

广东省电机工程学会文件

粤电机〔2026〕17号

关于印发 GSEE 团体标准《110kV~500kV 变电站带电作业技术导则》的通知

各会员单位：

根据《广东省电机工程学会团体标准管理办法》（粤电机〔2024〕29号）规定，《110kV~500kV 变电站带电作业技术导则》（T/GSEE 19-2026）团体标准已完成编写并通过标准技术审查。经我会研究，现将该项团体标准印发给你们。

标准实施过程中具体技术内容由标准主编单位负责解释。

附件：110kV~500kV 变电站带电作业技术导则（T/GSEE 19-2026）



团 体 标 准

T/GSEE 19—2026

110kV~500kV 变电站带电作业技术导则

Technical Guide for Live Working in Substations line

2026 - 04 - 22 发布

2026 - 04 - 22 实施

广东省电机工程学会 发 布

目 次

前言	2
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 一般要求	4
4.1 人员要求	4
4.2 制度要求	4
4.3 气象条件要求	4
4.4 其他要求	5
5 技术要求	5
5.1 最小安全距离及有效绝缘长度	5
5.2 同一串中允许零值绝缘子片数	6
5.3 绝缘绳索的安全系数	6
5.4 绝缘子水冲洗临界盐密值	6
5.5 喷嘴与带电体之间的水柱长度	6
6 常用工器具	7
6.1 常用绝缘工器具	7
6.2 常用金属工器具	9
6.3 常用防护用具（屏蔽服）	10
6.4 工具的试验	11
7 作业安全注意事项	11
7.1 准备工作	11
7.2 防静电感应措施	12
7.3 工器具的传递	12
7.4 过牵引的预防	12
7.5 电位转移	13
7.6 进入电场	13
7.7 应急处置	14
8 典型作业项目实施条件及作业方式	14
8.1 110kV~500kV 变电站采用地电位作业法检测零值绝缘子作业	14
8.2 110kV~500kV 变电站带电盐密检测作业	15
8.3 110kV~500kV 变电站带电水冲洗作业	15
8.4 110kV~500kV 变电站带电清理异物作业	15
8.5 带电断、接变电站 110kV~220kV 引流线作业	15
8.6 110kV~500kV 变电站带电处理发热缺陷	15
8.7 110kV~500kV 变电站带电安装销钉、螺母	15
8.8 110kV~500kV 变电站带电更换构架耐张绝缘子串作业	16
8.9 110kV~500kV 变电站带修补导线	16
8.10 110kV~500kV 变电站带电喷涂防污闪涂料作业	16

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由广东电网有限责任公司佛山供电局提出。

本文件由广东省电机工程学会归口。

本文件起草单位：广东电网有限责任公司佛山供电局、广东立胜电力技术有限公司、广东电网有限责任公司电力科学研究院、广东电网有限责任公司韶关供电局、广东电网有限责任公司惠州供电局、广东省韶关市关山工程建设集团有限公司、广东电网有限责任公司清远供电局、江门市电力工程输变电有限公司、惠州市鸿业电力有限公司、中国能源建设集团广东火电工程有限公司。

本文件主要起草人：吴慧峰、何文峰、马金超、邓斌、邱明明、李江成、陈道品、刘敏锋、苏贲、谢龙光、蔡剑勇、刘尧、罗庆雄、郑建荣、林淑展、宁文保、麦锦伟、冯哲、王凯、方敏、梁胜敏。

本标准首次发布。

110kV~500kV 变电站带电作业技术导则

1 范围

本标准规定了110kV~500kV电压等级变电站带电作业的一般要求、作业方式、技术要求、作业注意事项、典型作业项目及安全事项等。

本标准适用于海拔1000m及以下地区110kV~500kV电压等级变电站的带电检修和维护作业。

海拔1000m以上地区应用本标准时，最小安全距离、有效绝缘长度等参数应按GB/T 16927.1的规定进行海拔修正。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 26860	电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分
GB/T 6568	带电作业用屏蔽服装
GB/T 13035	带电作业用绝缘绳索
GB/T 13395	电力设备带电水冲洗导则
GB/T 16927.1	高电压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求
GB/T 2900.55	电工术语 带电作业
DL/T 408	电业安全工作规程（发电厂和变电所电气部分）
DL/T 409	电业安全工作规程（电力线路部分）
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

下列术语和定义适用于本文件。

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

绝缘防护用具 insulating shielding apparatus

由绝缘材料制成，在带电作业时对人体进行安全防护的用具，包括绝缘服、绝缘裤、绝缘手套、绝缘鞋（靴）、绝缘安全帽、绝缘袖套、绝缘披肩等。

3.5

屏蔽服 screening clothing

屏蔽服应具有较好的屏蔽性能、较低的电阻、适当的通流容量、一定的阻燃性及较好的使用性能，采用金属纤维和阻燃纤维混纺织成的衣料制作。

3.6

绝缘操作工具 insulating hand tools

用绝缘材料支撑、承吊的操作工具，包括以绝缘管、棒板为主绝缘材料，端部装配金属工具的硬质绝缘工具和以绝缘绳为主绝缘材料制成的软质绝缘工具。

3.7

绝缘承载工具 insulating carrying tools

承载作业人员进入带电作业位置的固定式或移动式绝缘承载工具，包括绝缘升降平台、绝缘人字梯、绝缘脚手架、绝缘吊篮、绝缘软梯、绝缘挂梯、绝缘平梯、绝缘转向梯等。

4 一般要求

4.1 人员要求

4.1.1 带电作业人员要求

变电站带电作业人员应具备与其岗位要求相适应的身体及心理健康条件，无职业禁忌证。应具有电工原理和电力线路的基本知识，掌握变电站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GB 26860和本标准。应会紧急救护法，特别是触电急救。通过专门培训且考试合格取得带电作业资格（高处作业人员应具备高处安装与维护证或同等特种作业证件），由单位批准后，方可参加相应的作业。变电站带电作业人员每年应接受不少于24学时的带电作业专项培训，考核合格后方可继续从事相关作业。

4.1.2 工作负责人（或专责监护人）要求

工作负责人（或专责监护人）应具有变电站带电作业资格和实践工作经验，熟悉设备状况，具有一定组织能力和事故处理能力，通过专业培训且考试合格取得资格，经本单位批准后，方可负责现场的安全监护。

4.1.3 工作签发人要求

工作签发人应具有签发人资质并具有相关工作经历、经验丰富的生产管理人员、技术人员、技能人员担任。工作票签发人还应熟悉工作人员安全技能与技术水平。

4.2 制度要求

应按GB 26860和本标准执行。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 带电作业应在良好天气下进行。如遇雷电、雪、雹、雨、雾等，不应进行带电作业。风力大于5级（风速大于10.7m/s），或相对湿度大于80%时，不宜进行带电作业。

4.3.2 带电水冲洗一般应在良好天气进行。风力大于4级（风速大于7.9m/s），气温低于0℃，雨天、雪天、沙尘暴、雾天及雷电天气时不宜进行。

4.3.3 户外带电清扫作业一般应在良好天气下进行。风力大于5级（风速大于10.7m/s）、相对湿度大于80%、雨天、雪天、雾天、雷电天气不宜在户外进行。作业过程中天气突然变化，危及人身及设备安全时，应立即停止工作。

4.3.4 在特殊或紧急条件下，必须在恶劣气候下或夜间进行抢修作业时，应针对现场气象、环境和工作条件，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和技术措施，经本单位

批准后方可进行。

4.3.5 带电作业过程中如遇天气突然变化，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，尽快恢复设备正常状况，或采取其他措施。

4.4 其他要求

4.4.1 开展带电作业项目前，应勘察变电站电气设备是否符合带电作业条件，勘察内容包括但不限于：设备对地电气距离、设备间距、作业现场条件、环境及其他影响作业的危险点，并根据勘察结果确定带电作业方法、所需工具以及应采取的措施。

4.4.2 对于比较复杂、难度较大的新项目，应进行试验论证，确认安全可靠，编制操作方案，并经本单位批准后方可实施。

4.4.3 带电作业工作负责人应在工作开始前与值班运行人员联系，工作结束后应及时向值班运行人员汇报。

4.4.4 在变电站内使用绝缘斗臂车作业前，必须认真勘察测量，制定安全可靠的施工方案，并经本单位批准后方可实施。

5 技术要求

5.1 最小安全距离及有效绝缘长度

5.1.1 在变电带电作业中各电压等级的最小安全距离及最小有效绝缘长度见表1。

表1 各电压等级的最小安全距离及最小有效绝缘长度

电压等级/kV	110	220	500
人体与带电体间的安全距离/m	1.0	1.8 (1.6)	3.4
绝缘操作杆最小有效绝缘长度/m	1.3	2.1	4.0
绝缘承力工具、绳索最小有效绝缘长度/m	1.0	1.8	3.7
良好绝缘子最少片数/片	5	9	23
等电位作业人员对邻相导线的最小距离/m	1.4	2.5	5.0
最小组合间隙/m	1.2	2.1	3.9
人体裸露部分与带电体的最小距离/m	0.3	0.3	0.4
消弧绳断、接空载线路的最大长度/km	10	3	—
绝缘臂的最小长度/m	2.0	3.0	4.0
带电检测绝缘子火花电极的间隙距离/mm	0.5	0.6	0.6

注：220kV带电作业安全距离因受设备限制达不到1.8m时，经设备运维单位分管生产负责人或总工程师批准，并采取必要的措施后，可采用括号内1.6m的数值。

5.2 同一串中允许零值绝缘子片数

5.2.1 在变电带电检测绝缘子作业中，同一串允许零值绝缘子片数见表 2。

表 2 同一串中允许零值绝缘子片数

电压等级/kV	110	220	330	500
绝缘子串片数	7	13	19	28
零值片数	3	5	4	6

5.3 绝缘绳索的安全系数

5.3.1 在变电带电作业中，绝缘绳索的安全系数见表 3。

表 3 绝缘绳索的安全系数

用途	作控制 绳套用	作传递 绳套用	作主承力 绳套用	作设备保护 绳套用	作人身保安 绳套用
安全系数	1.5	2	3	3	5

5.4 绝缘子水冲洗临界盐密值

5.4.1 在变电带电作业中，绝缘子水冲洗临界盐密值见表 4。

表 4 绝缘子水冲洗临界盐密值

绝缘子种类	厂站支柱绝缘子		线路绝缘子	
	普通型绝缘子	耐污型绝缘子	普通型绝缘子	耐污型绝缘子
爬电比距/(mm/kV)	14~16	20~31	14~16	20~31
临界盐密值/(mg/cm ²)	0.12	0.20	0.15	0.22

注：本表内容适用于110kV~220kV电压等级。

5.5 喷嘴与带电体之间的水柱长度

5.5.1 在变电带电作业中喷嘴与带电体之间的水柱长度应见表 5。

表 5 喷嘴与带电体之间的水柱长度

电压等级/kV	喷嘴直径/mm		
	≤3	4~7	8~10
	水柱长度/m		
110	1.5	3.0	5.0
220	2.1	4.0	6.0

6 常用工器具

6.1 常用绝缘工器具

6.1.1 绝缘支（拉）吊杆

6.1.1.1 绝缘支（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。

6.1.1.2 绝缘支（拉）吊杆一般需组合使用，使导线同时受支（拉）吊杆控制做定向移动。

6.1.1.3 绝缘支（拉）吊杆必须使用专门的固定器固定在构架上，严禁以人体为依托使用支（拉）吊杆移动导线。

6.1.2 绝缘绳索

6.1.2.1 绝缘绳索的安全系数（K）可按表 3 选取。

6.1.2.2 绝缘绳索在使用过程中，当传递绳索和控制绳索长度不够时，可采取临时接续的措施，但接续方式与工艺应符合相关技术要求。

6.1.2.3 绝缘绳索不得在地面上或水中拖放，并严防与构架摩擦。受潮的绝缘绳索严禁在带电作业使用。

6.1.2.4 防潮型绝缘绳索适用于所有非极端潮湿气候（即无雨、雪、持续浓雾）的带电作业。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。

6.1.3 绝缘滑车组

6.1.3.1 绝缘滑车组用作主绝缘时应使用绝缘绳索。其安全系数（R）应符合本标准表 6 的规定。

6.1.3.2 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。在尾绳工作有可能超荷载使用时，可在尾绳增加两组绝缘滑车组进行串联。

6.1.3.3 新绝缘滑车组或更换新绳索后的滑车组，其初伸长量应将绝缘绳索按 2.5 倍使用荷载进行加载拉伸，尽可能减少在使用中的伸长量。

6.1.3.4 使用过程中，绝缘滑车组的绳索应按对应的滑车槽排列，不得缠绕或绞在一起。固定在有可能造成磨损物体上的尾绳，绳索与物体接触面应加包垫（如毛巾或帆布），防止磨损绝缘绳索。在使用时发现滑车组持续伸长时，应立即停止使用。

6.1.4 绝缘托瓶装置

6.1.4.1 水平托瓶架

6.1.4.1.1 该装置用于更换耐张绝缘子串，分为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。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。

6.1.4.1.2 利用整体式托瓶架作轨道转移整串绝缘子串至横担侧进行更换时，应防止托瓶架被擦伤。

6.1.4.2 转动托瓶

6.1.4.2.1 配合绝缘滑车使用，用于更换高电压等级的直线长绝缘子串。

6.1.4.2.2 托瓶架整体安装应与绝缘子串相对应，防止移动时弯曲变形；长的托瓶架提升接近水平位置前，应在托瓶架的中间位置增设一道吊拉绳，防止托瓶架产生弯曲受力。

6.1.4.3 绝缘操作杆

6.1.4.3.1 绝缘操作杆如中间接头为活动式的，不管是什么材质，在承受冲击、拉伸和扭转等各种荷载时，不应发生脱落或松动。

6.1.4.3.2 绝缘操作杆减去金属部分的最小有效绝缘长度应符合表 1 的规定。

6.1.4.3.3 绝缘操作杆应有对应电压等级的最小有效绝缘长度标志，对于两端头可用的绝缘操作杆，其两端杆身均应有对应电压等级的最小有效绝缘长度标志。

6.1.4.3.4 绝缘操作杆不应作为承力工具使用；操作杆前端的加长金属件不得超过规定长度，防止短接有效的绝缘间隙。在构架上暂停作业时，绝缘操作杆应妥善保管，不得在构架上有任何碰撞、拖动、摩擦等损伤绝缘操作杆外表的行为。

6.1.4.3.5 在使用较长绝缘操作杆时，为避免杆身过度弯曲并降低操作人员的体力消耗，应在前段杆身的适宜位置加设绝缘吊绳索。

6.1.5 绝缘承载工具

6.1.5.1 绝缘升降平台

6.1.5.1.1 绝缘升降平台的工作位置应选择适当并符合表 1 安全距离，支撑应稳固可靠，并有防倾覆措施。使用前应在预定位置空载试操作一次，确认液压传动、升降、伸缩系统工作正常操作灵活，制动装置可靠。

6.1.5.1.2 绝缘升降平台操作人员应服从工作负责人的指挥，作业时应注意周围环境及操作速度。

6.1.5.1.3 绝缘升降平台的有效绝缘长度需满足作业时相应电压等级的要求。

6.1.5.1.4 工作中绝缘升降平台应良好接地。

6.1.5.2 绝缘脚手架

6.1.5.2.1 绝缘脚手架由绝缘材料加工制作，作为带电作业主绝缘工具，用于承载带电作业人员，以及提供作业时人与接地体的绝缘保护工作平台。

6.1.5.2.2 绝缘脚手架绝缘部件的外表面应无裂纹、无损伤，作业前应清洁。

6.1.5.2.3 绝缘脚手架安装搭接过程中禁止与现场带电体接触。

6.1.5.2.4 踏板至地面超过 8m 的绝缘脚手架应进行稳固处理。

6.1.5.2.5 绝缘脚手架严禁超载。

6.1.5.2.6 绝缘脚手架金属支腿应装设接地线，并确认接地可靠。

6.1.5.3 绝缘挂梯

6.1.5.3.1 绝缘挂梯的外表面应无裂纹、无损伤，作业前应清洁。

6.1.5.3.2 绝缘挂梯由绝缘材料加工制作，用于承载带电作业人员，以及提供作业时人与接地体的绝缘保护。

6.1.5.3.3 绝缘挂梯拼接过程中，螺丝应紧固。

6.1.5.3.4 绝缘挂梯满足作业时相应电压等级的要求。

6.1.5.3.5 绝缘挂梯作业场地下方应铺设防潮布。

6.1.5.4 绝缘斗臂车

6.1.5.4.1 作业前根据现场勘察结果，确认作业地形、构架型式及导线布置以满足绝缘斗臂车的带电作业要求。绝缘斗臂车适用于场地开阔的变电站进行带电作业。

6.1.5.4.2 绝缘臂是主绝缘。关于其最短有效绝缘长度与耐压水平，应执行 DL/T 409 标准中的相关规定。

6.1.5.4.3 为确保绝缘臂在伸缩与升降时拥有充裕的操作范围，绝缘斗臂车必须稳固地停置于作业区域内的最优位置。作业开始前，应在预定位置对绝缘斗臂车进行一次试操作，以验证其液压传动、回转、

升降及伸缩各系统运转正常，且制动装置可靠。方可将空载的工作斗接触带电体并持续 5min，此过程中监测到的最大泄漏电流不应超过 500uA。必须在试操作结果确认符合规定要求后，方可允许人员登车开始实际作业。

6.1.5.4.4 作业全程需持续监督两个关键状态：一是确保发动机持续运转，不得熄火；二是实时监控泄漏电流有无异常增大及绝缘斗是否出现下降，以便对突发异常做出及时响应。

6.1.5.4.5 对于采用“上、下绝缘段和中间金属连接”这一特定结构的绝缘伸缩臂，严禁人员在作业过程中触碰该处金属连接体。

6.1.5.4.6 为确保绝缘斗臂车在移动过程中的操作安全，其绝缘伸缩臂应完全收拢并稳妥放置于专用支架上。

6.1.6 水冲洗工具

水冲洗工具的规定应符合GB/T 13395的标准。

6.2 常用金属工器具

6.2.1 导线卡具

6.2.1.1 用于在导线上建立锚固点的专用工具。其核心功能是与紧线工具协同工作，以收紧导线，从而实现更换耐张线夹、耐张绝缘子等作业任务。

6.2.1.2 导线卡具根据牵引方式分为两大类：单牵型与双牵型。其中，单牵型卡具（例如三角式和楔形式）采用串接方式进行紧线操作；而双牵型卡具则利用两个锚固点以平衡受力，主要应用于并联式紧线场景。

6.2.1.3 楔形卡线器仅限于处理截面规格在 LGJ-120 及以下导线作业。

6.2.1.4 选择导线卡具时，其夹嘴的直径须与待夹持导线外径相匹配，严禁规格不符的卡具进行替代操作。

6.2.2 绝缘子卡具

6.2.2.1 该专用工具在绝缘子上设置锚固位置，通过与紧线工具协同作业，能够实现对单片绝缘子更换等操作。

6.2.2.2 半圆卡具的前、后卡承力件为绝缘子钢帽，使用中应根据荷载大小正确选用其规格。

6.2.2.3 闭式卡具在受力时应确保承受载荷力分布均匀，其两个半圆形部件的内轮廓须与绝缘子钢帽的外轮廓实现紧密贴合，从而有效防止因接触不均匀而导致局部应力过大的现象。

6.2.3 联结金具卡具

6.2.3.1 该专用工具在绝缘子串两端联结金具建立锚固点，与收紧导线工具和绝缘拉杆协同工作，可实现对耐张绝缘子进行单片或整串更换。该类工具在结构上主要分为双翼式和单翼式（如大刀卡），其中双翼式设计适用于单串绝缘子的更换操作，而单翼式则主要用于双联或三联绝缘子串的更换任务。

6.2.3.2 当单翼式的大刀卡在安装就绪时，其前翼和后翼应当基本保持平行。

6.2.3.3 为防止脱落风险，双翼卡具须配备如封闭螺栓或插销等后备保护装置，同时其规格须与对应的联结金具相匹配。

6.2.4 构架卡具

6.2.4.1 在作业面上安装固定装置的特殊工具，配合紧线器、绝缘吊杆、导线钩共同使用可更换悬垂串单片或整串绝缘子。

6.2.4.2 构架卡具与绝缘子串金具规格必须相适应并满足作业最大负荷，且组装应牢固。

6.2.5 紧线工具

6.2.5.1 主要有螺旋式（也叫丝杆）和液压式两种类型，主要用于在施工或检修过程中导、地线的收紧操作，同时承载所产生的张力荷载。使用时需根据实际的荷载参数以及对应的紧线方式，合理选用适配规格的紧线工具。

6.2.5.2 丝杆紧线器分为单行程与双行程两大类，其中单行程的包含单丝杆、套筒丝杆以及轴承丝杆这三种型式。

6.2.5.3 当收紧装置有效行程距离较小时，宜使用套筒丝杆。

6.2.5.4 丝杆应有防止脱扣的保险措施。否则，应对丝杆的伸缩量进行测量，并在放松的过程中严格控制，以确保其伸缩量处于允许范围内。

6.2.6 通用小工具

6.2.6.1 一般是指可依据具体作业需求，在操作杆工具基座上随时换装的金属类专用作业工具，具体包含拔销器、转瓶器、挑钩、碗头扶正器等多种类型。

6.2.6.2 为避免通用小工具出现短接有效空气绝缘距离的情况发生，在进行该类工具的制作时，应对其与操作杆顶端金属工具座的总长度加以把控。

6.2.6.3 对于结构相对复杂的通用小工具（如多向拔销器），需定期进行擦拭清洁与加注润滑油，以确保各活动部件灵活可靠。

6.2.7 分流线

6.2.7.1 分流线一般有永久分流线 and 临时分流线两种。

6.2.7.2 永久分流线

当设备不满足运行负荷电流的时候，经设计单位校核，设备管理单位生技部审核批准后，选择对应设备型号的分流线永久安装于需要增大过流的设备之上。

6.2.7.3 临时分流线

主要是针对在设备需要检修时使用，其技术原理是运用分流线旁路带电作业技术，即利用分流线将需要检修的设备两侧临时连接紧固，使得需要检修的设备的电荷移到了分流线并联回路，从而达到检修或更换设备的目的，完成设备检修后拆除分流线。

6.2.7.4 使用前应进行外观检查

检查分流线本体是否存在机械损伤、腐蚀等现象；是否接触良好，有无散股、断股情况。检测分流线终端头是否存在断裂、漏胶、发热、放电等现象。

6.2.7.5 运行电流和运行电压是否超过分流线允许载流量和额定电压，分流线截面和两端线夹的截流容量，应满足最大负荷电流的要求。

6.2.7.6 安装前检查分流线的通道有无潜在的运行风险。组装分流线的导线处必须清除氧化层，且线夹接触应牢固可靠。

6.3 常用防护用具（屏蔽服）

6.3.1 屏蔽服装应有较好的屏蔽性能、较低的电阻、适当的通流容量、一定的阻燃性及较好的服用性能。屏蔽服装各部件应经过两个可卸的连接头进行可靠的电气连接，应保证接头在工作过程中不得松滑脱开。

6.3.2 根据适用范围不同，屏蔽服装分 I、II 两型，其性能和适用范围应符合 GB/T 6568 的规定。

6.3.3 屏蔽服装的核心功能是屏蔽电场，因此禁止将其作于载流体使用。如更换阻波器作业时，禁止使用屏蔽服作为短接工具，在中性点非有效接地系统中禁止利用屏蔽服作为后备保护，等电位屏蔽服装使用前应进行外观检查，若存在外观破损或毛刺状无法更换时，须分开测量、整套组装测量均满足要求后方可使用。

6.3.4 等电位作业人员必须穿戴包含帽、衣裤、手套、袜及导电鞋在内的全套屏蔽防护服装，且须确保各部位的连接牢固可靠，方可进入电场。等电位电工在完整穿戴好屏蔽防护服装之后，外面严禁额外穿着其他服饰，并且在屏蔽服内穿着阻燃内衣。

6.4 工具的试验

6.4.1 使用前的检查

若发现绝缘工具存在受潮、表面破损或脏污等问题，须立即进行处理，且经试验合格之后，方可使用；不合格的带电作业工具，应及时检修维护或做报废处置，严禁继续使用。绝缘工器具使用前，需采用2500V—5000V绝缘兆欧表分段检测；使用检测棒电极极宽和极间距应为2cm，每2cm测量电极间的绝缘电阻值应不低于700M Ω 。屏蔽服使用前应检查外观完好无破损，各连接部位应连接牢固可靠，屏蔽服衣裤连接最远端点之间的电阻值应不大于20 Ω 。

6.4.2 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。

6.4.2.1 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。

6.4.2.2 机械试验

预防性试验绝缘工具应每年进行一次检测，金属工器具应两年进行一次检测。

6.4.3 检查性电气试验

6.4.3.1 绝缘工具耐压试验

绝缘工具耐压试验应按工频耐压试验时应每300mm耐压75kV，时间为1min，应无闪络、无击穿、无发热。

6.4.3.2 屏蔽服装检查性试验

6.4.3.2.1 成衣（含鞋、袜）的电阻试验应包括上衣、裤子、手套、袜子（均取任意最远两端之间）的电阻，以及鞋的电阻。组装好的整套屏蔽服电阻不应大于20 Ω ，上衣、裤子、手套、袜子均不应大于15 Ω ，导电鞋不应大于500 Ω 。

6.4.3.2.2 根据相关标准要求，整套服装的屏蔽效率试验均应符合各型号屏蔽服的屏蔽效率试验要求。

7 作业安全注意事项

7.1 准备工作

7.1.1 带电作业班组在接受带电作业任务后，须依据具体工作内容查阅资料 and 开展现场勘察。

7.1.1.1 查阅资料

应通过查阅设备台账及资料室存档文件，全面掌握作业设备的技术参数与运行状况。具体核查内容包括：导、地线的规格型号、设计安全系数及荷载参数；构架的结构形式、档距、相位排列、导线布置方式及当前运行方式；设备本体的健康状态，如导地线补强措施、锈蚀程度、接头质量等。同时，需对作业环境的实际状况进行评估。通过上述信息的分析，明确作业方法、工器具配置方案，并作出是否需要停用重合闸装置的决定。

7.1.1.2 勘察现场

赴作业现场了解变电站作业设备各种间距、缺陷部位、检修部位及其严重程度、周围环境，确定带电作业方法、所需器材及工器具、变电站内作业围蔽区以及应采取的措施。

7.1.2 带电作业班组去现场前，应关注气象部门当天的气象预报。到达现场后，核实作业所及范围内

的气象条件，作出能否进行带电作业判断。

7.1.3 工作负责人开工前应详细检查班组人员的精神状态和健康情况，若发现身体状态不佳极有可能危及安全的作业人员，不得安排工作。

7.1.4 带电作业前，应根据作业场景对所需内容进行全方位检测。

7.1.4.1 距离测量

测量安全距离、交叉跨越距离或对地距离时，严禁使用带金属的标尺，必须使用绝缘类标尺进行测量。

7.1.4.2 绝缘子检测

可采用火花间隙检测装置及分布电压检测仪进行检测。

7.1.4.3 相位测试

选用合格的核相测试仪器进行相位测试。

7.1.4.4 电流测量

可用钳形电流表进行测量。

7.1.4.5 绝缘工具检测

选用合格的绝缘电阻测试仪器对绝缘工具进行绝缘性能检测。

7.2 防静电感应措施

7.2.1 在110kV~500kV变电站构架上作业的地电位电工等电位电工应穿全套合格屏蔽服(包括帽、衣、裤、导电鞋和手套，下同)。

7.2.2 在强电场附近的设备上作业前，必须采取可靠的防触电措施后方可触及。

7.2.3 在强电场下用绝缘传递绳索传递大、长金属物件，以及在变电站内放置的大型金属作业机具等必须接地放电，以防人员徒手接触时发生电击。

7.2.4 已断开的连接线必须先行接地后，才能徒手触及。

7.2.5 使用挂梯法、人字梯法、平梯法进入电场，当导线对地距离较小时，地面电工必要时穿屏蔽服下蹲扶持软梯。

7.3 工器具的传递

7.3.1 带电作业时所需的工器具和材料应使用绝缘工器具传递，邻近带电体的应使用绝缘滑车和绝缘无极绳套。

7.3.2 绝缘绳索与带电体应保持足够的距离。传递金属物件应满足相间或相对地安全距离。

7.3.3 在安全距离裕度较小的作业空间，绝缘绳索应采取下端用地锚固定的控制措施。

7.3.4 小型物件应使用专用工具袋传递；大型金属物件应采用多点固定方式定向传递。

7.3.5 不能弯曲或盘卷的较长导线等金属物件传递宜采用平行方式传递，使用绝缘绳索对其传递方向进行有效控制，保持相地、相间的安全距离。

7.3.6 采用绝缘绳索以循环方式传递物品时，应采取有效控制措施防止物品之间发生碰撞及影响工作状态的工器具。

7.3.7 当作业下方有其他设备时，应绕至构架下方无设备处上落传递工器具、金具和材料。

7.4 过牵引的预防

7.4.1 采用带电作业方式收紧导、地线时，应采取防止过牵引措施。牵引量不应超过设计规定值。

7.4.2 更换耐张绝缘子串作业，优先采用紧线拉杆法；操作时需摘取绝缘子串与横担（或导线端耐张线夹）间联结金具的螺栓及元头销，达到减少过牵引量的目的。

7.4.3 收紧导线必须设置防掉线保护措施。

7.5 电位转移

7.5.1 在电位转移时，禁止带电作业人员与身体裸露部位进行直接接触，否则将有幅值较大的暂态电容电流流经人体。

7.5.2 电位转移常规方法有以下两种：等电位电工穿戴全套屏蔽服装后，通过用手转移电位；等电位电工通过特制的电位转移棒转移电位。

7.5.3 等电位电工通过电位转移棒转移电位时，电位转移棒的软铜线长度不宜过长，防止因软铜线过长而缩短空气间隙。

7.5.4 绝缘硬梯、绝缘软梯或绝缘平台上的等电位电工，在转移电位前，应系好安全带，待工作负责人同意后方可开展电位转移。

7.5.5 带电作业人员沿绝缘子串转移电位时，必须使用跨二短三法。

7.6 进入电场

7.6.1 沿人字梯（绝缘脚手架）进入

7.6.1.1 人字梯（绝缘脚手架）以地面为依托竖立，适用于布线复杂、间距小的变电站内使用。

7.6.1.2 人字梯（绝缘脚手架）使用过程中，须做好防倾覆措施，根据其高度差异，设置1至3层四方绝缘拉绳。每层四方拉绳的布置应保持平均分布状态并互成 90° ，且对地夹角需控制在 30° 至 45° 的范围之内。当因地限制未能满足相关要求时，应采取必要的辅助措施使其达到牢固、稳定的状态，严禁以人作为拉绳索的锚固点。

7.6.1.3 人字梯的竖立或放倒，应使用保护绳索控制，防止突然倾倒。

7.6.1.4 作业人员从地面沿人字梯进入电场，登梯作业过程必须符合表1对应电压等级的最小组合间隙距离。

7.6.1.5 作业人员登高作业及移动全过程不得失去防坠落保护。

7.6.2 沿挂梯（包括软梯和硬质挂梯）进入

7.6.2.1 挂梯是以导、地线或横担为依托受力悬挂。使用前，应评估设备状态，并按DL/T 408要求核对导、地线横截面积，判断是否满足载荷，必要时还应验算其强度。

7.6.2.2 登挂梯的等电位电工身上应系后备保护绳，其尾绳头由地面电工配合拉紧。

7.6.2.3 等电位电工攀爬绝缘挂梯时，地面扶梯电工应配合将绝缘挂梯向下拉紧，使梯身垂直于地面，避免其大幅度摆动。

7.6.2.4 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/T 408要求，登梯作业过程必须符合表1对应电压等级的最小组合间隙距离。

7.6.2.5 上、下层布线的上层导线不得使用挂梯作业。

7.6.3 沿平梯进入

平梯均以构架为依托，等电位电工只能采用跨骑姿态挪动进入强电场，每次位移幅度须控制在安全范围内，移动过程必须符合表1对应电压等级的最小组合间隙距离。

7.6.4 绝缘升降平台进入

7.6.4.1 绝缘升降平台适合在运输便捷但线路布局复杂的环境下开展带电作业施工。

7.6.4.2 绝缘升降平台的有效绝缘长度需满足作业时相应电压等级的要求。

7.6.4.3 绝缘升降平台应停放在作业的最佳位置，使其升降具有较大的活动空间。

7.6.4.4 在预定作业位置执行一次试操作，核查液压传动、升降、伸缩、制动等功能正常可靠。试操作、测量带电体、相间距离等符合要求后，才能载人作业。

7.6.5 乘吊篮（电动升降装置）进入

7.6.5.1 使用吊篮（电动升降装置）作业时，线径、组合间隙需满足 DL/T 408 要求。

7.6.5.2 吊篮（电动升降装置）应建立可靠的吊拉绳索稳固悬吊装置。绳索的固定长度应准确（经计算或丈量），以保证等电位电工进入电场后，其受力状态稳定，转移电位过程必须满足组合间隙要求。

7.6.5.3 吊篮（电动升降装置）的升降速度必须用绝缘绳索（电机）严格控制，做到均匀、慢速，不应过快。进入电场时的所有组合间隙必须满足相应电压等级的安全要求。

7.6.6 绝缘斗臂车进入

7.6.6.1 绝缘斗臂车应停放在水平又坚固路面，挂好刹车并垫好车轮三角止推器，四个支腿应完全伸出，在支撑腿下铺垫块以加大支腿受力面积；支腿撑地后必须确认前后轮离地不受力，车体停放完全水平，防止作业时车辆侧倾；检查确认车辆怠速及油压运行是否正常。

7.6.6.2 作业前必须使用毛巾对绝缘斗、绝缘臂等绝缘部位进行清抹，保持绝缘臂部位干净清洁；对绝缘上装部分进行空斗升、降、旋转试运转操作。

7.6.6.3 绝缘斗臂车应良好接地，牢固可靠。

7.6.7 沿绝缘子串进入

7.6.7.1 此种方式适用于双联串组成的耐张绝缘子串进入电场法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。

7.6.7.2 由双联耐张绝缘子串进入电场应同时满足两个条件：作业前对绝缘子进行零值检测，良好绝缘子片数必须满足采用此种方式带电作业规定值；组合间隙必须满足带电作业的规定值。当上述条件任一不满足时，不得采用本方法作业，应改用其他作业方法，并确保人身安全。

7.6.7.3 等电位作业人员在绝缘子串上移动时，身体纵向宜与绝缘子串保持垂直，身体任何一侧手脚应保持同步移动，手、脚短接绝缘子均不可超过 3 片。

7.6.7.4 等电位电工沿绝缘子串移动过程中不得失去安全带保护，围杆带或安全保护绳应系挂在操作人员手扶绝缘串组上，必须保持动作协调一致。

7.7 应急处置

7.7.1 作业人员发生触电时，应立即切断电源或使触电者脱离带电体，同时拨打急救电话。

7.7.2 对触电者开展现场急救，首先判断意识和呼吸，对呼吸心跳停止者立即实施心肺复苏，直至医务人员到达。

7.7.3 立即上报单位安全管理部门，启动应急预案。

8 典型作业项目实施条件及作业方式

8.1 110kV~500kV 变电站采用地电位作业法检测零值绝缘子作业

8.1.1 实施条件

针式及少于3片的悬式绝缘子及一串中剩余良好绝缘子片数不能保证表1规定的，严禁使用短接绝缘子的检测工器具、仪器开展零值绝缘子检测。

8.1.2 作业方式

采用火花间隙检测法、电压分布仪检测法等。

8.2 110kV~500kV 变电站带电盐密检测作业

8.2.1 实施条件

人体与带电体的最小安全距离加上人体活动增量不得小于表1的规定。

8.2.2 作业方式

采用绝缘操作杆取样法或跨二短三出绝缘子串取样法。

8.3 110kV~500kV 变电站带电水冲洗作业

8.3.1 实施条件

设备无严重锈蚀、变形、损坏；机构箱无封闭不严、泄漏表异常、压力表异常（渗油、漏油）等情况；盐密值需满足表3规定。

8.3.2 作业方式

采用双枪交替冲洗、双枪跟踪、三枪组合冲洗、四枪组合冲洗、四枪交叉冲洗、带电水冲洗作业机器人冲洗。严禁单枪冲洗支柱绝缘子。

8.4 110kV~500kV 变电站带电清理异物作业

8.4.1 实施条件

不包含导电类异物；异物所在位置无直接遮挡；异物未跨相间、相地进行悬挂。

8.4.2 作业方式

可采用激光清障仪、绝缘操作杆等电位作业法、带电异物清除作业机器人等作业方式。

8.5 带电断、接变电站 110kV~220kV 引流线作业

8.5.1 实施条件

禁止带负荷断、接引线；带电断、接引线时，作业人员应戴护目镜，并应采取牢固可靠的消弧措施；带电接引线时未接通相的导线及带电断引线时已断开相的导线，将因感应而带电，为防止电击，应采取措施后方可触及；未接通或断开的导线两端接头不应同时接触；检修间隔有明显断开点（两侧隔离开关）；等电位作业人员离开至安全距离方可断开、接上引线。

8.5.2 作业方式

采用绝缘平梯、绝缘人字梯、绝缘升降平台、电动升降装置、绝缘斗臂车、绝缘挂梯等作业方式开展，也可采用带电断（接）作业机器人方式开展。

8.6 110kV~500kV 变电站带电处理发热缺陷

8.6.1 实施条件

设备发热位置无直接遮挡；设备发热位置周围留有足够的操作空间；设备发热位置无严重锈蚀。若设备需要加装临时分流线时，分流线额定载流应大于设备电流，若需加装永久分流线应经设计部门与本单位分管领导批准方可施工。

8.6.2 作业方式

采用绝缘平梯、绝缘升降平台、绝缘斗臂车、绝缘挂梯、绝缘操作杆、绝缘脚手架等作业方式。

8.7 110kV~500kV 变电站带电安装销钉、螺母

8.7.1 实施条件

沿绝缘子串进入强电场时，扣除人体短接的和零值的绝缘子片后，良好绝缘子片数、组合间隙不应小于表1的规定；作业位置留有足够的操作空间；作业位置无直接遮挡。

8.7.2 作业方式

可采用绝缘平梯、绝缘操作杆、绝缘脚手架绝缘升降平台、绝缘斗臂车、绝缘挂梯等作业方式，也可采用带电销钉和螺母安装作业机器人方式开展。

8.8 110kV~500kV 变电站带电更换构架耐张绝缘子串作业

8.8.1 实施条件

人身与带电体间的安全距离不得小于表1的规定；更换绝缘子或在绝缘子串上带电作业前，其良好绝缘子片数不得少于表1的规定。

8.8.2 作业方式

采用绝缘平梯法、绝缘升降平台、绝缘挂梯法、绝缘斗臂车法、绝缘操作杆作业法对耐张绝缘子串进行更换；作业间隔存在跨越设备时，可采用绝缘封网方法进行更换；也可采用带电更换构架耐张绝缘子串作业机器人方式开展。

8.9 110kV~500kV 变电站带修补导线

8.9.1 实施条件

人身与带电体间的安全距离不得小于表1的规定；导线断股的截面在规程允许范围内可进行修补。

8.9.2 作业方式

采用绝缘平梯法、绝缘升降平台、绝缘挂梯法、绝缘斗臂车法对导线进行修补；根据导线的损伤程度可采用铝线缠绕修补、预绞丝补强，也可使用机械压接补修管补强，当采用机械压接工艺进行等电位作业时，等电位电工宜在绝缘平台上进行操作，在上下传递压接设备时，必须采取可靠的防坠保护措施，严防设备高空坠落；也可采用带电修补导线作业机器人方式开展。

8.10 110kV~500kV 变电站带电喷涂防污闪涂料作业

8.10.1 实施条件

喷涂需在上风侧进行，防止涂料飘散污染。设备无严重锈蚀、开裂、变形，绝缘子串完好且片数满足表1要求，表面清洁无浮尘、油污等附着物。作业人员与带电设备安全裕度符合表1，RTV/PRTV涂料性能符合标准，绝缘工器具试验合格，需穿戴全套屏蔽服和防护面罩。严禁设备发热或密封失效时作业；禁止喷涂运行中充油、充气设备的防爆泄压口。

8.10.2 作业方式

针对不同设备，可采用绝缘操作杆喷涂法、绝缘斗臂车喷涂法或带电喷涂机器人作业法。低位置设备使用加长绝缘喷涂杆控制喷涂厚度至2.5~3mm；高构架设备用绝缘斗臂车近距离喷涂以提升均匀度；500kV狭窄场景用机器人全自动作业规避风险。作业后需固化观测0.5小时以上，确认涂层完好且设备正常方可结束。