



全国机械类职业岗位
技能培训系列教材

电子产品装配与调试 基本技能

刘敬慧 主编



与生产岗位对接
提升技能

全国机械类职业岗位技能培训系列教材

电子产品装配与调试

基本 技能

主 编 刘敬慧

副主编 张立梅 吴建春 崔立华

参 编 刘天野 余健文

主 审 胡松涛

机械工业出版社

本书共分9个单元,包括电子产品装接操作安全、常用电子元器件识别与检测、电子产品加工工艺、电子焊接技术、表面贴装元件的焊接技术、电子产品装配及调试技术、PCB制板技术、电子产品技术文件、电子产品整机装配实例。本书以基本技能为载体,突出技能训练,强调学生分析问题和解决问题能力的培养。

本书可作为相关职业岗位技能培训教材、中等职业学校电子信息类专业教材,也可作为农民工培训的基础教材以及中等职业学校电子电器应用与维修专业教材。

图书在版编目(CIP)数据

电子产品装配与调试基本技能/刘敬慧主编. —北京:机械工业出版社, 2012. 11

全国机械类职业岗位技能培训系列教材

ISBN 978-7-111-40271-8

I. ①电… II. ①刘… III. ①电子产品-装配(机械)-中等专业学校-教材②电子产品-调试方法-中等专业学校-教材 IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第261838号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:汪光灿 责任编辑:汪光灿 王 荣

版式设计:赵颖喆 责任校对:张玉琴

封面设计:赵颖喆 责任印制:乔 宇

三河市国英印务有限公司印刷

2013年2月第1版第1次印刷

184mm×260mm·11.75印张·271千字

0 001—2000册

标准书号:ISBN 978-7-111-40271-8

定价:25.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前

言

目前,市场竞争日益激烈,企业普遍认识到利用先进的生产线进行生产的重要性和紧迫性,因此近年来新型的生产线替代旧的生产线,不可避免地需要大量的电子产品装配、安装与调试的技术人员。在这样的背景下,编者总结了自己多年的教学心得体会,同时结合当前学校教学的实际要求和企业要求,编写了本书。

在本书的编写过程中,编者在仔细分析中等职业学校电子信息类专业教学的知识要求和技能要求的基础上,以技能训练为主线,以技能鉴定为背景,合理地安排训练项目,有利于学生在加工工艺和动手能力等方面的培养,注重理论与实践相结合,力求内容简单实用,避免复杂的理论推理。

本书力求体现以下特点:知识结构清晰,内容深浅适度,层次感强,知识新颖,适合当前实践教学的要求;通过项目训练来巩固和加强学生所学知识和技能,通过综合实训来提高学生运用知识分析问题、解决问题的能力,结合企业生产实际和中职学生的认知特点,注重学生操作技能和综合职业能力的培养。

本书由长春市机械工业学校刘敬慧任主编,进行全书的规划、统稿并定稿,同时编写了单元二、单元六、单元七、单元九。长春市机械工业学校张立梅和崔立华、江苏省惠山职业教育中心学校吴建春任副主编,中北大学刘天野、韶关市中等职业技术学校余健文参编,其中,张立梅编写了单元八,吴建春编写了单元五,崔立华编写了单元一,刘天野编写了单元三,余健文编写了单元四,北京航天数控集团公司胡松涛主审。本书在编写过程得到了天津大学电子信息学院老师的帮助,他们为本书提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心感谢。

编写过程中,编者广泛参阅了国内外同行的专著、教材、讲稿、论文等文献资料,在此一并致以谢意。

由于编者水平有限,加上时间仓促,书中错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

前言		单元五 表面贴装元器件的焊接技术 … 90	
单元一 电子产品装接操作安全 …… 1		第一节 片状元器件的识读 …… 90	
第一节 安全用电常识 …… 1		第二节 表面贴装元件的装焊 …… 97	
第二节 文明生产 …… 5		单元小结 …… 104	
单元小结 …… 6		单元验收 …… 104	
单元验收 …… 6		单元六 电子产品装配及调试技术 …… 106	
单元二 常用电子元器件识别与检测 …… 7		第一节 电子产品装配的技术要求 ……	
第一节 常用仪器仪表的使用 …… 7		…………… 106	
第二节 电阻器的识读和检测方法 … 15		第二节 电子产品的调试 …… 109	
第三节 电容器的识读和检测方法 … 21		单元小结 …… 112	
第四节 电感器与变压器的识读和		单元验收 …… 113	
检测 …… 27		单元七 PCB 制板技术 …… 116	
第五节 半导体器件的识别和检测		第一节 Protel 99 SE 的使用 …… 117	
方法 …… 33		第二节 印制电路板制作 …… 132	
单元小结 …… 43		单元小结 …… 143	
单元验收 …… 43		单元验收 …… 144	
单元三 电子产品加工工艺 …… 46		单元八 电子产品技术文件 …… 146	
第一节 装配工具的使用 …… 46		第一节 技术文件的分类及特点 …… 146	
第二节 导线的加工工艺 …… 55		第二节 电子产品的设计文件和工艺	
第三节 元器件引线加工工艺 …… 61		文件 …… 147	
单元小结 …… 63		单元小结 …… 160	
单元验收 …… 64		单元验收 …… 160	
单元四 电子焊接技术 …… 66		单元九 电子产品整机装配实例 …… 163	
第一节 手工焊接的基本技能 …… 66		第一节 自动搜索调频收音机 …… 163	
第二节 印制电路板元器件插装与		第二节 模拟充电器的制作 …… 169	
焊接 …… 76		第三节 彩灯循环控制器的制作 …… 172	
单元小结 …… 85		第四节 数字式密码锁 …… 176	
单元验收 …… 86		参考文献 …… 181	

1

单元一

电子产品装接操作安全

在电子整机产品的装接过程中，如果操作不当，很可能给操作人员带来危险。预防触电是安全用电的核心，没有一项措施或一种保护装置是万无一失的，只有制定了安全用电制度，并且在工作中严格执行，在各种用电场合中提高安全意识和警惕性，才能得到安全保障。因此，遵守安全文明操作规程是每个操作人员的责任，它涉及家庭、实验室及其他公共场所等许多方面。在进入电子技能实训时，我们首先必须学习并严格遵守本岗位的安全文明操作规程。



知识目标

1. 了解电流对人体的伤害和人体触电的基本形式。
2. 了解引起电火灾的原因。
3. 明确安全用电意义，掌握防止触电的保护措施。



技能目标

熟知电子装接安全文明操作规程，并严格按规程进行操作。

第一节 安全用电常识

电能被广泛应用于工农业生产及日常生活中。理论上讲，进入市场的产品都应该是安全性能有保证的，但在实际工作中，一些不合格的产品往往给用户造成安全隐患。作为用户，选择由国家及国际上安全检验权威部门（如中国电工产品认证委员会（CCEE））检测通过的产品，是安全的根本保证。

在人们日常生活和工作中，特别是实训室和现场等场所有很多的用电设备，了解正确使用这些设备的安全常识是非常重要的。

一、电流对人体的伤害

人体是可以导电的，当人体触及带电体时，会有电流通过人体而对人体造成伤害，这就



是触电。触电时，电流对人体的伤害程度可分为电伤和电击。决定触电强度的是电流而不是电压。电流通过人体引起心室纤维性颤动是导致触电死亡的主要原因，当然要产生电流必须要有电压，但决定效果的是阻碍电流的电路。

那么，触电时，电流对人体伤害的程度与哪些因素有关呢？

1. 电流的大小

人体内存在生物电流，一定限度的电流不会对人体造成伤害。触电时，通过人体的电流越大，人体的生理反应越强烈，感觉就越明显，对人体的伤害也就越大。当 $10 \sim 30\text{mA}$ 的电流流过人体，便会产生麻痹感，难以忍受，这时，人体已经不能自主地摆脱带电体。若电流达到 50mA 以上，就会引起心室颤动，甚至致命。

2. 电流通过人体的时间

电流对人体的伤害与电流作用的时间密切相关。触电时电流通过人体的时间越长，其伤害程度越大。

3. 人体触电电压的高低

当人体接近高压时，就会产生感应电流，电压越高，感应电流就越大。所以人体接触的电压越高就越危险。

在国标 GB/T 3805—2008 中，安全电压是为防止触电事故而采用的有特定电源供电的电压系列。该系列的上限值是指在任何情况下，两导体间不得超过交流（ $50 \sim 500\text{Hz}$ ）有效值 50V 。根据国标规定，我国安全电压额定值的等级为 42V 、 36V 、 24V 、 12V 、 6V 。由于人体电阻并非定值，因此必须注意 42V 、 36V 等电压并非绝对安全。

4. 通过人体电流的频率

电流的频率不同，对人体的伤害也不同。其中， $25 \sim 300\text{Hz}$ 的电流对人体的伤害最严重。低频的交流电（特别是频率 50Hz 的交流电）危险大于直流电，因为交流电主要是麻痹并破坏人体的神经系统。

5. 不同人群以及人体在不同环境下电阻值的差异

人体对电流有一定阻碍作用，这种阻碍表现为人体电阻。各种不同的人群触电所造成的危害是不同的，这是由于不同人体的电阻不同，所流经的电流也不同。

人体电阻不仅与身体自然状况和身体部位有关，而且与环境条件等因素以及接触电压大小也有很大关系。

6. 电流流经人体的部位

人体中最忌电流通过的部位是心脏和中枢神经，因此电流从人体的手到手、从手到脚都是危险途径。

二、触电的形式

人体触电形式主要有单相触电、两相触电、接触电压触电和跨步电压触电等。

1. 单相触电

单相触电是指人体某一部分触及一相电源或接触到漏电的电气设备，电流通过人体流入大地，造成触电。触电事故中大部分属于单相触电，如图 1-1 所示。



2. 两相触电

两相触电如图 1-2 所示。这时人体的不同部位同时触及某电源的两相导线，电流从一根导线通过人体流向另一根导线，这是危险性更大的触电形式。

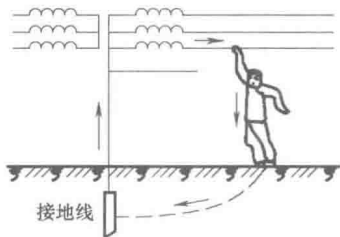


图 1-1 单相触电

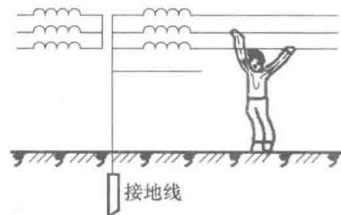


图 1-2 两相触电

3. 接触电压触电

人体与电气设备的带电外壳接触而引起的触电为接触电压触电，如图 1-3 所示。

4. 跨步电压触电

当带电体有电流流入地下（架空线的一根相线断落在地上），在地面形成不同的电位，人在接地点周围两脚之间就会有电压差，即为跨步电压，如图 1-4 所示。

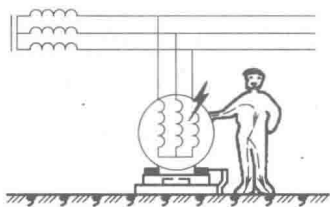


图 1-3 接触电压触电



图 1-4 跨步电压触电

三、触电急救

若有人触电，首先应使触电者脱离电源。若救护人员离电源的开关较近，应立即切断电源；或救护人员离电源较远或导线搭接触电者身上，可用木棒或竹竿等绝缘物使触电者脱离电源，不能赤手空拳去拉触电者；若触电者触及的是落在地上的高压电线，必须穿绝缘胶鞋来防止产生跨步电压，才能进行救助，否则不能接近断线点 8m 以内。

当触电者脱离电源后，除等医护人员到来外，应立即进行现场紧急救护，若触电者出现心脏停搏、无呼吸等假死现象时，主要采用以下救护方法：

1. 人工呼吸法

该方法适用于有心跳但无呼吸的触电者。救护的方法是：触电者仰卧在平硬地上，迅速松解衣裳，首先清理口鼻腔，然后让触电者抬头鼻孔朝天颈向后仰，救护人员蹲在触电者侧面，一手捏住其鼻翼，另一只手的食指和中指拖住下巴，进行口对口吹气，这种捏鼻吹气要适量，排气应让气体从触电者的肺部顺着口鼻排出。吹 2s 停 3s，5s 一次最恰当，坚持连续



进行,不可间断,直至触电者苏醒。

2. 胸外挤压法

该方法适用于有呼吸但无心跳的触电者。救护的方法是:触电者仰卧在平硬地上,迅速松解衣裳。急救者将右手根部放在触电者胸部,中指指尖对凹膛。掌根用力向下压,压下3cm。压力轻重要适当,过分用力会压伤。慢慢压下然后突然放松,挤压与放松的动作要有节奏,1s一次最恰当,坚持连续进行,不可间断,直至触电者苏醒。当触电者既无呼吸又无心跳时,可以采用人工呼吸法和胸外挤压法交替进行急救。

四、引起电火灾的原因及扑救常识

(一) 引起电火灾的原因

电火灾就是指由于电气设备和线路故障所引起的火灾,造成电火灾的主要原因有以下几种。

1. 漏电

电气设备和线路由于风吹、雨淋、日晒、受潮、碰压、划破、摩擦、腐蚀等原因使其绝缘性能下降,导致线与线、线与外壳之间部分电流泄漏,泄漏的电流在流入大地时,如电阻较大,会产生局部高温,致使附近的可燃物着火,引起火灾。

2. 短路

导线选择不当、绝缘老化、安装不当等原因都可造成电路短路。发生短路时,其短路电流比正常电流大许多倍,由于电流的热效应,从而会产生大量的热量,轻则降低绝缘层的使用寿命,重则引起电火灾。除此之外,电源过电压、小动物跨接在裸线上、人为乱拉乱接线路、架空线松弛碰撞等都可造成短路。

3. 过载

不同规格的导线允许通过的电流都有一定的范围。在实际使用中,流过导线的电流如果大大超过允许值,就会过载。过载就会产生高热,这些热量如不及时散发,就有可能使导线的绝缘层损坏,引起火灾。

产生过载的主要原因是导线截面选择不当,“小马拉大车”,即在线路中接入了过多的大功率设备,超过了配电线路的负载能力。

此外,电力设备在工作时产生的火花和电弧都会引起可燃物燃烧而导致电火灾。特别是在油库、乙炔站、电镀车间及有易燃物体的场所,一个不大的电火花都有可能引起燃烧或爆炸,造成严重的伤亡和损失。

(二) 电火灾扑救常识

电气设备引起电火灾的原因很多,主要原因包括:设备或线路过载运行,供电线路绝缘老化,设备长期使用受损引起漏电、短路,过热、温升太高引起绝缘纸和绝缘油燃烧等。

电气火灾一旦发生,首先要切断电源,进行扑救。带电灭火时,切忌用水和泡沫灭火剂,应使用不导电的灭火剂,如二氧化碳灭火器、干粉灭火器、四氯化碳灭火器等。

为了防范电气火灾的发生,在制造和安装电气设备。电气线路设计时,严格按照额定值规定条件选用电气器件,按防火的要求提高电气安装和维修水平,主要从减少明火、降低温



度、减少易燃物三个方面入手，另外还要配备灭火器具。

五、安全用电

在供电及使用电的过程中必须注意安全用电，无数的事故教训告诉人们，任何思想麻痹大意都是造成人身触电事故的主要因素。安全用电必须要做到以下几点：

1) 要合理选用导线和熔丝。导线通过电流时不能过热，导线的额定电流应大于实际工作电流。熔丝是起短路和严重过载保护的作用，熔丝的选择应符合规定的容量，不得以金属导线代替。

2) 若发现电源线插头或电线有损坏应立即更换。严禁乱拉临时电线，如需要则要用专用橡皮绝缘线而且不低于 2.5m，用后应立即拆除。拆除后不应留有带电导线，如需保留，应做好绝缘。

3) 尽量避免带电操作，湿手更应禁止带电操作。

4) 不得带电移动电器设备；将带有金属外壳的电气设备移至新的位置时，首先要安装接地线，检查设备完好后，才能使用。

5) 所有电气设备、仪器仪表、电气装置、电动工具，要带有保护接地装置。严禁用湿手去碰灯头、开关、插头。

6) 不得靠近落地电线。对于落地的高压线更应远离落地点在 10m 以上，以免跨步电压触电。

7) 当电气设备起火时，应立即切断电源，并用干粉灭火器进行扑灭。

8) 电气设备和电源应有专人负责，定期检查，并做好记录，发现问题及时解决。

安全用电的 8 个要点要记牢，并在操作过程中严格遵守。对于不熟悉的电气设备应做到先检查是否带电、是否存在安全隐患，然后再进行使用。

第二节 文明生产

文明生产简单地讲就是生产要讲文明、科学性。文明生产就是要创造一种整洁、安全、秩序井然、能够稳定工作人员情绪、符合最佳布局的良好工作环境。文明生产也是保证产品质量和安全生产的重要条件。为了提高企业员工的整体素质，每一个员工进入企业前，必须进行职前教育，经过培训，逐步形成遵守纪律和严格执行工艺操作规程的习惯。文明生产应做到以下几方面。

(1) 进入车间必须进行防静电处理。

(2) 车间必须清洁整齐，工作台、工作地面及常用仪器设备等也要保持清洁整齐。光线充足，通风排气良好，周围环境的颜色也要和谐得当。

(3) 操作过程中使用的工具、仪表设备等，应有条理地放在操作人员的工作位置附近，并自觉妥善使用和保管。不使用的工具放入工具箱并将工具箱放置在工作台的左前方或工作台下。

(4) 各种零件、部件等都要排列有序地放在合理的位置上。



- (5) 进入车间应按规定穿戴工作服、鞋、帽,必要时戴手套。
- (6) 必须保持工作环境的安静,不要大声喧哗。
- (7) 制作工件时应仔细认真,工件应轻拿轻放,防止工件磕碰以免损坏。
- (8) 工作结束后,必须切断所有电源。将工作台上的工具、仪器设备等复原,把废弃物放入垃圾箱内。
- (9) 离开车间前要检查水、电,关闭好门、窗,方可离开。
- (10) 做到操作标准化、规范化。

单元小结

1. 在供电及使用电的过程中必须注意安全用电。
2. 电流流过人体时对人体内部造成生理机能的伤害,也就是通常所说的触电。
3. 常见的触电方式有单相触电、两相触电、跨步电压触电和接触电压触电。其中最常见的是单相触电和接触电压触电。
4. 触电急救。
5. 引起电火灾的原因及扑救常识。
6. 遵守安全文明生产是每个操作员的 responsibility,严格执行工艺操作规程。

单元验收

一、判断题

1. 在生产过程中,每个生产者不仅需要熟练地掌握生产技术,还必须强化安全意识,应具备保障安全生产的知识。()
2. 为了保证安全用电,应该在变压器的中性线上安装熔断器。()
3. 对人体造成伤害的是电压而非电流。()
4. 只接触电路中的一根导线是安全的。()
5. 触电急救的第一步是使触电者脱离电源。()
6. 在进行电气设备操作时,必须集中精力。()
7. 在任何条件下,36V 电压都不会对人体造成伤害。()
8. 15mA 电流流过人体,人体能自主地摆脱带电体。()
9. 若呼吸停止,但心脏仍有跳动,则应采用人工呼吸法救助。()

二、简答题

1. 触电电流对人体伤害的严重程度一般与哪些因素有关?
2. 常见的触电方式和原因有哪些?
3. 作为操作员,在日常工作中应如何安全用电?

2

单元二

常用电子元器件识别与检测

人们现代的生活和生产离不开电子产品，而电子产品又都是由电子元器件组装而成，电子元器件质量的优劣、参数的选择对电子产品质量的好坏起着重要的作用。所以，在进行这些电子整机产品制作和生产时，为了保证产品的质量，首先必须对所选用的元器件进行检测，以确保元器件性能正常后才能使用；同时，人们在对电子整机产品进行检修和故障判断时，也需要对有疑问的元器件进行检测，以便快速而准确地确定元器件是否已损坏，然后排除故障。可见，了解电子元器件的用途、掌握常用元器件性能、质量的检测方法，对提高电子整机产品的装配质量及可靠性起着至关重要的作用。



知识目标

1. 掌握万用表的性能及使用、维护方法。
2. 掌握示波器、信号发生器的使用。
3. 了解电阻器、电容器、电感器等常用元件的分类、命名和用途。
4. 了解常用半导体器件的分类、命名和用途。



技能目标

1. 正确使用常用仪表。
2. 掌握电阻器、电容器、电感器等元器件的识别和检测技能。
3. 掌握常用半导体器件的识别和检测技能。

第一节 常用仪器仪表的使用

常用的仪器仪表是操作人员对电子产品装配、检修和故障判断必不可少的工具。因此，熟练掌握各类仪器仪表的使用方法，对保证电子产品质量起着至关重要的作用。

一、万用表

万用表是一种多用途的电工仪表，是从事电工、电器、无线电设备生产和维修的最常用



的工具，包括指针式万用表和数字式万用表。

(一) 指针式万用表

指针式万用表是一种用途广泛的常用测量仪表，其型号很多，但使用方法基本相同。下面以 MF-47 型指针式万用表为例介绍万用表的使用。

1. 指针式万用表的组成

万用表主要由测量机构（俗称表头）、测量电路、转换开关和刻度盘 4 部分构成。MF-47 型指针式万用表的外形如图 2-1 所示。

(1) 表头 万用表的表头通常采用灵敏度高、准确度好的磁电系测量机构，它是万用表的核心部件，其作用是指示被测电量的大小。万用表性能的好坏很大程度上取决于表头的性能。灵敏度和内阻是表头的两项重要的技术指标。灵敏度是指表头的指针达到满刻度时通过的直流电流的数值，称为满度电流或满偏电流。满偏电流越小，灵敏度越高，一般情况下，万用表的满偏电流在几微安到几百微安之间。内阻是指磁电系测量机构中线圈的直流电阻，大多数万用表表头内阻在几十欧至几千欧之间。

(2) 转换开关 转换开关的作用是根据被测电量的不同通过转换挡位来选择电量及其量程。它是由多个固定触点和活动触点构成的多刀多掷开关，各刀之间是联动的。转换开关旋钮周围有各种符号，它们的作用和含义分别是：

“ Ω ”表示电阻挡，以欧姆为单位。“ \times ”表示倍率，“k”表示 1000，“ $\times k$ ”表示表盘上 Ω 刻度线读数要乘以 1000。

“DCV”表示直流电压挡，以伏特为单位。各分挡上的数值就是量程。

“ACV”表示交流电压挡，以伏特为单位。各分挡上的数值与“DCV”挡相同。

“DCmA”和“DC μ A”表示直流电流挡，分别以毫安和微安为单位，各分挡上的数值也表示量程。

(3) 测量电路 万用表之所以能用一只表头测量多种电量且具有多挡量程，就是因为有测量电路进行转换。测量电路就是把被测的不同电量转换成适合表头指示的同一种直流电流。例如，将被测的大电流通过测量电路的分流电路使得测量时通过表头的为其允许通过的小电流。测量电路是万用表的中心环节，包括了多量程电流表、多量程电压表和多量程欧姆表等几种转换电路，主要由电阻、电容和整流元件组成。

(4) 刻度盘 万用表是多电量、多量程的测量仪表，为了读数方便，万用表的刻度盘中印有多条刻度线，并附有各种符号加以说明。

万用表刻度盘上的刻度和符号有如下特点：

1) 刻度线分均匀和非均匀两种。其中电流和电压刻度线是均匀的，电阻刻度线是非均匀的。

2) 不同电量用符号和文字加以区别。如直流量用“—”或“DC”表示，交流量用



图 2-1 指针式万用表



“~”或“AC”表示，电阻刻度线用“ Ω ”表示等。

3) 为了便于读数，部分刻度线上有多组数字。

4) 多数刻度线上没有单位，以便在选择不同量程时使用。

(5) 表笔 万用表有两支表笔，一支为黑表笔，接万用表的“-”端插孔或“COM”插孔（在电阻挡时内接表内电池的正极）；另一支为红表笔，接万用表的“+”端插孔（在电阻挡时内接表内电池的负极）或2500V电压端插孔、5A电流端插孔。

2. 指针式万用表的使用方法

(1) 测量电阻 在测量电阻时，应将万用表的转换开关置于电阻挡（ Ω 挡）的适当量程。MF—47型万用表有 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 和 $R \times 10k$ 挡。选择量程时应尽量使表针指在满刻度的 $2/3$ 位置，读数才更准确。例如，测量 $1.5k\Omega$ 电阻器，应选择“ $R \times 100$ ”挡，用测出的读数“15”乘以所选电阻挡的电阻值，则被测电阻值 $R = 15 \times 100\Omega = 1.5k\Omega$ 。测量大电阻时，两手不要同时接触电阻器两端或两支表笔的金属部位，否则人体电阻会与被测电阻值并联，使测量数值不准确。

用MF—47型万用表测量电阻时，直接将转换开关置于电阻挡（ Ω 挡）的适当量程即可。

在测量电阻之前，要进行 Ω 调零。即将两支表笔短接后，看表的指针是否指在表盘右侧的 0Ω 处。若表针偏离 0Ω 处，则应调节 Ω 调零旋钮，使表针准确地指在 0Ω 处。若表针调不到 0Ω 处，则应检查表内电池是否电量不足。

在万用表置于电阻挡时，其红表笔内接电池负极，黑表笔内接电池正极。“ $R \times 1$ ”~“ $R \times 1k$ ”挡表内电池为1.5V；“ $R \times 10k$ ”挡表内电池为9V或15V（MF—47型万用表为15V）。在测量晶体管和电解电容器时，应注意表笔的极性。

需要注意的是：不要带电测量电路中的元件，否则不但得不到正确的测量结果，甚至还会损坏万用表。在测量从电路上拆下的电容器时，一定要先将电容器短路放电后再测量。

(2) 测量直流电压 将转换开关置于直流电压挡（V挡）范围内的适当量程。MF—47型万用表可直接将转换开关拨至直流电压挡（V挡）的适当量程。

MF—47型万用表的直流电压挡有0.25V、1V、2.5V、10V、50V、250V、500V、1000V共8个量程。转换开关所指数值为表针满刻度读数的对应值。例如，若选用量程为250V，则表盘上直流电压的满刻度读数即为250V。若表针指在分度值100处，则被测电压值为100V。

测量直流电压时，应将万用表并联在被测电路的两端，即黑表笔接被测电源的负极，红表笔接被测电源的正极。极性不能接错，否则表针会反向冲击或被打弯。

若不知道被测电源的极性，则可将万用表的一支表笔接被测电源的某一端，另一支表笔快速触碰一下被测电源的另一端。若表针反方向摆动，则应把两支表笔对调后再测量。

若不知道被测点的电压数值，应选择最大的量程测一下，再断开万用表，换适当的量程测量。

(3) 测量交流电压 测量交流电压的方法及其读数方法与测量直流电压相似，不同的是测交流电压时万用表的表笔不分正、负极。



(4) 测量直流电流 测量直流电流时,万用表的转换开关应置于直流电流挡(A挡)。MF—47型万用表的直流电流挡有0.05mA、0.25mA、0.5mA、5mA、50mA、500mA共6个量程,测量时转换开关直接拨至适当量程即可。

测量时,应将万用表串入被测电路中,还应注意表笔的极性,红表笔应接高电位端。电流值的读数方法与测直流电压时相同。

MF—47型万用表有2500V(交流与直流)电压与5A直流电流的测量功能。测量时,应将红表笔从面板上的“+”端插孔拔出后,插入2500V(交流与直流)电压测量插孔或5A直流电流的测试插孔。

(5) 晶体管放大倍数的测量 MF—47型万用表具有测量晶体管放大倍数的功能。测量时,先将转换开关置于ADJ挡,两支表笔短接后调零,再将转换开关拨至 h_{FE} 挡。然后将被测晶体管的e、b、c3个电极分别插在 h_{FE} 测试插座上的相应电极插孔中(大功率晶体管可用引线将其各电极引出,再插入插孔中)。NPN管插在“N”插座上,PNP管插在“P”插座上,表针将显示被测管的放大倍数。

3. 指针万用表的使用注意事项

1) 测量前,必须明确被测量的量程挡。如果无法估计被测量的大小,应先拨到最大量程挡,再逐渐减小量程到合适的位置。

2) 万用表在使用时一般应水平放置为好。

3) 读数时,视线应正对着表针,若表盘上有反射镜,眼睛看到的表针应与镜里的影子重合。

4) 测量完毕,养成习惯将量程选择开关旋钮旋置最高交流电压挡位置。

5) 长期不用的万用表,应将电池取出,避免电池存放过久而变质,漏出的电解液腐蚀其零件。

(二) 数字式万用表

1. 数字式万用表的组成

数字式万用表的基本组成框图如图2-2所示。它主要由两大部分组成:第一部分是输入与变换部分,主要作用是通过电流-电压转换器(I-U转换器)、交-直流转换器(AC-DC转换器)、电阻-电压转换器(R-U转换器)将各被测量转换成直流电压量,再通过量

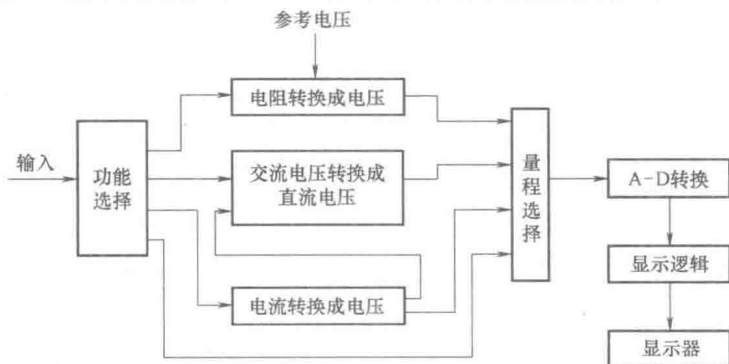


图2-2 数字式万用表的组成框图



程选择开关，经放大或衰减电路送 A-D 转换器后进行测量；第二部分是 A-D 转换电路与显示部分，其构成和作用与直流数字电压表的电路相同。因此，数字万用表是以直流数字电压表作为基本表，配接与之呈线性关系的直流电压、电流，交流电压、电流，欧姆变换器，即能将各自对应的电参量高准确度地用数字显示出来。

2. 数字式万用表的使用方法

VC9805 型数字式万用表的外形如图 2-3 所示。从外观上看，万用表的上部是液晶显示屏，在中间部分是功能选择旋钮，下部是表笔插孔，分为“COM”端即公共端或“-”端和“+”端，还有一个电流插孔，测晶体管 β 值插孔和测电容插孔。具体使用方法如下：

(1) 电阻的测量 将黑表笔插入“COM”孔、将红表笔插入“V Ω ”孔中，把量程开关调到“ Ω ”中所需的量程，将表笔接在电阻两端金属部位，测量中可以用手接触电阻，但不要把手同时接触电阻两端金属部位，这样会影响测量准确度——人体是电阻很大但是有限大的导体。读数时，要保持表笔和电阻有良好的接触，同时注意单位：在“200”挡时单位是“ Ω ”，在“2k”到“200k”挡时单位为“k Ω ”，“2M”以上挡时单位是“M Ω ”。

(2) 直流电压的测量 如电池、随身听电源等。首先将黑表笔插入“COM”孔，红表笔插入“V Ω ”孔。把量程开关选到比估计值大的量程（注意：表盘上的数值均为最大量程，“V-”表示直流电压挡，“V~”表示交流电压挡，“A”表示电流挡），接着把表笔接电源或电池两端；保持接触稳定。数值可以直接从显示屏上读取，若显示为“1.”，表明量程太小，那么就要加大量程后再测量。如果在数值左边出现“-”，则表明表笔极性与实际电源极性相反，此时红表笔接的是负极。

(3) 交流电压的测量 表笔插孔与直流电压的测量一样，不过应该将量程开关打到交流挡“V~”处所需的量程。交流电压无正负之分，测量方法和直流电压的测量相同。无论测交流还是直流电压，都应注意人身安全，不要随使用手触摸表笔的金属部分。

(4) 直流电流的测量 先将黑表笔插入“COM”孔。若测量大于 200mA 的电流，则要将红表笔插入“20A”孔并将量程开关打到直流“20A”挡；若测量小于 200mA 的电流，则将红表笔插入“mA”孔，将量程开关打到直流 200mA 以内的合适量程。调整后，就可以测量了。将万用表串联进电路中，保持稳定，即可读数。若显示为“1.”，那么就要加大量程；如果在数值左边出现“-”，则表明电流从黑表笔流进万用表。

(5) 交流电流的测量 测量方法与直流电流的测量基本相同，不过应该打到交流挡位，电流测量完毕后应将红笔插回“V Ω ”孔。

(6) 二极管的测量 数字万用表可以测量普通二极管、发光二极管和整流二极管等。在测量时，表笔位置与电压测量一样，将量程开关打到二极管挡；用红表笔接二极管的正极，黑表笔接负极，这时会显示二极管的正向电压降。锗二极管的正向电压降为 0.15 ~



图 2-3 VC9805 型数字式万用表



0.3V, 硅二极管的为0.5~0.7V, 发光二极管的为1.8~2.3V。调换表笔, 因为二极管的反向电阻很大, 显示屏显示“1.”则为正常, 否则表明此管已被击穿。

(7) 电容测试 连接待测电容之前, 注意每次转换量程时, 复零需要时间, 有漂移读数存在不会影响测试准确度。首先将量程开关置于电容量程C(F), 再将电容器插入电容测试座中, 这时会显示电容值。

(8) 晶体管 h_{FE} 测试 先将量程开关打到 h_{FE} 量程, 然后确定晶体管是NPN型还是PNP型, 将基极b、发射极e和集电极c分别插入面板上相应的插孔, 此时, 显示器上将读出 h_{FE} 的近似值。此时的测试条件为: 万用表提供的基极电流 $I_b = 10\mu A$, 集电极到发射极间电压为 $V_{ce} = 2.8V$ 。

3. 数字式万用表的使用注意事项

1) 在使用万用表测量前, 一定要先检查测量挡位是否正确。在大多数情况下, 数字式万用表的损坏是因为测量挡位错误造成的, 如在测量较高电压时, 测量挡位选择置于电阻挡, 这种情况下表笔一旦接触, 瞬间即可造成万用表内部元器件损坏。使用完毕后, 最好将挡位置于交流750V或者直流1000V处, 这样在下次测量时无论误测什么参数, 都不会造成损坏。

2) 不要接高于1000V直流电压或高于700V交流有效值电压。

3) 不要在功能开关处于电阻挡和二极管位置时, 将电压源接入。

4) 在电池没有装好或后盖没有上紧时, 请不要使用此表。

5) 只有在测试表笔移开并切断电源以后, 才能更换电池或熔丝。

二、通用示波器

示波器是电子测量中一种最常用的仪器, 它能够直接观测和显示被测信号。例如可以直接观测一个脉冲信号的前沿、脉宽、上升和下降时间等参数, 这是其他测量仪器很难做到的。

(一) 通用示波器面板的识读

常见通用示波器(CH6502型示波器)面板如图2-4所示。

(二) 示波器的使用

1. 电源(Power)

通常说的电源即示波器主电源开关。当此开关按下时, 电源指示灯亮, 表示电源接通。

2. 辉度(Intensity)

旋转此旋钮能改变光点和扫描线的亮度, 一般不应太亮, 以保护荧光屏。

3. 聚焦(Focus)

聚焦旋钮调节电子束截面大小, 将扫描线聚焦成最清晰状态。

4. 垂直偏转因数选择(VOLTS/DIV)和微调

在单位输入信号作用下, 光点在屏幕上偏移的距离称为偏移灵敏度, 这一定义对X轴和Y轴都适用。灵敏度的倒数称为偏转因数。垂直灵敏度的单位是为cm/V、cm/mV或者DIV/mV、DIV/V, 垂直偏转因数的单位是V/cm、mV/cm或者V/DIV、mV/DIV。实际上,