



技 能 培 训 书 系

浙 江 科 学 技 术 出 版 社

电工 操作实务

金国砥 主编

JiNengPeiXun
ShuXi





技能培训书系

电工操作实务

主 编 金国砥

浙江科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工操作实务/金国砥主编. —杭州:浙江科学技术出版社, 2005.4

(技能培训书系)

ISBN 7-5341-2615-0

I. 电... II. 金... III. 电工技术-技术培训-教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 019856 号

技能培训书系

电工操作实务

金国砥 主编

出版发行 浙江科学技术出版社

(杭州体育场路 347 号)

责任编辑 褚天福

经 销 浙江省新华书店

激光照排 杭州兴邦电子印务有限公司

印 刷 浙江大学印刷厂

电子邮件 ccttff@263.net

读者热线 0571-85103059

开 本 880×1230 1/32

印 张 8.75

字 数 229 000

版 次 2005 年 4 月第 1 版

2005 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5341-2615-0

定 价 20.00 元

如发现印装质量问题,请与我们联系。



前

言

Qian yan

随着我国电力工业的飞速发展,用电范围不断扩大,电工需求量也大量增加,他们迫切需要掌握电工基础知识和电气设备的维修技能。为此,我们编写了《电工操作实务》一书。

全书共九章,它包括供用电常识、电工基本知识、电工用图的识读、电工常用材料和低压电器、电工工具和常用仪表、基本操作和室内配线、室内照明线路安装和故障检修、三相异步电动机的拆卸与检修和三相异步电动机控制线路的安装与检修等内容。

本书在编写中,注意参照国家制定的电工技能鉴定标准,突出培训人员的能力本位;理论联系实际,行文力求简练、通俗易懂,插入示意图和实例;采用模块结构,更具针对性和选择性,使培训人员学得进、用得上。它是工人岗位培训的好教材,也是职业技术学校相关专业教学的好读本。

本书第一章由张熠编写,第二章由王建生编写,第四、五章由金帆编写,第三、六、七、八、九章由金国砥编写,由金成负责书中插图的收集和绘制。在编写过程中,还得到杭州市电力培训中心孙关勇先生,杭州中策职业学校、杭州市千岛湖职业高级中学领导和杭州师范学院美术学院教师的帮助和关注,在此一并表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在不足或缺陷之处,恳请读者批评指正。

编者**2005 年 1 月**



目 录

第一章 供用电常识 1

- 第一节 电能的生产、输送和分配 1
- 第二节 电工的任务和条件 4
- 第三节 安全用电知识 5

第二章 电工基本知识 20

- 第一节 直流电路 20
- 第二节 交流电路 31
- 第三节 电子技术基础知识 37

第三章 电工用图的识读 58

- 第一节 电工用图绘制标准 58
- 第二节 电工用图的识读方法 68

第四章 电工常用材料和低压电器 81

- 第一节 常用电工材料 81
- 第二节 常用低压电器 89

第五章 电工工具和常用仪表 118

- 第一节 电工工具及其使用方法 118
- 第二节 电工常用仪表 125





第六章 基本操作和室内配线 142

- 第一节 导线的连接 142
- 第二节 室内敷线的一般要求和工序 151
- 第三节 室内敷设方法 153
- 第四节 室内控制、保护设备的安装 167

第七章 室内照明线路安装和故障检修 170

- 第一节 室内照明线路的安装 170
- 第二节 室内照明线路的施工 193
- 第三节 室内照明线路的故障排除 203

第八章 三相异步电动机的拆卸与检修 225

- 第一节 三相异步电动机使用与拆卸 225
- 第二节 三相异步电动机绕组的重绕 237

第九章 三相异步电动机控制线路的安装与检修 247

- 第一节 三相异步电动机手动控制线路的安装 247
- 第二节 三相异步电动机点动控制线路的安装 249
- 第三节 三相异步电动机连续(自锁)控制线路的安装 252
- 第四节 三相异步电动机正反转控制线路的安装 254
- 第五节 常见动力设备的控制电路故障排除 258

附录 263

- 附录一 220V 照明电路的元器件配用 263
- 附录二 常见螺丝、铁钉的规格 263
- 附录三 塑料管的加工技术 264
- 附录四 各式膨胀螺栓配件组合示意图 267
- 附录五 用于空心楼板上吊钩的装设方法 268
- 附录六 印刷电路板的制作 270





第一章 供用电常识

内容提要:

简单叙述了电能的生产、输送和分配,电工的工作任务与应具备的基本条件,以及安全用电与安全操作。

随着电力工业和现代科学技术的日益发展,电能已成为人们日常生活和生产中不可缺少的能源,我们的世界几乎是一个电的世界。因此,作为一名电工了解供用电常识,以适应现代生产和生活的需要,就显得十分重要。

第一节 电能的生产、输送和分配

电力系统是指由电力线路将一些发电厂、变电所和电力用户联系起来的,形成发电(电的生产)、送电、变电、配电和用电的一个整体,如图 1-1 所示。图中,发电厂的发电机组所产生的电能经过升压变压器升压后,由输电线路远距离输送至用电点的区域变电所,经区域变电所降压后,再供给各用户使用。

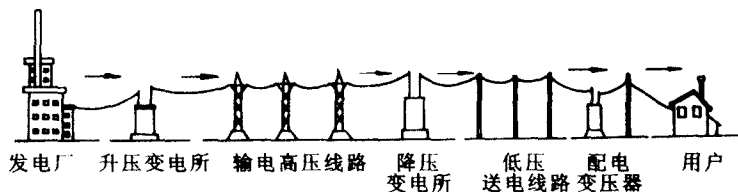


图 1-1 电力系统示意图

通常我们将除发电厂(发电设备)之外的电力输送系统称电力网。电力网又分为输电网和配电网两部分。输电网是以高电压甚至超高电压的电将发电厂与变电所或变电所之间连接起来的那部分输





电网络(又叫主网架)。配电网是指直接输送到用户的那部分输电网络。

一、电能的生产

电能的生产即发电。生产电能的工厂称发电厂,它是将其他形式的能转变成电能的场所。根据电能所利用能源的不同,发电厂可分为:火力发电厂、水力发电厂和原子能发电厂等。此外,还有风力发电厂、潮汐发电厂、太阳能发电厂、地热发电厂和等离子发电厂等。世界上由发电厂提供的电能,绝大多数是交流电。我国交流电的频率为 50Hz(赫兹),它又称“工频”。

目前,我国的电能生产以火力发电、水力发电和原子能发电 3 种为主,见表 1-1。

表 1-1 我国的电能生产

类 型	说 明
火力发电	通常以煤或油为燃料,使锅炉产生蒸汽,以高压、高温蒸汽驱动汽轮机,由汽轮机带动发电机而发电
水力发电	利用自然水力资源作为动力,通过水库或筑坝截流的方式提高水位,利用水流的位能驱动水轮机,由水轮机带动发电机而发电
原子能发电	由核燃料在反应堆中的裂变反应所产生的热能来产生高压、高温蒸汽,驱动汽轮机再带动发电机而发电。原子能发电又称核发电

二、电能的输送

电能的输送又称送电。送电的距离越长,送电的容量就要越大,送电的电压就要越高。一般情况下,送电距离在 50km 以下,采用 35kV 电压;送电距离在 100km 左右,采用 110kV 电压;送电距离在 2000km 以上,采用 220kV 或更高的电压。电能(力)的输送要经过变电、输电和配电 3 个环节,见表 1-2。





表 1-2 电能(力)输送的 3 个环节

环 节	说 明
变电	指变换电压等级,它可分为升压和降压 2 种。升压是将较低等级的电压升到较高等级的电压,反之即为降压。变电通常由变电站(所)来完成,相应地变电站可分为升压变电站(所)和降压变电站(所)
输电	指电力的输送,一般由输电网来实现。输电网通常由 35kV 及以上的输电线路及与其相连接的变电站组成
配电	指电力的分配,通常由配电网来实现。配电网一般由 10kV 及以下的配电线路组成。现有的配电电压等级为 10kV、6kV、3kV、380V/220V 等多种,农村常采用的是 10kV/0.4kV 变配电站,380V/220V 配电线路 注意:在工厂配电中,对车间动力用电和照明用电采用分别配电的方式,即把各个动力配电线路与照明配电线路——分开,这样可避免因局部故障而影响整个车间的生产用电和照明用电

三、用电负荷分类

电力系统各级电力网上用电设备所需功率的总和称为用电负荷,各级电力网上发电机组产生的功率总和称为总供电功率,电力系统要求总用电负荷与总供电功率保持平衡,以确保供电质量,避免或减少供电事故的发生。根据用电户性质的不同,用电负荷一般可分为三级,见表 1-3。

表 1-3 负荷的三级分类

负荷分类	断电产生的后果	采取措施
一级负荷	断电会造成重大经济损失、引起人员伤亡和产生不良社会影响,如钢铁厂、石化企业、矿井、医院等	至少有 2 个独立电源供电,重要的应配备备用电源,确保持续供电
二级负荷	断电将影响正常的生产、生活秩序,造成一定的损失和混乱,如化纤厂、生物制药厂和体育馆、剧院等	一般由 2 个独立回路供电,提高供电持续性
三级负荷	断电后造成的损失与影响不太大	对电源无特殊需要,并允许在非常情况下暂时停电





第二节 电工的任务和条件

电是工业的基础、农业现代化的重要物质条件,是改善人们物质生活的决定因素。电能之所以得到如此广泛应用,是因为它具有易于转换,易于输送和分配,易于控制、测量和调整等优点。但是,使用不当或管理不妥,电又会给人们带来严重的伤害和造成巨大的损失。因此,对工作在供用电岗位上的工作人员(电工)的任务和应具备的条件都有严格的规定。

一、电工的任务

(1) 负责照明线路和照明装置的安装;动力线路和各类电动机的安装;各种生产机械的电气控制线路的安装。

(2) 负责对各种电气线路、电气设备、各类电动机的日常保养、检查与维修。

(3) 根据现代设备管理要求,除了按“预防为主、修理为辅”的原则来减少故障的发生率外,还要进行改善性的修理工作,针对设备的重要故障部位采取根治的办法,进行必要的改进。

二、电工应具备的基本条件

电工应具备的基本条件见表 1-4。

表 1-4 电工应具备的基本条件

序	条 目	说 明
1	良好的精神素质	忠于职守的职业道德、精益求精的工作作风和为人民服务的思想,体现在工作上坚持岗位责任制,工作中头脑清醒,作风严谨、文明、细致,不敷衍了事,不草率从事,对不安全的因素时刻保持警惕,及时消除隐患





续表

序	条 目	说 明
2	具备电气知识和专业技能	积极参加相应技术等级的理论和实践培训,并获得相应等级的技术证书
3	掌握一定的触电急救方法	学会人工呼吸和心脏胸外挤压法。一旦有人发生触电事故,能够快速、正确地实施救护
4	定期参加规程考试	考试合格者,方可从事电气工作(即有资格上岗)
5	良好的身体	电工的身体必须经过医生鉴定,凡有高血压、心脏病、气喘、癫痫、神经病、精神病,以及听力障碍、色盲、高度近视(裸眼视力:一眼低于0.7,另一眼低于0.4)和肢体功能有障碍者都不能直接从事电气工作

第三节 安全用电知识

一、安全用电与安全操作(作业)

电是一种看不见的物质,只能用仪表测量。随着国民经济的快速增长,人民生活的不断改善和提高,电气化程度也越来越高。无论城市或农村,人们会经常接触各类电器设备。如果使用不当、安装不合格或违规操作,都会带来不良后果。因此,了解安全用电知识,正确用好电、管好电,显得十分重要。

1. 安全用电

(1) 触电对人体的危害。当人体某一部分接触到带电的导体(如裸导线、开关、插座的金属带电部分)或绝缘损坏的用电设备时,人体便成为一个通电的导体,电流流过人体会造成伤害,这就是触电。

触电对人体的危害程度如何,主要取决于电流强度、持续时间、电压高低、电源频率、电流途径以及人体状况等,见表1-5。各种不





同电流强度对人体的影响见表 1-6。

表 1-5 触电对人体的危害程度

触电因素	说 明
电流强度	人触电时,流过人体的电流大小和伤害程度有很大关系。少量电流流过人体时,会有麻刺的感觉;若大量电流(如 50mA)流过人体时,就会造成伤害,甚至死亡
电流持续时间	触电电流流过人体的持续时间越长,对人体的危害越大。触电时间长,人体电阻因出汗等原因而下降,使触电电流增大,后果就更严重。此外,心脏每收缩、扩张一次,中间约有 0.1s 的间歇,这 0.1s 的间歇称心室易损期,对电流最敏感。如果电流在此时流过心脏,即使电流很小也会引起心脏颤动;如果电流持续时间超过 0.1s,就会给人体造成很大的危害;如果触电者长期不能摆脱电源,即使电流较小或未流经人体要害部位,也会因昏倒失去知觉而使人窒息死亡
电压高低	触电电压越高,对人体的危害越大。触电致死的主要因素是通过人体的电流过大。根据欧姆定律,电阻不变时电压越高,流过人体的电流就越大,受到危害就越严重。这就是高压触电比低压触电更危险的原因。此外,高压触电往往产生极大的弧光放电,强烈的电弧可以造成严重的烧伤或致残。不危及人体生命危险的电压称安全电压。我国规定安全电压为交流 36V 及 36V 以下的电压
电源频率	电源频率对触电的危害程度有很大的影响,特别是 25~300Hz 的交流电对人体危害最为严重。由于我们使用的交流电频率是 50Hz,虽然它对设计电气设备比较合理,但对人体触电的危害是不能忽视的
电流途径	电流流过人体的途径与触电的危害程度有很大的关系。电流流过头部,会使人昏迷;电流流过心脏,会引起心脏颤动;电流流过中枢神经系统,会引起呼吸停止、四肢瘫痪等。因此,电流流过这些要害部位,对人体的危害程度最为严重。由此可见,触电电流从人的一只手流到另一只手、从右手流到胸部以及从右手流到脚,都是很危险的。相对来说,触电电流从一只脚流到另一只脚,危害程度要稍微轻些,但是,触电时人体双脚剧烈痉挛,会使人倒地,就有可能导致电流流过要害部位,引起极为严重的伤害





续表

触电因素	说 明
人体状况	人的身体状况不同,触电时受到的伤害程度也不同。例如,患有心脏病、神经系统、呼吸系统疾病的人,在触电时受到的伤害程度比正常人要严重。一般说,女性较男性对电流的刺激更为敏感,感知电流和摆脱电流要低于男性。儿童触电比成人要严重。此外,人体的干燥或潮湿程度、人体健康状况等都是影响触电时受到伤害程度的因素

表 1-6 不同电流强度对人体的影响

交流电流(mA)	对人体的影响程度
0.6~1.5	手指有微麻刺感觉
2~3	手指有强烈麻刺感觉
5~7	手部肌肉痉挛
8~10	难以摆脱电源,手部有剧痛感
20~25	手麻痹、不能摆脱电源,全身剧痛、呼吸困难
50~80	呼吸麻痹、头脑震颤
90~100	呼吸麻痹,如果 3s 以上心脏就会停止跳动

(2) 造成触电的原因和常见触电的方式见表 1-7 与表 1-8。

表 1-7 造成触电的原因

原 因	说 明
人为原因	缺乏安全用电知识,对安全用电不重视,存在麻痹大意和侥幸心理;不遵守电气设备安装、检修、运行规程和安全操作规程,违章作业
电气设备原因	电气线路、电气设备安装维护不良,绝缘老化,电气设备接地(零)安装不当或损坏





表 1-8 常见的几种触电方式

触电方式	示意图	说 明
单线触电		当人体的某一部位碰到相线或绝缘性能不好的电气设备外壳时,电流由相线经人体流入大地的触电,叫单线触电(或称单相触电)
双线触电		当人体的不同部位分别接触到同一电源的两根不同相位的相线,电流由一根相线经人体流到另一根相线的触电,叫双线触电(或称双相触电)
跨步触电		当电气设备相线碰壳短路接地,或带电导线直接接触地时,人体虽没有接触带电设备外壳或带电导线,但是跨步行走在电位分布曲线的范围内而造成的触电,叫跨步触电(或称跨步电压触电)

(3) 安全用电的措施。安全用电的有效措施是自觉遵守安全用电规定,做到以防为主,见表 1-9。

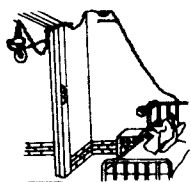
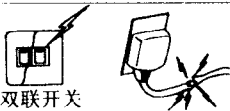
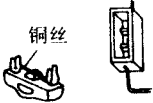
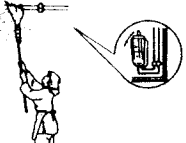
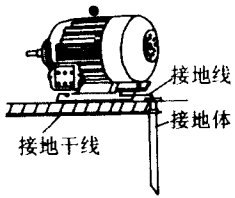
表 1-9 安全用电的措施

安全用电措施	示意图	说 明
禁用“一线一地”的用电方式		“一线一地”是指只用一根相线,另外用一根较短的导线,一端连接用电器(如电灯),另一端捆扎在铁棒上插入地里以代替地线。在用户范围内采用“一线一地”极不安全,因为插入地里的铁棒和电线全部带电,在装拆电线或拔铁棒时,都会造成触电。这种用电形式是绝对不允许的





续表

安全用电措施	示意图	说 明
不乱拉电线		乱拉电线是指电线在室内横七竖八地拉挂,有的拉挂在钉子上,有的拉挂在梁上,有的拉挂并捆绑在床档上,这样既不美观,又不安全,因为一不小心容易损坏电线或用电器(如电灯),而造成触电
使用绝缘层已损坏的电器	 双联开关	要经常检查电线或用电器的绝缘性能,更不能使用绝缘层已损坏的电线或电器
不在插座上接过多或功率过大的用电设备	 接电冰箱 接洗衣机 接电炉	在插座上接过多或功率过大的用电设备,会使电线上的电流过大而损坏导线绝缘层,甚至引起电气火灾
不用铜丝当熔丝(保险丝)	 铜丝	如用铜丝当保险丝,熔断器就不能真正起到短路保护的作用,极容易引起电气事故
不采用直接拉拔电线插头的方法切断电源	 电源开关	不能采用拔电源插头的方法去切断电源
不在未切断电源的情况下,对电气线路进行卫生打扫		不允许在未切断电源的情况下,对电气线路进行卫生打扫,这样操作很危险,容易引起触电事故
不使用未作良好接地保护的电气设备	 接地线 接地体 接地干线	若遇有电气设备漏电时,未作良好接地保护的电气设备就不可能及时地将漏电流释放到大地,而引起触电事故。因此,对电气设备一定要作良好的接地保护,才能真正保护人身安全





一些有效的防止触电措施如表 1-10 所示。

表 1-10 一些有效的防止触电的措施

防范措施	说 明
隔离	采用某种方法,使人体不能直接接触电气设备的带电部分,甚至于不接触电气设备本身
绝缘	采取某种措施,将带电导体包封在绝缘材料里面,这样就不会产生触电电流通过人体
防护接地	将电气设备不带电的金属外壳用导线和接地体与大地连接起来,使其保持与大地等电位,这样即使电气设备内部有绝缘损坏情况,其漏电流也会通过接地系统流入大地,人体接触后也不易发生触电危险
防护切断	在电气设备线路上安装电压型或电流型触电保护器。当出现电气设备不带电金属外壳电压高于安全电压时,或出现大于安全值的漏电流时,立即切断电源起到防范作用。由于电流型触电保护器具有较高的灵敏度和可靠性,在国内外许多家庭、仓库、工地等场所得到广泛应用
安全电压	对电气设备使用低电压(交流 36V 及 36V 以下的电压)。由于使用低电压,即使有漏电发生,产生的电流在安全范围内,流过人体也不足以引起危险。这种方法只适用于使用低电压的电气设备上

2. 安全操作(作业)

安全操作(作业)可分为停电安全操作和不停电安全操作两类,其操作规范见表 1-11。停电操作是指电气设备或线路在不带电情况下进行的电气操作(作业)。不停电操作是指电气设备或线路在带电情况下进行的电气操作(作业)。





表 1-11 安全操作(作业)规范

操作分类	安全操作(作业)要求
停电操作	①检查是否断开所有的电源。在停电操作(作业)时,为保证安全,应切断电源,使电源至作业的设备或线路有 2 个以上的明显断开点。对于多回路的用电设备或线路,还要注意从低压侧向被作业设备倒送电的问题 ②进行操作前的验电。操作前,用电压等级合适的验电器(笔)对被操作的电气设备或线路进出两侧分别验电。验电时,手不得触及验电器(笔)的金属带电部分。确认无电后,方可进行作业 ③悬挂警告牌。在断开的开关或刀闸操作手柄上悬挂“禁止合闸、有人工作”的警告牌,必要时加锁固定。对多回路的线路,更要防止突然来电。切断电源时,应先断开负荷侧开关,再断开电源侧开关;合上电源时,应先合电源侧开关,再合负荷侧开关 ④挂接接地线。在检修交流线路中的设备或部分线路时,对于可能送电的地方都要装设携带型临时接地线。装接接地线时,必须做到“先接接地端、后接设备或线路导体端,接触必须良好”。拆卸接地线的程序与装接接地线的顺序相反。接地线必须采用多股软裸铜导线,其截面积不小于 25mm^2
不停电操作	①在电气设备或线路上带电工作时,应由有经验的电工专人监护 ②电工作业时,应穿长袖工作服,戴安全工作帽、防护手套和使用与工作内容相应的防护用品 ③使用绝缘安全用具操作。在移动带电设备的操作(接线)时,应先接负载后接电源,拆线时顺序相反 ④电工带电操作时间不宜过长,以免因疲劳过度、注意力分散而发生事故

二、接地装置与防雷接地

1. 接地装置

(1) “地”的概念。电气上的“地”是指距接地体(点)20m 以外地方的电位(该处的电位降至为零)。电位等于零的地方就是我们所说的电气上的“地”,如图 1-2 所示。

(2) 接地的作用与种类。接地的主要作用是保证人身和设备的

