



21世纪高职系列教材
SHIJI GAOZHI XILIEJIAOCAI

维修电工技能鉴定

主编 / 杨庆堂 主审 / 张永平



21世纪高职系列教材
SHIJI GAOZHI XILIE JIAOCAI

维修电工技能鉴定

主编 / 杨庆堂 主审 / 张永平 ■

内 容 简 介

本书是根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范——维修电工》编写的职业技能培训教材,全书共分四部分,内容包括初、中级维修电工实际操作、高级维修电工实际操作、初、中级维修电工理论考试复习题及高级维修电工理论考试复习题等。

本书坚持按照岗位需要培训的原则,内容严格限定在《规范》范围内,在保证知识连贯的基础上,着眼于技能操作,力求浓缩精练,突出针对性、典型性、实用性。

本书适用于初、中、高级维修电工技能鉴定备考和电工自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

维修电工技能鉴定/杨庆堂主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2009. 2

ISBN 978 - 7 - 81133 - 355 - 8

I. 维… II. 杨… III. 电工 - 维修 - 职业技能鉴定 - 自学参考资料 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 020809 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 黑龙江省教育厅印刷厂
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 9.75
字 数 231 千字
版 次 2009 年 3 月第 1 版
印 次 2009 年 3 月第 1 次印刷
定 价 18.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

21 世纪高职系列教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主任委员	王景代	丛培亭	刘 义	刘 勇
	李长禄	张亦丁	张学库	杨永明
委 员	杨泽宇	季永青	罗东明	施祝斌
	唐汝元	曹志平	蒋耀伟	熊仕涛
	马瑶珠	王景代	丛培亭	刘 义
	刘 勇	刘义菊	刘国范	闫世杰
	李长禄	杨永明	杨泽宇	张亦丁
	张学库	陈良政	沈苏海	肖锦涛
	周 涛	林文华	季永青	罗东明
	施祝斌	钟继雷	唐永刚	唐汝元
	郭江平	晏初宏	柴勤芳	曹志平
	蒋耀伟	熊仕涛	潘汝良	

前言

本书是按照原劳动部、机械工业部联合颁发的机械工业《职业技能鉴定规范》，为提高广大技术工人的技能水平而编写的，它既可作为高职、高专电子、电气、自动化等专业的基本技能训练用教材，也可作为社会初、中、高级维修电工培训用书。

本书分四部分，包括初、中级维修电工实际操作、高级维修电工实际操作、初、中级维修电工理论考试复习题、高级维修电工理论考试复习题。本书在内容安排上有如下特点：

1. 以国家颁发的电工考核大纲为准，参照各地考工情况，以电工的基本理论、基本技能训练为主，在此基础上结合现代技术的发展，增加了新理论、新元件、新技术的内容，以更好地适应社会对电工人才，特别是对中、高级人才的需求。

2. 理论教学上以“够用”为原则。实际操作部分注重动手能力的培养，初、中级工以板前配线为主，高级工是以亚龙智能机床考核设备为主线，介绍各种机床的维修要点，解决高级工在实际工作中经常会遇到的实际问题。

本书由渤海船舶职业学院杨庆堂担任主编，渤海船舶职业学院张永平担任主审。

由于编者水平有限，疏漏之处在所难免，欢迎各位读者批评指正。

编者
2008年12月

目 录

第一章 初、中级维修电工实际操作	1
第一节 电工工具的使用	1
第二节 常用电工仪表的使用	6
第三节 导线的连接	25
第四节 电阻、电容元件的色环、数字表示	29
第五节 电力拖动控制电路的安装	32
第二章 高级维修电工实际操作——机床维修	42
第一节 YL-ZD 型电动葫芦电路智能实训考核台	44
第二节 YL-120 型 CA6140 车床电路智能实训考核台	46
第三节 YL-ZX 型 X62W 万能铣床电路智能实训考核台	49
第四节 YL-123 型 M ₇ 120 平面磨床电路智能实训考核台	54
第五节 YL-ZZ 型 Z3050 摇臂钻床电路智能实训考核台	59
第六节 YL-122 型 T68 镗床电路智能实训考核台	63
第七节 YL-126 型 15/3 吨交桥式起重机电路智能实训考核台	67
第八节 B2012A 型龙门刨床及 YL-ZL 龙门刨床电路智能实训考核台	73
第三章 初、中级维修电工理论考试复习题	89
第四章 高级维修电工理论考试复习题	113
附 录 维修电工国家职业标准	145

第一章 初、中级维修电工实际操作

第一节 电工工具的使用

常用的电工工具包括通用工具、线路安装工具、登高工具和设备装修工具等。正确使用这些工具,既能提高工作效率和施工质量,又能减轻劳动强度,保证操作安全和延长工具使用寿命。

一、验电器

验电器是检验导线和电气设备是否带电的一种电工常用工具,属通用工具,分为低压验电器和高压验电器两类。

(一) 低压验电器

低压验电器又称测电笔(简称电笔),有钢笔式和螺丝刀式两种,如图 1-1 所示,其检测电压范围为 $60\text{ V} \sim 500\text{ V}$ 。它由氖管、电阻、弹簧和笔身等部分组成。

当用电笔测试带电体时,带电体经电笔、人体到大地形成通电回路,只要带电体与大地之间的电位差超过 60 V 时,电笔中的氖管就会发出红色的辉光。



图 1-1 低压验电器
(a) 钢笔式; (b) 螺丝刀式

电笔在使用时,必须按照图 1-2 所示的方法握妥,即以手指触及笔尾的金属体,并使氖管小窗背光朝向自己,以便于观察;同时要防止笔尖的金属体触及皮肤,以避免触电。在螺丝刀式电笔的金属杆上,必须套上绝缘管,仅留出刀口部分供测试使用。

电笔使用注意事项如下:

1. 使用电笔前,一定要在有电的电源上检查氖管能否正常发光;
2. 在明亮的光线下测试时,往往不易看清氖管的辉光,所以应当避光检测;
3. 电笔的金属探头多制成螺丝刀形状,它只能承受很小的扭矩,使用时应特别注意,以免损坏;

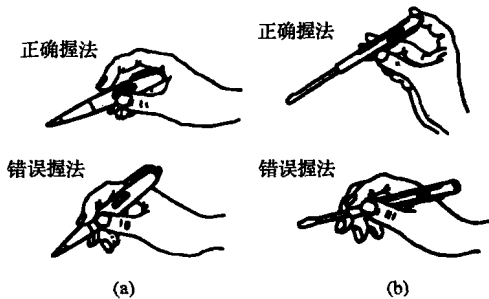


图 1-2 低压验电器握法
(a) 钢笔式; (b) 螺丝刀式

4. 电笔不可受潮,不可随意拆装或受剧烈震动,以保证测试可靠。

电笔的实用经验如下:

1. 可根据氖管发亮的强弱来估计电压的高低;
2. 在交流电路中,当电笔触及导线时,氖管发亮的即是相线(正常情况下零线是不会使氖管发亮的);
3. 交流电通过电笔时,氖管里两个电极同时发亮;直流电通过电笔时,只有一个电极发亮;
4. 用电笔触及电机、变压器等电气设备外壳,若氖管发亮,则说明该设备相线有碰壳现象,若壳体上有良好接地装置,氖管是不会发亮的;
5. 在三相三线制星形接法的交流电路中,用电笔测试时,如果两根相线很亮,而另一根不亮,则这三相有接地现象,在三相四线制电路中,当单相接地后,中性线测试时也会发亮。

(二) 高压验电器

高压验电器又称高压测电器,用来检查高压供电线路是否有电。图 1-3 所示为 10 kV 高压验电器外形图,它由金属钩、氖管、观测窗、紧固螺钉、护环和把柄等组成。



图 1-3 10 kV 高压验电器

高压验电器的检查对象为高压电路,操作时应注意以下几点:

1. 验电器在使用前,一定要进行测试,证明验电器确实良好,方可使用;

2. 使用高压验电器时手应放在把柄处,不得超过护环,如图 1-4 所示;

3. 检测时操作人员必须戴符合耐压要求的绝缘手套,身旁要有人监护,不可一个人单独操作,人体与带电体应保持足够的安全距离,检测 10 kV 电压时安全距离为 0.7 m 以上;

4. 检测时验电器应逐渐靠近被测线路,氖管发亮,说明线路有电,氖管不亮,才可与被测线路直接接触;

5. 在室外使用高压验电器应注意气候条件,在雪、雨、雾及湿度较大的情况下不能使用,以防发生危险。

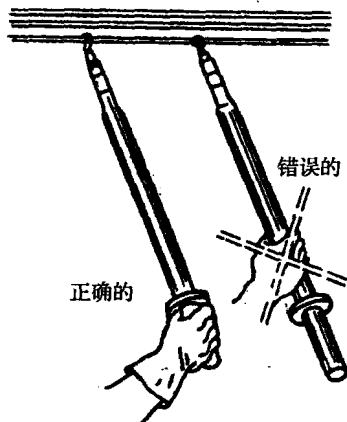


图 1-4 高压验电器握法

二、电工钳

电工钳是一种钳夹和剪切工具,属线路安装工具。

(一) 钢丝钳

由钳头和钳柄两部分组成,钳头由钳口、齿口、刀口和侧口四部分组成。钳口可用来弯绞和钳夹导线头;齿口用来紧固或起松螺母;刀口用来剪切导线或剖削软导线绝缘层,侧口用来侧切电线线芯、钢丝或铅丝等较硬金属,如图 1-5 所示,其绝缘耐压为 500 V,可在有电场合使用。钢丝钳规格以全长表示,有 150 mm,175 mm,200 mm 三种。

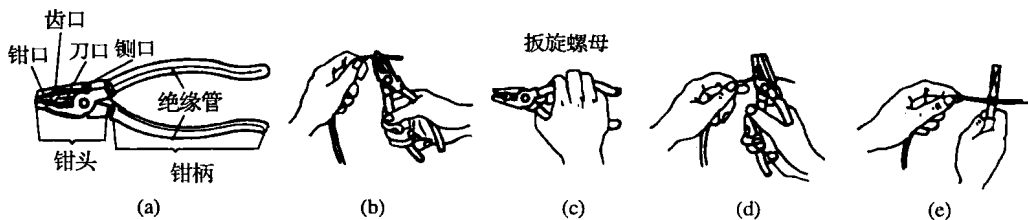


图 1-5 电工钢丝钳的构造及用途

(a) 构造; (b) 弯绞导线; (c) 紧固螺母; (d) 剪切导线; (e) 侧切钢丝

钢丝钳使用注意事项如下:

1. 使用电工钢丝钳以前,必须检查绝缘柄的绝缘是否完好,如果绝缘损坏,进行带电作业时会发生触电事故;
2. 用电工钢丝钳剪切带电导线时,不得用刀口同时剪切相线和零线,或同时剪切两根相线,以免发生短路故障;
3. 钳头不可代替手锤作为敲打工具使用;
4. 钳头应防锈,轴销处应经常加机油润滑,以保证使用灵活。

(二) 剥线钳

剥线钳用来剥削截面为 6 mm^2 以下塑料或橡胶绝缘导线的绝缘层,它由钳头和手柄两部分组成,如图 1-6 所示。钳头由压线口和切口构成,切口具有 $0.5 \text{ mm} \sim 3 \text{ mm}$ 多个直径尺寸,手柄带有绝缘把,耐压为 500 V 。使用时,根据需要定出要剥去绝缘层的长度,按导线芯线的直径大小,将其放入剥线钳相应切口,用力一握钳柄,导线的绝缘层即被割断,同时自动弹出。

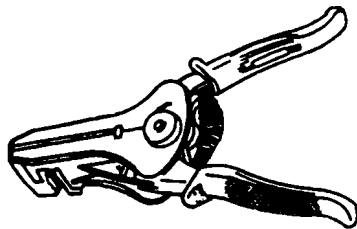


图 1-6 剥线钳

剥线钳使用注意事项如下:

1. 使用时,电线必须放在大于其芯线直径的切口上剥削,否则会切伤芯线;
2. 带电操作之前,须检查绝缘把套的绝缘是否良好,以防绝缘损坏,发生触电事故。

(三) 紧线钳

紧线钳用来收紧户内瓷瓶线路和户外架空线路的导线。紧线钳的种类很多,常用的有平口式和虎头式两种,其外形如图 1-7 所示。平口式原名鬼爪式,它由前部(包括上钳口和拉环)和后部(包括棘爪和棘轮扳手)两部分组成。虎头式原名钳式,它的前部带有利用螺栓夹紧线材的钳口,后部有棘轮装置,用来绞紧架空线,并有两用扳手一只,一端有一个可旋动钳口螺母的孔,另一端制有可以绞紧棘轮的孔。

平口式紧线钳的使用方法如下:

1. 上线(前部)。一手握住拉环,另一手握住下钳口往后推移,将需要拉紧的导线放入钳口槽中,放开手中的下钳口,利用弹簧夹住导线。
2. 紧(后部)。把一段钢绳穿入紧线盘的孔中,将棘爪扣住棘轮,然后利用棘轮扳手前后往返运动,使导线逐渐拉紧。
3. 松。将导线拉紧到一定要求并扎牢后,将棘轮扳手推前一些,使棘轮产生间隙,此时用手将棘爪向上扳开,被收紧的导线就会自动放松。
4. 卸线。仍用一手握住拉环,另一手握住下钳口往后推,如发现钳口电线过紧时,可用

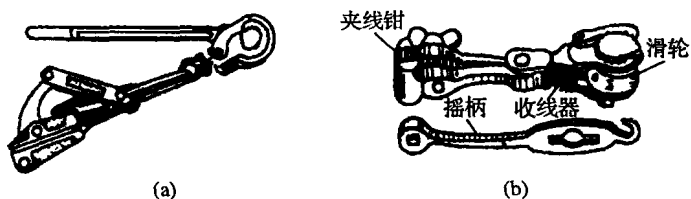


图 1-7 紧线钳
(a) 平口式; (b) 虎头式

其他工具轻轻敲击下钳口,被收紧的导线就会自动放松。

虎头式紧线钳的使用方法与平口式基本相同。不同之处是虎头式紧线钳上线时,须旋松翼形螺母,这时钳口就自动弹开,将导线放入钳口后旋紧翼形螺母即可夹住导线。

紧线钳使用注意事项如下:

1. 根据使用导线的粗细,采用相应规格的紧线钳;
2. 在使用时如发现有滑线现象,应立即停止使用并采取措施(如在导线上绕铁丝)再行夹住,使导线确实夹牢后,才能继续使用;
3. 在收紧时,平口式紧线钳应扣着棘爪与棘轮,防止棘爪脱开打滑。

(四) 尖嘴钳

尖嘴钳如图 1-8 所示,其头部尖细而长,适用于在狭小的工作空间操作,绝缘柄耐压为 500 V。其规格以全长表示,有 140 mm 和 180 mm 两种。其主要用途是可剪断较细的导线和金属丝,将其弯制成所需的形状,并可夹持、安装较小螺钉、垫圈等。



图 1-8 尖嘴钳

三、电工刀

电工刀主要用来剖削或切割电工器材,属电工通用工具,其结构如图 1-9 所示,如剖削电线、电缆绝缘层、切割木台缺口、削制木桩及软金属等。使用时,刀口应朝外进行操作;剖削导线绝缘层时,应使刀面与导线成较小锐角,以免割伤导线;用毕,应随即把刀身折入刀柄。电工刀刀柄是无绝缘保护的,不能在带电导线或器材上剖削,以防触电。



图 1-9 电工刀

四、冲击钻

冲击钻是一种电动工具,属线路安装工具。通常可冲打直径为 6 mm ~ 16 mm 的圆孔,如图 1-10 所示。它具有两种功能:一种是在使用时把调节开关调到标记为“钻”的位置,可作为普通电钻使用;另一种是使用时把调节开关调到标记为“锤”的位置,可用来冲打砌块和砖墙等建筑面的木榫孔和导线穿墙孔。

冲击钻使用注意事项如下:

1. 有的冲击钻可调节转速,有双速和三速之分,在调速或调挡时,均应停转;
2. 用冲击钻开凿墙孔时,需配用专用的冲击钻头,其

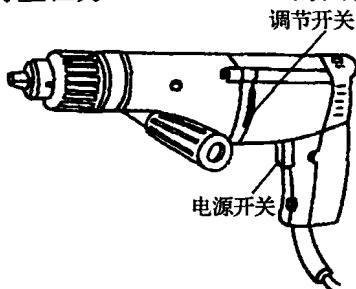


图 1-10 冲击钻

规格按所需孔径选配,常用的有 8 mm,10 mm,12 mm,16 mm 等多种;

3. 在冲钻墙孔时,应经常把钻头拔出,以利排屑;

4. 在钢筋建筑物上冲孔时,遇到坚实物不应施加过大压力,以免钻头退火。

五、电烙铁

电工在安装和维修过程中常常通过锡焊方法对铜、铜合金、钢和镀锌薄钢板等材料进行焊接,电烙铁就是锡焊的主要工具,属设备装修工具。它由手柄、电热元件和铜头组成,如图 1-11 所示,根据铜头的受热方式又可分为内热式和外热式两种,其中内热式电烙铁的热利用率较高。电烙铁的规格是以消耗的电功率来表示的,通常有 25 W,45 W,75 W,100 W 和 300 W 等几种。

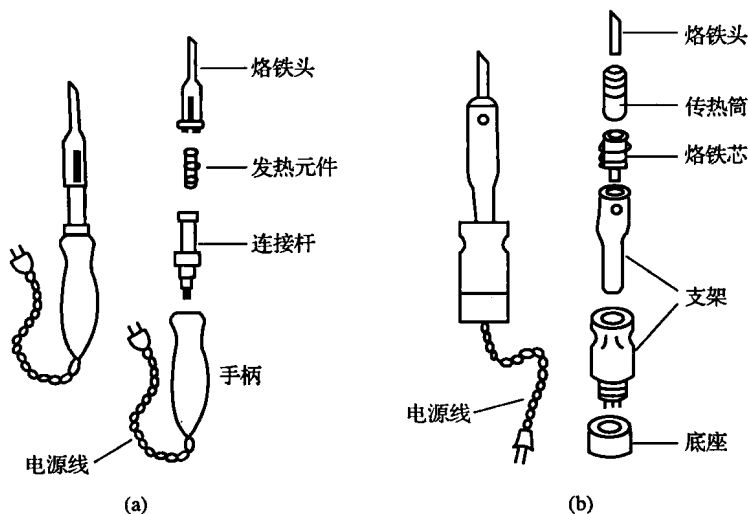


图 1-11 电烙铁
(a) 内热式; (b) 外热式

电烙铁使用注意事项如下:

1. 电烙铁的功率应选用适当,如功率过大,既浪费电力又易烙坏元件;如过小,又会因热量不够影响焊接质量。焊接弱电元件时,一般选用 25 W 的;焊接较粗多股铜心绝缘线接头时,根据铜心直径大小,选用 75 W ~ 150 W 的;对于面积较大元件进行搪锡处理等,要选用功率为 300 W 的;

2. 电烙铁用毕,要随时拔去电源插头,以节约电力,延长使用寿命;

3. 在导电地面使用时,电烙铁的金属外壳必须妥善接地,以防漏电时触电。

六、梯子

电工用梯子分为直梯和人字梯两种,如图 1-12 所示。直梯通常用于户外登高作业,人字梯常用于户内登高作业,属登高工具。

直梯使用注意事项如下:

1. 直梯在使用前应检查是否有虫蛀及折裂现象;

2. 直梯两脚应各绑扎胶皮之类的防滑材料;

3. 在直梯上作业时,为了保证不致用力过度而站立不稳,应按图 1-13 所示方法站立;
4. 直梯放置的斜角约为 $60^{\circ} \sim 75^{\circ}$,安放的位置应与带电体保持安全距离,且不准放在不牢固的物体上使用。

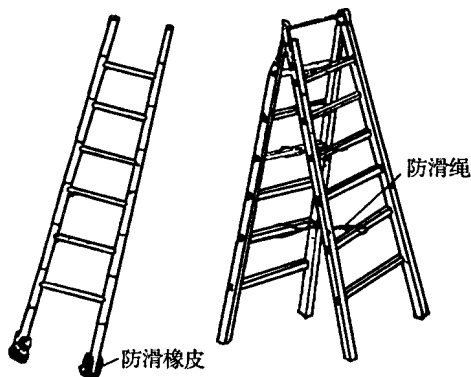


图 1-12 梯子
(a)直梯;(b)人字梯



图 1-13 梯上作业站立姿势

人字梯使用注意事项如下:

1. 人字梯应在中间绑扎两道防自动滑开的安全绳,若已有安全绳,应检查是否结实、牢靠;
2. 在人字梯上作业时,切不可采取骑马的方式站立,以防人字梯两脚自动分开时,造成严重工伤事故。

第二节 常用电工仪表的使用

一、常用电工仪表概述

电工测量所用的仪器、仪表统称为电工仪表。电工常使用电工仪表进行电流、电压、电功率和电阻等物理量的测量,以便掌握电气设备的特性、运行情况和检查电器元件的质量情况。

(一) 电工仪表的分类

电工仪表种类和规格繁多,分类方法也各异。按仪表的结构和用途大致可分为以下几类:

1. 指示仪表类。它包括各种安装式指示仪表、便携式仪表及电度表等。
2. 比较仪表类。它包括各种电桥、电位差计、标准电阻与标准电容等交直流比较仪器。
3. 记录仪表类。它包括 X-Y 记录仪和示波器等。
4. 扩大量程装置和传感器类。它包括分流器、附加电阻、电流互感器和电压互感器等;传感器是指将非电量(如温度、压力)转换成电量的装置。

尽管电工仪表种类繁多,但应用最广、数量最大的是指示仪表。指示仪表就是指将被测量电量转换成指针角位移的一种模拟式仪表。指示仪表具有测量迅速、读数直接等优点。

指示仪表类按其工作原理,可分为磁电系、电磁系、电动系、感应系、整流系、热电系及铁磁电动系等类仪表。按测量对象的不同,可分为电流表、电压表、功率表、欧姆表、电度表和

频率表等。按被测量电流种类可分为直流表、交流表和交直流两用仪表。按使用方式可分为安装式仪表和便携式仪表。按仪表对外界磁场的防御能力,可分为 I, II, III, IV 四个等级, I 级防外界磁场的仪表允许产生 0.5% 的测量误差; II 级允许产生 1.0% 的误差; III 级允许产生 2.5% 的误差; IV 级允许产生 5.0% 的误差。级数越小, 抗外界磁场干扰的能力越强。根据使用环境的不同, 可分为 A, B, C 三组。按仪表的准确度等级, 可分为 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.5, 5.0 等七级。其中准确度数值越小, 仪表的精确度越高。

(二) 仪表的测量误差

仪表在进行测量时所得的测量值与被测的实际值之间的差值称为仪表的测量误差。测量误差越小, 测量值越接近被测量的实际值, 说明仪表的测量精度越高。引起测量误差的原因有两方面: 一是仪表本身固有的因素所造成的误差, 主要是由于仪表结构设计和制造工艺不完善而产生的, 如机械结构摩擦力不一致引起的误差, 标度尺刻度不精确引起的误差等, 这种误差称为系统误差; 二是仪表因外界因素的影响而产生的误差, 如周围环境温度过低或过高, 电源的幅度、频率的波动及外界磁场干扰都会引起测量误差, 这种误差称为附加误差。

电工仪表测量误差有三种表达形式。

1. 绝对误差 Δ

它是指仪表测量的指示值 A_x 与被测量的实际值(也称真值) A_0 的差值, 即

$$\Delta = A_x - A_0$$

2. 相对误差 γ

它是指绝对误差 Δ 占被测量实际值 A_0 的百分数, 即

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\%$$

在实际测量过程中, 因指示值 A_x 和实际值 A_0 相差不大, 通常用 A_x 值代替 A_0 来进行相对误差的近似估算, 即

$$\gamma \approx \frac{\Delta}{A_x} \times 100\%$$

可以看出, 相对误差给出了测量误差的明确概念, 可清楚表明仪表测量的准确程度, 是一种常用的测量误差表示形式。

(三) 电工测量的注意事项

1. 正确选择仪表

电工测量是维修电工的主要工作内容, 正确选择电工仪表是维修电工的基本技能之一。选用电工仪表, 应从以下几方面考虑:

(1) 根据测量对象选择相应的仪表。对电路进行监测性测量, 要采用安装式仪表; 对电路进行检测性测量, 一般采用便携式仪表。根据被测量来决定相应测量种类的仪表, 如电压表、电流表、瓦特表或电度表, 并确定其仪表型号。

(2) 根据被测量的大小, 选择合适的量程。选择的原则是仪表的量程上限一定要大于被测量, 并使指针处于标度尺大约 $2/3$ 的位置。

(3) 根据测量精度的要求, 选取适当准确度等级的仪表, 选择的原则是在保证测量精度的前提下, 选用准确度等级较低的仪表。因仪表准确度等级越高, 价格越贵, 对测量环境要求也越高。

2. 认真阅读仪表说明书

每一种仪表都有自己的特点,因此在使用新仪表或接线较复杂的仪表之前,应认真阅读使用说明书,按要求步骤进行操作。

3. 要注意人身安全和设备安全

维修电工因经常测量高电压、大电流电路,在测量过程中,一定要注意人身安全和设备安全。除了按仪表使用规则操作外,还必须遵守各种安全操作规程。

二、电流表

电流表是用来测量电路中的电流值的。按所测电流性质不同可分为直流电流表、交流电流表和交直流两用电流表,就其测量范围又可分为微安表、毫安表和安培表。

(一) 普通电流表

1. 分类情况

普通电流表有磁电式、电磁式、电动式等,是用指针偏转的角度来反映被测电流的大小。

2. 普通电流表使用方法及注意事项

(1) 在测量电路电流时,一定要将表串接在被测电路中,如图 1-14 所示。其中表 A_1 是测量负载 R_1 流过的电流,表 A 是测量 R_1 与 R_2 流过的电流之和。

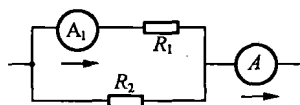


图 1-14 电流表的连接

(2) 磁电式电流表一般只用于测直流电流。测量时,仪表的“+”、“-”极性不可接错,以免指针反打,损坏仪表。

(3) 磁电式电流表精度高,但量程较小,可用图 1-15 所示电路扩大其量程。 R 为分流电阻,流经它的电流 I 为被测电流与表头所能承受的电流 I_g 的差值。被测电流 I 为

$$I = I_g \left(1 + \frac{R_g}{R} \right)$$

(4) 在测量数值较大的交流电流时,交流电流表常借助于电流互感器来扩大其量程。如图 1-16 所示。

(5) 选择电流表时,要考虑表的量程。一般使指针指在刻度尺的 $2/3$ 左右位置,此时准确度较高。如不明被测电流的大小,可从较大量程试测,以免过载而烧毁仪表。

(6) 为提高测量的准确度,应尽量采用内阻较小的电流表。

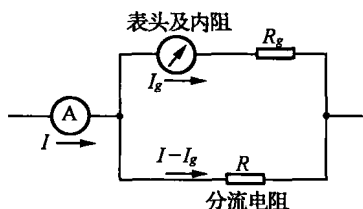


图 1-15 电流表扩大量程电路

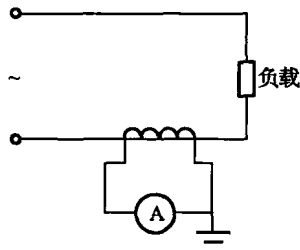


图 1-16 用电流互感器扩大量程

(二) 钳形电流表

如果用普通电流表测量电流,需要将电路开路测量,对于不便拆线或不能断开电路的情况,普通电流表无法测量,因此可以用一种不断开电路又能够测量电流的仪表,这就是钳形

电流表。

1. 钳形电流表的工作原理

钳形电流表是根据电流互感器的原理制成的,外形像钳子一样,如图 1-17 所示。将被测的电路从铁芯的缺口放入铁芯中,这条导线就等于电流互感器的一次绕组,然后闭合钳口,被测导线的电流就在铁芯中产生交变磁感应线,使二次绕组感应出与导线流过的电流成一定比例的二次电流,在表盘上显示出来,于是可以直接读数。

一类钳表(如 MG4, MG24 型表)由一个钳形铁芯的电流互感器和一个整流系电流表组成,其外形如图 1-17 所示。

图 1-17 所示的钳形电流表当握紧扳手时,电流互感器的铁芯可以张开(如图中虚线所示),被测电流的导线卡入钳口作为电流互感器的原边线圈。放松扳手,使铁芯的钳口闭合后,接到副边线圈的整流系电流表便指示被测电流的大小。这类钳表可以有几种不同的量限,由图中转换开关 K 的切换来实现。这一类钳表只能用来测量交流电流。

另一类钳表(如 MG20, MG21 型),外形和前一类相似,结构如图 1-18 所示。被测电流的导线被夹持在钳口的中间时,铁芯被磁化,测量机构的动铁片位于铁芯缺口的中间,也被磁化,铁芯与动铁片之间便产生了使可动部分偏转的转动力矩。这类钳表的工作原理和电磁式测量机构相似,所以可以交直流两用。

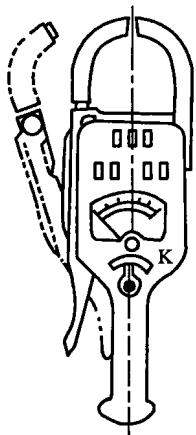


图 1-17

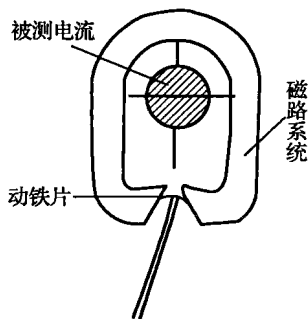


图 1-18

2. 使用钳形电流表的注意事项

(1) 钳表通常只用于电压在 500 V 以下的电路测量。严禁用钳表测量高压电路的电流,否则会击穿绝缘,造成人身事故。

(2) 进行电流测量时,应注意相对带电部分保持安全距离,以免发生触电事故。被测载流导线的位置应放在钳口中央,以免产生误差。

(3) 测量前应先估计被测电流大小,选择合适的量程,或先选用较大量程测量,然后再视被测电流大小,减小量程。

(4) 测量后一定要把调节开关放在最大电流量程,以免下次使用时,由于未选择量程而损坏仪表。

(5) 如果被测电路的电流小于 5 A 时,为了方便读数,可以将导线在钳口多绕几圈,然后再闭合钳口测量读数。

三、电压表

(一) 电压表的分类

电压表是用来测量电路中的电压值的。按所测电压的性质可分为直流电压表、交流电压表和交直流两用电压表；就其测量范围又可分为毫伏表、伏特表；按工作原理又可分为磁电式、电磁式和电动式电压表。

(二) 电压表的工作原理

磁电式、电磁式和电动式是电压表的主要形式。被测电路两点间的电压加在仪表的接线端上，电流通过仪表内的线圈，其电流的大小与被测电路两点的电压有关，指针的偏转角可以反映出被测电路的电压。

1. 磁电式电压表

磁电式仪表的可动线圈自身有一定的电阻 R_g ，通过它的电流 I_g 和外加电压 U_g 成正比，因此它可以用来测电压。如果磁电式仪表允许通过的最大电流为 I_{gm} ，则它可以测量的最高电压 $U_{gm} = I_{gm} R_g$ 。由于仪表 R_g 的不大，允许通过的电流又很小，所以它直接用来测量电压的范围也就很小，通常为毫伏级。灵敏度较高的仪表允许通过的电流值受到限制，为了扩大测量电压的量程，可采用电阻与仪表串联的方法，构成大量程的电压表，串联电阻起分压作用，如图 1-19(a) 所示。如果用三个分压电阻连接成图 1-19(b) 所示的形式，便可以制成三量限的电压表。

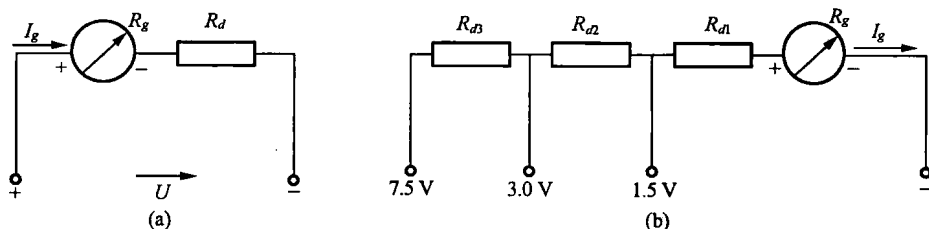


图 1-19 磁电式电压表原理图

多量限电压表各量限的内阻与相应电压量限之比是一个常数，而且是电压表的一个重要常数，常标在电压表表面上，其单位为“ Ω/V ”。

2. 电磁式电压表

电磁式仪表与分压电阻 R_d 串联，就可以组成电磁式电压表。在一定频率的电压作用下，通过线圈的电流有效值与电压有效值成正比，因此，指针偏转角也和被测电压有效值的平方成正比。很明显，由于线圈的感抗随频率变化等原因，电磁式电压表要在规定的频率范围内工作，否则要产生明显的频率误差。

多量限的电磁式电压表仍然靠采用不同的分压电阻来实现。

3. 电动式电压表

将电动式仪表的固定线圈和可动线圈串联起来之后再串上分压电阻 R_d ，就构成了电动式电压表，如图 1-20 所示。

当分压电阻 R_d 一定时，通过仪表的电流 I 与仪表的端电压 U 成正比，这时偏转角 α 就与 U^2 成正比，即

$$\alpha = k_u U^2$$

可见,电动式电压表的标尺也是不均匀刻度的。通过串联几个分压电阻,可以制成多量限的电动式电压表。

由于仪表各线圈电感的感抗是随频率改变的,所以电动式电压表也应在一定的频率范围内工作,否则频率误差会很明显。

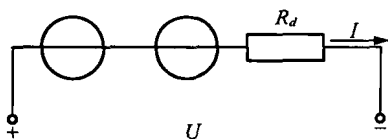


图 1-20 电动式电压表原理图

(三) 电压表的选择与使用

1. 电压表的选择原则

电压表的选择原则主要从测量对象、测量范围、要求精度和仪表价格等几方面考虑。工厂的低压配线电路,其电压多为 380 V 和 220 V,对测量精度要求不太高,所以一般多用电磁式电压表,选择量程为 450 V 和 300 V。实验中测量和检查电子电路电压时,因为对测量精度和灵敏度要求高,常采用磁电式多量程电压表。使用电压表测量电路电压时,一定要使电压表与被测电压的两端并联,电压表指针所示为被测电路两点间的电压。

2. 电压表使用注意事项

- (1) 测量时所选用的电压表量程一定要大于被测电路的电压,否则将损坏电压表。
- (2) 使用磁电式电压表测量直流电压时,要注意电压表接线端上的“+”,“-”极性标记。
- (3) 用电压表测量电路两端的电压,电压表要与被测电路并联,电压表的内阻越大,测量误差越小,测量准确度越高。
- (4) 在测量交流高压时要使用电压互感器。

四、万用表

万用表是电工测量中最常用的多功能仪表。它的基本用途是测量电流、电压和电阻。它使用方便,便于携带,特别适用于检查线路和修理电气设备。

(一) 万用表分类

万用表有指针式和数字式两种。

(二) 万用表结构及工作原理

1. 指针式万用表

(1) 结构

指针式万用表一般由表头(高精度的磁电式仪表)、测量电路(即配上若干分流器、倍压器以及干电池、半导体二极管等构成)和转换开关组成。

(2) 工作原理

指针式万用表简化的电路原理图如图 1-21 所示。图中表示了万用表测量直流电流 μA 、直流电压 V、交流电压 V 和电阻 Ω 的电路转换情况,实际上测量每一种电量都有多种量程。以图 1-22 所示 MF-30 型袖珍式万用表为例,说明万用表的工作原理。

① 直流电流的测量

MF-30 型万用表的直流电流挡相当于一块磁电式、多量程的直流电流表,量程有 50 μA 、500 μA 、5 mA、50 mA 和 500 mA 五挡。将转换开关 S 拨至 μA 或 mA 中某一挡,就可按此量程测量直流电流。指针偏转时按面板上第二条标有 mA 的刻度尺读数,但要注意这上面标的是最大量程(500 mA)的刻度,其他量程应按比例读数,例如当转换开关拨在 5 mA 挡时,读取刻度值应除以 100;当转换开关拨在 500 μA 挡时,读取刻度值应除以 1 000。