

高压直流支柱复合绝缘子清污作业 技术规范

Technical specification for cleaning of high voltage DC pillar
composite insulator

（征求意见稿）

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。

2025 – XX – XX 发布

2025 – XX – XX 实施

中国电工技术学会 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..... 1

4 清污原则..... 1

5 清污要求..... 2

6 清污条件..... 4

7 作业准备..... 4

8 清污操作..... 5

9 作业安全..... 6

10 验收..... 6

11 清污报告..... 7

附录 A（规范性） 清洗废液的处理方法..... 8

附录 B（资料性） 清污报告..... 9

参考文献..... 10

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。

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。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会电工陶瓷专委会归口。

本文件起草单位：中国南方电网有限责任公司超高压输电公司柳州局、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司广州局、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司电力科研院、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司贵阳局、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司百色局……。

本文件主要起草人：房博一、黄聪、郭卫明、刘彬、罗义晖、刘金、吕习超、何学敏、荣军、卢雯兴、胡付有、覃广斌、王贵山、黄一钊、陆小剑、石万里、黄松强、孙阔腾、黄繁朝、王晨涛、杨荆林、韦晓星、吕刚、郝志杰、李航……。

高压直流支柱复合绝缘子清污作业技术规范

1 范围

本文件规定了高压直流支柱复合绝缘子清污作业的清污原则、清污要求、清污条件、作业准备、清污操作、作业安全、验收、清污报告。

本文件适用于±500 kV高压直流输电系统中站内支柱复合绝缘子的人工清洗污秽作业。高压直流空心复合绝缘子的清污作业可参照执行。

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 8978 污水综合排放标准

GB/T 25097 绝缘体带电清洗剂

GB 26860 电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分

DL/T 257—2024 高压架空线路用复合绝缘子施工、验收和维护技术要求

DL/T 692 电力行业紧急救护技术规范

DL/T 1474 交、直流系统用高压聚合物绝缘子憎水性测量及评估方法

DL/T 1884.1 现场污秽度测量及评定 第1部分：一般原则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

支柱复合绝缘子 composite post insulator

由承受负荷的圆柱体绝缘芯体、伞套和固定在绝缘芯体上的端部装配件构成的支柱绝缘子。

[来源：DL/T 2173—2020，3.1]

3.2

伞裙 shed

用以增加爬电距离，具有伞形轮廓，从外套伸出的绝缘部分。

[来源：GB/T 11032—2020，3.5]

3.3

伞套 housing

复合绝缘子外绝缘件，提供必要的爬电距离并保护芯体免受环境影响。

注：由绝缘材料制成的中间护套可以是伞套的一部分。

[来源：GB/T 2900.8—2009，471-01-09]

4 清污原则

4.1 安全第一原则

在清污作业全过程中，将保障作业人员人身安全和设备安全放在首位，遵守相关安全规程和标准，采取安全防护措施，防止发生触电、高处坠落、设备损坏等安全事故。

4.2 质量保证原则

清污作业按本文件执行，确保清污质量。清污后支柱复合绝缘子性能满足高压直流输电系统运行要求。

4.3 环保原则

选择清污介质和清污方法时，充分考虑环境保护因素，采用环保型清污剂。清污过程中产生的废液、废弃物等妥善处理。

4.4 因地制宜原则

根据不同地区的污秽特性、环境条件及支柱复合绝缘子类型和运行状况，合理选择清污设备、清污工具和清污方法，制定个性化的清污方案，确保清污作业的针对性和有效性。

5 清污要求

5.1 清污人员

5.1.1 清污人员应具备高压电气设备维护相关专业资质，经过专门的高压直流支柱复合绝缘子清污培训，熟悉绝缘子结构、特性以及清污作业流程和安全注意事项。

5.1.2 清污人员应能熟练操作各类清污工具和设备，掌握不同污秽对应的清污方法，具备对清污过程中突发问题的应急处理能力。

5.1.3 清污人员应掌握 DL/T 692 规定的急救技术。

5.1.4 清污人员应具有安全意识，遵守安全操作规程，作业前应接受安全交底，作业中应服从指挥，佩戴个人安全防护装备。

5.2 清污环境

5.2.1 气象条件

5.2.1.1 清污作业应在天气良好的条件下进行，宜选择晴朗、干燥、风力较小的天气。在阵风、下雨条件下不应进行清污作业。

5.2.1.2 风速应不大于 3 m/s。

5.2.1.3 作业过程中若遇天气突然变化，有可能危及人身或设备安全时，应立即停止工作。

5.2.2 作业现场

清污作业现场应设置明显的安全警示标识，隔离无关人员。作业区域内应无其他妨碍清污作业的设备或障碍物，与其他带电设备保持足够的安全距离。

5.3 清污工具

5.3.1 基本要求

5.3.1.1 工具组件和分组件应符合相关标准或通过必要的测试。

- 5.3.1.2 使用的工具包括：
- a) 基本工具：清洁布、砂纸、毛刷（刷头应为动物鬃毛材质）；
 - b) 手工具：空气压缩机（带高压气管）、喷枪、水枪、水泵（带引水管）、打磨机；
 - c) 安全工具：安全带、安全绳、安全帽、临时接地保安线；
 - d) 登高机具：高空作业车、绝缘梯；
 - e) 试验仪器：邵氏硬度计、电阻率测试仪、憎水性测试仪、万用表。

5.3.2 水枪

- 5.3.2.1 喷杆应使用绝缘材料制作。
- 5.3.2.2 通水部件应能承受配套的水泵的排出压力。
- 5.3.2.3 喷口宜采用耐锈蚀的金属材料或工程塑料制成。在实际使用压力下，喷射的水柱在规定长度内应呈直柱状态。
- 5.3.2.4 控制阀的开关装置应灵敏、可靠。
- 5.3.2.5 控制阀应具有旁路管道或安装卸压活门。

5.3.3 水泵

- 5.3.3.1 应有稳压、调压、控制阀门和压力表等控制设备。
- 5.3.3.2 电器接头应连接可靠并保险。
- 5.3.3.3 线缆、液压导管应使用尼龙扎带等柔性捆绑物就近固定。
- 5.3.3.4 水管表面应光滑、平整、无气泡和裂纹。
- 5.3.3.5 水泵与水枪、储水容器的连接应牢固，无松动和漏水现象。
- 5.3.3.6 水管应能承受配套水泵的1.2倍额定排水压力，且无明显的扩径、渗漏。

5.3.4 储水容器

- 5.3.4.1 应采用不影响水电阻率的材料制成，并有水位监测装置。
- 5.3.4.2 在工作状态下，当储水容器的水量不足时，应能直接进行加水操作。
- 5.3.4.3 应带自封装置。
- 5.3.4.4 管道应远离电源线路及电气开关。

5.4 清污水质

- 5.4.1 清污用水应水质良好，无污物及杂质，无酸性、碱性及盐类物质。
- 5.4.2 每次清污作业前，应用电阻率测试设备测量水电阻率，测量水电阻率应从水枪出口处取水样进行。如用水车等容器盛水，每车水都应测量水电阻率。
- 5.4.3 清污用水的电阻率应不低于 $1 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 。

5.5 清洗剂

- 5.5.1 清洗剂的成分组成应无对人体及环境有害的物质，应不含消耗臭氧层物质。
- 5.5.2 清洗剂技术指标应符合表1的规定。

表1 清洗剂技术指标

| 项 目 | 指 标 | 试验方法 |
|------|--------------------------------|------------|
| 腐蚀特性 | 对支柱复合绝缘子材料 ^a 无腐蚀性作用 | GB/T 25097 |
| 闪点/℃ | >80 | |

表 1 清洗剂技术指标（续）

| 项 目 | | 指 标 | 试验方法 |
|---|-------|------|------------|
| 燃点/℃ | | >350 | GB/T 25097 |
| 清洗能力 | 洗净率/% | ≥80 | |
| | 除盐率/% | ≥80 | |
| * 包括硅橡胶、聚丙烯（PP）、聚氯乙烯（PVC）、聚四氟乙烯（PTFE）、尼龙（Nylon）、聚对苯二甲酸二丁酯（PBT）等有机材料和活性金属、金属镀锌层。 | | | |

5.5.3 清洗废液应按附录 A 进行处理，排放时应符合 GB 8978 的规定和当地环保部门要求。

6 清污条件

按DL/T 1884.1检测外支柱复合绝缘子盐密（ESDD）和灰密（NSDD）、憎水性，当超过当地污秽等级时，应根据情况采取清污措施。

7 作业准备

7.1 技术准备

- 7.1.1 清污操作方对支柱复合绝缘子等值盐密、灰密进行监测，确认是否需要开展清污工作。
- 7.1.2 清污作业前应组织现场踏勘，根据现场踏勘结果编制组织措施、技术措施和的安全措施方案。
- 7.1.3 清污人员应与运行人员确认安全技术措施的落实情况，确认无误后方可组织冲洗，发现有不符合清污条件的，不应进行作业。安全技术措施的落实情况应按 GB 26860 执行，并包括以下内容：
 - a) 设备应停电，有明显的停电标识牌、断口，并核实是否实际停电；
 - b) 设备绝缘应良好；
 - c) 应无漏油或裂纹设备。
- 7.1.4 清污操作方应根据运行和试验记录查找收集设备缺陷资料。
- 7.1.5 清污操作方应测量风速、风向，合理确定人员站位，校核安全距离。

7.2 工具、清污用水、清洗剂准备

- 7.2.1 清污前，应按 5.3、5.4、5.5 对工具、清污水质、清洗剂进行检查，确保满足清污要求。
- 7.2.2 工具应有产品合格证明和相关技术文件。
- 7.2.3 清洗剂应具有完好的包装和产品使用说明书。
- 7.2.4 工具、清洗剂应用防潮的塑料袋或其他防潮材料包装，之间垫纸，运输包装应牢固，运至清污现场。
- 7.2.5 现场应按 GB 26860 做好安全、防火措施。

7.3 人员准备

- 7.3.1 应组织全体清污人员进行技术交底，安全措施的学习。
- 7.3.2 应明确各项目人员分工，落实到位，风险分析明晰。
- 7.3.3 清污人员应做好必要的防护措施，穿长袖工作服，必要时戴防护手套和戴护目镜。

7.4 停电

作业开始前，应确保清洗范围内所有设备已停电。

8 清污操作

8.1 注意事项

- 8.1.1 清污人员应在作业前再一次确认气象条件，确认可以开展清污作业并做好记录。工作负责人（监护人）进行一次现场检查。
- 8.1.2 工作负责人（监护人），到位后方可开展作业。
- 8.1.3 清污过程中应注意监视储水容器水位，避免断水，影响作业时间。
- 8.1.4 清污过程中应注意风向、风速，超出 5.2.1 规定应立即停止作业，撤离清污人员。
- 8.1.5 单个支柱复合绝缘子清污中不应换人、换水枪、换喷枪，清污完毕，换人、换水枪、换喷枪时应关闭水枪、喷枪，以免伤及人员和支柱复合绝缘子。
- 8.1.6 清污过程中不应损伤支柱复合绝缘子、伞裙、伞套，不应踩踏辅助伞裙。

8.2 清污方法

8.2.1 清污通常做法如下：

- a) 用湿润的清洁布，擦除支柱复合绝缘子上的灰尘；
- b) 对油渍等难以用水清除的污秽，可用清洗剂、砂纸、毛刷进行清理，用水冲洗掉污物和清洗剂；
- c) 对难以用砂纸、毛刷清理的污秽，可使用打磨机进行打磨，用喷枪喷除打磨后的灰尘，再用湿润的清洁布擦拭；
- d) 用清洁的干燥清洁布抹去水痕。

8.2.2 金属附件镀锌层部位清污时应使用清洁布擦拭和毛刷清理，不应使用砂纸、打磨机打磨。

8.2.3 打磨时，清除支柱复合绝缘子表面粉化、蚀损部分，清洁表面及沟壑污物，不应破坏未老化层；打磨金属附件时，应避免形成含有大量金属碎末的污水。

8.2.4 支柱复合绝缘子应自上端向下端，逐层、逐片进行擦拭，必要时可进行冲洗。

8.2.5 冲洗时，冲洗距离宜为 30 cm～35 cm，垂直冲洗角度小于 45°，金属附件冲洗水压宜为 0.3 MPa～0.5 MPa，冲洗时间不宜少于 5 s。

8.2.6 支柱复合绝缘子至少应清洁两遍。

8.3 维护和更换

8.3.1 维护

清污过程中若发现支柱复合绝缘子出现以下情况，可继续运行：

- a) 憎水性优于 HC5 级，且小雨、雾、露天气未出现明显放电；
- b) 支柱复合绝缘子发生闪络后，应对支柱复合绝缘子进行检查，若支柱复合绝缘子伞裙、伞套、端部附件无明显影响运行的损伤；
- c) 支柱复合绝缘子虽出现伞裙破损，但伞套和伞裙根部完好。

8.3.2 更换

清污过程中若发现支柱复合绝缘子出现以下情况，应予更换：

- a) 整支支柱复合绝缘子憎水性丧失；
- b) 伞套或伞裙根部破损；
- c) 连接部位密封失效、出现裂缝或滑移；

d) 水泥厂、化工厂等重污秽地区，伞裙表面有硬垢、腐蚀并造成憎水性永久丧失。

8.3.3 憎水性恢复

对于表面憎水性丧失等现象的支柱复合绝缘子，无法及时更换时，可参考DL/T 257—2024中附录A的规定进行等离子体处理。

9 作业安全

9.1 安全要求

- 9.1.1 清污时，作业区域应进行安全围护，设置围栏和警示标志牌。
- 9.1.2 作业人员应佩戴安全带、安全帽。
- 9.1.3 作业时应设专人监护，监护人应由具备一定实践经验和应变能力的技术人员担任。
- 9.1.4 清污时受现场客观条件限制而导致无法按操作要求执行时，应立即停止清污，做好相应的补救措施后方可继续清污。若不符合清污条件或有疑问时不应开展作业。
- 9.1.5 清污方案中应有应急措施。操作过程中，工作负责人（监护人）应随时注意现场状况，若发生意外情况，应立即指挥操作人员采取应变措施。

9.2 安全措施

清污操作安全措施应符合GB 26860和表2的规定。

表2 清污操作安全措施

| 安全类别 | 危险点 | 控制措施 |
|------|---------|---|
| 人身触电 | 接、拆低压电源 | 电源应有漏电保护器；电动工具外壳应可靠接地； 清污人员在变电站运行人员指定的位置接入电源，禁止未经许可拉扯电源，禁止带电拖拽电源盘； 拆、接试验电源前使用万用表测量，确无电压方可操作 |
| | 误碰带电设备 | 高空作业车或高空升降平台进入高压设备区由具有特种作业资质的专业人员进行监护、指挥，按照指定路线行走及吊装； 工作前应划定活动范围及回转方向； 确保与带电体的安全距离满足要求 |
| 高空坠落 | | 高空作业项目严格按照高空作业要求执行，系双保险安全带、佩戴安全帽 |
| 设备损坏 | | 清污过程中避免损伤伞裙、伞套，不使用会损伤支柱复合绝缘子表面的清洁剂 |

10 验收

- 10.1 清污后的支柱复合绝缘子无残留污迹、污垢，局部难除的污秽除外。
- 10.2 对完成污秽清污的支柱复合绝缘子进行抽样检测，抽检样本数量为 N/10，抽检项目及应符合表 3 的规定。

表3 抽检项目及要求

| 项目 | 要求 | 方法 |
|------|--|-------------|
| 外观 | 伞裙、伞套无明显粉化，指压无明显裂纹，用手可轻易弯曲伞裙，无明显发硬现象 | 目视、手摸 |
| 硬度 | 运行后高温硫化硅橡胶（HTV）≤65ShoreA； 液体硅橡胶（LSR）≤40ShoreA | 邵氏硬度计 |
| 等值盐密 | ≤0.03 mg/cm ² | DL/T 1884.1 |
| 表面电阻 | ≥1.0×10 ¹² Ω | 电阻率测试仪 |
| 憎水性 | 喷水分级法，憎水性不超过HC4级 | DL/T 1474 |

11 清污报告

清污结束后应填写清污报告，内容应包括清洗对象、清污人员、气象条件、清污时间等。记录应清晰整洁，划改处应签名并填写划改日期。清污报告参见附录B。

附 录 A
(规范性)
清洗废液的处理方法

A.1 清洗废液分类

清洗废液中的主要成分，按水中所含杂质对水体的影响可分为三类：

- a) 无机物：主要是钙、镁和钠的硫酸盐和氯化物；
- b) 有毒物：主要是铁、铜和锌的盐类；
- c) 有机物：能被细菌氧化或直接氧化，排放量应按水体的生物需氧量计算。

A.2 处理方法

A.2.1 清洗废液的处理，使A.1中的有毒物类分离出来，使有机物氧化到允许的生物需氧量值，达到废液排放标准。

A.2.2 清洗废液的处理方法见表A.1。

表A.1 清洗废液的处理方法

| 序 号 | 项 目 | 处理方法 |
|-----|------|---|
| 1 | 中和 | 利用盐酸或NaOH中和清洗废液至pH值为6~9 |
| 2 | 絮凝沉降 | 加入絮凝剂使清洗废液中胶体沉淀物絮凝沉降分离 |
| 3 | 蒸发浓缩 | 使用蒸发装置，将清洗废液中低沸点有机溶剂或水蒸发，将清洗废液浓缩减量 |
| 4 | 高级氧化 | 利用氧化剂的氧化作用使清洗废液中的有机物氧化分解或使废液中有害物质转化为无害物 |

附录 B
(资料性)
清污报告

清污报告见表B. 1。

表B. 1 清污报告

清污作业编号：编制日期： 年 月 日

| | | | |
|------------------------------------|-----------------------|-----------|-------|
| 清洗对象 | | 清洗对象型号及规格 | |
| 清洗对象安装位置 | | | |
| 污秽情况描述 | 污秽类型 | | |
| | 污秽程度 | | |
| | 污秽分布特点 | | |
| 清污作业负责人信息 | | | |
| 姓名 | | 联系方式 | 职称/资质 |
| 作业人员信息 | | | |
| 序号 | 姓名 | 联系方式 | 职称/资质 |
| 1 | | | |
| | | | |
| 气象条件 | | | |
| 温度 | | 湿度 | 天气情况 |
| 风力 | | 有无降水 | / |
| 清污时间 | | | |
| 计划清污时间 | 年 月 日 时 分 至 年 月 日 时 分 | | |
| 实际清污时间 | 年 月 日 时 分 至 年 月 日 时 分 | | |
| 说明 | | | |
| 清扫工具及材料 | | | |
| 序号 | 工具及材料名称 | 规格型号 | 数量 |
| 1 | | | |
| | | | |
| 清扫过程及方法（包括清扫前准备工作、具体清扫步骤、清扫后检查情况）： | | | |
| 清扫效果评估（包括评估标准、评估结果）： | | | |
| 问题及处理记录： | | | |
| 附件： | | | |

清污作业负责人：审核人：批准人：

参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.8—2009 电工术语 绝缘子
 - [2] GB/T 11032—2020 交流无间隙金属氧化物避雷器
 - [3] DL/T 2173—2020 $\pm 1100\text{kV}$ 支柱复合绝缘子使用技术条件
-