

ICS 国际标准分类号

CCS 中国标准文献分类号



T/CES 2026-0012

高海拔地区 10kV 配网不停电作业技术规范

(征求意见稿)

Technical specifications for uninterrupted operation of 10 kV distribution network
in high altitude areas

2026-XX-XX 发布 2026-XX-XX 实施

中国电工技术学会发布

目次

前言	IV
引言	V
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	2
4.1 人员要求	2
4.2 气象条件要求	2
4.3 特种车辆要求	2
4.4 其他要求	3
5 作业方式	3
5.1 绝缘杆作业法	3
5.2 绝缘手套作业法	3
5.3 综合不停电作业法	4
5.4 机器人带电作业	4
6 技术要求	5
6.1 基本要求	5
6.2 最小安全距离	5
6.3 最小有效绝缘长度	5
6.4 典型注意事项	6
7 工器具试验	6
7.1 基本要求	6
7.2 绝缘防护及遮蔽用具的预防性试验	7
7.3 绝缘操作及承力工具的预防性试验	7
7.4 绝缘斗臂车的预防性试验	7
7.5 绝缘平台的预防性试验	8
8 工器具及车辆管理	6
附录 A (资料性) 10kV 常用不停电作业项目分类见表	10
附录 B (资料性) 不停电作业统计规定	12

附录 C (资料性)	人员、工器具及车辆配置原则	15
附录 D (资料性)	带电作业安全距离计算方法	20

前言

本文件按照 GB/T 18857-2019《配电线路带电作业技术导则》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会×××(**专业**)工作组归口。

本文件起草单位（**包括第一承担单位和参加起草单位，请按对标准的贡献大小排列**）：xxxx、
xxxx、.....。

本文件主要起草人 (**请按对标准的贡献大小排列**)：xxx、xxx、.....。

本文件为首次发布。

(**或本标准所代替标准历次版本发布情况**: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx)

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX。)

引言

(**如果需要, 给出标准技术内容的特殊信息或说明, 以及编制该标准的原因。引言不包含要求。**)

配网不停电作业作为配电线路提升供电可靠性的重要技术手段, 可有效地减少停电时间, 提升优质服务水平, 优化营商环境, 扩大企业的经济效益、社会效益。目前在低海拔地区, 配网不停电作业已普遍开展, 作业体系和标准逐渐完备, 但对于 3500 米以上的高海拔地区, 仍缺少相关作业标准。为保证高海拔地区配网不停电作业的顺利开展, 进一步规范和明确高海拔地区配网不停电作业开展的基本要求, 编制高海拔地区配网不停电作业技术规范, 旨在推动高海拔地区配网不停电作业体系化、规范化和标准化的建设。

高海拔地区 10kV 配网不停电作业技术规范

1 范围

本标准规定了高海拔地区配网不停电作业一般要求、作业方式、技术要求、工器具试验、工器具及车辆管理等内容。

适用于海拔 3500 以上、5000 m 及以下 10kV 配网架空线路、电缆线路及站房不停电作业工作。

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/T 12168 带电作业用绝缘罩
- GB/T 13035 带电作业用绝缘绳索
- GB/T 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/T 14286 带电作业工具设备术语
- GB/T 17622 带电作业用绝缘手套
- GB/T 18857 配电线路带电作业技术导则
- GB/T 20969.1 特殊环境条件 高原机械 第 1 部分：高原对内燃动力机械的要求
- GB/T 26859 电力安全工作规程 电力线路部分
- GB/T 311.1 绝缘配合 第 1 部分：定义、原则和规则
- GB/T 34577 配电线路旁路作业技术导则
- DL/T 325 电力行业职业健康监护技术规范
- DL/T 676 带电作业用绝缘鞋（靴）通用技术条件
- DL/T 803 带电作业用绝缘毯
- DL/T 853 带电作业用绝缘垫
- DL/T 878 带电作业用绝缘工具试验导则
- DL/T 880 带电作业用导线软质遮蔽罩
- 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
- DL/T 1125 10kV 带电作业用绝缘服装
- DL/T 1465 10kV 带电作业用绝缘平台

3 术语和定义

GB/T 2900.55 和 GB/T 14286 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

不停电作业 *overhaul without power interruption*

以实现用户的不停电或短时停电为目的，采用多种方式对设备进行检修的作业方式。

3.2

高海拔地区 *high altitudes are*

海拔超过 3500m 的地区。

3.3

高原习服 *altitude acclimatization*

通过居住在高原缺氧环境中一段时间后，对缺氧能产生一定的适应，缺氧初期的症状明显减轻的过程。

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。

4.1.2 带电作业人员应具有电工原理和电力线路的基本知识，掌握配电带电作业的基本原理和操作方法，熟悉 GB 26859 和 GB/T 18857，熟悉作业工器具的适用范围和使用方法。应掌握紧急救护法，特别是触电急救。

4.1.3 带电作业人员应通过专门培训，考核合格并取得资格，经批准后，方可参加相应的作业，作业人员资质应在合格有效期内。

4.1.4 工作负责人(或专责监护人)应具有 3 年以上的配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，通过专门培训，考试合格，经本单位批准后，方可负责现场监护。

4.1.5 高海拔地区作业人员应进行不少于 7 天的高原习服训练，且应进行高原病、鼠疫的预防和基本急救知识等专项培训后，方可进行带电作业。

4.1.6 高海拔地区作业人员宜参照 DL/T 325，定期进行心肺功能、血压、血氧饱和度检查，作业期间宜穿戴设备实时监测心率、血氧，时刻关注作业人员身体状态，心率、血氧超过当地标准不应继续作业。

4.2 气象条件要求

4.2.1 作业应在良好的天气下进行。如遇雷(人员听到雷声)、雨、雪、雾天气，不应进行带电作业。当风力大于 5 级，不宜进行带电作业。

4.2.2 沙尘天气达到 GB/T 20480 规定的浮尘等级，带电作业人员应做好基础防护，配备防尘面罩(N95 以上级别)、护目镜(防刮擦、防沙尘侵入)。同时应做好工器具防护，作业前对绝缘斗臂车、绝缘绳、操作杆等装备进行沙尘清理，关键部位(如绝缘接头、液压部件)需涂抹专用防尘润滑剂，作业中宜用防尘罩覆盖未使用的绝缘工器具。沙尘天气达到沙尘暴等级，应停止带电作业。

4.2.3 相对湿度大于 80% 的天气，若需进行不停电作业，应使用具有防潮性能的绝缘工具。

4.2.4 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状况，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，经本单位批准后方可进行。夜间抢修作业应有足够的照明设施。

4.2.5 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，尽快恢复设备正常状况，或采取其他措施。

4.3 特种车辆要求

4.3.1 在高海拔地区，特种作业车辆优先参照 GB/T 20969.1 选择高原型内燃动力机械，驾驶舱配备车载制氧机或便携式氧气瓶，保障长时间作业供氧需求。

4.3.2 在高海拔地区，特种作业车辆底盘离地间隙不小于 250mm，配备全地形轮胎和防滑链，复杂地形选装绞盘提升通过性。

4.3.3 特种车辆宜配备拖车绳、防滑板、备用电源及防冻液等应急装备。

4.3.4 在高海拔地区，特种车辆宜使用高标号防冻液，夜间停放时加盖保温罩。

4.3.5 在高海拔地区，特种车辆宜使用适应高寒地区的柴油、润滑油和液压油，防止凝固。

4.3.6 在高海拔地区，特种车辆宜使用抗低温电能衰减电瓶，做好保温或备用启动方案。

4.4 其他要求

4.4.1 带电作业项目和作业方式的批准，应充分考虑高海拔地区气候环境、间隙放电海拔高度修正、作业人员身体条件等因素的影响。

4.4.2 对于比较复杂、难度较大的不停电作业新项目、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，并经本单位批准后方可使用。

4.4.3 工作负责人在工作开始前，应与值班调控人员或运维人员取得联系。需要停用重合闸的作业应由值班调控人员履行许可手续。工作结束后应及时向值班调控人员或运维人员汇报。严禁约时停用或恢复重合闸。

4.4.4 在作业过程中如设备突然停电，作业人员应视设备仍然带电。工作负责人应尽快与调度联系，调度未与工作负责人取得联系前不得强送电。

4.4.5 高海拔地区带电作业时，应配置充足的吸氧装置和必要的紧急救护器材及药品。

4.4.6 作业环境温度低于零下 10°C 时，作业人员应采取相应的保暖防护。

4.4.7 高海拔地区带电作业时，宜选择地表温度、紫外线指数适宜户外作业的时段开展；同时，宜严格控制作业时间，海拔不高于 4500m 时，高处作业人员连续作业时间不宜超过 1h，轮休不少于 30min；海拔超过 4500m 时，高处作业人员连续作业时间不宜超过 0.5h，轮休不少于 45min。

4.4.8 作业环境温度低于零下 20°C 时，作业人员应掌握绝缘工具预热、防结露等防冻操作方法，作业前需对绝缘遮蔽用具以及绝缘防护用具进行检查，防止开裂、折痕，不应强行折叠或拉伸。

4.4.9 在高海拔地区冬季低温天气作业时应防范作业人员冻伤与高原反应叠加风险，环境温度低于零下 25°C 时不宜开展作业。

5 作业方式

5.1 绝缘杆作业法

5.1.1 绝缘杆作业法是指作业人员与带电体保持规定的安全距离，穿戴绝缘手套、绝缘安全帽、绝缘鞋等防护用具，通过绝缘杆进行作业的方式。

5.1.2 作业过程中有可能引起不同电位设备之间发生短路或接地故障时，应对设备设置绝缘遮蔽。

5.1.3 绝缘杆作业法既可在登杆作业中采用，也可在绝缘斗臂车的工作斗或其他辅助平台上采用。

5.1.4 绝缘杆作业法中，绝缘杆为相地之间主绝缘，绝缘防护用具为辅助绝缘。

5.2 绝缘手套作业法

5.2.1 绝缘手套作业法是指作业人员使用绝缘斗臂车、绝缘梯、绝缘平台等绝缘承载工具与大地保持规定的安全距离，穿戴必要的绝缘防护用具，与周围物体保持绝缘隔离，通过绝缘手套对带电体直接作业的方式。

5.2.2 采用绝缘手套作业法时无论作业人员与接地体和相邻带电体的空气间隙是否满足规定的安全距离，作业前均应对人体可能触及范围内的带电体和接地体进行绝缘遮蔽。

5.2.3 在作业范围窄小，电气设备布置密集处，为保证作业人员对相邻带电体或接地体的有效隔离，在适当位置应装设绝缘隔板等限制作业人员的活动范围。

5.2.4 在配电线路不停电作业中，严禁作业人员穿戴屏蔽服装和导电手套，采用等电位作业方式。绝缘手套作业法不是等电位作业法。

5.2.5 绝缘手套作业法中，绝缘承载工具为相地主绝缘，空气间隙为相间主绝缘，绝缘遮蔽用具、绝缘防护用具为辅助绝缘。

5.3 综合不停电作业法

5.3.1 配网不停电综合作业法是综合运用绝缘杆、绝缘手套作业法及旁路设备开展不停电作业。

5.3.2 所有工作必须以保障人员、设备和电网安全为前提。作业前必须进行现场勘察和风险辨识，制定“三措一案”（组织措施、技术措施、安全措施和施工方案），并严格执行。

5.3.3 所有人员、设备、工具、方法必须适应高海拔、低温、强紫外线、低气压等特殊环境条件。

5.3.4 综合类不停电作业施工方案必须由本单位审核、批准后方可执行。

5.3.5 精确计算待转移的负荷电流，确保旁路电缆、连接器、发电车等的额定容量留有1.5倍及以上安全裕度。

5.3.6 旁路柔性电缆、旁路开关、中间接头、T型接头等所有旁路作业设备，其绝缘水平和电气性能必须满足海拔修正后的标准。

5.3.7 移动电源车的发动机需为高原型，使用适应高寒地区的油料且电源车控制系统稳定可靠。

5.4 机器人带电作业

5.4.1 机器人带电作业是指通过绝缘斗臂车搭载的机械臂操作平台或地面移动机器人平台，由作业人员在地面或斗内进行遥控操作，完成带电作业任务。

5.4.2 机器人系统（包括机械结构、控制系统、液压系统、绝缘部件）必须由制造商提供明确的海拔高度使用认证。所有电气绝缘强度必须根据海拔高度进行修正，留有足够的裕度。

5.4.3 机械结构材料（如合金、复合材料）必须满足低温工作条件，防止脆性断裂和收缩变形。润滑剂必须使用低温特种油脂。液压系统必须配备油液加热和保温系统，防止低温下油液粘稠导致动作迟滞、压力过高或失效。电池系统必须使用低温特种电池，并具备电池加热和保温功能，保证其放电容量和工作时间。

5.4.4 机器人系统应具备良好的防紫外线老化、防凝露、防沙尘设计，密封件应耐低温、耐老化。

5.4.5 操作人员必须持有带电作业资格证书，并经过专门的机器人操作培训与考核，方可上岗。

5.4.6 操作人员需深刻理解机器人作业的原理、风险点和应急预案，熟练掌握手动紧急干预技能。

5.4.7 现场必须配备工作负责人（监护人）、主机操作员和辅助人员。操作员与机器人之间应建立可靠的沟通确认机制。

5.4.8 作业平台：机械臂、绝缘抓手、专用工具端（断线钳、扳手等）；感知系统：高清双目摄像头、红外测温传感器、激光雷达（LiDAR）、局放检测传感器等，均应满足高海拔低温工作条件。控制系统：主从控制器、运动控制算法、可靠的数据传输模块；动力系统：液压驱动或电机驱动系统，均应满足高原功率输出要求。

5.4.9 操作精度：重复定位精度应满足毫米级要求。力反馈功能：宜具备力觉或视觉力反馈功能，防止操作力过大损坏设备或连接件。通信延迟：控制信号传输延迟应低于100ms，确保操作的实时性和安全性。续航能力：在额定工况下，连续作业时间不应低于2小时。

5.4.10 开机后必须执行系统自检程序，包括传感器标定、动作范围校准、通信链路测试等。

5.4.11 在远离带电体的情况下，全程模拟一遍作业流程，确认机械臂各动作顺畅、无干涉、无异常。

5.4.12 使用机器人搭载的传感器复核环境温度、湿度、风速，以及目标设备的当前温度。

5.4.13 在接近带电体及精细操作阶段，应自动或手动切换至低速模式，实行“点动操作”。

5.4.14 系统必须设置多级紧急停机按钮（操作员手持、监护人手持、绝缘斗臂车平台），一旦触发，系统立即停止所有动作。

5.4.15 遇有通信中断、系统故障、天气突变或动作异常，应立即启动急停，并将机器人恢复至安全姿态。若机器人系统失效，应评估是否具备转为绝缘杆作业法或绝缘手套作业法的条件，否则应中止作业。

6 技术要求

6.1 基本要求

6.1.1 根据项目需求可适当增加高空作业人员数量，宜采用人员交替方式开展作业。

6.1.2 开展移动电源车带电接入或退出时，非高原型柴油发电车的额定输出功率按海拔每提升 1000 米下降 10%测算。

6.2 最小安全距离

6.2.1 在配电线上开展带电作业时，人体与带电体的最小安全距离（不包括人体活动范围）应符合表 1 的规定。

表1 最小安全距离

额定电压 kV	海拔 H m	最小安全距离 m
10	$3500 < H \leq 4000$	0.6
	$4000 < H \leq 4500$	0.6
	$4500 < H \leq 5000$	0.7 改 0.65 (待核算)

6.2.2 斗臂车的臂上金属部分在仰起、回转运动中，与带电体间的最小安全距离应符合表 2 的规定。

表2 斗臂车的臂上金属部分与带电体间的最小安全距离

额定电压 kV	海拔 H m	最小安全距离 m
10	$3500 < H \leq 4000$	1.1
	$4000 < H \leq 4500$	1.1
	$4500 < H \leq 5000$	1.2

6.2.3 带电升起、下落、左右移动导线等作业时，与被跨物间交叉、平行的最小安全距离应符合表 3 的规定。

表3 移动导线时，与被跨物间交叉、平行的最小安全距离

额定电压 kV	海拔 H m	最小安全距离 m
10	$3500 < H \leq 4000$	1.2
	$4000 < H \leq 4500$	1.2
	$4500 < H \leq 5000$	1.25

6.3 最小有效绝缘长度

6.3.1 绝缘承力工具的最小有效绝缘长度应符合表 4 的规定。

表4 绝缘承力工具最小有效绝缘长度

额定电压 kV	海拔 H m	最小有效绝缘长度 m
10	$3500 < H \leq 4000$	0.6
	$4000 < H \leq 4500$	0.6
	$4500 < H \leq 5000$	0.7 改 0.6 (待核算)

6.3.2 绝缘操作工具的最小有效绝缘长度应符合表 5 的规定。

表5 绝缘操作工具最小有效绝缘长度

额定电压 kV	海拔 H m	最小有效绝缘长度 m
10	3500 < H ≤ 4000	0.9
	4000 < H ≤ 4500	0.9
	4500 < H ≤ 5000	1.2 改 0.9 (待核算)

6.3.3 绝缘斗臂车绝缘臂的最小有效绝缘长度应符合表 6 的规定。

表6 绝缘斗臂车绝缘臂最小有效绝缘长度

额定电压 kV	海拔 H m	最小有效绝缘长度 m
10	3500 < H ≤ 4000	1.2
	4000 < H ≤ 4500	1.2
	4500 < H ≤ 5000	1.25 (待核算)

6.3.4 绝缘遮蔽重叠最小有效绝缘长度应符合表 7 的规定。

表7 绝缘遮蔽重叠最小有效绝缘长度

额定电压 kV	海拔 H m	最小有效绝缘长度 m
10	3500 < H ≤ 4000	0.2
	4000 < H ≤ 4500	0.2
	4500 < H ≤ 5000	0.25 改 0.2 (待核算)

6.4 典型注意事项

6.4.1 作业人员应使用机械性能良好的安全带，安全绳应具有绝缘性能。绝缘斗臂车作业时，进入工作斗应立即将安全绳系在斗部安全挂环上。绝缘脚手架、蜈蚣梯和绝缘平台上作业时，攀登过程中不应失去安全带保护，到达作业位置应将安全绳系挂在专用的挂点上。

6.4.2 在接近带电体的过程中，验电顺序参照 GB/T 18857 的要求。

6.4.3 设置绝缘遮蔽原则参照 GB/T 18857 的要求。

6.4.4 架空线路带电断、接引线应戴护目镜或面屏等护目用具。

6.4.5 断开导线时，应先断开电源侧，后断开负荷侧。断开的引线、线头应采取绝缘遮蔽等措施。搭接导线时，顺序应相反。

6.4.6 移动、升降或开断导线时，应有防止导线脱落的后备保护措施。

6.4.7 人员不应在作业装置及绝缘斗臂车臂架下方逗留，防止高空坠物伤人。

6.4.8 作业人员不应串入电路，作业时不应同时接触两个非连通的带电体或同时接触带电体与接地体。

7 工器具试验

7.1 基本要求

7.1.1 工器具应通过型式试验，每件工器具应通过出厂试验并定期进行预防性试验，试验合格且在有效期内方可使用，带电作业工器具应按 GB/T 12168、GB/T 13035、GB/T 13398、GB/T 17622、等标准的要求进行试验，并粘贴试验结果和有效日期标签，做好信息记录。试验不合格时，应查找原因，处理后允许进行第二次试验，试验仍不合格的，则应报废。

7.1.2 移预防性试验主要分为电气试验和机械试验两大类，高海拔影响主要是电气试验，试验时需依据 GB 311.1 要求对试验电压应进行海拔修正。

7.2 绝缘防护及遮蔽用具的预防性试验

表8 绝缘防护及遮蔽用具试验

额定电压 kV	预防性试验		
	试验电压 kV	试验时间 min	试验周期
10	20	1	6 个月
注：试验中试品应无击穿、无闪络、无过热。			

额定电压 kV	海拔	预防性试验		
		试验电压 kV	试验时间 min	试验周期
10	3500<H≤4000	26	1	6 个月
	4000<H≤4500	27	1	6 个月
	4500<H≤5000	28	1	6 个月
注：试验中试品应无击穿、无闪络、无过热。				

7.3 绝缘操作及承力工具的预防性试验

表9 绝缘工具试验

额定电压 kV	海拔 H m	试验长度 m	预防性试验		
			试验电压 kV	试验时间 min	试验周期
10	3500<H≤4000	0.6	45	1	12 个月
	4000<H≤4500	0.6	45	1	12 个月
	4500<H≤5000	0.7	45	1	12 个月
注：a) 试验中试品应无击穿、无闪络、无过热； b) 海拔高度为器具试验地点的海拔高度，后文同。					

7.4 绝缘斗臂车的预防性试验

7.4.1 绝缘斗臂车交流耐压试验应符合表 10 的规定。

表10 绝缘斗臂车交流耐压试验

额定电压 kV	海拔 H m	试验项目	试验长度 m	预防性试验		
				试验电压 kV	试验时间 min	试验周期
10	3500<H≤4000	绝缘臂	0.6	45	1	12 个月
		整车	1.2	45	1	12 个月
		绝缘内斗层面	-	45	1	12 个月
		绝缘外斗沿面	0.4	45	1	12 个月
	4000<H≤4500	绝缘臂	0.6	45	1	12 个月
		整车	1.2	45	1	12 个月
		绝缘内斗层面	-	45	1	12 个月

4500 < H ≤ 5000	绝缘外斗沿面	0.4	45	1	12 个月
	绝缘臂	0.7	45	1	12 个月
	整车	1.25	45	1	12 个月
	绝缘内斗层面	-	45	1	12 个月
	绝缘外斗沿面	0.4	45	1	12 个月

注：试验中试品应无击穿、无闪络、无过热。

7.4.2 绝缘斗臂车泄漏电流试验应符合表 11 的规定。

表11 绝缘斗臂车交流泄露电流试验

额定电压 kV	海拔 H m	试验项目	试验长度 m	预防性试验		
				试验电压 kV	泄漏电流 μA	试验周期
10	3500 < H ≤ 4000	绝缘臂	0.6	-	-	12 个月
		整车	12	20	≤500	12 个月
		绝缘外斗沿面	0.4	20	≤200	12 个月
	4000 < H ≤ 4500	绝缘臂	0.6	-	-	12 个月
		整车	1.2	20	≤500	12 个月
		绝缘外斗沿面	0.4	20	≤200	12 个月
	4500 < H ≤ 5000	绝缘臂	0.7	-	-	12 个月
		整车	1.25	20	≤500	12 个月
		绝缘外斗沿面	0.4	20	≤200	12 个月

7.5 绝缘平台的预防性试验

7.5.1 绝缘平台交流耐压试验应符合表 12 的规定。

表12 绝缘平台交流耐压试验

额定电压 kV	海拔 H m	试验长度 m	预防性试验		
			试验电压 kV	试验时间 min	试验周期
10	3500 < H ≤ 4000	0.6	45	1	12 个月
	4000 < H ≤ 4500	0.6	45	1	12 个月
	4500 < H ≤ 5000	0.7	45	1	12 个月

注：试验中试品应无击穿、无闪络、无过热。

7.5.2 绝缘平台交流泄漏电流试验应符合表 13 的规定。

表13 绝缘平台交流泄漏电流试验

额定电压 kV	海拔 H m	试验长度 m	预防性试验		
			试验电压 kV	泄漏电流 μA	试验周期
10	3500 < H ≤ 4000	0.6	20	≤200	12 个月
	4000 < H ≤ 4500	0.6	20	≤200	12 个月
	4500 < H ≤ 5000	0.7	45	1	12 个月

8 工器具及车辆管理

8.1 带电作业工器具（包括不停电作业用绝缘遮蔽用具、绝缘操作工具、个人防护用具、仪器仪表、机器人等）及作业车辆状况直接关系到作业人员及设备的安全，应严格管理。

- 8.2 购置带电作业工器具应选择具备生产资质的厂家，产品应通过型式试验，并按带电作业相关技术标准和管理规定进行出厂试验、交接试验，试验合格后方可投入使用。
- 8.3 自行研制的带电作业工器具，应经具有资质的单位进行相应的电气、机械试验，合格后制定相应操作方案和安全措施并经本单位批准后方可使用。
- 8.4 带电作业工器具应设专人管理，并做好登记、保管工作。带电作业工器具应有唯一的永久编号。应建立工器具台账，包括名称、编号、购置日期、有效期限、适用电压等级、试验记录等内容。台账应与试验报告、试验合格证一致。
- 8.5 带电作业工器具应放置于专用工具柜或库房内。工具柜应具有通风、除湿等功能且配备温度表、湿度表。库房应符合 DL/T 974 的要求。
- 8.6 带电作业绝缘工器具如在湿度超过 80% 环境中使用，宜使用移动库房或智能工具柜等设备，防止绝缘工器具受潮。
- 8.7 带电作业工器具运输过程中，应装在专用工具袋、工具箱或移动库房内，防止受潮和损坏。发现绝缘工具受潮或表面损伤、脏污时，应及时处理并经检测或试验合格后方可使用。
- 8.8 带电作业工器具应按 DL/T 976 等标准的要求进行试验。报废工器具应及时清理出库，不应与合格品存放在一起。
- 8.9 带电作业车辆应按照 GB/T 9465、GB/T 34577 等标准的要求进行试验，并随车携带试验报告，做好信息记录。
- 8.10 绝缘斗臂车不宜用于非带电作业场合，宜存放在专用车库内，隔夜停放时应将支腿支出。
- 8.11 带电作业车辆应定期维护、保养、试验；
- 8.12 车辆每次使用前应检查其状况，确认液压传动、回转、升降、伸缩系统操作灵活可靠；工作过程绝缘斗臂车的发动机不得熄火（电力驱动除外）。

附录 A
(资料性)
10kV 常用不停电作业项目分类见表

序号	作业类别	常用作业项目	作业方式	不停电作业时间 h	减少停电时间 h	作业人数 人·次
1	第一类	普通消缺及装拆附件（包括：修剪树枝、清除异物、扶正绝缘子、拆除退役设备、加装或拆除绝缘遮蔽、故障指示器、驱鸟器等）	绝缘杆作业法	1	3	4
2		带电更换避雷器	绝缘杆作业法	1	3	6
3		带电断引流线（包括：熔断器上引线、开关引线、分支线路引线、耐张杆引流线等）	绝缘杆作业法	1.5	3.5	6
4		带电接引流线（包括：熔断器上引线、开关引线、分支线路引线、耐张杆引流线等）	绝缘杆作业法	1.5	3.5	6
5		带电更换直线杆绝缘子或横担	绝缘杆作业法	2	4	6
6		带电更换熔断器	绝缘杆作业法	2	4	6
7		带电开断、接续导线	绝缘杆作业法	2	4	6
8	第二类	普通消缺及装拆附件（包括：清除异物、扶正绝缘子、修补导线及调节导线弧垂、处理绝缘导线异响、处理导线脱落、拆除退役设备、更换拉线、拆除非承力拉线、加装接地环、加装或拆除绝缘遮蔽、故障指示器、驱鸟器等）	绝缘手套作业法	1	3	4
9		带电更换避雷器	绝缘手套作业法	1.5	3.5	6
10		带电断引流线（包括：熔断器上引线、分支线路引线、耐张杆引流线等）	绝缘手套作业法	1	3	6
11		带电接引流线（包括：熔断器上引线、分支线路引线、耐张杆引流线等）	绝缘手套作业法	1	3	6
12		带电更换熔断器	绝缘手套作业法	1.5	3.5	6
13		带电更换直线杆绝缘子	绝缘手套作业法	1	3	6
14		带电更换直线杆绝缘子及横担	绝缘手套作业法	1.5	3.5	6
15		带电更换耐张杆绝缘子串	绝缘手套作业法	2	4	6
16		带电更换柱上开关或隔离开关	绝缘手套作业法	3	5	6
17		带电更换耐张绝缘子串及横担	绝缘手套作业法	3	5	6
18		带电组立或撤除直线电杆	绝缘手套作业法	3	5	8
19		带电更换直线电杆	绝缘手套作业法	4	6	8
20		带电直线杆改终端杆或耐张杆	绝缘手套作业法	3	5	6
21		带电断空载电缆线路与架空线路连接引线	绝缘手套作业法、绝缘杆作业法	2	4	6
22		带电接空载电缆线路与架空线路连接引线	绝缘手套作业法、绝缘杆作业法	2	4	6
23		移动电源车带电接入或退出	综合不停电作业法	3	5	8
24	第三类	带负荷更换熔断器	绝缘手套作业法	2	4	8
25		带负荷更换导线非承力线夹	绝缘手套作业法、绝缘杆作业法	2	4	8
26		带负荷更换柱上开关或隔离开关	绝缘手套作业法、绝缘杆作业法	4	6	12
27		带负荷直线杆改耐张杆	绝缘手套作业法	4	6	10
28		带负荷更换耐张杆横担及顶帽	绝缘手套作业法	4	6	12
29		带负荷加装（拆除）柱上开关或隔离开关	绝缘手套作业法	4	6	12
30		带负荷直线杆改耐张杆并加装柱上开关或隔离开关	绝缘手套作业法	5	7	12
31	第四类	不停电更换柱上变压器	综合不停电作业法	4	6	12
32		旁路作业检修架空线路	综合不停电作业法	8	10	12

33		旁路作业检修电缆线路	综合不停电作业法	8	10	8
34		旁路作业检修环网箱	综合不停电作业法	8	10	10
35		从环网箱(架空线路)等设备临时取电给环网箱、移动箱变供电	综合不停电作业法	4	6	10
36		带负荷迁移小角度耐张杆	综合不停电作业法	4	6	12
37		带负荷迁移转角杆	综合不停电作业法	4	6	12

附录 B
(资料性)
不停电作业统计规定

B. 1 作业次数

按照常用不停电作业项目统计，同一张工作票同一条线路的同一杆、同一档架空线路或同一座环网箱、同一条电缆的作业项目按 1 次统计乘以高海拔系数 1.5（作业次数取整数），不分相次（同一条线路的同一杆（同一作业点位）的带电断、接引流线项目可按两次统计）。

B. 2 不停电作业时间

按照不停电作业实际工作许可时间至实际工作终结时间统计。

B. 3 减少停电时户数

减少停电时户数计算见公式 B.1。

$$N = T \square N_0 \quad \text{B.1}$$

其中：

N ——减少停电时户数；

T ——减少停电时间，h；

N_0 ——相应电压等级用户数（采用停电作业时最小停电范围内的用户数）。

B.4 多供电量 (kWh)

多供电量计算见公式 B.2。

$$P = \sqrt{3} U I \cos \varphi \square T \quad \text{B.2}$$

式中：

P ——多供电量，kWh；

U ——设备运行电压，kV；

I ——作业时实际电流值，A；

$\cos \varphi$ ——功率因数，取 0.9；

T ——减少停电时间，h。

B.5 工时数

工时数计算见公式 B.3。

$$A = M \square T_0 \quad \text{B.3}$$

式中：

A ——工时数；

M ——作业人数；

T_0 ——不停电作业时间，h。

B.6 提高供电可靠率

提高供电可靠率计算见公式 B.4。

$$\beta = \frac{N_1}{N \cdot T} \quad .4 \quad B$$

式中：

β ——提高供电可靠率；

N_1 ——减少停电时户数；

N ——总户数；

T ——统计周期小时数，h。

B.7 不停电作业化率

不停电作业化率计算见公式 B.5。

$$\eta = \frac{W_1}{W_1 + W_2} \quad .5 \quad B$$

式中：

η ——不停电作业化率；

W_1 ——统计周期内不停电作业减少停电时户数；

W_2 ——计划停电时户数；

注：不停电作业时间、减少停电时间、作业人数见附录A。计划停电指除故障停电的全部停电。

B.8 不停电作业施工率

不停电作业施工率计算公式 B.6。

$$\gamma = \frac{N_1}{N} \quad .6 \quad B$$

式中：

γ ——不停电作业施工率；

N_1 ——统计周期内已竣工项目中采用不停电作业项目数；

N ——统计周期内已竣工配网项目数。

B.9 不停电作业参与率

不停电作业参与率计算公式 B.7。

$$\mu = \frac{X_1}{X_1 + X_2} \quad .7 \quad B$$

式中：

μ ——不停电作业参与率；

T/CESXXX—XXXX

X₁——统计周期内相应电压等级配电带电作业工作票数量；

X₂——统计周期内配电第一种工作票或低压作业票数量，不涉及用户停电的工作票除外。

附录 C
(资料性)
人员、工器具及车辆配置原则

- C.1 人员、工器具及车辆应按照开展的不停电作业类别，科学、合理地进行配置。
- C.2 本原则规定了开展各类别不停电作业项目的最少人员、工器具及车辆的配置，各单位可根据不停电作业实际情况适当增加。
- C.3 工器具及车辆配置原则：10kV第一、第二、第三类作业项目工器具及车辆数量以小组为单位配置；10kV第二类作业项目工器具涵盖第一类；10kV第三类作业项目工器具及车辆配置内容涵盖第二类，可适当调整；10kV第四类作业项目工器具及车辆配置原则，以班组为单位并结合实际情况而定。
- C.4 10kV第一、第二类作业项目人员、工器具和车辆的配置**
- C.4.1 人员配置原则：班组每小组以4-6人为宜。
- C.4.2 工器具配置：

a) 10kV第一类作业项目工器具配置见表C.1。

表 C.1 10kV 第一类作业项目工器具配置

序号	名称	用途	单位	数量	备注
1	绝缘工作平台	作业人员进入配电线线路简易绝缘介质	套	1	
2	绝缘手套	作业人员手部绝缘防护	双	3	
3	防护手套	保护绝缘手套不受机械损伤	双	3	
4	绝缘靴或绝缘套鞋	作业人员足部绝缘防护	双	3	
5	双重保护安全带	杆塔作业防坠落保护	根	3	
6	绝缘安全帽	作业人员头部绝缘防护	顶	若干	1 顶/高空作业人员（斗内电工）
7	护目镜	作业人员眼部防护	副	若干	1 副/高空作业人员（斗内电工）
8	绝缘绳索	传递或承力	根	2	
9	绝缘遮蔽用具	各类设备绝缘遮蔽	套	1	
10	绝缘滑车及滑车组	传递工器具或紧放线用	套	1	
11	绝缘夹钳	绝缘杆作业时夹持导线或其他物体	根	2	
12	绝缘杆式导线剥皮器	可开剥绝缘导线的绝缘操作杆	套	1	
13	绝缘杆式断线钳（切刀）	可导线开断作业的绝缘操作杆	套	1	
14	搭接绝缘操作杆	可导线接续作业的绝缘操作杆	套	1	
15	装拆遮蔽用具绝缘操作杆	可安装、拆除绝缘遮蔽用具的绝缘操作杆	套	1	
16	各类绝缘杆附件	可连接、悬挂、支撑固定绝缘操作杆的作业小工具	套	1	
17	绝缘剪切工具	切断各类软质、硬质导地线	把	1	
18	绝缘压接工具	压接各类软质、硬质导地线	把	1	
19	绝缘电阻表（绝缘电阻快速检测仪）	检测绝缘杆绝缘用	台	1	
20	风速温湿度检测仪	测试作业环境风速、温湿度	只	1	
21	验电器	检测电压用	只	1	10kV
22	核相仪	检查相位和电压	台	1	

23	钳形电流表	检测电流	台	1	
28	绝缘手套充气装置	工作现场对绝缘手套进行检查	个	1	

b) 10kV第二类作业项目工器具配置见表C.2。

表 C.2 10kV 第二类作业项目工器具配置

序号	名称	用途	单位	数量	备注
1	绝缘工作平台	作业人员进入配电线路简易绝缘介质	套	1	
2	绝缘斗臂车	作业人员进入配电线路机械绝缘介质	辆	1	
3	绝缘手套	作业人员手部绝缘防护	双	3	
4	防护手套	保护绝缘手套不受机械损伤	双	3	
5	绝缘靴或绝缘套鞋	作业人员足部绝缘防护	双	3	
6	绝缘披肩或绝缘服(上衣)	作业人员躯干绝缘防护	件	3	
7	双重保护安全带	杆塔作业防坠落保护	根	2	
8	斗内安全带	绝缘斗臂车斗内防坠落保护	副	2	
9	绝缘安全帽	作业人员头部绝缘防护	顶	1 顶/高空作业人员	
10	护目镜	作业人员眼部防护	副	1 副/高空作业人员	
11	绝缘绳索	传递或承力	根	2	
12	绝缘滑车及滑车组	传递工器具或紧放线用	套	1	
13	绝缘遮蔽工具	各类设备绝缘遮蔽	套	1	
14	绝缘毯	软质绝缘遮蔽用具	块	15	
15	绝缘毯夹	绝缘毯固定用具	个	30	
16	导线遮蔽罩	各类导线绝缘遮蔽用具	个	12	
17	电杆遮蔽罩	各类电杆绝缘遮蔽用具	套	1	
18	绝缘夹钳	绝缘杆作业时夹持导线或其他物体	根	1	
19	绝缘操作杆	跌落式熔断器及隔离开关操作用	根	1	
20	绝缘支撑杆	直线杆塔支撑或吊持导线	根	3	
21	绝缘耐张紧线装置	更换耐张绝缘子串紧放线用	套	2	
22	绝缘线剥皮器	各类绝缘线及电缆绝缘层剥除	把	3	
23	带电作业用消弧开关	断、接空载电缆和架空线路电流 $\geq 0.1A$ 时灭弧用	个	1/3	
24	电动绝缘剪切工具	切断各类软质、硬质导地线	套	1	
25	电动绝缘压接工具	压接各类软质、硬质导地线	套	1	
26	钳形电流表	检测载流情况	台	1	
27	绝缘电阻表(绝缘电阻快速检测仪)	检测绝缘用	台	1	
28	风速温湿度检测仪	测试作业环境风速、温湿度	只	1	
29	核相仪	检查相位和电压	台	1	
30	验电器	检测电压用	把	1	10kV

31	验电器	检测电压用	把	1	0.4kV
32	绝缘手套充气装置	工作现场对绝缘手套进行检查	个	1	

C.4.3 车辆配置：10kV第二类作业项目宜配置绝缘斗臂车，如无绝缘斗臂车则应配置绝缘工作平台。

C.4.4 库房：应配置带电作业专用工具柜，有条件的单位可配置专用库房，绝缘斗臂车应配置专用车库。

C.5 10kV第三、第四类和作业项目人员、工器具及车辆配置

C.5.1 人员配置原则：每小组以8~12人为宜，可根据开展项目适当增加人员。

C.5.2 工器具配置：

a) 10kV第三类作业项目工器具配置见表C.3。

表 C.3 10kV 第三类作业项目工器具配置

序号	名称	用途	单位	数量	备注
1	绝缘工作平台	作业人员进入配电线路简易绝缘介质	套	1	
2	绝缘手套	作业人员手部绝缘防护	双	3	
3	防护手套	保护绝缘手套不受机械损伤	双	3	
4	绝缘靴或绝缘套鞋	作业人员足部绝缘防护	双	3	
5	双重保护安全带	杆塔作业防坠落保护	根	3	
6	绝缘安全帽	作业人员头部绝缘防护	顶	1 顶/高空作业人员	
7	护目镜	作业人员眼部防护	副	1 副/高空作业人员	
8	绝缘绳索	传递或承力	根	2	
9	绝缘遮蔽用具	各类设备绝缘遮蔽	套	1	
10	绝缘滑车及滑车组	传递工器具或紧放线用	套	1	
11	绝缘夹钳	绝缘杆作业时夹持导线或其他物体	根	2	
12	绝缘杆式导线剥皮器	可开剥绝缘导线的绝缘操作杆	套	1	
13	绝缘杆式断线剪（切刀）	可导线开断作业的绝缘操作杆	套	1	
14	搭接绝缘操作杆	可导线接续作业的绝缘操作杆	套	1	
15	装拆遮蔽用具绝缘操作杆	可安装、拆除绝缘遮蔽用具的绝缘操作杆	套	1	
16	各类绝缘杆附件	可连接、悬挂、支撑固定绝缘操作杆的作业小工具	套	1	
17	绝缘剪切工具	切断各类软质、硬质导地线	把	1	
18	绝缘压接工具	压接各类软质、硬质导地线	把	1	
19	绝缘电阻表（绝缘电阻快速检测仪）	检测绝缘杆绝缘用	台	1	
20	风速温湿度检测仪	测试作业环境风速、温湿度	只	1	
21	验电器	检测电压用	只	1	10kV
22	核相仪	检查相位和电压	台	1	
23	钳形电流表（带操作杆）	检测电流	台	1	
24	绝缘手套充气装置	工作现场对绝缘手套进行检查	个	1	

b) 10kV第四类作业项目工器具配置见表C.4。

表 C.4 10kV 第四类作业项目工器具配置

序号	名称	用途	单位	数量	备注
1	绝缘工作平台	作业人员进入配电线路简易绝缘介质	套	1	
2	绝缘斗臂车	作业人员进入配电线路机械绝缘介质	辆	2	
3	绝缘手套	作业人员手部绝缘防护	双	3	
4	防护手套	保护绝缘手套不受机械损伤	双	3	
5	绝缘靴或绝缘套鞋	作业人员足部绝缘防护	双	3	
6	绝缘披肩或绝缘服	作业人员躯干绝缘防护	件	3	
7	双重保护安全带	杆塔作业防坠落保护	根	2	
8	斗内安全带	绝缘斗臂车斗内防坠落保护	副	2	
9	绝缘安全帽	作业人员头部绝缘防护	顶	1 顶/人	
10	护目镜	作业人员眼部防护	副	1 副/人	
11	绝缘绳索	传递或承力	根	2	
12	绝缘滑车及滑车组	传递工具或紧放线用	套	1	
13	绝缘遮蔽工具	各类设备绝缘遮蔽	套	1	
14	绝缘毯	软质绝缘遮蔽用具	块	15	
15	绝缘毯夹	绝缘毯固定用具	个	30	
16	导线遮蔽罩	各类导线绝缘遮蔽用具	个	12	
17	电杆遮蔽罩	各类电杆绝缘遮蔽用具	套	1	
18	绝缘操作杆	跌落式熔断器及隔离开关操作用	根	1	
19	绝缘支撑杆	直线杆塔支撑或吊持导线	根	3	
20	绝缘耐张紧线装置	更换耐张绝缘子串紧放线用	套	2	
21	绝缘剥线工具	各类绝缘线及电缆绝缘层剥除	把	3	
22	电流检测仪(电流表)	检测载流情况	台	2	
23	绝缘电阻表(绝缘电阻快速检测仪)	检测绝缘用	台	1	
24	风速温湿度检测仪	测试作业环境风速、温湿度	只	1	
25	核相仪	检查相位和电压	台	1	
26	验电器	检测电压用	把	1	10kV
27	验电器	检测电压用	把	1	0.4kV
28	绝缘手套充气检测仪	工作现场对绝缘手套进行检查	个	1	
29	绝缘引流线	临时跨接各类载流导线或导体	根	3	
30	引流线绝缘支撑架	各类绝缘引流线临时支撑	副	1	
31	旁路负荷开关	用于旁路作业	套	1	
32	旁路作业设备	临时输送电能到工作区域用户的设备	套	1	
33	旁路作业车	旁路作业设备运输及电缆施放	辆	1	选配

34	发电车	临时发送电能到工作区域用户的设备	辆	1	选配
35	移动箱变车	临时发送电能到工作区域用户的设备	辆	1	选配
36	旁路电缆敷设及防护工具	旁路电缆架空敷设或地面敷设用	套	1	选配

C.5.3 车辆配置：10kV 第三、第四类作业项目应配置绝缘斗臂车，开展综合不停电作业还可根据具体情况配置旁路作业车、发电车、移动箱变车。

附录 D
(资料性)
带电作业安全距离计算方法

高海拔地区棒板空气间隙的击穿电压是相对气压的幂函数^[4]，即：

$$U_{H,50} = U_{0,50} \left(\frac{P}{P_0} \right)^n \quad D.1$$

其中： $U_{H,50}$ 、 P 为海拔高度为 H (km) 处棒板空气间隙的 50% 击穿电压和气压； $U_{0,50}$ 、 P_0 为海拔高度为 0m 处棒板空气间隙的 50% 击穿电压和气压。幂次 n 与电压种类有关，对于工频 50% 击穿电压， n 取 0.638。

海拔高度与气压的关系可表示为：

$$P = P_0 \times \left(1 - \frac{H}{45.1} \right)^{5.36} \quad D.2$$

将式 D.2 带入式 D.1 中得到：

$$U_{H,50} = U_{0,50} \left(1 - \frac{H}{45.1} \right)^{5.36 \times n} \quad D.3$$

配网中系统最大过电压 U_{0max} 为：

$$U_{0max} = K_0 K_r \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot U_H \quad D.4$$

式中： U_H 为系统额定电压的有效值； K_0 为最大过电压倍数； K_r 为电压升高系数。

安全裕度系数 A 为：

$$A = \frac{U_W}{U_{0max}} = \frac{(1 - 3\delta)U_{50}}{U_{0max}} \quad D.5$$

式中： U_W 为绝缘最低耐受强度； U_{50} 为空气间隙的 50% 击穿电压； δ 为空气间隙击穿电压所满足正态分布的标准差，一般取 6%。

随着海拔升高，相同长度空气间隙的 50% 击穿电压会降低，对应的安全裕度系数 A 也会降低。因此，安全距离选取的原则为保证高海拔地区的安全裕度系数 A 不明显低于低海拔地区。

参 考 文 献

- [1] GB/T 18857—2019 配电线路带电作业技术导则
 - [2] DL / T 1634—2016 高海拔地区输电线路带电作业技术导则
 - [3] Q/GDW 10520—2016 10kV 配网不停电作业规范
 - [4] 蒋兴良,孙才新,舒立春,等.正棒-板短间隙雷电冲击放电电压的海拔修正[J].重庆大学学报(自然科学版),2003,(03):77-81.
-