

500kV 等电位带电更换合成绝缘子方法研究

李 源

(连云港供电公司, 连云港市新浦区幸福路 13# 222004)

摘 要: 连云港供电公司从 2002 年第一条 500kV 田盐、田都线的动工建设到 2003 年的竣工投产, 连云港供电开始探索 500kV 带电作业, 几年来, 通过使用专用屏蔽服、导电鞋等超高电压专用防护工具, 在 500kV 系统的带电检修中, 对 500kV 带电更换绝缘子作业项目做了充分的研究和探讨总结, 下面对 500kV 线路带电更换合成绝缘子的方法做个介绍。

关键词: 带电作业; 合成绝缘子; 等电位

0 引言

在电力生产中, 带电作业已经发展成为一项科学的常用检修方法, 它能减少停电时间, 提高供电可靠性和电网安全, 经济运行水平, 缓解电网缺电矛盾, 对提高国民经济效益做出了一定的贡献。

随着供电企业实施创一流和优质服务活动的深入开展, 人民生活水平的提高和地区经济的发展, 对电力的依赖和需求越来越大, 特别是对不间断供电的要求越来越高。形势和任务迫使我们重视带电作业技术的研究和应用, 确保安全可靠供电。连云港供电公司从 2002 年第一条 500kV 田盐、田都线的动工建设到 2003 年的竣工投产, 连云港供电开始探索 500kV 带电作业, 几年来, 通过使用专用屏蔽服、导电鞋等超高电压专用防护工具, 在 500kV 系统的带电检修中, 对 500kV 带电更换绝缘子作业项目做了充分的研究和探讨总结。

1 可行性论证

1.1 安全性论证

现场查勘中相合成绝缘子损坏, 但其两头连接部位仍能满足承载要求。

中相导线距下方铁塔部位垂直距离 7.5m, 距两侧铁塔水平距离为 4.7m, 对地安全距离在考虑人员登线, 等电位工作的情况下, 仍能满足各项安全距离要求 (人体与接地体的距离不得小于最小组合间隙 4m)。如图 1。

经过充分考虑和现场验证, 我们认为采用绝缘爬梯进入电场进行等电位更换合成绝缘子符合安规

的各项要求。

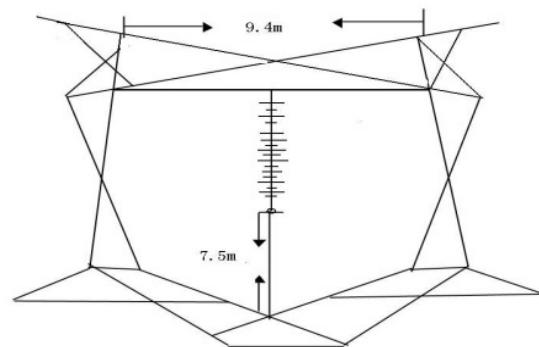


图1 人体与接地体的距离

1.2 技术论证

500kV 田都 5216 线采用四分裂 LGJ—400/35 导线, 根据资料所查, 导线的技术参数:

导线单位长度质量为 1.4165 kg/m

导线截面积为 $S=425.24 \text{ mm}^2$

97#~98# 档距为 $L_1=480 \text{ m}$

98#~99# 档距为 $L_2=420 \text{ m}$

垂直档距为

$L=(L_1+L_2) \div 2=(480+420) \div 2=450 \text{ m}$

自重比载

$g=9.8 \times G \div S=9.8 \times 1.4165 \div 425.24 \approx 32.644 \times 10^{-3}$

$\text{N/m} \cdot \text{mm}^2$

垂直荷载

$G=g \times S \times L=32.644 \times 10^{-3} \times 425.24 \times 450 \approx 6246 \text{ N}$

$6246 \div 10=624.6 \text{ kg} \approx 0.63 \text{ t}$

总荷载 (四分裂): $0.63 \times 4=2.52 \text{ t}$

工具拉断安全系数为 2.5

$$2.52 \times 2.5 = 6.3 \text{ t}$$

工具选择型号为：7t。

2 500kV 线路等电位作业方式探讨

(1) 对于 500kV 超高压线路带电作业来说，关键的问题是如何根据现场情况灵活采用合适的方法安全快速的进入或退出强电场，在最短的时间内完成消缺项目，并应尽可能的减小等电位工作人员的劳动强度。

A、采用绝缘软梯进入 500kV 线路等电位带电作业的方式：

此方法适用于作业地点，场地条件较好。此方法为最早使用的进入强电场的方法之一，安全可靠，但等电位工作人员劳动强度极大。

B、采用从绝缘爬梯登上导线，进入 500kV 线路等电位带电作业的方式。此方法使用较方便。但是利用绝缘爬梯进入电场，对杆塔的结构要求较严。

C、采用从绝缘吊篮登上导线，进入 500kV 线路等电位带电作业的方式：1) 滑轮组吊篮法；2) 秋千吊篮法；3) 机动绞磨吊篮法。

此方法为最早使用的进入强电场的方法之一，安全可靠，但进入或退出强电场较慢。

(2) 带电更换 500kV 线路合成绝缘子；在 500kV 超高压线路上利用绝缘爬梯进入强电场进行线路损坏绝缘子处理作业。

(3) 500kV 等电位更换合成绝缘子现场施工方案的探讨。

3 500kV 等电位更换合成绝缘子项目实施过程中的关键技术探讨

针对项目现场情况，我们大致将 500kV 等电位更换绝缘子分为以下几个部分介绍：

3.1 施工方案论证

方法一(a)：从 98#塔上，作业人员经绝缘吊篮登上导线，进入电场，停止在作业点，检查绝缘子串与导线各连接部位牢固，登至导线进行作业（人体与接地体的距离不得小于最小组合间隙 4m）。

该方案虽说可以对进入作业点进行检查施工，但也可能存在如下问题：作业人员在进入电场过程中比较繁琐，作业人员的劳动强度较高。

方法二(b)：从绝缘子串两外侧导线，抛挂绝缘软梯，作业人员沿绝缘软梯进入电场，登至导线进

行作业（人体与接地体的距离不得小于最小组合间隙 4m）。

该方案同样存在问题，作业人员需要从地面攀爬 30 多 m，对作业人员的攀爬技巧和体能要求较高。

方法三(c)：在等电位作业点处，挂设绝缘爬梯，作业人员沿绝缘爬梯进入电场，登至导线进行作业（人体与接地体的距离不得小于最小组合间隙 4m）。

该方案对作业人员技术要求较高，但操作较简便，劳动强度不高。上述三方案综合对比如表 1。

表1 三方案综合对比

序号	劳动强度	作业难度	场地要求	技术安全风险性评价
方法一	高	中	低	良
方法二	极高	稍高	中	中
方法三	中	中	低	优

综合考虑以上方案，并根据现场现状，拟采用 C 方案，即采用绝缘爬梯进行等电位更换整串合成绝缘子。

3.2 作业步骤

1) 1 号电工（地电位）携带绝缘传递绳登塔至横担适当位置，系好安全带，将绝缘滑车及绝缘无极绳在作业横担适当位置安装好，2 号电工（地电位）随后登塔至横担适当位置配合 1 号电工工作，3 号等电位电工登至中相绝缘子串下方铁塔处。

2) 地面电工将绝缘爬梯传至等电位电工处，地电位电工配合等电位电工安装绝缘爬梯。

3) 1 号、2 号电工配合协助 3 号电工进入等电位

4) 地面电工传递导线绝缘后备保护绳至塔上，1 号、3 号电工配合安装好导线后备保护绝缘绳。

5) 地面电工组装好绝缘拉板、四分叉提线器。卡具和丝杠，传递给塔上，塔上 1、2、3 号电工配合将卡具安装在横担上适当位置，使提线器两吊线钩位于线夹两侧导线上。

6) 塔上 3 号电工收紧卡具丝杠，使拉板适度受力。

7) 3 号电工检查确认卡具各部位安装连接可靠完好，3 号电工取出碗头内弹簧销。

8) 塔上 3 号电工继续收紧卡具丝杠，将导线荷重转移至卡具上，使绝缘子串松弛，并配合 3 号电工使用使绝缘子与导线脱离。

9) 塔头 1 号电工将绝缘吊绳拴在合成绝缘子

串根部偏下位置。

10) 地面电工收紧绝缘吊绳, 横担头 1 号电工拔除横担球头连接处的绝缘子弹簧销, 地面电工收紧绝缘吊绳将更换的合成绝缘子提升, 塔头 1 号电工摘开横担侧球头连接。

11) 地面电工相互操作绝缘吊绳, 将合成绝缘子从铁塔上方降至地面, 并将良好的合成绝缘子传至地电位电工处。

12) 塔上 1 号电工和地面电工相互配合, 恢复新绝缘子串横担侧球头挂环的连接, 并安好弹簧销。

13) 1 号电工和 3 号电工相互配合, 调整紧线丝杠, 恢复绝缘子串导线侧的碗头挂板连接, 并安好弹簧销。

14) 塔上 3 号电工松放丝杠, 使绝缘子串恢复受力状态, 3 号电工检查绝缘子串的安装受力情况。

15) 新绝缘子安装无误, 报经工作负责人同意后, 塔上电工依次拆除紧线丝杠和绝缘拉板及导线保护绳, 将更换工具等, 用传递绳传递到地面。

16) 1 号、2 号、3 号电工配合脱离等电位

17) 塔上电工拆除绝缘爬梯和其他工具, 检查确认塔上无遗留工具后, 汇报工作负责人, 得到同意后系背绝缘无极绳平稳下塔。

3.3 作业所需材料及主要工器具

作业所需材料及主要工器具见表 2。

表2 作业所需材料及主要工器具一览表

序号	名称	型号及规格	数量	备注
1	合成绝缘子	FXBW-500/210	1 根	合格
2	绝缘爬梯		1 套	合格
3	绝缘拉板	7t	2 块	合格
4	丝杠	7t	2 个	合格
5	四分裂提线器	7t	2 个	合格
6	后备保险绳	7t	1 根	合格
7	绝缘滑车	3t	2 个	合格
8	绝缘绳	Φ16—20mm ²	若干	合格
9	蚕丝千斤	3t	2 根	合格
10	围栏	1.2m	15m	颜色醒目
11	温湿度仪		1 块	合格
12	绝缘摇表	5000V	1 块	合格

3.4 安全注意事项

1) 所有绝缘工器具均经过预防性试验并合格

(硬质绝缘工具需经 15 次冲击试验并合格)并在有效期内。

2) 所有绝缘工器具均须作检查性试验, 工频 75kV/30cm, 1min。

3) 等电位电工应穿戴全套屏蔽服(衣、裤、鞋、帽、手套), 及阻燃内衣。

4) 等电位电工在等电位前, 应保证 0.4m 的间隔, 等电位后, 应将屏蔽服与导线可靠连接。

5) 撤离电场时, 等电位电工应保证 0.4m 的间隔后, 迅速脱离电位。

6) 整项作业中, 须时刻注意安全带和保险绳的使用。

7) 所有绝缘工器具均应展放在防水布毯上。

4 结论

通过对上述几种方法的对比和实践检验, 得出以下结论: 对于 500kV 超高压线路中相绝缘子损坏采用绝缘爬梯进入强电场等电位作业, 可大大减轻等电位电工的工作负荷, 检修效果良好。

参考文献:

- [1] DL/T 741-2001, 架空送电线路运行规程[S].
- [2] 国家电网公司. 国家电网公司电力安全工作规程(线路部分) [Z]. 北京: 国家电网公司, 2009.
- [3] DL/T 5092-1999, 110~500kV 架空送电线路设计技术规程 [S].
- [4] 孟遂明, 孔伟. 架空输电线路设计[M]. 北京: 电力出版社, 2007.
- [5] 国家电网公司组. 带电作业操作方法(第 1 分册, 输电线路)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.

作者简介:

李 源 (1979—), 男, 江苏人, 助理工程师, 高压带电检修技师, E-mail: yg_Liyuan @126.com。