

中等职业学校电气运用与维修专业教学用书

电工技能与实训

项目式教学

杨国贤 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

中等职业学校电气运用与维修专业教学用书

电工技能与实训

——项目式教学

杨国贤 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是职业院校电气运用与维修专业教材,贯彻落实“以服务为宗旨,以就业为导向,以能力为本位”的职业教育办学指导思想,编写而成。

本书主要内容包括:电工从业指导、安全用电常识、常用电工工具的使用、电工基本操作、常用电工仪表的使用、室内线路与电气照明、常用低压电器的安全使用、三相异步电动机的使用、三相异步电动机的控制、电力变压器的使用与维护、电工识图。

本书为适应目前职业院校教学改革的需要,加强实践环节,采用项目式方法编写,注重培养学生的综合职业能力。本书附学习卡/防伪标,按照书末“郑重声明”下方的使用说明进行操作,可查询图书真伪并赢取大奖,也可登录 <http://sve.hep.com.cn>,上网学习,下载资源。

本书可作为职业院校电气技术应用、电气自动化、生产过程自动化、机电一体化及相关专业教材,可供不同学制、不同地区的学校灵活选用,也可作为岗位培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工技能与实训:项目式教学/杨国贤主编. —北京:高等教育出版社,2009.5

ISBN 978-7-04-025920-9

I. 电… II. 杨… III. 电工技术-专业学校-教材
IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 053316 号

策划编辑 李宇峰 责任编辑 孙 薇 封面设计 于 涛 责任绘图 尹 莉
版式设计 张 岚 责任校对 俞声佳 责任印制 张泽业

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京丰源印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 11
字 数 260 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2009 年 5 月第 1 版
印 次 2009 年 5 月第 1 次印刷
定 价 15.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 25920-00

前 言

为贯彻《国务院关于大力发展职业教育的决定》，进一步提高电工从业人员的基本素质和专业技能，增强职业院校学生的就业能力，满足职业技能培训及技能鉴定需要，我们组织编写了这本教材。

本书的特点是符合学生实际，起步低，用大量的实际操作图片加解释语言演示各种现场操作方法，学生可以直观明了地跟着书中内容学习和训练各种电工技能，使学生“一看即懂，一读就通，一学就会”。

1. 严格按照《维修电工国家职业标准》的要求编写。注重理论联系实际，集理论知识、操作技能和鉴定试题于一体，力求满足广大考证人员的需求。

2. 突出重点，力求实用。对较基础的理论知识采用图表、归纳形式，简明、易懂，便于掌握。同时按照实用性要求安排学习和训练，做到实用、够用、必用。

3. 内容新颖，突出时代感。本书力求较多地介绍新知识、新技术、新工艺、新方法等内容，树立以考证人员为主体的编写理念，力求使本书的内容有所创新，使教材贴近国家技能鉴定内容，为广大考证人员所乐用。

本书由杨国贤担任主编，杨国贤、郭建群编写。本书大部分均取自于操作现场和编者自己的亲手实践，此外还得到了郭习昌、龙如贤、王春伟等同志和很多同仁的大力支持与帮助，在此表示感谢。本书经中国职教学会教学工作委员会电工电子教学研究会审定，湖南铁道职业技术学院赵承荻教授主审。

由于编者水平所限，加上时间仓促和条件限制，书中难免存在不完善、错误和疏漏，敬请教者和学者批评指正并提出改进意见，以期今后得到不断完善和补充。

本书采用出版物短信防伪系统，用封底下方的防伪码，按照本书最后一页“郑重声明”下方的使用说明进行操作可查询图书真伪并赢取大奖。

本书同时配套学习卡资源，按照本书最后一页“郑重声明”下方的学习卡使用说明，登录<http://sve.hep.com.cn>，可上网学习，下载资源。

编 者

2009年4月

目

录

电工技能一 电工从业指导	1
一、电工作业人员要进行技能培训	1
二、电工作业人员必须具备的条件	1
三、从事电工工作的一般工作任务	1
四、电工上岗前的准备	2
五、电工作业人员的职业道德要求	2
六、电工作业人员的安全职责	3
七、电工安全作业的几项规定	3
八、电工作业应采取的安全措施	5
九、电工作业人员必须掌握停电程序	5
十、安全生产的意义	6
十一、电工人员要克服的“五个字”	6
电工技能二 安全用电常识	7
一、电的特点与两重性	7
二、人体触电的几种情况	7
三、人体触电的种类与伤害分类	9
四、电流伤害人体的程度与哪些因素有关	9
五、安全电压	10
六、预防人体触电的措施	11
七、触电急救常识	15
八、电气防火、防爆、防雷常识	17
电工技能三 常用电工工具的使用	21
一、低压验电笔	21
二、起子	22
三、钢丝钳	22
四、尖嘴钳	23
五、电工刀	24
六、活络扳手	24
七、手钢锯	25
八、电烙铁	26

九、电锤	26
十、水泥杆脚扣	27
十一、安全带	28
十二、压线钳	29
十三、高压操作棒	31
电工技能四 电工基本操作	32
一、线芯截面积为 4 mm^2 以下的塑料绝缘导线端头绝缘层的剥削	32
二、线芯截面积大于 4 mm^2 的塑料绝缘导线端头绝缘层的剥削	32
三、塑料护套线端头绝缘层的剥削	33
四、塑料花线绝缘层的剥削	33
五、单股铜芯导线的直线连接	34
六、单股铜芯导线的 T 形连接	35
七、双股导线的对接	36
八、多股铜导线(7 股线)的直线连接	37
九、多股铜导线(7 股线)的 T 形连接	39
十、不等直径导线的连接	40
十一、花线头的打结	40
十二、单股导线与接线螺钉的连接	41
十三、多股导线与接线螺钉的连接	42
十四、导线与接线桩的连接	42
十五、直导线在蝶式绝缘子上的绑扎	43
十六、终端导线在蝶式绝缘子上的绑扎	44
十七、导线连接处绝缘层的恢复	45
十八、压接后接线鼻处绝缘层的恢复	45
电工技能五 常用电工仪表的使用	47



一、指针式电工仪表的相关知识	47	四、三相异步电动机定子绕组端	
二、交流电流表的使用	47	子判别	117
三、交流电压表的使用	48	五、三相异步电动机的故障检查	117
四、指针式万用表的使用		六、三相异步电动机的运行监视	118
(以 MF47 型为例)	49	电工技能九 三相异步电动机的控制	120
五、数字式万用表的使用		一、继电器-接触器控制线路安装	
(以 UT33B 型为例)	53	步骤	120
六、钳形电流表的使用		二、三相异步电动机的点动控制	120
(以 PG811 型为例)	56	三、三相异步电动机的单向运转	
七、兆欧表的使用	57	控制	123
八、接地电阻测定仪	60	四、三相异步电动机的正、反转	
电工技能六 室内线路与电气照明	62	控制	129
一、室内配线	62	五、三相异步电动机的降压启动	139
二、白炽灯的安装	67	六、三相异步电动机的制动控制	142
三、荧光灯具的安装	74	七、三相异步电动机的正、反转	
四、插座的安装	75	自动循环控制	146
五、其他常用灯具介绍	79	八、继电器-接触器控制线路故	
六、进户装置的安装	80	障检查	146
七、配电板的安装	82	电工技能十 电力变压器的使用与	
八、家用配电箱、漏电保护器的		维护	149
安装	84	一、电力变压器的作用	149
电工技能七 常用低压电器的安全使用	87	二、电力变压器的型号和技术	
一、低压熔断器	87	参数	149
二、低压开关电器	90	三、电力变压器的结构简介	150
三、主令电器	99	四、电力变压器运行中的维护检查	152
四、交流接触器	102	五、电力变压器事故处理	152
五、热继电器	105	电工技能十一 电工识图	155
六、时间继电器	107	一、电工人员必须识读电工用图	155
七、中间继电器(JZ7 系列)	110	二、电工图纸中的常用图形符号	
电工技能八 三相异步电动机的使用	112	和文字符号	155
一、三相异步电动机的外形与铭牌	112	三、电气原理图及其绘制原则	155
二、三相异步电动机的安装、接线		四、安装接线图及其绘制原则	156
与试运行	113	五、识图方法与步骤	157
三、三相异步电动机的基本结构		附录 电工识图有关符号和代号	159
与拆装	114	参考文献	167

1

电工技能一 电工从业指导

一、电工作业人员要进行技能培训

电工作业属特种作业,容易发生伤亡事故,对操作者本人、他人及周围设施、设备的安全造成重大危害。据触电伤亡资料统计,大量的事故是由于操作人员缺乏安全知识或安全操作技能差或违章作业造成的。根据国家颁布的《电工作业人员安全技术考核标准》规定,电工作业(简称电工)人员安全技术培训,必须根据其工作岗位的要求,按该标准相应的内容进行。培训时间不得少于100学时。电工作业人员除学习电工基础理论、专业技术理论和安全技术理论外,还必须进行电工安全作业的技能操作训练,经考核合格取得操作资格证书后,方可上岗作业。这样将会提高电工作业人员的安全技术素质,极大地减少由于电工作业的不安全而引起的人身和设备事故,保证现代化经济建设的顺利进行。

二、电工作业人员必须具备的条件

电工作业人员必须具备下列条件:

- ① 经医师鉴定身体健康,无妨碍工作的病症(如心脏病、神经病、色盲等)。
- ② 具备必要的电气知识,且按其职务和工作性质,熟悉本部门专业技术和安全操作规程的相关部分,并经考试合格,取得安监部门发给的电工操作证。
- ③ 电工人员每年要参加一次安全规程考试,考试成绩将记入电工操作证,不合格者要停止工作。因故间断电气工作三个月以上者,必须重新温习安全操作规程,并经考试合格后方能参加工作。

新参加电工专业工作的人员、实习人员和临时参加劳动的人员,必须进行安全教育,然后在电工人员的指导下进行工作。

三、从事电工工作的一般工作任务

电工的工作任务包括电气系统设备及线路等的值班、维护、安装、调试、维修等。从事这项工作的人员,对工作能力特征有较高的要求,必须具备一定的观察、判断和推理能力,对职业技能要求较高。

1. 值班

电工人员有部分从事值班工作,大体分为三类:

(1) 电气设备调度值班



电气设备调度值班是指根据电气设备负荷大小和外线故障下达电能分配和停送电命令。

(2) 运行操作值班

运行操作值班是指按照电气设备及线路运行规程要求,对投入使用的电气设备及线路运行状态进行监视、控制、记录,并执行上级调度命令进行停电、送电、倒闸等一系列工作。

包括变电站运行操作值班、变电所运行操作值班、车间或部门电气设备运行操作值班等。

(3) 维修、检修和保养维护值班

维修、检修和保养维护值班是指按照电气设备及线路运行规程要求,对投入使用的电气设备及线路运行状态进行及时检查、保养和维护,必要时,在保证人员安全及设备安全的情况下,进行停电、检修、维修等一系列工作。

包括变电站运行维修、检修、保养维护值班,车间或部门电气设备运行维修、检修、保养维护值班等。

2. 安装 电工人员从事电气安装工作的,必须按规程、规范、标准的设计要求,将电气设备的元器件按正确线路安装好,并使其能正常运行工作。

3. 调试 电工人员从事调试电气设备工作的,应按规程、标准的设计要求去检测、调试安装连接好后的电气设备,并对设备运行参数进行调整和试验,对其可靠性、灵敏度和动作准确性进行调整,以保证电气设备安全地正常工作运行。

4. 维护

电工人员从事维护工作的,应在日常工作中对电气设备及线路进行检查、巡视,以便发现缺陷及时停电检修,消除隐患。

5. 维修

电工人员中大部分从事电工检修工作,他们按照运行规程周期性地或利用停电机会,对运行中的电气设备及线路进行小修、中修和大修等检查修理工作。如果运行中的电气设备及线路出现异常现象,电工值班维修人员就要及时停电进行维修,对运行中损坏的电气设备、元器件等进行修复或者是更换,使电气设备及线路尽快恢复正常工作。

四、电工上岗前的准备

电工上岗前必须经过安全、技术、职业道德的培训,并经考试合格后方能成为一名电工人员,电工人员在工作中要做到“三熟三能”,即熟悉设备、系统的基本原理,熟悉操作和事故处理,熟悉本岗位的规章制度;能分析电气运行状况,能及时发现并排除故障,能掌握一般维修技能。电工人员在岗位上,应尽职尽责地工作,确保电气设备正常安全运行。

五、电工作业人员的职业道德要求

电工是一种特殊的工种,是直接为工农业生产和生活服务的。因此,职业道德风范是否优良是非常重要的,电工人员应有严于律己的精神,遵守电工职业道德规范。

电工职业道德规范主要包括以下几方面:

- ① 忠于职业责任。
- ② 遵守职业纪律。
- ③ 交流电工专业技术和安全操作技术。
- ④ 团结协作。

六、电工作业人员的安全职责

为了保证正常的生产和工作,保证电工作业的安全,减少触电伤亡事故和运行事故的发生,电工作业人员应该做到以下几点:

- ① 认真学习并严格遵守各项规章制度,遵守劳动纪律,不违章作业,并制止他人违章作业。
- ② 认真执行本单位、本部门为所在岗位制定的岗位职责和现行有关安全用电等规章制度。
- ③ 努力学好电工专业技术和安全操作技术,提高预防事故和职业危害的能力。
- ④ 根据工艺条件精心操作,各种生产记录要正确、清楚、可靠。并能正确分析、判断和处理事故。
- ⑤ 班前、班后检查所用工具、设备,保证安全可靠,并做到正确使用。保持作业现场整洁,爱护和正确使用劳保用品。
- ⑥ 认真做好电气线路和电气设备的监护、检查、保养、维护、安装等工作。
- ⑦ 爱护和正确使用机电设备、电工工具和电气安全用具。
- ⑧ 积极采纳有利于安全作业的意见和建议,对违章指挥作业的应及时予以指出,必要时向有关领导部门报告。
- ⑨ 努力学习电气安全技术知识,不断提高电气技术操作水平。

七、电工安全作业的几项规定

1. 避免触电的“五条禁令”

- ① 严禁不使用工作票在电气设备上工作(属于口头或电话命令范围的要作好记录,并明确工作内容和安全注意事项)。
- ② 严禁未经验电,且在工作地段两端未挂接地线的情况下在高压设备上作业(验电、接地都应使用合格工具)。
- ③ 严禁约时停、送电,送、配电线路停电作业必须使用“停电区域图”。
- ④ 严禁无人监护、单人在高压设备上工作,施工前应严格遵守悬挂标示牌和装设遮拦的规定。
- ⑤ 严禁使用未经考试合格的农电员、大集体等非电作业人员在高压设备上工作(已考核合格者也要由电业职工担任工作负责人)。

2. 避免误操作的“五条禁令”

- ① 严禁不使用工作票进行倒闸操作(事故处理等可不用操作票的操作应记入操作记录簿)。
- ② 严禁无人监护进行操作(单人值班变电站应与调度核对并做好记录)。

- ③ 严禁未经“三核对”就盲目操作。
- ④ 严禁未经唱票、复诵就盲目操作。
- ⑤ 严禁不按规定使用相应的安全工具进行操作。

3. 防误装置的“五防”功能

- ① 防止误分、误合断路器。
- ② 防止带负荷拉、合隔离开关。
- ③ 防止带电挂(合)接地线(地刀)。
- ④ 防止带接地线(地刀)合断路器(隔离开关)。
- ⑤ 防止误入带电间隔。

4. 农电检修施工现场“五查一落实”

(1) 五查

- ① 查领导安全责任制落实情况。
- ② 查关键岗位、关键人的素质。
- ③ 查安全工器具的管理。
- ④ 查现场作业实施情况。
- ⑤ 查“两标”执行情况。

(2) 一落实

落实农电检修、施工现场“三防十要”反事故措施。

附：“三防十要”反事故措施

(1) 三防

- ① 防止触电伤害。
- ② 防止高空坠落。
- ③ 防止倒(断)杆伤害。

(2) 十要

- ① 工作前要勘察施工现场,提前进行危险点分析与预控。
- ② 检修施工要使用工作票,作业前现场进行安全交底。
- ③ 施工现场要设专人监护,严把现场安全关。
- ④ 电气作业要先进行停电,验明无电后即装设接地线。
- ⑤ 高空作业要戴好安全帽,脚扣登杆全过程系安全带。
- ⑥ 梯子登高要有专人扶守,必须采取防滑、限高措施。
- ⑦ 人工立杆要使用抱杆,必须由专人进行统一指挥。
- ⑧ 撤杆撤线要先检查杆根,必须加设临时拉线或拉绳。
- ⑨ 交通要道施工要双向设置警示标志,并设专人看守。
- ⑩ 撤放线邻近或跨越带电线路要使用绝缘牵引绳。

八、电工作业应采取的安全措施

为了保障人身安全和电气设备的正常运行,电工人员在安装和使用电气设备时,一定要遵守安全操作规程,掌握必要的安全常识,并在工作中采取一定的安全措施,确保人身和电气设备安全。

① 安装运行的各种电气设备,必须按电气设备接地的范围对设备的金属外壳采取接地或接零措施,以确保人身安全。

② 安装的电源开关,必须能够在断电时断开与负载串接的保险,可靠切断电气设备的电源,开关上电源进线和出线不得倒装。

③ 所有安装的电灯相线,均需进入开关控制。

④ 电源插座不允许安装得过低和安装在潮湿的地方,安装三眼插座时,中间的接地插孔要单独安装保护线,插座电源必须按“左零(中性线)右火(相线)”接通电源。

⑤ 室内布线不允许使用裸体线和绝缘不合格的电线;电源线禁止使用电话线代替;电线截面必须能承受最大负载电流,绝缘性能良好。

⑥ 电气设备的熔断器要与该设备的额定工作电流相适应,不能装接过大电流的熔断器,更不能用其他金属丝随意代用,闸刀开关的熔断器要上好保护盖。

⑦ 在施工中,临时架设的线路及移动的电气设备的绝缘必须良好,使用完毕要及时拆除;使用电动工具和电动机械时,应装开关插座,在露天使用的开关、闸刀及电表等应有防雨措施。

⑧ 在施工过程中,电动机械和电气设备的照明因工作需要拆除后不应留有有可能带电的电线,如果要保留电线,也应切断电源,并将裸露的电线端部包上绝缘胶带。移动电动机械和电气设备应尽量先断电后移动。

⑨ 如果发现电线断落在水中或潮湿地面上,绝不可用手去触及带电体,应立即断电或用绝缘工具把带电体移开处理。

九、电工作业人员必须掌握停电程序

电工作业人员掌握停电程序有利于常用电气设备的检修和维护,有利于与用户沟通和协商,保证电气设备的安全运行和用户的安全用电。

1. 停电程序

① 因供电设施计划检修需要停电时,应提前7天通知用户或进行公告。

② 因供电设备临时检修停电时,应提前24小时通知用户或进行公告。

③ 发、供电系统发生故障需要停电、限电或计划限电、停电时,供电企业应按确定的限电序位进行停电或限电。

2. 停电办理程序

① 应将停电的用户、原因、时间报本单位负责人批准。批准权限和程序由省电网经营企业制定。

② 在停电前3~7天内,将停电通知书送达用户,对重要用户的停电,应将停电通知书报送

同级电力管理部门。

③ 在停电前 30 分钟,将停电时间再通知用户一次,方可在通知规定时间实施停电。

3. 恢复供电程序

① 无论何种原因停电或限电,在引起停电或限电的原因消除后,供电企业应在 3 日内恢复供电。

② 不能在 3 日内恢复供电的,供电企业应向用户说明原因。

十、安全生产的意义

安全对于电工作业非常重要,安全生产关系到人身安全和设备安全各方面,渗透到社会的方方面面,具有十分重要的意义。在电工作业和电力管理中,搞好电工作业的安全生产是关系到生命和财产的头等大事,如果对其认识不足,对电气设备的安装、维修和使用不当,违章作业或错误操作,都会引发事故,除造成人员伤亡外,还可能造成大面积停电,给国民经济带来不可估量的损失。为此“国家电网公司”制定了《安全生产工作规定》和《安全生产监督规定》,国家制定了《特种作业人员安全技术考核管理规则》等。搞好电气安全工作,必须坚持“安全第一,预防为主”的方针,认真执行国家电网公司制定的《安全技术劳动保护七项重点措施》。

十一、电工人员要克服的“五个字”

“生”字:生就是对设备、系统、部件位置生疏,对自己要操作的设备恍恍惚惚,一知半解。

“怕”字:怕丢面子、不懂也不去请教,心里没底,又要逞强。

“骄”字:自以为业务熟、技术高、耍小聪明、操作时漫不经心,把执行工作票看成多余,把规章视为累赘。

“忙”字:俗话说“忙中出错”。一忙,往往顾此失彼,只顾快,忽略了准,“误操作”就会乘虚而入。

“散”字:精力不集中,心不在焉。心被其他杂事牵去了,如过度的兴奋、悲伤,和同事、领导闹了矛盾等,都可能引起误操作。

2

电工技能二 安全用电常识

一、电的特点与两重性

1. 电的特点

- ① 传递速度特别快(约 3×10^8 m/s)。
- ② 形态特殊,看不见、听不到、闻不着、摸不到,只能用仪表才能测得电流、电压及其波形等。
- ③ 能量转换方式简单,可以及时转换为光、热、磁、化学、机械能等多种形式。
- ④ 网络性强,电力系统是由发电厂、电力网和用电设备组成一个统一整体,其发电、供电都在一瞬间完成,如果局部发生故障就会波及整个电网。

由于发电、供电和用电同时进行,故在安装、检修和使用电气设备过程中,如果考虑不周或操作不当,往往容易引起人员伤亡、设备损坏,造成火灾、爆炸等电气事故,必须认识到用电安全是人命关天的大事。

2. 电具有两重性

电既对人类存在有利的一面,也存在不利的一面,使用得当能促进工农业生产、给人类生活带来幸福,使用不当会给人类带来一定的危害。关键在于人们掌握这一客观事物的性能及其运行规律。

二、人体触电的几种情况

1. 单相触电

在低压电力系统中,若人站在地上接触到一根相线,即为单相触电或称单线触电,如图 2.2.1(a)~(c)所示。

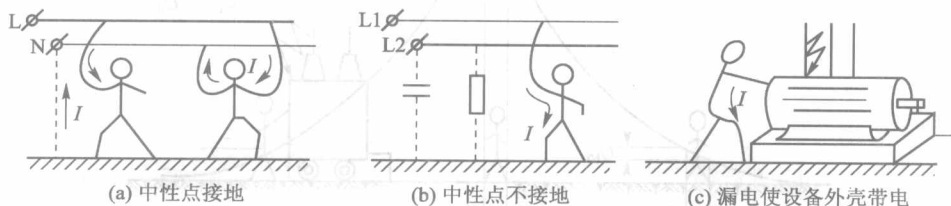


图 2.2.1 单相触电示意图

发生单相触电有三种情况:

第一种:人站在地上,人体部位触及一根相线,如图 2.2.1(a)所示。

第二种:人体的不同部位同时触及一根中性线和相线(包括同时触及某根导线断开处的两端导体),如图 2.2.1(b)所示。

第三种:人站在地上,人体部位触及漏电的设备外壳,如图 2.2.1(c)所示。

2. 两相触电

在低压电力系统中,人体不同部位同时接触两相电源带电体而引起的触电称为两相触电,如图 2.2.2(a)、(b)所示。

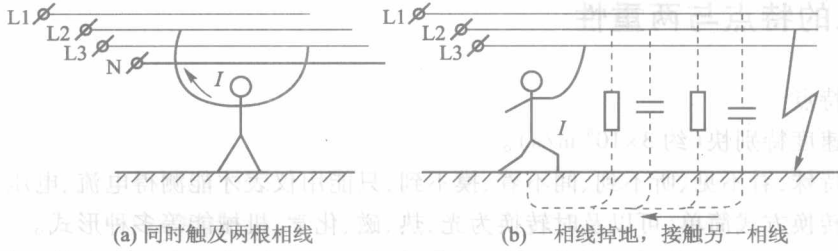


图 2.2.2 两相触电示意图

发生两相触电有两种情况:

第一种:人体同时触及两相电源相线,如图 2.2.2(a)所示。

第二种:人站在一根掉地相线附近触及另一根相线,如图 2.2.2(b)所示。

3. 接触电压、跨步电压触电

当外壳接地的电气设备绝缘损坏而使外壳带电,或导线断落发生单相接地故障时,电流由设备外壳经接地线、接地体(或由断落导线经接地点)流入大地,向四周扩散,在导线接地点及周围形成强电场,如图 2.2.3 所示。

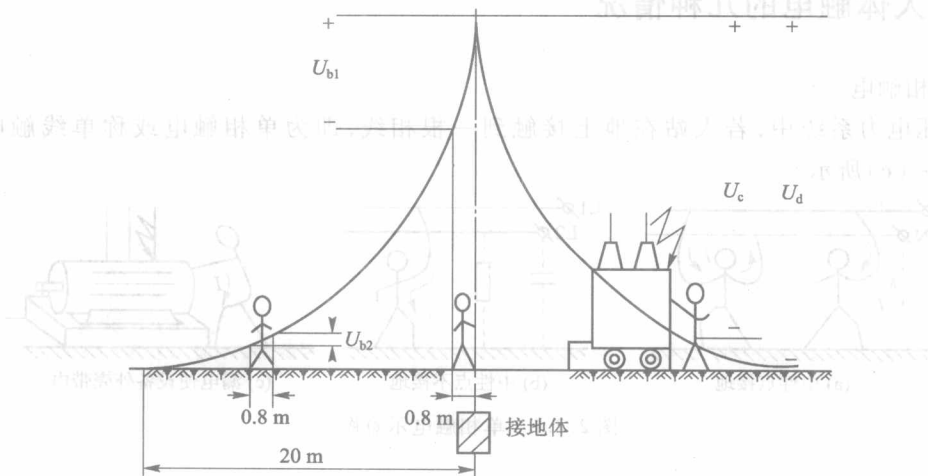


图 2.2.3 接触电压触电与跨步电压触电示意图

解释:

① 一般人的跨步间距为 0.8 m。

② 接地体附近曲线陡度很大,说明该地段两点间的电位差大,随着远离接地体,曲线渐近平缓,说明两点间的电位差较小,20 m 以外近似无电位差,把 20 m 以外的大地称为零电位。

接触电压:人站在地上触及带电的设备外壳,手与脚间所承受的电压,如图 2.2.3 中 U_c 所示。

跨步电压:人站立在设备附近地面上,两脚之间所承受的电压,如图 2.2.3 中的 U_{b1} 、 U_{b2} 所示。

注:① 接触电压在 220 V 单相电路里,可高达上百伏,足以致人伤亡。

② 跨步电压随接地电阻上的压降增大而增大,在 380/220 V 电路里,有时高达数十伏,也会危及人身安全。

4. 悬浮电路上的触电

使用隔离变压器,可使输出电压相对于大地处于悬浮状态。人体触及输出电压中的一根导线不会触电,若同时触及两根导线则会造成触电,此类触电属于悬浮电路触电。检修此类设备时要求单手操作。

三、人体触电的种类与伤害分类

1. 触电原因

直接接触:人体直接接触或过分接近带电体而触电。

间接触电:人体触及正常时不带电而发生故障时才带电的金属导体。

常见的触电原因:

- ① 线路架设不规格。
- ② 电气操作制度不严格。
- ③ 用电设备不合要求。
- ④ 用电不规范。

2. 伤害分类

电击:指电流通过人体时所造成的内伤,就是通常所说的触电,触电死亡的绝大部分是电击造成的。

如:肌肉抽搐、窒息、心脏停跳等。

电伤:由电流的热效应、化学效应、机械效应以及电流本身作用对人体外部(皮肤)所造成的局部创伤。

如:灼伤、烙伤、皮肤金属化等。

四、电流伤害人体的程度与哪些因素有关

电流伤害人体的程度一般与下面几个因素有关:

- ① 通过人体电流的大小。

② 加在人体电压的高低。

③ 通过人体电流的时间长短。

④ 通过人体电流频率的高低。

⑤ 电流通过人体的部位。

⑥ 触电者的身体状况。

注：工频电流对人体的作用见表 2.4.1。

表 2.4.1 工频电流对人体的作用

电流/mA	电流持续时间	生理效应
0~0.5	连续通电	没有感觉
0.5~5	连续通电	开始有感觉,手指、手腕等处有麻感,可以摆脱带电体
5~30	数分钟以内	痉挛,不能自己摆脱带电体,呼吸困难,血压升高,是可以忍受的极限
30~50	数秒至数分	心脏跳动不规则,昏迷,血压升高,强烈痉挛,时间过长即引起心室颤动
50~数百	低于心脏搏动周期	受强烈刺激,但未发生心室颤动
	超过心脏搏动周期	昏迷,心室颤动,接触部位留有电流通过的痕迹
超过数百	低于心脏搏动周期	在心脏易损期触电时,发生昏迷,心室颤动,接触部位留有电流通过的痕迹
	超过心脏搏动周期	心脏停止跳动,昏迷,可能致命的电灼伤

警告：

① 摆脱电流：成年男性约 16 mA，成年女性约 10.5 mA。

② 电流通过人体脑部和心脏时最危险。

③ 40~60 Hz 交流电对人的危害最大。

以工频电流为例，当 1 mA 左右的电流通过人体时，会产生麻刺等不舒服的感觉；当 10~30 mA 的电流通过人体时，会产生麻痹、剧痛、痉挛、血压升高、呼吸困难等症状，但通常不致有生命危险；电流达到 50 mA 以上，就会引起心室颤动而有生命危险；100 mA 以上的电流，足以致人于死地。

通过人体电流的大小与触电电压的高低和人体电阻的大小有关。人体电阻一般为 1~2 kΩ。

五、安全电压

1. 安全电压

不带任何防护设备，对人体各部分组织均不造成伤害的电压值，称为安全电压。

2. 世界各国对安全电压的规定

世界各国对于安全电压的规定有：50 V、40 V、36 V、25 V、24 V 等，其中以 50 V、25 V 居多。

国际电工委员会(IEC)规定：安全电压限定值为 50 V。

我国规定：12 V、24 V、36 V 三个电压等级为安全电压级别。

在湿度大、狭窄、行动不便、周围有大面积接地导体的场所(如金属容器内、矿井内、隧道内等)使用的手提照明，应采用 12 V 安全电压。

凡手提照明器具，在危险环境、特别危险环境的局部照明灯，高度不足 2.5 m 的一般照明灯，携带式电动工具等，若无特殊的安全防护装置或安全措施，均应采用 24 V 或 36 V 安全电压。

六、预防人体触电的措施

1. 直接接触的预防

(1) 绝缘措施

良好的绝缘是保证电气设备和线路正常运行的必要条件，电工绝缘材料的电阻率一般在 $10^9 \Omega \cdot \text{m}$ 以上。绝缘材料的耐热等级分为 Y、A、E、B、F、H、C 七个等级。

例如：新装或大修后的低压设备和线路，绝缘电阻不应低于 $0.5 \text{ M}\Omega$ ；携带式电气设备的绝缘电阻不低于 $2 \text{ M}\Omega$ ；配电盘二次线路的绝缘电阻不应低于 $1 \text{ M}\Omega$ ，在潮湿的环境中可降低为 $0.5 \text{ M}\Omega$ ；高压线路和设备的绝缘电阻不低于每伏 $1\,000 \text{ M}\Omega$ ；架空线路每个悬式绝缘子的绝缘电阻不应低于 $300 \text{ M}\Omega$ 。

运行中的电缆线路的绝缘电阻可参考表 2.6.1。

表 2.6.1 运行中的电缆线路的绝缘电阻

额定电压/kV	3	6 ~ 10	20 ~ 35
绝缘电阻/ $\text{M}\Omega$	300 ~ 750	400 ~ 1\,000	600 ~ 1\,500

(2) 屏护措施

在实际工作中，可根据具体情况，采用板状屏护装置或网状屏护装置，网状屏护装置的网眼不应大于 $20 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \sim 40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ 。

安装在地上或公共场所的变配电装置，遮栏的高度不应低于 1.7 m，下部边缘离地不应超过 0.1 m。

对于低压电气设备，栅栏与裸导体距离不宜小于 0.8 m，栏条间距离不应超过 0.2 m；网眼遮栏与裸导体距离不宜小于 0.15 m。

凡是金属材料制作的屏护装置，应妥善接地或接零。

(3) 间距措施

在带电体与地面间、带电体与其他设备间应保持一定的安全间距。间距大小取决于电压的高低、设备类型、安装方式等因素。

几种不同情况下的安全间距参见表 2.6.2 ~ 表 2.6.6。