



# 10 kV

## 配电线路带电作业 常见违章现象与预防措施

▶ 主 编 鲍俊立

▶ 副主编 本豫辽 李红涛 乔晓蓓



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



# 10 kV 配电线路带电作业 常见违章现象与预防措施

- ▶ 主 编 鲍俊才  
▶ 副主编 本豫廷 李红涛 乔晓蓓

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

# 前 言

保证电网安全、稳定、经济地运行，是依靠先进的管理水平，实时地完善与巩固设备的完好性来实现的。保证连续性供电，是国民经济发展对供电企业的基本要求。随着我国经济建设的不断发展，供电可靠率已成为供电企业重要的考核指标，提高供电可靠性已成为当前供电企业的一项重要任务。这就要求供电企业一方面提高电力设备的装备水平，提高设备稳定运行的可靠性，来降低设备的维修与维护次数；另一方面通过开展带电作业，对线路（设备）进行不停电检修和维护工作，提高供电可靠性。

带电作业所创造的经济效益包括可计算和难以计算的两部分。可计算部分可归结为直接效益和社会效益两种形式。直接效益是电力部门获得的部分；社会效益是由于多供电给厂矿企业，使厂家和地方财政多得到的效益。难以计算的效益则体现在降低供电事故中，包括提高供电可靠性，消除不良影响，方便人民生活等诸多方面。

为了全面推动配电线路带电作业的可持续性开展，必须依据国家电网公司《电力安全工作规程》、《国家电网公司生产技能人员职业培训规范 第 8 部分 配电线路带电作业》规定的标准和内容进行培训，结合实际，对照安全规定和技术标准，针对配电线路带电作业的“人、管理、方法、环境”4 个方面进行有效、可靠的管理与控制，在学习、实践、总结和不断完善的基础上，加强带电作业队伍建设，使带电作业的操作方法在日趋成熟的基础上不断更新，持续改进带电作业工具，实现带电作业工作流程规范化、现场作业过程标准化、带电作业管理的危险预控科学化，以此来适应电网发展和电力市场多元化的需求，从而达到保证作业安全、提高作业质量的目的。

本书系统介绍了 10kV 配电线路带电作业常见违章现象与预防措施，内容包括带电作业基本知识、带电作业的基本原理、带电作业安

全间隔、现场作业勘察制度、电力企业紧急救护知识、常见违章现象与预防措施。

本书由鲍俊立任主编，本豫辽、李红涛和乔晓蓓任副主编。

本书通俗易懂、内容实用，适合供/配电企业的 10kV 配电线路带电作业人员阅读，也可作为带电作业岗位培训和相关职业教育的教学用书。

由于作者水平有限，书中难免存在错误和疏漏之处，欢迎广大读者和业内专家批评指正。

编 者

# 目 录

<b>第 1 章 带电作业基本知识</b> .....	1
1.1 间接作业法 .....	2
1.1.1 地电位作业法 .....	2
1.1.2 中间电位作业法 .....	3
1.1.3 带电水冲洗作业法 .....	3
1.2 直接作业法 .....	4
1.2.1 等电位作业法 .....	4
1.2.2 全绝缘作业法 .....	5
1.2.3 分相接地作业法 .....	5
1.3 临近作业法 .....	6
1.4 杆上绝缘工具作业法 .....	6
1.5 绝缘平台作业方法 .....	7
1.6 绝缘斗臂车作业方法 .....	7
<b>第 2 章 带电作业的基本原理</b> .....	9
2.1 电流对人体的影响 .....	9
2.2 电场对人体的影响 .....	11
<b>第 3 章 带电作业安全间隔</b> .....	15
3.1 安全间隔的定义 .....	15
3.2 最小安全间隔 .....	15
3.3 最小对地安全间隔 .....	16
3.4 最小相间安全间隔 .....	16
3.5 最小安全作业间隔 .....	16
3.6 最小组合间隙 .....	17

<b>第 4 章 现场作业勘察制度</b>	18
4.1 现场作业勘察	18
4.2 现场作业勘察记录	20
<b>第 5 章 电力企业紧急救护知识</b>	22
5.1 触电急救的处理原则	22
5.2 触电急救的操作步骤	23
5.2.1 脱离电源	23
5.2.2 伤员脱离电源后的处理	25
5.2.3 伤员的移动与转院	29
5.2.4 伤员好转后的处理	29
5.2.5 杆上触电急救	29
<b>第 6 章 常见违章现象与预防措施</b>	31
6.1 管理方面的因素	31
6.1.1 带电作业混同于停电检修作业	31
6.1.2 带电作业工器具管理制度不健全	32
6.1.3 带电作业人员的培训与实际操作不结合	33
6.1.4 带电作业人员的培养与考核制度不健全	34
6.1.5 工作票管理制度不健全	35
6.1.6 带电作业与停电检修班组间的配合问题	36
6.2 作业现场环境因素	37
6.2.1 施工现场复杂且无应对措施	37
6.2.2 带电作业时遇到天气突变的情况	38
6.2.3 作业线路情况特殊且无事先解决方案	41
6.2.4 作业过程中突然线路停电且无应对措施	42
6.2.5 作业线路编号(名称)的确认问题	42
6.2.6 作业人员与地面监护人员对作业工序意见不一致	43

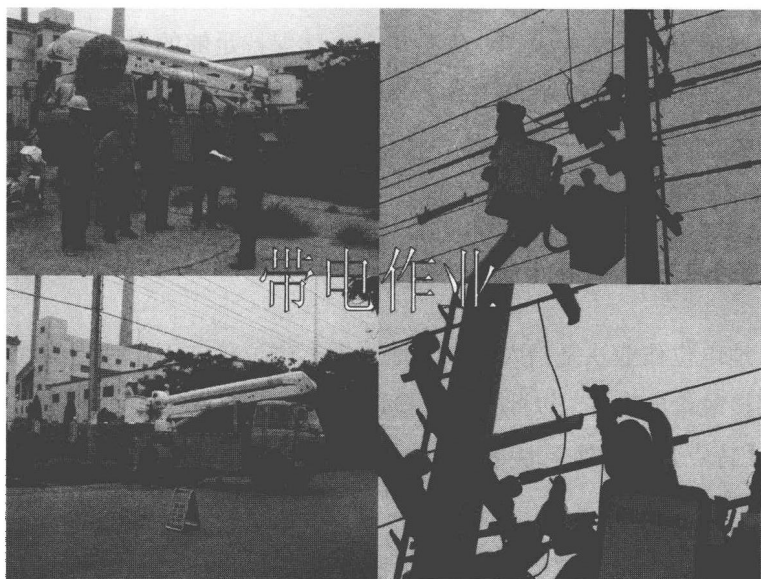
6.2.7	上斗作业人员宜忽略的违章现象	44
6.2.8	工作监护人监护注意力不集中	50
6.2.9	带电断、接引线时负荷侧“断开点”的确认	50
6.2.10	绝缘遮蔽方面易存在的问题	51
6.2.11	收取绝缘遮蔽用具时易发生的问题	52
6.2.12	绝缘遮蔽防护用具回库前未进行清擦和检查	52
6.2.13	作业前绝缘斗臂的检查	53
6.2.14	绝缘斗臂车车辆防侧翻	54
6.2.15	作业过程中绝缘斗臂车突然熄灭	55
6.3	作业机具因素	55
6.3.1	绝缘材料不合格	55
6.3.2	绝缘工器具不合格	56
6.3.3	作业者与监护人的上、下通话受噪声干扰	57
6.3.4	绝缘工器具试验超周期,应用前试(检)验方法不当	58
6.3.5	绝缘工器具试验数据有变化,未进行原因分析或未采取防范措施	59
6.4	人的因素	59
6.4.1	对“带电作业三规”不重视	59
6.4.2	作业人员身体状况不清楚	61
6.4.3	按个人意愿操作或操作步骤不规范	61
6.4.4	忽视了电容电流的影响	62
6.4.5	忽视了零值绝缘子的伤害	63
6.4.6	忽视非作业对象的危险	64
6.4.7	自我保护意识淡薄	65
6.4.8	违章传送物品	67
6.4.9	未按规定设置警示标志	68
6.4.10	带电作业工具选用方面的问题	69
6.4.11	带电作业工具运输时放置不当的问题	69

6.4.12	带电作业工具应用不当的问题	70
6.4.13	带电作业工具清洗保养方法不当的问题	72
6.4.14	司机驾驶车辆行进过程中没有自我保护意识	73
6.4.15	带电作业用工具库房不按规定进行巡视检查，不知道除湿、加热等器具出现损坏的情况	74
<b>附录 A</b>	<b>名词术语解释</b>	<b>76</b>
<b>附录 B</b>	<b>带电作业工具性能指标</b>	<b>79</b>
<b>参考文献</b>		<b>86</b>



# 第 1 章 带电作业基本知识

带电作业是指线路（设备）在正常运行的过程中，对带电线路（设备）进行测试、维护和更换部件的一种不停电检修作业方式。带电作业的内容可分为带电测试、带电检查和带电维修等几个方面。带电作业的对象包括发电厂和变电所电气设备、架空输电线路、配电线路和配电设备。带电作业的主要项目包括带电更换线路杆塔绝缘子，清扫和更换绝缘子，水冲洗绝缘子，压接、修补导线和架空地线，检测不良绝缘子，测试、更换隔离开关和避雷器，测试变压器温升及介质损耗值，检修断路器，滤油及加油，清刷导线及避雷线并涂防腐油脂等。



根据人体与带电体之间的关系，带电作业可分为以下 3 类。

- **间接作业：**包括地电位作业法、中间作业法和带电水冲洗作业法。
- **直接作业：**包括等电位作业法、全绝缘作业法和分相接地作业法。
- **临近作业法。**

在配电线路的带电作业中，按所采用的主绝缘工具来划分，可分杆上绝缘工具作业法、绝缘平台作业法和绝缘斗臂车作业法 3 种。

### 1.1 间接作业法

间接作业法是指以绝缘工具为主绝缘、绝缘穿戴防护用具为辅助绝缘的作业方法。

这种作业方法要求作业人员与带电体保持足够的安全距离，通过绝缘工具实施作业，并且人体各部分通过绝缘防护用具（绝缘手套、绝缘衣、绝缘靴）与带电体和接地体保持距离，人体并不是处于地电位。

#### 1.1.1 地电位作业法

地电位作业法是指人体处于地（零）电位状态下，使用绝缘工具间接接触带电设备，以此来达到检修目的的方法。

**【特点】**人体处于地电位时，不占据带电设备对地的空间尺寸。

**【安全条件】**

- 保证绝缘工具的有效绝缘长度。
- 保证人身对带电体的安全距离。

### 【作业工效】

地电位作业法的作业工效受以下因素影响。

- 检修设备的电压等级。
- 操作项目的复杂程度和工具的性能。
- 操作人员的技能和熟练程度。

### 1.1.2 中间电位作业法

中间电位作业法是指人体处于接地体和带电体之间的电位状态，使用绝缘工具间接接触带电设备，以此来达到检修目的的方法。

【特点】人体处于中间电位下，占据了带电体与接地体之间一定的空间距离，既要对接地体保持一定的安全距离，又要对带电体保持一定的安全距离。

【作业方式】分为内空作业和外空作业两种方式。

【安全条件】满足组合间隙要求。

【作业工效】由其作业方式所决定。

### 1.1.3 带电水冲洗作业法

带电水冲洗作业法是间接带电作业的一种特殊作业方法。

#### 【安全条件】

- 人身安全保证条件：除保持人身对带电体的安全距离外，主要是以水柱的绝缘，以及绝缘杆和水柱的组合绝缘来保证其安全。
- 设备安全保证条件：主要是防止水冲洗引起的绝缘子污闪。

【水冲洗程序】原则防止污水流经污区。

- 对于垂直状态的绝缘子串，必须自下而上进行冲洗。

➤ 对于水平排列的绝缘子串，应先冲洗下风侧。

【作业工效】比停电清扫和其他带电清扫的方法效果要好。

## 1.2 直接作业法

直接作业法是指作业人员借助高空作业车的绝缘臂或绝缘梯直接接近带电体，人体各部分穿戴绝缘防护用具直接作业的方法。

直接作业法在名称上不应称为等电位作业法，因为当戴绝缘手套作业时，人体与带电体并不是等电位的。

在配电线路带电作业中，无论是采用直接作业法，还是采用间接作业法，若按作业人员的人体电位来划分，均属于中间电位作业法。

### 1.2.1 等电位作业法

等电位作业法是指人体与带电体处于同一电位下，人体直接接触带电部件进行作业的方法。人与带电体的关系：接地体—绝缘体—人体—带电体。

- 沿绝缘子串进入法
- 绝缘水平梯进入法
- 绝缘软梯进入法
- 绝缘立梯进入法
- 绝缘挂梯进入法
- 吊篮进入法
- 绝缘斗臂车进入法

### 【安全条件】

- 作业人员等电位后对接地体的安全距离。
- 等电位过程中人员对带电体、接地体的组合间隙。

【作业工效】电压等级越高，等电位作业越方便、安全，工效也越高。

### 1.2.2 全绝缘作业法

全绝缘作业法是指对设备和人体两方面进行绝缘封闭后，人体直接接触设备带电部件进行检修的方法。人与带电体的关系：接地体—绝缘体—人体—绝缘体—带电体。

【安全条件】主要是依靠绝缘服和绝缘遮蔽物的耐压水平。

### 1.2.3 分相接地作业法

分相接地作业法是指将检修相施行人为接地后，使该相处于地电位状态下，人体直接接触检修设备进行作业的方法。

【条件】只适用于 66kV 及以下中性点不直接接地系统。属于故障运行状态，最多只允许维持 2h。

【作业方法】该作业法是在地电位条件下进行作业的。但在分相接地的过程中，需要采用间接作业法，使用绝缘工具来安装消弧棒或消弧开关等消弧装置，将检修相进行人为接地。

【安全保证】带电作业应满足的 3 个技术条件：

- 流经人体的电流不超过人体感知水平（1mA）。人体体表场强至少不超过人的感知水平（2.4kV/cm）。电场的强弱也会使人体产生不同的感觉，如针刺感、风吹感、蛛网感、异声感。人体对电场的感知水平为 2.4kV/cm，此时人体皮肤上会产生

“微风吹拂”的感觉。

- 保证可能导致对人身放电的那段空气距离足够大；要求人体各部位不允许有过大的电位差。对设备安全来说，是保证非接地相对地或相间对可靠绝缘。
- 需要解决好接触电压、跨步电压，以及断线或换线时负荷电流的分流等问题。

### 1.3 临近作业法

临近作业法是指通过空气间隙来保持对带电体的安全距离，在带电体附近更换带电设备的无电部件进行作业的方法。

【安全条件】主要是通过空气间隙的安全距离来保证的。

- 人身与带电体之间的安全距离；
- 作业所使用的工具、材料对带电体之间的安全距离。

### 1.4 杆上绝缘工具作业法

杆上绝缘工具作业法是指作业人员通过登杆器具（脚扣等）登杆至适当位置，系上安全带，保持与系统电压相适应的安全距离，再应用端部装配有不同工具附件的绝缘杆进行作业的方法。采用杆上绝缘工具作业方法时，一是以绝缘工具、绝缘手套、绝缘靴组成带电体与地之间的纵向绝缘防护，其中绝缘工具起主绝缘作用，绝缘靴、绝缘手套起辅助绝缘作用；二是以绝缘遮蔽罩和绝缘服组成带电体与人之间或不同相带电体之间的横向绝缘防护，避免在作业过程中，因人体的某个部位的动作幅度过大造成相间短路或相对地短路。

杆上绝缘工具作业方法的特点是不受交通和地形条件的限制，在高空绝缘斗臂车无法到达的杆位均可进行作业。但其机动性、便利性及空中作业范围不及绝缘斗臂车作业。现场监护管理人员主要应监护人体与带电体的安全距离、绝缘工具的最小有效长度，作业前应严格检验所用工具和防护用具的电气绝缘强度和机械强度。

### 1.5 绝缘平台作业方法

绝缘平台通常以绝缘人字梯、独脚梯、绝缘车斗等构成。作业人员既可以通过绝缘工具用间接法进行作业，也可以应用绝缘手套进行直接作业，但以绝缘平台对地之间的绝缘起主要绝缘作用。

无论是间接作业法还是直接作业法，一般情况下，在被检修相上开展作业之前，均应采用绝缘遮蔽和隔离用具对相邻相带电体进行遮蔽或隔离。同时，作业人员应穿戴全套绝缘防护用具。当通过绝缘手套直接作业时，橡胶绝缘手套外应套上防磨破或刺穿的防护手套。

### 1.6 绝缘斗臂车作业方法

采用绝缘斗臂车进行带电作业的方法具有升空便利、机动性强、作业范围大、机械强度高、电气绝缘性能好等优点。带电作业绝缘斗臂车自 20 世纪 30 年代在欧美国家开始研制，到 50 年代已在输/配线路带电作业中得到广泛应用。绝缘斗臂车的绝缘臂采用玻璃纤维增强型环氧树脂材料制成，绕制成圆柱形或矩形截面结构，具有质量小、机械强度高、绝缘性能好、憎水性强等优点，在带电作业时为人提供相对地的绝缘防护。绝缘斗有的为单层斗，有的为双层斗。双

## 10kV 配电线路带电作业常见违章现象与预防措施

层斗的外层斗一般采用环氧玻璃钢制作，内层斗采用聚四氟乙烯材料制作。绝缘斗应具有高强度电气绝缘，与绝缘臂一起组成相对地之间的纵向绝缘，使整车的泄漏电流小于  $500\mu\text{A}$ 。在工作时，若绝缘斗同时触及两相导线，应不发生沿面闪络。

绝缘斗臂车的作业斗定位，有的是通过绝缘臂上部斗中的作业人员直接操作，有的是通过下部驾驶台上的人员控制，有的作业车上、下部都可以进行液压控制。作业斗具有水平方向和垂直方向旋转功能，可平行电线或电杆作水平或垂直移动。采用高空绝缘斗臂车进行配电网的带电作业是一种便利、灵活、应用范围广泛、劳动强度较低的作业方法。



## 第 2 章 带电作业的基本原理

电对人体的危害作用有两种：一种是在人体的不同部位同时接触有电位差的带电体，电流通过人体时发生的；另一种是在带电设备附近工作时，尽管人体并未接触带电体，但却有风吹、针刺、蠕动等不适感，这是由空间电场引起的。为什么带电作业人员可以在运行的电气设备上安全工作，甚至直接接触高达数十万伏电压的带电体而不遭受触电伤害呢？这就要了解并掌握带电作业的工作原理。

### 2.1 电流对人体的影响

如果人体被串接于闭合电路中，人体中就会流过电流，其大小为

$$I_r = U/Z_r$$

式中， $Z_r$  为人体的阻抗。人体阻抗包括人体内阻抗和皮肤阻抗两部分。可以认为人体内阻抗基本上是电阻，仅有一小部分的电容分量。皮肤阻抗可看做一个阻容网络，随电压、频率、电流持续时间、接触面积、接触压力、皮肤湿度和温度的变化而变化。

表 2-1 给出的是在干燥条件下，接触面积为  $50\sim 100\text{cm}^2$ ，电流路径为手—手或手—脚的人体阻抗值。

从表 2-1 数据可看出，人体阻抗因人而异。

在接触电压为  $220\text{V}$  时，有 5% 的人体阻抗小于  $1000\Omega$ ；有 50% 的人体阻抗小于  $1350\Omega$ ；有 95% 的人体阻抗小于  $2125\Omega$ 。