



中华人民共和国国家标准

GB/T 4109—2022

代替 GB/T 4109—2008

交流电压高于 1 000 V 的绝缘套管

Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V

(IEC 60137:2017,MOD)

2022-03-09 发布

2022-10-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
交流电压高于 1 000 V 的绝缘套管

GB/T 4109—2022

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2022 年 3 月第一版

*

书号: 155066 · 1-69803

版权专有 侵权必究

目 次

| | |
|-------------------------------|----|
| 前言 | V |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 2 |
| 4 额定值 | 7 |
| 4.1 设备最高电压(U_m) | 7 |
| 4.2 额定电流(I_r) | 7 |
| 4.3 额定热短时电流(I_{th}) | 8 |
| 4.4 额定动稳定电流(I_d) | 8 |
| 4.5 最小悬臂负荷耐受值 | 8 |
| 4.6 安装角度 | 9 |
| 4.7 最小公称爬电距离 | 9 |
| 4.8 温度限值和温升 | 9 |
| 4.9 标准绝缘水平 | 12 |
| 4.10 变压器套管的试验抽头 | 14 |
| 5 运行条件 | 14 |
| 5.1 暂时过电压 | 14 |
| 5.2 海拔 | 14 |
| 5.3 环境空气和浸入介质的温度 | 15 |
| 5.4 地震条件 | 15 |
| 5.5 非常快速瞬态(VFT) | 16 |
| 5.6 变压器绝缘液体 | 16 |
| 6 订货参数和标识 | 16 |
| 6.1 参数列举 | 16 |
| 6.2 标识 | 18 |
| 7 试验要求 | 19 |
| 7.1 一般要求 | 19 |
| 7.2 试验分类 | 19 |
| 7.3 绝缘和热试验时的套管条件 | 21 |
| 8 型式试验 | 22 |
| 8.1 总则 | 22 |
| 8.2 工频干或湿耐受电压试验 | 22 |
| 8.3 长时间工频耐受电压试验(ACLD) | 23 |

| | | |
|------|------------------------------------|----|
| 8.4 | 雷电冲击干耐受电压试验(BIL) | 24 |
| 8.5 | 操作冲击干或湿耐受电压试验 | 25 |
| 8.6 | 热稳定试验 | 26 |
| 8.7 | 无线电干扰电压试验(RIV) | 26 |
| 8.8 | 温升试验 | 27 |
| 8.9 | 热短时电流耐受验证 | 28 |
| 8.10 | 悬臂负荷耐受试验 | 29 |
| 8.11 | 充液体、充混合物以及液体绝缘套管的密封试验 | 30 |
| 8.12 | 充气、气体绝缘以及气体浸渍套管的内压力试验 | 30 |
| 8.13 | 部分或全部气体浸入式套管的外部压力试验 | 30 |
| 8.14 | 外观和尺寸检查 | 31 |
| 9 | 逐个试验 | 31 |
| 9.1 | 总则 | 31 |
| 9.2 | 环境温度下介质损耗因数($\tan\delta$)和电容量的测量 | 31 |
| 9.3 | 雷电冲击干耐受电压试验(BIL) | 32 |
| 9.4 | 工频干耐受电压试验 | 32 |
| 9.5 | 局部放电测量 | 33 |
| 9.6 | 抽头绝缘试验 | 34 |
| 9.7 | 充气、气体绝缘以及气体浸渍套管的内压力试验 | 34 |
| 9.8 | 充液体、充混合物以及液体绝缘套管的密封试验 | 35 |
| 9.9 | 充气、气体绝缘以及气体浸渍套管的密封试验 | 35 |
| 9.10 | 法兰或其他紧固器件上的密封试验 | 35 |
| 9.11 | 外观和尺寸检查 | 36 |
| 9.12 | 含水量测定 | 36 |
| 9.13 | 溶解气体气相色谱分析 | 37 |
| 10 | 设备最高电压 ≤ 52 kV 的非电容式套管的要求和试验 | 37 |
| 10.1 | 总则 | 37 |
| 10.2 | 温度要求 | 37 |
| 10.3 | 浸入介质的液面高度 | 37 |
| 10.4 | 标识 | 37 |
| 10.5 | 试验要求 | 37 |
| 11 | 运输、储存、安装、运行和维护推荐 | 39 |
| 11.1 | 总则 | 39 |
| 11.2 | 运输、储存和安装条件 | 39 |
| 11.3 | 安装 | 39 |
| 11.4 | 拆箱与吊装 | 39 |
| 11.5 | 组装 | 39 |

| | | |
|------------|---|----|
| 11.6 | 运行 | 40 |
| 11.7 | 维护 | 41 |
| 12 | 安全性 | 43 |
| 12.1 | 安全要求 | 43 |
| 12.2 | 电气方面 | 43 |
| 12.3 | 机械方面 | 43 |
| 12.4 | 热性能方面 | 43 |
| 13 | 环境方面 | 43 |
| 附录 A (资料性) | 本文件与 IEC 60137:2017 相比的结构变化情况 | 44 |
| 附录 B (资料性) | 典型套管试验项目示例 | 45 |
| B.1 | 典型套管型式试验项目 | 45 |
| B.2 | 典型套管逐个试验项目 | 47 |
| 附录 C (资料性) | 由导体嵌入绝缘材料确定套管中最热点 | 49 |
| 参考文献 | | 50 |
| 图 1 | 操作冲击耐受电压中的修正因数 m | 15 |
| 图 2 | 设备最高电压 $U_m \geq 72.5$ kV 套管的铭牌 | 18 |
| 图 3 | 设备最高电压 $U_m < 72.5$ kV 套管的铭牌(适用图 4 的套管除外) | 18 |
| 图 4 | 设备最高电压 $U_m \leq 52$ kV 由瓷或类似无机材料、树脂或组合绝缘制作的套管的铭牌(见 10.3) | 19 |
| 图 5 | 长时间工频耐受电压曲线(ACLD) | 23 |
| 表 1 | 悬臂耐受负荷的最小值(见 4.5 和 8.10) | 8 |
| 表 2 | 温度和高于周围空气温度的温升的最大值(见 4.8) | 10 |
| 表 3 | 周围空气和浸入介质的温度 | 11 |
| 表 4 | 设备最高电压对应的绝缘水平(见 4.9、8.2、8.4、8.5、9.3 和 9.4) | 12 |
| 表 5 | 型式试验的适用范围(见 7.2.2,符合第 10 章的套管除外) | 20 |
| 表 6 | 逐个试验的适用范围(见 7.2.3,符合第 10 章的套管除外) | 21 |
| 表 7 | 试验电压的校正(见 7.3) | 22 |
| 表 8 | $\tan\delta$ 和 $\tan\delta$ 增值的最大值(见 9.2) | 32 |
| 表 9 | 局部放电量最大值(见 8.3 和 9.5) | 34 |
| 表 10 | 绝缘油含水量规定值 | 37 |
| 表 11 | 符合第 10 章的套管的型式试验的适用范围(见 10.5.1) | 38 |
| 表 12 | 符合第 10 章的套管的逐个试验的适用范围(见 10.4.2) | 39 |

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。

本文件代替 GB/T 4109—2008《交流电压高于 1 000 V 的绝缘套管》，与 GB/T 4109—2008 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了树脂浸渍纤维套管(RIS)(见 3.11.1)；
- 纳入了 $U_m \leq 1.1 \text{ kV}$, $U_m = 1\ 100 \text{ kV}$ 和 $U_m = 1\ 200 \text{ kV}$ 的套管(见表 1)；
- 修改了表 1 套管悬臂负荷耐受值(见表 1)；
- 增加 3.4 定义的液体绝缘套管的温升试验和密封试验(见表 5)；
- 对于 $U_m \geq 72.5 \text{ kV}$ 的所有电容式套管，逐个试验中增加雷电冲击干耐受试验(见表 5)；
- 修改了海拔校正程序($>1\ 000 \text{ m}$)(见 5.2)；
- 加入了非常快速瞬态(VFT)对套管影响的解释(见 5.5)；
- 特殊试验中针对瓷或无机材料套管，增加了可见电晕电压试验(见 7.2.4)；
- 长时间工频耐受电压试验修改为适用于 $U_m \geq 72.5 \text{ kV}$ 的所有变压器套管，并修改了长时间工频耐受电压曲线(见 8.3)；
- 扩大了雷电冲击干耐受电压试验中套管的适用范围(见 9.3)；
- 根据变压器相关标准要求，修改了型式试验和逐个试验项目中雷电冲击干耐受试验中变压器套管耐受电压值的系数(见 8.4、9.3)；
- 根据我国相关国家标准和实际情况，修改了表 4 中各类产品的绝缘耐受水平(见表 4)；
- 逐个试验项目中增加了含水量测定(见 9.12)和溶解气体气相色谱分析(见 9.13)。

本文件修改采用 IEC 60137:2017《交流电压高于 1 000 V 的绝缘套管》。

本文件与 IEC 60137:2017 相比，在结构上有较多调整，两个文件之间的结构编号变化对照一览表见附录 A。

本文件与 IEC 60137:2017 的技术差异及其原因如下：

- 用规范性引用的 GB/T 156—2017 替换了 IEC 60038，两个文件之间的一致性程度为修改，因为我国电网所用电压等级与 IEC 有差异；
- 用规范性引用的 GB/T 311.1—2012 替换了 IEC 60071-1，两个文件之间的一致性程度为修改，因为我国电网所用电压等级与 IEC 有差异；
- 用规范性引用的 GB/T 762—2002 替换了 IEC 60059，两个文件之间的一致性程度为修改，以适我国电网所用电压等级与 IEC 有差异；
- 增加了规范性引用文件 GB/T 1094.1—2013；
- 增加了规范性引用文件 GB/T 1094.2—2013；
- 增加了规范性引用文件 GB/T 1094.3—2017；
- 用规范性引用的 GB/T 1094.5—2008 替换了 IEC 60076-5，两个文件之间的一致性程度为修改，以适用我国的技术条件和电网实际情况；
- 用规范性引用的 GB/T 1094.7—2008 替换了 IEC 60076-7，两个文件之间的一致性程度为修改，以适用我国的技术条件和电网实际情况；
- 增加规范性引用文件 GB/Z 1094.14—2011；
- 用规范性引用的 GB 2536—2011 替换了 IEC 60296，两个文件之间的一致性程度为修改，以适

- 用我国的技术条件和电网实际情况；
- 增加了规范性引用文件 GB/T 2900.8—2009；
- 增加了规范性引用文件 GB/T 4585；
- 增加了规范性引用文件 GB/T 6553—2014；
- 用规范性引用的 GB/T 7354—2018 替换了 IEC 60270,两个文件之间的一致性程度为修改,以适用我国的技术条件和电网实际情况；
- 用规范性引用的 GB/T 8905—2012 替换了 IEC 60480,两个文件之间的一致性程度为修改,以适用我国的技术条件和电网实际情况；
- 用规范性引用的 GB/T 11022 替换了 IEC 62271-1,两个文件之间的一致性程度为修改,以适用我国的技术条件和电网实际情况；
- 用规范性引用的 GB/T 11604 替换了 IEC/TR CISPR 18-2,两个文件之间的一致性程度为修改,以适用我国的技术条件和电网实际情况；
- 增加了规范性引用文件 GB/T 12022；
- 增加了规范性引用文件 GB/T 12944—2011；
- 增加了规范性引用文件 GB/T 14542—2017；
- 用规范性引用的 GB/T 16927.1 替换了 IEC 60060-1,两个文件之间的一致性程度为修改,以适用我国的技术条件和电网实际情况；
- 用规范性引用的 GB/T 21429—2008 替换了 IEC 61462,两个文件之间的一致性程度为修改,以适用我国的技术条件和电网实际情况；
- 用规范性引用的 GB/T 22079—2019 替换了 IEC 62217,两个文件之间的一致性程度为修改,以适用我国的技术条件和电网实际情况；
- 用规范性引用的 GB/T 23752—2009 替换了 IEC 62155:2003,两个文件之间的一致性程度为修改,以适用我国的技术条件和电网实际情况；
- 增加了规范性引用文件 GB/T 25840—2010；
- 用规范性引用的 GB/T 26218.2 替换了 IEC/TS 60815-2,两个文件之间的一致性程度为修改,以适用我国的技术条件和电网实际情况；
- 用规范性引用的 GB/T 26218.3 替换了 IEC/TS 60815-3,两个文件之间的一致性程度为修改,以适用我国的技术条件和电网实际情况；
- 增加规范性引用文件 GB 50260—2013；
- 增加了规范性引用文件 JB/T 11052—2010；
- 用规范性引用的 NB/SH/T 09945—2017 替换了 IEC 61099,两个文件之间的一致性程度为修改,以适用我国的技术条件和电网实际情况；
- 根据我国套管产品实际应用情况,我国没有胶粘纸套管产品应用,将 3.9 胶粘纸套管(RBP)改为我国实际应用的油脂覆膜套管(LCF)；
- 根据我国套管产品实际应用情况,将 3.11 树脂浸渍纤维套管(RIS)改为浸渍纤维套管,并分为 3.11.1 树脂浸渍纤维套管(RIS)和 3.11.2 胶浸纤维套管(RIF)；
- 根据我国相关国家标准和实际情况,修改了 4.1 中的设备最高电压值；
- 根据我国相关国家标准和实际情况,将 4.4 中的正文改为注；
- 根据我国相关国家标准和实际情况,在表 1 中增加了设备最高电压值以及相应的悬臂试验负荷值,并且增加了注 4；
- 根据我国相关国家标准和实际情况,修改了表 4 中各类产品的绝缘耐受水平；
- 根据变压器相关标准要求,修改了型式试验和逐个试验项目中雷电冲击干耐受试验中变压器套管耐受电压值的系数；

——逐个项目试验中增加了含水量测定和溶解气体气相色谱分析；

——扩大了 9.3 雷电冲击干耐受电压试验中套管的适用范围。

本文件做了下列编辑性改动：

——增加了资料性附录 B 典型套管试验项目。

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。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国绝缘子标准化技术委员会(SAC/TC 80)归口。

本文件主要起草单位：西安高压电器研究院有限责任公司、国家电网有限公司、中国电力科学研究院有限公司、南方电网科学研究院有限责任公司、西安交通大学、传奇电气(沈阳)有限公司、南京电气高压套管有限公司、西安西电高压套管有限公司、特变电工沈阳变压器集团有限公司、西安西电变压器有限责任公司、西安西电开关电气有限公司、河南平高电气股份有限公司、新东北电气集团高压开关有限公司、醴陵市华鑫电瓷科技股份有限公司、长园高能电气股份有限公司、保定天威保变电气股份有限公司、江苏神马电力股份有限公司、国网新疆电力有限公司电力科学研究院、国网宁夏电力有限公司电力科学研究院、国网西藏电力有限公司电力科学研究院、国网安徽省电力有限公司、北京泛美雷特科技有限公司、中国电力科学研究院有限公司武汉分院、中国南方电网有限责任公司、辽宁省电力有限公司、江苏智达高压电气有限公司、江苏金安电气有限公司、国网甘肃省电力公司电力科学研究院。

本文件主要起草人：危鹏、李金忠、郝宇亮、汤浩、王云鹏、李庆峰、党镇平、罗兵、王建生、彭宗仁、徐忠力、石玉秉、韩晓东、闻政、职迎安、李心一、徐卫星、戴通令、杨雪峰、方斌、郭满生、张鑫鑫、刘志强、卓然、胡文歧、李强、魏伟、曾向君、吴旭涛、刘宸、岳喜稳、谢佳、孙闻峰、许广虎、赵颖、申萌、蔡水利、沈亦彤、何庆文、姚君瑞、黄之明、武文华、杨磊、苏春强、丁世林、陈刚、李宣健楠、喇元、安泽庆、孙梅、郭陆。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1983 年首次发布为 GB 4109—83, 1988 年第一次修订, 1999 年第二次修订, 2008 年第三次修订；

——本次为第四次修订。

交流电压高于 1 000 V 的绝缘套管

1 范围

本文件规定了绝缘套管(以下简称套管)的特性和试验。

本文件适用于第 3 章中定义的设备最高电压高于 1 000 V、频率为 15 Hz~60 Hz 三相交流系统用电器、机械、变压器、开关等电力设备和装置中使用的套管。

经供需双方协议,本文件的部分或全部适用于下列套管:

- 非三相交流系统用套管;
- 高压直流系统用套管;
- 试验变压器用套管;
- 电容器用套管。

本文件中对变压器套管的特殊要求和试验也适用于电抗器套管。

本文件适用于单独生产和销售的套管。构成电器设备的一部分且不能按本文件试验的套管,应随该电器设备一起试验。

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 156—2017 标准电压(IEC 60038:2009,MOD)
- GB/T 311.1—2012 绝缘配合 第 1 部分:定义、原则和规则(IEC 60071-1:2006,MOD)
- GB/T 762—2002 标准电流等级(eqv IEC 60059:1999)
- GB/T 1094.1—2013 电力变压器 第 1 部分:总则(IEC 60076-1:2011,MOD)
- GB/T 1094.2—2013 电力变压器 第 2 部分:液浸式变压器的温升(IEC 60076-2:2011,MOD)
- 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(IEC 60076-3:2013,MOD)
- GB/T 1094.5—2008 电力变压器 第 5 部分:承受短路的能力(IEC 60076-5:2006,MOD)
- GB/T 1094.7—2008 电力变压器 第 7 部分:油浸式电力变压器负载导则(IEC 60076-7:2005,MOD)
- GB/Z 1094.14—2011 电力变压器 第 14 部分:采用高温绝缘材料的液浸式变压器的设计(IEC/TS 60076-14:2009,IDT)
- GB/T 2423.23—2013 环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Q:密封(IEC 60068-2-17:1994,IDT)
- GB 2536—2011 电工流体 变压器和开关用的未使用过的矿物绝缘油(IEC 60296:2003,MOD)
- GB/T 2900.5 电工术语 绝缘固体、液体和气体(GB/T 2900.5—2013,IEC 60050-212:2010,IDT)
- GB/T 2900.5—2013 电工术语 绝缘固体、液体和气体(IEC 60050-212:2010,IDT)
- GB/T 2900.8—2009 电工术语 绝缘子(IEC 60050-471:2007,IDT)
- GB/T 4585 交流系统用高压绝缘子的人工污秽试验(GB/T 4585—2004,IEC 60507:1991,IDT)