



普通高等教育实验实训规划教材

电力技术类

维修电工实训

王 峰 蔡卓恩 主 编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



普通高等教育实验实训规划教材

电力技术类

维修电工实训

主 编 王 峰 蔡卓恩
编 写 魏建升 朱东山 范 静
主 审 李高明



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育实验实训规划教材(电力技术类)。

本书是一本面向高职高专层次的,以维修电工应知、应会的基础知识为内容的实践性教材。全书分为三篇,共十一章,主要内容包括电工基本操作、电工预备知识、电工配线基础、常用低压电器、三相异步电动机的维修、电力拖动基本控制线路、常用机床电气线路的维修与安装、可编程控制器的使用、可编程控制器系统故障诊断与排除、变频器的基本功能综述、变频器调速系统的调试与维护等。各部分内容均配有与之紧密联系的认识训练和综合性较强的实训课题。

本书可作为高职高专院校电力技术类专业电工技能实训课程的教材,也可以作为维修电工职业技能鉴定的培训教材,还可作为电气工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

维修电工实训/王峰,蔡卓恩主编. —北京:中国电力出版社, 2009

普通高等教育实验实训规划教材. 电力技术类

ISBN 978-7-5083-8156-5

I. 维… II. ①王…②蔡… III. 电工—维修—高等学校—教材 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 036283 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 5 月第一版 2009 年 5 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.75 印张 305 千字

定价 20.60 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

中国经济的高速发展也带动了我国高等职业教育快速发展,它为现代化社会培养了大批应用性高级人才。党的十七大报告中提出大力发展职业教育,进一步深化职业教育教学改革,积极推行校企合作、工学结合、顶岗实习、半工半读的职业教育人才培养模式,切实加强技能型人才的培养。目前高职高专学生的理论用书建设得到了大家重视,但反映实际应用和操作技能培养的实习实训用书建设比较薄弱。为适应职业教育模式、教育方法的改革需要,更好地贯彻中央深化职业教育教学改革精神,需要研究和编写一些有特色、有针对性、有新技术的实习实践教材迫在眉睫。

由于每所学校的教学计划和实习、实训条件都不尽相同,编写一本涵盖面广、内容顾及全面的实习实训教材也是不现实的。本教材的内容主要包括维修电工入门知识、常用电工工具的使用、常用电工仪表的使用、线路的配线知识、常用低压电器知识、三相异步电动机的维修、电力拖动基本控制线路、常用机床电气线路的维修与安装、可编程控制器的基本使用和变频器的基本功能使用等内容。这些内容都经过编者精心挑选,涵盖了维修电工应该掌握的主要基本知识,尤其是新技术——可编程控制器和变频器的内容已成为现代电工必须掌握的知识点。本书中没有反映电子技术、高压电器内容,主要考虑电工工种分工细化,这方面会有更专业的人员完成。本书在每部分内容结束后,都安排了与该部分内容紧密联系的认识训练内容和综合性比较强的实训课题,目的是强化学生动手能力和解决问题的能力。

同时,考虑到本书的独立使用要求和内容连贯性,对相关内容的理论方面也作了简单介绍。其中,电工基础操作部分的内容篇幅相对较长,原因是高职高专教材中很少提到相关内容,但它作为电工的基础训练是非常重要的。

本书是在兰州工业高等专科学校以往的实践教学讲义基础上整理和完善的,编者都来自兰州工业高等专科学校,由王峰、蔡卓恩老师担任主编。其中王峰老师编写第六、七章,蔡卓恩老师编写第八、九章,朱东山老师编写第五章,魏建升老师编写第十、十一章,范静老师编写第一、二、三、四章。全书由王峰老师统稿。长沙电力职业技术学院李高明老师担任本书主审。

本书在编写过程中,得到了中国电力出版社的大力支持,同时参考了书后参考文献所列资料的有关内容,在此向有关内容的资料编写者和出版社表示感谢。

由于编者学识水平有限,书中错误之处和不妥之处在所难免,希望读者提出宝贵意见。

编者

2009年3月

目 录

前言

第一篇 维修电工基本操作

第一章 电工基本操作	1
第一节 维修电工的作用	1
第二节 维修电工的主要任务	1
第三节 电工基本安全常识	1
第二章 电工预备知识	7
第一节 常用电工仪表的基本知识	7
训练：常用电工仪表的认识及使用方法	14
第二节 常用电工工具的使用方法	15
训练：常用电工工具的认识及使用方法	23
第三章 电工配线基础	25
第一节 导线的规格及种类	25
第二节 线径的测量	26
第三节 导线绝缘处理	27
第四节 常见的电气线路的配线方法	34
训练：导线规格种类辨识、连接、绝缘处理及配线方法的参观	38
第四章 常用低压电器	40
第一节 常用低压电器的作用和分类	40
第二节 常用开关型低压电器	40
第三节 自动控制开关	42
第四节 熔断器	43
第五节 常用控制低压电器	44
第六节 剩余电流保护器	50
训练：常用低压电器的认识及使用方法	51
课题一 低压配电盘的设计与制作	51
课题二 照明配电盘（箱）的设计与制作	55

第二篇 三相异步电动机维修及电力拖动

第五章 三相异步电动机的维修	58
第一节 三相异步电动机的基本知识	58

第二节	三相异步电动机拆卸与装配	60
第三节	小型异步电动机定子绕组绕制与下线	63
第四节	三相异步电动机的一般故障及修理	67
训练:	三相异步电动机的 Y/ Δ 接法及试验	69
课题三	三相异步电动机定子绕组的拆卸与装配	71
第六章	电力拖动基本控制线路	75
第一节	电力拖动基本控制线路基础知识	75
第二节	电力拖动基本控制线路常见故障及修理方法	76
训练:	电力拖动控制线路的基本控制原理	79
课题四	三相异步电动机的正反转控制	81
课题五	三相异步电动机的 Y/ Δ 降压启动	84
课题六	三相异步电动机的反接制动	86
课题七	三相异步电动机的变极调速	87
第七章	常用机床电气线路的维修与安装	89
第一节	常用机床电气线路的维修与安装基本知识	89
第二节	C620-1 型车床电气线路的原理与检修	91
训练:	C620-1 型车床故障排除	92
第三节	M7120 型平面磨床电气线路的原理与检修	93
训练:	M7120 型平面磨床故障排除	94
第四节	Z35 型摇臂钻床电气线路原理与检修	95
训练:	Z35 型摇臂钻床故障排除	97
第五节	X62W 型万能铣床电气线路的原理与检修	97
训练:	X62W 型万能铣床故障排除	100
课题八	C620 型普通车床电气线路安装与调试	100

第三篇 现代工业控制新设备

第八章	可编程控制器的使用	103
第一节	可编程控制器的基本知识	103
第二节	欧姆龙 SYSMAC CP1H 型 PLC 的使用介绍	109
第三节	CP1H 基本指令和功能指令	113
第四节	CP1H 中断功能介绍	120
第五节	CP1H 模拟输入、输出功能介绍	121
第六节	CP1H 网络与通信功能介绍	123
第七节	欧姆龙 CX-programmer PLC 编程软件	128
第九章	可编程控制器系统故障诊断与排除	138
第一节	可编程控制器系统常见的故障类型	138
第二节	CP1H 的故障现象及处理办法	139
训练:	PLC 基本操作	141

课题九 十字路口交通信号灯控制·····	145
课题十 彩灯控制实训·····	148
课题十一 PLC 控制三相异步电动机的启停、正反转、Y/△降压启动 ·····	150
课题十二 皮带传输线控制·····	150
第十章 变频器的基本功能综述·····	153
第一节 变频器的控制方式及控制功能·····	153
第二节 变频器对普通异步电动机的影响·····	156
第三节 富士 5000G11S/P11S 小型变频器介绍 ·····	158
第四节 变频器的功能设置·····	163
第五节 变频器的 PID 调节功能 ·····	164
第十一章 变频器调速系统的调试与维护·····	169
第一节 变频器调速的调试·····	169
第二节 变频器的维护·····	171
第三节 变频器的保护及处理方法·····	172
第四节 变频器调速系统故障诊断与排除·····	175
训练: 变频器的安装及调试·····	178
课题十三 变频器外部模拟量给定频率控制电动机转速·····	180
课题十四 PLC 控制变频器多段频率调速 ·····	181
课题十五 变频器调速恒压供水系统·····	182
附录 FRENIC 5000G11S/P11S 富士变频器部分端子功能说明·····	186
参考文献·····	195

第一篇 维修电工基本操作

第一章 电工基本操作

第一节 维修电工的作用

从职业定义讲,从事机械设备和电气系统线路、器件安装、调试与维护、修理的人员称为维修电工。现代化技术的迅猛发展,可以说对电气技术的进步和发展起了决定性的作用。电作为现代工业的血液,已经渗透在各行各业中,今天的工业生产和居民生活一旦离开电力,将根本无法正常运行甚至陷入瘫痪。正因为电在工业和生活中占据重要的地位,因此维修电工的作用也是非常重要的。电气系统一旦发生故障,将使生产机械和生产设备停止运行,给企业及国民经济带来巨额的损失,还会出现设备和人身事故以及给生活带来非常大的不便。因此,维修电工的重要职责就是保证这些电气系统的正常运行,这对提高劳动生产率和安全生产都具有重大作用,对保障人民生活质量,提高现代化水平,促进社会和谐发展也是必不可少的。

第二节 维修电工的主要任务

由于新技术的发展,今天的维修电工应掌握的知识范围和维修对象都与以前有了许多不同,但其工作性质并没有明显改变,即从事机械设备和电气系统线路、器件等的安装、调试、维护、修理仍是其主要的工作任务。同时根据现代设备管理的要求,维修电工除按照“预防为主,修理为辅”的原则来降低故障的发生率以外,还需要进行改善性的修理工作(就是针对设备的多故障、重复故障部位采取根治的办法)。进行必要的改进是减少工厂电气设备系统故障的有效办法,这也是维修电工的主要任务。

维修电工除了要不断加强电气领域新技术和新装备的学习外,更重要的是应掌握维修电工的各项操作技能。提高业务素质,迎接新技术的不断挑战,这也是维修电工要完成的任务。

第三节 电工基本安全常识

要想成为一名合格的电工,就必须接受用电安全教育和电气设备安装的低压电力技术规程的学习,通过应知、应会考试,获取维修电工技能等级证,这样才能为自身的安全提供保障。

一、人体触电

人体是导体,当人体触及有电位的带电体而构成电流的回路时,就会有电流流过人体。所谓触电,是指流过人体的电流会对人体造成不同程度生理和病理的伤害。

(一) 触电种类及伤害

(1) 电击。电击是指电流通过人体对细胞、神经、骨骼及器官等造成的伤害。这种伤害通常表现为针刺感、压迫感、打击感、肌肉抽搐、神经麻痹等,严重时将引起昏迷、窒息,甚至心脏停止跳动而死亡。380/220V 工频电压下的触电死亡事故绝大部分都是由电击造成的。

(2) 电伤。电伤是指由于电流的热效应、化学效应、机械效应对人体外表造成的伤害,如电烧伤、电弧烧伤、电烙印、皮肤金属化、机械损伤、电光眼等。电伤一般在电流较大和电压较高的情况下发生。电伤属局部性伤害,一般会在肌体表层留下明显伤痕。

(3) 二次伤害。二次伤害是指人体触电引起的坠落、碰撞等造成的伤害。

(二) 影响电流对人体的伤害程度的因素

电流对人体的伤害程度与通过人体电流的大小、持续时间、频率、流经人体的部位及触电者的健康状况等因素有关。

(1) 工频电流。常用的 50~60Hz 的工频交流电对人体的伤害程度最为严重。当电源的频率离工频越远时,对人体的伤害程度越轻,但较高电压的高频电流对人体依然是十分危险的。

(2) 安全电流。一般情况下,30mA 以下的电流通常在短时间内不会对人体产生生命危险,通常把该电流称为安全电流。但当电流达到 50mA 以上就会引起心室颤动,人体将会有生命危险。

二、人体触电形式

(一) 单相触电

人体某一部位触及一相带电体(包括人体同时触及一根相线和中性线);电流通过人体流入大地(流回中性线);人体与高压带电体间的距离小于规定的安全距离,高压带电体对人体放电或人体接触漏电设备的外壳造成触电事故等,都称为单相触电。

单相触电的危险程度与电网运行的方式有关,如图 1-1 所示。

1. 中性点直接接地系统

当人触及一相带电体时,该相电流经人体流入大地再回到中性点,由于人体电阻远大于中性点接地电阻,电压几乎全部加在人体上,如图 1-1(a) 所示。

2. 中性点不直接接地系统

正常情况下电气设备对地绝缘电阻很大,当人体触及一相带电体时,通过人体的电流较小。所以一般情况下,中性点直接接地系统的单相触电比中性点不直接接地系统的危险性大,如图 1-1(b) 所示。

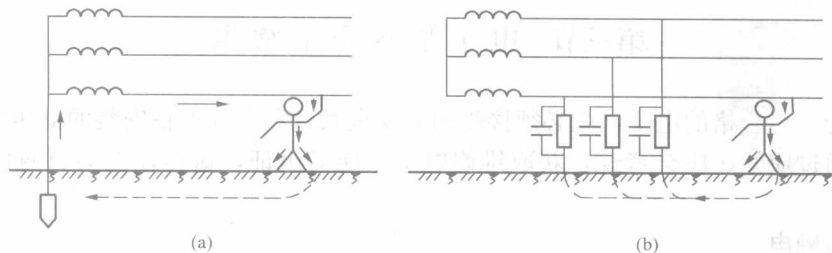


图 1-1 单相触电

(a) 中性点直接接地; (b) 中性点不直接接地

(二) 两相触电

两相触电是指人体同时触及电源的两相带电体, 电流由一相经人体流入另一相, 如图 1-2 所示。此时加在人体上的最大电压为线电压。两相触电与电网的中性点接地与否无关, 其危险性最大。

(三) 跨步电压触电

当带电体接地时, 电流由接地点向大地流散, 在以接地点为圆心, 一定半径 (通常为 20m) 的圆形区域内电位梯度由高到低分布, 人进入该区域, 沿半径方向两脚之间 (约 0.8m) 存在的电位差称为跨步电压 U_{ST} , 如图 1-3 (a) 所示, 由此引起的触电事故称为跨步电压触电。



图 1-2 两相触电

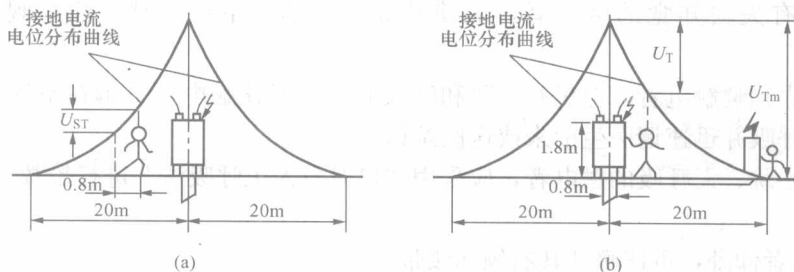


图 1-3 跨步电压和接触电压

(a) 跨步电压; (b) 接触电压

跨步电压的大小取决于人体站立点与接地点的距离, 距离越小, 其跨步电压越大。当距离超过 20m (理论上为无穷远处), 可认为跨步电压为零, 不会发生触电的危险。

(四) 接触电压触电

电气设备由于绝缘损坏或其他原因造成接地故障时, 如人体两个部分 (手和脚) 同时接触设备外壳和地面时, 人体两部分会处于不同的电位, 其电位差即为接触电压。由接触电压造成触电事故称为接触电压触电。在电气安全技术中, 接触电压是指站立在距漏电设备接地点水平距离为 0.8m 处的人, 手触及的漏电设备外壳距地 1.8m 高时, 手脚间的电位差 U_T 作为衡量基准, 如图 1-3 (b) 所示。

接触电压值的大小取决于人体站立点与接地点的距离, 距离越远, 则接触电压值越大; 当超过 20m 时, 接触电压值最大, 即等于漏电设备上的电压 U_{Tm} ; 当人体站在接地点与漏电设备接触时, 接触电压为零。

(五) 感应电压触电

由于大气变化 (如雷电活动), 一些不带电的线路会产生感应电荷; 停电后一些可能感应电压的设备和线路如果未及时接地, 这些设备和线路对地均存在感应电压。当人触及带有感应电压的设备和线路时所造成的触电事故称为感应电压触电。

(六) 剩余电荷触电

剩余电荷触电是指当人触及带有剩余电荷的设备时, 设备对人体放电造成的触电事故。通常含有储能元件的设备会带有剩余电荷, 如并联电容器、电力电缆线路、电力变压器及大容量电动机等。在上述设备退出运行或用兆欧表对其测量后, 会带上剩余电荷, 因此要及时

放电。

三、触电急救

(一) 触电

一旦发生触电事故时,应立即组织急救,要求动作迅速、方法正确。

- (1) 立即切断触电者接触的电源。
- (2) 触电者脱离电源后,就地应实施检查和急救。
- (3) 及时通知医务人员抢救。

(二) 急救

把脱离电源的触电者迅速移至通风干燥的地方,使其仰卧,并解开其上衣和腰带,然后对触电者进行急救。

(1) 对没有失去知觉的触电者,应使其保持安静,不要走动,注意观察或送医院检查。

(2) 对失去知觉触电者,但仍有心跳和呼吸时,注意让触电者平躺在空气流通的地方,解开衣领便于呼吸并迅速请医生前来或送医院诊治。

(3) 对有心跳、无呼吸的触电者,应采用“口对口人工呼吸法”进行抢救,具体的步骤及方法如下:

- 1) 使触电者仰卧,迅速解开其衣领和腰带。
- 2) 将触电者头偏向一侧,清除口腔中的异物(血块、痰液或吐沫),让头后仰,使口张开,保持呼吸道畅通,如图 1-4 (a)、(b) 所示。
- 3) 救护者捏紧触电者的鼻子,深吸气后,用嘴紧贴触电者嘴,大口吹气,接着放松触电者的鼻子,让气体从触电者肺部自己排出。每 5s 吹气一次,不断重复地进行,直到触电者苏醒为止,如图 1-4 (c)、(d) 所示。

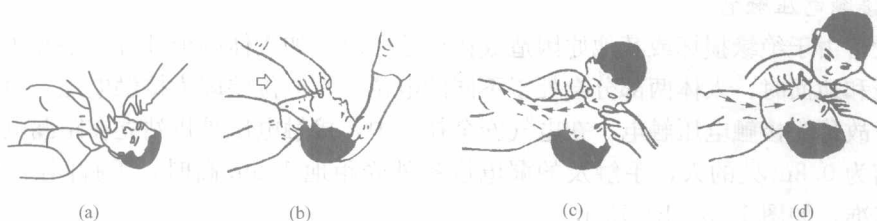


图 1-4 口对口人工呼吸法

(a) 清理口腔异物; (b) 让头后仰; (c) 贴嘴吹气; (d) 放开嘴鼻换气

(4) 触电者有呼吸、无心跳时,应采用“胸外心脏挤压法”进行抢救,具体操作步骤如图 1-5 所示。

- 1) 将触电者仰卧,使其头部稍后仰,抢救者跪跨在触电者腰部两侧。
- 2) 抢救者将右手掌放在触电者胸骨处,中指指尖对准其颈部凹陷的下端,左手掌复压在右手背上,如图 1-5 (a)、(b) 所示。

3) 抢救者向下用力挤压,压下 3~4cm,然后突然松开,如图 1-5 (c)、(d) 所示。挤压和放松动作要有节奏,每秒钟进行一次,每分钟宜挤压 60 次左右,不可中断,直至触电者苏醒为止。注意,防止用力过猛给触电者造成内伤或用力过小挤压无效果。



图 1-5 胸外心脏挤压法

(a) 手掌位置; (b) 左手掌压在右手背上面; (c) 掌根用力下压; (d) 突然松开

(5) 触电者呼吸和心跳都停止时, 须同时采用“口对口人工呼吸法”和“胸外心脏挤压法”。单人救护时, 可先吹气 2~3 次, 再挤压 10~15 次, 交替进行, 如图 1-6 (a) 所示。双人救护时, 每 5s 吹气一次, 每秒钟挤压一次, 两人同时进行操作, 如图 1-6 (b) 所示。

抢救既要迅速又要有耐心, 即使在送往医院的途中也不能停止急救。此外, 不能给触电者打强心针、泼冷水或压木板等。

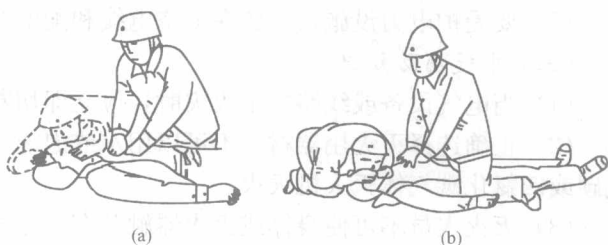


图 1-6 无心跳无呼吸触电者急救

(a) 单人操作; (b) 双人操作

四、安全用电须知

(一) 安全用电常识

- (1) 严禁利用“一线(相线)一地(大地)”方式接线用电。
- (2) 不要超负荷用电。大容量用电设备应考虑使用专用线路。
- (3) 严禁约定时间停电、送电, 防止约时送电造成触电事故。
- (4) 对规定使用时接地的用电器具的金属外壳一定要做好接地保护。不要忘记给三眼插座安装接地线, 更不要随意把三眼插头改为二眼插头。
- (5) 安装使用剩余电流保护开关确保用电的安全。剩余电流保护开关跳闸或熔断器烧断后要查明原因, 排除故障才可恢复用电。
- (6) 拔插熔断器时, 注意要先断开电源。不可以用铜线、铝线、铁线代替熔丝。不要随意加大熔丝或自动控制开关的容量, 使保险失去意义。
- (7) 电缆或电线的驳口或破损处要用电工胶布包好, 不能用医用胶布代替, 更不能用尼龙纸包扎。
- (8) 发现电线断落, 无论带电与否, 都应视为带电, 应与电线断落点保持足够安全距离, 并及时向电工或电力部门汇报。如进入距离导线的落地点 8m 以内, 应及时单脚并按导线落地点反方向跳离。
- (9) 电气设备通电后发现冒烟、发出烧焦气味或着火时, 应立即切断电源后再救火, 切不可用水或泡沫灭火器灭火, 应用干粉灭火器灭火。
- (10) 为防触电和保证幼童安全, 电源插座的安装要高于地面 1.6m。临时用电不能私拉乱接, 用完后立即拆除。
- (11) 接线盒盖、开关盒盖勿忘上盖。在安装电灯相线时必须进开关, 在修理电灯时, 以开关的通断确保人身的安全。

(12) 移动电气设备的插座一般应采用带保护接地插孔的插座,要使用安全电压。不要用湿手去接触带电电气设备,更不可以用湿布擦拭电气设备。

(13) 保证不带电操作修理电气设备。

(二) 怎样预防常见用电事故

(1) 不乱拉乱接电线。

(2) 在更换熔丝,拆修或移动电气设备时必须切断电源,不要冒险带电操作。

(3) 使用电熨斗、电吹风、电炉等家用电热器时,人不要离开。

(4) 房间内无人时,饮水机应关闭电源。

(5) 发现电气设备冒烟或闻到异味时,要迅速切断电源进行检查。

(6) 电加热设备上不能烘烤衣物。

(7) 要爱护电力设施,不要在架空电线和配电变压器附近放风筝。

(三) 电气消防知识

(1) 当电气设备或线路发生火灾时,应立即切断电源,防止事故扩大和蔓延。

(2) 正确选择灭火用器材。不可以用水或泡沫灭火器;有油类火情时,应用砂子、二氧化碳或四氯化碳气体灭火器灭火。

(3) 灭火人员不可使身体或灭火器触及有电导线或设备。

第二章 电工预备知识

第一节 常用电工仪表的基本知识

电工电子技术中,在分析、检修电路时往往要知道电路中的各种电量信号的大小和性质等,以便更好地了解 and 判断电路的工作状态,此时就要借助于一定的电工仪表来完成测量。

一、电流表、电压表

电流表和电压表是测量电流、电压这两个基本电量的电工仪表,是电工测量仪表中最基础的测量仪表。电流表和电压表分别分为直流电流表、电压表和交流电流表、电压表。在测量电流、电压时可根据不同的测量要求选择不同的仪表。

(一) 电流表

在测量电流时,电流表必须串入被测电路。为了尽可能减小串入电流表对被测电路的影响,要求电流表的内阻应尽量小。

1. 直流电流的测量

在测量直流电流时,要注意正负极性的连接。接线时,电流表的正极接线柱接被测电路的高电位端,负极接线柱接被测电路的低电位端,其测量电路如图 2-1 所示。这样就防止了电流表的反偏,保证了测量精度。

2. 交流电流的测量

在测量交流电流时,电流表不分极性,只要在测量量程范围内将它串入被测电路即可,其测量电路如图 2-2 (a) 所示。由于交流电流表的线圈和游丝截面很小,不能测量较大电流。如果要测量较大电流,需要和电流互感器配合使用,测量电路如图 2-2 (b) 所示。通常,电气工程上配电流互感器的交流电流表的量程为 5A,但表盘上的读数是按通过电流表的电流与电流互感器变比的乘积标出,可直接测出被测电流值。

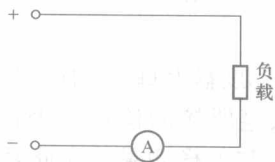


图 2-1 直流电流的
测量电路图

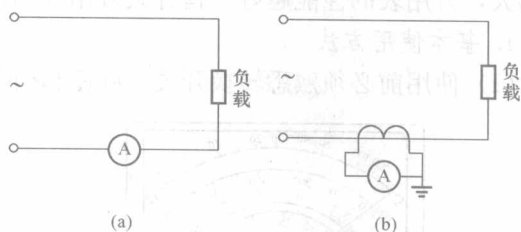


图 2-2 交流电流的测量电路图
(a) 直接测量; (b) 用互感器扩大量程测量

(二) 电压表

在测量电压时,电压表必须并入被测电路。为了在并入电压表时不影响电路工作的状态,电压表内阻一般都很大,其量程越大,内阻也越大。

1. 直流电压的测量

在测量直流电压时,电压表的正极接线柱接被测电路的高电位,负极接线柱接被测电路

的低电位,其测量电路如图 2-3 (a) 所示。如果需要扩大量程,可在电压表外串联附加电阻分压,如图 2-3 (b) 所示,所串附加电阻越大,其量程越大。

2. 交流电压的测量

在测量交流电压时,电压表不分极性,只需在测量量程范围内直接并入被测电路即可,其测量电路如图 2-4 (a) 所示。如果需要扩大交流电压表的量程,需与电压互感器配合使用,如图 2-4 (b) 所示。电气工程上所用电压互感器按测量电压等级不同,有不同的标准电压变比,选择时应根据被测电路电压等级和电压表自身量程合理配置。读数时,电压表盘刻度值已按互感器变比折算,可直接读取。

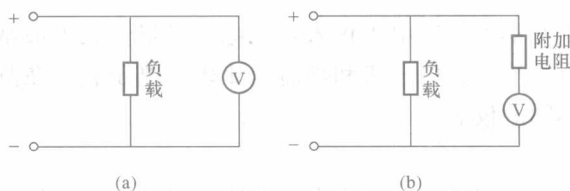


图 2-3 直流电压测量电路图

(a) 直接测量电路; (b) 扩大量程测量电路

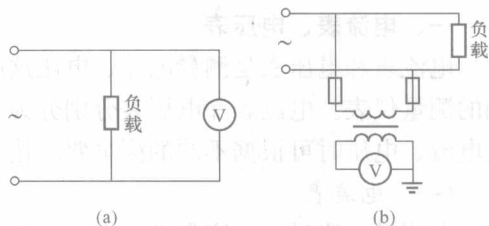


图 2-4 交流电压测量电路图

(a) 直接测量电路; (b) 用电压互感器扩大量程测量电路

二、万用表

万用表又称万能表,一般可用来测量交/直流电压、直流电流、电阻和一些常用的电子元件等。万用表的型式很多,根据所应用的测量原理和测量结果显示方式的不同,可分为模拟式(指针式)万用表和数字式万用表两种。其中模拟式优点是可以显示连续变化的电量,而数字式的优点是读数比较直观。数字式万用表还可测量交流电流、功率、电感、电容和频率等,因此目前被专业及维修人员广泛采用。

(一) 指针式万用表

指针式万用表主要由面板、表头、表盘、测量电路及转换开关等构成,其表盘有表笔插孔、零欧姆调节旋钮等。万用表的主要性能指标基本取决于表头性能,表头灵敏度越高,内阻越大,万用表的性能越好。指针式万用表的外形结构如图 2-5 所示。

1. 基本使用方法

(1) 使用前必须熟悉转换开关、旋钮和插孔的作用,了解标度盘上每条线所对应的被测

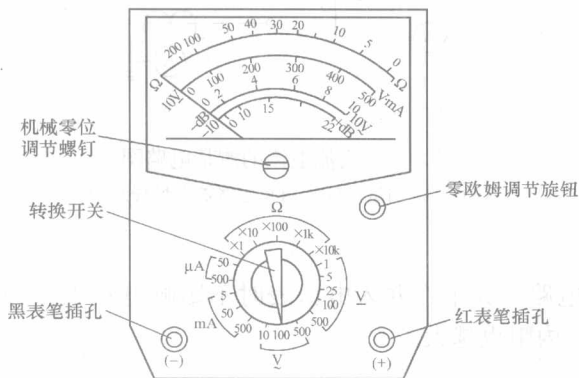


图 2-5 指针式万用表的外形结构

量,检查表笔所接的位置是否正确,明确要测什么和怎样测量,在此基础上将转换开关转到相应的测量种类和量程档上。被测量的大小无法预先估计时,应选用最高量程测量,然后再以试测量结果将量程减小到合适的位置。读数时,应根据被测量和被测量的量程选取对应的读数标尺。

(2) 测量直流电流、直流电压时,应注意正负极性,以免仪表指针反偏、碰弯。测量电流时,万用表的表笔串入

被测电路中（按电流从正到负的方向）；测量电压时，万用表的表笔与被测电路并联，（+）插口的表笔接在被测电压的正极，（-）插口的表笔接在被测电压的负极。

（3）测量交流电压时，不分正负极，将表笔并接在电路的两端即可。

（4）测量电阻时，先将两表笔短接调零，使表针指在电阻刻度的“ 0Ω ”上，然后用表笔测量电阻。表盘上 $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 、 $\times 1k$ 、 $\times 10k$ 的符号表示倍率数。用表头的读数乘以倍率数，就是被测电阻的阻值。

2. 注意事项

（1）转换开关的位置应选择正确（若误用电流档或电阻档测电压，轻则表针损坏，重则表头烧毁）。选择量程时也要适当，使测量数据较为准确。

（2）端钮或插孔要选择正确。红色表笔要插入（+）号的插孔内，黑色表笔要插入（-）号的插孔内；在测量电阻时注意万用表内干电池的正极与面板上的（-）号插孔相连，负极与（+）号插孔相连。

（3）测量电阻时，应先将两表笔短路调零；不能在带电的情况下测量电阻，否则会将万用表烧坏。

（4）测量较高电压（如 220V）或较大电流（如 0.5A）时，不应带电转动转换开关，以免产生电弧，烧坏开关触点。

（5）万用表每次使用完毕后，应将转换开关拨到交流电压的最高档（500V），以免他人误用而造成损坏。

（二）数字万用表

目前数字万用表的生产厂家很多，型号较杂，有台式万用表，也有便携式万用表，有些万用表还综合有其他功能。数字万用表属于精密电子仪表，主要由功能转换器、A/D 转换器、LCD 显示器、电源和功能量程转换开关等构成，其表面有显示器、电源开关、量程转换开关、晶体管插孔（ h_{FE} 测量插孔）、电容插孔、输入插座等。数字万用表外形如图 2-6 所示。

1. 数字式万用表的使用方法

使用万用表前一定要仔细阅读说明书，现以一般型式的数字万用表为例，说明其基本的使用方法。

（1）交直流电压和电流的测量。数字万用表有较宽的电压和电流测量范围。交流显示均为有效值。测量直流电流和电压时，能自动转换和显示极性，即当被测电压或电流的极性接反时，会显示负号，不必调换表笔重测。测量电压时，应将红黑表笔分别插入“V/ Ω ”和“COM”插孔；测量电流时，应将红黑表笔分别插入“10A”（或“mA”）和“COM”插孔。

（2）电阻的测量。测电阻时，先将量程转换开关拨在相应的档位，打开万用表电源开关，显示数为 1（半位）；再将两表笔跨接到电阻两引脚，如图 2-7（a）所示，读数稳定后所显示的数据就



图 2-6 数字万用表外形

是测量结果。

(3) 二极管的测量。在电阻量程档内, 附设了蜂鸣器和二极管档, 如图 2-7 (b) 所示。蜂鸣器主要是用来检查电路的通断, 当有声响时, 表示被测电路通 ($R < 70\Omega$); 无声响, 则表示不通。值得注意的是, 在测量过程中, 被测电路不能带电, 否则会判断错误。

二极管档用来测量二极管的极性和正向压降值。例如测量 IN4001 型整流二极管, 置量程开关于蜂鸣器和二极管档, 用红黑两表笔分别接触二极管的两个引脚, 如图 2-7 (b) 所示。如显示溢出数 1 (反向), 则交换两表笔, 这时必然为正向测试。如果显示器读数为 537, 这说明二极管是好的, 因为二极管的正向压降是 0.537V; 显示正向压降时, 红表笔所接的引脚为二极管的正极, 黑表笔所接的为负极。假如两次测量均显示溢出数 1, 或两次均有压降读数, 表明二极管已损坏 (硅堆除外)。

数字万用表的各电阻档测试电流很小, 均小于 1mA。对二极管、三极管等非线性元件, 通常不测正向电阻而测正向压降。一般锗管的正向压降为 0.15~0.3V, 硅管为 0.5~0.7V。

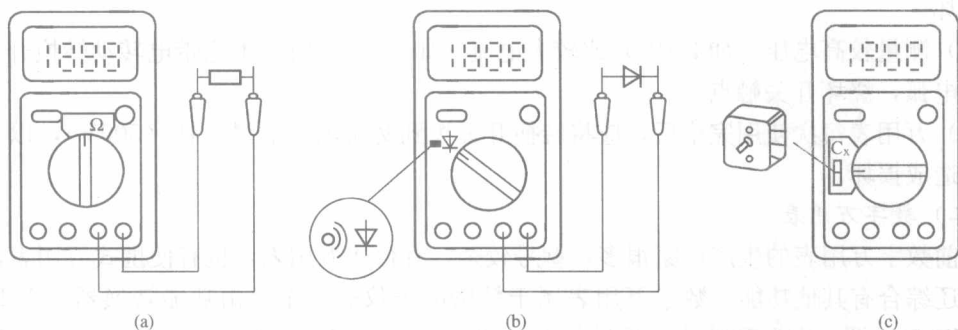


图 2-7 数字万用表的测量
(a) 电阻的测量; (b) 二极管的测量; (c) 电容的测量

(4) 三极管放大倍数 h_{FE} 的测量。将量程转换开关置于 h_{FE} 档, 被测三极管插入 BCE 插口, 显示器将显示三极管放大倍数 h_{FE} 。注意: 看清管子类型 (NPN 型管或 PNP 型管), 并插入对应的插口中; 万用表测量的 h_{FE} 是在低电压、小电流状态条件下 ($U_{CE} = 2.9V$, $I_b = 10mA$) 进行的, 数值一般偏小, 不能作为三极管的参数依据, 仅供选管时参考。

(5) 电容量的测量。万用表一般可测电容的范围为 $1pF \sim 20\mu F$, 具有自动调零功能, 还具有保护电路, 在电容测试过程中不必考虑电容器的极性及电容器的充放电等情况, 使用很方便。如测量最大容量为 $1000pF$ 以下的可变电容器, 置量程转换开关于 $2000pF$ 档, 将可变电容器任两引脚插入标有 “Cx” 处的两插孔中 (不要用表笔), 如图 2-7 (c) 所示; 将旋钮顺时针方向旋到底, 测的可变电容的最大值, 再将旋钮逆时针方向旋到底, 测的可变电容的最小值, 即得可变电容的可变容量。

2. 注意事项

(1) 量程转换开关的位置应选择正确; 端钮或插孔要选择正确; 不能在带电的情况下测量电阻, 否则会将万用表烧坏。

(2) 不得在高温、暴晒、潮湿、寒冷等恶劣环境下使用或存放数字万用表。