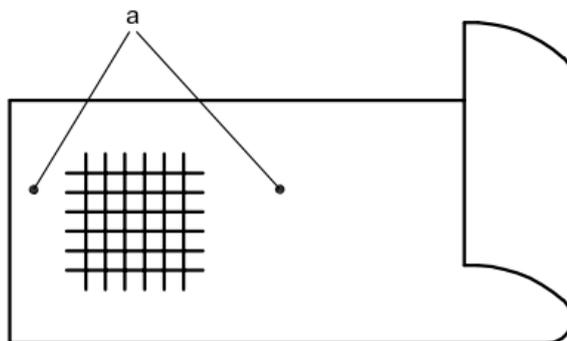
8.2 试样要求

试样应平整无变形，试样尺寸应能允许在三个不同位置进行测试，此三个位置的相互间距和试样边缘间距不小于 5 mm。尺寸应大于 150 mm×100 mm。如果采用硅钢或其他硬质材料作为底材，则其最小厚度应为 0.25 mm。

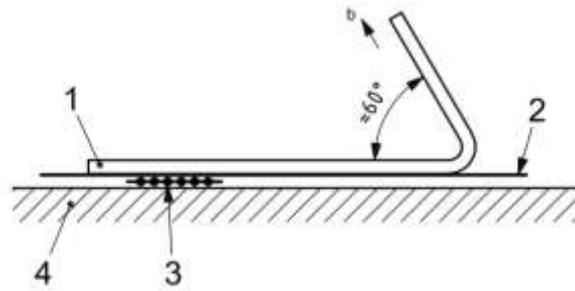
8.3 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 将试板放置在坚硬平坦的表面上，以防止试板在试验过程中发生任何变形；
- b) 切割工具一般为百格刀。握住切割工具使刀垂直于试样表面，对刀具均匀施力，以均匀的切割速度在涂层上形成规定的切割数，所有切割应划透漆膜至底材表面。除非另有规定，否则每个方向的切割数应为 6，切口间距为 1 mm；
- c) 重复这一操作，与原先切割线成 90° 角相交，以形成网格图形如图 2a) 所示；
- d) 用软毛刷沿网格图形每一条对角线轻轻向前扫几次，再向后扫几次；
- e) 如果采用硅钢或其他硬质材料作为底材，则须使用胶带配合完成试验。使用前应将胶带取下两整圈并丢弃。将胶带中心置于网格上方，方向与一组切割线平行，然后用手指把胶带在网格上方的部位压平，确保胶带与涂层接触良好，胶带长度至少超过网格 20 mm。除非另有规定，否则应使用剥离强度在 6 N/25 mm~10 N/25 mm 之间的胶带，胶带宽度应至少为 50 mm，建议使用透明胶带；
- f) 在贴上胶带 5 min 内，拿住胶带悬空的一段，随后以图 2b) 所示角度将胶带剥离，在 0.5 s~1 s 内平稳地撕去粘带。



a) 保证试样平整放置



b) 胶带玻璃方向

标引序号说明:

- 1—胶带;
- 2—漆膜;
- 3—划格处;
- 4—硅钢片。

图 2 十字划格法示意图

8.4 判断标准

在良好照明环境下用目视放大镜仔细检查试验涂层切割区，放大镜放大倍数为两倍或三倍。在检查过程中，旋转试样使试验区域的观察不局限于一个方向。通过与表 1 所示相比较，将试验区域进行分级。

漆膜附着力共分为 0~5 共六个等级。试验结果等级如表 1 所示。

表 1 分级对照表

等级	描述	发生脱落的交叉切割区域的表面外观 (六道平行切割线示例)
0	网格边缘完全光滑；所有方格均不发生剥落。	—
1	涂层在划痕交叉处有小部分的脱落。脱落面积不超过 5%。	
2	涂层在划痕边缘或划痕交叉处出现脱落。脱落面积大于 5%，不大于 15%。	
3	涂层沿划痕边缘出现呈带状局部或完全脱落，或在几个的方格内出现部分或完全脱落。脱落面积大于 15%，不大于 35%。	
4	涂层沿划痕边缘出现呈带状脱落，或在一些方格内出现部分或完全脱落。脱落面积大于 35%，不大于 65%。	
5	涂层脱落现象无法用上述五种等级进行描述。	—

在试样上至少三个不同位置进行试验。如果试验结果不一致且差异超过一个等级，则应在其他三个位置重复进行试验。必要时可使用不同的试样，并记录所有试验结果。

9 涂层划痕硬度

9.1 概述

采用铅笔硬度法对涂层的划痕硬度进行试验。

铅笔硬度从软到硬分别为 9B、8B、7B、6B、5B、4B、3B、2B、B、HB、F、H、2H、3H、4H、5H、6H、7H、8H、9H。

用铅笔芯在涂层表面划痕可使涂层表面产生如下缺陷：

- a) 塑性形变：涂层表面永久的压痕，但没有内聚破坏；
- b) 内聚破坏：涂层表面存在可见的擦伤或刮破；
- c) 以上情况的组合。

本方法被长期广泛地应用于涂层工艺，主要用于测试涂层的硬度以及热固涂层固化程度的判定，对于材料开发和生产控制非常有效。

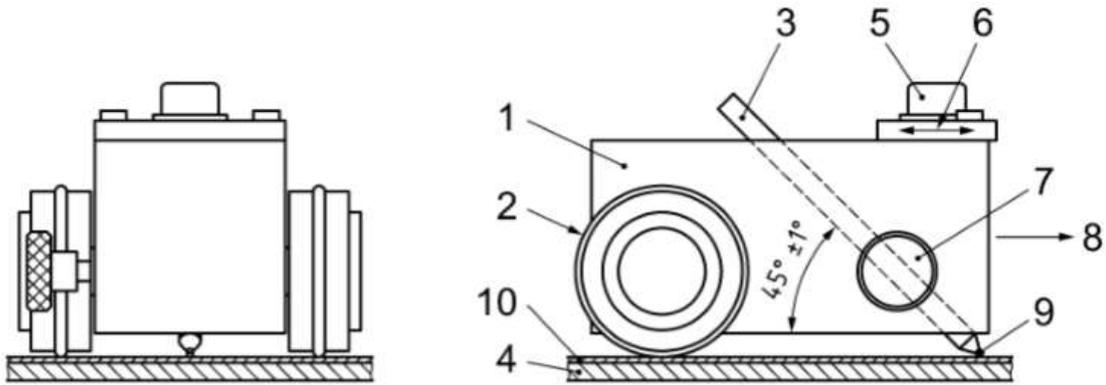
9.2 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 用卷笔刀将铅笔从端头削掉约 5 mm~6 mm 的木头，留出光滑完整、无划痕的笔芯，如图 3 所示；
- b) 将笔芯放置于 400 目砂纸上与砂纸呈 90°角，保持角度在砂纸上摩擦笔芯直至获得平坦、光滑的圆形笔芯横截面，横截面边缘不得有缺口和碎屑；
- c) 将试样放置在牢固的水平台面上；
- d) 从硬度最高的铅笔开始，手持铅笔或使用试验仪器，使笔芯与涂层成 45°角（指向远离检测人员的方向），将铅笔推离检测人员。建议划痕长度 10 mm。试验仪器如图 4 所示，铅笔尖端施加在涂层表面的负载应为 $750\text{ g} \pm 10\text{ g}$ ；
- e) 目测检查涂层表面，看是否出现项 8.1 中所述划痕缺陷。



图 3 铅笔削好后的示意图



标引序号说明:

- 1—金属块;
- 2—橡胶圈;
- 3—铅笔;
- 4—底材;
- 5—水平仪;
- 6—用于调整试验压力的可动砝码;
- 7—夹具;
- 8—推动方向;
- 9—铅笔;
- 10—涂层。

图 4 试验仪器示意图

- f) 如出现长度超过 3 mm 的划痕缺陷, 降低铅笔硬度并重复上述步骤, 直至长度超过 3 mm 的划痕缺陷不再出现为止;
- g) 对每个试样的铅笔硬度, 应通过至少两次试验进行确认。必要时, 可使用橡皮从涂层表面清除笔芯碎屑和划痕, 以帮助评估检测结果。如果两次试验结果不一致, 应重新试验;
- h) 记录试样试验结果, 以没有使涂层出现长度超过 3 mm 的划痕的最硬的铅笔硬度表示涂层的铅笔硬度。

10 涂层耐溶剂擦拭性

10.1 概述

本试验方法适用于固化时发生化学反应的绝缘漆的耐溶剂擦拭性的评定。

对于在固化过程中发生化学反应的绝缘漆, 如环氧树脂类、醇酸树脂类、聚氨酯树脂类等, 固化后涂层将变得更加耐溶剂。用浸透合适溶剂的脱脂棉或商定其他材料进行擦拭可以确定涂层的耐溶剂性能高低。一般宜选用无水乙醇作为试验溶剂。

10.2 试样要求

最小试样尺寸宜为 120 mm×25 mm。

10.3 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 在试样表面选取 120 mm 长擦拭区域，用自来水清洁涂层表面，除去表面疏松物质后晾干；
- b) 测量选定区域涂层的厚度；
- c) 用铅笔或其他合适耐溶剂的记号笔，在干净、无损涂层表面划取 120 mm×25 mm 的试验区域；
- d) 脱脂棉用规定的溶剂浸至润湿状态（用手挤压应无液滴滴下）。在进行下一步骤前，挥发时间不应超过 10 s；
- e) 将经过合适安全保护的食指，放在脱脂棉中心，然后用拇指和其余手指捏紧脱脂棉的其余部分，将食指与测试涂层表面呈 45°角，用力擦拭长方形测试区域，先向前（远离试验人员方向）擦，然后向后（靠近试验人员方向）擦。向前和向后一次擦拭为一次往复擦拭，一次往复擦拭控制在 1 s 左右；
- f) 继续擦拭试样涂层表面，共 25 次往复擦拭。擦拭应在长方形的试验区域内进行。

10.4 判断标准

在散射日光下目视检查试验区域长度中间 80 mm 区域的涂层，如未出现涂层失光、变色、起皱、脱落、露出底材等现象，则判定耐溶剂擦拭性试验通过。

11 冲片表面绝缘电阻率

11.1 概述

宜采用富兰克林法在预定的电压、压力和温度条件下测量单片冲片的表面绝缘电阻率。本方法在冲片试样的一侧涂层表面固定区域施加十个金属触点，并通过两个钻头与金属底材进行电接触。然后，通过测量在施加预定直流电压下触点和金属底材之间的平均电流来表征表面绝缘性能。该测量值可以直接用作评判绝缘质量的指标，也可以转换为表面绝缘电阻率值。所使用的仪器通常被称为富兰克林测试仪。

富兰克林法非常适用于绝缘涂层工程应用的质量控制。表面绝缘电阻率根据直流电流的测量结果进行评估，直流电流的范围为 0 A ~1 A（完全绝缘→完全导电）。

表面绝缘电阻率与冲片层间电阻率和叠层电阻率不同，层间电阻率和叠层电阻率是指相互接触的两张冲片相邻涂层的平均电阻率。

11.2 试样要求

试样的宽度和长度应分别大于触点组件的宽度和长度。最小试样尺寸宜为 50 mm×130 mm。

11.3 仪器校准

应在测试前用富兰克林测试仪测试裸露的金属试片，通过进行短路测试以确认金属触点的状态。当短路电流小于 0.99 A 时，须清洁触点。

清洁触点时，使用溶剂清洁优于使用研磨剂，后者会导致触点出现圆形尖端，减少接触面积。

11.4 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 试验前须确定试验压力和试验温度。压力取决于冲片的实际应用情况，可由生产商和用户商议确定。标准试验压力宜为 2 MPa；

- b) 将试样放在测试触头下方的压板上，并将其定位，以便当测试触头与试样接触时，所有触点都在测试区域内。在高温下进行试验时，应留出足够的时间（通常为 30 s）将试样加热至规定温度；
- c) 施加预定压力，检查电压是否为 0.50 V，待电流稳定后读取读数；
- d) 如果试样的两面都有涂层且均须进行试验，则不要在相同的区域进行两面的测试；
- e) 10 个金属触头的总接触面积为 6.45 cm²，双面涂层冲片按如式（1）将测试电流值转化为表面绝缘电阻率 R （ $\Omega \cdot \text{cm}^2$ ）：

$$R=6.45[(1/I) -1] \dots\dots\dots (1)$$

式中：

I —两面涂层测试电流的平均值，单位为安培（A）。

12 涂层电气强度

12.1 概述

工频电压下定子冲片绝缘涂层电气强度的测量方法，采用连续升压的方式将电压施加到试样涂层上直至其电气击穿，测量击穿电压并计算出电气强度。

按本方法得到的电气强度试验结果，能用来检测由于工艺变更、老化条件或其他制造或环境情况而引起的性能相对于正常值的变化或偏离，一般不推荐用于直接确定在实际应用中的绝缘材料的性能状态。

不同厚度的试样涂层其结果不能直接相比。

具有高电气强度的涂层未必能耐长时期的劣化过程（例如热老化、腐蚀或由于局部放电引起的化学腐蚀或潮湿条件下的电化学腐蚀），劣化过程可导致涂层在运行中于较低的电场强度下失效。

12.2 试验要求

试验电极为两个直径（25±0.5）mm 的铜制圆柱体，上下电极应对称同心，电极间距离可调。

试样应在为防止闪络而选取的介质中试验，电极边缘与试样边缘的距离不少于 15 mm。

除非另有要求，试样应在温度为（23±2）℃、相对湿度为（50±5）%条件下处理至少 24 h 后进行试验；浸水测试应将试样完全浸没于（23±2）℃的蒸馏水中 24 h 后，取出用滤纸吸干涂层表面水分后进行，试样从水中取出到测试完成不得超过 5 min；热态检测时将高压电极置于绝缘良好的专用烘箱中升温至规定温度，然后放入试样并在此温度下恒温 10 min 后于烘箱内进行测试。

12.3 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 将试样放置于电极之间；
- b) 将试验电压由零开始以均匀的速度上升至发生电气击穿。对被测试样选择升压速度时，升压速率一般从 50 V/s、100 V/s、200 V/s 中选取；
- c) 在击穿点附近选取三点测量涂层厚度，以三点的算术平均值作为该击穿点的涂层厚度；
- d) 电气强度 E （kV/mm）按公式（2）转化：

$$E=U/d \dots\dots\dots (2)$$

式中：

U —击穿电压，单位为千伏（kV）；

d —击穿点涂层厚度，单位为毫米（mm）。

13 涂层抗压缩性

13.1 概述

本项试验用来检测冲片涂层在应用中承受压力后的抗压缩能力。试样被规定的力压缩，并在规定的时间和温度下保持这种状态，由此产生的永久性变量与初始高度值的商，被定义为冲片涂层的热压收缩率，作为衡量涂层抗压缩性的数据指标。

13.2 试样要求

试样尺寸宜为 100 mm×100 mm。

13.3 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 准备足量的试样。必要时可使用砂纸对试样边缘进行打磨处理以去除试样制备过程中产生的边缘毛刺；
- b) 为保证试验结果的准确性，需用蘸无水乙醇的脱脂棉纱对试样表面进行擦拭清理；
- c) 将试样整齐叠放并夹在两块尺寸相同的刚性压板中间，通过压板对试样施加规定的压力值，试样叠放高度应达到 (50 ± 0.5) mm。两块刚性压板的尺寸至少要比试样的尺寸大 10 mm；
- d) 在不释放压力的情况下，测量两压板之间叠片四边的高度，取四个值的算术平均值作为初始试样高度；
- e) 保持叠装试样的压力，将其放置于保温箱内在规定温度下保持规定时间；

注：除非另有要求，应对试样施加 $2 \text{ MPa} \pm 0.1 \text{ MPa}$ 的压力，加热温度 $155^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ，保温时间 72 h；

- f) 使叠装试样冷却至室温后，在补偿压力后，测量两压板之间叠片四边的高度，取四个值的算术平均值作为热压处理后的试样高度；
- g) 热压收缩率 K (%) 按如式 (3) 计算公式转化：

$$K = [(h_1 - h_2) / h_1] \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

h_1 —初始试样高度，单位为毫米 (mm)；

h_2 —热压处理后试样高度，单位为毫米 (mm)。

14 涂层耐浸水性

14.1 概述

本项试验规定了一种通过部分或完全浸没来测定单一涂层或复合涂层体系耐受水作用的方法。

14.2 试样要求

试样尺寸宜为 150 mm×100 mm。

14.3 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 制备规定涂层厚度的试样三片；
- b) 将足量的蒸馏水或去离子水倒入一适当容器中；

- c) 将试样浸入水中,可使用适当的支架以使试样以几近垂直位置浸入。如果要求部分浸泡,试样应浸泡其长度的四分之三;如果要求完全浸泡,则应将试样浸入水中,使水位至少高出试样顶部 50 mm,以免水线氧浓度差的影响。为减少水分蒸发或溅撒损失,容器要加盖;
- d) 除非另有要求,浸泡时间为 72 h。

14.4 判断标准

当达到规定的浸泡时间终点时,用水彻底清洗试样后,用滤纸吸干试样表面水分。目视检查涂层是否有失光、变色、起泡、起皱、脱落、生锈等现象,可与未浸水试样对比。3片试样中至少2片无上述现象则为合格。

15 涂层耐油性

15.1 概述

本项试验规定了一种测定单一涂层或复合涂层体系对油的抗腐蚀性的方法。

15.2 试样要求

试样尺寸为宜 150 mm×100 mm。

15.2 试验步骤

试验步骤如下:

- a) 制备规定涂层厚度的试样三片;
- b) 在容器中以几近垂直位置使试样以站立或悬挂的形式半浸于变压器油内;
- c) 在 25 min~30 min 的时间内将变压器油升温至 $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 保温 24 h。

15.3 判断标准

待变压器油冷却至室温后,将试样从油中取出,用脱脂棉纱将油轻轻擦净,如果至少两片试样符合下列要求,则耐油性为合格。

- a) 浸于油中的涂层与上部未浸油的涂层表面均应平整光滑,无起泡、起皱、脱落等现象;
- b) 涂层不应被脱脂棉纱擦掉。

16 试验报告

每个高压电机定子绝缘涂层的试验报告应至少包含如下信息:

- a) 包含涂层和底材类型在内的被测试样所需的全部信息;
- b) 引用的标准及相关条款;
- c) 所使用的设备、仪器的相关信息;
- d) 试验条件,如环境温度、相对湿度等;
- e) 试验过程的详细记录;
- f) 任何偏离规定程序的情况;
- g) 测试过程中观察到的任何异常特征;
- h) 试验人员的姓名;
- i) 测试日期。

附录 A
(资料性)
涂层厚度测量装置示例

图 A.1 给出了不同类型冲片的涂层厚度测量位置的示例。

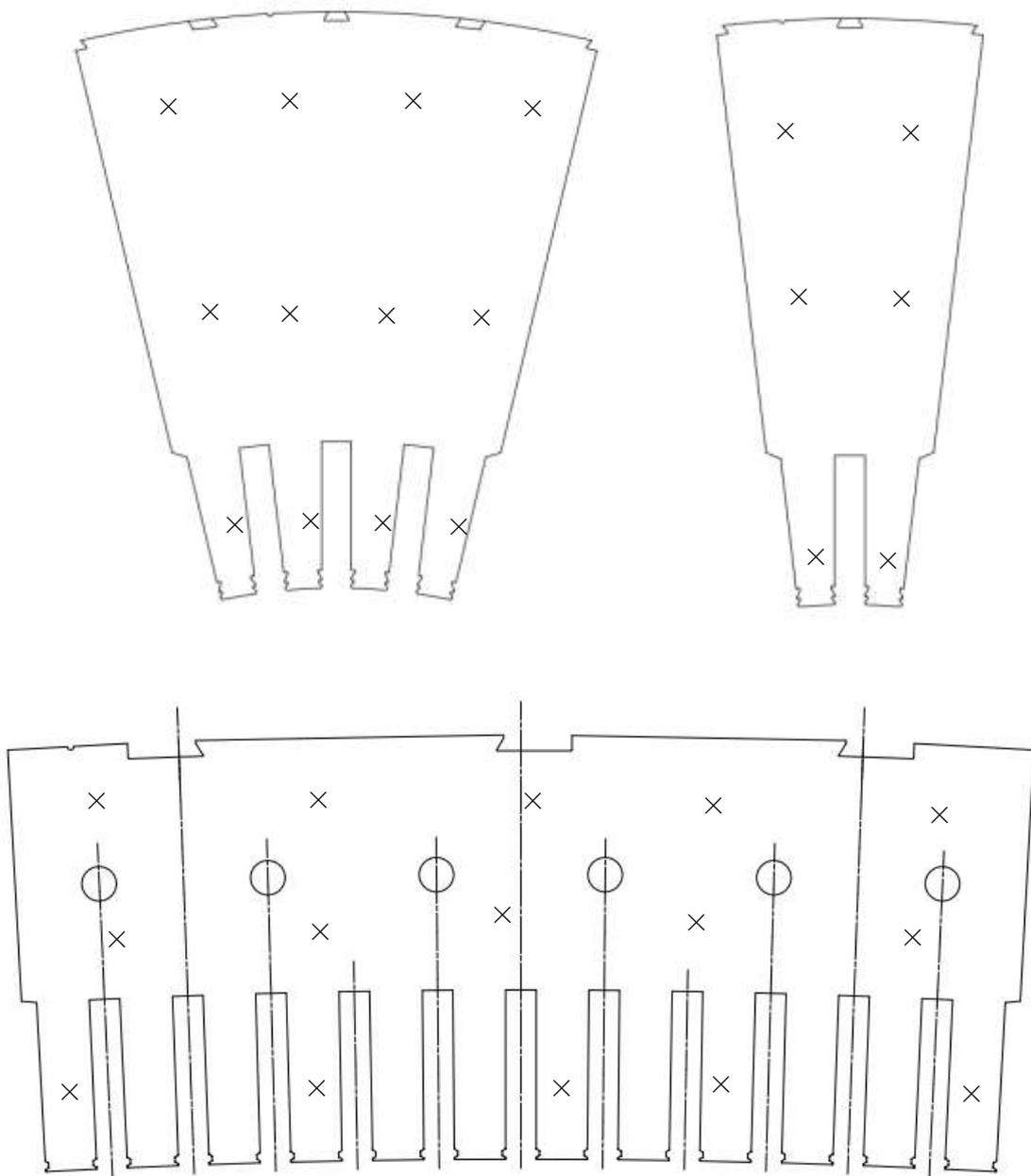


图 A.1 涂层厚度测量位置示意图

附录 B
(资料性)

产品冲片绝缘涂层检测项目及标准示例

额定线电压 20kV 的某型号隐极式汽轮发电机, 在进行产品冲片生产过程中应按照表 B.1 进行绝缘涂层的性能检测。

每台机组生产前须进行产品首件鉴定, 鉴定试验项目包括涂层外观、涂层厚度、涂层耐溶剂擦拭性、涂层弯曲性以及冲片表面绝缘电阻率, 每项试验随机抽取 5 片冲片进行。如试验结果不满足性能要求, 应调整工艺参数, 直至满足后方能进行连续生产。设备非计划停机后重新开机或更换新漆(更改绝缘漆的牌号或批次)时应重新进行上述试验。生产过程中应每 2h 进行一次或每涂刷一包料进行一次涂层外观及涂层厚度检测, 每次检测随机抽取 2 片冲片进行。

表 B.1 冲片绝缘涂层性能要求

序号	试验项目	性能要求
1	涂层外观	冲片表面涂层应均匀, 色泽基本一致, 无明显斑点, 不应有气泡、漏涂等缺陷, 不得存在影响涂层性能以及定子铁心质量的杂质。允许支撑面有支撑划痕, 但划痕长度应不大于 6.5 mm。
2	涂层厚度	对冲片的非支撑面和支撑面涂层分别进行检测。在涂层测试面距冲片齿部、轭部 30~40 mm 处各测量 4 点, 中部测量 4 点, 共计 12 点。涂层厚度为 12 个测量点的平均值, 应在 7.5~10.0 μm 范围之内。涂层厚度的个别值不允许小于 5 μm 。
3	涂层耐溶剂擦拭性	不出现涂层失光、变色、起皱、脱落、露出底材等现象。
4	涂层弯曲性(圆柱轴)	在直径 30 mm 弯曲轴上弯曲 180°, 涂层无开裂或从底材上剥落现象。
5	冲片表面绝缘电阻率	对冲片双面涂层分别进行检测。表面绝缘电阻率应不小于 120 $\Omega\cdot\text{cm}^2$ 。

附录 C
(资料性)
试验报告示例

图 C.1 给出了试验报告的示例。

试 验 报 告

试样名称 XXX 定子冲片涂层性能检测
 试样规格 _____ 委托编号 _____
 委托单位 _____ 试验编号 _____
 试样来源 _____ 试验目的 _____

试验记录 试验时室温: ____℃ 湿度: ____% 试验日期: ____年__月__日

试验项目	单位	试验方法	标准	结果	附注
外观	-	目视检查	(引用标准及相关条款)		(试验过程记录)
厚度	μm	磁性法			
弯曲性	mm	圆柱轴法			
附着性	-	十字划格法			
划痕硬度	-	铅笔硬度法			
耐溶剂擦拭性	-	-			
表面电阻率	Ω·cm ²	富兰克林法			
电气强度	kV/mm	-			
抗压缩性	%	-			
耐浸水性	-				
耐油性	-				
备注: (填写底材类型/底涂层信息/再涂覆涂层牌号及涂层固化工艺参数/任何偏离规定程序的情况/试验过程中的异常特征等信息)					

审核 _____ 复核 _____ 试验员 _____

图 C.1 试验报告示例