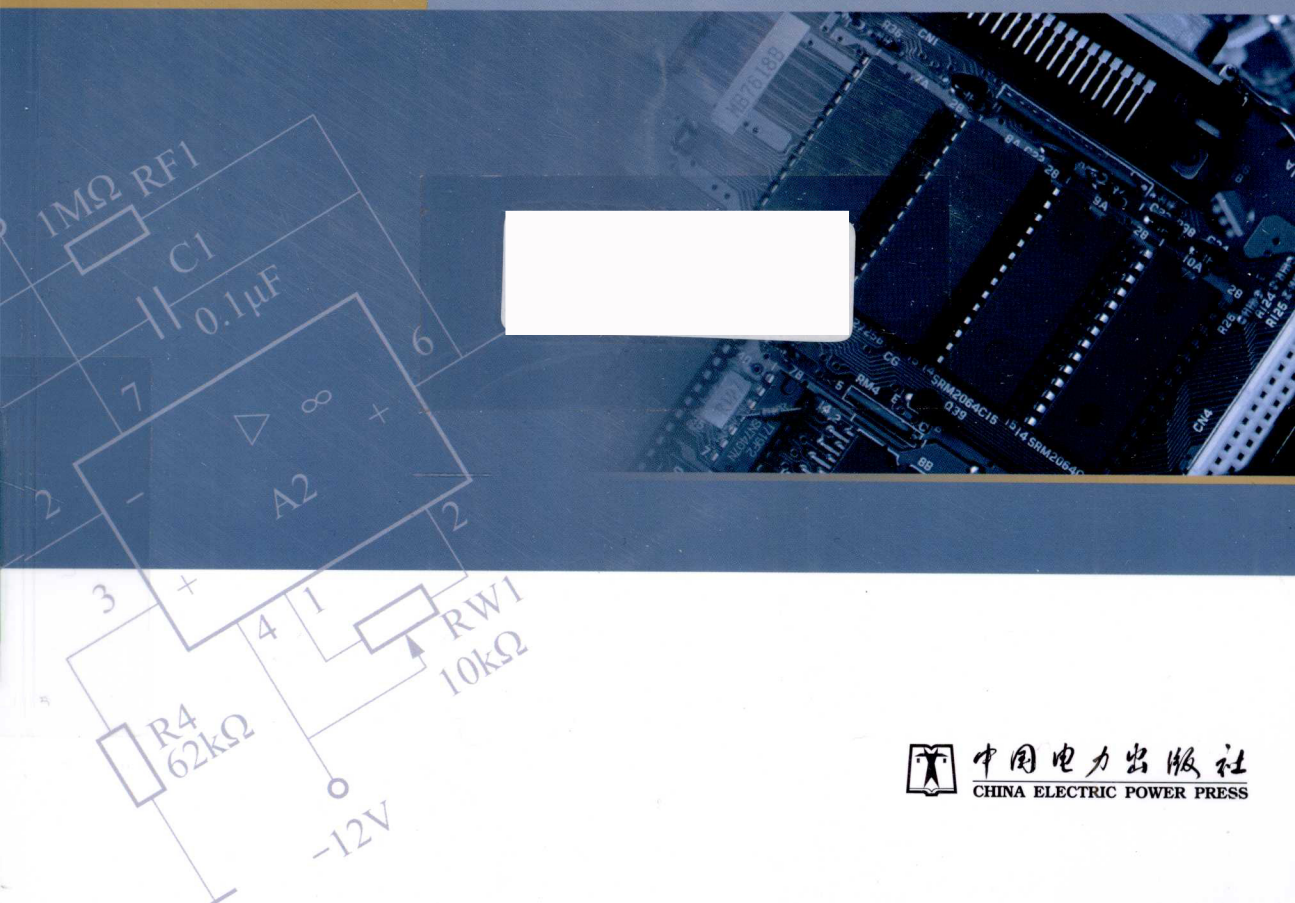


QUANGUO DAXUESHENG DIANZI SHEJI
YU ZHIZUO JINENG SHIXUN

全国大学生电子设计 与制作技能实训

来清民 编著

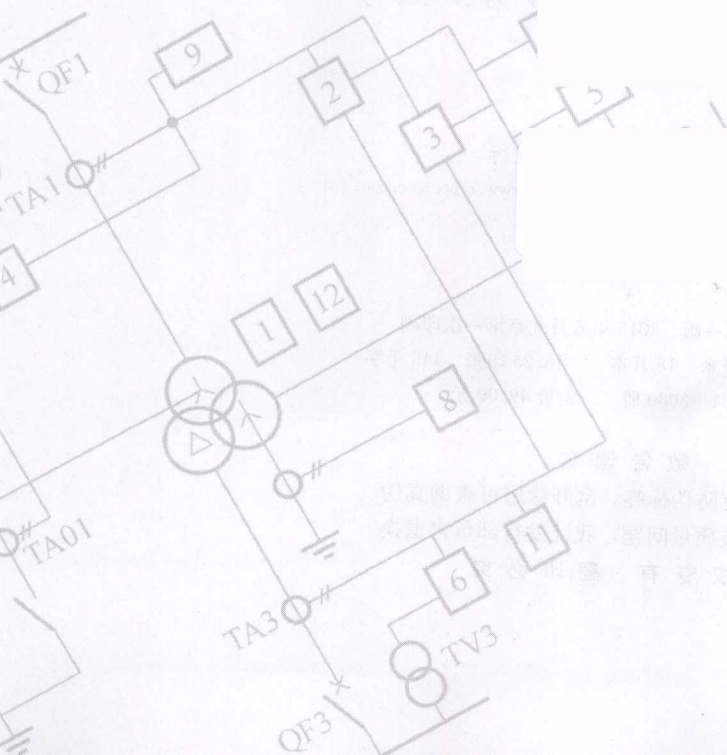


中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

QUANGUO DAXUESHENG DIANZI SHEJI
YU ZHIZUO JINENG SHIXUN

全国大学生电子设计 与制作技能实训

来清民 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

电子技术基础课程的“技能实训”、“课程设计”是工科电类各专业的重要实践教学环节,在电子技术基础的教学中举足轻重,它既是学生在认知过程中感性认识和理性认识相辅相成的必要环节,又是学生从课堂学习走向工程实际的纽带和桥梁。

本书根据全国大学生电子设计、实训和竞赛的特点采用项目驱动机制,精心挑选了模拟电路、数字电路、高频电路、传感器应用、信号发生器、电源电路和单片机应用等 31 个制作实例,介绍了制作实训的目的、器材、主要元器件特性、电路结构、制作步骤、调试方法、性能测试方法等内容。内容由易到难,循序渐进,丰富实用,叙述简洁清晰,实践性强,注重训练学生制作、装配、调试与检测等实际动手能力。

本书可作为高等院校电子信息、通信、自动化、电气控制类专业学生参加全国大学生电子设计竞赛的培训教材,也可作为各类电子制作、课程设计、毕业设计的教学参考书,以及工程技术人员进行电子产品设计与制作的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

全国大学生电子设计与制作技能实训/来清民编著. —北京:
中国电力出版社, 2015. 6

ISBN 978-7-5123-6806-4

I. ①全… II. ①来… III. ①电子电路-电路设计-高等学校-
教材 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 276489 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 6 月第一版 2015 年 6 月北京第一次印刷

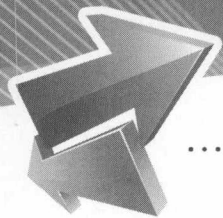
787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.25 印张 445 千字

印数 0001—3000 册 定价 49.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
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

随着科学技术的发展和人类的进步,电子技术已经成了各种工程技术的核心,特别是进入信息时代以来,电子技术更是成了基本技术,其具体应用领域涵盖了通信、控制系统、测试系统、计算机等各行各业。电子技术的出现和应用,使人类进入了高新技术时代,电子技术诞生的历史虽短,但深入的领域却是最广最深,而且成为人类探索宇宙宏观世界和微观世界的物质技术基础。

我国高等教育涉及电子技术相关的专业很多,如机电一体化技术、电气自动化技术、电力系统、自动化技术、检测技术及应用、电机与电器、焊接技术及自动化、电子信息工程技术、应用电子技术、电子测量技术与仪器、测控技术与仪器、智能电网信息工程、光源与照明、电子信息工程、电子科学与技术、通信工程等专业。如何提高学生的电子技术实际操作水平是关系国家科技发展的大事情。

电子技术属于实践性很强的专业,容不得眼高手低,电子技术不是仅通过听课、理论学习和做一些验证性实验就能学会,要进行实际训练才能掌握其精髓,课外设计、课程设计、毕业设计等都是实训的很好途径。

本书的特点是采用项目驱动机制,实训内容安排由易到难,循序渐进,丰富实用,将电子技术技能知识寓于项目制作实例之中。学生在电子技术实训中亲自动手制作和焊接,不仅能体会到制作的乐趣,还能学到技能和知识。

第1~3章是基本技能训练,这部分共有7个项目供读者练习制作,通过这些项目的实训。读者应该掌握万用表的使用、电子元件的识别和选用、焊接技术等基本技能。第4~6章是电子技术技能训练的关键章节,这部分共有14个项目供读者训练,通过这部分练习,读者不仅可以提高模拟电子技术设计、数字电子技术设计和传感器使用的基本能力,还可以对电子技术有一个深刻认识,提高理论水平,奠定了深入探索电子技术的基础;第7~9章是电子技术能力提高的章节,这部分共选择了10个项目供读者练习,通过这部分实训,读者不仅可以掌握电子技术硬件电路设计的精华,还可以提高软件设计的水平,叩开全国电子技术大赛的大门。

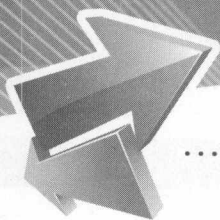
在本书的编写过程中,得到了很多人的支持和帮助。首先感谢学校提供了电路与系统重点学科这样一个平台,感谢领导和同事的支持和帮助,感谢我的父母,是他们从小培养我的学习能力;感谢我的学生张翠莉、魏香香、李金桂和胡荷娟,她们在繁忙的学习中,制作和验证了书中大部分项目和例程。

本书在编写过程中参考了国内外一些同仁在电子技术等方面的文献及资料,参考了一些优秀学生的课程设计和毕业设计,在此对他们表示衷心感谢。

由于编者的水平有限,全书完成得也比较仓促,书中出现错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正,提出宝贵意见。读者可发送邮件到 lqm_911@163.com,与作者交流。

编者

2015年4月



目录

前言

第1章 万用表使用实训

1

- 1.1 万用表基础知识 1
- 1.2 常用万用表的使用 3
- 1.3 项目1 万用表操作实训 10

第2章 常用电子元器件检测与选用实训

13

- 2.1 电阻和电容基础知识 13
- 2.2 项目2 电阻和电容的检测 18
- 2.3 电阻和电容的选用 24
- 2.4 电磁感应器件基础知识 26
- 2.5 项目3 电感、变压器和电声器件的检测和选用实训 30
- 2.6 半导体器件基础知识 33
- 2.7 项目4 晶体管的测量和选用实训 40

第3章 焊接技术实训

46

- 3.1 焊接技术基础知识 46
- 3.2 焊接方法步骤 49
- 3.3 项目5 白噪声电子催眠器的设计制作 52
- 3.4 项目6 闪烁彩色广告灯的设计制作 54
- 3.5 项目7 新颖的电子灭鼠器设计与制作实训 57

第4章 模拟电子电路设计与制作实训

59

- 4.1 模拟电子技术基础知识 59
- 4.2 项目8 电子驱蚊器的设计制作 62
- 4.3 项目9 有水位检测保护的超声波雾化器的设计制作 67
- 4.4 项目10 光控三路输出LED变色彩灯的设计制作 70
- 4.5 项目11 D类功率放大器设计与制作实训 74

4.6 项目 12 多种波形发生器的设计制作	90
------------------------------	----

第5章 数字电子电路设计与制作实训 96

5.1 数字电子技术基础知识	96
5.2 数字系统设计流程	97
5.3 项目 13 电子生日蜡烛的设计与制作	98
5.4 项目 14 逻辑笔的设计与制作	100
5.5 项目 15 能依次奏响九种音符音乐门铃的设计与制作	103
5.6 项目 16 数字电子钟逻辑电路的设计与制作	105
5.7 项目 17 八路智力竞赛抢答器的设计与制作	111

第6章 传感器应用设计与制作实训 123

6.1 传感器基础知识	123
6.2 项目 18 人体红外线感应报警器的设计与制作	126
6.3 项目 19 基于 AD590 电子温度计的设计与制作	130
6.4 项目 20 家用可燃气体检测报警系统的设计与制作	135
6.5 项目 21 数字式温湿度测量装置设计与制作实训	141

第7章 电子技术综合设计与制作实训 157

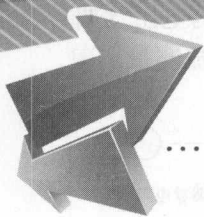
7.1 电子技术综合设计概述	157
7.2 项目 22 红外线心率计的设计与制作	160
7.3 项目 23 3½位数字式万用表的组装与调试实训	168

第8章 单片机应用电子设计与制作实训 178

8.1 单片机应用系统设计概述	178
8.2 项目 24 具有应急功能的智能交通灯设计与制作实训	182
8.3 项目 25 智能循迹机器人的设计与制作	193
8.4 项目 26 智能汽车倒车防撞报警器的设计与制作	200
8.5 项目 27 多路温度采集系统的设计与制作	213

第9章 电子竞技项目设计与制作实训 233

9.1 电子竞技有关知识	233
9.2 项目 28 智能小车的设计与制作	236
9.3 项目 29 简易电阻、电容和电感测试仪的设计与制作	248
9.4 项目 30 红外光通信系统的设计与制作	260
9.5 项目 31 智能 LED 台灯的设计与制作	266



第1章 万用表使用实训

万用表是一种多功能、多量程、便于携带的电子仪表，是电子制作中一个必不可少的工具。它可以用来测量直流电流、电压，交流电流、电压、电阻、音频电平和晶体管直流放大倍数、频率、电容值、逻辑电位、分贝值等物理量。

1.1 万用表基础知识

万用表具有量程多、用途广、使用简单、携带方便等优点，所以是线路和电器设备的检测、调整工作中必不可少的电工测量仪表。万用表有很多种，现在最流行的有机械（或指针）式的和数字式的万用表。

1.1.1 常用机械式万用表的结构和测量原理

1. 机械式万用表结构概述

机械式万用表由表头、测量电路及转换开关等三个主要部分组成，常用的 500 型万用表外形如图 1-1 所示。

(1) 表头。表头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，表头的灵敏度越高。测电压时的内阻越大，其性能就越好。

(2) 测量线路。测量线路是用来把各种被测量转换到适合表头测量的微小直流电流的电路，它由电阻、半导体元件及电池组成。

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线路，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，分别标有不同的挡位和量程。

2. 机械式万用表工作原理

万用表的基本工作原理是利用一只灵敏的磁电式直流电流表（微安表）做表头。当微小电流通过表头，就会有指针偏转。但表头不能通过大电流，所以，必须在表头上并联与串联一些电阻进行分流或降压，从而测出电路中的电流、电压和电阻。下面一一介绍测量原理。

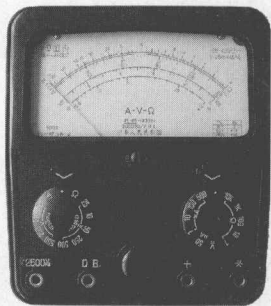


图 1-1 常用的 500 型万用表外形

(1) 测直流电流原理。如图 1-2 (a) 所示, 在表头上并联一个适当的电阻 (叫分流电阻) 进行分流, 就可以扩展电流量程。改变分流电阻的阻值, 就能改变电流测量范围。

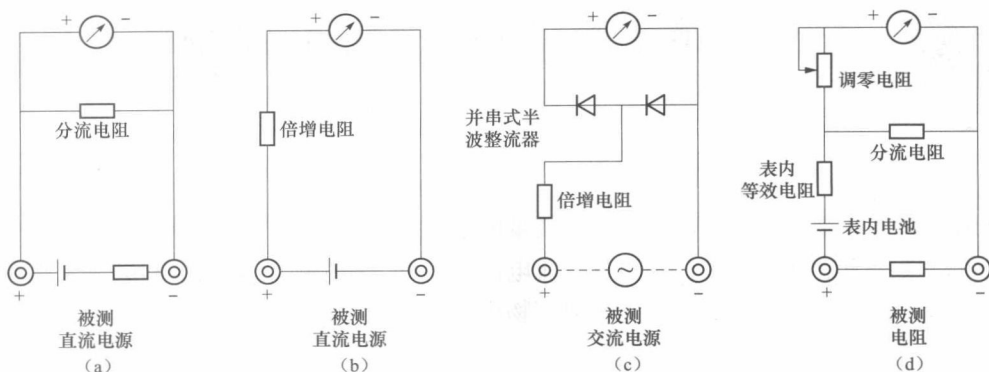


图 1-2 万用表测量原理图

(a) 测直流电流; (b) 测直流电压; (c) 测交流电压; (d) 测电阻

(2) 测直流电压原理。如图 1-2 (b) 所示, 在表头上串联一个适当的电阻 (叫倍增电阻) 进行降压, 就可以扩展电压量程。改变倍增电阻的阻值, 就能改变电压的测量范围。

(3) 测交流电压原理。如图 1-2 (c) 所示, 因为表头是直流表, 所以测量交流时, 需加装一个并串式半波整流电路, 将交流进行整流变成直流后再通过表头, 这样就可以根据直流电的大小来测量交流电压。扩展交流电压量程的方法与扩展直流电压量程相似。

(4) 测电阻原理。如图 1-2 (d) 所示, 在表头上并联和串联适当的电阻, 同时串接一节电池, 使电流通过被测电阻, 根据电流的大小, 就可测量出电阻值。改变分流电阻的阻值, 就能改变电阻的测量范围。

1.1.2 常用数字万用表的结构和测量原理

随着数字技术的发展, 数字式万用表 (DMM) 由于具有以十进制数字直接显示, 读数直接、简便、准确, 功能多 (可测量交直流电压、电流, 电阻, 电容, 二极管参数等), 分辨率高, 测量速度快, 输入阻抗高, 功耗低, 保护功能齐全等优点而被广泛应用。

数字式万用表的核心部分为数字电压表 (DVM), 它只能测量直流电压。因此, 各种参数的测量都是首先经过相应的变换器, 将各参数转化成数字电压表可测量的直流电压, 然后送给数字电压表, 经过模/数 (A/D) 转换, 变成数字量, 最后利用电子计数器计数并以十进制数字显示被测参数。数字万用表的外形如图 1-3 所示。其中在功能变换器中, 主要有电流—电压变换器、交流—直流变换器、电阻—电压变换器等。



图 1-3 数字万用表外形

1.2 常用万用表的使用

1.2.1 M500 型万用表的认识和使用

1. 外形和刻度盘的认识

M500 型万用表外形如图 1-4 所示, M500 型万用表是一种多量程仪表, 共有 23 挡量程, 可以测量直流电流、电压, 交流电压, 电阻, 音频电平。在其结构中, 表头多采用磁电式测量机构, 表头的满刻度偏转电流一般为几微安到几百微安, 有较好的灵敏度。测量线路是万用表的中心环节, 主要用来实现多种电量测量时的变换, 即把被测量变换成磁电式表头所能接受的直流电流, 从而使指针偏转, 指示读数。

M500 型万用表的电路如图 1-5 所示。

M500 型万用表的转换开关采用两组多层多刀多掷波段开关, 左面一组为二层三刀 12 掷开关, 共 12 个挡位; 右面一组为二层二刀 12 掷开关, 共 12 个挡位。

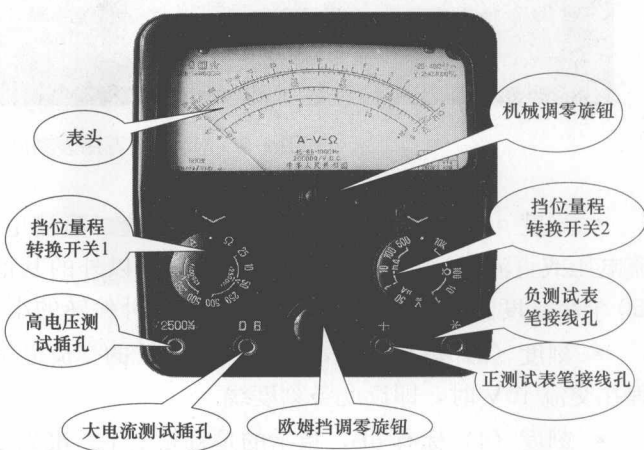


图 1-4 M500 型万用表外形

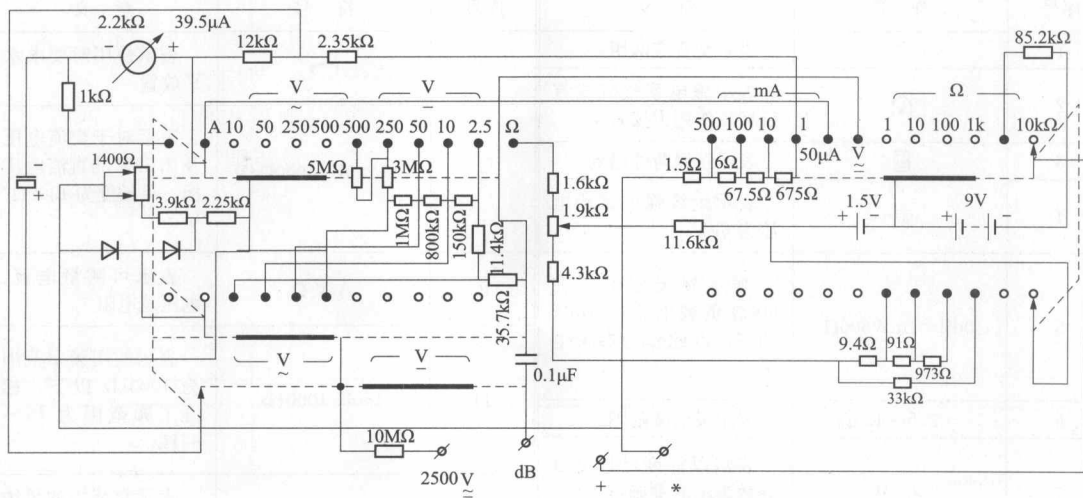


图 1-5 M500 型万用表电路图

表头上有四条刻度线, 如图 1-6 所示。它们的功能如下:

- 刻度 (1) (从上到下) 标有 R 或 Ω , 指示的是电阻值, 转换开关在欧姆挡时, 即读此条刻度线 (右端为 0, 左端为无穷大)。被测电阻 = 指示值 $\times$ 欧姆挡倍数。

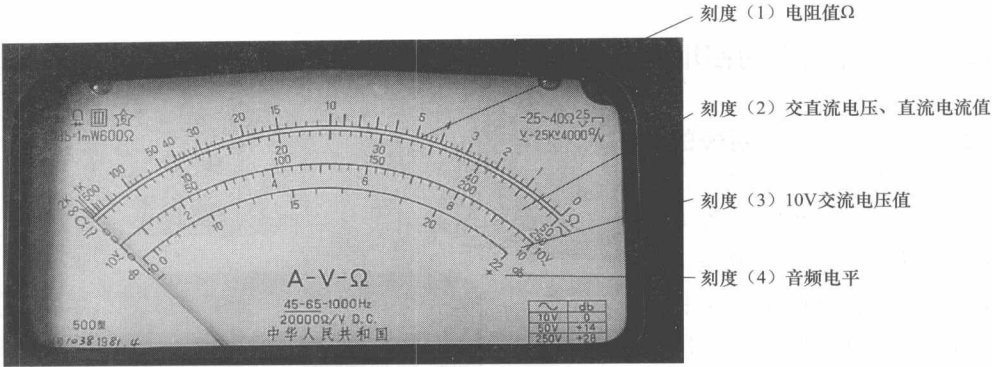


图 1-6 M500 型万用表刻度线结构

- 刻度（2）标有 $\sim$ 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挡，量程在除交流 10V 以外的其他位置时，即读此条刻度线。刻度均为 50 个小刻度。测量值=（量程/50） $\times$ 指针偏转的小刻度。
- 刻度（3）标有 10V，指示的是 10V 的交流电压值，当转换开关在交、直流电压挡，量程在交流 10V 时，即读此条刻度线。
- 刻度（4）标有 dB，指示的是音频电平。准确度较高。

2. 表盘上符号含义

M500 型万用表表盘上符号含义见表 1-1。

表 1-1 表盘上符号含义

序号	符 号	意 义	序号	符 号	意 义
1	$\sim$	表示交直流两用	8		表示使用时要求水平放置
2		表示磁电系整流式有机械反作用力仪表	9	$V-2.5kV4000\Omega/V$	表示对于交流电压及 2.5kV 的直流电压挡，灵敏度为 4000 Ω/V
3		表示三级防外磁场	10	A-V- Ω	表示可测量电流、电压及电阻
4		表示绝缘强度试验电压为 6kV	11	45-65-1000Hz	表示使用频率范围为 1000Hz 以下，标准工频范围为 45 $\sim$ 65Hz
5	0dB=1mW600 Ω	表示规定零电平在 600 Ω 负载上获得 1mW 功率，以此作为参考电平	12	2000 Ω/VDC	表示直流挡的灵敏度为 2000 Ω/V
6	-2.5 $\sim$ 4.0 Ω	表示灵敏度范围			
7	2.5V	表示以标度尺长度百分数表示的准确度等级。2.5 表示 2.5 级			

3. 技术指标

M500 型万用表的主要技术指标见表 1-2。

表 1-2 M500 型万用表技术指标

测量范围		灵敏度	准确度等级	基本误差表示法
直流电压	0~2.5~10~50~250~500V	20000Ω/V	2.5	以标度尺工作部分上量限的百分数表示
	2500V	4000Ω/V	5.0	
交流电压	0~10~50~250~500V	4000Ω/V	5.0	
	2500V	4000Ω/V	5.0	
直流电流	0~50μA~1~10~100~500mA		2.5	
电阻	0~2~20~200kΩ~2~20MΩ		2.5	以标度尺工作部分长度的百分数表示
音频电平	-10~+50dB			

4. 使用方法

M500 型万用表的使用方法如下。

(1) 使用前需调整调零旋钮，使指针准确指示在刻度尺的零位置。

(2) 直流电压测量：将表笔插在“+”、“-”插孔内，将右边旋转开关旋至“V”挡，左边旋转开关旋到测量直流电压相应量程上，再将表笔跨接在被测电路两端即可。如不知测量电压的大小，可将量程旋至最大，然后根据表头指示再选择相应量程。如指针反打，只需将表笔对调即可。

(3) 直流电流测量：将左边旋转开关旋至“A（或 mA）”挡，将右边旋转开关旋至被测电流相应量程，然后将表串接在被测电路中即可。

(4) 交流电压的测量：将右边旋转开关旋至“V”挡，左边旋转开关旋至所测交流电压相应量程上，测量方法同测直流电压的方法。

(5) 电阻的测量：将左边的旋转开关旋至“Ω”挡，右边旋转开关旋至被测电阻相应量程上。先将表笔短路调零，然后将表笔跨接在电阻两端即可。

1.2.2 MF47 型万用表的认识和使用

MF47 型万用表是设计新颖的磁电系整流式便携式多量程万用电表。可供测量直流电流，交直流电压，直流电阻等，具有 26 个基本量程和电平，电容，电感，晶体管直流参数等 7 个附加参考量程。MF47 万用表外形如图 1-7 所示。

MF47 型万用表造型大方、设计紧凑、结构牢固、携带方便，零部件均选用优良材料及工艺处理，具有良好的电气性能和机械强度，可替代一般中型万用表。

1. MF47 型万用表结构特点

MF47 型万用表测量机构采用高灵敏表头，性能稳定，并置于单独的表壳之中，保证密封性和延长使用寿命，表头罩采用塑料框架和玻璃相结合的新颖设计，避免静电的产生，从而保持测量精度。机构采用硅二极管保护，保证电流过载时不损坏表头，线路中设有 0.5A 保险丝装置以防止误用时烧坏电路，它的电路

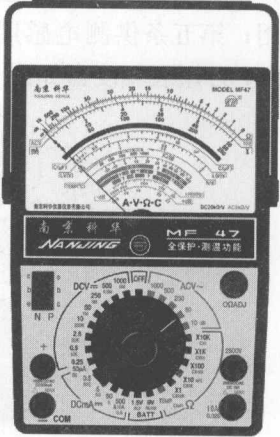


图 1-7 M47 型万用表外形

原理图如图 1-8 所示。

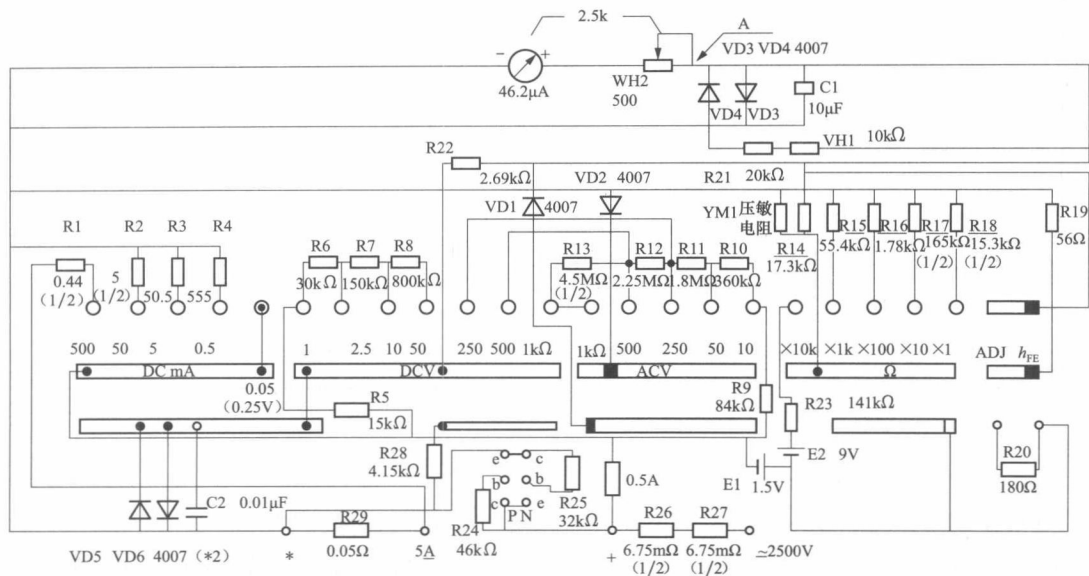


图 1-8 MF47 型万用表电路原理图

注：本图纸中凡电阻阻值未注明者为 Ω ，功率未注明者为 $1/4W$ 。

MF47 型万用表线路板采用塑料压制，保证可靠、耐磨、整齐、维修方便。设计上考虑了温度和频率补偿，使温度影响小，频率范围宽。低电阻挡选用 2 号干电池，容量大、寿命长。两组电池装于盒内，换电池时只需卸下电池盖板，不必打开表盒。若配以专用高压探头还可以测量电视接收机内 25kV 以下高压。另有一挡晶体管静态直流放大系数检测装置以供在临时情况下检查三极管之用。

2. MF47 型万用表刻度盘和旋钮结构

MF47 万用表刻度盘与挡位盘印制成红，绿，黑三色。表盘颜色分别按交流红色，晶体管绿色，其余黑色对应制成，使用时读数便捷。刻度盘共有六条刻度，第一条专供测电阻用；第二条供测交直流电压、直流电流用；第三条供测晶体管放大倍数用；第四条供测量电容用；第五条供测电感用；第六条供测音频电平用。刻度盘上装有反光镜，以消除视差。MF47 万用表刻度盘如图 1-9 所示，各旋钮和插孔部分结构如图 1-10 所示。

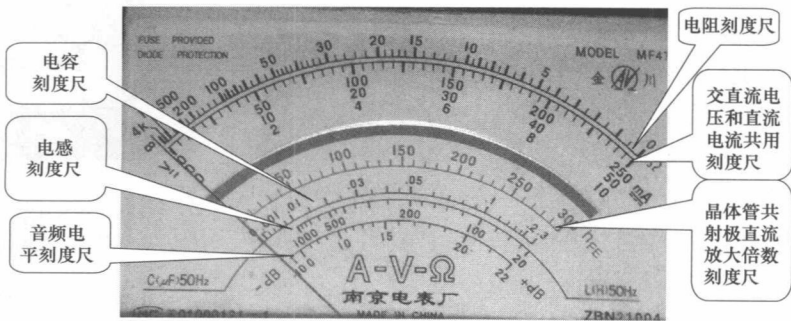


图 1-9 MF47 型万用表刻度盘

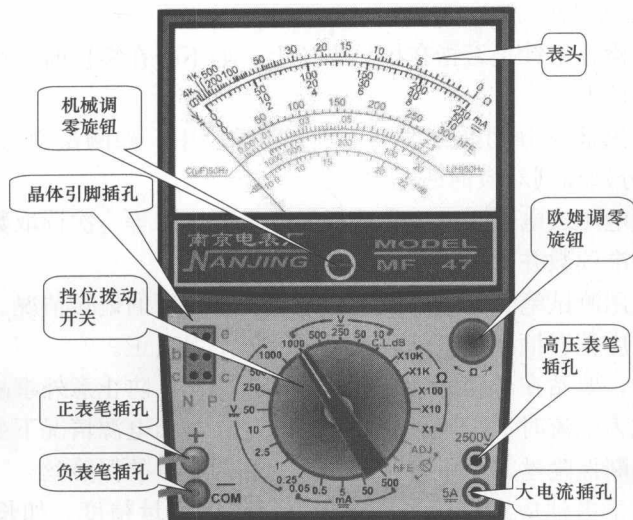


图 1-10 MF47 万用表表盘旋钮和插孔部分功能描述

除交直流 2500V 和直流 5A 分别有单独插孔之外，其余各挡只须转动挡位拨动开关，使用方便。

3. MF47 型万用表主要技术指标

MF47 型万用表主要技术指标见表 1-3。

表 1-3 MF47 型万用表主要技术指标

测量物理量	量限范围	灵敏度及电压降	精度	误差表示方法
直流电流	0~0.05mA~0.5mA~5mA~50mA~500mA~5A	0.3V	2.5	以上量限的百分数计算
直流电压	0~0.25V~1V~2.5~10V~50V~250V~500V~1000V~2500V	20000Ω/V	2.5 5	以上量限的百分数计算
交流电压	0~10V~50V~250V (45~65~5000Hz) ~500V~1000V~2500V (45~65Hz)	4000Ω/V	5	以上量限的百分数计算
直流电阻	R×1 R×10 R×100 R×1k R×10k	R×1 中心刻度为 16.5Ω	2.5	以标度尺弧长的百分数计算
			10	以指示值的百分数计算
音频电平	-10~+22dB	0dB=1mW600Ω		
晶体管直流放大倍数	0~300h _{FE}			
电感	20~1000H			
电容	0.001~0.3MF			

该表在环境温度 0~+40℃，相对湿度 85%的情况下使用，各项技术性能指标符合 GB 7676 国家标准和 IEC51 国际标准有关条款的规定。

4. 使用方法及注意事项

- (1) 在使用前应检查指针是否指在机械零位上，如不指在零位时，可旋转表盖上的调零旋钮使指针指示在零位上。
- (2) 将测试笔红黑插头分别插入“+”“-”插座中，如测量交、直流 2500V 或直流 5A 时，红插头则应分别插到对应的插孔中。
- (3) 测未知量的电压或电流时，应先选择最高量程，待等一次读取数值后，方可逐渐转至适当量程以取得较准读数并避免烧坏电路。
- (4) 测量前，应用测试笔触碰被测试点，同时观看指针的偏转情况。如果指针急剧偏转并超过量程或反偏，应立即抽回测试笔，查明原因，予以改正。
- (5) 测量高压时，要站在干燥绝缘板上，并单手操作，防止意外事故发生。
- (6) 测量高压或大电流时，为避免烧坏开关，应在切断电源情况下变换量程。
- (7) 因过载而烧断保险丝时，可打开表盒换上相同型号的保险丝。
- (8) 电阻各挡用干电池应定期检查、更换，以保证测量精度。如长期不用，应取出电池，以防止电解液溢出而腐蚀损坏其他零件。

1.2.3 DT890 型数字万用表的认识和使用

1. DT890 型数字万用表的面板

DT890 型数字万用表的面板如图 1-11 所示。面板上有 LED 显示屏、电源开关、 h_{FE} 测

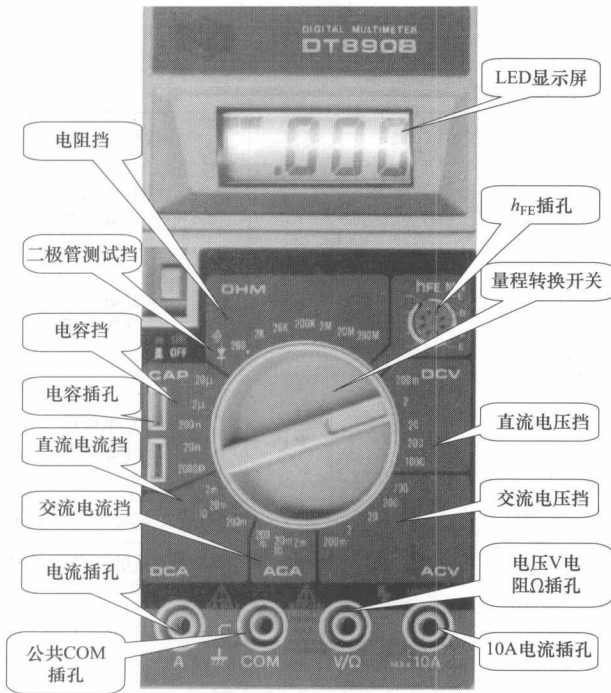


图 1-11 DT890 型数字万用表面板

量插孔、电容测量插孔、量程转换开关、电容零点调节旋钮、四个输入插孔等。

- LED 显示屏：显示四位数字，最高位只能显示“1”或不显示数字，算半位，故称三位半。最大指示为“1999”或“-1999”。当被测量超过最大指示值时，显示“1”或“-1”。

- 电源开关：使用时将开关置于“ON”位置；使用完毕置于“OFF”位置。

- 转换开关：用以选择功能和量程。根据被测的电量（电压、电流、电阻等）选择相应的功能位；按被测量程的大小性选择合适的量程。

- 输入插孔：将黑色测试笔插入“COM”的插孔。红色测试笔有如下三种插法，测量电压和电阻时插入“V·Ω”插孔；测量小于 200mA 的

电流时插入“mA”插孔；测量大于 200mA 的电流时插入“10A”插孔。

2. DT890 型数字万用表的工作原理和技术参数

DT890 型数字万用表的主要技术指标见表 1-4。

表 1-4 DT890 型数字万用表的主要技术指标

量 程	挡 位	精 度
直流电压量程	200mV~2V~20V~200V~1000V	$\pm 0.5\%$ 读数+1 字
交流电压量程	200mV	$\pm 1.2\%$ 读数+3 字
	2V~20V~200V	$\pm 0.8\%$ 读数+3 字
	700V	$\pm 0.5\%$ 读数+1 字
直流电流量程	2mA~20mA	$\pm 0.5\%$ 读数+1 字
	200mA	$\pm 1.2\%$ 读数+1 字
交流电流量程	10A	$\pm 2.0\%$ 读数+5 字
	2mA~20mA	$\pm 1.0\%$ 读数+3 字
	200mA	$\pm 1.8\%$ 读数+3 字
	10A	$\pm 3.0\%$ 读数+7 字
电阻量程	200 Ω	$\pm 0.5\%$ 读数+3 字
	2k Ω ~20k Ω ~200k Ω ~2M Ω	$\pm 0.5\%$ 读数+1 字
	20M Ω ~200M Ω	$\pm 1.0\%$ 读数+2 字
电容量程	2000pF~20nF~200nF~2 μ F~20 μ F	$\pm 2.0\%$ 读数+2 字

3. DT890 型数字万用表的使用

(1) 直流电压测量：将黑表笔插入 COM 插孔，红表笔插入 V/ Ω 插孔（红表笔为“+”极）。再将量程放置在测量的挡极上，按下 ON-OFF 电键，即可测量。将开关置于 DCV 量程范围，并将表笔跨接在被测负载或信号源上。在显示电压读数时同时会指出红表笔的极性来。

(2) 交流电压测量：将开关置于 ACV 量程范围，并将表笔跨接在被测负载或信号源上。此时，显示器显示出被测电压读数。

(3) 直流电流测量：当最高测量电流为 200mA 时，将黑表笔插入 COM 插孔内，将红表笔插入 A 插孔。如测 10A 挡则将红表笔移至 10A 的插孔。将开关至于 DCA 量程范围，将表笔串入被测电路中，红表笔的极性将于数字显示的同时指示出来。

(4) 交流电流测量：将黑表笔插入 COM 插孔内，对 200mA 量程红表笔插入 A 插孔，对 10A 量程红表笔移至 10A 插孔。将开关置于 ACA 量程范围并将表笔串入被测电路。此时，显示器显示出被测交流电流读数。

(5) 电阻测量：将开关置于所需的欧姆量程上，并将表笔跨接在被测电阻两端。如果被测电阻超过所用量程，则会指示出超量程（“1”），需换用高挡量程，当被测电阻阻值在 1M Ω 以上时，此表需数秒方能达稳定读数。

(6) 电容测量：在接入被测电容之前，注意显示值须为 000，每改变一次量程须重调零（ZERO ADJ）。将被测电容插入电容插孔，有需要时注意连接极性。如当测量有极性电容时注意其极性，分别将它插入“+”（CX 符号）插孔和“-”（CX 下面），否则会使电容损坏（测量前被测电容应先放电）。当测量大电容时，需要较长时间方可得到最后稳定读数。

DT890 型数字万用表使用注意事项：

(1) 万用表虽有双重保护装置，但使用时仍应遵守下列规程，避免意外损失。测量高压

或大电流时,为避免烧坏开关,应在切断电源情况下变换量限。测未知量的电压或电流时,应先选择最高量程,待第一次读取数值后,方可逐渐转至适当量程以取得较准读数并避免烧坏电路。因过载而烧断保险丝时,可打开表盒换上相同型号的保险丝(0.5A/250V)。

(2) 测量高压时,要站在干燥绝缘板上,并单手操作,防止意外事故。

(3) 电阻各挡用干电池应定期检查、更换,以保证测量精度。平时不用万用表应将挡位盘打到交流 250V 挡;如长期不用应取出电池,以防止电解液溢出腐蚀而损坏其他零件。

1.3 项目 1 万用表操作实训

1.3.1 实训的目的和要求

万用表使用范围很广,可用于电阻、电容、电流、电压、三极管等参数测量。由于结构简单,使用方便,所以成为电路实验中必不可少的测量工具,本项目就是通过实际测量电阻、电压和电流练习,掌握万用表的基本测量技能。

1.3.2 万用表的操作要领

(1) 熟悉表盘上各符号的意义及各个旋钮和选择开关的主要作用。

(2) 指针式万用表要进行机械调零。

(3) 根据被测量的种类及大小,选择转换开关的挡位及量程,找出对应的刻度线。选择量程时,要先选大的,后选小的,尽量使被测值接近于量程。

(4) 选择表笔插孔的位置。

(5) 测电阻时,不能带电测量。因为测量电阻时,万用表由内部电池供电,如果带电测量则相当于接入一个额外的电源,可能损坏表头。

(6) 指针式万用表用毕,应使转换开关在交流电压最大挡位或空挡上。

1.3.3 万用表的选择

1. 根据测量误差选择

用指针万用表和数字万用表测同一点电压时,读数会不一样,有时误差很大。什么原因呢?是两种表的内阻不同造成的。所以,应根据不同的电路来选择万用表,尽量选择内阻高的指针表。数字万用表的内阻一般在 $1\text{M}\Omega/\text{V}$ 以上,所以对电路的影响比指针万用表要小得多,测量电压的值比较准确。不过在测某些脉动成分多的电路时,数字表就会产生较大误差。

2. 根据读数精度和直观性选择

指针表读取精度较差,但指针摆动过程比较直观,其摆动速度和幅度有时也能比较客观地反映被测量的大小(比如测电视机数据总线,在传送数据时的轻微抖动);数字表读数精度高,但数字变化的过程看起来很杂乱,不直观。

在电阻挡,指针表的表笔输出电流相对数字表来说要大很多,用 $R\times 1\Omega$ 挡可以使扬声器发出响亮的“哒”声,用 $R\times 10\text{k}\Omega$ 挡甚至可以点亮发光二极管(LED)。

在电压挡,指针表内阻相对数字表来说较小,测量精度相对较差,某些高电压微电流的场合甚至无法测准(比如测电视机显像管的加速级电压时,测量值会比实际值低很多),因为其内阻会对被测电路造成影响。数字表电压挡的内阻很大(至少在兆欧级),对被测电路影响小,但极高的输出阻抗使其易受感应电压的影响,在一些电磁干扰比较强的场合测出的

数据可能是虚的。

总之，相对来说在大电流高电压的模拟电路测量中指针表适用，比如电视机、音响功放。在低电压小电流的数字电路测量中数字表适用，比如 BP 机、手机等。但不是绝对的，可根据实际情况选用指针表和数字表。

1.3.4 万用表的操作步骤

1. 电阻测量

(1) 选择合适的倍率挡。万用表欧姆挡的刻度线是不均匀的，所以倍率挡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。

(2) 欧姆调零。测量电阻之前，应将 2 个表笔短接，同时调节欧姆（电气）调零旋钮，使指针刚好指在欧姆刻度线右边的零位。如果指针不能调到零位，说明电池电压不足或仪表内部有问题。并且每换一次倍率挡，都要再次进行欧姆调零，以保证测量准确。

(3) 测量和读数。如图 1-12 所示，将万用表两个表笔分别接触电阻两端，观察万用表指针，表头的读数乘以倍率，就是所测电阻的电阻值。如用数字万用表测量，可以直接读数。

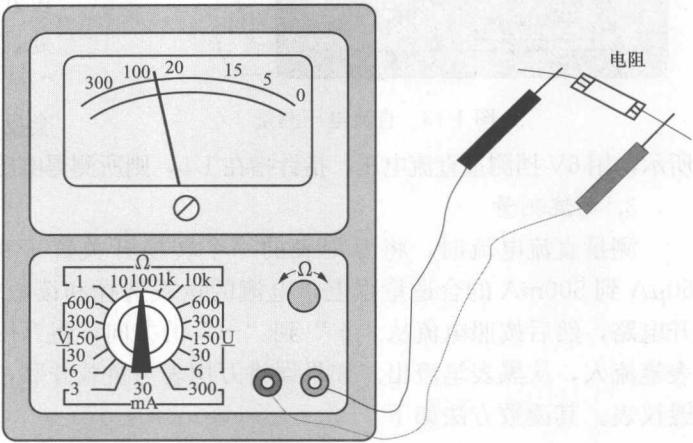


图 1-12 电阻的测量

按上述方法测量 8 个电阻，填写到表格 1-5 中，比较电阻的标称值和测量值。

表 1-5 电阻的认读及测量

电阻大小范围	色环示值	误差示值	使用仪表挡位	测量值

2. 电压测量

测量电压（或电流）时要选择好量程，如果用小量程去测量大电压，则会有烧表的危险；如果用大量程去测量小电压，那么指针偏转太小，无法读数。量程的选择应尽量使指针偏转到满刻度的 2/3 左右。如果事先不清楚被测电压的大小时，应先选择最高量程挡，然后