

ICS 29.240.20

K 47

备案号: 50787-2015



中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1467 — 2015

500kV 交流输变电设备带电水冲洗作业 技 术 规 范

Specification of hot washing for 500kV AC power
transmission and transformation apparatus

2015-07-01 发布

2015-12-01 实施

国家能源局 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 技术要求 2

5 限制冲洗条件 3

6 冲洗作业前准备 3

7 安全要求 3

8 输电设备带电水冲洗方法 4

9 变电设备带电水冲洗方法 6

10 冲洗效果评价 8

附录 A（资料性附录） 冲洗方法验证和冲洗人员操作考核 9

附录 B（资料性附录） 带电水冲洗口令及手势 10

参考文献 11

前 言

本标准依据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国带电作业标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位：广东电网有限责任公司、武汉大学、广东威恒电力技术开发有限公司、浙江省电力公司、武汉奋进电力技术有限公司。

本标准主要起草人：黄松波、王建国、周华敏、詹清华、李显强、金向朝、阮绵晖、樊亚东、林杰江、杨晓东、萧思杰、蔡力、麦灿波、王岩、胡聪、刘世念。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

500kV 交流输变电设备带电水冲洗作业技术规范

1 范围

本标准规定了 500kV 交流输变电设备带电水冲洗的技术要求、限制冲洗条件、冲洗作业前准备、安全要求、冲洗方法和冲洗效果评价。

本标准适用于海拔 1000m 及以下地区 500kV 交流输变电设备带电水冲洗作业。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 13395 电力设备带电水冲洗导则
- GB/T 14286 带电作业工设备术语
- DL 408 电业安全工作规程（发电厂和变电所电气部分）
- DL 409—1991 电业安全工作规程（电力线路部分）
- DL/T 1468 电力用车载式带电水冲洗装置

3 术语和定义

GB/T 13395 和 GB/T 14286 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

单枪冲洗 single jet washing

单支水枪以一冲多回方式对绝缘子串进行冲洗。

3.2

单枪交替冲洗 single jet alternating washing

单支水枪以一冲多回方式对双联绝缘子串或同相相距较近的两串绝缘子相同位置交替往复冲洗。

3.3

双枪交替冲洗 double jets alternating washing

两支水枪错开站位，以一冲多回冲洗方式对多联串绝缘子相同位置交替往复冲洗。

3.4

多枪同步冲洗 quadruple jets synchronous washing

多支（三支或四支）水枪在绝缘子及套管周围均匀分布站位，对变电站支柱绝缘子及套管进行同步冲洗。

3.5

组合绝缘悬吊冲洗 suspension washing of combined insulation

输电线路绝缘子采用水柱与绝缘工具的组合绝缘冲洗时，以绝缘绳索悬吊绝缘杆及水枪进行冲洗。

3.6

组合绝缘滑板冲洗 skateboard washing of combined insulation

输电线路绝缘子采用水柱与绝缘工具的组合绝缘冲洗时，以绝缘板依托被冲洗绝缘子滑动并支撑绝缘杆及水枪进行冲洗。

3.7

制水设备 device for water treatment

将低电阻率的原水（如自来水、河水、溪水等）净化为满足输变电设备带电水冲洗用的高电阻率水的设备。

3.8

冲洗设备 device for hot washing

用于输变电设备带电水冲洗的作业设备，通过水泵将高电阻率的水经引水管及水枪喷射到绝缘子上冲洗绝缘子表面污秽。

4 技术要求

4.1 人员要求

4.1.1 带电水冲洗人员应身体健康，无妨碍作业的生理和心理障碍，具有变电站和输电线路的基本知识，掌握带电作业的基本原理和操作方法，熟悉冲洗设备的适用范围和使用方法。带电水冲洗人员应会紧急救护法、触电急救法和心肺复苏法。带电水冲洗人员应经过专门的培训考核和操作考核，并持有上岗证。冲洗人员操作考核参见附录 A。

4.1.2 工作负责人（监护人）应具有输变电设备带电水冲洗作业实际工作经验，熟悉设备状况，具有一定组织能力和事故处理能力，经过专门的培训考核和操作考核，并具有上岗证。

4.2 气象条件

4.2.1 带电水冲洗应在天气良好的条件下进行，风速大于 8m/s（4 级）、气温低于 0℃，雨天、雪天、雾天不宜进行带电水冲洗作业。

4.2.2 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。

4.3 设备要求

4.3.1 带电水冲洗装置应检验合格，车载式带电水冲洗装置应满足 DL/T 1468 的规定。

4.3.2 带电水冲洗装置应良好接地，以水柱绝缘为主的大水冲及中水冲用水枪应配备专用接地线，专用接地线应采用有透明护套的多股软铜线，截面积不小于 25mm²。

4.3.3 500kV 输变电设备带电水冲洗的水电阻率应不小于 $2 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 。每次冲洗前应测量水电阻率，测量时应从水枪出口处取水样进行测量。

4.4 冲洗要求

4.4.1 应根据现场情况采用合适的冲洗方法。500kV 变电设备宜采用多枪同步冲洗，500kV 输电线路单串绝缘子宜采用单枪冲洗，500kV 输电线路双联绝缘子串或同相相距较近的两串绝缘子宜采用单枪交替冲洗，500kV 输电线路多联绝缘子串宜采用双枪交替冲洗。

4.4.2 冲洗时应进行回扫，防止被冲洗设备表面出现污水连线，尽量避免冲洗过程中出现起弧或减少起弧的程度。500kV 变电设备宜采用一冲三回方式冲洗，输电设备宜采用一冲多回方式冲洗。冲洗中应注意冲洗角度，减少冲洗死角、死区。

4.4.3 500kV 输变电设备带电水冲洗应根据水柱长度、被冲洗设备直径及与邻近设备距离选择合适的喷嘴直径。以水柱绝缘为主的输电线路绝缘子和变电设备绝缘子带电水冲洗时宜采用中水冲或大水冲方式。输电线路绝缘子采用水柱与绝缘工具的组合绝缘冲洗时，可采用小水冲、组合绝缘悬吊冲洗或组合绝缘滑板冲洗方式。

4.4.4 冲洗前应严格校核水枪、冲洗设备与被冲洗设备及邻近设备的距离和方位，水柱绝缘、水柱与绝缘工具的组合绝缘长度不应小于 5m，冲洗设备与邻近带电设备的距离应满足 DL 408、DL 409—1991 的规定。水柱与绝缘工具的组合绝缘冲洗装置应满足 DL 409—1991 中 8.6.5、8.6.6 的规定。

4.4.5 对于上下层布置的设备应先冲下层，后冲上层，并要注意冲洗角度，垂直冲洗角度应小于 60°。冲洗时应尽量避免将水溅到邻近设备上，防止邻近绝缘子表面溅闪。

4.4.6 垂直安装及倾斜安装的设备宜自下而上冲洗，水平安装的设备宜自导线侧向接地侧冲洗。

- 4.4.7 冲洗时应注意风向，应先冲下风侧设备，后冲上风侧设备，并在冲洗过程中注意风向及风速的变化，及时进行调整或暂停冲洗。
- 4.4.8 当相邻设备高度不等，且不会因风向原因导致较高设备发生溅闪时，宜先冲洗较低设备，后冲洗较高设备，并采取防溅闪措施。
- 4.4.9 当相邻设备距离过近或可能引起大面积溅湿时，宜采取同时冲洗的作业方式。
- 4.4.10 当冲洗瓷件 1/3 段以下时，设备瓷件顶部即产生局部电弧，宜立即停止冲洗。当已冲洗部分占被冲洗瓷件 2/3 高度以上，被冲瓷件顶部出现局部电弧时，水柱应迅速指向局部电弧，迫使电弧熄灭并加强水柱回扫。
- 4.4.11 冲洗时，若水柱冲洗到金属锈蚀处，应迅速回扫，截断污水连线。
- 4.4.12 带电水冲洗时严禁用水枪枪口对准人或带电设备。水枪及引水管带压时，操作人员不应离开水枪及冲洗控制装置。冲洗过程中水枪及引水管出现渗漏现象影响安全及水柱压强时，应立即停止作业。
- 4.4.13 冲洗时，严禁对设备端子箱、二次接线盒、操作机构箱、压力释放阀、气体继电器等进行冲洗，防止进水。
- 4.4.14 冲洗时应注意监视储水容器水位，不得在冲洗时对储水容器注水。冲洗单个设备过程中不得换人或换水枪，冲洗完毕换人、换水枪时要关闭水枪，以防水柱冲到或溅到设备上发生闪络危险。
- 4.4.15 现场带电水冲洗工作负责人、监护人和操作人员之间应制定统一的口令、手势。带电水冲洗口令及手势参见附录 B。

5 限制冲洗条件

- 5.1 带电水冲洗作业前应了解输变电设备的外绝缘污秽度，绝缘子临界盐密应符合 GB 13395 的规定，超过临界盐密时，不应进行带电水冲洗。
- 5.2 避雷器及密封不良的设备不宜进行带电水冲洗。
- 5.3 断路器处于热备用状态时，断口及均压电容瓷套不应进行带电水冲洗。
- 5.4 输电线路绝缘子串良好绝缘子片数少于 23 片时，不应进行带电水冲洗。
- 5.5 输变电设备非正常运行（如母差保护停用等）、倒闸操作时，不应进行带电水冲洗作业。
- 5.6 被冲洗设备布置比较密集，或位置、角度比较特殊，使冲洗作业人员冲洗时不能良好观察被冲洗设备或存在邻近设备溅闪危险时，不宜进行带电水冲洗。

6 冲洗作业前准备

- 6.1 作业前，应组织现场踏勘，根据现场踏勘结果编制“三措”方案，并经单位批准后实施。
注：“三措”指组织措施、技术措施和安全措施。
- 6.2 冲洗前，冲洗人员应与运行人员确认安全技术措施的落实情况，包括设备及继电保护是否处于正常运行状态、设备绝缘是否良好、是否有漏油或裂纹设备、是否有零值或低值绝缘子、是否有断路器处于热备用状态、设备的端子箱是否密封良好等，确认无误后方可组织冲洗。发现有不符合冲洗条件的，不应进行带电水冲洗。
- 6.3 冲洗前，需对安全工器具、个人防护用具等进行检查，确保满足冲洗要求。
- 6.4 冲洗前，应检查冲洗装置、引水管及水枪接头的连接及固定状况，防止引水管及接头渗漏、引水管摆动。同时应测试水枪出口水电阻率，并做好记录。
- 6.5 冲洗前，冲洗人员应调整水泵压强及水柱射程。试水时，枪口向下，不得将水枪对准被冲洗设备绝缘部分。
- 6.6 冲洗前，应测量风速、风向，合理确定冲洗设备顺序和人员站位，校核安全距离及绝缘长度。

7 安全要求

- 7.1 变电设备带电水冲洗时，作业车辆进入工作现场时应由专人带领并做好监护工作。

- 7.2 变电设备带电水冲洗时，作业区域应进行安全围护，设置围栏和警示标志牌。
- 7.3 变电设备带电水冲洗时，作业人员应穿戴防水服、绝缘靴、绝缘手套和防水安全帽。
- 7.4 输电设备带电水冲洗时，作业人员应穿戴全套屏蔽服和导电鞋。
- 7.5 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。
- 7.6 冲洗时受现场客观条件限制而导致无法按操作要求执行时，应立即停止冲洗，做好相应的补救措施后方可继续冲洗。如不符合冲洗条件或有疑问时不得冲洗。
- 7.7 冲洗方案中应有应急预案。操作过程中，工作负责人（监护人）应随时注意现场状况，如发生意外情况，应立即指挥操作人员采取应变措施。

8 输电设备带电水冲洗方法

- 8.1 500kV 单联悬垂绝缘子串宜采用单枪冲洗、一冲多回方式（4 片~5 片绝缘子为一区域，至少一冲六回），由下端开始冲洗，典型冲洗方法如图 1 所示。图 1 中数字部分表示冲洗顺序，密集箭头区域至少冲洗 2s，非密集箭头区域至少冲洗 1s，整串绝缘子至少冲洗 48s。
- 8.2 500kV 双联悬垂绝缘子串宜采用单枪交替冲洗、一冲多回方式（4 片~5 片绝缘子为一区域，至少一冲六回），由下端开始冲洗，典型冲洗方法如图 2 所示。图 2 中数字部分表示冲洗顺序，密集箭头区域至少冲洗 2s，非密集箭头区域至少冲洗 1s，整串绝缘子至少冲洗 96s。
- 8.3 500kV 四联悬垂绝缘子串宜采用双枪交替冲洗、一冲多回方式（4 片~5 片绝缘子为一区域，至少一冲六回），由下端开始冲洗，每支水枪交替冲洗两串绝缘子，典型冲洗方法如图 2 所示。图 2 中数字部分表示冲洗顺序，密集箭头区域至少冲洗 2s，非密集箭头区域至少冲洗 1s，整串绝缘子至少冲洗 96s。
- 8.4 500kV V 型悬垂绝缘子串相距较近时（夹角较小）宜采用单枪交替冲洗、一冲多回方式（4 片~5 片绝缘子为一区域，至少一冲六回），由下端开始冲洗，典型冲洗方法如图 3 所示。图 3 中数字部分表示冲洗顺序，密集箭头区域至少冲洗 2s，非密集箭头区域至少冲洗 1s，整串绝缘子至少冲洗 96s。
- 8.5 500kV V 型悬垂绝缘子串相距较远时（夹角较大）宜采用两支水枪，每串绝缘子采用单枪冲洗、一冲多回方式（4 片~5 片绝缘子为一区域，至少一冲六回），由下端开始冲洗，典型冲洗方法参考图 1。图 1 中数字部分表示冲洗顺序，密集箭头区域至少冲洗 2s，非密集箭头区域至少冲洗 1s，每串绝缘子至少冲洗 48s。

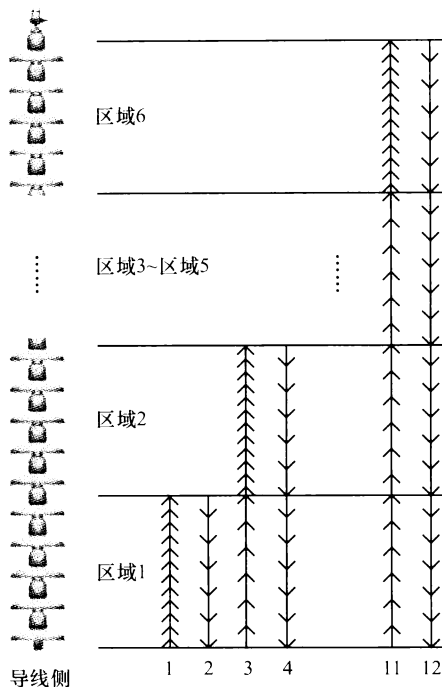


图 1 500kV 单联悬垂绝缘子串典型冲洗方法

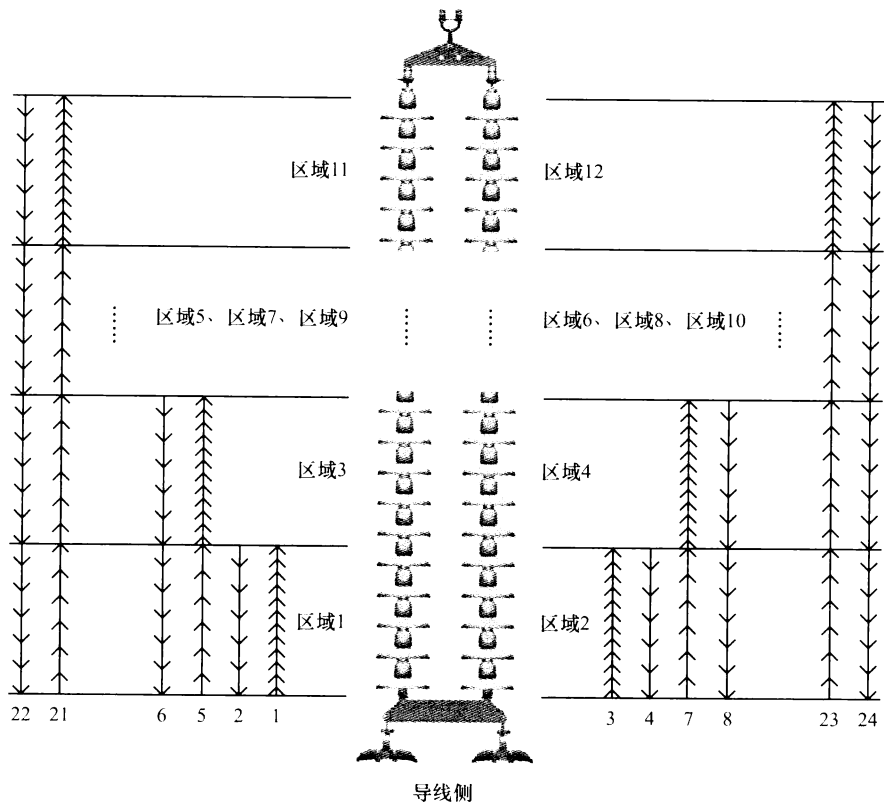


图 2 500kV 双联（四联）悬垂绝缘子串典型冲洗方法

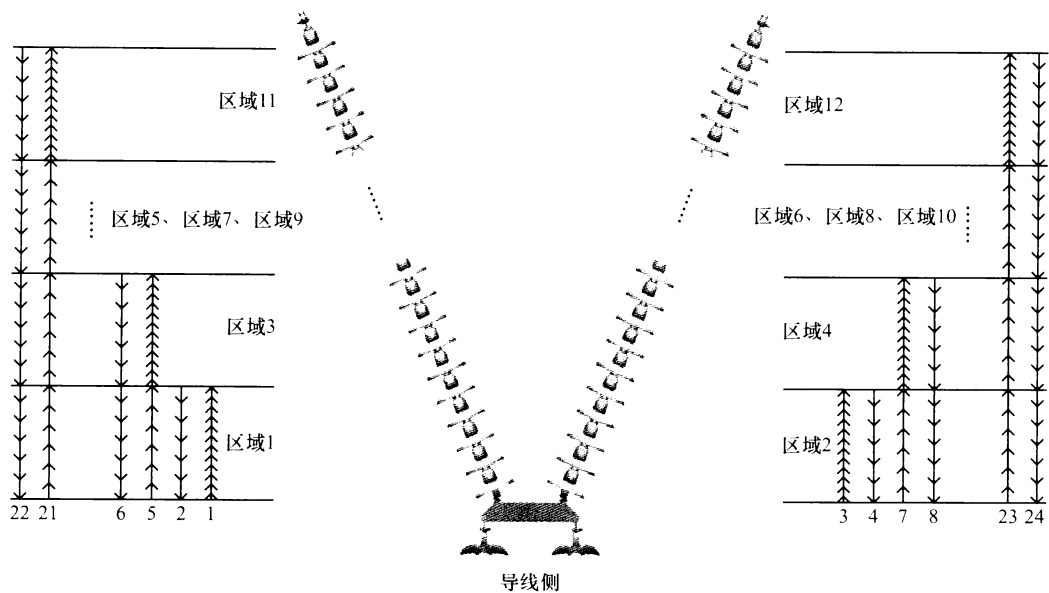


图 3 500kV V 型悬垂绝缘子串（夹角较小）典型冲洗方法

- 8.6 500kV 双联耐张绝缘子串宜采用单枪交替冲洗、一冲多回方式（4 片～5 片绝缘子为一区域，至少一冲六回）。由较低侧开始冲洗，典型冲洗方法如图 4 所示。图 4 中数字部分表示冲洗顺序，密集箭头区域至少冲洗 2s，非密集箭头区域至少冲洗 1s，整串绝缘子至少冲洗 96s。
- 8.7 500kV 四联耐张绝缘子串宜采用双枪交替冲洗、一冲多回方式（4 片～5 片绝缘子为一区域，至少一冲六回），每支水枪交替冲洗两串绝缘子，由较低侧开始冲洗，典型冲洗方法如图 4 所示。图 4 中数字部分表示冲洗顺序，密集箭头区域至少冲洗 2s，非密集箭头区域至少冲洗 1s，整串绝缘子至少冲洗 96s。

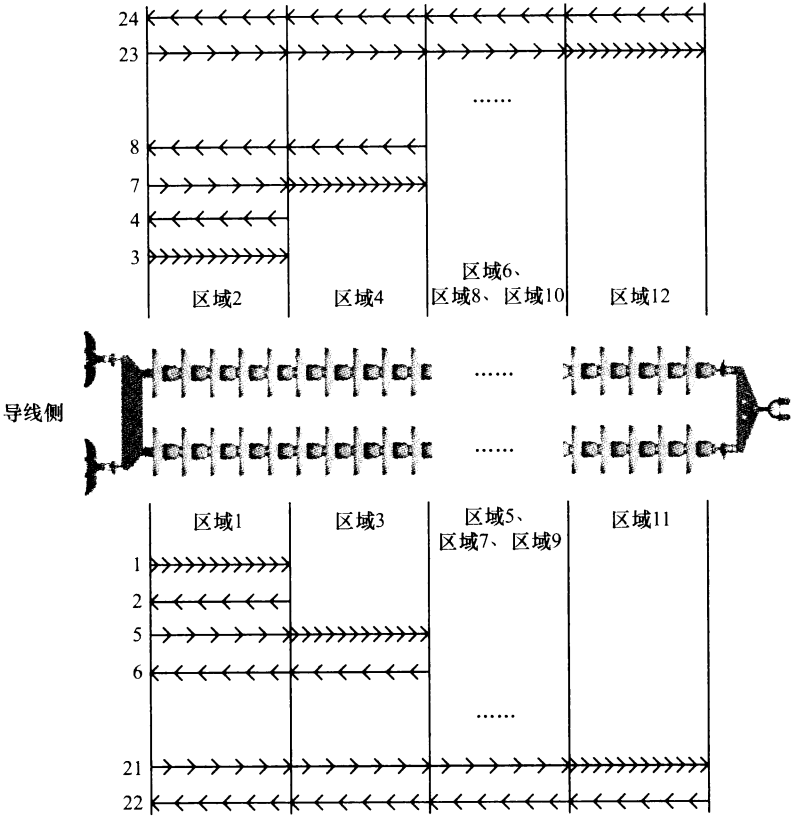


图 4 500kV 双联（四联）耐张绝缘子串典型冲洗方法

9 变电设备带电水冲洗方法

9.1 500kV 单柱设备

500kV 单柱设备（支柱绝缘子、电容式电压互感器等）宜采用一冲三回、四枪同步冲洗方式，整个绝缘子冲洗不少于 21s。典型冲洗方法如图 5 所示，图 5 中数字部分表示冲洗顺序，密集箭头区域冲洗不少于 2s，非密集箭头区域冲洗不少于 1s。

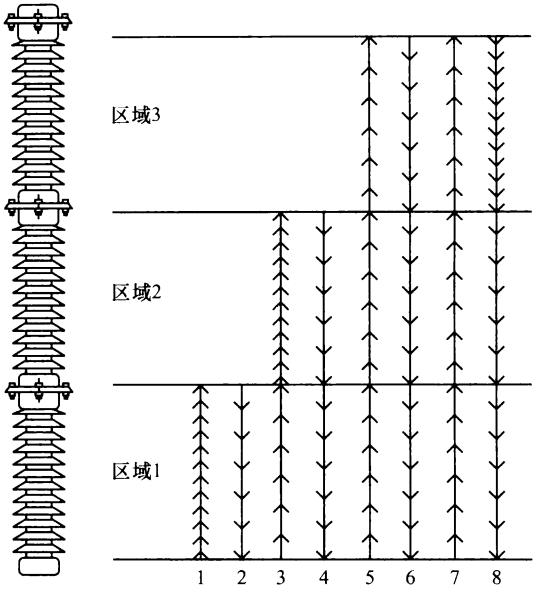


图 5 500kV 单柱设备典型冲洗方法

9.2 500kV 并列双柱设备

500kV 并列双柱设备（隔离开关）支柱绝缘子宜采用一冲三回、四枪同步冲洗方式，每个支柱绝缘子两支水枪，整个绝缘子冲洗不少于 21s。典型冲洗方法参考图 5。

9.3 500kV 大直径套管

500kV 大直径套管（电流互感器、GIS 套管等）宜采用一冲三回、四枪同步冲洗方式，整个绝缘子冲洗不少于 21s。典型冲洗方法参考图 5。

9.4 500kV 断路器

500kV 断路器带电水冲洗按冲洗顺序包括支柱绝缘子冲洗、横向套管冲洗、支柱绝缘子回扫三个阶段，整个冲洗过程应在支柱绝缘子底部上枪、下枪。

500kV 断路器的支柱绝缘子冲洗阶段，宜采用一冲三回、四枪同步冲洗方式，冲洗时间不少于 17s。典型冲洗方法如图 6 所示。

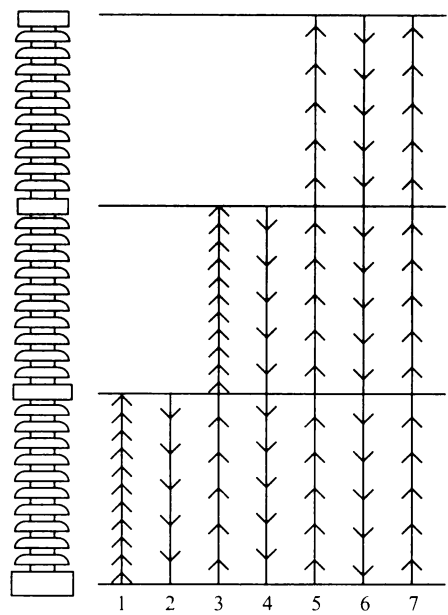


图 6 500kV 断路器支柱绝缘子典型冲洗方法

500kV 断路器的横向套管冲洗阶段，将四支水枪分为两组，每组两支水枪同步冲洗，由中间至外侧分别冲洗两次，冲洗时间不少于 6s。典型水枪布置如图 7 所示，典型冲洗方法如图 8 所示。

500kV 断路器的支柱绝缘子回扫阶段，宜采用由上至下、反向一冲三回、四枪同步冲洗方式，支柱绝缘子回扫时间不少于 7s。典型冲洗方法如图 9 所示。

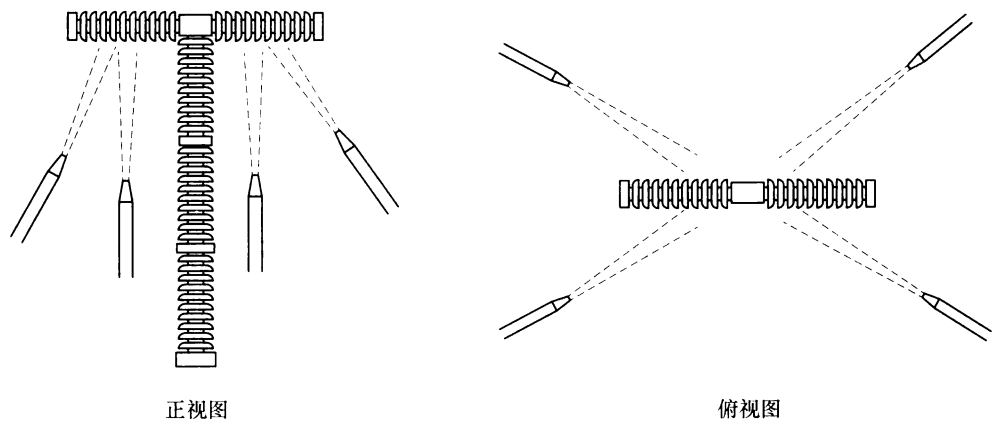


图 7 500kV 断路器横向套管冲洗作业典型水枪布置

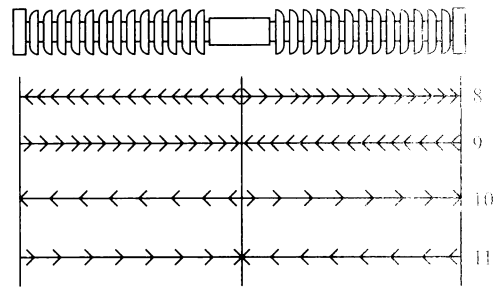


图 8 500kV 断路器横向套管典型冲洗方法

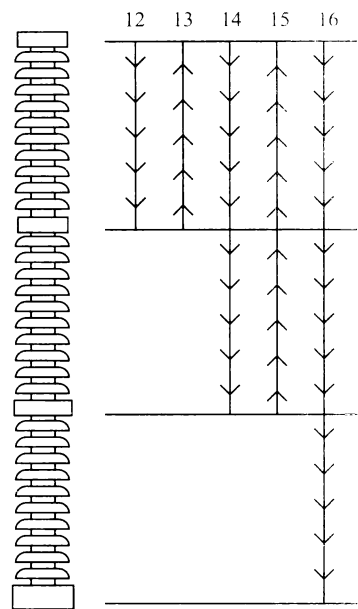


图 9 500kV 断路器支柱绝缘子回扫典型冲洗方法

10 冲洗效果评价

10.1 冲洗后从被冲洗设备上流下的水应为清水。

10.2 冲洗后的瓷件或玻璃绝缘子表面光洁明亮，无残留污迹、污垢（局部难除的污秽除外）。

10.3 全部设备冲洗完毕后，冲洗人员至少监视设备 15min，没有出现污水滴落、局部起弧现象，方可收拾冲洗工具，撤离现场。

附 录 A
(资料性附录)
冲洗方法验证和冲洗人员操作考核

A.1 500kV 输变电设备带电水冲洗操作考核设备

A.1.1 500kV 变电设备带电水冲洗操作考核宜包括单柱支柱绝缘子、双柱并列支柱绝缘子(隔离开关)、电容式电压互感器、断路器、大直径电流互感器及 GIS 套管等设备,设备的布置间距应模拟 500kV 变电设备典型布置工况,施加 500kV 相电压,如图 A.1 所示。

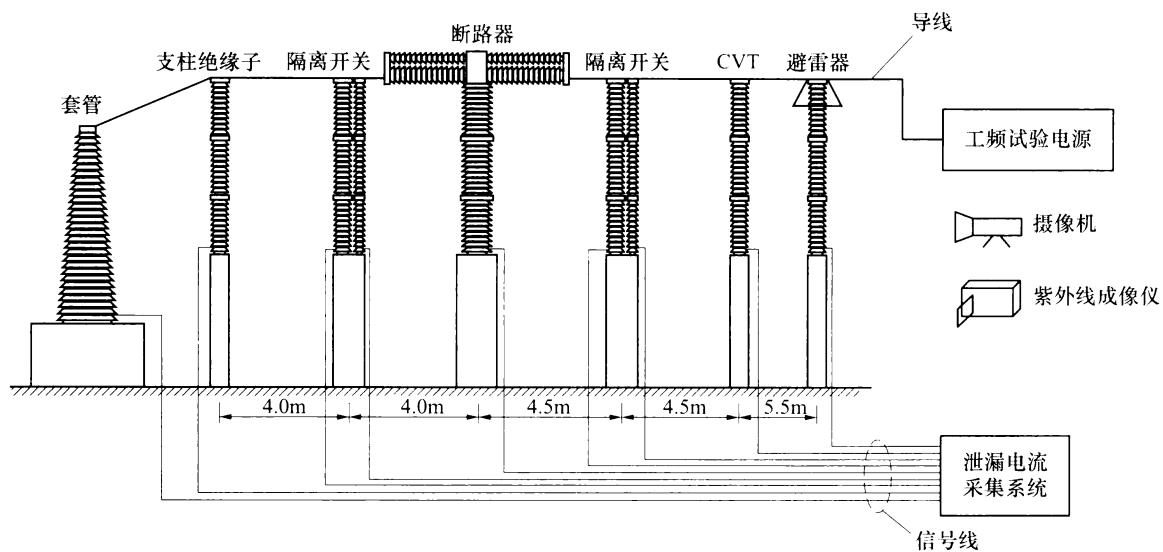


图 A.1 500kV 变电设备带电水冲洗操作考核典型布置

A.1.2 500kV 输电线路带电水冲洗操作考核宜包括单联悬垂绝缘子串、双联悬垂绝缘子串、四联悬垂绝缘子串、V 型悬垂绝缘子串、双联耐张绝缘子串、四联耐张绝缘子串等,绝缘子串布置应模拟输电线路绝缘子串典型工况,绝缘子串施加 500kV 相电压。

A.1.3 500kV 输变电设备带电水冲洗操作考核工频试验电源额定电流不宜小于 2A,并采用泄漏电流、紫外放电、冲洗视频同步监测冲洗过程。泄漏电流监测系统测量范围为 1mA~2A,精度应不低于 3%。紫外成像仪响应时间不大于 5ms,数字摄像机的分帧精度不大于 20ms。

A.2 冲洗方法和冲洗人员操作考核流程

500kV 输变电设备带电水冲作业冲洗方法和冲洗人员操作考核流程包括绝缘子染污、绝缘子冲洗、冲洗过程监视、绝缘子残余污秽测量、考核结果评定。

A.3 考核合格判据

A.3.1 冲洗方法考核合格判据:在各污秽度等级下,冲洗过程中不发生闪络;各设备表面残余盐密值低于 0.02mg/cm²,盐密值、灰密值残余百分比均小于 10%;紫外线及视频摄像观测被冲设备及邻近设备不出现超过设备绝缘长度 1/4 的电弧放电。

A.3.2 冲洗人员考核合格判据:各污秽度等级下冲洗人员所在组冲洗方法考核合格;视频摄像监测同组人员“开枪”时间差不大于 2s;视频摄像监测冲洗过程中各枪最大不同步长度小于被冲设备绝缘长度的 1/6。

附 录 B
(资料性附录)
带电水冲洗口令及手势

B.1 口令

开启水泵：启泵。

关闭水泵：停泵。

开始冲洗：上枪。

结束冲洗：下枪。

冲洗作业人员水枪偏离设备时提醒：稍左，稍右。

带电设备起弧时提醒：地侧起弧，线侧起弧，中部起弧。

被冲洗设备严重脏污时提醒：多次回扫。

第一片或最后一片未冲洗干净时提醒：第一片，最后一片。

B.2 手势（主要用于调节水泵压强）

压强过大：手心向下，自下向上摆手。

压强过小：手心向上，自上向下摆手。

参 考 文 献

- [1] GB 26859 电力安全工作规程 电力线路部分
 - [2] GB 26860 电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分
-

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
500kV 交流输变电设备带电水冲洗作业
技 术 规 范
DL/T 1467 — 2015

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2015 年 12 月第一版 2015 年 12 月北京第一次印刷
880 毫米×1230 毫米 16 开本 1 印张 24 千字
印数 0001—3000 册

*

统一书号 155123·2725 定价 **9.00** 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

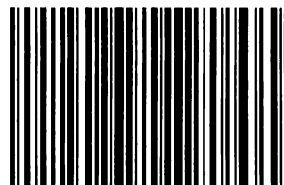
版 权 专 有 翻 印 必 究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.2725