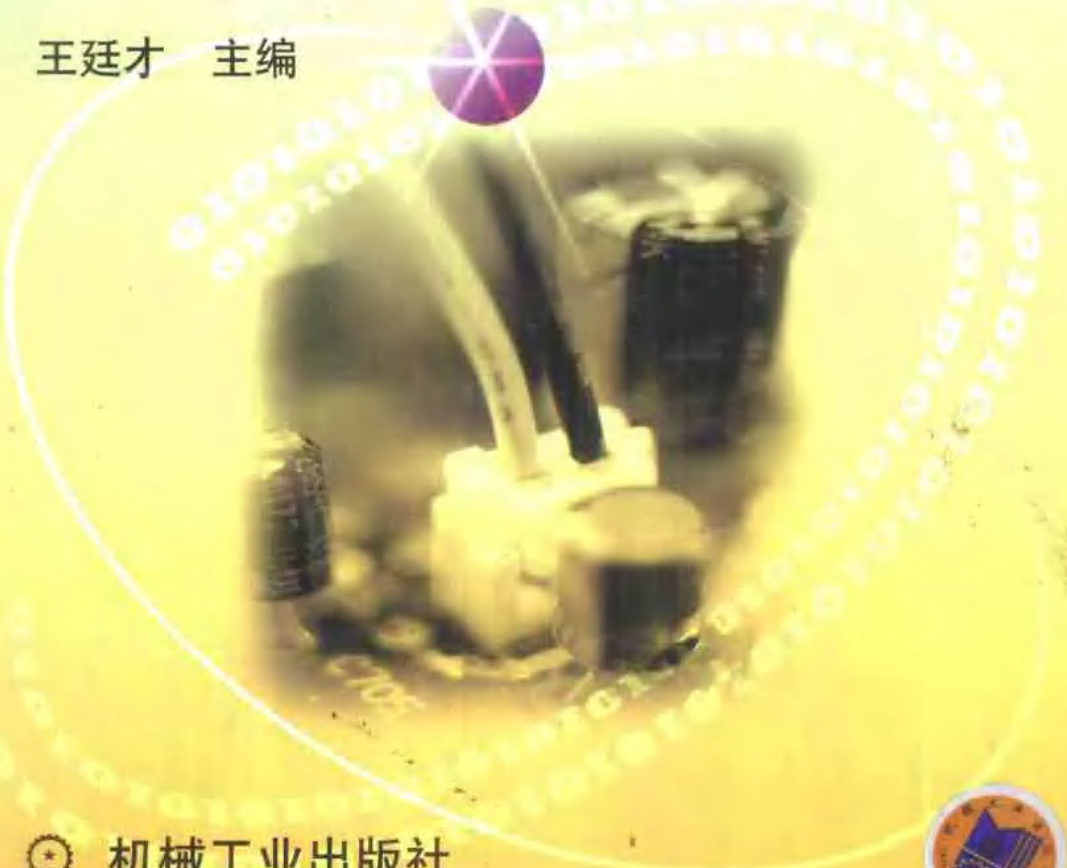
中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电子技术实训

（电气运行与控制专业）

王廷才　主编



机械工业出版社

-43

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电子技术实训

（电气运行与控制专业）

主　　编　王廷才
参　　编　邓官鹏　班建民　杨瑞兰
　　景文富　朱　昭　刘明黎
责任主审　吴锡龙
审　　稿　贾学堂　宋学珠

机械工业出版社

本书为面向21世纪中等职业教育国家规划教材，是根据教育部2001年颁布的中等职业学校“电子技术实训教学大纲”编写的

全书包括实习、实验两篇。实习篇内容有：常用电子仪器的使用、常用元器件、电子线路CAD Protel 99、印制电路板的制作与焊接装配、电子电路的调试技术、电子产品整机装配与调试维修，每章依据实习教学要求，介绍必需的理论知识、应用知识和实际操作方法，并附有实习报告要求和思考题。实验篇与电子技术基础理论教学相呼应，安排实验项目，并附有实验报告要求和思考题。全书简明实用，图文并茂，方便自学。本教材适用于二、四年制电气电气运行与控制专业的学生学习，亦可供有关工程技术人员参考

图书在版编目（CIP）数据

电子技术实训/王廷才主编．—北京：机械工业出版社，2002.5

中等职业教育国家规划教材．电气运行与控制专业

ISBN 7-111-10224-X

Ⅰ．电…　Ⅱ．王…　Ⅲ．电子技术－专业学校－教材　Ⅳ．TN

中国版本图书馆CIP数据核字（2002）第026758号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号　邮政编码　100037）

责任编辑：贡克勤　版式设计：张世琴　责任校对：刘志文

封面设计：姚　毅　责任印制：路　琳

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002年7月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·15.5印张·384千字

0 001—4000册

定价：18.50元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话（010）68993821、68326677-2527

封面无防伪标均为盗版

前　言

本教材为面向21世纪中等职业教育国家规划教材，是根据教育部2001年颁布的中等职业学校“电子技术实训教学大纲”编写的。

根据中等职业学校电气类专业是培养生产第一线高素质劳动者的要求，本教材着力于学生实践操作技能的训练，编写的指导思想是重视电子技术基础理论与实践操作的联系结合，以理论指导实训操作，通过实训操作巩固所学的理论知识。使学生经过电子技术实训教学，达到四个基本技能的培养，即：正确使用电子仪器、仪表的技能；元器件合理选择及检测技能；电子产品的安装调试技能；电子产品的故障检查及维修技能。使学生初步具有解决电子技术工程实际问题的能力和创新能力，同时也为学生参加电气电子类中级工职业技能鉴定和岗位资格证书考核打好基础。

本教材具有以下特点：

1）教材内容力求具有先进性，反映了电子技术的新元件、新产品、新技术和新知识。

2）教材考虑中等职业学校学生文化基础现状，简明实用，没有高深的数学计算，语言通俗，方便阅读。

3）全书分为两篇。第一篇电子技术实习，按实习项目组织基本知识、基本技能和相关的工程知识等教学内容，各章内容相对独立，实践环节选择了较多的装配、调试、故障排除等内容，各章列有实习报告要求和思考题；第二篇电子技术实验基本上按理论教学顺序编排相关实验内容，每个实验项目也列有实验报告要求和思考题，以利学生用理论指导实验操作、分析实验结果，从而达到巩固理论知识的目的。全书编排的实习、实验内容丰富，其中实习篇，各校可根据条件灵活选用；实验篇没有打“*”号的实验内容为基本模块，是必须完成的；而打“*”号的，为选用模块，各校可根据具体情况选择使用。

4）本教材与《电子技术基础》配套使用，适用于三、四年制电气电子类专业，总学时为100～120学时。

本教材由河南工业职业技术学院王廷才任主编，并编写绪论、第一篇第三章、第四章及附录；苏州城市建设环境保护学院班建民编写第一篇第五章；长沙自来水职业中专邓官鹏编写第一篇第二章和第六章第五节；河南工业职业技术学院杨瑞兰编写第一篇第一章；河南工业职业技术学院景文富、朱昭编写第二篇电子技术实验；河南工业职业技术学院刘明黎编写第一篇第六章的第一节至第四节；全书由王廷才统稿。洛阳工业高级专科学校姚正祥高级讲师担任本书主审。在编写过程中参阅了多位同行专家的论著及许多书刊资料，得到了河南工业职业技术学院领导和有关部门的大力支持和配合，在此一并表示衷心感谢。

限于编者水平，加之时间仓促，书中错误和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编　者

目　录

前言

绪论 …… 1

第一篇　电子技术实习

第一章　常用电子仪器的使用 …… 4

第一节　电子测量的基本知识 …… 4

第二节　数字万用表 …… 6

第三节　电子电压表 …… 8

第四节　示波器 …… 11

第五节　信号发生器 …… 24

第六节　XJ4810 型半导体管特性图示仪 …… 28

第七节　E312 型电子计数式频率计 …… 36

第八节　常用电子仪器使用实习 …… 39

思考题 …… 41

第二章　常用元器件 …… 42

第一节　电阻器 …… 42

第二节　电容器 …… 47

第三节　电感器 …… 53

第四节　变压器 …… 55

第五节　半导体分立器件 …… 57

第六节　数字集成电路 …… 65

第七节　模拟集成电路 …… 68

第八节　常用电子元器件实习 …… 75

思考题 …… 77

第三章　电子线路 CAD Protel 99 …… 78

第一节　电子电路图的绘制与读识 …… 78

第二节　电子线路 CAD Protel 99 概述 …… 82

第三节　电路原理图设计绘制 …… 84

第四节　印制电路板设计绘制 …… 94

第五节　电路仿真 …… 108

第六节　Protel 99 应用实习 …… 113

思考题 …… 115

第四章　印制电路板的制作与焊接装配 …… 116

第一节　印制电路板设计制作 …… 116

第二节　焊接工具及材料 …… 119

第三节　元器件装配工艺 …… 122

第四节　焊接技术 …… 127

第五节　焊接质量检查 …… 132

第六节　电子产品的整机结构与装配 …… 134

第七节　电子产品的制作与装配实习 …… 140

思考题 …… 142

第五章　电子电路的调试技术 …… 143

第一节　电子产品调试概述 …… 143

第二节　分立元件放大电路的调试 …… 147

第三节　集成运算放大器电路的调试 …… 150

＊第四节　振荡电路的调试 …… 154

＊第五节　数字电路的调试 …… 157

＊第六节　电子产品故障检查常用方法 …… 162

第七节　电子电路调试实习 …… 166

思考题 …… 168

第六章　电子产品整机装配与调试维修 …… 169

第一节　语音集成块应用制作 …… 169

第二节　直流稳压电源的组装与调试 …… 171

第三节　抢答器的组装与调试 …… 175

第四节　电子镇流器的组装与调试 …… 177

＊第五节　晶体管收音机的装配与调试 …… 181

第六节　整机装配与调试实习 …… 189

思考题 …… 191

第二篇　电子技术实验

实验一　低频信号发生器和电子电压表的使用 …… 192

实验二　示波器的使用 …… 193

实验三　半导体管特性图示仪的使用及半导体管特性测试 …… 195

实验四　单管交流放大电路 …… 197

实验五　放大电路的故障检测与调整 …… 199

＊实验六　负反馈放大电路的测试 …… 201

＊实验七　基本运算电路 …… 203

实验八　集成功率放大器的应用 …… 206

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

实验九　运算放大器的应用…… 207
*实验十　桥式 RC 集成运放振荡电路 …… 209
*实验十一　LC 正弦波振荡电路 …… 210
实验十二　整流滤波电路的连接与测试…… 212
实验十三　直流稳压电源的测试…… 213
实验十四　门电路功能测试…… 215
实验十五　组合逻辑电路测试…… 218
实验十六　数据选择器…… 220
实验十七　触发器测试及应用…… 221
实验十八　移位寄存器…… 224
实验十九　计数、译码、显示电路综合应用…… 228
实验二十　555 定时器及应用 …… 230
*实验二十一　数模转换器…… 232
*实验二十二　模数转换器…… 235
附录 …… 237
附录 A　常用逻辑符号新旧对照表 …… 237
附录 B　常用小功率双极型晶体管型号和主要参数 …… 237
附录 C　常用二极管型号和主要参数 …… 238
附录 D　双极型与 CMOS 一般特性比较 …… 238
附录 E　TTL、ECL、CMOS 集成电路主要性能参数比较 …… 239
附录 F　电子技术课程设计 …… 239
参考文献 …… 242

绪　论

众所周知，科技发展离不开电子技术，电子技术的应用已渗透到社会的各个领域。电子技术课程是中等职业学校电气电子类专业一门重要的专业基础课，根据中等职业学校是培养生产第一线高素质的劳动者的要求，需要加强学生实践操作技能的训练，电子技术实训是培养学生电子技术应用能力和操作技能的一门课程。

一、电子技术实训的课程任务

电子技术是一门密切联系实际的课程，实用性、实践性很强，电子技术的实践操作技能在电气电子类专业学生的全面素质培养中占有重要的地位。如果电子技术知识只是在课堂上讲授，学生没有做必要的实训操作，不仅学得的电子技术理论知识得不到巩固、操作技能得不到训练，还要影响到后续专业课的学习和全面素质的培养。

电子技术实训的课程任务是：将电子技术基础理论与实践操作联系结合，以理论指导实训操作，通过实训操作巩固所学的理论知识，使学生经过电子技术实训教学，达到四个基本技能的培养，即：正确使用电子仪器的技能；元器件合理选择及检测技能；电子产品的安装调试技能；电子产品的故障检查及维修技能。并培养学生的创新能力。

本教材包括电子技术实习和电子技术实验两大部分内容。

电子技术实习培养学生基本操作技能和操作规范，包括常用电子仪器仪表使用技能训练；元器件的识别、选用、性能测试、筛选技能训练；绘制电路原理图、印制电路板图及电路仿真等计算机应用软件 Protel 99 使用技能训练，以及设计制作印制电路板、焊接装配、电路调试、故障检查与排除等技能训练。使学生具有生产第一线操作所需的基本能力，培养良好的职业习惯和职业道德，为今后从事实际工作打下良好基础。

电子技术实验培养学生正确使用电子仪器测试电子元器件和调试电子电路的能力。通过对各种电子仪器仪表的使用操作、元器件的性能测试和对电子电路性能指标测量，巩固所学电子技术基础理论知识，学会正确使用仪器和科学地测量电路方法。通过撰写实验报告，提高学生整理分析科技资料和科技文档的写作能力。

实训是培养能力，实现知识向能力转化的重要途径。教材安排有数量较多的实习、实验内容，各地区、各校可根据情况选用。

二、电子技术实训学习方法

电子技术实训教学一般包括四个环节：预习、操作、撰写报告和考核总结。

1. 端正学习态度，充分认识实训教学的目的意义，自觉认真地参加实训学习。

2. 学好基础理论知识。基础理论知识是前人多年来实践技能的总结，只有学好基础理论知识，才能搞好实训学习，实现知识和能力的转化。因此要重视课前的预习和课内学习，除阅读教材相关内容外，还应阅读一些参考书，用理论知识或前人实践经验指导自己的实训操作，会起到事半功倍的效果。

3. 注意应用计算机软件。随着计算机应用的普及，市面上有多种电子设计自动化

(EDA) 软件，熟练地使用一种是非常必要的。电子线路 CAD Protel 99 具有强大的设计绘制原理图、印制电路板图和进行电子电路仿真的功能，是目前国际上最为流行、多数电子技术人员首选的应用软件。电子技术实训中的多数内容可以借助该软件完成，例如设计绘制电路原理图和高质量的印制电路板图，用 Protel 99 对实习、实验中的所有电路进行仿真，方便形象地进行静态分析和动态分析，观察电路中任一节点或任一元件的电压、电流波形和数值等。

4. 技能训练要刻苦认真。要熟练掌握一种操作技能，必须经过反复刻苦地训练。个别同学错误地认为实训环节比较简单，一看就会，值不得用心费力，结果是收获甚微。而那些刻苦认真、不怕苦、不怕累，凡事都求个明白的同学才能获得熟练的操作技能。

5. 撰写实训报告。在做完一个实训项目后，应及时写出实习、实验报告，总结实训内容及经验教训，整理数据，并从理论角度进行分析，用理论指导实践，提高自己的实践能力。通过撰写实训报告，可有效地培养科技文图的表达能力和撰写科技文件的能力，为日后从事技术工作打下基础。同时实训报告的内容和质量也作为教师评定实训成绩的依据之一。

6. 认真进行考核总结。一个实训项目结束后，指导教师应及时进行考核总结。除了强调实训的要领技术外，可对学生实训成果公开进行讲评，也可组织现场操作比赛，以激发学生学习的积极性。

7. 严格遵守实训规则和安全操作规程，养成良好的工作习惯和严谨细致的工作作风。实训场地要合理布置，做到文明生产，防止损坏仪器设备和人身事故的发生。

三、实训（实验、实习）须知

1. 实训前必须认真预习本次实训课的基础理论和有关内容，熟悉本次实训的目的和要求，列出实训步骤和提纲。

2. 进入实训室后，按实训指导教师的安排进行编组，各组按实训内容进行具体分工。

3. 实训时，必须严格遵守实训操作规程文明操作，按实训内容接好线路，由本组认真检查，并经教师核查无误后，方可接通电源进行实训。

4. 实训中要认真做好记录，并与预习估算结果相对照，如有不符之处，要分析原因加以改正。实训结果记录须经教师检查同意后，方可拆除电路。

5. 实训中注意正确使用仪器仪表，当发生仪器设备损坏时，必须及时报告，认真检查原因，从中吸取教训，并按有关规定进行赔偿。

6. 实训中发现有异常情况或出现事故时，应迅速关闭电源，保持现场，并及时报告教师进行处理。

7. 保持实训室的安静、整洁，不要高声喧哗，不要串组。未经教师同意，不得拿其他实训组仪器设备、元器件、工具和导线等。

8. 实训结束后，应关掉电源，将所用仪器、仪表、工具、元器件等整理好，协助搞好清洁卫生，班级学习委员填写实训登记表。实训室的仪器设备、元器件和工具未经教师同意不得带出室外。

四、实训报告要求

实训后，学生必须按要求撰写实训报告，对所做实训的数据、结果进行整理分析，并及时交指导教师批改。实训报告的内容如下：

实 训 报 告

班级	姓名	学号	同组人	日期	成绩

1. 实训项目名称。
2. 目的要求。
3. 仪器、器材和电路。
4. 实训记录及加工整理结果，分析、说明等。
5. 实训中遇到的主要问题，原因分析及处理办法。
6. 实训启示、心得体会等。

实训指导教师签名_____日期_____

第一篇　电子技术实习

第一章　常用电子仪器的使用

常用电子仪器是指经常用来测量电压、电流、频率、波形、相位、元器件参数等所用仪器以及各种标准信号发生器。这些仪器都是电子技术实训和今后从事工程实践中所不可缺少的测试工具。因此正确地使用常用电子仪器，合理的灵活运用测量方法对电路或元器件进行性能、参数的测试，是每一位电气技术人员必须掌握的基本技能之一。

第一节　电子测量的基本知识

一、电子测量的基本特点

凡是利用电子技术为手段进行的测量都称为电子测量，电子测量的最大特点是测量频率宽、量程广、精度高、速度快，易于实现自动化和智能化。除此之外，电子测量影响因素多，测量复杂。为了尽可能避免外界的影响，许多电子测量都要求有良好的电磁屏蔽和接地。

电子测量的内容是各种电物理量，它是客观存在但又看不见摸不着的东西，必须借助于电子仪器仪表，间接的反映它的数值和变化规律。根据被测电路的基本原理来判断电路工作的状况，所以首先要学会电子仪器的使用方法。

电子测量不仅要借助仪器、仪表这些工具，而且还要掌握基本的测量方法和测量技术。例如：要测量三极管的参数，可以用数字万用表、模拟指针式万用表、图示仪。可见对同一个物理量测量可能有多种测量方法，这就需要讲究测量方法的选择，使得测量方法既简便又能满足实际要求。

二、测量误差

在工程实践中，任何测量结果都含有误差。我们只能将它控制到尽可能低的程度，而不能完全消除它。下面将讨论误差的来源及消除方法。

1. 仪器仪表误差

仪器仪表本身及其附件所引入的误差称为仪器仪表误差。例如：仪器仪表本身的电气或机械性能不完善、仪器仪表的零点偏移、刻度不准确。消除方法是对仪器预先校正或确定修正值（用一级仪器的示值减去测量仪器示值所得的值），以便在测量结果中引入适当补偿值。

2. 影响误差

由于各种环境因素与仪器仪表所要求的使用条件不适当所造成的误差称为影响误差。例如：温度、湿度、电源电压、电磁场等的影响造成的误差均属此误差。消除方法是，电子仪器必须在规定使用范围内工作。

3. 方法误差和理论误差

由于测量方法不合理造成的误差称为方法误差。例如用普通万用表测量高内阻回路的电压，由于万用表的输入电阻较低引起的误差。要减小该误差必须选择合适的测量方法。理论误差是用近似的公式或近似值计算测量结果引起的误差。

4. 人身误差

由于测量者的分辨能力、读数时视察的方向、固有习惯或缺乏责任心等因素引起的误差称为人身误差。人身误差是人为因素造成的，要减小人身误差必须加强责任心，提高操作技能，改掉不良习惯。

三、使用电子仪器要注意的问题

1. 了解该仪器的主要技术指标

每一台电子仪器都有一定的技术指标，只有在技术指标允许的范围内工作，测量结果才准确有效。例如：SBT－5 示波器，Y 轴输入带宽为 10Hz～10MHz，用它就不能测试直流电压；SR8 型示波器 Y 轴输入带宽为 DC～15MHz，用它可以测量直流信号，但被测信号的频率高于 15MHz 就不应该使用此仪器。有时几台仪器可以测同一个参数，但它们所测得结果是不同的。例如测直流电压，用数字万用表测量出的结果，其精度将远高于从示波器荧光屏上所得到的读数；若测非正弦信号电压的幅度，用电子管电压表（GB－9B）测量，将引起很大的误差，而用示波器测量误差就小得多。因此正确选用测量仪器，对测量结果有决定性的影响。

2. 熟悉仪器的使用方法和操作程序

对电子线路进行测量时，如违反仪器使用的操作顺序，不仅得不到正确的测试结果，还可能使被测电路的元件和测量仪器损坏。例如：使用直流稳压电源时，必须先调整好输出电压，而后再接入被测电路。如要改变被测电路时，必须关闭稳压电源。当发生异常现象或故障时，必须首先关闭稳压电源，否则就有可能发生元件和仪器损坏的事故。又如电子电压表有两个输入端，一个是接地端，另一个是非接地端，测试时应先将接地端与被测信号的接地端（公共端）相连。然后再连非接地端，否则，指针将可能被打弯。

3. 熟悉仪器面板上旋钮、开关的名称、作用及调节方法

当仪器接入被测电路之前，必须正确调整仪器面板上所有开关、旋钮。这是保证仪器正常工作和测试结果准确的关键。注意旋钮的方向和极限位置，要轻而缓慢地转动，切忌用力过猛。

4. 使用仪器应注意“接地”问题

在电子技术实验中，应特别注意电子仪器的“共地”问题。即各台仪器以及被测电路的“地”都应可靠地连在一起，如图 1－1－1 所示。一般的电工测量，测交流电压时，电压表的两端是“对称”的，以任意互换测试电极而不会影响读数，但在电子测量中，由于工作频率较高、线路阻抗较大且信号较弱，为避免外界干扰，大多数仪器采用单端输入、单端输出的形式，即仪器的两个测量端点是不对称，总有一个端点与仪器外壳相连，并与电缆引线的外屏蔽线连在一起，这个端点通常用符号“⊥”表示。所有仪器的“⊥”点都必须连在一起，即共“地”，否则可能引入外界干扰，导致测量误差增大，特别是由多台仪器组成的测试系统，当所有仪器外壳都通过接地线的电源插头接入地时，若没“共地”轻则使信号短路，重则会烧坏被测电路的元器件。因此，在测量时，决不可将接地端与非接地端任意调换。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

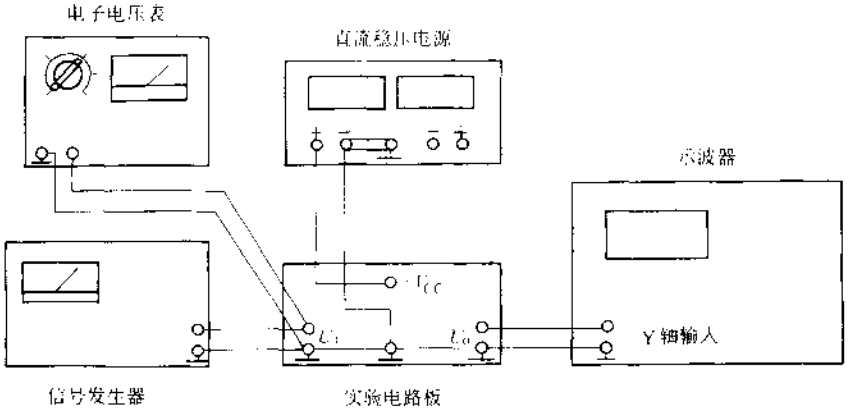


图 1－1－1　实验仪器和被测电路共地

5. 正确选择测量仪器的功能和量程

为防止仪器损坏并得到尽可能的精确测量，在仪器接入被测电路前，必须先正确调整仪器面板上有关的开关、旋钮，选择好合适的功能和量程。在测量值不能估计的情况下，应将仪器的“衰减”或“量程”旋钮放在较大的档位，以免仪器过载而损坏。

6. 正确连接电源

在连接仪器电源时，应先检查供电电压与仪器工作电压是否相符，仪器的电源电压变换装置是否插在或扳置在相应电压位置。对于有通风设备的电子仪器，开机通电后应注意内部风扇工作是否正常，若不正常应立即关掉电源，否则仪器会被烧坏。

四、电子仪器的日常维护

电子仪器要注意防潮、防尘、避免日晒，暂时不用时，应覆盖防尘罩，放置在向阳通风处；较长时间不用时，应定期通电除潮和对机内电容器充电，防止失效。还应注意防腐蚀和防漏电，如万用表等其内部的干电池需定期检查以免流液、腐烂，长期不用时应取出。电子仪器是否漏电，可用兆欧表检查，当绝缘电阻小于 500kΩ 时，应禁止使用，并予以检修。

第二节　数字万用表

数字万用表，是采用数字化的测量技术，把连续的模拟量转换成不连续的、离散数字形式加以显示的仪表。因为数字万用表具有显示清晰、读数准确、测量范围宽、测量速度快、输入阻抗高等优点，所以广泛应用于电子测量中。数字万用表的常规测试项目包括直流电压（DCV）、交流电压（ACV）、直流电流（DCA）、交流电流（ACA）、以及测量半导体二极管的正向压降 U_F、小功率晶体管共发射极电流放大系数 h_{FE}、检查线路通断（蜂鸣器档）。近期问世的数字万用表主要增加了 15 种新颖测试功能：①自动关机电路；②标志符驱动及显示电路；③电池测试电路；④方波信号发生器；⑤AC/DC 自动转换电路；⑥真有效值—直流（TRMS/DC）转换器；⑦逻辑电平测试电路；⑧频率—电压（f/V）转换器；⑨高阻—电压（HIΩ/V）转换器；⑩电阻比（R_X/R_n）转换器；⑪电导—电压（G/V）转换器；（12）读数保持（HOLD）及峰值保持（PK HOLD）电路；（13）容抗法电容量—电压（C/V）转换器；（14）由热电偶和 PN 结构成的温度—电压（T/V）转换器；（15）由集成温度传感器构成的温

度—电压转换器。下面以 DT—830 型为例介绍数字万用表的使用方法。

DT—830 数字万用表是一种体积小、携带方便，电池驱动的三位半数字万用表，可以进行直流和交流电压、电阻、二极管、带声响的通断测试及晶体管 h_{FE} 的测试。

1. 主要技术指标

（1）测量范围

直流电压：分 5 档，200mV，2V，20V，200V，1000V。

交流电压：分 5 档，200mV，2V，20V，200V，750V。

直流电流：分 4 档，200μA，2mA，20mA/10A，200mA。

交流电流：分 4 档，200μA，2mA，20mA/10A，200mA

电　阻：　分 6 档，200Ω，2kΩ，20kΩ，200kΩ，2MΩ，20MΩ。

二极管及声响的通断测试。

晶体管放大系数 h_{FE} 值：0～100

（2）工作频率

40～400Hz

（3）显示特性

显示方式：LCD 显示

最大显示：1999 或 -1999 自动极性显示

过量性显示："1"

2. 仪表面板结构

DT—830 型数字万用表面板示意图如图 1-1-2 所示。

3. 操作前注意事项

1）测试笔插孔旁边的正三角中感叹号，表示输入电压或电流不应超过指示值。

2）务必检查量程开关是否置于恰当的位置，并注意红表笔所在的插孔是否与量程开关所在范围一致。在测量交直流电压和电流时，若不知被测量的大约数值，可先将量程开关置于最高档，然后根据实际情况逐渐减小，这样可以防止因超量输入而损坏仪表。

4. 使用方法

（1）直流电压、交流电压的测量　首先将黑表笔插入 COM 插孔，红表笔插入 V/Ω 插孔。然后将功能开关置于 DCV（直流）或 ACV（交流）量程，并将测试笔连接到被测电路两端，显示屏将显示被测电压值。在显示直流电压值的同时，将显示红表笔端的极性。如果显示屏只显示"1"，表示超量程，量程开关应置于更高的量程（下同）。若量程开关置于"200m"显示数值以"毫伏"为单位。

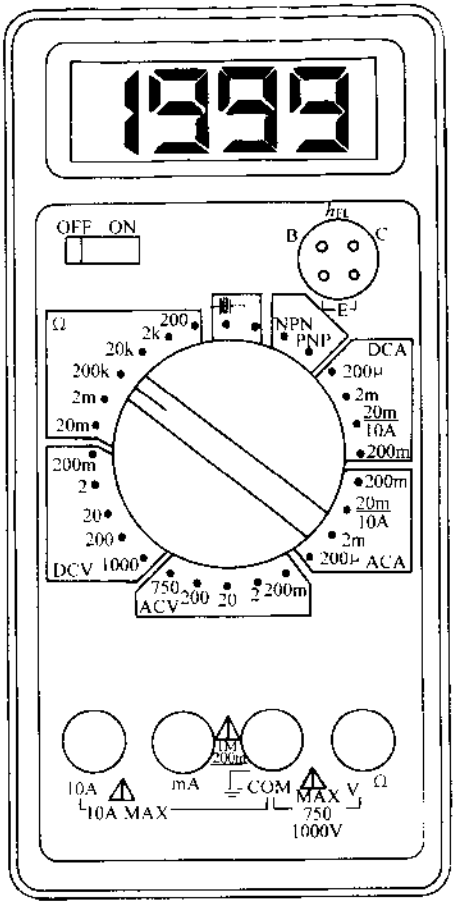


图 1-1-2　DT-830 面板示意图

置其他各档时，显示数值以“伏”为单位。应该注意的是测低电压时不能置于高量程档位，因为随着量程档位增加，误差也增大。

（2）直流电流、交流电流的测量　首先将黑表笔插入 COM 插孔，测量最大为 200mA 的电流时，将红表笔插入 mA 孔；测量最大值为 10A 的电流时，将红表笔插入 10A 插孔；将量程开关置于 DCA 或 ACA 量程，测试表笔串联接入被测电路，显示屏即显示被测电流值，在显示直流电流值的同时，将显示红表笔端的极性。

（3）电阻的测量　首先将黑表笔插入 COM 插孔、红表笔插入 V/Ω，然后将量程开关置于 Ω 量程。两表笔分别接到被测电阻两端，显示屏将显示被测电阻值。应该注意如果电阻本身开路，显示“1”。

（4）二极管的检测　首先将黑表笔插入 COM 插孔，红表笔插入 V/Ω（数字万用表的红表笔是表内电池的正极，黑表笔是电池的负极），然后将量程开关置于二极管档，将两表笔接二极管的两端，显示屏将显示二极管的导通电压（以“伏”为单位）。当二极管反向时，显示屏左端将显示“1”。

检查二极管的质量及鉴别硅管、锗管：

1）测量结果：若在 1V 以下时，红笔为二极管正极，黑笔为负极；

2）测量显示为：0.55～0.70V 者为硅管；0.15～0.3V 者为锗管。

3）两个方向均显示“1”，管子开路；两个方向均显“0”，管子击穿、短路。

（5）带声响的通断测试　首先黑表笔插入 COM 插孔，红表笔插入 V/Ω 插孔，然后将功能开关置于通断测试档“)))”，将测试表笔连接到被测电阻，如表笔之间的阻值低于约 30Ω，蜂鸣器发声。

（6）晶体管放大系数 h_{FE} 测试　首先将功能开关置于 h_{FE} 档，然后确定晶体管为 NPN 型或 PNP 型，并将发射极、基极、集电极分别插入相应的插孔，此时显示器将显示出晶体管放大系数 h_{FE} 值。

检查三极管的质量及鉴别硅管、锗管（用表上的二极管档或 h_{FE} 档）：

1）极性判别　红表笔接某极，黑表笔分别接其他两极，都出现超量程或电压都小，则红表笔为基极 b；若一个超量程，一个电压小，则红表笔不是 b 极，换脚重测。

2）判别管型　上面测量结果中，都超量程者为 PNP 管；电压都小（0.5～0.7V）者为 NPN 管。

3）判别 c、e 极　用 h_{FE} 档，已知 NPN 管，基极 b 插入 B 孔，其他两极分别插入 C、E 孔，若结果 $h_{FE}=1\sim10$ 时，则管子接反了；若 $h_{FE}=10\sim100$（或更大）时，则接法正确。

第三节　电子电压表

一、用途与种类

当测量交流电压时，通常使用万用表来测量，但由于万用表的输入阻抗低，频带不够宽，同时在测量低电压时常感到灵敏度不够，所以在要求较高的场合需要使用电子电压表。电子电压表是一种专门用来测量正弦交流电压有效值的电子仪器。常用的有 GB—9B 电子管毫伏表，JB—B 型晶体管电压表，DA—16 晶体管毫伏表，HFJ—8 型高频晶体管毫伏表，立

体声测量必备的 HG2170 双通道交流毫伏表以及高精度的 PZ8 型数字式电压表等。

二、GB—9B 型电子管毫伏表

1. 主要技术指标

测量电压范围：分 10 档，0 ~ 10mV/30mV/100mV/300mV/1V/3V/10V/30V/100V/300V。量程所标明的数值是指电表的满刻度值。

测量频率范围：25Hz ~ 200kHz

输入阻抗：频率为 1kHz 时，输入电阻大于 500kΩ，输入电容小于 40pF。

测量误差：在正常条件下，以 50Hz 为基准，误差在各档满度的 ±2.5% 以内，误差与被测电压的频率有关，当频率超过范围规定时，误差将增大。

电源：220V，50Hz，30VA。

2. 仪器面板示意图

图 1 - 1 - 3 是 GB—9B 型电子管毫伏表的面板示意图。

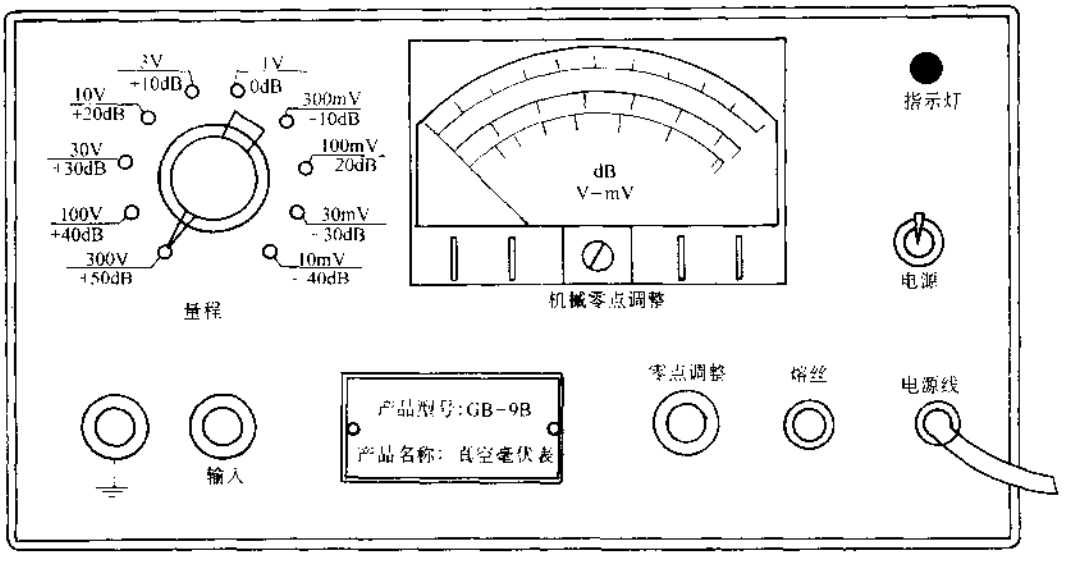


图 1 - 1 - 3　GB—9B 型电子管毫伏表面板示意图

3. 使用方法

(1) 接通电源前，必须检查电源电压是否与仪表电源相符。仪表面板必须与地平面垂直放置，以免增加读数误差。

(2) 调零

机械调零：仪器在未通电前，先检查表头指针是否指零。如不指零则进行“机械零点调整”。

电气调零：接通电源，输入电压为零（将输入端短路）。若表头指针不在零位，应调节“零点调整”旋钮，使指针到零位。

(3) 电压的测量与读数方法

1) 量程选择　按被测量电压的大约数值，选择适当量程。若无法估计被测值，应先选大量程试测，再逐步减小到合适量程。

2) 接入被测信号　将被测电压连接到面板的输入端，注意应先连接地端，使之与被测

电路公共（地）端相连，然后再连接非接地端。

3）读数　该指示电表共有三条刻度线：0～10 刻度线、0～30 刻度线和 -12～+2dB 刻度线，读数时应根据所选取量程对应的刻度读数。即当选用 10mV、100mV、1V、10V、100V 时，用 0～10 刻度线，当选用 30mV、300mV、3V、30V、300V 时，选用 0～30 刻度线，这样，读数比较方便。

（4）电平的测量与读数方法

1）将被测两端接到输入端，注意地线端子不能接反。

2）估计被测电平的范围，若在 -12～+2dB 之间，可将量程开关置于 1V（0dB）档，根据表针偏转的指示值，从电表最下端的刻度线上直接读出。

3）若被测电表读数大于 +2dB（或低于 -12dB）则可用大于 1V（或低于 1V）的其他档量程去测量，被测点的实际电平分贝数为表盘指示的分贝数和量程开关所标的电平分贝数的代数和。如：毫伏表的量程开关在 30mV（-30dB）一档，若表盘指针指在 +2dB，则该点的实际电平值为：(-30dB)+(+2dB)=-28dB，其余类推。

4．注意事项

1）改变量程后，应重新进行零点调整。

2）由于电子电压表具有较高灵敏度和较高输入阻抗，当量程开关置于毫伏档时，外界感应信号或人体触及输入端会使指针偏转超过量程，易打坏指针，故在测量信号时应先按规则连好被测信号的两端，然后再将量程开关旋转到小量程，测量结束，先将量程开关旋转到大量程，然后再断开被测端点。也就是说，量程开关在小量程时，输入两端绝不允许开路。

3）本仪器只能用于测量正弦波电压有效值，若测量非正弦波电压，则测量值有一定误差。

4）25Hz 以下或 200kHz 以上频率的交流电压不宜用该表进行测量，因仪表的放大器频带不够，会带来误差。

5）为提高精度，选量程时应使电表指针有较大偏转角度（一般为满刻度偏转角的 3/4）。

6）由于输入端中有一端是接地端。故它必须与被测电路有公共接地点，所以在测量两点之间的电位差时，要分别测出各点对地电压 U_a 和 U_b，然后计算得 $U_{ab}=U_a-U_b$。

三、JB—B 型晶体管电压表

1．主要技术指标

测量电压范围：分 11 档，0～1mV/3mV/10mV/30mV/100mV/300mV/1V/3V/10V/30V/100V。

加衰减探头后量程为：10mV/30mV/100mV/300mV/1V/3V/10V/30V/100V/300V/1000V。

测量电平范围：分 11 档，-60dB/-50dB/-40dB/-30dB/-20dB/-10dB/0dB/+10dB/+20dB/+30dB/+40dB。

仪器分贝刻度是以 1mW 功率消耗于 600Ω 纯电阻为零分贝进行计量的。

测量频率范围：2Hz～5MHz

测量误差：环境温度(20±5)℃，信号频率 50Hz 时，不超过各量程满度值的 ±2.5%。

输入阻抗：在 50Hz 时 2MΩ 左右，输入电容不大于 45pF；在 5MHz 时，有效输入电阻不小于 50kΩ。

电源：220V，50Hz。

探头衰减：20dB。

2．仪表面板示意图

JB—B 晶体管电压表面板示意图如图 1－1－4 所示。

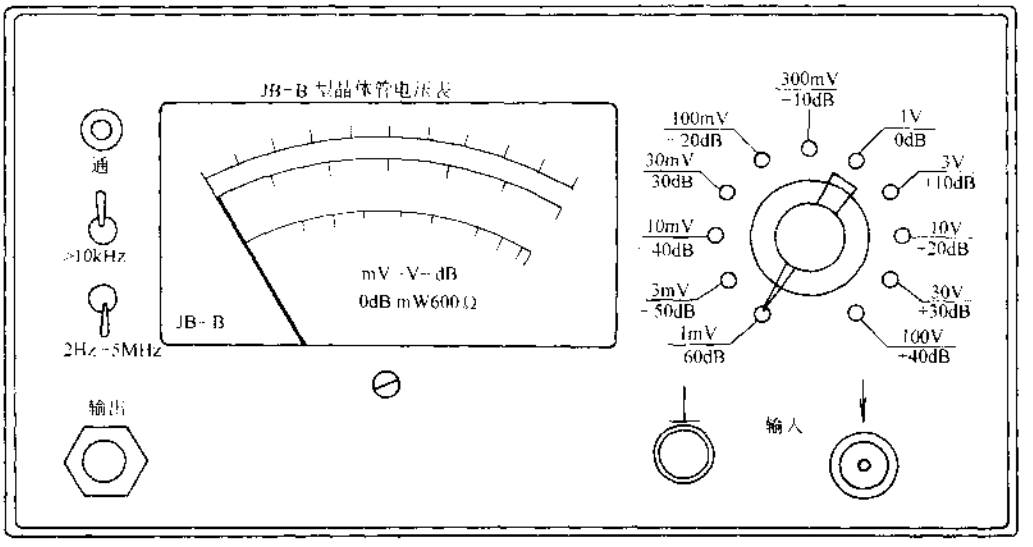


图 1－1－4　JB—B 晶体管电压表面板示意图

3. 使用方法及注意事项

1）把输入电缆夹子短接，打开电源，电表指针稍微偏转后，又回到零位。

2）去掉短接线，即可进行测量，测量时同 GB－9B 毫伏表类似。先估计被测电压的大小，将量程开关放在合适的量程上，若事先估计不出被测电压的大小，可先用高量程档测试，然后逐档下降到合适的量程为止。用完后，将“量程开关”放到最大量程档，然后再关掉电源。

3）加衰减探头时，测量电压的最大直流分量不大于 300V。

4）当“量程开关”位于毫伏档时，不应将输入端随意开路，因为这时电压表的灵敏度比较高，输入端开路时感应的电压（主要是 50Hz 交流电）将大大超过该量程范围，电表指针超过满偏转，使电表指针打弯，故当输入端必须开路时，先将“量程开关”转换到最大量程档位上。

5）当使用衰减探头测量时，计算值应算上衰减的分贝值。

四、故障排除

1. 电子电压表电源指示灯不亮

应检查电源插头是否插在市电 220V 的电源插座上。

2. 电子电压表无指示

首先应检查量程开关的位置是否合适，然后用万用表的 $\times 1\Omega$ 档，测量输入端的导线是否通，导线和相应接点接触是否良好。

第四节　示　波　器

示波器是一种用途很广的电子测量仪器，它能将非常抽象的看不见的随着时间变化的电压波形，变成具体的看得见的波形图，通过波形图可以看清信号的特征，并且可以从波形图

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com