



中华人民共和国国家标准

GB/T 26166—2010

±800 kV 直流系统用穿墙套管

Wall bushings for ±800 kV DC power systems

2011-01-14 发布

2011-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 使用条件 2

5 技术要求 2

6 试验 3

7 试验方法和结果判定 4

8 铭牌 7

附录 A（资料性附录） 工程技术指标示例 8

前 言

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国绝缘子标准化技术委员会(SAC/TC 80)归口。

本标准负责起草单位:西安高压电器研究院有限责任公司、西安西电高压套管有限责任公司、南方电网技术研究中心、机械工业北京电工技术经济研究所、南京电气集团有限公司、苏州电瓷厂有限公司、西安西电变压器有限责任公司。

本标准参加起草单位:北京网联直流输电工程咨询有限公司、国网电力科学研究院、中国电力科学研究院、西安交通大学、清华大学、国家绝缘子避雷器质量监督检验中心、抚顺传奇雷诺尔套管有限公司等。

本标准主要起草人:李西育、吕金壮、党镇平、朱斌、黎小林、何平、陆洲、李希、罗兵、郭丽平。

本标准参加起草人:聂定珍、吴光亚、范建斌、彭宗仁、梁曦东、赵宇明、果岩、危鹏、宋伊力。

±800 kV 直流系统用穿墙套管

1 范围

本标准规定了±800 kV 直流系统用穿墙套管的特性和试验。

本标准适用于±800 kV 直流系统用穿墙套管,包括极母线穿墙套管、中点母线穿墙套管(每极双阀并有旁路开关时)、中性母线穿墙套管。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 507—2002 绝缘油 击穿电压测定法(eqv IEC 156:1995)

GB/T 528—2009 硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定(ISO 37:2005, IDT)

GB/T 529—2008 硫化橡胶或热塑性橡胶撕裂强度的测定(裤形、直角形和新月形试样)(ISO 34-1:1994, MOD)

GB/T 1408.1—2006 绝缘材料电气强度试验方法 第1部分:工频下试验(IEC 60243-1:1998, IDT)

GB/T 1408.2—2006 绝缘材料电气强度试验方法 第2部分:对应用直流电压试验的附加要求(IEC 60243-2:2001, IDT)

GB/T 1692—2008 硫化橡胶 绝缘电阻率的测定

GB/T 2900.1—2008 电工术语 基本术语

GB/T 2900.8—2009 电工术语 绝缘子(IEC 60050-471:2007, IDT)

GB/T 4109—2008 交流电压高于 1 000 V 的绝缘套管(IEC 60137:2008, MOD)

GB/T 5654—2007 液体绝缘材料 相对电容率、介质损耗因数和直流电阻率的测量(IEC 60247:2004, IDT)

GB/T 6553—2003 评定在严酷环境条件下使用的电气绝缘材料耐电痕化和蚀损的试验方法(IEC 60587:1984, IDT)

GB/T 7600—1987 运行中变压器油水分含量测定法(库仑法)

GB/T 11020—2005 固体非金属材料暴露在火焰源时的燃烧性试验方法清单(IEC 60707:1999, IDT)

GB/T 21429—2008 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(IEC 61462:1998, MOD)

GB/T 22674—2008 直流系统用套管(IEC 62199:2004, MOD)

GB/T 23752—2009 额定电压高于 1 000 V 的电器设备用承压和非承压空心瓷和玻璃绝缘子(IEC 62155:2003, MOD)

GB/T 24623—2009 高压绝缘子无线电干扰试验(IEC 60437:1997, MOD)

GB/T 24622—2009 绝缘子表面湿润性测量导则(IEC 62073:2003, IDT)

GB/T 24624—2009 绝缘套管 油为主绝缘(通常为纸)浸渍介质套管中溶解气体分析(DGA)的判断导则(IEC 61464TR:1998, NEQ)

GB/T 26218.1—2009 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第1部分:定义、信息

和一般原则(IEC/TS 60815-1:2008,MOD)

3 术语和定义

GB/T 2900.1—2008、GB/T 2900.8 以及 GB/T 22674—2008、GB/T 4109—2008、GB/T 21429—2008 和 GB/T 23752—2009 所确立的术语和定义适用于本标准。

4 使用条件

4.1 概述

除非另有规定,符合本标准的套管应能够在 GB/T 4109—2008 规定的条件和额定值下运行,并汇总如下:

- a) 环境空气温度按照 GB/T 4109—2008 表 3 的规定,特殊环境温度由供需双方协议;
- b) 海拔不超过 1 000 m。海拔超过 1 000 m 时,应按照 GB/T 4109—2008 中的 5.2 校正;
- c) 与绝缘材料接触的外部连接件和金属部件的温度和温升不应超过 GB/T 4109—2008 表 2 规定的范围;
- d) 穿墙套管的户内部分外表面上不应出现凝露,否则应通风或加热;
- e) 套管安装角度:套管轴线与水平方向呈 $0^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。

4.2 影响设计、试验和应用的因素

影响设计、试验和应用的因素见 GB/T 22674—2008 中的 5.2。

5 技术要求

5.1 一般要求

套管应符合 GB/T 22674—2008 和本标准规定的要求。主要技术参数如表 1 所示。额定电流标准值从以下值中优选:3 150 A、4 000 A、5 000 A、6 300 A。

5.2 机械应力要求

直流穿墙套管应能承受由直流电流、谐波电流和冲击电流等产生的机械应力,其值根据具体工程参数计算确定或由供需双方协议。

5.3 安装及接地部分相关尺寸

直流穿墙套管的安装尺寸、接线位置等应经供需双方协议。

供方可根据需方要求,在直流穿墙套管的设计结构上考虑加装电流互感器的位置。

5.4 套管用空心绝缘子

套管用空心瓷绝缘子应符合 GB/T 23752—2009,套管用空心复合绝缘子应符合 GB/T 21429—2008。

注:直流绝缘子选择和尺寸确定的有关技术规范正在制定中。空心绝缘子的选用可参照 IEC 60815-1:2008 以及正在制定的 IEC 60815-4 和 IEC 60815-5。

所用空心复合绝缘子的伞套材料应满足下列要求:

- a) 体积电阻率 $\geq 1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{m}$;
- b) 击穿强度 $\geq 30 \text{ kV/mm}$;
- c) 耐电痕化及蚀损不低于 TMA4.5 级;
- d) 机械抗撕裂强度 $\geq 10 \text{ kN/m}$;
- e) 机械拉伸强度 $\geq 4.0 \text{ MPa}$;
- f) 扯断伸长率 $\geq 150\%$;
- g) 湿润性等级 WC1~WC2;
- h) 阻燃性 FV-0 级。

5.5 运行检测装置

套管应设有相应的运行监测装置,如气体压力监视装置(对气体绝缘套管)、油样抽取点(对于油纸

绝缘套管)、测量抽头等。

表 1 ±800 kV 直流系统用穿墙套管主要技术参数

项 目		技 术 参 数		
额定电压/kV		± 800	± 400	± 100
额定持续电压/kV		± 816	± 408	± 50/80AC(峰值)
雷电冲击耐受电压/kV ≥		1 950	1 175	450
操作冲击耐受电压/kV ≥		1 600	950	325
无线电干扰水平(± 900 kV 下)/μV ≤		2 000	2 000	2 000
额定弯曲耐受负荷/N ≥ ^a	户内	1 500	1 500	1 500
	户外	1 500	1 500	1 500
统一爬电比距/(mm/kV)	户内	22.0		
	户外	27.8		
		34.7		
		43.3		
		53.7		
^a 为典型工程值,必要时可由供需双方协议。				

6 试验

6.1 试验一般要求

试验可按照 GB/T 22674--2008、GB/T 4109—2008,以及 GB/T 21429—2008 和 GB/T 23752—2009 的相关规定进行。除非供需双方协商一致,操作冲击耐受电压试验、温升试验、机械试验和特殊试验应该在尽可能接近套管实际安装角度的情况下进行。

6.2 试验项目

6.2.1 型式试验

型式试验试品应在逐个试验合格后的产品中随机抽取,数量 1 只。在型式试验中,套管将承受比实际运行时高的负荷,试验中不应出现任何损伤。

型式试验包括:

- a) 1 min 工频干耐受电压试验及局部放电量测量;
- b) 雷电冲击干耐受电压试验;
- c) 操作冲击干或湿耐受电压试验;
- d) 温升试验;
- e) 悬臂负荷耐受试验;
- f) 充液体、充混合物和液体绝缘套管的密封试验;
- g) 充气、气体绝缘和浸气套管的内压力试验;
- h) 尺寸检查;
- i) 复合伞套材料试验;
- j) 热短时电流耐受试验;
- k) 无线电干扰电压试验。

注: a)项~h)项和 GB/T 22674—2008 相同,i)项~k)项为本标准列入的试验项目。

6.2.2 逐个试验

除非供需双方另有协议,适用时试验应按以下顺序对每只套管逐只进行:

- a) 介质损耗因数($\tan\delta$)和电容量测量;
- b) 雷电冲击干耐受试验;
- c) 工频干耐受电压试验;
- d) 重复测量介质损耗因数($\tan\delta$)和电容量;
- e) 直流耐受电压下的局部放电量的测量;
- f) 极性反转试验下的局部放电量测量;
- g) 介质损耗因数($\tan\delta$)和电容量的重复测量;
- h) 抽头绝缘试验;
- i) 充气、气体绝缘和浸气套管的内压力试验;
- j) 充液体、充混合物和液体绝缘套管的密封试验;
- k) 充气、气体绝缘和浸气套管的密封试验;
- l) 法兰或其他装配件的密封试验;
- m) 外观和尺寸检查。

注:所有试验项目和 GB/T 22674—2008 相同。

6.2.3 特殊试验

由供需双方协商确定特殊试验的可行性、试验方案。

特殊试验包括以下内容:

- 污秽条件下的人工淋雨试验;
- 人工污秽试验;
- 均匀淋雨直流电压试验;
- 不均匀淋雨直流电压试验。

6.2.4 现场交接试验

现场交接试验应在套管安装现场进行。试验包括:

- 外观检查;
- 套管主绝缘的绝缘电阻测量;
- 测量端子的绝缘电阻测量;
- 套管主绝缘的 $\tan\delta$ 和电容量测量;
- 末屏对地的 $\tan\delta$ 测量;
- 套管渗漏检查;
- 套管中油样性能(油中水分含量、介质损耗、击穿电压)测量和油中气体分析。

注:安装现场和试验室环境不同,相关测量结果可能存在差异。

7 试验方法和结果判定

7.1 型式试验

本标准中 6.2.1a)项~h)项试验按照 GB/T 22674—2008 第 8 章;j)项试验按照 GB/T 4109—2008 中 8.8i)项复合伞套材料以及 k)项试验按以下方法进行。

7.1.1 体积电阻率试验

应按 GB/T 1692—2008 规定的试验方法测量硅橡胶材料的体积电阻率,其值应 $\geq 10^{12} \Omega \cdot m$ 。

7.1.2 直流介电强度试验

- a) 试品的准备:试品厚度为 $(2 \pm 0.1)mm$,其余应符合 GB/T 1408.1—2006 和 GB/T 1408.2—2006 的要求。
- b) 试验装置与程序:试验采用直流电压,电源的纹波系数应不大于 5%。试验程序参照 GB/T 1408.1—2006 进行。对 5 个试品分别进行直流介电强度试验。

- c) 试验的判定:每个试品的直流介电强度应不小于 30 kV/mm。

7.1.3 耐电痕化和蚀损试验

- a) 试品准备:试品以 5 个为一组,同时进行试验。每个试品的尺寸为 120 mm×50 mm×6 mm。试品的配方及硫化温度应与伞套相同。若伞与护套的配方及硫化温度不同,则应分别进行本项试验。
- b) 试验装置:本项试验按照 GB/T 6553—2003,采用斜面法进行试验。试验装置应能提供 +4.5 kV 的直流电压,且在进行试验时,当高压侧流过持续 0.5 s 的 60 mA 电流时,试验装置的输出电压降应不大于 5%。流过试品表面的污液流量为 (0.2 ± 0.05) mL/min。
- c) 试验程序:按照 GB/T 6553—2003 规定的方法安装试品。试验采用 GB/T 6553—2003 的方法 1:恒定电痕化电压法,对试品施加 +4.5 kV 的直流电压,并提供污液,持续 6 h。试验前后应测量流过每只试品的污液流量及总量,并记录每只试品的试验时间。流过试品的污液不得循环使用。
- d) 试验的判定:试验判定按照 GB/T 6553—2003 规定,且电蚀损深度均不大于 2.5 mm。

7.1.4 机械抗撕裂强度试验

应按照 GB/T 529—2008 规定的方法测定绝缘子用伞套材料的机械抗撕裂强度,其值应不小于 10 kN/m(直角形试样)。

7.1.5 机械拉断强度试验

应按照 GB/T 528—2009 规定的方法测定绝缘子用伞套材料的机械拉断强度,其值应不小于 3.5 MPa。

7.1.6 拉断伸长率试验

应按照 GB/T 528—2009 规定的方法测定绝缘子用伞套材料的拉断伸长率,其值应大于 100%。

7.1.7 绝缘子表面憎水性测量与评价

绝缘子表面的憎水性评价包括伞套材料的憎水性、染污后憎水性的迁移特性、憎水性在一定条件下的下降以及恢复特性。

憎水性状态用静态接触角(θ_s)和憎水性分级(HC)来表示。

7.1.7.1 试品准备

试品的配方及硫化温度应与按正常工艺生产的绝缘子的伞套相同。

- a) 接触角法测量时采用平板试品,试品面积为 $(30 \sim 50)$ cm²,试品厚度 $(3 \sim 6)$ mm,试品数量为 3 个。
- b) 喷雾法测量时采用平板或伞裙试品,面积 $(50 \sim 100)$ cm²,试品数量为 5 个。
- c) 清洁表面试品预处理:用无水乙醇清洗表面,然后用去离子水(或蒸馏水)冲洗,干燥后置于防尘容器内,在试验室环境条件下至少保存 24 h。
- d) 试品涂污及憎水性迁移:清洁表面试品预处理后,应按照盐密和灰密(硅藻土)分别为 0.1 mg/cm²、0.5 mg/cm² 涂污,以使其表面暂时易被湿润。涂污后的试品置于试验室环境条件下的防尘容器内 4 天。

7.1.7.2 憎水性测量

应按照 GB/T 24622—2009 推荐的方法 A 接触角法和方法 C 喷雾法测量试品的憎水性。

7.1.7.3 试验判定

- a) 伞套材料的憎水性:清洁试品表面的静态接触角 θ_s 的平均值应 $\geq 100^\circ$,最小值应 $\geq 90^\circ$,且憎水性分级应为 HC1 和 HC2(HC3 的试品不多于 1 个)。
- b) 伞套材料憎水性在一定条件下的下降:在试验室环境条件下,将 5 片清洁试品置于盛有蒸馏水的玻璃容器中浸泡 96 h。蒸馏水应保证试品被完全浸没,其电导率小于 10 μ S/cm。将试品取出后,甩掉表面的水珠,用滤纸吸干残余水分。然后任选 3 个试品,顺序测量其静态接触角 θ_s 及 HC 等级,其余两个试品仅测 HC 等级。每个试品的测量过程应在 10 min 内完成。试品的

静态接触角 θ_s 的平均值应 $\geq 90^\circ$, 最小值应 $\geq 85^\circ$, 且憎水性分级应为 HC3 和 HC4 (HC5 的试品不多于 1 个)。

- c) 憎水性在一定条件下的恢复特性: 将 b) 测量后的试品在实验室环境条件下静置 48 h。然后任选 3 个试品, 顺序测量其静态接触角 θ_s 及 HC 值, 其余两个试品仅测 HC 值。试品的静态接触角 θ_s 的平均值应 $\geq 95^\circ$, 最小值应 $\geq 90^\circ$, 且憎水性分级应为 HC2 和 HC3 (HC4 的试品不多于 1 个)。
- d) 染污后憎水性的迁移特性: 任选 3 个按照 7.1.7.1d) 涂污并放置 4 d 的试品, 顺序测量其静态接触角 θ_s 及 HC 等级, 其余两个试品仅测 HC 等级。试品的静态接触角 θ_s 的平均值应 $\geq 110^\circ$, 最小值应 $\geq 100^\circ$, 且憎水性分级应为 HC2 和 HC3 (HC4 和 HC5 的试品不多于 1 个)。

7.1.8 阻燃性

阻燃性试验应按 GB/T 11020—2005 第 9 章方法进行, 达到 FV-0 级。

7.1.9 无线电干扰电压试验

无线电干扰电压试验方法按照 GB/T 24623—2009 的规定进行, 施加电压和无线电干扰水平应符合表 1 规定。

7.2 逐个试验

符合本标准的套管逐个试验应按照 GB/T 22674—2008 第 9 章进行。

7.3 特殊试验

依据供需双方的协议, 只有在污秽 (见 7.3.2) 和表面均匀受潮 (见 7.3.3) 的条件下, 套管直流绝缘的电气强度决定尺寸和绝缘设计的时候, 才进行特殊试验。此外, 在尽可能接近运行情况的特殊条件下, 允许在穿墙套管上进行不均匀淋雨试验 (见 7.3.4)。

注 1: 当穿墙套管的固定法兰受建筑物墙壁屏蔽而形成干燥区时, 其电气强度会受户外绝缘体表面的不均匀淋雨的影响。

注 2: 穿墙套管表面的不均匀潮湿可以使套管发生闪络, 该闪络电压比在污秽或均匀湿润表面下的湿试验时获得的电压更低。此外, 由不均匀电压分布产生的局部冲击电流使套管的内绝缘承受了较高的电应力, 从而使套管的局部受损。

7.3.1 污秽条件下的人工淋雨试验

污秽条件下的人工淋雨试验条件、试验方法和结果判定由供需双方协议。

7.3.2 人工污秽试验

人工污秽试验按照 GB/T 22674—2008 中 10.1 的规定进行。

7.3.3 均匀淋雨直流耐压试验

均匀淋雨直流耐压试验按照 GB/T 22674—2008 中 10.2 的规定进行。

7.3.4 不均匀淋雨直流耐压试验

不均匀淋雨直流耐压试验按照 GB/T 22674—2008 中 10.3 的规定进行。

7.4 现场交接试验

7.4.1 外观检查

外观检查应按照 GB/T 4109—2008 中 9.10 规定进行。

7.4.2 套管主绝缘的绝缘电阻测量

套管主绝缘的绝缘电阻应使用 5 000 V 兆欧表测量, 主绝缘的绝缘电阻值应不低于 5 000 M Ω 。

7.4.3 测量端子的绝缘电阻

套管测量端子的绝缘电阻应使用 2 500 V 兆欧表测量, 测量端子的绝缘电阻应不低于 1 000 M Ω 。

7.4.4 测量套管主绝缘的 $\tan\delta$ 和电容量

在 10 kV 的试验电压下测量套管主绝缘的 $\tan\delta$, 测量值应不大于 GB/T 4109—2008 表 5 规定。必要时, 可根据制造厂商提供的曲线校正。 $\tan\delta$ 校正应符合 GB/T 4109—2008 表 5 规定, 并与出厂值

比较不应有明显增长。电容式套管的实测电容值与产品铭牌数值或出厂试验值相比,其差值应小于±5%。

7.4.5 测量套管末屏对地的 $\tan\delta$

在 2 kV 的试验电压下测量套管末屏对地 $\tan\delta$,测量值应不大于 3%。

7.4.6 套管渗漏检查

充气、气体绝缘以及气体浸渍套管的年泄漏率应不大于 0.5%,检漏方法由供需双方协议。

对于充液体、充混合物以及液体绝缘套管,目测检查不应有可见渗漏。

7.4.7 油样性能测量

以油或油浸纸为主绝缘的套管,其油性能指标应符合表 2 的规定。

套管用油中水分含量测量按照 GB/T 7600—1987 进行。

套管用油介质损耗测量按照 GB/T 5654—2007 进行。

套管用油击穿电压试验按照 GB/T 507—2002 进行。

套管用油中气体测量及分析判断按照 GB/T 24624—2009 进行。

表 2 套管内油性能参考值

击穿电压 kV	$\tan\delta, \%$ (90 ℃)	含水量 mL/L	油中溶解气体含量/($\mu\text{L/L}$)				
			乙炔	总烃	氢	一氧化碳	二氧化碳
≥ 60	≤ 0.4	≤ 0.01	< 1.0	≤ 70	≤ 70	$\leq 1\,000$	$\leq 3\,400$
注:考虑到±800 kV 套管的重要性,油中溶解的乙炔、总烃和氢含量指标比 GB/T 24624—2009 要求减半。							

注:由于油样测量取样导致套管油量不足而需要补油时,所用的油应和套管原用油同标号、同产地,并进行混油试验,以免导致套管内油质下降。

8 铭牌

直流穿墙套管铭牌应牢固固定在明显可见的位置,所标示的项目内容应清晰,所用材料应能够耐受使用场所气候的影响,提供的信息按照 GB/T 22674—2008 中 6.2 的规定。

附 录 A
(资料性附录)
工程技术指标示例

表 A.1 为工程 A 用套管技术指标,表 A.2 为工程 B 用套管技术指标。

表 A.1 工程 A 用套管技术指标

项 目	高压端套管	中性母线套管	低压端套管
外套材料	复合材料	复合材料	复合材料
标称直流电压/kV	±800	±400	±100
额定峰值电压/kV	816	408	50DC+80ACpk
额定电流/A	3 125	3 125	3 125
最大持续电流(户内≤50℃/户外≤40℃)/A	3 461	3 461	3 461
最大持续电流(户内≤50℃/户外≤25℃)/A	3 795	3 795	3 795
2 h 过载电流(户内≤50℃/户外≤25℃)/A	3 965	3 965	3 965
5 s 过载电流(户内≤50℃/户外≤40℃)/A	4 193	4 193	4 193
3 s 过载电流(户内≤50℃/户外≤25℃)/A	4 892	4 892	4 892
3 s 过载电流(户内≤50℃/户外≤35℃)/A	4 539	4 539	4 539
雷电冲击耐受电压(peak)/kV	1 950	1 175	450
操作冲击耐受电压(peak)/kV	1 600	950	325
外绝缘雷电冲击耐受电压(peak)/kV	2 103	1 300	450
外绝缘操作冲击耐受电压(peak)/kV	1 698	1 050	325
最小公称爬电比距(户外侧,复合外套)/(mm/kV)	45	45	45DC+25AC
最小爬电距离(户外侧)/mm	36 720	18 360	3 809
悬臂耐受负荷(户外侧)/N	1 500	1 500	1 500
悬臂耐受负荷(户内侧)/N	1 500	1 500	1 500
无线电干扰水平/μV	<2 500	<2 500	<2 500
脉冲个数(10 min 内局部放电水平>2 000 pC)	≤10	≤10	≤10

表 A.2 工程 B 用套管技术指标

项 目	电 压	
	800 kV 极线套管	400 kV 极线套管
额定电流/A	4 000	4 000
额定短时耐受电流(1 s,r. m. s)/kA	20	20
额定峰值耐受电流(peak)/kA	50	50
标称直流电压/kV	±800	±400
额定峰值电压/kV	816	408
直流耐受电压(2 h)/kV	1 224	612

表 A.2 (续)

项 目		电 压	
		800 kV 极线套管	400 kV 极线套管
工频耐受电压(1 min 干、湿)/kV		857	430
雷电冲击耐受电压/kV		1 800	903
操作冲击耐受电压/kV		1 600	825
极性反转耐受电压/kV		1 020	510
悬臂耐受负荷		—	—
爬电比距(复合外绝缘)/(mm/kV)	户内	>14	>14
	户外	>45	>45
