



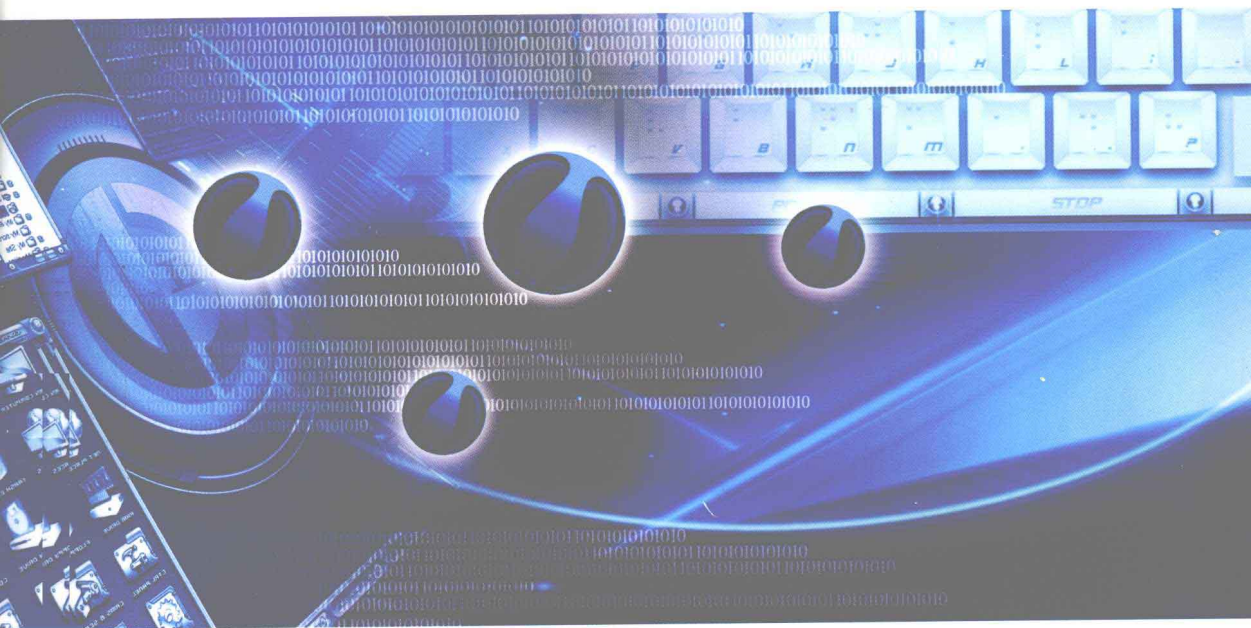
21世纪

高等职业教育精品课示范性规划教材

电工电子实验实训

diangong dianzi shiyan shixun

◆ 主编 余明辉



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪高等职业教育精品课示范性规划教材

电工电子实验实训

主 编 余明辉

编 委 郭小勇 杨敏英 林寿光 黄鹏勇

主 审 宋一然



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内容简介

本书共分为2篇,第一篇为仪器仪表知识,第二篇为电工电子技术实验与实训。

本书可作为高等职业学校电子、机械、化工、计算机、通信及自动化类等工科各专业“电工基础”、“电路基础”、“电工学”、“电工工艺学”、“电工电子学”、“电工电子技术”、“电子线路”、“模拟电子技术”、“数字电子技术”、“电气控制技术”课程的配套实验实训教材,可作为高等专科学校、成人高校和民办高校学生的学习教材,也可作为中等职业学校、技工学校有关专业的实验实训教材。本书也可供广播电视大学及函授大学有关专业使用,并供从事电工电子技术方面的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实验实训/余明辉主编. —北京:北京理工大学出版社, 2009. 8
ISBN 978 - 7 - 5640 - 2798 - 8

I. 电… II. 余… III. ①电工技术 - 实验 - 高等学校 - 教材
②电子技术 - 实验 - 高等学校 - 教材 IV. TM - 33 TN - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 150589 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京飞达印刷有限责任公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 15.75

字 数 / 295 千字

版 次 / 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 4000 册

定 价 / 28.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

出版说明

21 世纪是科技全面创新和社会高速发展的时代,面临这个难得的机遇和挑战,本着“科教兴国”的基本战略,我国已着力对高等学校进行了教学改革。为顺应国家对于培养应用型人才的要求,满足社会对高校毕业生的技能需要,北京理工大学出版社特邀一批知名专家、学者进行了本系列规划教材的编写,以期能为广大读者提供良好的学习平台。

本系列规划教材贴合实践。作者在编写之际,广泛考察了各校应用型学生的学习实际,本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,力求提高学生的实际运用能力,使学生更好地适应社会需求。

一、教材定位

- ✚ 以就业为导向,培养学生的实际运用能力,以达到学以致用目的。
- ✚ 以科学性、实用性、通用性为原则,以使教材符合课程体系设置。
- ✚ 以提高学生综合素质为基础,充分考虑对学生个人能力的提高。
- ✚ 以内容为核心,注重形式的灵活性,以便学生易于接受。

二、编写原则

- ✚ 定位明确。为培养应用型人才,本系列教材所列案例均贴合工作实际,以满足广大企业对于应用型人才实际操作能力的需求,增强学生在就业过程中的竞争力。
- ✚ 注重培养学生职业能力。根据专业实践性要求,在完成基础课的前提下,使学生掌握先进的相关操作软件,培养学生的实际动手能力,提高学生迅速适应工作岗位的能力。

三、丛书特色

- ✦ 系统性强。丛书各教材之间联系密切,符合各个学校的课程体系设置,为学生构建牢固的知识体系。
- ✦ 层次性强。各教材的编写严格按照由浅及深,循序渐进的原则,重点、难点突出,以提高学生的学习效率。
- ✦ 先进性强。吸收最新的研究成果和企业的实际案例,使学生对当前专业发展方向有明确的了解,并提高创新能力。
- ✦ 操作性强。教材重点培养学生的实际操作能力,以使理论来源于实践,并最大限度运用于实践。

北京理工大学出版社

前 言

本书是高职高专教改项目成果实验实训教材,可作为高等职业学校电子、机械、化工、计算机、通信及自动化类等工科各专业“电工基础”、“电路基础”、“电工学”、“电工工艺学”、“电工电子学”、“电工电子技术”、“电子线路”、“模拟电子技术”、“数字电子技术”、“电气控制技术”课程的实验实训教学使用,高等职业学校的培养目标有着鲜明的职业技术教育特色,其教育教学目标不同于普通高校的本科教育,也有别于普通高校的专科教育。高等职业学校各种专业教学目标必须面向各种职业岗位群。职业能力对于培养对象是至关重要的。基于此,本实验实训教材从以下几个方面突出职教特色。

(1) 从高职教育的实际出发,以培养综合能力为主线,加强应用的教材改革思想。

①注意综合应用能力培养,做到学用结合。依据职业岗位群的需要,本教材对内容的介绍力求清楚准确,做到学用结合。

②突出常用集成电路的功能及使用方法,注重实用性。

③教材注意循序渐进。

(2) 以与实际应用紧密结合为出发点,不苛求理论上的系统性和完整性。

(3) 结构合理,重点突出,便于教学。

(4) 本教材实验实训可按下列学时范围灵活安排。

电工实验学时可在 10~20 学时的范围内灵活安排。

电工实训学时可在 26~30 学时的范围内灵活安排。

电路基础实验学时可在 8~12 学时的范围内灵活安排。

电气控制技术实验学时可在 6~10 学时的范围内灵活安排。

电气控制技术实训学时可在 26~30 学时的范围内灵活安排。

模拟电子技术实验学时可在 12~20 学时的范围内灵活安排。

模拟电子技术实训学时可在 26~30 学时的范围内灵活安排。

数字电子技术实验学时可在 12~20 学时的范围内灵活安排。

数字电子技术实训学时可在 26~30 学时的范围内灵活安排。

本书由湄洲湾职业技术学院余明辉副教授编写,全书由余明辉副教授统稿。

本书由湄洲湾职业技术学院电子工程系全体教师共同参与,并提出宝贵意见和建议,在此表示感谢。

本书由湄洲湾职业技术学院宋一然教授主审,宋教授在审阅中提出了许多宝

贵的个性意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免错误与疏漏之处，诚望使用本教材的教师同仁与同学们批评指正。

编 者

目 录

第1篇 仪器仪表知识	1
第1章 测量的基本知识	1
1.1 测量方式的分类	1
1.2 测量方法分类	2
1.3 测量误差的分类	2
1.4 测量误差的表示方法	3
第2章 常用电工仪表	5
2.1 万用表	5
2.2 测量用互感器	8
2.3 钳式电流表	11
2.4 电桥	11
第3章 常用电子仪表	15
3.1 电子电压表	15
3.2 信号发生器	20
3.3 示波器	25
3.4 晶体管特性图示仪	32
第4章 电子元器件的识别与检测	35
4.1 电阻器	35
4.2 电容器	37
4.3 电感器	40
4.4 半导体器件	41
4.5 集成电路	49
第2篇 电工电子技术实验与实训	55
第1章 电工技术实验	55
实验一 元件伏安特性的测定	55
实验二 晶体管稳压电源伏安特性的测定	57
实验三 基尔霍夫定律(克希荷夫定律)	60
实验四 叠加原理	62
实验五 戴维南定理	63

实验六 正弦交流电路中 R 、 L 、 C 元件性能	66
实验七 功率因数的改善	68
实验八 一阶动态电路响应的研究	71
实验九 三相鼠笼异步电动机的工作特性	74
实验十 三相异步电动机的起动与调速	82
第2章 电子技术实验	87
实验一 常用电子仪器的使用	87
实验二 半导体二极管的伏安特性测定	93
实验三 三极管的特性曲线测试	95
实验四 单管共射极放大器	98
实验五 两级阻容耦合放大电路	106
实验六 射极跟随器	108
实验七 OTL 功率放大器	112
实验八 集成运算放大器	116
实验九 负反馈放大器	120
实验十 LC 正弦波振荡器	124
实验十一 RC 正弦波振荡器	127
实验十二 整流、滤波电路	131
实验十三 集成稳压器	132
实验十四 晶闸管可控整流电路	137
实验十五 基本门电路的逻辑功能测试	141
实验十六 集成 TTL 门电路逻辑功能及参数测量	147
实验十七 组合逻辑电路——全加器/比较器	152
实验十八 组合逻辑电路——编码器	154
实验十九 组合逻辑电路——译码器	157
实验二十 组合逻辑电路——数据选择器	161
实验二十一 时序逻辑电路——计数器	165
实验二十二 计数、译码和显示电路综合应用	167
实验二十三 555 定时器及其应用	171
实验二十四 数/模(D/A)转换器	176
实验二十五 模/数(A/D)转换器	179
第3章 电工技术实训	183
实训一 接触器连锁的正反转控制线路	183
实训二 三相异步电动机双重连锁正反转启动能耗制动的控制电路	185
实训三 顺序停止控制电路	187
实训四 γ — Δ 减压启动线路	189

实训五 双速异步电动机自动变速控制电路	191
第4章 电子技术实训	194
实训一 双通道功放实训	194
实训二 方波-三角波产生电路实训	196
实训三 晶体管串联型稳压电路的安装和调试	200
实训四 直流稳压电源的组装与调试	202
实训五 晶闸管单相桥式半控整流电路的安装及调试	205
实训六 智力竞赛抢答器	208
实训七 压控振荡电路实训	210
实训八 数字定时抢答器	219
实训九 篮球竞赛30s定时电路	224
实训十 交通灯控制电路	230
附录A:半导体分立器件型号命名方法	237
附录B:集成电路芯片管脚图	239

第 1 篇 仪器仪表知识

电测量主要指对电流、电压、电功率、电能、相位、频率、电阻、电感、电容、电路时间常数、介质损耗等基本电学量和电路参数的测量。磁测量则主要指对磁场强度、磁感应强度、磁通量、磁导率、介质的磁滞损耗、涡流损耗等基本磁学量和介质磁性参数的测量。电测量和磁测量统称为电磁测量或电气测量。

第 1 章 测量的基本知识

测量过程实际上是一个比较过程。测量的任务就是通过实验的方法，将被测量（未知量）与标准单位量（已知量）进行比较，以求得被测量的值。电磁测量也是一样，也是通过直接或间接的方法，将被测电磁量与同类的标准单位量进行比较，以确定被测电磁量的大小。标准单位量的实体称为度量器，度量器是指测量单位或测量单位的分数倍或整数倍的复制体。如标准电池、标准电阻、标准电感等。度量器分为基准器、标准器和工作量具三种，基准器、标准器是由国家计量部门管理的，日常所用的度量器都属于工作量具。

1.1 测量方式的分类

1. 直接测量

直接测量是指被测电磁量与度量器直接在比较器中进行比较，或者使用事先已刻有被测量单位的指示仪表进行测量，从而可以直接读出被测量的数值。这种方式的特点是测出的数据就是被测量本身的值。如用电流表测量电流，用电桥测量电阻等，都可以直接读出被测电流或电阻的值。

2. 间接测量

如果被测量不便于直接读出，或测量该量的仪器不够准确。那么就可以利用被测量与某种中间量之间的函数关系，先测出中间量，然后通过计算公式，算出被测量的值，这种方式称为间接测量。例如用伏安法测电阻。先测出被测电阻两端的电压和通过该电阻的电流，然后利用欧姆定律，间接计算出电阻数值。

3. 组合测量

如果被测的未知量与某个中间量的函数关系式中还有其他未知数，这时可以通过改变测量条件，测出不同条件下的中间量数值，写出方程组，然后通过联立方程组求出被测量的数值，这种方式称为组合测量。

1.2 测量方法分类

直接测量需要从测量中读出被测量，间接测量需要从测量中读出中间量，不论是被测量还是中间量，读出它们数据的方法可分为直读法和比较法两种。

1. 直读法

用电测量指示仪表直接读取测量数据的方法。直读法不等于直接测量，因为测出的数据可能是中间量。直读法的特点是没有度量器参与。实际上指示仪表进行刻度时仍需要度量器，也可能指示仪表刻度时并不借助度量器，而是利用标准的指示仪表进行，但标准仪表本身还是需要通过度量器刻度。所以直读法实际上是一种与度量器进行间接比较的方法。这种方法简便迅速，但它的准确度受仪表误差的限制。

2. 比较法

比较法是将被测量与度量器置于比较器上进行比较，从而求得被测量数据。这种方法多用于高准确度的场合。根据比较时的特点，分三类：

(1) 零值法。被测量与已知量进行比较时，两种量对仪器的作用相消为零的方法。

(2) 较差法。是通过测量已知量与被测量的差值，从而求得被测量的一种方法。

(3) 替代法。是将被测量与已知量先后两次接入同一测量装置，如果两次测量中测量装置的工作状态能保持相同，则认为替代前接在装置上的待测量与替代后的已知标准量其数值完全相同。

1.3 测量误差的分类

不论采用何种测量方式，也不论用何种仪器仪表，由于仪表本身不可能绝对准确，加上测量方法、实验者本人经验，以及感官的条件限制等方面的原因，都会使测量产生误差，测量误差分为三类。

1. 系统误差

系统误差是指在相同的条件下，多次测量同一个量时，误差的大小和符号均

保持恒定，或按某种规律变化（例如有规律地逐渐增大或周期性地增大和减小）的一种误差。系统误差总是由某个特定原因引起的，而且这种原因总是持续存在而不是偶发的，按产生的原因又可分为：

（1）基本误差。基本误差是指仪表在规定的工作条件下，即在规定的温度、湿度、放置方式、外界磁场和磁场干扰等条件下，由于仪表本身结构不完善而产生的一种固有误差。如转动部分的摩擦、刻度不准、轴承与轴尖的间隙所造成可动部分的倾斜等。

（2）附加误差。仪表使用时偏离规定的工作条件而造成的误差。例如温度过高、波形非正弦、外界有磁场干扰等。

2. 偶然误差

偶然误差又称为随机误差，是由偶发原因出现的一种大小、方向都不确定的误差。这种误差没有什么规律，也难以预计，但从总体上讲却服从统计规律。例如由于环境因素的突然变化、测量人员感官的某种缺憾所造成的误差。

3. 疏忽误差

这是一种由测量人员的粗心疏忽造成的严重歪曲测量结果的误差。例如读数错误、记录错误等。

1.4 测量误差的表示方法

1. 绝对误差

用测量值 A_x 与被测量真值 A_0 之间的差值所表示的误差。误差符号可正、可负。即 $\Delta = A_x - A_0$

〔例〕电压表测电压，读数为 201V，而标准表测出的值为 200V，若认为标准表的读数为真值，则绝对误差 $\Delta = A_x - A_0 = 201 - 200 = +1$ (V)。

2. 相对误差

绝对误差 Δ 与被测量真值 A_0 之比称为相对误差，即

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

衡量误差对测量结果的影响，通常用相对误差。

3. 引用误差

绝对误差 Δ 与仪表上量限 A_m 的比值所表示的误差，即

$$\gamma_n = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\%$$

4. 最大引用误差

仪表在不同刻度点的绝对误差之中的最大绝对误差 Δ_m 与仪表上量限 A_m 之比。即

$$\gamma_m = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100\%$$

仪表的准确度与仪表本身结构有关。一般测量时的绝对误差在仪表标尺的全长范围内基本保持不变，而相对误差却随着被测量的减少而逐渐增大，而且可能增至无限大，所以相对误差可以用来说明测量结果的准确程度，却不能说明仪表本身的优劣。最大引用误差可以评价仪表性能，用它表征仪表准确度等级。

第2章 常用电工仪表

2.1 万用表

万用表又称繁用表或多用表。它具有多种量程、多种用途、携带方便等一系列优点，因此在电气维修和调试工作中被广泛应用。一般万用表可以测量直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻、音频电平电量。有的万用表还可以测交流电流、电容、电感、晶体管的 β 值等。

万用表由测量机构（习惯上称为表头）、测量线路和转换开关组成。外形做成便携式或袖珍式。面板上装有转换开关、电阻测量挡的调零旋钮以及接线柱、插孔等。如图2-1所示是500型万用表的外形。万用表的转换开关多采用多刀多掷开关，500型万用表有两只开关，其中一个开关是二层三刀十二掷开关，另一个是二层二刀十二掷开关。

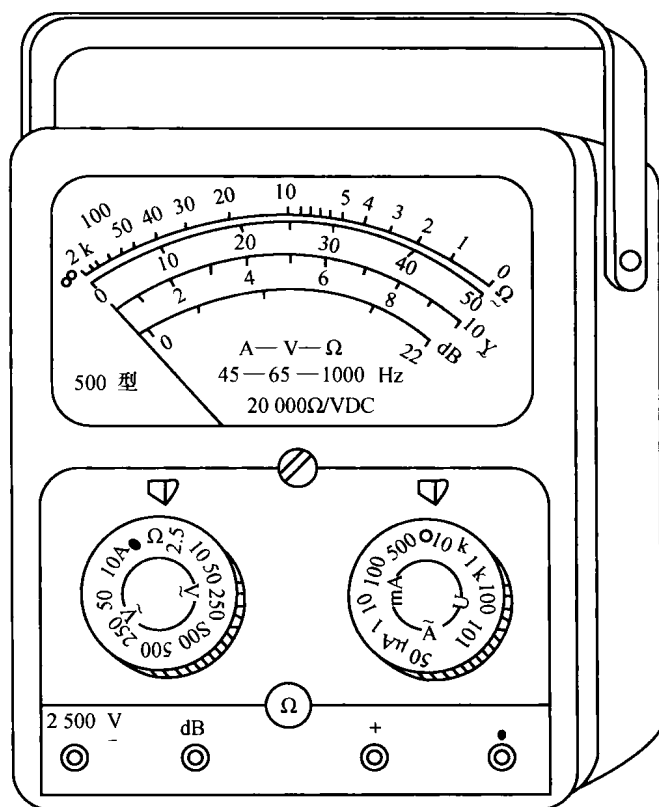


图2-1 500型万用表

1. 万用表的直流电阻测量电路

直流电阻测量电路实质上就是一个多量程的磁电系欧姆表。欧姆中心值是指表头指针恰好位于满偏值一半的位置。此时被测电阻等于欧姆表等效表头总内阻。如图 2-2 所示为欧姆表标尺。

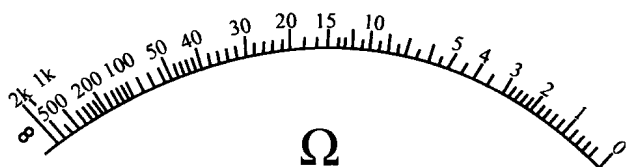


图 2-2 欧姆表标尺

确定欧姆中心值有两方面的意义，其一是确定了欧姆表的有效测量范围。一般测量电阻在 0.1 ~ 10 倍的欧姆中心值范围内读数才比较准确，为此测量电阻时，应选择欧姆中心值与被测电阻相近的挡位进行测量。其二是根据欧姆中心值，可以按十进制扩大其量限。使各个量限共享一条标度尺，从而使读数很方便，因此就构成了 $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 、 $\times 1k$ 挡。

2. 音频电平测量电路

测量音频电平就是测量交流电压，所以测电平时转换开关置于交流电压挡。为了防止被测电路有直流分量的电压，所以被测电压经“dB”接柱接入，“dB”接柱串接一个电容器，用来隔断被测电路的直流分量。

音频电平的测量可以用交流电压标尺，也可以用分贝标尺。如图 2-3 所示为万用表分贝标尺。

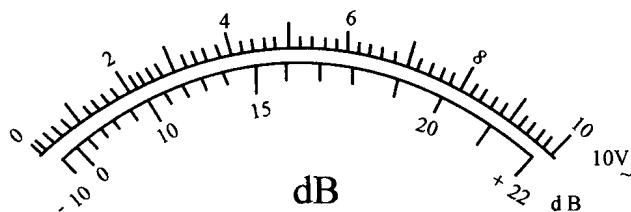


图 2-3 万用表分贝标尺

电平也是表示电功率和电压大小的一个参量，但用相对值来表示。因为功率或电压通过某一电路之后总要产生衰减或放大，我们不但要了解输出功率或电压的绝对值有多大，而且更要了解输出的功率或电压比某一输入大多少，电平就是表示这个相对值的大小，并用分贝表示法，其单位符号为 dB，即

$$S = 10 \lg \frac{P_2}{P_1}$$

式中, P_2 为输出功率; P_1 为输入功率; S 值为正表示放大, S 值为负表示衰减。实际测量中, 测量电压比较方便, 根据

$$P = \frac{U^2}{R}$$

在负载电阻一定的情况下, 可得

$$S = 20 \lg \frac{U_2}{U_1}$$

式中, U_2 为输出电压; U_1 为输入电压。

电测量中使用的分贝, 统一规定为功率或电压与一个已知的标准零电平之比的对数值, 这个零电平规定为 1mW , 负载为 600Ω , 并以 $P_0 = 1\text{mW}$ 表示, 按式

$$U = \sqrt{PR}$$

可求得功率为 0dB 时的电压 $U_0 = 0.775\text{V}$, 并将 0.775V 定为 0dB , 如图 2-3 所示。

万用表测交流电压, 其量程有好几挡, 分贝刻度是按最低挡算出的, 例如 500 型万用表, 对应于 10V 挡, 在 10V 的标尺上 0.775V 对应于 0dB , 7.75V 对应于 20dB , 即

$$20 \lg \frac{7.75}{0.775} = 20 \text{ (dB)}$$

0.245V 对应于 -10dB 。

若测量电平较高, 就要把转换开关放在高量程挡位。例如放在 50V , 测量结果的电压读数应按 50V 标尺, 即比 10V 标尺大 5 倍。分贝读数也应是分贝标尺上的读数加 14dB 。因为

$$20 \lg \frac{5U_2}{U_1} = 20 \lg 5 + 20 \lg \frac{U_2}{U_1} = 14\text{dB} + 20 \lg \frac{U_2}{U_1}$$

式中, U_2 为为量程开关置于 50V 挡, 而电压按 10V 标尺读出的值。可见当量程开关放在高量程挡位时, 实际分贝数等于分贝标尺读数加上附加分贝数。

3. 万用表的使用维护方法

万用表的种类繁多, 结构形式多种多样, 面板上的旋钮、开关的布局也各有差异。因此使用万用表之前, 应仔细阅读说明书。

(1) 孔(或接线柱)的选择。红色测试棒接到标有“+”的插孔内, 黑色测试棒接到标有“-”或“*”的插孔内。在测量特殊量时, 红色测试棒接到标有“ 5A ”, “ 2500V ”专用插孔, 黑色测试棒的位置不变。

(2) 量挡位的选择。使用万用表时, 根据测量对象, 将转换开关旋至相应的位置。

(3) 量程的选择。用万用表测量电压电流时, 尽量使指针工作在满刻度的