

[配电检修]

综合不停电作业法在配电网检修中的应用

文/广东电网有限责任公司广州番禺供电局 吴增朗 林园敏 李学超 朱孝文 罗家健

在电网系统中配电网占据着举足轻重的地位，主要发挥着向电力用户提供稳定配电的作用。为保障电力系统的安全稳定运行，需做好配电网检修工作，积极引入综合不停电作业法，合理应用综合不停电作业法，提高配电网检修工作质效，保障整个电力系统的稳定可靠。

在电网系统中，配电网是其中的重要组成部分，它主要担负着向电力用户供配电的职责，所以确保配电网的稳定运行对保障供电安全至关重要。而要确保配电网的正常工作，首先要做的就是加强对配电网的检修维护工作，尤其是在配电网线路不停电的情况下对其实施检修工作，以实现在尽量降低对用户影响的基础上，提高线路检修维护的质量，给整个供电系统的稳定运行奠定良好基础。

综合不停电作业法的定义和特征

1. 定义

综合不停电作业法主要就是在旁路电缆等多元设备的支撑下，基于保障用户供电正常的前提下，检修电路线路、配电网和设备设施等，综合不停电作业法与传统检修方法比较，不会影响用户的供电，能够有效满足配电网各项实际要求，夯实配电网运行的安全性和可靠性，助力电力企业经济效益和社会效益的双赢。随着电力技术的日益更迭发展，当前综合不停电作业法被广泛运用到配电网线路检修中，促进检修工作质效的提升。

2. 特征

综合不停电作业法具有以下几点特征：

1) 作业实施半径小，可控制在20 m以内，同时还可以根据实际设备设置位置，保障作业的有效性。

2) 作业效率高。由于作业半径较小，能显著降低作业人员的工作强度，与此同时，在作业中作业人员在连接电缆时能应用快速插拔方法，提升作业质效。

3) 综合不停电作业法成本低，在具体的作业中不需安排过多的作业人员，能有效节约人工成本，并且在作业中所使用的设备都是较为常见的。

4) 短时间停电和无须停电，这种方法基于不停电或是短暂停电下开展作业，将综合不停电作业法合理应用到配电网检修中能有效发挥其功效。

配电网带电检修作业的主要方式

1. 绝缘杆作业法

这种作业具体就是指配电网维修作业人员减少与带电体进行近距离的直接接触，在具体的作业时借助长绝缘杆隔开人员与电路，避免作业人员直接接触的一种检修作业方法。一般来说，运用绝缘杆作业法检修配电网，作业人员主要站在地面来进行，特殊情况下通过攀登工具登上电线杆进行作业。这种顶端工具可以根据需要安装和取下来，还

能根据检修的内容和对象进行更换，进而在完成检修作业时，能最大化地确保作业人员的安全。绝缘杆作业法与其他检修方法进行对比，对地形和作业环境的要求非常高，应用范围小，工作效率相对其他方法较低，但是因为不需要专业的机械，自然成本较低。通常而言，在运用绝缘杆作业法时，不需要作业人员攀登到高处进行作业，能进一步避免作业人员从高处坠落安全事故的发生。

2. 绝缘平台作业法

这种方法主要就是指在配电网维修中作业人员依托绝缘平台来开展不停电作业。纵观当前，绝缘平台是比较完善的，不仅有现场快速安装拆卸的绝缘脚手架平台，还有整体成套的绝缘平台。对于作业人员而言，在具体的配电维修过程中根据具体的作业高度将绝缘平台固定好，之后再在平台内部检修配电网，作业人员在运用这种绝缘平台法时要利用绝缘手套和绝缘杆等工具，隔绝带电体，保障安全后才可开展检修工作。绝缘平台进一步拉近检修对象与作业人员的距离，所以这种方法检修效率高，不会受作业环境和地形的限制。但是应用绝缘平台作业法会显著加大作业人员的工作量，故而对其体能要求非常高。

3. 绝缘机械作业法

在电力企业配电网检修中，绝缘斗臂车等机械是非常常见的，这种作业方法不仅可以大大增加作业范围，而且还具有较强的机动性，故而深受电力检修人员的青睐。将绝缘斗臂车运用到配电网检修中，一方面能提升检修作业效率；另一方面还能及时、高效地处理诸多复杂检修项目，所以绝缘机械作业法逐渐成为带电检修作业领域的主要趋势。采用绝缘斗臂车作业时，不仅可以采用绝缘手套作业，还可以采用绝缘杆作业，提高工作质效。但是不可否认的是，这种作业方法也存在一定的缺陷，受地形条件影响严重，在一些复杂地区（比如山区），绝缘机械作业法就无法实施。为弥补这种缺陷，当前已经开发出了小型履带式自行走绝缘斗臂车，这种机械高度可达13 m，并且适合多路况行走施工，小型履带式自行走绝缘斗臂车需要车辆专门运输到作业地点。

4. 机器人作业法

在科学技术日益发展的同时，研究人员依托高

科技手段开展检修工作，机器人进行配电网检修是其中的一种。尽管这种方法才刚刚起步，应用还不够成熟，但是深受各个行业的重视，应用机器人开展配电网检修工作，一方面能规避人与电路的接触，另一方面还能保障检修人员的安全，但是机器人作业法成本高，容易受地形的限制，因此当前尚未得到广泛的运用。

综合不停电作业法在配电网检修中的应用

1. 不停电作业法前期准备

为适应不停电作业有效和安全的需求，在作业实施前应明确准备事项，具体包括如下方面：

1) 作业辅助工具准备。在不停电作业中，辅助工具发挥着不可替代的作用，其中主要以绝缘器具准备为主，包括移动变压器车、斗臂车、绝缘防护装置和电阻测试仪等。另外，除加强各类绝缘辅助设备的准备之外，还需要采取科学的存放措施，将其全部纳入工具箱中，并将金属器具与绝缘器具分别装运。

2) 作业现场准备。在开展作业前应当全面落实准备工作，首先，技术管理人员应注重气象条件检查，对不停电作业的线路进行分析，以判断其是否对作业安全产生影响，从而制订更加完善的检修计划，避免气象因素带来的作业风险。其次，现场组织与作业人员应加强检查，尤其是对作业器具的外观、性能等的检查，如发现问题及时处理，严禁使用“带病”设备或工具，同时要落实好人员防护安全检查，包括安全带、绝缘防护器材等。

3) 作业设备准备。作业设备通常以变压器或移动电源为主，以移动箱式变压器的应用为例，其检查项目明细见表1。

表1 变压器条件检查项目明细

基本条件	移动箱式变压器	被检变压器	符合情况
电压比	104±2.5%/400	104±2.5%/400	电压比相等
短路阻抗差值	4.02%	3.88%	均<10%
绕组连接组标号	Dyn11	Dyn11	标号一致
容量比	400 kV·A	200 kV·A	符合

2. 不停电作业法实施流程

根据不停电作业的相关要求，在实践过程中应当保持作业的规范化和标准化，因此其实施的具体

流程如图1所示。

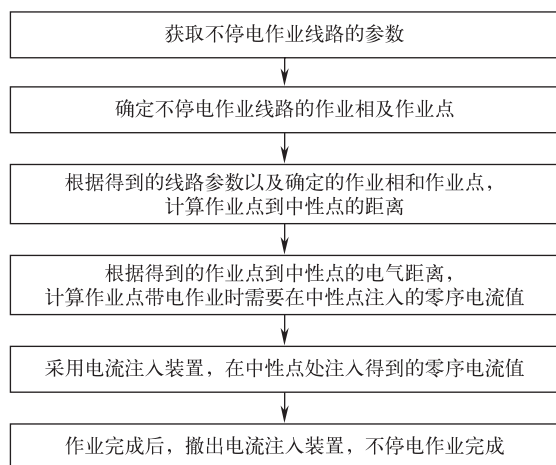


图1 不停电作业法基本流程

不停电作业法的应用过程中，还需要注重不同的作业细节，以满足安全有效的作业目标，达到预期的配电网检修效果。具体可以划分为如下步骤：

1) 进入标准作业区。在使用斗臂车保障且进入现场时应保持匀速稳定运行，进入作业区内部后，绝缘壁最小长度应大于1.0 m，作业区域的金属部件应与其他物体保持安全距离，通常不得小于1.0 m范围。

2) 设置隔离保障措施。在现场作业过程中，所实施的保障措施应当安全严密，组合的有效重叠长度应当大于15 cm。

3) 当需要接入移动变压器时，必须要落实前期准备相关工作，包括高低压开关处于断开位置，各类指示标准清楚有效。

4) 做好各接口之间的检查，包括低压柔性电缆和高压柔性电缆检查，并在实际的操作中应用专用的绝缘工具，避免对绝缘部分导线的损坏。

5) 变压器替换，即落实好被检修变压器与新变压器之间的转换工作。

6) 更换变压器，保持带电体与吊臂之间的安全距离，确保各类工艺的标准有效。

7) 柔性电缆应在安装完成后撤除。

8) 复位变压器车，并将相关的隔离措施撤除。

9) 按照相应的技术标准进行验收，验收完成后撤离杆塔，并落实好现场清理工作。

3. 不停电作业法的方法

(1) 移动电源法

目前，在配电网的检修环节，仍然存在诸多的

问题无法实现不停电作业，但随着用户对于不停电作业需求的提升，不停电作业势必成为未来的发展趋势，必须利用有效的方法加以解决。为此，移动电源法成为一种较为有效的解决方案，即利用移动电源车对检修线路作业时，可以利用移动电源维持电力能源的持续供应，并且在保持供电的同时切断检修线路的电源，在保证用户不停电的状态下，实现检修配电网的电力断开，从而更好地完成检修作业。不停电作业法下的移动电源法有效适应了当前的作业需求，可以满足检修线路的实际需求，现阶段主要应用的移动电源为移动发电车。在作业中需要注意的是，移动发电车无法直接接入电网，否则将导致环流及倒送问题，因此必须要在检修区间剥离电网，再连接移动电源设备实施检修作业。

(2) 旁路作业法

从我国电力系统架设结构看，配电网基本属于架空设计，其优势在于降低了线路敷设的成本，但也在一定程度上增加了检修作业的风险和难度。因此为有效解决上述问题，电力企业往往会选择采取旁路作业法进行检修，以提升检修的效率、质量和安全性。旁路作业法结构如图2所示。

从技术角度来看，旁路作业法的核心原理是：在检修作业中快速设置一条临时输电线路，并保证该线路能够跨越检修区域，从而完成电网与正常线路的连接，将电流引入旁路输电线路之中，随后再对相关配电网实施检修作业。虽然从本质上看，这种方法仍属于停电作业的范畴，但不停电作业的核心是用户，即保证用户的正常供电才是目的，因此旁路作业法能够替代检修路线，同样达到了不停电的目标。另外，为提升线路检修的实际效率，在实际的作业过程中，应当适当引入更加先进的机构设备，通过专业化的操作及仪器检测，及时落实相关的设备检修工作，并利用信息采集、处理和分析，及时寻找问题和风险，从而大幅提升检修的效果和质量。

在旁路作业法实施过程中，需要认识到相关的注意事项，即旁路作业法所搭建的临时线路往往会暴露于复杂的环境之中，避免因风吹、雨淋或者人为干扰导致安全事故的发生，必须要保证规范和及时检查，有效提升其安全性和可靠性，保证旁路作业法在不停电作业中的安全应用。

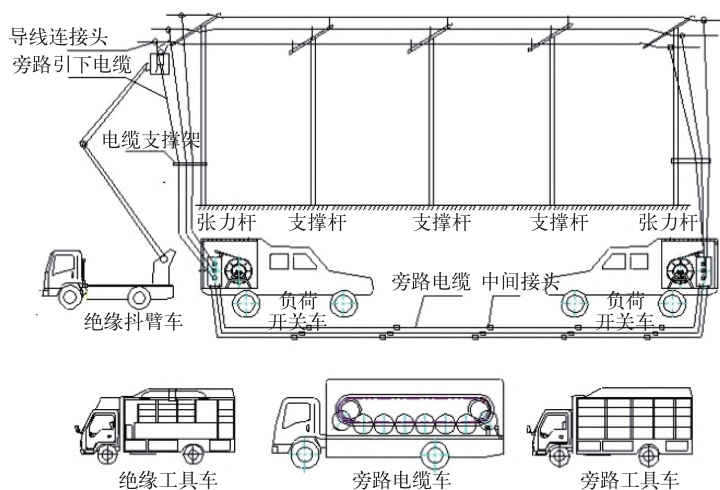


图2 旁路作业法示意图

综合不停电作业法在应用中的注意事项

1. 推动不停电作业设备研发

在日益增加的不停电作业需求下，其所涉及的业务内容愈发复杂，需要丰富多元和先进的设备予以保障。另外，考虑到我国配电网的特殊性，往往需要先进的不停电作业方法，以保证线路检修的可靠性和安全性，规避各类不利因素带来的影响，实现对供电企业管理的强化，消除在实际输电过程中产生的阻碍和问题，提高城市的供电效能。由此可见，基于目前不停电作业的实际需求，应当针对性地提升设备、器具的研发能力，以推动电力科学的建设与发展，帮助现代电力企业解决各类实际问题。同时，在先进作业设备的保障之下，可以大幅降低作业的难度和提升效率，便于检修计划的制订和实施，使不停电作业更具科学化、合理化、灵活化和智能化。

2. 深入分析不停电作业技术

电力企业作为电网运行的主体，必须注重加强不停电技术的应用，尤其是注重新技术的掌握，合理规划电力网络发展的趋势，在各类配电网检修中避免停电。同时，技术人员在作业过程中，要实现技能的提升和发展，加强对电气设备的测量、控制、保护及检测，保证电力能源的科学合理分配、传输及变换，确保各个作业环节的有效性。同时，针对不停电作业的标准和要求，必须要加强相关技术的分析与研究，切实强化配电线路的检修周期规范，提升配电网运行质量和面向用户的服务水平，避免各类配电线路问题和风险，实现企业经济效益

的全面提升。

3. 强化不停电作业安全保障

不停电作业属于一个复杂的应用过程，相关的技术人员必须要熟练掌握相关技术，确保不影响用户的用电需求，同时也能够及时实现线路的检修作业，提升线路的整体运行的安全性能。因此，面对复杂的不停电作业要求，必须要以技术人员能力为导向，掌握在作业过程中的各类问题。一方面，在不停电作业区域内，现场管理及技术人员必须明确标识，防止非作业人员进入作业区，并由技术人员将移动负荷转移车在10 kV配电网内进行作业，确保连线开头断开；另一方面，工程技术人员还需要在子开关箱内设置一定的停电间隔，并保证所有连接线路的正常有效，将所有低压开头箱的刀熔开关都断开，实现对不停电作业的全方位保障。

结束语

伴随电力能源需求的持续提升，电力系统运行的有效性、安全性，日益受到社会的广泛关注，并支持着社会生产生活的发展。因此，为提升电力网络的运行效率，不停电作业成为配电网检修的重要选择，尤其是依托多元化的作业方法，应对各类线路的检修需求，确保了电力系统的运行效率。电力企业在实践过程中，势必要提升不停电作业研究，在确保作业安全的同时，提升线路检修效率，保证企业经济效益与社会效益同步升级。EA

(收稿日期：2021-12-21)