

团 体 标 准

T/CEEIA XXX-XXXX

电力变压器型式试验及型式试验报告的
导则

Guide for type test and type test report of power transformers

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

（征求意见稿）

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国电器工业协会 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 2

4 型式试验 4

附录 A（资料性） 第三绕组的短路试验回路 8

附录 B（资料性） 变压器吊心检查指南 11

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》及T/CEEIA 270—2017《CEEIA标准编写指南》给出的规定编写。

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这些专利的责任。

本文件由中国电器工业协会标准化工作委员会提出。

本文件由中国电器工业协会大容量短路试验技术标准化专业委员会归口。

本文件主要起草单位：……。

本文件主要起草人：……。

本文件于2024年首次发布。

电力变压器型式试验及型式试验报告的导则

1 范围

本文件规定了实验室依据GB/T 1094.1-2013、GB/T 1094.2-2013、GB/T 1094.3-2017、GB/T 1094.5-2008和GB/T 1094.11-2022对电力变压器进行型式试验、出具报告的程序。

本文件适用于电力变压器依据GB/T 1094.1-2013、GB/T 1094.2-2013、GB/T 1094.3-2017、GB/T 1094.5-2008和GB/T 1094.11-2022实施试验、出具报告的过程。

注1：如果有采用 IEC 60076-19-1-2023（《电力变压器 第19部分：确定电力变压器损耗测量中不确定度的规则》）的要求，则损耗测量结果无需任何修正。

注2：尽管在GB/T 1094.1中，短路承受能力试验被定义为特殊试验，但本文件将其视为型式试验。

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 1094.1—2013 电力变压器 第1部分：总则
- GB/T 1094.2—2013 电力变压器 第2部分：液浸式变压器的温升
- GB/T 1094.3—2017 电力变压器 第3部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙
- GB/T 1094.5—2008 电力变压器 第5部分：承受短路的能力
- GB/T 1094.10—2022 电力变压器 第10部分：声级测定
- GB/T 1094.11—2022 电力变压器 第11部分：干式变压器
- NB/T 42023-2013 试验数据的测量不确定度处理

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 型式试验

4.1 出具型式试验报告程序

当一台电力变压器已经满足规定的要求时，各实验室根据需求，颁布下列类型之一的报告：

- a) 完整型式试验报告。当变压器满足 b)、c) 和 d) 的特定要求，并且所有其他型式试验均符合 GB/T 1094.1 或 GB/T 1094.11 时，实验室可根据申请出具完整型式试验报告。
- b) 绝缘性能型式试验报告。当变压器满足 GB/T1094.3 和 GB/T 1094.11-2022 中 14.2.5、14.2.6、14.2.7、14.3.1 时，实验室可根据申请出具绝缘性能报告。该报告提供了对电力变压器绝缘要求的验证。

- c) 温升性能型式试验报告。当变压器满足 GB/T 1094.2 和 GB/T 1094.11-2022 中 14.3.2 时，实验室可根据申请出具温升性能报告。该报告提供了对冷却方式的验证并明确了温升限值。
- d) 短路性能型式试验报告。当变压器满足 GB/T1094.5 和 GB/T 1094.11-2022 中 14.4.2 时，实验室可根据申请出具短路性能报告。该报告根据 GB/T1094.5-2008 中 4.2 或 GB/T 1094.11-2022 中 14.4.2 的规定，通过试验验证了该变压器的短路动稳定能力。应注意，变压器的短路热稳定能力是根据标准（见 GB/T1094.5-2008 中 4.1.1）通过计算来证明的。如果要求通过试验验证短路热稳定能力，则必须在环境温度下对待试变压器进行试验，使用提供最大电流的分接位置，作为一项单独试验，该试验仅能作为一个附加的试验包含在短路性能报告中。

具有两个以上绕组的变压器需要特别注意，必须考核其最严酷的工况。根据 GB/T1094.5，对具有两个以上绕组的变压器的试验条件通常由制造商和用户协商决定。

对于一次和/或二次绕组有不只一种电压等级的变压器，如果属于 I 类或 II 类，只有当这台变压器的每一个电压等级都根据 GB/T1094.5 进行了完整的试验，才可以出具报告。

如果变压器仅针对一个电压等级进行了试验，则必须在报告的封面和额定值页中予以注明。

GB/T1094.1 将声级测定试验定义为型式试验，当变压器满足 GB/T1094.10 和 GB/T1094.11-2022 中 14.3.3 规定时，实验室可根据申请在上述任何报告中添加该项试验。

考虑到变压器的原材料、结构、工艺方法以及试验标准、试验方法可能发生的变化，可以八年为一个周期，对型式试验报告进行复核，必要时可从同类型新生产的产品中选取试品，重新进行型式试验，并对通过型式试验的产品出具新的型式试验报告，取代原有的型式试验报告，实现型式试验和型式试验报告的更新。

4.2 报告封面应包含的项目

对于按上述国家标准进行试验的变压器，报告封面上除了必要的信息外，还应包括以下信息：

- a) 完整型式试验报告（表 1，a 栏）
 - 1) 标题：完整型式试验报告；
 - 2) 液浸式变压器：试验符合 GB/T 1094.1、GB/T 1094.2、GB/T 1094.3、GB/T 1094.5 的全部型式试验要求；
干式变压器：试验符合 GB/T 1094.11 的全部型式试验要求。
- b) 绝缘性能型式试验报告（表 1，b 栏）
 - 1) 标题：绝缘性能型式试验报告；
 - 2) 液浸式变压器：试验符合 GB/T 1094.1 和 GB/T 1094.3；
干式变压器：试验符合 GB/T 1094.11。
- c) 温升性能型式试验报告（表 1，c 栏）
 - 1) 标题：温升性能型式试验报告；
 - 2) 液浸式变压器：试验符合 GB/T 1094.1 和 GB/T 1094.2。
干式变压器：试验符合 GB/T 1094.11。
- d) 短路性能型式试验报告（表 1，d 栏）
 - 1) 标题：短路性能型式试验报告；
 - 2) 液浸式变压器：试验符合 GB/T 1094.1 和 GB/T 1094.5；
干式变压器：试验符合 GB/T 1094.11。

4.3 额定值页面应包含的项目

对于按上述国家标准进行试验的变压器，额定值页面上应包括的信息见表1。

表 1 额定值页面上应包含的项目

额定值/由制造商规定并通过试验证明的参数	报告类型			
	a	b	c	d
电压 kV/V	X	X		
雷电冲击耐受电压 kV	X	X		
操作冲击耐受电压 kV	X	X		
工频耐受电压 kV	X	X		
频率 Hz	X		X	
容量（每种冷却方式） kVA	X		X	
电流（每种冷却方式） A	X		X	
短路阻抗 %				
联结组标号				
冷却方式				
注：标准中没有规定关于承受短路能力的具体额定值或参数。短路电流峰值由短路试验前的例行试验确定，是由变压器设计决定的。因此报告中表 1，d 栏无“额定值/由制造商规定并通过试验证明的参数”。				

4.4 变压器试品的确认

4.4.1 概述

制造商必须提供完整的文件，确保提交试验的变压器在所有细节上与提交给实验室的图纸和数据表一致。

制造商应在试验前提交相关图纸和数据表。

实验室负责审查提交的图纸和数据表是否能充分代表被试变压器，但不负责详细图纸的准确性。

当试品通过了实验室的审查，并且提交的图纸和数据表也被最终核准后，应在每张图纸和数据表上做适当的标记说明它们代表了试品。应将足够数量的图纸和数据表缩小到合适的尺寸放到报告中；或者，将原始尺寸的图纸和数据表作为报告的附件；又或者，返还给制造商保存。

4.4.2 试品的确认信息

制造商对变压器的描述应包含实施试验和确认试品所需的所有信息，特别是以下信息：

- a) 制造商的设计依据；
- b) 出厂编号；
- c) 额定容量；
- d) 电压比和分接电压/百分比；
- e) 被试分接的阻抗电压设计值；
- f) 电抗电压设计值；
- g) 联结组；
- h) 绕组导体尺寸；
- i) 绕组绝缘；
- j) 绕组端子；
- k) 铁芯的尺寸和横截面；
- l) 绕组在铁芯上的支撑方式；

- m) 分接开关的详细情况；
- n) 主绝缘介质；
- o) 铁芯和绕组的重量/总重；
- p) 铭牌细节；
- q) 总装图纸；
- r) 铁芯和绕组图纸。

注1：试验中未安装的任何组件，例如单独安装的散热器等，都应像这样进行确认。

4.5 承受短路的动稳定能力

4.5.1 概述

根据标准，承受短路的动稳定能力可以通过试验验证或者通过计算和设计依据来证明。型式试验报告只能依据试验来出具。

如果箱式变压器设计中采用的是其它绝缘液体而非变压器油，它的短路试验应按油浸式来进行。因此，这种类型的变压器统称为液浸式变压器。

4.5.2 变压器在短路试验前的条件

在短路试验之前，变压器应按GB/T 1094.1或GB/T 1094.11的规定进行例行试验，并且需要测量主分接和极限分接的短路阻抗值。根据GB/T 1094.5-2008中4.1.2b)，短路电流计算应考虑除主分接以外其他分接的短路阻抗测量值。由于短路试验的参数值取决于例行试验的结果，所以采用与被测量相适应的测量方法和测量精度非常重要。此外，有时候短路实验室不具备专业测试技术所需的设施，在这种情况下，可以在变压器制造商试验室进行例行试验和检查，但此类试验和检查必须有实验室的人员现场见证。测量方法必须依据国家测量标准，应记录所用测量设备的详细情况，以便能够评估测量不确定度是否符合NB/T 42023-2013的要求。

鉴于试验中和试验后电抗值的变化非常重要，实验室有必要在每一次试验前后进行电抗值的测量。变压器在实验室安装完毕等待试验时应首先取得一个参考的电抗测量值，在连续试验中，利用这个参考的电抗测量值来判断变压器性能是否可靠。

由于确认短路试验完成后没有出现明显的缺陷十分重要，因此建议对于液浸式变压器，试验前，先对铁芯和线圈组装进行检查画线和拍照，然后再将器身组装到油箱中。上述照片用于与试验后的状态进行比较。

4.5.3 双绕组变压器短路试验程序

在某些情况下，根据GB/T 1094.5-2008中4.1.2计算的试验电流是在试验电压低于变压器励磁绕组额定电压时得到的。这是由于根据GB/T 1094.5-2008中4.1.2，由例行试验得到的阻抗、电抗和电阻的计算值已经修正到参考温度，而变压器却是在环境温度下开始短路试验的。

为了补偿X/R值增大的情况，允许在变压器每相中串入小电阻，其值的大小等于修正到参考温度下的变压器电阻计算值和变压器绕组实际温度下的电阻值之差。但应注意到变压器绕组在试验中温度会上升，因此任何补偿电阻的选取都应该考虑到这方面因素的影响。

对于三相变压器，总共要进行9次试验，即每相绕组（同一个铁芯柱上）要进行3次试验。对每个铁芯柱上的绕组进行的每一次试验，电流的峰值和有效值都应满足GB/T 1094.5-2008中4.2.4规定的允许偏差。应当注意在整个试验过程中，剩余两个铁芯柱上的相绕组都将受到较小程度的力，因此不构成对这些铁芯柱上其余两相绕组的有效试验。

标准并未规定两次连续试验之间的时间间隔,时间间隔在很大程度上取决于开展试验所涉及的程序,例如电抗的测量等。如果试验证据表明由于前次试验变压器绕组温度升高,试验参数无法达到要求,如峰值系数的减小,则宜采用实验室和制造商一致同意的最小时间间隔。对于液浸式变压器,两次试验中间约5~10分钟的时间间隔可能会确保绕组导体在下次试验前恢复到周围绝缘的温度。

由于变压器联结方式不同(星形或者三角形),必须保证记录的每一相电流能够代表绕组上的应力。因此,有必要选择记录(高压和/或低压)电流,或者通过适当的布置从线电流中得到绕组相电流。根据实验室的设备条件,这些绕组电流可以通过使用相同原理的计算程序来数字化地确定。

4.5.4 短路试验故障检测和结果评估

GB/T 1094.5-2008中4.2.7.2注1允许使用其他检测手段来确定变压器中可能发生的内部变化。这些方法除了记录油箱(绝缘的)和地之间的电流以外,都是诊断性的,不能依靠它们来证明是否符合标准要求,但这些方法可以作为验证变压器性能在连续试验期间是否可靠的指标。油箱和地之间的任何电流记录都可能表明存在故障,需要进行调查。

关于GB/T 1094.5-2008中4.2.7.3注2,若测得的电抗值趋于稳定,例如,如果连续试验后电抗值的变化降低到可以忽略,则表明其性能令人满意。这也证明从试验之初到试验结束电抗总的变化值没有超出GB/T 1094.5-2008中4.2.7.4的规定值。如果电抗值持续增加,试验结束后应特别注意检查变压器的器身。在任何情况下对于三相变压器,应测得“每个铁芯柱”的电抗值,对星形绕组,直接测量相对中性点的电抗;对三角形绕组或曲折形绕组,用适当的方法推导出电抗值。

国家标准要求测量电抗值,为了试验方便,可以测量电感值。

注1:关于GB/T 1094.5-2008中4.2.7.4项a)中的第5条,根据设计图,如果线圈的最大直径与其最小直径之比小于1.1,则认为线圈是圆形的。

对所有类型的变压器,要求短路试验后重复所有例行试验。短路试验后的重复例行试验应在变压器吊心检查前进行。拆卸变压器进行吊心检查,然后重新组装会影响试验后变压器的内部条件,可能导致重复例行试验结果不满足要求。

吊心检查时可能会发现某些不会危及变压器安全运行的缺陷。实际上,变压器内部的包扎、垫块或用于支撑变压器绕组的其它部件可能会出现微小的移动或者松动。只要实验室认可在所有试验完成后这些部件仍然有效,并且即使变压器随后投入正常运行,任一这些部件都不可能失效,那么,这类位移是可接受的。报告应包括可观察到变化的照片,试验前的照片也应纳入报告,以进行试验前后状态的对比。

短路试验后的例行试验和吊心检查,允许在制造商实验室进行。然而,这种例行试验以及吊心检查,必须有试验机构的试验人员现场见证。在例行试验中,密封试验不适用。

如果在短路试验后的重复例行试验期间,套管发生故障,则认为变压器短路试验失败。试验套管故障需视情况判定。

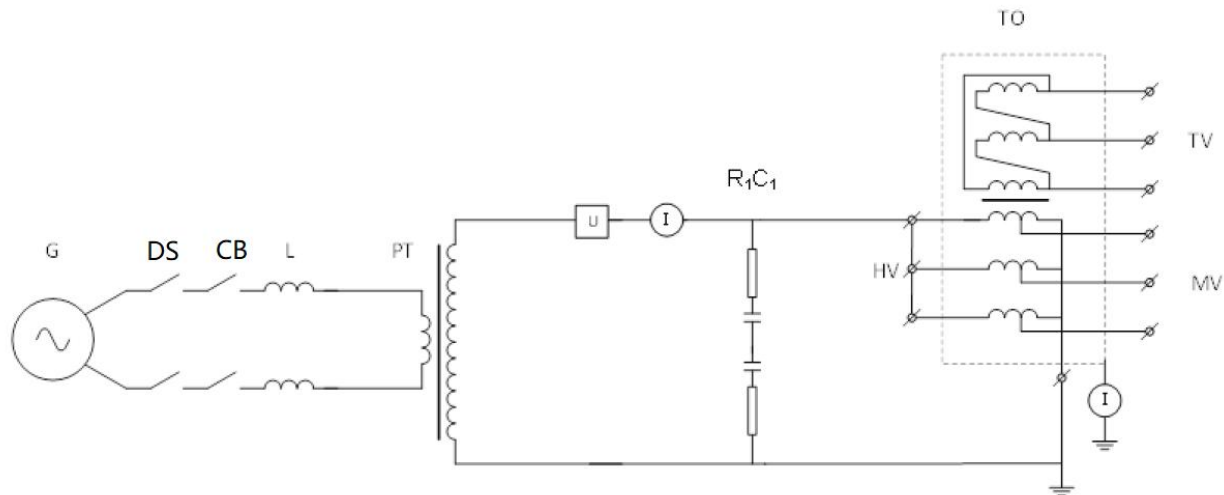
如果测量和试验的结果与短路试验前的结果存在偏差,并且对产生这种偏差的原因的解释不符合试验机构试验人员的要求,那么将不能判定试验合格,对该变压器不予出具相应的型式试验报告。

对第三绕组短路试验结果的评估应基于变压器的种类,而不是该绕组的容量。

4.6 干式变压器温升试验中稳态条件的确定

GB/T1094.11-2022中14.3.2.4仍适用,并做如下补充:

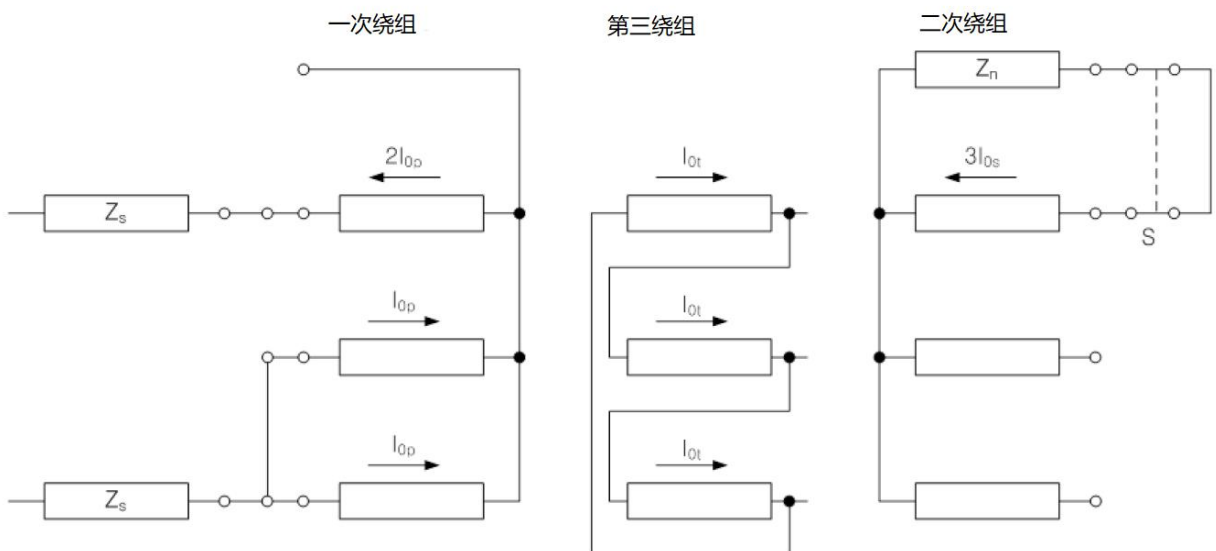
如果试验持续时间超出相应产品标准中给出的温升稳定标准,试验应视为有效。



说明：

G —— 电源；	PT —— 试验变压器；
DS —— 隔离开关；	U —— 电压；
CB —— 断路器；	I —— 电流；
L —— 电抗器；	R_1C_1 —— 电阻电容；
TO —— 试品；	HV —— 高压
MV —— 中压	TV —— 调压

图 A. 2 单相电源自耦变压器试验回路示例



说明：

Z_s —— 试验系统阻抗；	I_{0t} —— 第三绕组零序电流；
I_{0p} —— 一次绕组零序电流；	Z_n —— 二次绕组中性点阻抗（如果适用）；
I_{0s} —— 二次绕组零序电流；	S —— 后短路用的同步开关或先短路用的刚性连接母线。

图 A. 3 二次绕组单相故障和单相电源的试验回路示例

单相电源电压应等于 $\sqrt{3}/2$ 倍的线电压，以便不超过运行时的相对地电压。

每个绕组上的零序电流可以按如下计算：

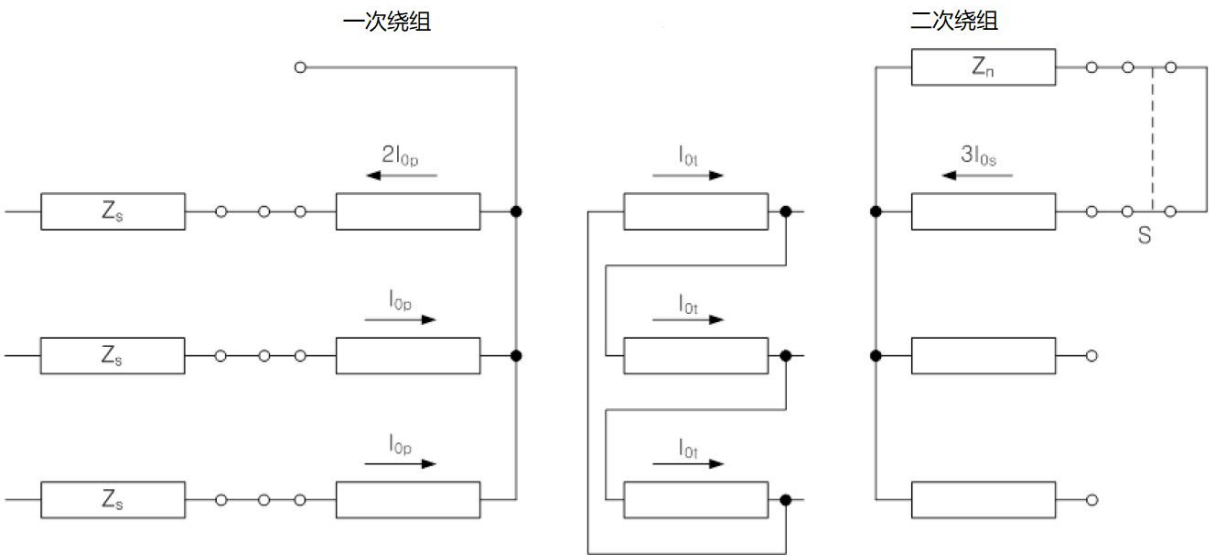
$$I_0 \approx \frac{100 \times I_n}{2 \times \%Z_{ps} + \%Z_{st} + 3 \times \%Z_n}$$

式中：

I_0 —每个线圈上的零序电流；

I_n —每个线圈的额定电流；

$\%Z_{ps}$ ， $\%Z_{st}$ —线圈间的漏抗百分数。



说明：

Z_s —— 试验系统阻抗；

I_{0p} —— 一次绕组零序电流；

I_{0s} —— 二次绕组零序电流；

I_{0t} —— 第三绕组零序电流；

Z_n —— 二次绕组中性点阻抗（如果适用）；

S —— 后短路用的同步开关或先短路用的刚性连接母线。

图 A.4 二次绕组单相故障和三相电源的试验回路示例

一次侧提供额定电压的三相电源。

每个绕组上的零序电流可以按如下计算：

$$I_0 \approx \frac{100 \times I_n}{2 \times \%Z_{ps} + \%Z_{st} + 3 \times \%Z_n}$$

式中：

I_0 —每个线圈上的零序电流；

I_n —每个线圈的额定电流；

$\%Z_{ps}$ ， $\%Z_{st}$ —线圈间的漏抗百分数。

附 录 B
(资料性附录)
变压器吊心检查指南

以下列出了实验室在吊心检查期间应检查的项目。

- a) 通用要求：
 - 1) 一般损坏或位移；
 - 2) 箱底上的零件或碎片；
 - 3) 松动的物体（用手可移动）；
 - 4) 绝缘支撑的损坏或移位；
 - 5) 套管或端子以及与其连接的部分（包括屏蔽）；
 - 6) 任何部位的电介质放电痕迹。
- b) 套管：
 - 1) 损坏或移位；
 - 2) （非常细的）裂缝。
- c) 铁芯
 - 1) 铁芯的损坏或移位；
 - 2) 铁芯叠片的移位；
 - 3) 铁芯弯曲；
 - 4) 铁芯接缝不整齐。
- d) 绕组：
 - 1) 支撑结构（整体）；
 - 2) 线圈的损坏或移位（轴向、径向）；
 - 3) 油道的损坏或移位；
 - 4) 铁芯夹件和绕组之间支撑结构的损坏或位移；
 - 5) 公共压板的损坏或移位；
 - 6) 绕组端部支撑的损坏或移位；
 - 7) 公共压板上的线圈支撑块出现超过 10%的松动；
 - 8) 绕组整体或绕组相互间以及与铁芯之间的变形或移动迹象（径向屈曲、强制屈曲、自由屈曲、导线弯曲、导线倾斜、旋转、匝套叠等）；
 - 9) 燃烧痕迹；
 - 10) 换位处的变形。
- e) 引线：
 - 1) 引线结构（引线的支撑）；
 - 2) 引线和引线支架的损坏或变形；
 - 3) 引线位置的变化。
- f) 分接开关：
 - 1) 触点损坏的迹象；
 - 2) 结构损坏的迹象；
 - 3) 支撑绝缘损坏的迹象。
- g) 芯式变压器的典型情况：

在短路试验结束时，如果电抗变化没有减小的趋势，则拆除上轭，以检查电抗变化趋势不减小的原因。

- h) 壳式变压器的典型情况：
- 1) 绕组顶部；
 - 2) 绕组之间的楔块；
 - 3) 绕组和油箱之间的楔块；
 - 4) 绕组绝缘部分。
-