

# 500kV 输电线路悬垂绝缘子串带电水冲洗的工艺和实施

牛慧文<sup>1</sup> 张海峰<sup>2</sup> 吴宝贵<sup>1</sup> 方康健<sup>1</sup>

(1. 国网浙江省电力公司培训中心, 杭州 311600;  
2. 山西晋缘电力化学清洗中心有限公司, 太原 030000)

**摘要** 绝缘子污闪是导致输电线路发生跳闸故障的主要因素之一, 采用带电水冲洗作业可以有效解决绝缘子污闪事故。220kV 输电线路已总结出一套行之有效的水冲洗方法, 而 500kV 输电线路带电水冲洗还是个空白, 本文介绍了 500kV 输电线路悬垂绝缘子串带电水冲洗的具体工艺和操作实践, 为今后的 500kV 输电线路带电水冲洗作业开展提供参考。

**关键词:** 500kV 输电线路; 悬垂绝缘子串; 带电水冲洗; 工艺; 实施

## The Process and Implement of 500kV Transmission Line Suspensionin Sulator String Charged Water Flush

Niu Huiwen Zhang Haifeng Wu Baogui Fang Kangjian

(1. State Grid Zhejiang Electric Power Corporation Training Centre, Hangzhou 311600;  
2. Shanxi Jinyuan Power Electronic Chemical Cntre Co., Ltd, Taiyuan 030000)

**Abstract** Pollution flashover of insulators is one of the key factors which causes trip fault of electrified line, charged water washing can solve the pollution flashover of insulators effectively. The 220kV transmission line has already concluded a set of method of effective water washing. However, the 500kV transmission line charged water flush is a blank. This paper instructs the specific process and the operation practice of the 500kV transmission line suspensionin sulator string charged water flush, which can provide a reference for the launch of the 500kV charged water transmission line flush in future.

**Keywords:** 500kV transmission line; suspensionin sulator string; charged water washing; process; implement

随着工业的发展, 环境污染日趋严重, 导致绝缘子污闪事故出现了频率高、覆盖面积广的趋势。为及时清除绝缘子表面污垢, 又不影响正常输电, 各国都在发展带电水冲洗作业。

220kV 输电线路带电水冲洗作业采用消防车等大型冲洗设备进入作业现场使用消防水枪直接冲洗的方法进行冲洗, 而 500kV 输电线路大多架设于高山等消防车辆无法进入的地区, 不能采用与 220kV 输电线路相同的方法进行冲洗。因此, 我们采用便携式的制水设备, 登塔后, 用特制的小水枪进行冲洗, 这就涉及到喷口直径、水枪压力、水电阻率和冲洗方法等问题的研究。为此, 从 2012 年至今, 本项目进行了近两年的试验, 总结了一套成熟、稳定

的带电水冲洗方法。确保 500kV 输电线路设备带电水冲洗安全、可靠、有效的实施。

## 1 500kV 输电线路悬垂绝缘子串带电水冲洗工艺

### 1.1 作业流程

500kV 输电线路带电水冲洗作业流程如图 1 所示, 工器具运输、制水、工器具组装、工器具检查、水电阻率检查、水枪压力检查和准备登塔等过程不作逐一描述, 只对 500kV 输电线路带电水冲洗特有细节进行说明。

### 1.2 杆塔选择

针对直线塔、耐张塔不同污秽等级绝缘子泄漏

电流进行试验，试验电压为 500kV，本文中主要对直线塔绝缘子串的冲洗方法进行研究，试验场地分别为浙江省电力公司培训中心浙西 500kV 桥林 5127 线 4 号塔。杆塔为酒杯型直线塔。绝缘子组装方式为 I 型、II 型悬垂绝缘子串。

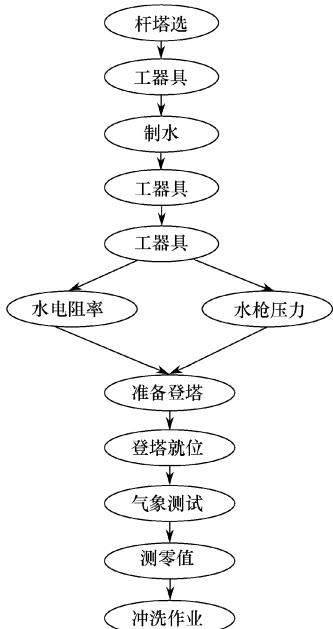


图 1 500kV 带电水冲洗作业流程图

### 1.3 工器具运输与制水

杆塔大多分布于高山等车辆难以到达的位置，针对这种情况，我们自制了一套小型制水设备，可以用人力或骡马将其运至作业位面，其它工器具见表 1。带电水冲洗使用的水必须具备一定得电阻率，可以就地取山泉水或自备自来水通过小型制水设备制作。

表 1 500kV 输电线路带电水冲洗作业工器具

名称	型号规格	数量	备注
小型制水设备		1	
冲洗动力泵		2	小水冲用
引水管	30m	6	
水箱		2	小水冲用
电导笔		2	
电压分布仪		2	测零值时用
绝缘绳	φ14	1	绳套、绝缘滑车
绝缘操作杆	8m×2 根	3	
绝缘安全带		3	
屏蔽服	C 型	3	
防潮垫	2.5m×2m	2	地面防潮
工具袋		1	盛装绝缘工具
气象测试仪		1	温度计、湿度仪、风速仪
对讲机		4	

### 1.4 塔下准备工作

将水枪嘴固定到操作杆的卡齿上，旋转至与操作杆至所需角度，将引水管的一端与操作杆引水管接通，另一端与升压泵接通。调节水柱压强，测试水电阻率及水枪压力，然后试喷水，观察水柱并调整至最佳状态。

### 1.5 悬垂绝缘子串冲洗

如图 2 所示，1 为 1 号作业人员，2 为 2 号作业人员，3 为绝缘操作杆，4 为引水管，5 为绝缘绳。悬垂绝缘子串作业时，塔上由两名工作人员完成。1 号作业人员为辅助人员，带无头绳与绝缘滑车爬至横担上方，使用绳套将滑车挂在被冲洗的绝缘子串横担侧的中部。2 号作业人员为冲洗操作人员，爬至与绝缘子串中部平行的主材处就位。地面作业人员将组装好的操作杆及引流管吊至横担，由 1 号作业人员转交给 2 号作业人员，两名作业人员就绪，开始冲洗作业。

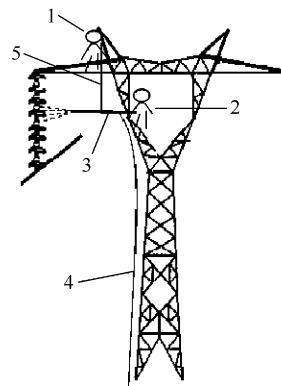


图 2 悬垂绝缘子作业示意图

### 1.6 注意事项

带电水冲洗作业必须遵循国网带电作业相关规程，同时应注意以下事项：

- 1) 冲洗作业前，必须对水电阻率进行检验，是否符合要求；
- 2) 对悬垂绝缘子进行冲洗时，要掌握好操作杆与绝缘子串的距离，以免发生组合绝缘安全距离不够。
- 3) 在对水平串绝缘子进行冲洗时，由于要不停的调整冲洗的角度，操作杆会上下左右转动，要时刻注意喷嘴与绝缘子的距离。
- 4) 冲洗时应选择合理站位，横担上方吊枪人员应与下方持枪人员密切配合，冲洗前应先测试水柱长度。
- 5) 确保有良好的冲洗角度和水柱冲击力、冲洗

中避免脱枪。冲洗时水柱移动要缓慢，且由导线侧向接地侧进行。

## 2 关键技术参数

水柱和操作杆的泄漏电流是带电水冲洗工艺和实施过程中主要技术参数，而水枪喷口直径、水电阻率和水枪压力的选择直接影响泄露电流的大小，因此这三个因素就成为带电水冲洗安全性、可靠性与冲洗效果的重要指标。

### 2.1 水枪喷口直径的选择

图3是500kV绝缘子在3mm、8mm、10mm三种不同水柱喷口直径的水柱泄漏电流与水柱长度的关系。从图3中可以明显看出水柱的泄漏电流随着水柱长度的增大而减小，说明试验的合理性，并且这一规律适用于不同水柱喷口直径。

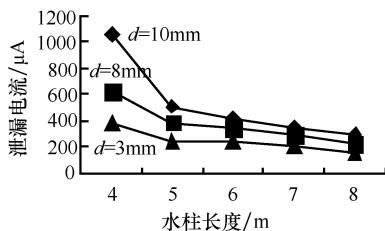


图3 不同水枪直径下水柱长度和泄漏电流的关系

### 2.2 水枪压力的选择

如图4所示是500kV绝缘子在3mm、8mm、10mm三种不同的水枪直径下，水柱泄漏电流与水枪压力的关系，从图中可以明显看出水柱的泄漏电流随不同水枪压力下，其值没有明显的变化趋势。因此，在进行带电水冲洗时，水枪压力不必考虑，只要满足冲洗条件和冲洗效果即可。

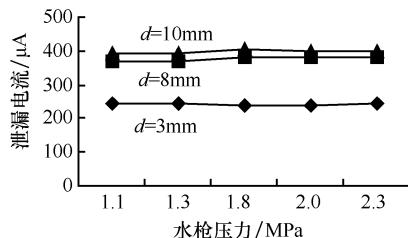


图4 不同水枪直径下水枪压力与泄漏电流的关系

### 2.3 水电阻率的选择

在不同水枪压力下，在500kV和550kV电压等级下，测量水柱的泄漏电流与水的电阻率的关系。从图5中可以看出，水柱的泄漏电流随着水的电阻率增加而减小，但是变化趋势不明显，只是缓慢减少。水柱的泄漏电流随着电压等级的增加而增加。

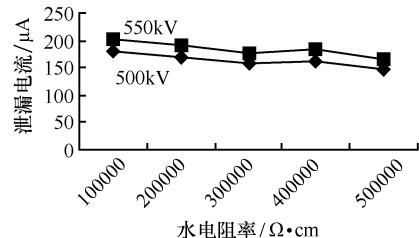


图5 水的电阻率与泄漏电流的关系

综上所述，图6为3mm水枪直径，1.8MPa水枪压力为，200000Ω·cm水电阻率为时500kV输电线路绝缘子带电水冲洗现场示意图，即本试验所采用的技术参数。3mm的枪嘴冲洗既能达到良好的效果（如图7），也使耗水量降低了3.5倍，而与10mm、8mm枪嘴冲洗时相比，不同水柱长度和不同水枪压力下泄露电流最低，故选择3mm作为试验水枪口径。如图6所示水电阻率≥200000Ω·cm时泄露电流逐步减少，后面的试验验证了这一点。

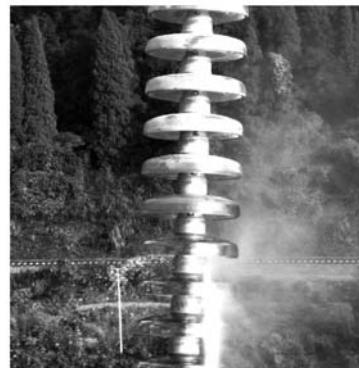


图6 500kV输电线路绝缘子带电水冲洗现场示意图

## 3 试验验证

如图7所示，水电阻率≥200000Ω·cm，枪嘴直径3mm，压力1.8MPa，操作杆长度5m，水柱长度2.5m，单枪悬吊式冲洗工况下，一级至四级污秽，冲洗过程中未出现明显起弧现象，泄漏电流幅值时

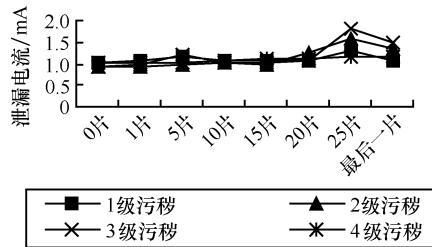


图7 喷涂1—4级污秽时泄露电流的数据分布图

(下转第127页)