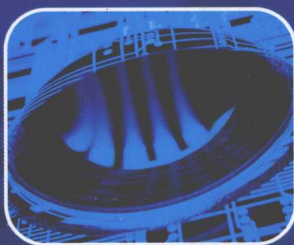
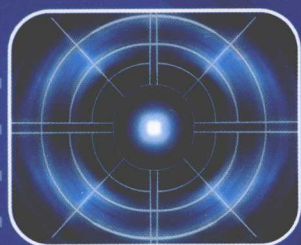




普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21世纪高职高专电子信息类规划教材

电子技能训练

第2版



邓木生◎主编



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21 世纪高职高专电子信息类规划教材

电子技能训练

第 2 版

主 编 邓木生
副主编 张文初
参 编 熊 异 栗慧龙 余 娟
王 勇 曹德跃
主 审 赵承荻



机械工业出版社

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材, 教学内容符合高素质技能型专门人才培养目标和专业相关技能领域的岗位要求, 充分体现以培养职业能力为核心的职业教学理念, 并充分考虑了学生职业生涯的需要。本书通过学校与相关行业企业合作而开发, 以工作过程为导向, 以实际工作任务为载体, 实现工学结合的教学模式, 教材充分体现职业性、实践性和开放性。全书分为5章, 主要内容有常用电工仪器仪表的使用、常用电子元器件检测、电子装配技能训练、电子电路设计与制作和电子电路实训。

本书适用于职业院校电子信息类专业, 亦可供职业院校电气自动化、机电一体化和数控等专业使用, 同时可供实践指导老师和从事电气、电子工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技能训练/邓木生主编. —2版. —北京: 机械工业出版社, 2009.5

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 21世纪高职高专电子信息类规划教材

ISBN 978-7-111-26966-3

I. 电… II. 邓… III. 电子技术-高等学校: 技术学校-教材 IV. TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第065785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: 于宁 责任编辑: 曹雪伟 版式设计: 霍永明

责任校对: 陈延翔 封面设计: 陈沛 责任印制: 洪汉军

北京市朝阳展望印刷厂印刷

2009年8月第2版第1次印刷

184mm×260mm·13印张·318千字

0001—4000册

标准书号: ISBN 978-7-111-26966-3

定价: 21.00元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379758

封面无防伪标均为盗版

前言

PREFACE

《电子技能训练》(第1版)是21世纪高职高专电子信息类规划教材。本教材以培养高职高专应用型和技能型的人才为目标,理论知识以够用为度,打破学科体系,淡化行业之间、理论与实践之间的界限,保持教材内容的相对连贯性和稳定性,同时注重教材内容的前瞻性,定位准确,内容取舍合理,自2002年出版以来,已累计印刷3次,得到了全国广大高职高专师生的认可。

随着相关行业经济的发展,为培养新时期高职高专人才的职业岗位实际任职能力,作者对教材进行再版修订,出版第2版,并且第2版教材已被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在保持第1版风格的基础上,第2版教材着重对以下几个方面进行了修改。

原章节内容	现章节内容	内 容 修 订
第1章 常用仪器仪表的使用	第1章 常用电工仪器仪表的使用	补充了绝缘电阻测试仪、数字合成信号发生器、频率计和数字示波器
第2章 常用电子元件检测	第2章 常用电子元件检测	将表面安装元器件作为单独一节来介绍,重点介绍了集成电路和表面安装元器件的相关内容
第3章 基本技能训练	第3章 电子装配技能训练	在保持原来实例为载体的基础上,增加了通孔插装工艺,介绍了工业电子装配设备,重点介绍了表面贴装工艺的相关内容
第4章 电子电路的设计与制作	第4章 电子电路设计与制作	以直流稳压电源设计与制作的整个过程为例,大量补充介绍了制作工艺设备
第5章 电子电路实训	第5章 电子电路实训	实训项目精简为10个,项目的内容从实际教学组织要求出发做了较大调整,针对实践条件的不同和学生层次的差距,案例体现了难、中、易不同等级,增强了适用性
原 附 录		现 附 录
附录A 国内硅整流二极管型号、参数表 附录B 国产三极管参数及相应的型号对照表 附录C 常用的TTL数字集成电路型号 附录D 常用CMOS(CC4000)数字集成电路国内外型号对照表 附录E 常用运算放大器国内外型号对照表 附录F Protel原理图常用元器件图形样本 附录G (Sheel.NET)网络表 附录H 常用的PCB库元件 附录I EWB元器件图形库 附录J Electronic Workbench菜单		附录A 国外半导体器件命名方法 附录B 国内外常用二极管参数表 附录C 国内外常用晶体管参数表 附录D 常用模拟集成电路 附录E 常用TTL(74系列)数字集成电路 附录F 常用CMOS(4000系列)数字集成电路

本书由邓木生任主编，张文初任副主编，邓木生制订修订框架，邓木生和王勇修订了第1章，张文初修订了第2章和附录，熊异和曹德跃修订了第3章，栗慧龙修订了第4章，余娟修订了第5章，全书由赵承荻主审。

本书在修订过程中得到了湖南铁道职业技术学院刘郁文、周纪良、周红兵、赵巧妮等老师和南车集团时代电气公司唐敏高级工程师的大力帮助，在此深表感谢，并向本书第1版全体作者及编审表示感谢。

感谢所有选用此教材的学校和读者，欢迎使用本教材的读者提出宝贵意见。

编 者

目 录

CONTENTS

前言

第1章 常用电工仪器仪表的使用 1

- 1.1 常用工具 1
- 1.2 直流稳压电源 4
- 1.3 万用表 6
- 1.4 绝缘电阻表 12
- 1.5 信号发生器 14
- 1.6 数字频率计 20
- 1.7 示波器 22
- 1.8 半导体管特性图示仪 31
- 1.9 频率特性测试仪 39
- 本章小结 41
- 练习题 41

第2章 常用电子元器件检测 43

- 2.1 电阻器与电位器 43
- 2.2 电容器 49
- 2.3 电感器与变压器 53
- 2.4 半导体器件 57
- 2.5 半导体集成电路 70
- 2.6 表面安装元器件 74
- 2.7 其他电子元器件 80
- 本章小结 87
- 练习题 87

第3章 电子装配技能训练 88

- 3.1 识图基础 88
- 3.2 通孔插装工艺 91
- 3.3 表面贴装工艺 104
- 3.4 整机的装配工艺 109
- 3.5 整机的调试、检验与防护 119
- 本章小结 126
- 练习题 126

第4章 电子电路设计与制作 127

- 4.1 电子电路的设计概述 127
- 4.2 电子电路的设计实例 130
- 4.3 印制电路板的设计 134
- 4.4 印制电路板的制作 140
- 4.5 电子电路的调试与改进 151
- 本章小结 154
- 练习题 155

第5章 电子电路实训 156

- 5.1 单级低频放大器的制作与实训 156
- 5.2 电子助记器的制作与实训 158
- 5.3 语音报警电路的制作与实训 161
- 5.4 三端集成稳压电路的制作与实训 163
- 5.5 晶闸管直流调光电路的制作与实训 165
- 5.6 晶闸管交流调光电路的制作与实训 167
- 5.7 晶闸管延时继电电路的制作与实训 169
- 5.8 小晶闸管控制大晶闸管电路的制作与实训 171
- 5.9 声光双控节电灯的制作与实训 172
- 5.10 智力竞赛抢答器的制作与实训 175
- 本章小结 177

附录 178

- 附录 A 国外半导体器件命名方法 178
- 附录 B 国内外常用二极管参数表 180
- 附录 C 国内外常用晶体管参数表 183
- 附录 D 常用模拟集成电路 191
- 附录 E 常用 TTL (74 系列) 数字集成电路 193
- 附录 F 常用 CMOS (4000 系列) 数字集成电路 196

参考文献 201

第1章 常用电工仪器仪表的使用

1.1 常用工具

从事电子技术工作，必须掌握各种常用工具的使用及钳工的基本操作技能。本节将介绍部分常用电装工具的特点、使用方法及基本操作技能，使学生在今后的工作中能顺利地完成任务。

1.1.1 钳子

钳子的种类很多，按用途分为尖嘴钳、钢丝钳、剥线钳、压接钳和斜口钳等。由于用途不同，各种钳子的形状也不同，都具有各自不同的结构特点，如图 1-1 所示。

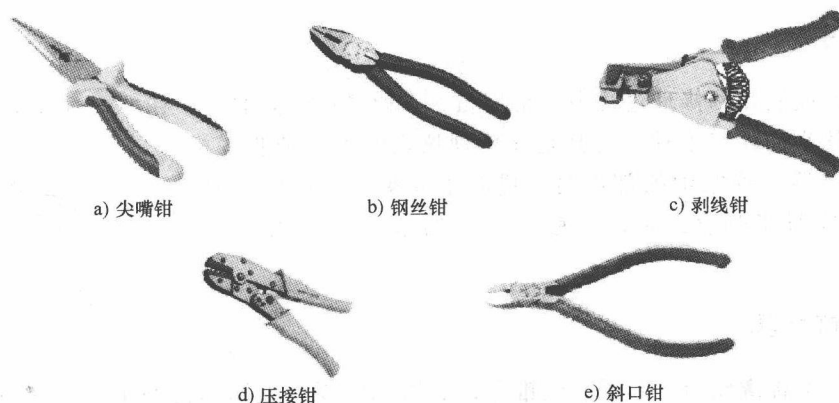


图 1-1 钳子

1. 尖嘴钳

尖嘴钳如图 1-1a 所示，头部尖细，一般用来夹持小螺母、小零件以及在电路焊接点上缠绕导线和夹住元器件的引线等。带有刃口的尖嘴钳能剪断细金属丝。不能使用尖嘴钳拆装螺母及夹持较粗较硬的金属导线及其他物体，以防钳嘴端头断裂。尖嘴钳有铁柄和绝缘柄两种，绝缘柄的工作电压为 500V。尖嘴钳规格以钳身长表示，常用的有 130mm、160mm、180mm、200mm 四种。

2. 钢丝钳

钢丝钳又称平口钳，如图 1-1b 所示。它的用途是夹持和拧断金属薄板及金属丝。有铁柄和绝缘柄两种，带绝缘柄的钢丝钳可在带电的场合使用，工作电压一般为 500V，有的则耐压 5000V。钢丝钳的规格以钳身长表示，有 150mm、175mm 和 200mm 几种。在使用时，先根据金属丝粗细合理选用不同规格的钢丝钳，然后将金属丝放在剪口根部，不要放斜或靠近刃口前部，以防崩断刃口或卷刃。

3. 剥线钳

剥线钳如图 1-1c 所示,是用来剥掉电线端部的绝缘层(如橡胶、塑料等)的专用工具。剥线钳使用效率高,剥线尺寸准确,不易损坏芯线。它的手柄是绝缘的,可带电操作,工作电压为 500V。剥线钳的钳口有多个不同直径的位置,可以适合不同直径的电线。剥线钳规格以钳身长表示,有 140mm、180mm 两种。在使用时,一手握着待剥导线,一手握着钳柄,将导线放入选定的钳口内,用力合拢钳柄,即可切断导线的绝缘层并将其拉出。

4. 压接钳

压接钳如图 1-1d 所示,它是无锡焊接中进行压接操作的专用工具,如导线与接线端子的连接、网线与水晶头的连接等都要用上压接钳。压接钳种类有多种,区别主要在钳口形状不同,以适应不同的压接对象。在使用时,首先应根据不同的压接对象选择不同形状的钳口,再将待压接的导线插入端子口并放入钳口,然后用力合拢钳柄压紧接点即可实现压接。

5. 斜口钳

斜口钳又称断线钳、剪线钳,如图 1-1e 所示,钳口为斜面刀刃。它的用途是剪断金属丝、剪断导线、剪除电子元器件过长的引脚线等。它的手柄是绝缘的。斜口钳不宜剪较粗、较硬的材质,如钢丝、粗铁丝等,否则会崩断刃口。

1.1.2 镊子

在电子产品制作和修理过程中,常用镊子夹取微小的元器件。在焊接时可用镊子夹持导线和元器件使它们固定不动。尤其是在修理仪表的表头和收音机的中频变压器等一些精细的部件时,更离不开镊子。在使用时,镊子的尖端要对正吻合,弹性要强。镊子的基本形状如图 1-2 所示。

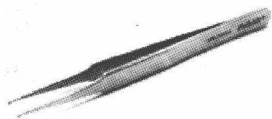


图 1-2 镊子

1.1.3 螺钉旋具

螺钉旋具又称螺丝刀、起子、改锥等,是用来紧固或拆卸螺钉的工具。它的种类很多,按头部形状的不同,分为一字形和十字形两种,如图 1-3 所示。按柄部材料和结构的不同分为木柄、塑料柄、夹柄等。

1. 一字形螺钉旋具

一字形螺钉旋具主要用于旋转或拆卸一字槽的螺钉和木螺钉等。其规格是用柄部以外的刀体长度表示,常用的有 100mm、150mm、200mm、300mm 和 400mm 等多种。使用时应选用头部尺寸与螺丝钉的槽相适应。若用小螺钉旋具拧大螺丝钉,容易损坏刀体。另外,一字形螺钉旋具的端头在长时间使用后,会呈现凸形,应及时用砂轮磨平以防损坏螺钉槽。

2. 十字形螺钉旋具

十字形螺钉旋具用于旋紧或拆卸十字槽的螺钉或木螺钉。其规格也是以柄部以外的刀体长度表示。应注意在使用十字螺钉旋具时,尽量使端头部分与十字螺钉槽相吻合,否则易损坏螺丝钉的十字槽。

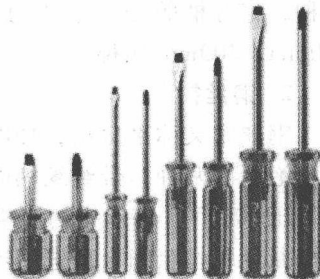


图 1-3 螺钉旋具

3. 无感螺钉旋具

无感螺钉旋具也叫无感起子。它是调整高、中频谐振回路的可变电感与可变电容的专用工具，如图 1-4 所示。因为高频谐振回路的工作频率较高，所以用普通金属杆螺钉旋具进行调整时，金属体以及人体会对电路产生感应，使得调整工作不能顺利进行。因此，收音机、电视机的高中频谐振回路、电感线圈、微调电容、磁心的调整都应使用这种专用工具。

常用无感螺钉旋具有两种：一种是用尼龙棒等材料制造，适用于较高频率；另一种是在塑料棒顶端镶有一块不锈钢片，适用于较低频率。

1.1.4 防静电手环

电子产品制造中，不产生静电是不可能的。产生静电不是危害所在，其危害在于静电积聚以及由此产生的静电放电。在电子产品制造过程中，一般采用防静电手环来进行静电防护，用以泄放人体的静电，可有效保护零阻件，免于受静电之干扰。它由防静电松紧腕带、活动按扣、弹簧软线、保护电阻及夹头组成，如图 1-5 所示。防静电松紧腕带的内层用防静电纱线编织，外层用普通纱线编织。防静电手环的原理是通过腕带及接地线将人体的静电导到大地。使用时腕带与皮肤接触，并确保接地线直接接地，这样才能发挥最大功效。

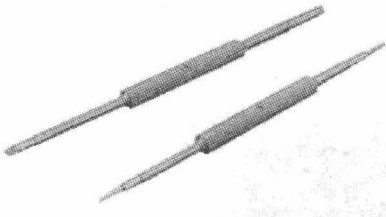


图 1-4 无感螺钉旋具

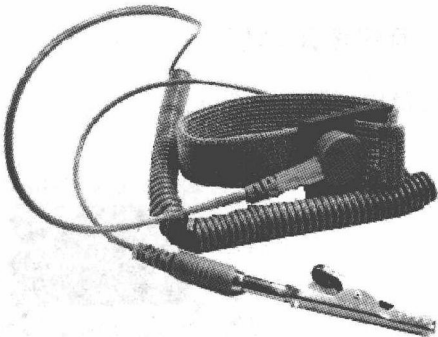


图 1-5 防静电手环

防静电手环测试：

- 1) 将一枚 9V 的干电池置入测试仪背面的干电池槽内。
- 2) 将接地线插头插入测试仪上端的接地线插座内。
- 3) 将腕带扎紧在手腕上。
- 4) 将接地线连接至腕带。
- 5) 用手按静电测试仪（如图 1-6 所示），这时，有三种情况（见表 1-1）：

表 1-1

指 示	电 阻	指 示	电 阻
LOW	$R < 800\text{k}\Omega$	HIGH	$R > 9\text{M}\Omega$
GOOD	$800\text{k}\Omega \leq R \leq 9\text{M}\Omega$		

①如果绿色“GOOD”灯亮起,同时可听到一声鸣响,这表明接地系统是安全的,防静电手环状态良好。②如果黄色“LOW”灯亮起,需检查腕带接地线的电阻,因为可能低于 $800\text{k}\Omega$,对人体有所影响。③如果红色“HIGH”灯亮起,需检查腕带是否扎紧在手腕上,并检查腕带接地线电阻,如果电阻值高于 $9\text{M}\Omega$,那么防静电效果会减弱,甚至失去防静电的功效。



图 1-6 静电测试仪

1.2 直流稳压电源

直流稳压电源是一种在电网电压或负载变化时能够自动调整并保持输出电压基本不变的电源装置。直流稳压电源在电子电路中提供能量,其输出电压的稳定度直接影响到电路的工作状态。

直流稳压电源种类繁多,但工作原理大同小异。下面介绍一种型号为XJ17232的双路可调输出、电表指示的直流稳压电源。两路可调电源可分别独立使用,也可串联、并联使用。输出有过载限流保护。

1.2.1 面板图及功能

直流稳压电源面板图如图 1-7 所示。

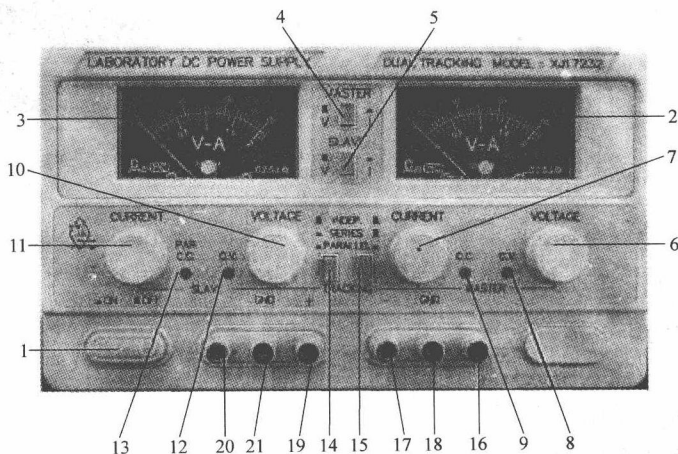


图 1-7 XJ17232 双路稳压电源面板

- 1—电源开关 2—主路电表 3—从路电表 4—主路电表指示选择开关 5—从路电表指示选择开关
6—主路电压控制旋鈕 7—主路电流控制旋鈕 8—主路稳压状态指示灯 9—主路稳流状态指示灯
10—从路电压控制旋鈕 11—从路电流控制旋鈕 12—从路稳压状态指示灯 13—从路稳流状态指示灯
14—主路电源“独立”、“串联”、“并联”控制开关 15—从路电源“独立”、“串联”、“并联”控制开关
16—主路输出正端接线柱 17—主路输出负端接线柱
18—主路机壳接地接线柱 19—从路输出正端接线柱 20—从路输出负端接线柱
21—从路机壳接地接线柱

面板上各功能件的作用如下:

电源开关 1: 控制电源通断, 按入为开, 弹出为关。

主路电表 2: 指示主路电源输出的电压或电流。

从路电表 3: 指示从路电源输出的电压或电流。

主路电表指示选择开关 4: 选择指示主路的电压或电流。

从路电表指示选择开关 5: 选择指示从路的电压或电流。

主路电压控制旋钮 6: 用于调节主路输出电压大小, 当电源置于串联或并联运行时同时调节从路输出电压大小。

主路电流控制旋钮 7: 用于调节主路最大输出电流, 当外负载电流超过设定值时将被限制, 电源置于并联运行, 同时调节从路输出电流大小。

主路稳压状态指示灯 8: 当该灯亮时, 表示主路电源输出处于稳压状态。

主路稳流状态指示灯 9: 当该灯亮时, 表示主路电源输出处于稳流状态。

从路电压控制旋钮 10: 用于调节从路输出电压大小, 当电源置于串联或并联运行时不起作用。

从路电流控制旋钮 11: 用于调节从路最大输出电流, 当外负载电流超过设定值时将被限制, 电源置于并联运行时不起作用。

从路稳压状态指示灯 12: 当该灯亮时, 表示从路电源输出处于稳压状态。

从路稳流状态指示灯 13: 当该灯亮时, 表示从路电源输出处于稳流状态。

主路电源“独立”、“串联”、“并联”控制开关 14。

从路电源“独立”、“串联”、“并联”控制开关 15。

主路输出正端接线柱 16: 输出电源的正极。

主路输出负端接线柱 17: 输出电源的负极。

主路机壳接地接线柱 18: 与机壳和大地相连。

从路输出正端接线柱 19: 输出电源的正极。

从路输出负端接线柱 20: 输出电源的负极。

从路机壳接地接线柱 21: 与机壳和大地相连。

1.2.2 使用方法

1) 稳压电源使用时必须与市电电源正确相连, 并确保机壳有良好的接地。

2) 使用环境温度应不高于 40℃, 湿度不大于 90%。

3) 双路可调输出电源的使用:

① 独立使用: 将主路电源“独立”、“串联”、“并联”控制开关 14, 从路电源“独立”、“串联”、“并联”控制开关 15 置于弹出位置, 主路和从路输出可分别独立使用并相互隔离。作为稳压电源使用时, 先将主路电流控制旋钮 7、从路电流控制旋钮 11 顺时针调足, 主路电压控制旋钮 6、从路电压控制旋钮 10 逆时针调足, 再调节主路电压控制旋钮 6、从路电压控制旋钮 10 至所需电压, 还可调节主路电流控制旋钮 7、从路电流控制旋钮 11, 使输出电流限定在一个适当的数值, 主路稳压状态指示灯 8、从路稳压状态指示灯 12 灯应亮, 表示输出电压处于稳压状态。改变主路电表指示选择开关 4、从路电表指示选择开关 5 的位置, 电表将分别指示主路和从路的输出电压值或电流值。

作为稳流源使用时,主路电压控制旋钮6、从路电压控制旋钮10顺时针调足,主路电流控制旋钮7、从路电流控制旋钮11逆时针调足,接上负载,按下主路电表指示选择开关4、从路电表指示选择开关5,调节主路电流控制旋钮7、从路电流控制旋钮11,使电流指示在所需值,主路稳流状态指示灯9、从路稳流状态指示灯13灯应亮,表示输出电流处于稳流状态。

② 串联使用:按动主路电源“独立”、“串联”、“并联”控制开关14,将双路可调电源置于串联状态,则最大输出电压为双路输出电压之和,调节主路电压控制旋钮6时可同时调节主路、从路电压,而从路电压控制旋钮10将不作用,从路电压完全跟踪主路电压,输出电流仍由主路电流控制旋钮7、从路电流控制旋钮11独立控制。**注意:**当从路电源进入限流状态时,从路电压将不跟踪主路电压。

在串联运用时,必须将主路输出负端接线柱17和从路输出正端接线柱19在外部可靠短接,否则在功率输出时,电流将流过电源内部一个开关触点,将可能引起开关损坏。

③ 并联使用:按动主路电源“独立”、“串联”、“并联”控制开关14,从路电源“独立”、“串联”、“并联”控制开关15,将双路可调电源置于并联状态,则最大输出电流为双路输出电流之和,输出电压由主路电压控制旋钮6调节,从路电压完全跟踪主路电压,从路电压控制旋钮10不起作用,从路输出电流也由主路电流控制旋钮7控制,从路电流控制旋钮11不起作用。

在并联运用时,必须将主路输出正端接线柱16和从路输出正端接线柱19,主路输出负端接线柱17和从路输出负端接线柱20分别在外部可靠短接,否则将引起不必要的损坏。

4) 本电源所有输出端在独立运用时处于相互隔离状态,可工作于相对浮动电平上,各输出端最大对地电压或输出端之间电压为250V。若超过最大浮动电压将导致仪器损坏。

5) 本电源所有输出端都有完善的最大电流限制特性,在输出端短路时能将电源置于较低的功耗和温升,但使用中仍应避免长时期的短路状态,以免元器件加速老化,保证仪器的长期可靠性。

6) 本电源的指针式电表精度为2.5级,当输出电压、电流需调到较高精度时,应外接更高精度的电表监视输出。

1.3 万用表

万用表是一种最常用的测量仪表,以测量电压、电流和电阻三大参量为主,因此也称为三用表、复用表。有些万用表扩展了一些功能,使其还可以测量交流电流、电容、电感及半导体三极管的直流电流放大倍数等参量。

万用表的种类很多,根据测量结果的显示方法的不同,可分为模拟式(指针式)和数字式两大类。万用表的结构特点是用一块表头(指针式)或一块液晶显示屏(数字式)来指示(显示)读数,用转换器件、转换开关来实现各种不同测量项目的转换。

1.3.1 指针式万用表

指针式万用表的测量过程是先通过一定的测量电路,将被测量转换成电流信号,再由电流信号去驱动磁电式表头指针偏转,在刻度盘上指示出被测量的大小。

指针式万用表型号繁多，MF500 型万用表是被广泛使用并且具有代表性的一种指针式万用表。

1. 结构

万用表由表头、测量电路及转换开关等三个主要部分组成。

(1) 表头 它是一只高灵敏度的磁电式直流电流表，万用表的主要性能指标基本上取决于表头的性能。表头的灵敏度是指表头指针满刻度偏转时流过表头的直流电流值，这个值越小，表头的灵敏度愈高。表头上有四条刻度线，它们的功能如下：第一条（从上到下）标有 R 或 Ω ，指示的是电阻值，转换开关在欧姆档时，即读此条刻度线；第二条标有 $\varnothing$ 和 VA，指示的是交、直流电压和直流电流值，当转换开关在交、直流电压或直流电流档，量程在除交流电压 10V 以外的其他位置时，即读此条刻度线；第三条标有 10V $\bar{V}$ ，指示的是 10V 的交流电压值，当转换开关在交、直流电压档，量程在交流电压 10V 时，即读此条刻度线；第四条标有 dB，指示的是音频电平。

(2) 测量电路 测量电路是用来把各种被测量转换成适合表头测量的微小直流电流的电路，它由电阻、半导体器件及电池组成，它能将各种不同的被测量（如电流、电压、电阻等）、不同的量程，经过一系列的处理（如整流、分流、分压等）统一变成一定量限的微小直流电流送入表头进行测量。

(3) 转换开关 其作用是用来选择各种不同的测量电路，以满足不同种类和不同量程的测量要求。转换开关一般有两个，分别标有不同的档位和量程。

2. 符号含义

- 1) $\varnothing$ ：表示交直流。
- 2) V-2.5kV (4000 Ω /V)：表示对于交流电压及 2.5kV 的直流电压档，其灵敏度为 4000 Ω /V。
- 3) A-V- Ω ：表示可测量电流、电压及电阻。
- 4) 45 ~ 1000Hz：表示使用频率范围为 1000Hz 以下，标准工频范围为 45 ~ 65Hz。
- 5) DC2000 Ω /V：表示直流档的灵敏度为 2000 Ω /V。

3. 仪表的测量范围及准确度等级（见表 1-2）

表 1-2 仪表的测量范围及准确度等级

测 量 范 围		灵敏度/ $\Omega \cdot V^{-1}$	准确度等级	基本误差表示法
直流电压	0 ~ 2.5 ~ 10 ~ 50 ~ 250 ~ 500V	20000	2.5	以刻度盘工作部分上量限的百分数表示
	2500V	4000	5.0	
交流电压	0 ~ 10 ~ 50 ~ 250 ~ 500V	4000	5.0	
	2500V	4000	5.0	
直流电流	0 ~ 50 μ A ~ 1 ~ 10 ~ 100 ~ 500mA		2.5	以刻度盘工作部分长度的百分数表示
电阻	0 ~ 2 ~ 20 ~ 200k Ω ~ 2 ~ 20M Ω		2.5	
音频电平	-10 ~ 50dB			

4. 外形图 (见图 1-8)

5. 使用方法

(1) 调零 使用之前须调整机械调零器“S3”，使指针准确地指示在标度尺的零位上。

(2) 直流电压测量 将黑、红色表笔短杆端分别插在“K1”和“K2”内，转换旋钮“S1”至“V”位置上、旋钮“S2”至欲测直流电压的预计量程位置上，再将红、黑色表笔长杆端跨接在被测电路两端，红色表笔接高电位，黑色表笔接低电位；当不能预计被测直流电压大约数值时，将“S2”旋钮转换至最大量程的位置，然后根据指示值的大约数值选择量程，量程的选择应尽量使指针偏转到满刻度的2/3左右。测量2500V电压时将红表笔短杆端插在“K4”插口中。

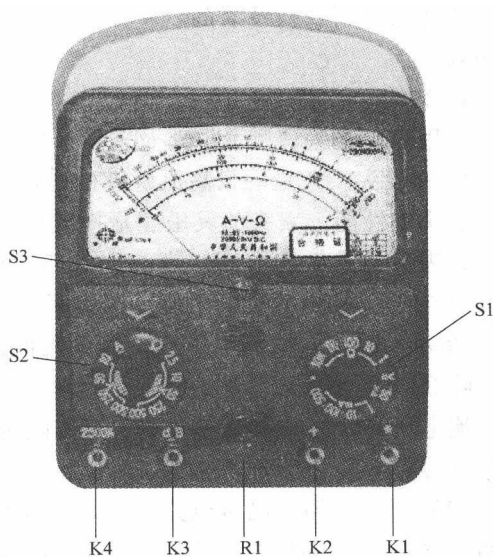


图 1-8 MF500 型万用表面板

(3) 交流电压测量 将旋钮“S1”转换至“V”位置上，旋钮“S2”转换至欲测交流电压预计的量程位置上，测量方法与直流电压测量方法相同，万用表两表笔和被测电路或负载并联即可。50V 与 50V 以上各量程读“∞”刻度，10V 量程限用“10V”专用刻度。

(4) 直流电流测量 将旋钮“S2”转换至“A”位置上，旋钮“S1”转换至欲测直流电流相应的量程位置上，测量时必须先断开电路，然后按照电流从“+”到“-”的方向，将万用表串联到被测电路中，即电流从红色表笔流入，从黑色表笔流出，就可测量被测电路中的直流电流。指示值见“∞”刻度。如果误将万用表与负载并联，因表头的内阻很小，则会造成短路烧毁仪表。

(5) 电阻测量 将旋钮“S2”转换到“Ω”位置上，旋钮“S1”转换到“Ω”量限内，先将两测试杆短路，使指针向满刻度偏转，然后调节旋钮“R1”使指针指示在欧姆标度尺“0Ω”位置上（当调节旋钮“R1”不能使指针指示到欧姆零位时，表示电池电压不足，应更换新电池），再将测试杆串接在被测电阻两端，即可测量被测电阻的阻值。由于万用表欧姆档的刻度线是不均匀的，所以测量时倍率档的选择应使指针停留在刻度线较稀的部分为宜，且指针越接近刻度尺的中间，读数越准确。一般情况下，应使指针指在刻度尺的1/3~2/3间。并且每换一次倍率档，都要再次进行欧姆调零，以保证测量准确。指示值见“Ω”刻度。

(6) 音频电平测量 将测试杆插在“K1”、“K3”插口内，旋钮“S1”、“S2”分别转换在“V”和相应的交流电压量程位置上。音频电平刻度是根据 $0\text{dB} = 1\text{mW}/600\Omega$ 输送标准而设计的。标度尺指示值为 $-10 \sim 22\text{dB}$ (10V 量程)，在 50V 或 250V 量程进行测量时，指示值应按表 1-3 所示数值进行修正。

6. 使用注意事项

为了使测量获得良好效果，仪表在使用时，应遵守下列事项：

- 1) 仪表在测量时，不能转换旋钮。
- 2) 当被测量不能确定其大约数值时，应先将量程转换旋钮转换到最大量程的位置上，

然后再根据指示值选择适当的量程，直至指针得到最大的偏转。

表 1-3 音频电平测量值修正

交流电压量程/V	按电平刻度增加值/dB	电平的范围/dB
50	14	4 ~ 36
250	28	18 ~ 50

3) 测量电路中的电阻阻值时，应将被测电路的电源切断，如果电路中有电容器，应先将其放电后才能测量。切勿在电路带电的情况下测量电阻。

4) 仪表在携带时或每次用毕后，最好将旋钮“S1”、“S2”转换至“.”位置上。

5) 为了确保安全，测量交、直流 2500V 高压时，应将测试杆一端固定接在电路地线上，将测试杆的另一端去接触被测高压电源，测试过程中应严格执行高压操作规程，双手应带高压绝缘橡胶手套，地板上应铺置高压绝缘橡胶板。

6) 一旦因量程选择错误，保护电路开始工作而使万用表输入（+）端与内部电路断开，可打开万用表背面的电池盒盖，取出电池，更换熔丝管（熔丝管规格应为 250V/0.5A， $R<0.5\Omega$ ），使万用表恢复正常。

1.3.2 数字万用表

数字万用表是目前使用最广泛的一种数字化仪表之一。它具有以下特点：灵敏度高，准确度高，显示清晰，过载能力强，便于携带，使用简单，读取直观、准确，分辨率高，测量速度快，输入阻抗高，测试功能较全，功耗小，抗干扰能力强，保护电路齐全等。

数字万用表是在直流数字电压表的基础上扩展而成的。数字万用表主要由模数转换器、计数器、译码显示器和控制器等组成。下面以 V88A 型数字万用表为例介绍数字万用表的使用方法。

1. V88A 型数字万用表的特点

V88A 型数字万用表采用 $3\frac{1}{2}$ 位自动极性大屏 LCD 显示，采用双积分式 A/D 转换测量方式，采样速率约 3 次/s，超量程则显示“1”。它可以测量直流电压、电流，交流电压、电流，电阻，电容，二、三极管，通断测试及相线识别等参数。

2. V88A 型数字万用表的操作面板（见图 1-9）

V88A 数字万用表操作面板上各开关、旋钮、插孔、符号及说明如下。

POWER：电源开关；

B/L：LCD 屏背光开关，用于光线较暗的环境或者夜间；

TEST：相线识别指示灯；

HODE：保持开关，按下该开关，屏上显示数字保持不变；

旋钮：用于改变测量功能及量程；

VΩ：用于测电压、电阻或相线识别的红色表笔插孔；



图 1-9 V88A 型数字万用表

COM: 公共地插孔 (即黑色表笔插孔);

mA: 用于测量小于 2A 电流的红色表笔插孔;

20A: 用于测量大于 2A 且小于 20A 电流的红色表笔插孔。

3. V88A 数字万用表的使用方法

(1) 直流电压测量

1) 将黑色表笔插入“COM”插孔, 红色表笔插入“V Ω ”插孔。

2) 将量程旋钮转至相应的 DCV 量程上, 然后将测试表笔跨接在被测电路上, 红色表笔所接的该点电压值与极性显示在屏幕上。

3) 输入电压切勿超过 1000V, 如超过, 则有损坏万用表的危险。

4) 当测量高电压电路时, 注意避免身体触及高电压电路。

(2) 交流电压测量

1) 将黑色表笔插入“COM”插孔, 红色表笔插入“V Ω ”插孔。

2) 将量程旋钮转至相应的 ACV 量程上, 然后将测试表笔跨接在被测电路上。

3) 输入电压切勿超过 750V (有效值), 如超过则有损坏万用表的危险。

4) 当测量高电压电路时, 注意避免身体触及高电压电路。

(3) 直流电流测量

1) 将黑色表笔插入“COM”插孔, 红色表笔插入“mA”插孔, 或红色表笔插入“20A”插孔。

2) 将量程旋钮转至相应的 DCA 档位上, 然后将万用表串入被测电路中, 被测电流值及红色表笔点的电流极性将同时显示在屏幕上。

3) 最大输入电流为 2A 或者 20A (视红色表笔插入位置而定), 过大的电流会将熔丝熔断, 在测量 20A 时要注意, 该档位无保护, 连续测量大电流将会使电路发热, 影响测量精度甚至损坏仪表。

(4) 交流电流测量

1) 将黑色表笔插入“COM”插孔, 红色表笔插入“mA”插孔, 或红色表笔插入“20A”插孔。

2) 将量程旋钮转至相应的 ACA 档位上, 然后将万用表串入被测电路中。

3) 最大输入电流为 2A 或者 20A (视红色表笔插入位置而定), 过大的电流会将熔丝熔断, 在测量 20A 时要注意, 该档位无保护, 连续测量大电流将会使电路发热, 影响测量精度甚至损坏仪表。

注意: 在测试电压、电流时, 如果事先不能对被测电压或电流范围进行估计, 应将量程旋钮转到最高档位, 然后按显示值转至相应档位上。

(5) 电阻测量

1) 将黑色表笔插入“COM”插孔, 红色表笔插入“V Ω ”插孔。

2) 将量程旋钮转至相应的电阻量程上, 将两表笔跨接在被测电阻上。

3) 测量电阻时, 要确认被测电路所有电源已关断而且所有电容都已完全放电时, 才可进行。

4) 请勿在电阻量程输入电压!

测量时应注意以下几点:

1) 使用 200Ω 量程时, 应先将两表笔短路, 测得引线电阻, 然后在实测中减去。

2) 使用 $200M\Omega$ 量程时, 将两表笔短路, 仪表将显示 $0.1M\Omega$, 这是正常现象, 不影响测量准确度, 实测时应减去。例: 被测电阻为 $100M\Omega$, 读数应为 $100.1M\Omega$, 则正确值应从显示读数减去 0.1 , 即 $100.1M\Omega - 0.1M\Omega = 100.0M\Omega$ 。

3) 测量电阻时, 红色表笔为正极, 黑色表笔为负极, 这与指针式万用表正好相反。因此, 测量半导体管、电解电容器等有极性的元器件时, 必须注意表笔的极性。

(6) 电容测量

1) 将量程旋钮转换至相应的电容量程上, 将表笔插入“COM”和“mA”插孔。

2) 将测试表笔跨接在电容两端进行测量, 测电解电容时注意极性。

测量时应注意以下几点:

① 所测电容超过所选量程的最大值时, 显示器将只显示“1”, 此时则应将量程旋钮转高一档。

② 测电容之前, 显示器可能尚有残留读数, 属正常现象, 它不会影响测量精度。

③ 当电容严重漏电或击穿时, 将显示一个不稳定的数字值。

④ 测量电容容量之前, 电容应充分放电, 以防止损坏万用表。

(7) 三极管 h_{FE} 测量

1) 将量程旋钮转换至 h_{FE} 档。

2) 确定所测三极管为 NPN 型或 PNP 型, 将发射极、基极、集电极分别插入相应插孔。

(8) 二极管及电路通断测试

1) 将黑色表笔插入“COM”插孔, 红色表笔插入“V Ω ”插孔 (注意红色表笔极性为“+”)。

2) 将量程旋钮转换至 $\rightarrow$ 档位上, 并将表笔连接到待测二极管两端, 红色表笔接二极管正极, 黑色表笔接二极管负极, 读数为二极管正向压降的近似值。

3) 将表笔连接到待测电路的两点, 如果内置蜂鸣器发声, 则两点之间电阻值为 $(70 \pm 10)\Omega$, 即表明两点导通。

(9) 相线识别

1) 将黑色表笔插入“COM”插孔, 红色表笔插入“V Ω ”插孔。

2) 将量程旋钮转换至 TEST 档位上, 将红色表笔接在被测电路上。

3) 如果显示器显示“1”, 且有声光报警, 则表明红色表笔所接的被测线为相线; 如果没有任何变化, 则表明红色表笔所接的被测线为中性线。

测试时应注意以下几点:

① 仅能检测标准交流市电相线 (AC 110 ~ 380V)。

② 必须要按规程操作。

(10) 保持 按下保持开关, 当前数据就会保持在显示器上; 弹起开关后保持取消。

(11) 自动断电 当万用表停止使用 $(20 \pm 10)\min$ 后, 它便自动断电进入休眠状态; 若要重新启动电源, 再按两次“POWER”键, 就可重新接通电源。

(12) 背光显示 按下“B/L”键, 背光灯亮, 约 15s 后自动关闭背光显示功能。

注意: 背光灯亮时, 工作电流增大, 会造成电池使用寿命缩短及个别功能测量时误差变大。