团体标准

发 布

中国电机工程学会

202X—XX—XX实施

202X—XX—XX发布

柔性低频交流输电系统高压电气设备

第5部分 低频变压器套管技术规范

High voltage electrical equipment used in low-frequency AC flexible transmission system — Part 5: Technical specification for low-frequency transformer bushings

（征求意见稿）

T/CSEE XX —202X

ICS 19.020

CCS K40

目 次

[前 言 3](#_Toc180511513)

[1 范围 1](#_Toc180511514)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc180511515)

[3 术语和定义 1](#_Toc180511516)

[4 一般使用条件 1](#_Toc180511517)

[4.1 环境温度 1](#_Toc180511518)

[4.2 海拔 2](#_Toc180511519)

[4.3 地震条件 2](#_Toc180511520)

[4.4 其他使用条件 2](#_Toc180511521)

[5 基本技术参数 2](#_Toc180511522)

[5.1 设备最高电压](#_Toc180511523)***[U](#_Toc180511523)[m](#_Toc180511523)*** [2](#_Toc180511523)

[5.2 额定电流](#_Toc180511524)***[I](#_Toc180511524)[r](#_Toc180511524)*** [2](#_Toc180511524)

[5.3 额定绝缘水平 2](#_Toc180511525)

[6 技术性能要求 3](#_Toc180511526)

[6.1 空心绝缘子性能要求 3](#_Toc180511527)

[6.2 套管的介质损耗因数（](#_Toc180511528)**[tan](#_Toc180511528)*[δ](#_Toc180511528)***[） 3](#_Toc180511528)

[6.3 套管的局部放电量 4](#_Toc180511529)

[6.4 无线电干扰 4](#_Toc180511530)

[6.5 套管的试验抽头绝缘性能参数 4](#_Toc180511531)

[6.6 套管各部位的发热温度和温升 4](#_Toc180511532)

[6.7 套管的悬臂耐受负荷 5](#_Toc180511533)

[6.8 套管内部变压器油的性能 5](#_Toc180511534)

[7 试验要求 6](#_Toc180511535)

[7.1 试验分类 6](#_Toc180511536)

[7.2 试验的一般要求 7](#_Toc180511537)

[7.3 外观和尺寸检查 7](#_Toc180511538)

[7.4 额定频率交流干或湿耐受电压试验 7](#_Toc180511539)

[7.5 长时额定频率交流耐受电压试验 8](#_Toc180511540)

[7.6 雷电冲击干耐受电压试验 8](#_Toc180511541)

[7.7 操作冲击干或湿耐受电压试验 8](#_Toc180511542)

[7.8 环境温度下介质损耗因数（tanδ）和电容量测量 8](#_Toc180511543)

[7.9 局部放电测量 9](#_Toc180511544)

[7.10 抽头绝缘试验 9](#_Toc180511545)

[7.11 无线电干扰电压试验 9](#_Toc180511546)

[7.12 温升试验 9](#_Toc180511547)

[7.13 热短时电流耐受验证 9](#_Toc180511548)

[7.14 悬臂负荷耐受试验 10](#_Toc180511549)

[7.15 充液体、充混合物以及液体绝缘套管的密封试验 10](#_Toc180511550)

[7.16 法兰或其它紧固件上的密封试验 10](#_Toc180511551)

[7.17 绝缘电阻测量 10](#_Toc180511552)

[7.18 10kV电压下套管主绝缘的tanδ和电容量测量 10](#_Toc180511553)

[7.19 试验抽头对地的tanδ测量 10](#_Toc180511554)

[8 运输、存放、安装、运行和维护规则 11](#_Toc180511555)

[8.1 一般要求 11](#_Toc180511556)

[8.2 运输、存放和安装要求 11](#_Toc180511557)

[8.3 安装说明 11](#_Toc180511558)

[8.4 拆装与吊装 11](#_Toc180511559)

[8.5 组装 11](#_Toc180511560)

前 言

本文件按照《中国电机工程学会标准化管理办法》、《中国电机工程学会标准化管理办法实施细则》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。

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。

本文件由中国电机工程学会提出。

本文件由中国电机工程学会XXXXXXXXXX标准专业委员会技术归口和解释。

本文件起草单位：、、、。

本文件主要起草人：、、、。

本文件首次发布。

本文件在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：[cseebz@csee.org.cn](mailto:cseebz@csee.org.cn)）。

低频变压器套管技术规范

1. 范围

本文件规定了低频变压器套管的术语和定义、一般使用条件、基本技术参数、技术性能要求、试验要求、运输、存放、安装、运行和维护规则等。

本文件适用于在柔性低频交流输电系统使用，电压等级为10kV~220kV、额定频率为20Hz及以下的交流变压器套管。

1. 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 50260 电力设施抗震设计规范

GB/T 2423.23 电工电子产品环境试验 试验Q：密封

GB/T 2900.5 电工术语 绝缘固体、液体和气体

GB/T 2900.8 电工术语 绝缘子

GB/T 4109 交流电压高于1 000 V的绝缘套管

GB/T 7595 运行中变压器油质量

GB/T 11022 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求

GB/T 11026.2 确定电气绝缘材料耐热性的导则 第2部分：试验判断标准的选择

GB/T 14597 电工产品不同海拔的气候环境条件

GB/T 20112 电气绝缘系统的评定与鉴别

GB/T 21429 户外和户内电气设备用空心复合绝缘子——定义、试验方法、接收准则和设计推荐

GB/T 23752 额定电压高于1 000V的电器设备用承压和非承压空心瓷和玻璃绝缘子

GB/T 24840 1 000kV交流系统用套管技术规范

GB/T 25840 规定电气设备部件(特别是接线端子)允许温升的导则

GB/T 26218（所有部分） 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定

DL/T 722 变压器油中溶解气体分析和判断导则

1. 术语和定义

GB/T 4109、GB/T 2900.5和GB/T 2900.8界定以及下列术语和定义适用于本文件。

**低频变压器套管** **low-frequency transformer** **bushing**

安装于低频变压器上的额定频率等于或小于20Hz的交流电容式套管。

1. 一般使用条件
   1. 环境温度

套管应能在不超过表1规定的温度限值下运行。

表1 周围空气和浸入介质的温度

| 序号 | 类别 | | 数值 |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 周围空气温度 | 最高气温 | 40℃ |
| 最低气温 | –40℃ |
| 最高日平均气温 | 30℃ |
| 最高年平均气温 | 20℃ |
| 2 | 变压器中的矿物油 | 正常负载时最高温度 | 100℃ |
| 故障负荷时最高温度 | 115℃ |
| 最高日平均温度 | 90℃ |

* 1. 海拔

符合本文件的套管适用于在海拔不超过1000m的任何海拔运行。海拔超过1000m时，套管的外绝缘参数应按照GB/T 4109—2022进行海拔修正。

* 1. 地震条件

地震条件应符合GB 50260—2013的要求或供需双方协议。

* 1. 其他使用条件

低频变压器套管的其他使用条件如下：

1. 太阳辐射强度不应超过0.1 W/cm2；
2. 运行现场污秽度不超过GB/T 26218.1规定的污秽等级；
3. 覆冰厚度不超过20 mm；
4. 风速不应超过35 m/s；
5. 安装角度：套管轴线与铅垂线夹角不超过30º。
6. 基本技术参数
   1. 设备最高电压***Um***

套管的*U*m值应从以下设备最高电压的标准值中选取，单位为kV：

12—17.5 (18) —24—36—40.5—52—72.5—100—123 (126) —145—170—245 (252)。

* 1. 额定电流***Ir***

套管的*Ir*值应从下面给出的标准值中选取，单位为A：

100—250—315—400—500—630—800—1 000—1 250—1 600—2 000—2 500—3 150—4 000。

对于载流导体穿入中心管的变压器套管(穿缆或穿杆式套管)，为使相应的*Ir*符合6.6的要求，套管供方应规定载流导体的横截面积、最大直径和材质，以及绝缘材料和厚度。

* 1. 额定绝缘水平

套管的额定绝缘水平应符合表2的规定。

表2 套管的额定绝缘水平

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 设备最高电压Um  kV  （r.m.s.） | 额定雷电冲击耐受电压（BIL）  kV（峰值） | 额定操作冲击耐受电压  （SIL）  kV（峰值） | 额定频率交流耐受电压  kV  （r.m.s.） | |
| 干 | 湿 |
| 36 | 170 |  | 77 |  |
| 40.5 | 200 |  | 95 |  |
| 52 | 250 |  | 105 |  |
| 72.5 | 325 |  | 155 | 140 |
| 100 | 380 |  | 150 | 150 |
| 450 |  | 185 | 185 |
| 123（126） | 450 |  | 205 | 185 |
| 550 |  | 255 | 230 |
| 145 | 450 |  | 205 | 185 |
| 550 |  | 255 | 230 |
| 650 |  | 305 | 275 |
| 170 | 550 |  | 255 | 230 |
| 650 |  | 305 | 275 |
| 750 |  | 355 | 325 |
| 252（245） | 950 | 650 | 435 | 395 |
| 750 |
| 850 |
| 1050 | 750 | 505 | 460 |
| 850 |

1. 技术性能要求
   1. 空心绝缘子性能要求

套管的空心绝缘子应满足以下要求：

1. 套管的空心绝缘子的外形结构应符合GB/T 26218的规定；
2. 套管的空心瓷绝缘子应符合GB/T 23752—2009的规定；
3. 套管的空心复合绝缘子的伞裙、护套和管材料性能及其他技术性能应满足GB/T 21429—2008的要求。
   1. 套管的介质损耗因数（**tan*δ***）

套管的tan*δ*最大值应符合表3的规定。

表3 套管的tan*δ*最大值（20℃下）

| 套管绝缘类型 | 1.05 *U*m /电压下的最大值 | 电压从1.05 *U*m /到*U*ma的最大允许增值 |
| --- | --- | --- |
| 油浸纸 | 0.007 | 0.001 |
| 胶浸纸 | 0.007 | 0.001 |

表3 套管的tan*δ*最大值（20℃下）（续）

| 套管绝缘类型 | 1.05 *U*m /电压下的最大值 | 电压从1.05 *U*m /到*U*ma的最大允许增值 |
| --- | --- | --- |
| 树脂浸渍纤维、胶浸纤维 | 0.007 | 0.001 |
| a 不适用于*U*m≤36kV的套管。 | | |

* 1. 套管的局部放电量

套管的局部放电量应符合表4的规定。

表4 套管的局部放电量最大值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 套管绝缘类型 | 局部放电量最大值  pC | | |
| *U*m | 1.5 *U*m/ | 1.05*U*m/和1.1 *U*m/ |
| 油浸纸 | 10 | 10 | 5 |
| 胶浸纸 | 10 | 10 | 5 |
| 树脂浸渍纤维、胶浸纤维 | 10 | 10 | 5 |

* 1. 无线电干扰

套管在1.1*U*m/的试验电压下，无线电干扰电压应不大于500 μV。

* 1. 套管的试验抽头绝缘性能参数

试验抽头的有关数值应不超过：

——对地电容10 000 pF（对地电容的其他数值可由供需双方协议）；

——额定频率下测得的介质损耗因数（tan*δ*）为0.05；

——试验抽头对地的额定频率耐受电压不低于2 kV。

* 1. 套管各部位的发热温度和温升

在正常运行条件下与绝缘材料接触的金属部件的温度限值为：

——对于油浸纸为105℃：等级A；

——对于胶浸纸、树脂浸渍纤维以及胶浸纤维为120℃：等级E；

在最高日平均环境温度为30℃时，最热点的温升应不超过表5中的规定值。对其他绝缘材料，温度限值应由供方规定。可参考GB/T 11026.2—2012和GB/T 20112—2015。

套管端子和连接处的温升也在表5中给出。

表5 套管各部位允许的最高温度值和温升

| 部件说明 | | | | 最大温升  K | 最高温度  ℃ | 备 注a |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 弹性接触 | 铜与铜合金 | 无镀层 | 空气中  油中 | 45  50 | 75  80 | b |
| 镀锡 | 空气或油中 | 60 | 90 |
|  |  | 电镀银或镍 | 空气中  油中 | 75  60 | 105  90 |
| 螺纹接触 | 铜  铝  铜合金  铝合金 | 无镀层 | 空气中  油中 | 60  70 | 90  100 |  |
| 镀锡 | 空气中  油中 | 75  70 | 105  100 |
| 电镀银或镍 | 空气中  油中 | 85  70 | 115  100 |
| 靠螺钉或螺栓连接到外部导体上的端子 | 铜、银及其合金 | 无镀层  镀锡  电镀银或镍 |  | 60  75  75 | 90  105  105 | c |
| 与绝缘接触的金属件 | | 绝缘等级 | A级（油浸纸）  E级（胶浸纸） | 75  90  110 | 105  120  140 | d |
| a 温升的数值根据最大日平均温度30 ℃为基础。  b 弹性接触是用弹簧压力维持连接，如插入式连接。  c 估计有严重氧化，温升应限制在50 K。  d 适用于导体（穿缆或穿杆式套管）穿入中心管的变压器套管。 | | | | | | |

* 1. 套管的悬臂耐受负荷

套管应能耐受GB/T 4109—2022中表1给出的负荷水平Ⅰ或Ⅱ的悬臂负荷值。厂家应考虑套管在工程中运行时，空气侧接线端子长期受到高压引线的拉力作用，可能会导致套管出现形变和密封问题。

* 1. 套管内部变压器油的性能

充油绝缘套管内部变压器油的性能应符合表6规定。

当用户有要求时，可在工厂进行套管内变压器油的性能测试，其具体测试项目和指标也可由供需双方协议商定。

表6 充油绝缘套管内部变压器油性能值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | 套管额定电压等级  kV | 质量指标 | |
| 新投运前 | 运行中 |
| 击穿电压  kV | | ≤35 | ≥40 | ≥35 |
| 66～220 | ≥45 | ≥40 |
| 介质损耗因数(90℃)  % | | ≤220 | ≤1.0 | ≤4.0 |
| 含水量  mg/L | | ≤110 | ≤20 | ≤35 |
| 220 | ≤15 | ≤25 |
| 油中溶解气体色谱分析  µL/L | H2 | ≤220 | ＜150 | ≤500 |
| C2H2 | ＜0.1 | ≤2 |
| 总烃 | ＜10 | ≤150 |

1. 试验要求
   1. 试验分类
      1. 逐个试验

出厂的每一支套管，应按表7的试验项目进行逐个试验。试验时，如套管有不符合表7中的规定的任何一项要求时，则此套管不合格。在全部试验后，还应及时抽取充油绝缘套管试品内部油样进行分析，作为套管内部是否发生放电或过热现象的辅助判据。

表7 逐个试验项目

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 试验名称 | 试验方法及接收准则 |
| 1 | 外观和尺寸检查 | 本文件7.3 |
| 2 | 环境温度下介质损耗因数（tan*δ*）和电容量测量 | 本文件7.8 |
| 3 | 雷电冲击干耐受电压试验a | 本文件7.6 |
| 4 | 额定频率交流干耐受电压试验 | 本文件7.4 |
| 5 | 局部放电测量 | 本文件7.9 |
| 6 | 抽头绝缘试验 | 本文件7.10 |
| 7 | 充液体、充混合物以及液体绝缘套管的密封试验 | 本文件7.15 |
| 8 | 法兰或其它紧固件上的密封试验 | 本文件7.16 |
| a *U*m≥72.5kV的电容式套管需开展该项试验。 | | |

* + 1. 型式试验

新产品定型或正常产品修改结构、改变原材料及生产工艺时，应进行产品的型式试验。试验用的套管应与正常交货的套管相同。型式试验应在通过逐个试验合格后的产品中随机抽取1只，按表8的试验项目进行试验。试验时，如套管有不符合表中规定的任何一项要求时，则型式试验不合格。

在套管全部试验后，应及时抽取试验油箱内的变压器油样进行分析作为试验装置内是否发生放电的辅助判据。在全部试验后，还应及时抽取充油绝缘套管试品内部油样进行分析，作为套管内部是否发生放电或过热现象的辅助判据。在型式试验前后，应按表7第2项、第5项规定进行套管介质损耗因数（tan*δ*）、电容量及局部放电量测量，以便检验套管是否发生击穿或者其他明显的损伤。

表8 型式试验项目

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 试验名称 | 试验方法及接收准则 |
| 1 | 外观和尺寸检查 | 本文件7.3 |
| 2 | 额定频率交流干或湿耐受电压试验a | 本文件7.4 |
| 3 | 长时额定频率交流耐受电压试验b | 本文件7.5 |
| 4 | 雷电冲击干耐受电压试验 | 本文件7.6 |
| 5 | 操作冲击干或湿耐受电压试验c | 本文件7.7 |
| 6 | 无线电干扰电压试验d | 本文件7.11 |
| 7 | 温升试验 | 本文件7.12 |
| 8 | 热短时电流耐受试验 | 本文件7.13 |
| 9 | 悬臂负荷耐受试验 | 本文件7.14 |
| 10 | 充液体、充混合物以及液体绝缘套管的密封试验 | 本文件7.15 |

表8 型式试验项目（续）

|  |
| --- |
| a 用于户内的套管开展额定频率交流干耐受电压试验，用于户外的套管开展额定频率交流湿耐受电压试验。  b *U*m≥72.5kV的套管开展该项试验。  c *U*m为252kV的套管开展该项试验，用于户内的套管开展操作冲击干耐受试验，用于户外的套管开展操作冲击湿耐受试验。  d *U*m≥123kV的套管开展该项试验。 |

* + 1. 现场交接试验

现场交接验收试验在装有套管的设备安装完毕后进行，所有试验结果均应符合产品的技术规范。

表9 现场交接试验项目

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 试验名称 | 试验方法及接收准则 |
| 1 | 外观检查 | 本文件7.3 |
| 2 | 绝缘电阻测量 | 本文件7.17 |
| 3 | 10 kV电压下套管主绝缘的tan*δ*和电容量测量 | 本文件7.18 |
| 4 | 试验抽头对地的tan*δ*测量 | 本文件7.19 |
| 5 | 密封检查 | - |

* + 1. 特殊试验

特殊试验包括以下试验项目，仅在供需双方有合同协议的情况下进行，试验方法和要求由供需双方协议商定。

——长时间性能考核试验。

——地震试验。

* 1. 试验的一般要求

在进行套管的绝缘和热试验时，必须完整地具备固定法兰或其他固定装置及在使用时需要的全部附件，试验抽头应接地或者接近于地电位。套管应浸在装有绝缘液体的尺寸合适的试验容器中，套管端部的均压屏蔽罩要确保其表面场强足够低，使其在浸入的介质中不发生局部放电。

充油绝缘的套管，须用规定质量的绝缘液体充至正常液面。

套管试验时应垂直安装，要求安装成为其它状态时，应由供需双方协议商定。

试验时的室温不得低于10 ℃，试验用介质的温度应在10℃～40℃之间。套管与周围接地部件要有足够的距离（一般不小于1.5倍试品外绝缘距离），以避免经环境空气或浸渍介质对接地部件发生直接闪络。

如果试验时的大气条件与GB/T 16927.1—2011的规定值不同，应对试验电压值进行大气条件校正。

* 1. 外观和尺寸检查

本试验应在完整的套管上进行，套管的外观及各部位尺寸应符合相关图纸规定，不允许有影响套管正常运行的表面缺陷，按抽样方法校对。套管的空心瓷绝缘子应符合GB/T 23752—2009的规定；套管的空心复合绝缘子应符合GB/T 21429—2008的规定。

* 1. 额定频率交流干或湿耐受电压试验

试验电压为套管额定频率下的交流电压，试验电压值见表2，试验持续时间60s。接收准则见GB/T 4109—2022。

* 1. 长时额定频率交流耐受电压试验

试验电压为套管额定频率下的交流电压，试验按如下程序进行：

——升压至*U*3 = 1.1 *Um*/，持续5 min，测量局部放电。

——升压至*U*2 = 1.5 *Um*/，持续5 min，测量局部放电。

——升压至*U*1 = *Um*，持续1 min，测量局部放电。

——测试完成，即刻平稳降压至*U2*并维持至少1 h，在电压保持过程中应全程监测局部放电，并每隔5min记录一次。

——降压至*U*3，持续5 min，测量局部放电。

——电压降至零。

接收准则见GB/T 4109—2022。

* 1. 雷电冲击干耐受电压试验

试验电压值见表2，试验方法参考GB/T 16927.1—2011。

1. 型式试验时，套管应逐次经受：

——15次正极性全波雷电冲击；

——1次负极性全波雷电冲击，施加电压为额定耐受电压值的110%；

——5次负极性截波雷电冲击，施加电压为额定耐受电压值的121%；

——14次负极性全波雷电冲击，施加电压为额定耐受电压值的110%。

1. 逐个试验时，套管应逐次经受：

——5次负极性全波雷电冲击，施加电压为额定耐受电压值的105%；

或由合同协议替换为：

——1次负极性全波雷电冲击，施加电压为额定耐受电压值的105%；

——2次负极性截波雷电冲击，施加电压为额定耐受电压值的115%；

——2次负极性全波雷电冲击，施加电压为额定耐受电压值的105%。

改变极性后，允许在进行冲击试验前，先施加一些较小幅值的冲击电压。连续两次施加电压的时间间隔应足够长，以避免前次施加电压的影响。

接收准则见GB/T 4109—2022。

* 1. 操作冲击干或湿耐受电压试验

试验按GB/T16927.1进行。尽可能模拟运行状态，套管应安装在一个接地平板上，该接地平板外沿距套管轴线距离应至少为0.4L，L为套管电弧距离。高压接线应从套管轴线方向引出，至少应超出套管顶部0.4L。当套管一端是浸入式时，浸入的细节应经协商。对于气体绝缘开关套管，按照协议，可能会使用较小的接地板。

额定操作冲击耐受电压值见表2，冲击波形为250/2500μs的标准操作冲击波形。套管应逐次经受：

——正极性冲击15次；

——负极性冲击15次；

——1.1倍额定耐受值的负极性干操作冲击15次。

改变极性后允许在正式施加冲击电压前施加几次较小幅值的冲击。连续两次施加电压的时间间隔应足够长,以避免先前施加电压的影响。应记录每次冲击电压。

接收准则见GB/T 4109—2022。

* 1. 环境温度下介质损耗因数（tanδ）和电容量测量

试验应在10℃到40℃的环境温度下进行，试验时套管导体应不载流。用适于测量低频电压下介质损耗因数和电容量的仪器设备测量，试验电压为套管额定频率下的交流电压，测量应至少在下列电压下进行：

——对于U*m*≤36kV的套管，1.05U*m*/3；

——对于U*m*≥40.5kV的套管，1.05U*m*/3和U*m*。

测量电压不应超过交流干耐受电压值。

应在2kV到20kV间的某一电压下测量套管的tanδ和电容量，作为以后套管在运行时进行监测的参考值。

tanδ的最大允许值以及tanδ随电压的增值列于表4，如测得的值不可接受，允许等待1h后重复该试验，测量期间的实际温度应记录在报告中。

* 1. 局部放电测量

本试验应按GB/T 7354—2018进行。除非另有规定，应适当选择试验回路的元件，使测量回路上的背景噪声和灵敏度能适宜于检出5pC局部放电量或规定值的20%，二者取其中较大值。此测量应在额定频率交流干耐受电压试验（见7.4）后，电压从额定频率交流干耐受电压试验值降至表4给出的电压值时进行。

在最后的绝缘试验后套管局部放电量的允许最大值，按套管的类型在表4中给出。当在1.5U*m*/3电压下测得值比表4规定大时，供方可延长测试时间到1h，以检验其值是否会回到允许限值。如果在此期间局部放电量在限值内，则认为套管通过了该试验。

* 1. 抽头绝缘试验

下述对地低频交流耐受电压值适用于所有的抽头：

——试验抽头：推荐2kV~3kV；

——电压抽头：为电压抽头额定电压的2倍但至少2kV。

试验持续时间是60s，试验后应在至少1kV电压下测量tanδ和对地电容。

如未出现闪络或击穿则认为该抽头通过了本试验，对于试验抽头其tanδ和电容值应符合6.5。

* 1. 无线电干扰电压试验

试验方法和接收准则参考GB/T 4109—2022的8.7。

* 1. 温升试验

温升试验应采用套管额定频率的试验电流，温升试验方法和要求应符合GB/T 4109—2022中8.8的规定，套管各部分的发热温度和温升应满足本标准6.6的要求。

* 1. 热短时电流耐受验证

用式（1）计算验证套管耐受*I*th标准值的能力：

………………………………….…….（1）

式中：

*θ*f——导体的最终温度，℃；

*θ*0——在环境温度40℃下载流*I*r连续运行时导体的温度，℃；

*α*——铜取值0.8(K/s)/(kA/cm2)2，铝取值1.8(K/s)/(kA/cm2)2；

*t*th——规定的额定持续时间，s；

*I*th——上述规定的标准值，kA；

*S*e——考虑集肤效应的等效横截面面积，cm2；

*S*t——相应于*I*r的总横截面面积，cm2。

对于其它材料的*α*值，可由下式：

 ………………………………………………（2）

式中：

*ρ*——导体电阻率，*μ*Ω·cm；

*c*——比热容单位，J/(g·k)；

*δ*——导体密度，g/cm3。

用于公式中的*ρ*、*c*、和*δ*各值需在平均温度160℃下进行校正。

在直径*D*（cm）的圆截面导体中，需考虑集肤效应取得等值横截面面积。其值可由下式导出的电流渗入深度*d*来确定：

cm……………………………………………（3）

式中：

*f*——额定频率，Hz；

因此：。

如果计算的导体的最终温度不超过180℃，则认为套管能耐受*I*th的标准值，试验可以免做；若导体的最终温度超过此限度，则须用试验来证明套管是否能耐受此标准值。

* 1. 悬臂负荷耐受试验

试验方法和接收准则参考GB/T 4109—2022的8.10。

* 1. 充液体、充混合物以及液体绝缘套管的密封试验

试验方法和接收准则参考GB/T 4109—2022的8.11。

* 1. 法兰或其它紧固件上的密封试验

试验方法和接收准则参考GB/T 4109—2022的9.10。

* 1. 绝缘电阻测量

现场交接试验时，应对套管主绝缘和试验抽头对地的绝缘电阻进行测量，要求如下：

1. 测量主绝缘的绝缘电阻，应使用5 000 V或2 500 V兆欧表，其绝缘电阻值应不低于10 000 MΩ；
2. 测量试验抽头对地的绝缘电阻，应使用2 500 V兆欧表，其绝缘电阻值应不低于1 000 MΩ。
   1. 10kV电压下套管主绝缘的tanδ和电容量测量

现场交接试验时，应对套管主绝缘的tan*δ*和电容量进行测量，要求如下：

1. 安装前后，测量变压器类套管主绝缘的tan*δ*和电容量的试验电压为10 kV；
2. 油浸纸绝缘套管的实测电容值与产品铭牌数值相比，其差值应小于±5%。
   1. 试验抽头对地的tanδ测量

现场交接试验时，套管试验抽头对地的tan*δ*的要求如下：

1. 测量试验抽头对地的tan*δ*时，试验电压为2 kV；
2. 试验抽头对地的tan*δ*应符合产品技术规范的要求。
3. 运输、存放、安装、运行和维护规则
   1. 一般要求

套管的运输、存放、安装、运行和维护都应按照供方提供的说明书来执行。

因此，供货商应提供套管的运输、存放、安装、运行和维护的说明书。运输和存放的说明书应在供货之前提供，而安装、运行和维护说明书最迟应在供货时提供。

对不同类型套管的安装、运行和维护规则不作详细要求，但是供货商提供的说明书必须包含以下给出的重要信息。

* 1. 运输、存放和安装要求

如果在订单中规定了维护条件，但对运输和存放没有要求，那么供需双方应做专门的协定。特别是在运输、存放和安装过程中不能破坏绝缘性能，在加压之前，防止产品受潮，例如要防止雨水、积雪和凝露。应当考虑在运输过程中的震动，必要时应给出说明书。

运输中必要时应在套管本体上加装加速度监测装置。

* 1. 安装说明

供方提供的不同类型套管的说明书都应至少包括以下内容。

* 1. 拆装与吊装

提供安全拆装和吊装所必需的信息，包括详细的吊装步骤和必要的设备。

在套管运抵目的地后，安装前应按供方提供的说明书检验清楚。

* 1. 组装
     1. 标识和图纸

当套管不是组装好后运输的，则运输的零部件必须标识清楚。总装图中必须标清各个零部件的位置。

* + 1. 安装说明

安装说明中应指出以下内容：

a）套管的重量；

b）套管的重量（或者是将要安装的最重的零部件）是否超过100 kg；

c）重心位置。

* + 1. 连接说明

说明书中应包含以下信息：

a）在连接导体时应注意防止套管过热和不必要的损伤，留出足够的间距；

b）所有辅助电路的连接；

c）接地。

* + 1. 最终安装检查

应提供在套管安装和连接完毕后进行检查和测试的说明书。

说明书中的信息应包括以下内容：

a）正常运转设定的测试计划表；

b）执行所有能使套管正常运转的调节程序；

c）提供一些帮助设备运行中的维护建议；

d）最终检查和投入运行的说明书。

测试和检查结果应记录于投运报告中。

**━━━━━━━━━━━**