ICS 29.240.20
F 23
备案号：16970-2006

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL / T 966 — 2005

送电线路带电作业技术导则

Technical guide for live working in transmission line

2005-11-28发布　　2006-06-01实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会　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　一般要求 …… 1
5　技术要求 …… 2
6　作业的安全注意事项 …… 6
7　作业项目 …… 13
8　工具的试验 …… 14
9　工具的运输与保管 …… 15

前　言

本标准是根据国家发展和改革委员会《关于下达2003年度行业标准项目补充计划的通知》（发改办工业［2003］837号）而编制。

根据带电作业技术的发展需要，对±500kV直流线路、紧凑型线路带电作业技术作出规定，对交流500kV线路带电作业的安全距离作部分调整。

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和解释。

本标准主要起草单位：武汉高压研究所、两锦供电公司、山东电力集团公司超高压输变电分公司、东北电力科学研究院、武汉巨精机电有限公司。

本标准主要起草人：薛岩、胡毅、刘洪正、吴维宁、王力农、肖坤、易辉、张丽华、浦劲松。

送电线路带电作业技术导则

1 范围

本标准规定了作业方式、最小安全距离和组合间隙、绝缘工具的最小有效绝缘长度，作业安全措施及工具的试验、保管等。

本标准适用于海拔 1000m 及以下地区 110kV～500kV 送电线路的带电检修和维护作业。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 6568.1　带电作业用屏蔽服装

GB 6568.2　带电作业用屏蔽服装试验方法

GB 13035　带电作业用绝缘绳索

GB 13395　电力设备带电水冲洗规程

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）

3 术语和定义

3.1

地电位作业　earth potential working

作业人员在接地构件上采用绝缘工具对带电体开展的作业，作业人员的人体电位为地电位。

3.2

中间电位作业　mid-potential working

作业人员对接地构件绝缘，并与带电体保持一定的距离对带电体开展的作业，作业人员的人体电位为悬浮的中间电位。

3.3

等电位作业　equal potential working

作业人员对大地绝缘后，人体与带电体处于同一电位时进行的作业。

3.4

直流线路带电作业　live working in DC transmission line

在直流输电线路上开展的带电检修、维护及更换部件等作业。

3.5

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，熟悉作业工具的适用范围和使用方法。熟悉 DL 409 和本技术导则。会紧急救护法、触电解救法和人工呼吸法。通过专门培训，考试合格并具有上岗证。

4.1.2 工作负责人（或安全监护人）应具有 3 年以上的带电作业实际工作经验，熟悉设备状况，具有一定组织能力，经专业培训、考试合格、取得资格证书者。

4.2 制度要求

应按 DL 409 的规定，严格执行工作票制度、工作许可制度、工作监护制度、工作间断制度、工作终结和恢复送电制度。

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、雾天气，不应进行带电作业。当风力大于 10m/s 以上时，不宜进行作业。

4.3.2 在特殊或紧急条件下，若必须在恶劣气候下进行带电抢修时，工作负责人应针对现场气候和工作条件，组织全体作业人员充分讨论，制定可靠的安全措施，经本单位总工程师批准后方可进行。夜间抢修作业应有足够的照明设施。

4.4 其他要求

4.4.1 带电作业的新项目、新工具必须经过技术鉴定合格，通过在模拟设备上实际操作，确认切实可行，并制定出相应的操作程序和安全技术措施。经本单位总工程师批准后方能在设备上进行作业。

4.4.2 带电作业工作负责人在工作开始之前，应与调度联系，工作结束后应向调度汇报。并根据作业项目及 DL 409 的规定确定是否停用自动重合闸装置。严禁约时停用或恢复重合闸。

5 技术要求

5.1 110kV～220kV 交流线路带电作业

5.1.1 地电位作业

5.1.1.1 地电位作业人员与带电体的最小电气安全距离应满足表 1 的规定。

表 1 地电位作业人员与带电体的最小电气安全距离

额定电压 kV	110	220
距离不小于 m	1.0	1.8

5.1.1.2 绝缘操作杆、绝缘承力工具（拉杆）和绝缘绳索的最小有效绝缘长度应满足表 2 的规定。

表 2 最小有效绝缘长度

额定电压 kV	110	220
绝缘操作杆长度不小于 m	1.3	2.1
绝缘承力工具长度不小于 m	1.0	1.8
绝缘绳索长度不小于 m	1.0	1.8

5.1.1.3 绝缘子串中良好绝缘子的最少片数应满足表 3 的规定。

表 3　良好绝缘子的最少片数

额定电压 kV	110	220
良好绝缘子的片数不少于	5	9

5.1.2　等电位作业

5.1.2.1　等电位作业人员对地最小电气安全距离应满足表 4 的规定。

表 4　等电位作业人员对地最小电气安全距离

额定电压 kV	110	220
安全距离不小于 m	1.0	1.8

5.1.2.2　等电位作业人员与相邻导线的最小电气安全距离应满足表 5 的规定。

表 5　等电位作业人员与相邻导线的最小电气安全距离

额定电压 kV	110	220
安全距离不小于 m	1.4	2.5

5.1.2.3　等电位作业人员进入高电位时，其组合间隙应满足表 6 的规定。

表 6　最小组合间隙

额定电压 kV	110	220
组合间隙不小于 m	1.2	2.1

5.1.2.4　进入或脱离等电位时，人体裸露部分与带电体的距离应满足表 7 的规定。

表 7　人体裸露部位与带电体的最小距离

额定电压 kV	110	220
距离不小于 m	0.3	0.3

5.1.3　中间电位作业

作业人员在中间电位作业位置时，其与带电体和接地构件之间的各组合间隙均应满足表 8 的规定。

表 8　各组合间隙的最小距离

额定电压 kV	110	220
组合间隙不小于 m	1.2	2.1

5.2 330kV～500kV 交流线路带电作业

5.2.1 地电位作业

5.2.1.1 地电位作业人员与带电体的最小电气安全距离应满足表 9 的规定。

表 9 地电位作业人员与带电体的最小电气安全距离

额定电压 kV	330	500
安全距离不小于 m	2.6	3.4

5.2.1.2 绝缘操作杆、绝缘承力工具（拉杆）和绝缘绳索的最小有效绝缘长度应满足表 10 的规定。

表 10 最小有效绝缘长度

额定电压 kV	330	500
绝缘操作杆长度不小于 m	3.1	4.0
绝缘承力工具长度不小于 m	2.8	3.7
绝缘绳索长度不小于 m	2.8	3.7

5.2.1.3 绝缘子串中良好绝缘子的最少片数应满足表 11 的规定。

表 11 良好绝缘子的最少片数

额定电压 kV	330	500
良好绝缘子的片数不小于	16	23

5.2.2 等电位作业

5.2.2.1 等电位作业人员对地最小电气间隙应满足表 12 的规定。

表 12 等电位作业人员对地最小电气安全距离

额定电压 kV	330	500
安全距离不小于 m	2.6	3.4

5.2.2.2 等电位作业人员与相邻导线的最小电气安全距离应满足表 13 的规定。

表 13 等电位作业人员与相邻导线的最小电气安全距离

额定电压 kV	330	500
安全距离不小于 m	3.5	5.0

5.2.2.3 等电位作业人员进入高电位时，其组合间隙应满足表 14 的规定。

表 14　最小组合间隙

额定电压 kV	330	500
组合间隙不小于 m	3.1	3.9

5.2.2.4　进入或脱离等电位时，人体裸露部位与带电体的距离应满足表 15 的规定。

表 15　人体裸露部位与带电体的最小距离

额定电压 kV	330	500
距离不小于 m	0.4	0.4

5.2.3　中间电位作业

作业人员在中间电位作业位置时，其与带电体和接地构件之间的各组合间隙均应满足表 16 的规定。

表 16　各组合间隙的最小距离

额定电压 kV	330	500
距离不小于 m	3.1	3.9

5.3　±500kV 直流线路带电作业

5.3.1　地电位作业

5.3.1.1　塔上地电位作业人员与直流带电体的安全距离不得小于 3.4m。

5.3.1.2　带电作业绝缘操作工具的最小有效绝缘长度不得小于 3.7m。

5.3.1.3　绝缘架空地线应视为带电体，塔上作业人员与绝缘架空地线之间的安全间距不应小于 0.4m。

5.3.2　等电位作业

5.3.2.1　等电位作业人员通过绝缘工具进入高电位时，作业人员与带电体和接地体之间的最小组合间隙不得小于 3.8m。

5.3.2.2　等电位作业人员与接地构架之间的安全距离不得小于 3.4m。

5.3.2.3　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，绝缘传递工具的最小有效绝缘长度不得小于 3.7m。

5.3.2.4　等电位作业人员沿绝缘子串进入高电位或更换串中劣质绝缘子时，串中良好绝缘子的总片数不得少于 22 片（170mm）。

5.3.2.5　等电位作业人员进行电位转移时，裸露部位与带电体的距离不得小于 0.4m。

5.3.3　中间电位作业

作业人员在中间电位作业位置时，其与带电体和各接地构架之间的各组合间隙均应不小于 3.8m。

5.4　紧凑型线路的带电作业

对按常规作业方式不能满足安全距离和组合间隙的紧凑型线路，可采用带保护间隙的作业方式。

5.4.1　常规作业方式

5.4.1.1　应通过计算确定该作业线路的最大操作过电压，并针对各作业位置及进入路径进行操作波 $U_{50\%}$ 放电试验，不同的紧凑型线路需根据过电压倍数、塔型、作业位置及路径等影响因素，综合确定最小安全距离。

最小电气安全距离应满足放电概率小于 1.0×10^{-5} 的判据。

5.4.2 带保护间隙作业方式

5.4.2.1 保护间隙的安装

a）悬挂保护间隙前，应与调度联系，停用重合闸。

b）保护间隙应安装在工作点的相邻杆塔上。保护间隙的保护范围约为 1.7km。

c）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。

d）安装保护间隙的人员应穿戴全套屏蔽服装。

5.4.2.2 500kV 线路保护间隙的设定

a）500kV 线路保护间隙的设定值为 1.3m。

b）安装前间隙距离应大于 2.5m。安装就绪后通过绝缘工具将电极间隙距离调至保护间隙的设定值 1.3m，拆除前先将间隙距离调回至 2.5m 以上，再按拆除程序拆除。

5.4.2.3 安装位置

a）保护间隙应安装在被检修相的相-地之间。

b）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。对下相线路可水平安装在杆塔构架与导线之间。

c）对不同型式的杆塔，以装拆方便为条件。保护间隙可水平安装、垂直安装，也可成一定角度倾斜安装。

6 作业的安全注意事项

6.1 准备工作

6.1.1 带电作业班组在接受带电作业任务后，应根据任务难易和对作业设备熟悉程度，决定是否需要查阅资料和查勘现场。

6.1.1.1 查阅资料：是指从生产部、运行班组和资料室了解作业设备的情况。如导、地线规格、设计所取的安全系数及荷载；杆塔结构、档距；相位和运行方式；设备状况（指导、地线补强、锈蚀、接头等）及作业环境状况，以便根据作业内容确定作业方法、所需工（器）具，并作出是否需要停用重合闸的决定。必要时还应：

a）验算导、地线应力，或计算导、地线张力或悬垂重量；

b）计算空载电流、环流和电位差；

c）计算悬重后的弧垂，并校核对地或被跨越物的安全距离。

6.1.1.2 查勘现场：赴作业现场了解作业设备各种间距、交叉跨越、缺陷部位及其严重程度、地形状况、周围环境，确定需用器材及工（器）具等。

根据查勘结果，作出能否进行带电作业、采用何种作业方法及必要的安全措施等决定。

6.1.2 带电作业班组去现场前，应注意当地气象部门的当天气象预报。到达现场后，应对作业所及范围内的气象情况（主要指风速、气温、雷雨、霜雾等）作出能否进行作业的判断。

6.1.3 工作负责人对班组人员的精神状态和健康情况应充分了解，当发现身体状态不佳有可能危及安全的作业人员，不得分派工作。

6.1.4 《带电作业现场作业指导书》应按项目制定。其内容应包括：①项目名称；②适用范围；③作业方法；④劳动组合；⑤操作步骤；⑥安全措施；⑦所需工具。

6.1.5 带电作业前，应根据作业需要进行必要的检测。

6.1.5.1 距离测量：安全距离、交叉跨越距离和对地距离可用带尺寸标志的绝缘测距杆、绝缘测距绳索或非接触性的测距仪进行测量。

6.1.5.2 绝缘子检测：可用火花间隙检测装置、分布电压检测仪进行检测。

6.1.5.3 相位测试：可用核相仪进行测试。

6.1.5.4 电流测量：可用固定在绝缘操作杆顶端的钳形电流表进行测量。

6.1.5.5 绝缘工具检测：可用 2500V 绝缘兆欧表、高压绝缘测试仪或表面潮湿测量仪对其绝缘性能进行检测。

6.2 防静电感应的对策

6.2.1 在 220kV 塔上作业的地电位电工应穿导电鞋；在 330kV～500kV 塔上作业的地电位电工应穿全套高压静电防护服或屏蔽服（包括帽、衣、裤、鞋和手套，下同）。

6.2.2 已退出运行的设备而附近有强电场存在时，其绝缘体上的金属部件，必须先行接地，才能徒手触及。

6.2.3 对于已处停电状态的单回或多回同杆架设中的一回停电线路，若邻近线路或多回同杆架设中的其他回线路是带电或尚未脱离电源时，单回停电线路或多回同杆架设中的停电线路，必须先行验电确认无电并接地后，才能触及。

6.2.4 在强电场下用绝缘传递绳索传递大、长金属物件时，必须先行接地才能徒手触及。

6.2.5 在 330kV～500kV 输电线路下方或变电所内放置的汽车或体积较大的金属作业机具，必须先行接地才能徒手触及。

6.2.6 绝缘架空地线应视为带电体，作业人员应对其保持足够的安全距离或用带接地线的绝缘棒先行接地后，才能触及。

6.3 工（器）具的传递

6.3.1 带电作业时所需的工（器）具和材料必须用绝缘无头绳索圈传递，邻近带电体的滑车和吊点绳索套均应用绝缘材料制成。

6.3.2 无头绳索圈与带电体应保持足够的距离。距离尺寸视传递物品中金属部件尺寸加上不同电压等级对地（或相间）安全距离而定。

6.3.3 设备间距小、传递通道狭窄的现场，无头绳索圈的下端应用地锚固定。

6.3.4 小型工（器）具和材料（金属扎线应盘成体积小的线盘）应装入工具袋内传递；尺寸较长的金属件，应将其多点固定于无头绳索圈上作定向传递。

6.3.5 传给等电位电工而又不能盘卷的金属导线（如跨接线、预绞丝等），可用传递绳索将其平行于地面悬吊传递，并用控制绳索控制其活动方向和对带电体的距离。

6.3.6 以上、下循环交换方式传递较重的工器具时，新、旧重物均应系以控制绳索，防止被传物品相互碰撞及误碰处于工作状态的承力工（器）具。

6.4 过牵引的预防

6.4.1 收紧导、地线均会引起过牵引，特别是孤立档（包括构架间母线）更为严重。因此，选择带电收紧导、地线方法时，应考虑过牵引量以不超过设计规定的过牵引长度为准。

6.4.2 更换耐张绝缘子串时，宜采用紧线拉杆法，并摘取绝缘子串与横担或与导线端耐张线夹间联结金具中的螺栓、元头销，以减少过牵引量。

6.5 常用绝缘工（器）具

6.5.1 绝缘支、拉、吊杆

6.5.1.1 绝缘拉、吊杆是更换耐张和直线绝缘子的承力和主绝缘工具。更换耐张绝缘子串时承受水平张力；更换直线绝缘子串时承受垂直荷载和风压荷载。

6.5.1.2 绝缘支、拉杆一般需组合使用，使导线同时受支、拉杆控制作定向移动。此种工具一般用于 66kV 及以下荷载较小的项目。

绝缘支、拉杆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。

6.5.2 绝缘托瓶装置（包括瓶架、吊瓶钩、抓瓶器）

6.5.2.1 水平托瓶架

用于更换耐张绝缘子串，有整体式和分段式两种。电压越高，绝缘子串越长，宜采用分段式。

a）使用分段式托瓶架时，托瓶架两侧滚轮应落入轨道——拉杆，各段托瓶架应保持相应位置且连接可靠。拖动托瓶架时，严防冲击和左右摇摆。

b）利用整体式托瓶架作轨道拖动整串绝缘子至横担侧更换时，应设法避免擦伤托瓶架。

6.5.2.2 转动托瓶架

一般配合绝缘滑车用于更换直线长绝缘子串。

a）托瓶架上端铰链点应与绝缘子挂点高度相适应，防止托瓶架从垂直状态向水平状态转动时产生扭转或弯曲变形；

b）拖动托瓶架的拉绳索或滑车组，其吊起侧的锚固点应适当高于托瓶架最终水平位置，避免发生人为的中途返工现象；

c）长的托瓶架转动到接近水平位置前，应在托瓶架的中间位置增设吊拉绳索，以减小托瓶架的弯曲受力。

6.5.2.3 吊瓶钩

与抱杆、绝缘滑车组配合，用于吊出和吊入耐张绝缘子串。

a）吊瓶钩的钩子应均匀分布，每只钩承重以不超过 25kg 为宜；

b）吊绝缘子串的过程中，吊瓶钩两侧需系控制绳索，以控制其移动方向，便于到位。

6.5.3 绝缘滑车组

6.5.3.1 用作主绝缘的绝缘滑车组应采用绝缘绳索。其安全系数（K）应符合本标准表 17 的规定。

表 17 按用途不同绝缘绳索的 K 值

用途	K
作传递绳索用	2.0
作控制绳索用	1.5
作主承力绳索用	3
作设备保护绳索用	3
作人身保安绳索用	5

6.5.3.2 使用绝缘滑车组提升重物或牵引导、地线所需的提升力（Z）可按表 18～表 19 进行核算。如以人力作为发力源时，尾绳上人均荷载不宜超过 390N。

表 18 牵引端从定滑轮绕出所需的拉力（Z）

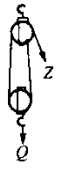
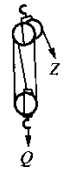
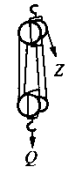
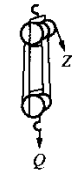
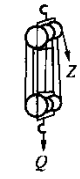
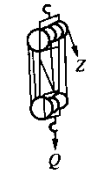
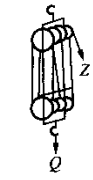
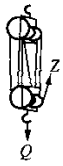
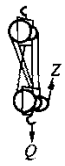
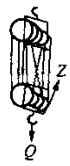
滑车组的滑车轮数	2	3	4	5	6	7	8
滑车组联结方式							
所需拉力（Z）	0.555Q	0.385Q	0.297Q	0.246Q	0.212Q	0.189Q	0.171Q

表 19　牵引端从动滑轮绕出所需的拉力（Z）

滑车组的滑车轮数	2	3	4	5	6	7	8
滑车组联结方式							
所需拉力（Z）	0.357Q	0.278Q	0.229Q	0.198Q	0.175Q	0.159Q	0.146Q

6.5.3.3　用绝缘滑车组提升荷载大的重物或牵引导、地线时，应适当增加滑车轮数，且牵引端宜从动滑轮绕出。为了使尾绳人均工作荷载不超过规定，也可取两组滑车组串联使用。

6.5.3.4　新绝缘滑车组或更换新绳索后的滑车组，其绝缘绳索应按 2.5 倍使用荷载加载，拉出初伸长量，以保证在使用中的伸长量尽可能减少。

6.5.3.5　使用过程中，绝缘滑车组的绳索不得绞在一起。固定在有尖角、突棱（如角钢）物体上的尾绳，绳索与尖角间应加柔软的垫物（如毛巾），以防损伤绝缘绳索。当发现滑车组不断伸长，则说明已超过允许用额定荷载，应立即停止使用。

6.5.4　绝缘操作杆

6.5.4.1　绝缘操作杆的中间接头如为活动式，不管其材质如何，均应在承受冲击、推拉和扭转各种荷载时，不发生脱落或松动。

6.5.4.2　绝缘操作杆的最短有效绝缘长度应符合 DL 409 的规定。

6.5.4.3　绝缘操作杆应有握手标志。两端头均有工具座的操作杆，则两端杆身均应画出相应的握手标志。使用时，操作者的手不得超越。

6.5.4.4　不许将绝缘操作杆当承力工具使用；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。在杆塔上暂停作业时，操作杆应垂直吊挂，或平放在水平塔材上，但不得在塔材上拖动，以免损坏操作杆的外表。

6.5.4.5　使用较长绝缘操作杆时，应在前端杆身适当位置加绝缘吊绳索，以防杆身过分弯曲，并减轻操作者劳动强度。

6.5.5　水冲洗工具

6.5.5.1　水冲洗工具根据喷嘴口径，分为大、中、小型水冲洗三类，其中小水冲洗工具又分长水柱短水枪型和短水柱长水枪型两种。

大、中型水冲洗主要适用于变电所绝缘子的清扫；小型水冲洗则适用于线路绝缘子清扫。

6.5.5.2　水冲洗工具的水枪宜用吸水性小、憎水性好的绝缘材料制成。

6.5.5.3　长水柱短水枪型冲洗工具是以水柱为主绝缘，一般情况下水枪可不接地，但引水管前端适当长度内有较高的分布电压，故喷嘴以下 4m 内的管段不得碰触接地体及塔上电工。

6.5.5.4　短水柱长水枪型冲洗工具是以水柱、引水管（指有效绝缘部分）和水枪组成的组合绝缘，水柱仅为主绝缘一部分，故水枪握手标志线前端必须可靠接地。在冲洗过程中，接地线不得断脱，喷嘴也不得碰触带电体。

6.5.6　绝缘绳索

6.5.6.1　绝缘绳索的允许用额定荷载以 GB 13035 规定的断裂强度为依据除以安全系数（K）求得。安全系数（K）可按表 17 选取。

6.5.6.2　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。

6.5.6.3　绝缘绳索不得在地面上或水中拖放，并严防与杆塔摩擦。受潮的绝缘绳索严禁在带电作业中

使用。

6.5.6.4 防潮型绝缘绳索适用于无雨雪、无持续浓雾的各种气候条件下作业。常规型绝缘绳索仅适用于晴朗干燥气候条件下的带电作业。

6.6 常用金属工（器）具

6.6.1 导线卡具

是指在导线上设置锚固点的专用工具，与紧线器配合收紧导线，可进行耐张线夹、耐张绝缘子更换、调整弛度和导线开断重接等工作。

6.6.1.1 导线卡具分单牵式和双牵式两种类型。前者有三角卡线器、楔形卡线器，适用于串接式牵引，后者是一种双锚固点平衡卡线器，适用于并联式牵引。

楔形卡线器仅适用于 LGJ－120 及以下导线作业。

6.6.1.2 导线卡具的夹嘴直径应与导线外径相适应，严禁代用。否则，使用中将出现滑移或压伤导线。

6.6.2 绝缘子卡具

是指在绝缘子上设置锚固点的专用工具，与紧线器配合，可进行单片绝缘子更换和导线调整弛度等工作。

半圆卡具的前卡承力件为绝缘子瓷裙，仅适用于荷载较小的 220kV 以下单片绝缘子更换。

闭式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。

6.6.3 联结金具卡具

是绝缘子串两端联结金具和耐张线夹卡具的统称。系设置在绝缘子串两端锚固点的专用工具，与紧线器、绝缘拉杆配合可更换耐张单片或整串绝缘子。除联板卡具中有单翼式（大刀卡）外，余均为双翼式。前者用于双联或三联绝缘子串更换，后者用于单串绝缘子更换。

6.6.3.1 单翼式的大刀卡就位后，前、后两翼应基本平行。若大刀卡的力臂作用于原联板的受力螺栓，则需验算该螺栓在双重受力后的综合应力应小于其允用应力。否则，不得利用原螺栓受力。

6.6.3.2 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。

6.6.4 横担卡具

是指在横担上设置锚固点的专用工具，与紧线器、绝缘吊杆、导线钩（或联板卡具）配合可更换直线单片或整串绝缘子。

6.6.4.1 横担卡具与塔材规格必须相适应，且组装应牢固。

6.6.4.2 单翼式横担卡具受力侧（即收紧导线的丝杆端）悬出横担距离，不得大于该工具的设计规定。

6.6.5 紧线器

分螺旋式（或称丝杆）和液压式两种，用于收紧导、地线并承受其张力。使用中应根据荷载大小和紧线方式正确选用其规格。

6.6.5.1 **丝杆紧线器**

分单行程（包括单丝杆、套筒丝杆、轴承丝杆）和双行程两种。

a）当收紧装置有效空气距离较小时，推荐使用套筒丝杆。

b）当荷载较大、单人紧线较困难时，推荐使用轴承丝杆。

c）丝杆必须有防止脱扣的保险措施。否则，应测量其伸缩量，在放松过程中应严格控制不得超过。

6.6.5.2 **液压紧线器**

多用于荷载较大的场合。

a）液压紧线器的泄油阀宜有良好的微调性，以减少卸载时的冲击力；

b）液压紧线器的行程应大于 50mm，当不大于 50mm 时，应配有调节安装长度的机械丝杆；

c）液压紧线器的液压油（YH-10 航空油）及密封圈应定期更换；

d）使用前应对其活塞杆的伸缩进行模拟操作试验，确认正常可靠后方可使用；

e）液压紧线器活塞杆外露部分应严防碰伤或磨损；

f）作业人员应熟悉其液压回路和操作程序，并具有排除液压失灵故障的能力。

6.6.6 通用小工具

一般指操作杆工具座上按作业内容随时更换的金属工具，如拔销器、转瓶器、挑钩、碗头扶正器等。

6.6.6.1 为防止通用小工具短接有效的空气距离，在制作此类工具时，应控制其与操作杆顶部金属工具座的总长度。

6.6.6.2 对结构较为复杂的通用小工具（如多向拔销器），应经常擦试、注油，以保持各活动部分的灵活性。

6.7 等电位作业的屏蔽措施

6.7.1 等电位电工必须穿全套屏蔽服装（包括帽、衣、裤、手套、袜或导电鞋，下同），且各部连接可靠，才能进入电场。

6.7.2 根据使用范围不同，屏蔽服装分Ⅰ、Ⅱ两型，其性能和适用范围应符合 GB 6568.1 和 GB 6568.2 的规定。

6.7.3 屏蔽服装在使用前应进行外观检查，当发现破损和毛刺状时应进行整套衣服电阻测量，符合要求后才能使用。

6.7.4 等电位电工穿好屏蔽服装后，外面不得再穿其他服装，必要时里面应穿阻燃内衣。

6.7.5 屏蔽服装主要作用是屏蔽电场，故严禁将其作载流体使用。如果换阻波器时，不得用屏蔽服装短接阻波器；在中性点非有效接地系统的电气设备上进行带电作业时，不得将其作为单相接地的后备保护等。

6.8 电位转移

6.8.1 在电位转移过程中，严禁等电位电工用裸露部位进行。否则将有幅值较大的暂态电容电流流经人体。

6.8.2 电位转移主要有以下两种方法：

6.8.2.1 穿戴全套屏蔽服装的等电位电工用手转移电位；

6.8.2.2 用特制的电位转移杆转移电位。

6.8.3 如使用电位转移杆转移电位，带电线夹与等电位电工连接的软铜线长度应适当，严防因软铜线过长而缩短带电体的对地距离。

6.8.4 等电位电工转移电位距离应满足 DL 409 的规定。

6.8.5 等电位电工站在挂梯、竖梯上转移电位前，应在梯上系好安全带，在得到工作负责人许可后才能进行。

6.9 进入电场

6.9.1 沿直立式绝缘竖梯（包括双脚梯、人字梯、丁字梯、独脚梯、升降梯、绝缘操作台）进入

6.9.1.1 直立式绝缘竖梯均以地面为依托竖立，适用于输、配电线路截面较小或因断股损伤不宜悬挂软梯的导、地线或布线复杂的变电所内使用。

6.9.1.2 双脚梯、独脚梯、升降梯的高度以不超过 13m 为宜。使用时，应根据其高度不同设置 1～3 层四方绝缘拉绳。每层四方拉绳应互成 90°，且对地夹角应在 30°～45° 之间。如因场地限制，不能满足要求时，也必须利用建筑物设法使其牢固、稳定，严禁以人作为拉绳索的锚固点。

6.9.1.3 人字梯应根据其长度增设横撑支撑，以增加刚度。与此同时，亦应设置 2～4 根稳固梯身的绝缘拉绳。

6.9.1.4 直立式绝缘竖梯的竖立或放倒，应设保护绳索控制，防止突然倾倒。

6.9.2 沿挂梯（包括软梯和硬质挂梯）进入

6.9.2.1 挂梯系以导、地线或横担为依托悬挂。使用前，应按 DL 409 要求核对导、地线截面，必要时还应验算其强度。

6.9.2.2 登挂梯的等电位电工身上应系保安绳索，其尾绳头由地面电工配合拉紧。

6.9.2.3 等电位电工攀登挂梯时，地面电工应将挂梯下端拉紧，使梯身垂直地面。

6.9.2.4 导、地线松弛度因挂梯和等电位电工攀登而下降，加上人体高度后，带电体对地和对交叉跨越距离应满足 DL 409 要求。

6.9.2.5 上、下层布线的上层导线不得使用挂梯作业。

6.9.3 沿平梯（包括转动平梯）进入

6.9.3.1 平梯均以塔身为依托且基本垂直带电体组装，等电位电工只能沿梯骑马式移至梯头进入电场，但每次移动距离不能过长。

6.9.3.2 平梯组装后，其前端应有吊拉绳索。吊拉绳索与平梯的夹角应大于 30°。如梯长大于 2.5m 时，梯身中间应增设吊拉绳索。必要时，梯头两侧可增设控制绳索，以增加梯身的稳固性。

6.9.3.3 如因设备限制，沿平梯通道进入电场的安全距离（包括组合间隙）不能满足 DL 409 的要求时，推荐采用转动平梯进入。

6.9.3.4 转动平梯一般平行于导线组装，等电位电工移动至前端坐稳，地面电工利用梯间控制绳索将梯身旋转至带电体附近并将其稳固后，等电位电工方可进入电场。

6.9.3.5 采用转动平梯进入电场过程中，等电位电工与接地体（杆塔、拉线）及带电体的组合间隙均应满足 DL 409 的要求。

6.9.4 乘绝缘斗臂车的绝缘斗进入

6.9.4.1 绝缘斗臂车适用于交通方便且布线复杂的场合进行带电作业。

6.9.4.2 绝缘臂是主绝缘。其最短有效绝缘长度及其耐压水平应符合 DL 409 的规定。

6.9.4.3 绝缘斗臂车应停固在作业处的最佳位置，使绝缘臂的伸缩、升降具有较大的活动空间。

6.9.4.4 在预定作业处试操作一次，确认液压传动、回转、升降、伸缩系统工作正常，制动装置可靠后，再将空斗接触带电体 5min，其泄漏电流最大值不得超过 500μA。

试操作符合要求后，才能载人作业。

6.9.4.5 在使用过程中，除发动机不得熄火外，还应监视泄漏电流是否增大，绝缘斗是否下降，以便及时处理异常现象。

6.9.4.6 凡具有上、下绝缘段而中间用金属连接的绝缘伸缩臂，在作业过程中，作业人员不得触及上、下绝缘段间的金属体。

6.9.4.7 绝缘斗臂车移动时，绝缘伸缩臂应放在支架上。

6.9.5 乘座椅（吊篮）进入

6.9.5.1 座椅（吊篮）适用于 220kV～500kV 塔高、线距大的直线塔等电位作业。

6.9.5.2 座椅（吊篮）四周必须用四根吊拉绳索稳固悬吊。固定吊拉绳索的长度，应准确计算或实际丈量，务求等电位电工进入电场后头部不超过导线侧第一片绝缘子。

6.9.5.3 座椅（吊篮）的升降速度必须用绝缘滑车组严格控制，做到均匀、慢速，不得过快。进入电场时的多组合间隙必须满足安全要求。

6.9.6 沿绝缘子串进入

6.9.6.1 此种方法适用于沿双串耐张绝缘子串进入强电场或在其上更换单片绝缘子作业。直线绝缘子串一般不宜采用此种方法。

6.9.6.2 采用此种方法的条件是：组合间隙和经人体短接后的良好绝缘子片数均须满足 DL 409 的要求，二者缺一不可。否则，应采取其他作业方法，以确保人身安全。

6.9.6.3 等电位电工沿绝缘子串移动时，手与脚的位置必须经常保持对应一致，且短接的绝缘子不得超过三片。

6.9.6.4 等电位电工所系安全绳索，应绑在手扶的绝缘子串上，并与等电位电工同步移动。

7 作业项目

7.1 检测绝缘子

7.1.1 可采用火花间隙检测仪、分布电压检测仪、不良绝缘子报警仪等进行检测。

7.1.2 使用火花间隙装置检测绝缘子时，两探针应轻轻接触绝缘子两端金属部件，不得用力过猛，以免测量间隙变形，造成误差。如发现零值，应复测 2～3 次，以保证判断准确。

7.1.3 使用结构较复杂的检测装置应注意运输和使用中不得磕碰，且传动部分如齿轮、轴承除保持清洁干净外，还须定期涂上润滑油。

7.2 清扫绝缘子

7.2.1 根据绝缘子污秽程度及周围环境情况可分别采用干式清扫、水冲洗等方法对绝缘子进行清扫。

7.2.2 用水冲洗绝缘子时，临界盐密、水柱长度和水电阻率必须符合 DL 409 和 GB 13395 的要求，其冲洗顺序：垂直安装的绝缘子自下而上冲洗；水平安装的绝缘子自带电侧向接地侧冲洗；双串绝缘子同步交替冲洗，不得冲完一串后再冲另一串；遇风时先冲洗处于下风侧的绝缘子，再冲洗上风侧的绝缘子；同杆架设双回布线的，先冲洗下方的绝缘子，后冲洗上方的绝缘子。

当开始冲洗时，瓷件顶部产生局部电弧时，必须立即停止冲洗。

7.3 更换直线绝缘子

7.3.1 更换直线绝缘子工具的机械强度，应根据导线垂直荷载加上风力荷载选择。当工作荷载在 3900N 及以下时，可采用绝缘滑车组；3900N 以上者宜采用吊杆。

7.3.2 更换直线绝缘子时，导线脱离绝缘子后，一般均需适当下落，其下落尺寸应视下方空间具体情况而定。当导线下方净空尺寸宽裕时，下落尺寸可大些，但应以满足作业人员直接取送绝缘子时的安全距离和杆塔两侧的交叉跨越距离为准，如导线下方有接地体（如横担、吊拉杆、拉线等），则应根据净空尺寸以满足设备最小安全距离为准。

不允许下落导线的杆塔，可采用绝缘支杆或绝缘拉绳将导线向有利扩展有效净空距离的一侧移动，以满足直接取送绝缘子的需要距离。

7.3.3 采用单滑车组或单吊杆更换直线绝缘子，应加保护绳索。当采用两组滑车组或双吊杆更换时，若单吊杆或单组的机械强度即可满足时，可免装保护绳索，但两组收紧装置的挂钩应一正一反钩住导线。

7.3.4 一串绝缘子的重量超过人力一次取送能力时，可分节进行。具体作业方法是：使用多根吊瓶绳索钩或托瓶架，把绝缘子串从垂直状态拉至横担侧呈水平状态后再分节更换；也可将绝缘子串放至导线侧，由等电位电工分节更换。

7.3.5 使用新、旧绝缘子串循环交替传递，要防止因绝缘子绑点过于偏心使球头弯曲，还应严防在上下传递中相互碰撞。

7.3.6 更换 V 型串整串绝缘子，推荐采用维持原 V 型串受力状态下的双滑车组法或双吊杆法。

7.4 更换耐张绝缘子

7.4.1 更换耐张绝缘子工具的机械强度，应根据导线张力选择。当工作荷载（单只）超过 9800N 时，应采用轴承丝杆或液压紧线器与紧线拉杆配合收紧导线。

7.4.2 更换耐张绝缘子的作业方法，应根据绝缘子串长短和更换绝缘子数量确定。

更换 110kV 耐张绝缘子应采用地电位作业法进行；更换 220kV～500kV 整串耐张绝缘子，宜以等电位作业法为主、与地电位作业法配合进行。

更换 220kV 耐张单片绝缘子（含单串或双串），推荐用半圆卡具地电位作业法进行；更换 330kV～500kV 耐张单片绝缘子，在符合本标准中“沿绝缘子串进入”要求时，推荐沿绝缘子串进入直接进行。

7.4.3 更换整串耐张绝缘子的紧线拉杆不得直接用螺栓与联板上孔眼相连，必须与联结金具卡具配套使用。

7.4.4 塔上电工在安装 110kV 及以下整体式托瓶架时，要注意与跳线的距离。安装 220kV 及以上较长

的整体式托瓶架时，宜在横担和导线两端各设一组吊拉绳索或滑车组。在向上传递时，严防拽动跳线向接地体靠近。

7.4.5 更换 200kV 整串耐张单串绝缘子时，供等电位电工进入电场的绝缘平梯或软梯，不得以被更换绝缘子同相的导线为依托组装。

7.4.6 以等电位作业法为主与地电位作业法配合更换 220kV～500kV 整串耐张绝缘子时，等电位电工与塔上电工不得在同一串绝缘子两端同时操作。当一端操作前，必须通知另一端得到许可后才能进行。且各自的活动范围，不许超过两片绝缘子。

7.4.7 更换耐张单片绝缘子的等电位电工，安装闭式卡具后，应检查前后卡是否在同一水平上，应避免顶卡瓷裙，否则，应及时纠正。在收紧丝杆时，两边受力应均衡。

7.4.8 一串绝缘子的重量超过人力一次取递能力时，可分节进行。当利用整体式托瓶架直接向地面传递整串绝缘子时，必须有防止绝缘子串从托瓶架内滚出的措施。

7.5 补修导线

7.5.1 导线断股的截面在规程允许范围内可进行补修。补修方法可加预绞丝补强，也可用机械压接补修管补强。

7.5.2 当采用机械压接工艺时，等电位作业推荐使用绝缘平台，在上下传递压接设备时，应采取保护措施，严防高空摔落。

7.6 断、接空载线路

7.6.1 断、接空载线路应根据线路长短及其电容电流选择断接工具。

消弧绳索断开空载线路的电容电流以 3A 为限，超过此值时，应选用消弧能力与空载线路电容电流相适应的断接工具。

7.6.2 采用消弧绳索断接空载线路时，必须与消弧滑车（即单门金属滑车）配套使用。为达到快速断开的目的，除在空载侧的引线上加系一根助拉的绝缘绳索外，必要时还可加挂金属重锤。

7.6.3 等电位电工只有在安装好消弧绳索与消弧滑车或其他消弧工具且形成电的通路后，才能解开空载侧与电源侧的原连接点，如耐张线夹的引流线、跳线并沟线夹等。也不得同时触及已断开的空载线路引线与带电导线。

7.6.4 采用消弧绳索断开空载线路时，应估算断开点周围的净空尺寸，如距离不够，应采取有效措施，以防断开时电弧延伸引起接地。

7.6.5 垂直排列的空载线路，宜用消弧开关，且断开的顺序是：下→中→上，接通的顺序则相反。

8 工具的试验

8.1 使用前的检查

发现绝缘工具受潮或表面损伤、脏污时，应及时处理并经试验合格后方可使用，不合格的带电作业工具应及时检修或报废，不得继续使用。绝缘工具在使用前，应用兆欧表（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。屏蔽服装应无破损和孔洞，各部分应连接完好，屏蔽服装衣裤最远端点之间的电阻值均不大于20Ω。

8.2 预防性试验

作业工具应定期进行电气试验及机械预防性试验，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，两次试验间隔为半年。

机械试验：预防性试验绝缘工具每年一次，金属工具两年一次。

8.3 检查性电气试验

8.3.1 绝缘工具耐压试验

将绝缘工具分成若干段进行工频耐压试验。每 300mm 耐压 75kV，时间为 1min，应无闪络、无击穿、无发热。

8.3.2 屏蔽服装检查性试验

衣裤最远端点之间的电阻值均不得大于 20Ω。

9 工具的运输与保管

9.1 运输

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。

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固定。

9.2 保管

带电作业工具库房应按照 GB/T 18037 的规定配有通风、干燥、除湿设施。库房内应备有温度、湿度和控制装置，库房最高气温不超过 40℃。烘烤装置与绝缘工具表面保持 50cm～100cm 距离。库房内的相对湿度不大于 60%。

绝缘杆件的存放设施应设计成垂直吊放的排列架，每个杆件相距 10cm～15cm，每排相距 50cm，绝缘硬梯、托瓶架的存放设施应设计成能水平摆放的多层式构架，每层间隔 25cm～30cm。最低层离开地面不小于 50cm。绝缘绳索及其滑车组的存放设施应设计成垂直吊挂的构架，每个挂钩放一组滑车组，挂钩间距 20cm～25cm，绳索下端距地面不小于 50cm。