

ICS 29.240.20

F 20

备案号: 31194-2011

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 400 — 2010

500kV 交流紧凑型输电线路带电作业 技 术 导 则

Technical guide for live working in 500kV AC compact transmission line

2011-01-09 发布

2011-05-01 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 一般要求.....	1
5 技术要求.....	2
6 进出等电位.....	5
7 作业注意事项.....	6
8 工具的试验.....	7
9 工具的运输与保管.....	7

前 言

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：国网电力科学研究院、江苏省 500kV 输变电运检中心有限公司、河南超高压输变电运检公司。

本标准主要起草人：胡毅、王力农、刘凯、刘庭、胡建勋、肖宾、郑传广、徐莹、谢洪平、肖东坡。

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 交流紧凑型输电线路带电作业技术导则

1 范围

本标准规定了 500kV 交流紧凑型输电线路带电作业技术要求、进出等电位和工具的试验、运输和保管等。

本标准适用于海拔 1000m 以下地区 500kV 交流紧凑型输电线路的带电作业。

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 13398 带电作业用空心绝缘管、泡沫填充绝缘管和实心绝缘棒（GB 13398—2008，IEC 60855：1985，MOD；IEC 61235：1993，MOD）

GB/T 2900.55 电工术语 带电作业（GB/T 2900.55—2002，IEC 60050-651：1999，eqv）

GB/T 6568 带电作业用屏蔽服装（GB/T 6568—2008，IEC 60895：2002，MOD）

GB/T 13035 带电作业用绝缘绳索

GB/T 14286 带电作业工具设备术语（GB/T 14286—2008，IEC 60743：2001，MOD）

GB/T 18037 带电作业工具基本技术要求与设计导则

DL 409 电业安全工作规程（电力线路部分）

DL/T 463 带电作业用绝缘子卡具

DL/T 878 带电作业用绝缘工具试验导则

DL/T 966 送电线路带电作业技术导则

DL/T 974 带电作业用工具库房

DL/T 976 带电作业工具、装置和设备预防性试验规程

3 术语和定义

GB/T 2900.55 和 GB/T 14286 确立的术语及下列术语和定义适用于本标准。

加装保护间隙的带电作业 live working with protective gap

在工作点的相邻杆塔加装保护间隙，限制工作点过电压后进行的带电检修作业。

4 一般要求

4.1 人员要求

4.1.1 带电作业人员应身体健康，无妨碍作业的生理和心理障碍。应具有电工原理和电力线路的基本知识，掌握带电作业的基本原理和操作方法，熟悉作业工器具的适用范围和使用方法。熟悉 DL 409、DL/T 966 和本标准。应会紧急救护法，特别是触电急救。通过专门培训机构的理论、操作培训，考试合格并持有上岗证。

4.1.2 工作负责人（或安全监护人）应具有 3 年以上的交流 500kV 及以上电压等级输电线路带电作业实际工作经验，熟悉设备状况，具有一定组织能力和事故处理能力，经专门培训，考试合格并具有上岗证。

4.2 制度要求

应按 DL 409 和本标准执行。

4.3 气象条件要求

4.3.1 作业应在良好的天气下进行。如遇雷、雨、雪、大雾时不应进行带电作业。风力大于 10m/s（5 级）以上时，不宜进行作业。风力大于 8m/s（4 级）以上时，不宜在相间进行作业。

4.3.2 相对湿度大于 80% 的天气，若需进行带电作业，应采用具有防潮性能的绝缘工具。

4.3.3 在特殊或紧急条件下，必须在恶劣气候下进行带电抢修时，应针对现场气候和工作条件，组织有关工程技术人员和全体作业人员充分讨论，制定可靠的安全措施，经本单位总工程师或主管生产的领导批准后方可进行。夜间抢修作业应有足够的照明设施。

4.3.4 带电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；在保证人身安全的情况下，尽快恢复设备正常工况，或采取其他措施。

4.4 其他要求

4.4.1 对于比较复杂、难度较大的带电作业新项目、研制的新工具，应进行科学试验，确认安全可靠，编制安全措施和操作工艺方案，并经本单位总工程师或主管生产的领导批准后方可使用。

4.4.2 工作开展前应办理许可手续，经许可后方可进行工作。如需要停用自动重合闸装置时，应履行许可手续。工作结束后应及时向调度汇报。严禁约时停用或恢复重合闸。

5 技术要求

5.1 最大过电压倍数

500kV 交流紧凑型线路带电作业需根据作业时的最大过电压倍数，确定带电作业的最小安全距离、组合间隙和绝缘工具最小有效长度。最大过电压倍数可根据系统参数计算得出，若不掌握确切的过电压倍数，则应按 500kV 系统可能出现的最大过电压倍数（2.18p.u.）来选择合适的作业间隙。

5.1.1 相地最小安全距离

塔上地电位作业人员与带电体、等电位作业人员与接地体之间的最小安全距离，应满足表 1 的规定。

表 1 相地最小安全距离

相地最大操作过电压倍数 p.u.	1.80 及以下	1.80 以上
最小安全距离 m	3.0	3.2
注：表中数值不包括人体占位间隙，作业中需考虑人体占位间隙不得小于 0.5m。		

5.1.2 绝缘工具最小有效绝缘长度

绝缘操作杆、绝缘承力工具和绝缘绳索的最小有效绝缘长度，应满足表 2 的规定。

表 2 绝缘工具最小有效绝缘长度

相地最大操作过电压倍数 p.u.	1.80 及以下	1.80 以上
最小电气安全距离 m	3.2	3.4

5.1.3 相间最小安全距离

等电位作业人员与相邻带电体之间的最小安全距离，应满足表 3 的规定。

表3 相间最小安全距离

相地最大操作过电压倍数 p.u.	2.80 及以下	2.80 以上
最小安全距离 m	4.6	4.8
注：表中数值不包括人体占位间隙，作业中需考虑人体占位间隙不得小于 0.5m。		

5.1.4 良好绝缘子的最少片数

等电位作业人员沿耐张绝缘子串进出等电位时，对绝缘子串进行检测，耐张绝缘子串中扣除人体短接和不良绝缘子片数后，良好绝缘子片数，应满足表 4 的规定。

表4 良好绝缘子的最少片数

良好绝缘子的总长度最小值 m	单片绝缘子的高度 mm	良好绝缘子的最少片数
3.6	155	23
	170	21
	195	19
	205	18

5.2 作业方式

500kV 交流紧凑型输电线路带电作业，分为加装保护间隙作业和不加装保护间隙两种方式，应根据线路及作业的实际情况，采用相应的作业方式。当线路相地最大操作过电压大于 1.80p.u.，并且作业人员是从直线塔塔窗进出等电位时，应采用加装保护间隙作业方式。其他情况可以采用不加装保护间隙作业方式。

5.2.1 不加装保护间隙作业方式

5.2.1.1 采用不加装保护间隙作业方式时，相地最小安全距离、绝缘工具最小有效绝缘长度、相间最小安全距离、耐张串良好绝缘子的最少片数应满足表 1~表 4 的规定值。

5.2.1.2 当线路相地最大过电压在 1.80p.u.及以下时，作业人员可从直线塔塔窗进出等电位，此时与带电体和接地体之间的组合间隙，应满足表 5 的规定。

表5 作业人员从塔窗进出等电位时，与带电体和接地体之间的组合间隙

相地最大操作过电压倍数 p.u.	1.80 及以下
最小组合间隙 m	3.2
注：表中数值不包括人体占位间隙，作业中需考虑人体占位间隙不得小于 0.5m。	

5.2.1.3 当线路相地最大过电压在 1.80p.u.以上时，作业人员应沿耐张绝缘子串或从塔窗外档中导线下方进出等电位。

5.2.1.4 等电位作业人员从塔窗外档中导线下方进出等电位时，与带电体和接地体之间的组合间隙，应满足表 6 的规定。

表 6 作业人员从塔窗外档中导线下方进出等电位时，与带电体和接地体之间的组合间隙

相地最大操作过电压倍数 p.u.	1.80 以上
最小组合间隙 m	4.0
注：表中数值不包括人体占位间隙，作业中需考虑人体占位间隙不得小于 0.5m。	

5.2.2 加装保护间隙作业方式

5.2.2.1 采用加装保护间隙作业方式时，相地最小安全距离、绝缘工具最小有效绝缘长度、相间最小安全距离、耐张串良好绝缘子的最少片数，应满足表 1~表 4 的规定值。

5.2.2.2 在保护间隙装好后，等电位作业人员可从直线塔塔窗进出等电位进行作业。此时，等电位作业人员与带电体和接地体之间的组合间隙，应满足表 7 的规定。

表 7 作业人员在中间电位时，与带电体和接地体之间的组合间隙

相地最大操作过电压倍数 p.u.	1.80 以上
最小组合间隙 m	3.2
注：表中数值不包括人体占位间隙，作业中需考虑人体占位间隙不得小于 0.5m。	

5.3 保护间隙

5.3.1 保护间隙的安装

5.3.1.1 悬挂保护间隙前，应与调度联系停用重合闸。

5.3.1.2 安装程序是先将保护间隙接地端可靠接地，再将另一端挂在检修相的导线上，并使其接触良好，拆除程序相反。

5.3.1.3 保护间隙的接地线应由多股软铜线组成。

5.3.1.4 装、拆保护间隙的人员应穿全套屏蔽服装。

5.3.1.5 悬挂保护间隙后应派专人看守。

5.3.2 安装位置

5.3.2.1 保护间隙应安装在工作点的相邻杆塔上。

5.3.2.2 保护间隙应安装在被检修相的相一地之间。

5.3.2.3 对倒三角排列的上两相线路，保护间隙可垂直安装在 V 型绝缘子串两挂点中间的构架与导线之间，或者水平安装在杆塔构架与导线之间。对下相导线可水平安装在杆塔构架与导线之间。

5.3.3 保护间隙设定值

5.3.3.1 500kV 紧凑型线路保护间隙距离设定值为 1.2m~1.6m。

5.3.3.2 安装时间隙距离为 2.5m，安装就位后再用绝缘工具将距离调至保护间隙设定值。拆除前先用绝缘工具将间隙距离调回 2.5m，再按拆除程序拆除。

5.4 安全防护

5.4.1 500kV 单回线路带电作业安全防护用具可用于 500kV 紧凑型线路。

5.4.2 屏蔽服装的性能应符合 GB/T 6568 的规定。

5.4.3 等电位作业人员应在阻燃工作服外穿合格的全套屏蔽服装（包括帽、衣、裤、手套、袜和鞋，下同），且各部连接可靠，才能进入电场。

5.4.4 塔上地电位作业人员应穿全套屏蔽服装或静电防护服装和导电鞋后才能登塔作业。严禁穿着屏

蔽服装或静电防护服装后，穿着绝缘鞋登塔作业。

5.4.5 绝缘架空地线或分段绝缘、一点接地架设的地线应视为带电体，作业人员应对其保持 0.4m 以上的距离。如需在此类架空地线上作业，应先通过专用接地线将架空地线良好接地，地线上挂、拆专用接地线的方式、步骤与停电线路挂、拆接地线的程序相同。对挂好专用接地线的架空地线，作业人员穿着全套屏蔽服装或静电防护服装、导电鞋后可直接进入进行检修作业。

5.4.6 对于逐基接地的光纤复合架空地线（OPGW）或其他直接接地的架空地线，作业人员穿着全套屏蔽服装或静电防护服装、导电鞋后可直接进入进行检修作业。

5.4.7 作业人员需滑到档距中间对架空地线进行检查、修补前，应校核作业点架空地线附加作业人员荷载后，作业人员与下方带电导线的垂直距离是否满足最小安全距离要求，校核架空地线机械强度是否满足要求，以保证作业人员的安全。

5.4.8 停电检修时，如果作业线路与其他高压带电线路交叉或邻近，由于停电线路上可能产生较高的感应电压，作业人员应穿戴屏蔽服装，并按带电作业方式进行检修作业。

5.4.9 带电打开处理跳线子导线引流线，等电位作业人员应用容量足够的多股软铜绞线旁路连通后，才能松开引流板螺栓，严禁将屏蔽服装做载流体使用。

5.4.10 用绝缘传递绳索传递大件金属物品（包括工具、材料）时，杆塔或地面上作业人员应将金属物品接地后才能触及。

5.4.11 在强电场附近放置的与地绝缘的体积较大的金属物件（例如：汽车等），应注意防护感应电伤害，必须先将该金属物件接地才能触及。

5.5 电位转移

5.5.1 等电位作业人员在电位转移前，应得到工作负责人的许可，并系好安全带。

5.5.2 电位转移时，人体裸露部位与带电体的距离不应小于 0.4m，严禁徒手或用裸露部位接触带电体。

5.5.3 进行电位转移时，动作应平稳、准确、快速。

6 进出等电位

6.1 直线塔进出等电位

6.1.1 对于 500kV 交流紧凑型输电线路直线塔，等电位人员可以采用以下几种方式进入直线塔等电位。

6.1.1.1 在横担上安装滑轨，作业人员乘坐吊椅或吊篮，从塔身平移到上相导线。

6.1.1.2 将吊篮或吊梯通过吊拉绳索安装在横担上，作业人员乘坐吊篮或吊梯，从塔身平移至上相导线。

6.1.1.3 将吊篮或吊梯通过吊拉绳索安装在横担中央，作业人员乘坐吊篮或吊梯，从塔身平移至下相导线。

6.1.1.4 在距塔窗外水平距离大于 5m 的下相导线上，通过悬挂绝缘软梯，作业人员从地面沿软梯攀爬至导线，再沿导线进入作业位置处。

6.1.2 在进行过程中人体前后占位不宜大于 0.5m，速度要均匀且应避免行进过程中动作幅度过大。

6.1.3 吊篮或吊椅必须用吊拉绳索稳固悬吊。固定吊拉绳索的长度，应准确计算或实际丈量，现场模拟后进行，保证等电位作业人员头部不超过均压环。

6.1.4 吊篮或吊椅的升降速度必须用绝缘滑车组严格控制，做到均匀、慢速。

6.1.5 等电位作业人员进出等电位时与接地体及带电体的各电气间隙距离（包括安全距离、组合间隙）均应满足第 5 章的规定。

6.1.6 等电位作业人员的后备保护绳应系在曲臂上，保护绳的最小有效绝缘长度应满足表 2 的规定。

6.2 耐张塔进出等电位

6.2.1 500kV 紧凑型输电线路等电位作业人员，可沿耐张绝缘子串进出等电位，或在其上更换单片、

多片绝缘子的作业。

6.2.2 等电位作业人员沿绝缘子串移动时，跨三短四，手与脚的位置必须保持对应一致。

6.2.3 等电位作业人员所系安全带，应绑在手扶的绝缘子串上，并与等电位作业人员同步移动。

6.2.4 等电位作业人员与接地体及带电体的各电气间隙距离，以及扣除人体短接和不良绝缘子片数后良好绝缘子最少片数均应满足第5章的规定，否则，应采取其他方式进入等电位。

6.2.5 等电位作业人员的后备保护绳应系在塔身上，保护绳的最小有效绝缘长度应满足表2的规定。

7 作业注意事项

7.1 当线路相地过电压大于1.80p.u.时，等电位作业人员从直线塔塔窗地电位进出等电位时，必须采用加装保护间隙作业方式。

7.2 等电位作业人员在作业过程中应避免动作幅度过大，以确保作业人员对地的安全距离、对相邻导线的安全距离满足表1和表3的规定。

7.3 等电位作业人员在通过直线塔地电位塔窗进出等电位时，人体前后占位不宜大于0.5m，速度要均匀且应避免行进过程中动作幅度过大，作业人员与带电体和接地体的组合间隙应满足5.2的规定。

7.4 等电位作业人员与杆塔构架上作业人员传递物品应采用绝缘工具或绝缘绳索，绝缘工具的有效长度，应满足表2的规定。

7.5 屏蔽服装应无破损和孔洞，各部分应连接良好、可靠。发现破损和毛刺时应外送有资质的试验单位进行整套屏蔽服装电阻和屏蔽效率测量，测量结果应满足GB/T 6568的规定后，方可使用。

7.6 绝缘工具在使用前，应使用绝缘电阻表（2500V~5000V）进行分段检测，每2cm测量电极间的绝缘电阻值不低于700MΩ。

7.7 使用绝缘工具时，应避免绝缘工具受潮和表面损伤、脏污，未处于使用状态的绝缘工具应放置在清洁、干燥的垫子上。

7.8 带电作业使用的金属丝杆、卡具及连接工具在作业前应经试组装确认各部件操作灵活、性能可靠，并按现场操作规程或作业指导书正确使用。操作不灵活的工具应及时检修或报废，不得继续使用。

7.9 绝缘操作杆的中间接头，在承受冲击、推力和扭转等各种荷重时，不得脱离和松动，不允许将绝缘操作杆当承力工具使用。

7.10 绝缘操作杆前端的加长金属件（即各种小工具），不得短接有效的绝缘间隙。

7.11 绝缘支拉吊杆使用中，必须使用专门的固定器固定在杆塔上，严禁以人体为依托使用支拉杆移动导线。

7.12 在杆塔上暂停作业时，绝缘操作杆应垂直吊挂或平放在水平塔材上，不得在塔材上拖动，以免损坏操作杆。

7.13 直线塔上使用绝缘操作杆时，可在前段杆身适当位置用绝缘绳索悬吊，以防杆身过分弯曲，并减轻操作者劳动强度。

7.14 导线卡具的夹嘴直径应与导线外径相适应，严禁代用，防止压伤导线或出现导线滑移。闭式绝缘子卡具两半圆的弧度与绝缘子钢帽外形应基本吻合，以免在受力过程中出现较大的应力集中。所有双翼式卡具应与相应的联结金具规格一致，且应配有后备保护装置（如封闭螺栓或插销），以防脱落。横担卡具与塔材规格必须相适应，且组装应牢固，紧线器应根据荷载大小和紧线方式正确使用其规格。

7.15 在更换直线绝缘子串或移动导线的作业中，当采用单吊线装置时，应有防止导线脱落的后备保护措施。

7.16 承力工具应固定可靠，并应有后备保护用具。

7.17 上下循环交换传递较重的工器具时，均应系好控制绳，防止被传递物品相互碰撞及误碰处于工作状态的承力工器具。

- 7.18 使用过程中，传递绳索和控制绳索长度不够，可临时接长，但绳索接续应符合要求。
- 7.19 绝缘绳索应保持清洁干燥，严防与塔材摩擦。受潮的绝缘绳索严禁在带电作业中使用。
- 7.20 带电检测绝缘子时，如发现零值和劣值绝缘子，应复测2次~3次，以免误判。
- 7.21 更换的绝缘子串未脱离导线前，拆、装靠近横担的第一片绝缘子时，必须采用专用短接线短接或穿屏蔽服装（包括导电手套）后方可直接进行操作。
- 7.22 等电位作业人员在进出等电位和等电位作业时、中间电位作业人员在作业时必须有后备保护。

8 工具的试验

- 8.1 带电作业工器具的设计应符合 GB/T 18037 的规定，屏蔽服装、绝缘绳索、绝缘杆、绝缘子卡具等应按照 GB/T 6568、GB/T 13035、GB 13398、DL/T 463、DL/T 878 等标准的规定，进行型式试验及出厂试验。
- 8.2 带电作业工器具应定期按照 DL/T 976 的试验方法进行电气试验及机械试验，其试验周期为：
- 电气试验：预防性试验每年一次，检查性试验每年一次，两次试验间隔半年。
 - 机械试验：绝缘工具两年一次，金属工具两年一次。
- 8.3 预防性试验内容和要求如下：
- 工频耐压试验：试品整根进行，电极间绝缘长度为 3.7m，耐受电压 580kV，时间 3min。以无击穿、无闪络及过热为合格。
 - 冲击耐压试验：试品整根进行，电极间绝缘长度为 3.7m，采用 250/2500 μ s 标准操作冲击波，电压幅值 1050kV，耐受 15 次。以无一次击穿、闪络为合格。
 - 静负荷试验：1.2 倍额定工作负荷下持续 1min。以无变形、无损伤为合格。
 - 动负荷试验：1.0 倍额定工作负荷下实际操作 3 次。以工具灵活、轻便、无卡住现象为合格。
- 8.4 检查性试验内容和要求如下：
- 将绝缘工具分成若干段进行工频耐压试验。每 300mm 耐压 75kV，时间 1min。以无击穿、无闪络及无发热为合格。
 - 整套屏蔽服装最远端点之间的电阻值均不得大于 20 Ω 。

9 工具的运输与保管

- 9.1 在运输过程中，绝缘工具应装在专用工具袋、工具箱或专用工具车内，以防受潮和损伤。
- 9.2 铝合金工具、表面硬度较低的卡具、夹具及不宜磕碰的金属机具（例如丝杆），运输时应有专用的木质和皮革工具箱，每箱容量以一套工具为限，零散的部件在箱内应予以固定。
- 9.3 绝缘工具在运输和保养中应防止受潮、淋雨、暴晒等，内包装运输袋可采用塑料袋，外包装运输袋可采用帆布袋或专用皮（帆布）箱。
- 9.4 带电作业工具应存放在专用库房里，带电作业工具库房应满足 DL/T 974 的规定。