

配网专业实训技术丛书

配网不停电 作业技术

主 编 崔建业 金伟君
副主编 钟 伟 楼伟杰 徐 洁



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

配网专业实训技术丛书

配网不停电 作业技术

主 编 崔建业 金伟君
副主编 钟 伟 楼伟杰 徐 洁



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

·北京·

内 容 提 要

本书是《配网专业实训技术丛书》之一，主要内容包括：配电不停电作业基础知识、配电不停电作业方法及原理、配电不停电作业工器具、配电不停电作业的工作流程及制度、电缆不停电作业、配电不停电作业项目操作流程及技术要点等。本书对部分新技术应用予以介绍，力求与实际紧密结合、理论与实际操作并重。

本书既可作为从事配电线路运行管理、检修调试、设计施工和教学等相关人员的专业参考书和培训教材，也可作为高等院校相关专业师生的教学参考用书。

图书在版编目（C I P）数据

配网不停电作业技术 / 崔建业, 金伟君主编. -- 北京 : 中国水利水电出版社, 2018. 2
(配网专业实训技术丛书)
ISBN 978-7-5170-6311-7

I. ①配… II. ①崔… ②金… III. ①配电系统一带电作业 IV. ①TM727

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第030565号

书 名	配网专业实训技术丛书 配网不停电作业技术 PEIWANG BUTINGDIAN ZUOYE JISHU
作 者	主 编 崔建业 金伟君 副主编 钟 伟 楼伟杰 徐 洁
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京时代澄宇科技有限公司
印 刷	天津嘉恒印务有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 17.5印张 415千字
版 次	2018年2月第1版 2018年2月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	58.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

《配网专业实训技术丛书》

丛书编委会

丛书主编 杜晓平 崔建业

丛书副主编 潘巍巍 李靖 赵深 张波 王韩英

委 员 姜宪 袁建国 钱肖 姚福申 郝力军
吴文清 王秋梅 应高亮 金伟君 赵寿生
邵波 何明锋 陈文胜 吴秀松 钟新罗
周露芳 姜昺蔚 王瑞平 杜文佳 蒋红亮
陈炜 孔晓峰 钟伟 贾立忠 陈崇敬
李振华 周立伟 赵冠军 朱晓光 应学斌
李浙学 陈新斌 金超 徐洁

本书编委会

主 编 崔建业 金伟君

副主编 钟 伟 楼伟杰 徐 洁

参编人员 程辉阳 金韶东 蒋国强 吴智伟 何小兵

徐 勇 金 超 肖 坤 项锡敏 孙 安

章基辉 朱俊森 张一航 徐政军

前 言

近年来，国内城市化建设进程不断推进，居民生活水平不断提升，配网规模快速增长，社会对配网安全可靠供电的要求不断提高，为了加强专业技术培训，打造一支高素质的配网运维检修专业队伍，满足配网精益化运维检修的要求，我们编制了《配网专业实训技术丛书》，以期指导提升配网运维检修人员的理论知识水平和操作技能水平。

本丛书共有六个分册，分别是《配电线路运维与检修技术》《配电设备运行与检修技术》《柱上开关设备运维与检修技术》《配电线路工基本技能》《配网不停电作业技术》以及《低压配电设备运行与检修技术》。作为从事配电网运维检修工作的员工培训用书，本丛书将基本原理与现场操作相结合，将理论讲解与实际案例相结合，全面阐述了配网运行维护和检修相关技术要求，旨在帮助配网运维检修人员快速准确判断、查找、消除故障，提升配网运维检修人员分析、解决问题能力，规范现场作业标准，提升配网运维检修作业质量。

本丛书编写人员均为从事配网一线生产技术管理的专家，教材编写力求贴近现场工作实际，具有内容丰富、实用性和针对性强等特点，通过对本丛书的学习，读者可以快速掌握配电运行与检修技术，提高自己的业务水平和工作能力。

在本书编写过程中得到过许多领导和同事的支持和帮助，使内容有了较大改进，在此向他们表示衷心感谢。本书编写参阅了大量的参考文献，在此对其作者一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中疏漏和不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

前言	
第1章 配电不停电作业基础知识	1
1.1 配电线路简介	1
1.2 配电不停电作业简介	2
1.3 配电不停电作业电流和电场的防护	3
1.4 配电不停电作业基本要求	6
第2章 配电不停电作业方法及原理	8
2.1 配电不停电作业按电位分类及说明	8
2.2 配电不停电作业按使用工器具分类及说明	10
第3章 配电不停电作业工器具	14
3.1 配电不停电作业工器具高压绝缘的基本原理	14
3.2 配电不停电作业工器具分类及使用方法介绍	15
3.3 配电不停电作业高架绝缘斗臂车	23
3.4 配电不停电作业工器具库房要求	29
3.5 配电不停电作业工器具的维护保养	31
3.6 配电不停电作业工器具试验	31
第4章 配电不停电作业的工作流程及制度	33
4.1 配电不停电作业标准化作业流程	33
4.2 保障配电不停电作业的技术措施	35
4.3 保证不停电作业安全的组织措施	37
4.4 配电不停电作业负荷电流和电容电流的相关安全措施	39
4.5 配电不停电作业现场站班会、收工会	41
4.6 配电不停电作业作业指导书	42
第5章 电缆不停电作业	45
5.1 配电电缆不停电作业介绍	45
5.2 配电电缆不停电作业应用	54
附录 配电不停电作业项目操作流程及技术要点	60
附录1 10kV××线××号杆砍伐邻近不停电导线树木标准作业卡 (绝缘手套作业)	61
附录2 10kV××线××号杆无负荷不停电拆引线标准作业卡	

	(绝缘杆作业)	68
附录 3	10kV××线××号杆无负荷不停电搭引线标准作业卡 (绝缘杆作业)	75
附录 4	10kV××线××号杆不停电更换避雷器标准作业卡 (绝缘手套作业)	82
附录 5	10kV××线××号杆无负荷不停电拆引线标准作业卡 (绝缘手套作业)	89
附录 6	10kV××线××号杆无负荷不停电搭引线标准作业卡 (绝缘手套作业)	96
附录 7	10kV××线××号杆不停电更换跌落式熔断器标准作业卡 (绝缘手套作业)	103
附录 8	10kV××线××号不停电更换柱式绝缘子标准作业卡 (绝缘手套作业)	110
附录 9	10kV××线××号杆不停电更换直线横担标准作业卡 (绝缘手套作业)	117
附录 10	10kV××线××号杆不停电更换悬式绝缘子标准作业卡 (绝缘手套作业)	125
附录 11	10kV××线××号杆无负荷不停电更换开关标准作业卡 (绝缘手套作业)	133
附录 12	10kV××线××号杆带负荷更换跌落式熔断器标准作业卡 (绝缘手套作业)	141
附录 13	10kV××线××号杆无负荷不停电断电缆终端引线标准作业卡 (绝缘手套作业)	150
附录 14	10kV××线××号杆无负荷不停电接电缆终端引线标准作业卡 (绝缘手套作业)	158
附录 15	10kV××线××杆—××杆之间不停电立杆标准作业卡 (绝缘手套作业)	166
附录 16	10kV××线××杆—××杆之间不停电拔杆标准作业卡 (绝缘手套作业)	174
附录 17	10kV××线××号杆带负荷不停电更换开关标准作业卡 (绝缘手套作业)	182
附录 18	10kV××线××杆直线杆改耐张杆标准作业卡 (绝缘手套作业)	191
附录 19	10kV××线××杆直线杆改耐张杆并加装柱上开关标准作业卡 (绝缘手套作业)	201

附录 20	不停电断架空线路与空载电缆线路连接引线标准化作业卡	212
附录 21	不停电接架空线路与空载电缆线路连接引线标准化作业卡	220
附录 22	从架空线路临时取电给环网柜（移动箱变）供电标准化作业卡	228
附录 23	旁路法不停电（短时停电）检修两环网柜间电缆线路标准化作业卡	239
附录 24	旁路法不停电（短时停电）检修环网柜标准化作业卡	249
附录 25	从环网柜临时取电给移动箱变供电标准化作业卡	259
参考文献	266

第 1 章 配电不停电作业基础知识

1.1 配电线路简介

1.1.1 配电线路的概念

电能是现代工农业、交通运输、科学技术、国防建设和人民生活等方面的主要能源。由发电厂、输配电线路、变电设备、配电设备和用电设备等组成的有机联系的总体，称为电力系统。发电厂生产的电能，除一小部分供给本工厂用电（厂用电）外，要经过升压变压器将电压升高，由高压输电线路输送至距离较远的用户中心，然后经降压变电站降压，由配电网分配给用户，如图 1-1 所示。

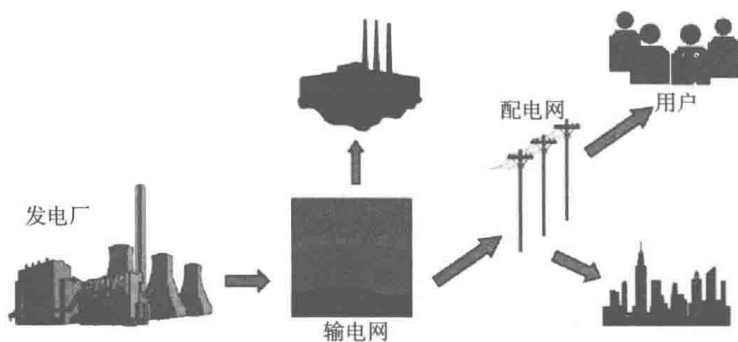


图 1-1 电力系统

配电网是电力系统的一个重要组成部分，按照配电网电压等级的不同，可以分为高压配电网（110V、35kV）、中压配电网（20V、10V、6V、3kV）和低压配电网（220V、380V）；按供电地域特点的不同可以分为城市配电网和农村配电网；按配电线路不同，可以分为架空配电网、电缆配电网以及架空电缆混合配电网。

1.1.2 架空配电线路

架空配电线路（简称架空线路）沿空中走廊架设，需要杆塔支持，每条线路的分段点设置单台开关（多为柱上）。为了有效地利用架空走廊，在城市市区主要采用同杆并架方式，有双回同杆并架、四回同杆并架；也有 10kV、380V 上下排同杆并架。中压架空线路最常见的有放射式和环网式两类。低压架空线路也采用树枝状放射式供电。城市及近郊区中压配电线路一般采用放射式环网架设，与其他变电站线路或与本变电站其他电源线路联络，提高供电可靠性及运行灵活性。架空配电线路的构成元件主要有导线、绝缘子、杆塔、拉线、基础、横担金具等，还包括在架空配电线路上安装的附属电气设备，如变压

器、断路器、隔离开关、跌落式熔断器等。

与电缆配电线路（简称电缆线路）相比，架空配电线路的优点是成本低、投资少、施工周期短、易维护与检修、容易查找故障。缺点是占用空中走廊、影响城市美观、容易受自然灾害（风、雨、雪、盐、树、鸟）和人为因素（外力撞杆、风筝、抛物等）破坏。

1.1.3 电缆线路

依据城市规划，高负荷密度地区、繁华地区、供电可靠性要求较高地区、住宅小区、市容环境有特殊要求的地区、街道狭窄架空线路走廊难以解决地区应采用电缆线路。

电缆的敷设主要有以下几种方式：

(1) 直埋敷设方式。用于电缆条数较少时。

(2) 隧道敷设方式。用于变电站出线段及重要市区街道、电缆条数多或多种电压等级电缆并行以及市政建设统一考虑的地段。

(3) 排管敷设方式。主要用于机动车辆通道。

(4) 其他敷设方式。如架空及桥梁架构敷设、水下敷设等。

与架空线路相比，电缆线路具有安全可靠、运行过程中受自然气象条件和周围环境影响较轻、寿命长、对外界环境的影响小、同一通道可以容纳多根电缆、供电能力强等优点。但也有自身和建设成本高（与架空线路相比投资成倍增长）、施工周期长、电缆发生故障时因故障点查找困难而导致修复时间长等缺点。

1.2 配电不停电作业简介

1.2.1 配电不停电作业基本概念

配电设备的施工或检修一般有两种作业方式，即停电作业和不停电作业。不停电作业方式即采用不停电技术对用户进行电力线路或设备测试、维修和施工的作业方式。

不停电作业方式主要分为两种：一种是直接在带电的线路或设备上作业，即带电作业；另一种是先对用户采用旁路或移动电源等方法连续供电，再将线路或设备停电进行作业，如电缆不停电作业。

1.2.2 配电不停电作业的方法

配电不停电作业是指工作人员接触带电部分的作业或工作人员用操作工具、设备或装置在不停电作业区域的作业，工作内容主要包括在配电线路设备近旁采用操作杆、测量杆进行的作业；在配电设备近旁，将带电部分绝缘隔离，使用绝缘斗臂车、绝缘平台等与地电位隔离，采用绝缘手套进行的直接作业。

目前，配电不停电作业主要包括四大类 30 多个架空线路不停电作业项目以及电缆不停电作业项目，广泛开展于配电架空线路和电缆线路的检修作业中，为配电网提供业扩搭火、故障抢修、配合技改等多种服务，对配网供电可靠性做出了巨大贡献。

1.2.3 配电电缆不停电作业方法

配电电缆不停电作业按作业方式可分为旁路作业法和移动电源法。

1. 旁路作业法

旁路作业法是指应用旁路电缆（线路）、旁路开关等临时载流的旁路线路和设备，将需要停电的运行线路或设备（如线路、断路器、变压器等）转由旁路线路或设备替代进行，再对原来的线路或设备进行停电检修、更换，作业完成后再恢复正常接线的供电方式，最后拆除旁路线路或设备，实现整个过程对用户不停电的作业。旁路作业法是在常规不停电作业中注入新的理念，它是将若干个常规不停电作业项目有机组合起来，实现“不停电作业”。

2. 移动电源法

移动电源法是指将需要检修的线路或设备从电网中分离出来，利用移动电源形成独立网而对用户持续供电，作业完成后再恢复正常接线的供电方式，最后拆除移动电源，实现整个过程对用户少停电或者不停电。这是移动电源法的基本思路，移动电源可以是移动发电车、应急电源车或者移动箱式变压器等。

1.2.4 不停电作业技术的发展方向

近些年，城市配电网快速发展，旁路作业和移动电源作业技术得到广泛应用。某些类型的作业，如变压器的调换、迁移杆线等，在不能采用直接带电作业的情况下，先采用旁路或者引入移动电源等方法对配网线路及设备进行临时供电，再将工作区域的线路进行停电后作业，实现对用户保持持续供电。这样，电网作业方式就从停电作业向以停电作业为主、不停电作业为辅进一步向不停电作业的方式转变，这将是电网技术的一场新变革，必将进一步提高电网供电可靠性。

1.3 配电不停电作业电流和电场的防护

在配电不停电作业过程中，电对人体的影响主要有两种：①在人体的不同部位同时接触了有电位差（如相与相之间或相对地之间）的带电体时而产生电流的危害；②人体在带电体附近但未接触带电体，因空间电场的静电感应而引起人体感觉有类似风吹、针刺等不舒服感。

1.3.1 电流对人体的影响

触电时，人体受害程度决定于通过人体的电流即电击。电击一般分为稳态电击和暂态电击。暂态电击电流的持续时间较长。表 1-1 列出了在稳态电击下人体表现的特征。

表 1-1 稳态电击下人体表现的特征

电流/mA	50~60Hz 交流电	直流电
0.6~1.5	手指开始感觉麻	没有感觉
2~3	手指感觉强烈麻	没有感觉

续表

电流/mA	50~60Hz 交流电	直流电
5~7	手指感觉肌肉痉挛	感到灼伤和刺痛
8~10	手指关节和手掌感觉痛,手已难于脱离电源,但仍能摆脱	灼热增加
20~25	手指感觉剧痛,迅速麻痹,不能摆脱电源,呼吸困难	灼热更增,手的肌肉开始痉挛
50~80	呼吸麻痹,心房开始震颤	强烈灼痛,手的肌肉痉挛,呼吸困难
90~100	呼吸麻痹,持续 3s 或更长时间后心脏麻痹或心房停止跳动	呼吸麻痹

当不同数值电流作用到人体的神经系统时,由于神经系统对电流的敏感性很强,人体将表现出不同的反应特征。并且与交流电相比,交流电流对人体的危害更严重。触电伤害的程度跟以下几个因素有关。

1. 电流大小

电流是触电伤害的直接因素,电流越大,伤害越严重。一般通过人体的交流电流(50Hz)超过 10mA(男性约 13.7mA、女性约 10.6mA),直流电流超过 50mA 时,触电人就不容易自己脱离电源了。

2. 电压高低

随着作用于人体的电压增高,可能造成人体皮肤的首先击穿,人体电阻会急剧下降,使通过人体的电流大为增加,所以电压越高越危险。

3. 人体电阻

人体电阻主要决定于皮肤的角质层。皮肤完好、干燥,电阻大,如果皮肤破损或大量出汗或受到电击,人体电阻会显著降低,电流急剧增大。

4. 电流通过人体的途径

电流通过人体的路径不同,使人体出现的生理反应及对人体的伤害程度不同。触电时电流流经人体的途径见表 1-2。左手至脚的电流途径,由于流经心脏的电流与通过人体总电流的比例最大,因而是最危险的;右手至脚的电流路径的危险性相对较小。电流从左脚至右脚这一电流途径,危险性小,但人体可能因痉挛而摔倒,导致电流通过全身或发生二次触电而产生严重后果。

表 1-2 触电时电流流经人体的途径

电流途径	左手至脚	右手至脚	左手至右手	左脚至右脚
流经心脏的电流与通过人体总电流的比例/%	6.4	3.7	3.3	0.4

5. 触电的时间长短

触电时间越长越危险。有时虽然触电的电流只有 20~30mA,但由于触电时间长,电流通过心脏,造成心脏颤动,直至心脏停止跳动。一般认为触电电流的毫安数乘触电时间的秒数超过 50mA·s,人就有生命危险,所以触电时迅速脱离电源最重要。

不停电作业是高危作业,为了保障作业人员作业安全,要求经过人体的稳态电流不能超出人体的感知水平 1mA。

1.3.2 电场对人体的影响

不停电作业时，人体可看作良导体，工作人员作业时与带电体或杆塔构件构成各种各样的电极结构。电极结构在电压的作用下，电极间产生空间电场，并且都是极不均匀电场。在空间电场场强达到一定的强度时，人体体表场强约为 240kV/m 时，人体即有“微风感”，这一人体对电场感知的临界值，被公认为人体皮肤对表面局部场强的电场感知临界值。

1.3.3 作业过程中的过电压

不停电作业过程中，作业人员除了受正常工作电压的作用外，还可能遇到内部过电压和雷击过电压。内部过电压又可分为操作过电压和暂时过电压。

1. 操作过电压

操作过电压的特点是幅值较高、持续时间短、衰减快。电力系统中常见的操作过电压有间歇电弧接地过电压、开断电感性负载（空载变压器、电抗器、电动机等）过电压、开断电容性负载（空载线路、电容器等）过电压、空载线路合闸（包括重合闸）过电压以及系统解列过电压等。操作过电压的大小一般在 3.5 倍相电压范围内，是确定不停电作业安全距离的主要依据。

2. 暂时过电压

暂时过电压包括工频电压升高和谐振过电压。工频电压升高的幅值不大，但持续时间较长，能量较大，是不停电作业绝缘工具泄露距离整定的一个重要依据。造成工频电压升高的原因主要为不对称接地故障、发电机突然甩负荷、空载长线路的电容效应等。不对称接地故障是线路最常见的故障形式，在中性点不接地系统中，非接地相电压升高至线电压。常见的谐振过电压方式有参数谐振、非全相拉合闸谐振、断线谐振等。谐振过电压一般不会大于 3 倍相电压，但持续时间较长，会严重影响系统安全运行。

系统出现过电压时，可能从空气间隙、绝缘工具、绝缘子三个渠道上威胁作业人员的安全。从空气渠道上，过电压有可能造成带电体与作业人员间空气间隙发生放电；从绝缘工具渠道上，过电压会造成绝缘工具的沿面闪络或整体击穿；从绝缘子渠道上，过电压有可能通过作业人员附近的不良或外表脏污的绝缘子发生放电。为避免过电压带来的威胁，不停电作业必须同时满足安全距离和安全有效绝缘长度等要求。

1.3.4 配电不停电作业的防护

为了保护作业人员作业过程中不受伤害，应采取以下措施：

(1) 减少作用于人体的电压。不停电作业时应退出线路重合闸，禁止在有雷电情况下进行不停电作业，避免不停电作业中过电压（前者为开关连续开断、合闸而产生的操作过电压，后者为大气过电压）对不停电作业的安全造成影响。

(2) 增大触电回路的阻抗。作业人员应穿戴全套绝缘防护用具，使用性能良好、试验合格的绝缘工器具，增加回路阻抗，有效限制泄漏电流。

(3) 保持足够的安全距离。不停电作业过程中，作业人员应与未经绝缘遮蔽或绝缘隔离的带电体、地电位构件保持 0.4m 的安全距离；在一相上作业时，同时注意与邻相带电

体保持 0.6m，与地电位构件保持 0.4m 的安全距离；不停电作业过程中，身体部位不可同时接触不同电位的物体。

1.4 配电不停电作业基本要求

不停电作业在配网检修作业中具有一定特殊性，需要满足很多要求，以下从作业环境、人员资质、安全间距 3 个最基本因素进行阐述。

1.4.1 作业环境

不停电作业应在良好天气下进行，如遇雷（听见雷声，看见闪电）、雹、雨、雪、雾等天气，不得进行不停电作业。风力大于 5 级（10m/s）时，一般不宜进行作业。当湿度大于 80% 时，如果进行不停电作业，应使用防潮绝缘工具。在特殊情况下，必须在恶劣天气进行不停电抢修时，应针对现场气候和工作条件，组织相关人员充分讨论并编制必要的安全措施，经本单位分管生产领导（总工程师）批准后方可进行。

不停电作业过程中如遇天气突变，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，或采取其他安全措施。

1.4.2 人员资质

配电不停电作业人员应身体健康，无妨碍作业的生理和心理障碍。作业人员应具有电工原理和电力线路的基础知识，掌握配电不停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。通过专责培训机构的理论、操作培训，考试合格并具有上岗证。

熟悉《国家电网公司电力安全工作规程》和《配电线路带电作业技术导则》（GB/T 18857—2008）熟悉配电线路装置标准，应会紧急救护法，特别是触电解救。

工作负责人（包括安全监护人）应具有 3 年以上的配电不停电作业实际工作经验，熟悉设备状况，具有一定的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，并经本单位总工程师或主管生产的领导批准。

1.4.3 安全距离

为了保证人身安全，作业人员与不同电位物体之间所应保持的各种最小空气间隙距离总称为安全距离。不停电作业时，安全距离的控制与作业人员的习惯、技术动作、站位、作业路径、个人安全意识等有关。安全距离包含最小安全距离、最小对地安全距离、最小相间安全距离、最小安全作业距离和最小组合间隙。配电线路不停电作业的各种安全距离见表 1-3。

表 1-3 配电线路不停电作业的各种安全距离

电压等级/kV	最小安全距离/m	最小对地安全距离/m	最小相间安全距离/m	最小安全作业距离/m
10	0.4	0.4	0.6	0.7
20	0.5	0.5	0.7	1.0

注 此表数据均在海拔 1000m 以下，如海拔超过 1000m，则应进行校正。

1. 最小安全距离

最小安全距离是为了保证人身安全，地电位作业人员与带电体之间应保持的最小空气距离。在这个安全距离下，不停电作业时，在操作过电压下不发生放电，并有足够的安全裕度。

2. 最小对地安全距离

最小对地安全距离是为了保证人身安全，中间电位作业人员与周围接地体之间应保持的最小距离。中间电位作业人员对地的安全距离等于地电位作业人员对带电体的最小安全距离。

3. 最小相间安全距离

最小相间安全距离是为了保证人身安全，中间电位作业人员与邻相带电体之间应保持的最小距离。

4. 最小安全作业距离

最小安全作业距离是在带电线路杆塔上进行不（直接或间接）接触带电体的（如使用第二种工作票的）工作时，为了保证人身安全，考虑到工作中必要的活动，作业人员在作业过程中与带电体之间应保持的最小距离。作业时能维持的作业距离取决于作业人员的姿态、作业时间的长短、作业人员的自控能力和身体某些关键部位的活动范围。除了这些主观因素外，客观上还取决于监护人的不断观察和提醒、隔离措施的有效性等。

5. 最小组合间隙

最小组合间隙是为了保证人身安全，在组合间隙中的作业人员处于最低的 50% 操作冲击放电电压位置时，人体对接地体与对带电体两者应保持的距离之和。例如，作业人员进行绝缘手套作业时，工作人员站在高架绝缘斗臂车的绝缘斗内或绝缘平台上通过绝缘手套接触带电体，此时人体处在一悬浮电位即“中间电位”，带电体对地之间的电压由绝缘材料和人体对带电体（手套厚度）与人体对大地或接地体的组合间隙共同承受。

6. 绝缘工具有效绝缘长度

有效绝缘长度是指绝缘工具在使用过程中遇到各类最大过电压不发生闪络、击穿，并有足够安全裕度的绝缘尺寸，是在不停电作业工具设计和使用时的一项重要技术指标。有效绝缘长度按绝缘工具使用中的电场纵向长度计算，并扣除金属部件的长度。有效绝缘长度的绝缘水平由固体绝缘的性能和周围空气的绝缘性能决定。

配电线路带电作业用的绝缘操作杆、绝缘承力工具和绝缘绳索的绝缘有效长度不得小于表 1-4 所列数据。

表 1-4 绝缘工具有效绝缘长度

电压等级/kV	有效绝缘长度/m	
	绝缘操作杆	绝缘承力工具、绝缘绳索
10	0.7	0.4
20	0.8	0.5

一般 10kV 配电不停电作业中使用的绝缘操作杆要求有效长度不小于 0.7m，支杆和拉（吊）杆有效长度不小于 0.4m，作业时不停电作业绝缘斗臂车大臂伸出不小于 1m。

第 2 章 配电不停电作业方法及原理

2.1 配电不停电作业按电位分类及说明

按作业人员的自身电位来划分，配电不停电作业可分为地电位作业、中间电位作业两种方式，配电不停电作业不得进行等电位作业。

2.1.1 地电位作业

地电位作业是作业人员人体与大地（或杆塔）保持同一电位，通过绝缘工具接触带电体的作业。这时人体与带电体的关系是：大地（杆塔）、人→绝缘工具→带电体。

作业人员位于地面或杆塔上，人体电位与大地（杆塔）保持同一电位。此时通过人体的电流有两条回路：①带电体→绝缘操作杆（或其他工具）→人体→大地，构成电阻回路；②带电体→空气间隙→人体→大地，构成电容电流回路。这两个回路电流都经过人体流入大地（杆塔）。严格地说，不仅在工作相导线与人体之间存在电容电流，另两相导线与人体之间也存在电容电流。但电容电流与空气间隙的大小有关，距离越远，电容电流越小。地电位作业的位置示意图及等效电路如图 2-1 所示。

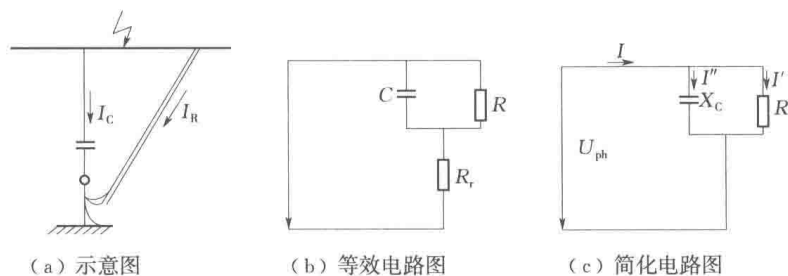


图 2-1 地电位作业的位置示意图及等效电路

所以在分析中可以忽略另两相导线的作用，或者把电容电流作为一个等效的参数来考虑。由于人体电阻远小于绝缘工具的电阻，即 $R_r \ll R$ ，人体电阻 R_r 也远远小于人体与导线之间的容抗，即 $R_r \ll X_C$ ，因此在分析流入人体的电流时，人体电阻可忽略不计。则流过人体的阻性电流为

$$I = U_{ph} / R$$

不停电作业所用的环氧树脂类绝缘材料的电阻率很高，如 3640 型绝缘管材的体积电阻率在常态下均大于 $10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ ，制作成的工具，其绝缘电阻均在 $10^{10} \sim 10^{12} \Omega$ 。对于 10kV 配电线路，阻性泄漏电流 $I = 5.77 \times 10^3 / 10^{10} \approx 0.6 (\mu\text{A})$ ，泄漏电流仅为微安级。