

21 世纪 高 职 高 专 规 划 教 材

电 子 信 息 基 础 系 列



电工与电子技术基础 技能实训

沙晓菁 主编 云建军 主审

清华大学出版社



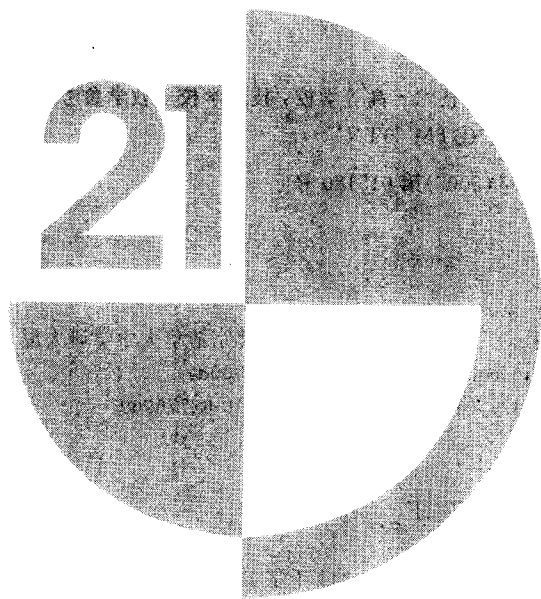
21 世纪 高 职 高 专 规 划 教 材

电 子 信 息 基 础 系 列

电工与电子技术 基础技能实训

沙晓菁 主编

云建军 主审



清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书根据高职高专教育的特点,在理论教学的基础上,加强对应用能力和实践能力的培养。全书包括两大部分:第一部分是基础技能实训部分(第1~3章),主要介绍常用电子仪器仪表的使用,基本电子元器件的命名及器件的认识,基本测量技术的基本要求与分类。第二部分是技能实训课题部分(第4~6章),包括电工技能实训,模拟电子技术技能实训和数字电子技术技能实训。

本书可作为高职高专院校电子、电气、自动化等相近专业的实训教材,也可供从事相应工作的技术人员参考。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术基础技能实训/沙晓菁主编. —北京:清华大学出版社,2005.3

(21世纪高职高专规划教材. 电子信息基础系列)

ISBN 7-302-10577-4

I. 电… II. 沙… III. ①电工技术—高等学校:技术学校—教学参考资料 ②电子技术—高等学校:技术学校—教学参考资料 IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 015180 号

出版者:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社总机:010-62770175

客户服务:010-62776969

责任编辑:束传政

印刷者:北京牛山世兴印刷厂

装订者:三河市化甲屯小学装订二厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×230 印张:16.5 字数:341千字

版 次:2005年3月第1版 2005年3月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-10577-4/TM·61

印 数:1~4000

定 价:20.00元

出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,担负着为国家培养并输送生产、建设、管理、服务第一线高素质技术应用型人才的重任。

进入 21 世纪后,高职高专教育的改革和发展呈现出前所未有的发展势头,学生规模已占我国高等教育的半壁江山,成为我国高等教育的一支重要的生力军;办学理念上,“以就业为导向”成为高等职业教育改革与发展的主旋律。近两年来,教育部召开了三次产学研交流会,并启动四个专业的“国家技能型紧缺人才培养项目”,同时成立了 35 所示范性软件职业技术学院,进行两年制教学改革试点。这些举措都表明国家正在推动高职高专教育进行深层次的重大改革,向培养生产、服务第一线真正需要的应用型人才的方向发展。

为了顺应当前我国高职高专教育的发展形势,配合高职高专院校的教学改革和教材建设,进一步提高我国高职高专教育教材质量,在教育部的指导下,清华大学出版社组织出版“21 世纪高职高专规划教材”。

为推动规划教材的建设,清华大学出版社组织并成立“高职高专教育教材编审委员会”,旨在对清华版的全国性高职高专教材及教材选题进行评审,并向清华大学出版社推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。教材选题由个人或各院校推荐,经编审委员会认真评审,最后由清华大学出版社出版。编审委员会的成员皆来源于教改成效大、办学特色鲜明、师资实力强的高职高专院校、普通高校以及著名企业,教材的编写者和审定者都是从事高职高专教育第一线的骨干教师和专家。

编审委员会根据教育部最新文件政策,规划教材体系,比如部分专业的两年制教材;“以就业为导向”,以“专业技能体系”为主,突出人才培养的实践性、应用性的原则,重新组织系列课程的教材结构,整合课程体系,按照教育部制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》,教材的基础理论以“必要、够用”为度,突出基础理论的应用和实践技能的培养。

本套规划教材的编写原则如下:

- (1) 根据岗位群设置教材系列,并成立系列教材编审委员会;
- (2) 由编审委员会规划教材、评审教材;
- (3) 重点课程进行立体化建设,突出案例式教学体系,加强实训教材的出版,完善教学服务体系;
- (4) 教材编写者由具有丰富教学经验和多年实践经历的教师共同组成,建立“双师型”编者体系。

本套规划教材涵盖了公共基础课、计算机、电子信息、机械、经济管理以及服务等大类的
主要课程,包括专业基础课和专业主干课。目前已经规划的教材系列名称如下:

公共基础课

公共基础课系列

计算机类

计算机基础教育系列

计算机专业基础系列

计算机应用系列

网络专业系列

软件专业系列

电子商务专业系列

电子信息类

电子信息基础系列

微电子技术系列

通信技术系列

电气、自动化、应用电子技术系列

机械类

机械基础系列

机械设计与制造专业系列

数控技术系列

模具设计与制造系列

经济管理类

经济管理基础系列

市场营销系列

财务会计系列

企业管理系列

物流管理系列

财政金融系列

服务类

旅游系列

艺术设计系列

本套规划教材的系列名称根据学科基础和岗位群方向设置,为各高职高专院校提供“自助餐”形式的教材。各院校在选择课程需要的教材时,专业课程可以根据岗位群选择系列;专业基础课程可以根据学科方向选择各类的基础课系列。例如,数控技术方向的专业课程可以在“数控技术系列”选择;数控技术专业需要的基础课程,属于计算机类课程可以在“计算机基础教育系列”和“计算机应用系列”选择,属于机械类课程可以在“机械基础系列”选择,属于电子信息类课程可以在“电子信息基础系列”选择。依此类推。

为方便教师授课和学生学习,清华大学出版社正在建设本套教材的教学服务体系。本套教材先期选择重点课程和专业主干课程,进行立体化教材建设:加强多媒体教学课件或电子教案、素材库、学习盘、学习指导书等形式的制作和出版,开发网络课程。学校在选用教材时,可通过邮件或电话与我们联系获取相关服务,并通过与各院校的密切交流,使其日臻完善。

高职高专教育正处于新一轮改革时期,从专业设置、课程体系建设到教材编写,依然是新课题。希望各高职高专院校在教学实践中积极提出意见和建议,并向我们推荐优秀选题。反馈意见请发送到 E-mail: gzgz@tup.tsinghua.edu.cn。清华大学出版社将对已出版的教材不断地修订、完善,提高教材质量,完善教材服务体系,为我国的高职高专教育出版优秀的高质量教材。

高职高专教育教材编审委员会

前 言

电工与电子技术基础技能实训

电工与电子技术基础是高职高专电类各专业必修的课程,实训又是整个教学过程中不可缺少的环节。本书正是为适应当前对这一层次、这类专业的学生的要求而编写的。

根据高职高专教育是培养技术应用型人才的特点,本书以应用为目的,结合理论教学着重训练学生的分析问题能力和实际动手能力,真正做到“淡化理论,够用为度,培养技能,重在应用”,充分考虑电类学科各专业的特点和发展情况,在内容安排上不求多,但求精。

全书包括两大部分。第一部分为基础技能实训部分,它是进行电工、电子技能实训必需的基础。内容包括:第1章常用电子仪器仪表的使用,介绍八种常用的电工、电子仪器仪表的使用方法;第2章为基本电子元器件,主要介绍常用电子元器件的命名、手册的查阅方法及对器件的认识;第3章为基本测量技术,主要介绍电子测量的基本要求与分类。第二部分为技能实训课题部分,分电工、模拟电子、数字电子三方面,以课题的形式对相关内容进行实训。内容包括:第4章电工技能实训,主要对电路的定理、定律进行验证,对常用的电路进行测试;第5章模拟电子技术技能实训,介绍常用半导体器件的测试、常用模拟电路的接线、调整及测试等;第6章数字电子技术技能实训,介绍数字集成器件的测试,组合逻辑电路的设计与测试,时序逻辑电路的设计与测试等。为了帮助学生掌握所学内容,每个课题后面都配有相应的思考题。为了满足不同专业学生的需要,增加一些选修内容(带*符号)。

书的最后附有参考资料,主要包括常用电子器件的性能参数,常用数字集成器件的管脚排列,EWB软件应用以及本实训所选用的电子实训装置的使用方法等。

本书由吉林大学沙晓菁任主编,吉林大学云建军任主审。参加本书编写的有:吉林大学沙晓菁(第6章,附录A、C),刘春保(第2、4章),杨立英(第3、5章,附录D),王兆明(第1章),刘预(附录B),全书由沙晓菁统稿。本书在编写过程中得到沈阳沈飞电子科技发展有限公司、浙江杭州天煌电器设备厂以及浙江杭州天科技术实业有限公司的帮助,在

此表示衷心的感谢。

由于编者学识和水平有限,书中难免存在纰漏,敬请使用本书的师生和广大读者批评指正。

编 者

2005年1月

目 录

电工与电子技术基础技能实训

第 1 章 常用电子仪器仪表的使用	1
1.1 DT-92 型数字万用表的使用	1
1.2 MF-10 型指针式万用表的使用	5
1.2.1 MF-10 型万用表的性能指标	5
1.2.2 MF-10 型万用表的使用方法及注意事项	5
1.3 兆欧表的使用	7
1.4 钳形表的使用	9
1.4.1 钳形表的基本知识.....	9
1.4.2 钳形表的使用方法	10
1.5 YB1600 系列函数信号发生器的使用	10
1.5.1 YB1600 系列函数信号发生器功能介绍	10
1.5.2 YB1600 系列函数信号发生器的使用方法	12
1.6 HY1711 系列双路直流稳压电源	13
1.7 双踪通用示波器的使用.....	15
1.7.1 YB4320 双踪通用示波器面板各部件功能介绍	15
1.7.2 YB4320 双踪通用示波器的使用	19
1.8 YB2100 系列交流毫伏表的使用	21
1.8.1 YB2172 交流毫伏表的性能指标	21
1.8.2 YB2172 交流毫伏表的使用方法	22
第 2 章 基本电子元器件	23
2.1 常用电子元件的命名.....	23
2.1.1 电阻器的型号命名	23
2.1.2 电容器的型号命名	24

2.1.3	半导体器件的型号命名法	25
2.2	常用电子元器件的识别	31
2.2.1	电阻元件	31
2.2.2	电容元件	35
2.2.3	半导体二极管	37
2.2.4	半导体三极管	39
2.2.5	常用半导体集成电路器件	40
第3章	基本测量技术	43
3.1	电子测量的基本要求与分类	43
3.1.1	电子测量的基本要求	43
3.1.2	电子测量的分类	44
3.2	电压的测量方法	45
3.2.1	直流电压的测量方法	45
3.2.2	交流电压的测量方法	45
3.3	输入电阻和输出电阻的测量	46
3.3.1	输入电阻的测量	46
3.3.2	输出电阻的测量	47
3.4	测量误差的分析及实验数据的处理	48
3.4.1	测量误差产生的原因及处理方法	48
3.4.2	实验数据的处理	50
第4章	电工技能实训	53
4.1	电路元件伏安特性的测定	53
4.2	基尔霍夫定律的验证	56
4.3	叠加原理的验证	59
4.4	戴维南定理及功率传输最大条件	61
4.5	电压源与电流源的等效变换	64
4.6	受控源的特性测试	68
4.7	RC 一阶电路的特性测试	73
4.8	正弦稳态交流电路相量的研究	77
4.9	RLC 串联电路的测试	80
4.10	RC 选频网络特性测试	84
4.11	三相交流电路负载的连接	87

4.12	三相交流电路相序及功率的测量	90
4.13	单相变压器特性测试	93
4.14	三相异步电机的正反转控制	97
第5章	模拟电子技术技能实训	101
5.1	晶体二、三极管的测试	101
5.2	单管共发射极放大电路测试与调整	104
5.3	射极跟随器电路测试与调整	110
5.4	场效应管放大器的测试	114
5.5	负反馈放大电路测试	117
5.6	差动放大电路测试与调整	121
5.7	集成运算放大器应用电路的测试(I) ——模拟运算电路	125
5.8	集成运算放大器应用电路的测试(II) ——电压比较器	129
5.9	集成运算放大器应用电路的测试(III) ——波形发生器	133
5.10	RC正弦波振荡电路测试	137
5.11	LC振荡电路测试	141
5.12	功率放大电路测试与调整(I) ——OTL功率放大器	144
5.13	功率放大电路测试与调整(II) ——集成功率放大器	149
5.14	固定输出集成直流稳压电源的调整与测试	152
5.15	可调输出集成直流稳压电源的调整与测试	157
第6章	数字电子技术技能实训	161
6.1	TTL与非门逻辑功能及参数测试	161
6.2	组合逻辑电路的设计与测试	170
6.3	译码器及其应用	173
6.4	数据选择器及其应用	177
6.5	触发器的功能测试	180
6.6	时序逻辑电路的设计	186
6.7	计数器及其应用	190

6.8 移位寄存器及其应用	196
6.9 逻辑门构成的多谐振荡器	200
6.10 稳态触发器和施密特触发器	203
6.11 555 时基电路及其应用	207
6.12 D/A 转换器的功能测试	215
* 6.13 数字电路综合设计	219
附录 A DZX-1B 型电子学实验装置使用说明	223
附录 B 常用电子器件性能参数	230
附录 C 常用数字集成器件管脚排列	233
附录 D 计算机仿真软件简介	237
参考文献	254

常用电子仪器仪表的使用


万用表是一种高灵敏度、多用途、多量程的便携式测量仪表,它在电工、电子技术中应用非常广泛。按指示方式的不同,万用表分为指针式和数字式两种。


数字万用表是一种多功能的数字显示仪表。它可以用来测量直流和交流电压、电阻和电容、二极管和三极管的一些参数等,其测量结果直接由数字表示。数字万用表的显示用 $3\frac{1}{2}$ 位、 $4\frac{1}{2}$ 位等表示,其中 $\frac{1}{2}$ 位指的是首位只能显示“0”或“1”两数码,而其余各位都能显示 0~9 的十进制数码。下面以目前常用的 DT-92 型数字万用表为例,介绍数字万用表的使用方法。

1.1 DT-92 型数字万用表的使用

DT-92 型数字万用表是电工、电子测量中常用的仪表之一。它操作方便,读数精确,功能齐全,体积小;具有自动校零,自动极性选择,低电池及超量程显示,开机 15 分钟后自动关机等功能。显示方式为 $3\frac{1}{2}$ 位液晶数字显示,最大显示数字为“1999”。

DT-92 型数字万用表可以测量直流电压、直流电流、交流电压、交流电流、电阻、电容;二极管的正向压降,三极管的参数及电路的通断等。

DT-92 型数字万用表的面板如图 1-1 所示。在使用万用表之前应首先检查 9V 电池的电量,将“POWER”按钮按下,如果电池电量不足,则显示屏左上方显示“”符号,需更换电池后再使用。

测试之前,还要注意测试笔插口旁的符号 。这是提醒测试人员在测试电压和电流时,注意不要超出指示数字,此外在测试前应将功能转换开关置于被测试量所对应的位置,选择对应的量程。

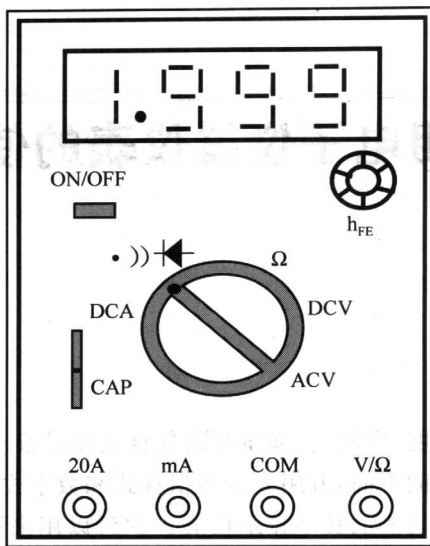


图 1-1 DT-92 型数字万用表面板图

1. 直流电压(DCV)的测量


- (1) 将黑色表笔插入 COM 插孔,红色表笔插入“V/ Ω Hz”插孔。
- (2) 将功能开关置于 DCV 量程范围,并将表笔并接在被测负载或信号源上;在显示电压读数时,同时指示红表笔的极性。

2. 交流电压(ACV)的测量

- (1) 将黑色表笔插入 COM 插孔,红色表笔插入“V/ Ω Hz”插孔。
- (2) 将功能开关置于 ACV 量程范围,且将表笔并接在被测负载或信号源上。

注意

在进行直流电压和交流电压的测量时,都应注意以下事项:

- ① 在测量之前不知被测电压的范围时,应将功能开关置于最高量程挡,然后逐步调低。
- ② 当显示屏最高位显示“1”时,说明已经超过量程,需调高一挡,调挡时应切断输入电压。
- ③  不要测量高于 600V 有效值的电压,因为这时虽然有可能测出读数,但常常会损坏内部电路。
- ④ 特别注意在测量高电压时,避免接触到超高压电路。

3. 直流电流(DCA)的测量

(1) 将黑表笔插入 COM 插孔,当被测电流值在 200mA 以下时,红表笔插入“A”插孔;如果被测电流值在 200mA~20A 之间时,则将红表笔移至“20A”插孔。

(2) 将功能开关置于 DCA 量程范围,测试笔串入被测电路中。在显示电流读数时,同时指示红表笔的极性。

4. 交流电流(ACA)的测量

(1) 将黑表笔插入 COM 插孔,当被测电流值在 200mA 以下时,红表笔插入“A”插孔;如果被测电流值在 200mA~20A 之间时,则将红表笔移至“20A”插孔。

(2) 将功能开关置于 ACA 量程范围,测试笔应串入被测电路中。

注意

在进行直流电流和交流电流的测量时,应注意以下事项:

- ① 在测量之前如果不知道被测电流值的范围时,应将功能开关置于高量程挡,然后逐步调低。
- ② 当显示屏最高位显示“1”时,说明超过量程,需调高一挡进行测量。
- ③ 当被测量从 A 插口输入,过载时会将内装的保险丝熔断,应予以更换,保险丝规格为 0.2A。
- ④ 20A 插口内没有安装保险丝,测量时间应小于 15 秒。

5. 电阻(Ω)的测量

(1) 将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入“V/ Ω Hz”插孔(红表笔极性为“+”)。

(2) 将功能开关置于 Ω 挡中所需的量程范围,将测试笔跨接在被测电阻上。

注意

- ① 当输入开路时,显示屏会显示过量程状态,最高位显示“1”。
- ② 当被测电阻在 1M Ω 以上时,DT-92 型数字万用表需数秒后才能稳定读数,对于高电阻测量这是正常的。
- ③ 检测在线电阻时,需要确认被测电路已关断电源,同时将电容电荷放尽,才能进行测量。
- ④ 测量高阻值电阻时,应尽可能将电阻直接插入“V/ Ω Hz”和“COM”插口中,因为较长的电线在高阻抗测量时容易感应出干扰信号,使读数不稳。
- ⑤ 当功能开关置于 200M Ω 挡,短路时将显示“10”,测量时应从读数中减去。例如测量 100M Ω 电阻时,显示数为“1010”,读书时应减去“10”。

6. 电容 CAP 测量

(1) 将功能开关置于所需的 CAP 量程范围,接上电容器以前,显示可以缓慢地自动校零。

(2) 把被测电容器直接插进电容器输入插孔(不用测试棒),对有极性的电容器要注

意极性的连接。


注意

① 测试单个电容器时,应把管脚插进位于面板左下边的两个插孔中(插进测试孔之前应将电容器的电荷放尽)。

② 测试大电容时,在最后指示之前时间将存在一定的滞后。

③ 电容的单位换算关系:

$$1\text{F}=10^6\mu\text{F} \quad 1\text{F}=10^9\text{nF} \quad 1\text{F}=10^{12}\text{pF}$$

④  不要把一个外部电压或已经充电的电容器(特别是大电容器)连接到测试端。

7. 晶体三极管 h_{FE} 参数测试


(1) 将功能开关置于 h_{FE} 挡。

(2) 先确定晶体三极管是 PNP 型还是 NPN 型,然后再将被测管的 E、B、C 三脚分别插入面板中对应的晶体三极管插孔内。

(3) 此时显示屏显示的是 h_{FE} 近似值,测试条件为基极电流约 $10\mu\text{A}$, V_{CE} 约为 2.8V 。

8. 二极管 测试

(1) 将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入“V/ Ω Hz”插孔(红表笔为万用表内部电路的“+”极)。

(2) 将功能开关置于  挡,将测试笔跨接在被测二极管上。

注意

① 当输入端接入(即开路)时,显示屏最高位显示过量程状态“1”。

② 通过被测器件的电流为 1mA 左右。

③ 本表显示值为正向压降的伏特值,当二极管反接时则显示过量程状态。

9. 通断连续测试(·))

(1) 将黑表笔插入 COM 插孔,红表笔插入“V/ Ω Hz”插孔。

(2) 将功能开关置于(·))挡,将测试表笔跨接在需要检查电路的两端上。

(3) 若被检查两点之间的电阻值小于 30Ω ,蜂鸣器便会发出声响。

注意

① 当输入端接入(即开路)时,显示值为过量程状态。

② 被测电路必须在切断电源状态下检查通断,因为任何负载信号将会使蜂鸣器发声,导致错误判断。

1.2 MF-10 型指针式万用表的使用

指针式万用表是一种磁电式仪表,它是电工与电子测量中最常用的仪表。在这类万用表中,MF-10 型指针万用表又以其高灵敏度成为首选。

MF-10 型指针万用表可以测量直流电压(DCV)、直流电流(DCA)、中频交流电压(ACV)、音频电平(dB)和直流电阻(Ω)。由于测量所消耗的电流极小,因此在测量高内阻的电路参数时,对电路造成的影响很小,是从事电子测量工作常备的测量仪表。

MF-10 型万用表电流最灵敏量程的满度值为 $10\mu\text{A}$,可以用它来测量普通万用表所不能测量的微弱电流,并且使用方便、维护简单、稳定性良好。同时,利用它的高灵敏度特点,可以测量小于 $200\text{M}\Omega$ 的电阻值。

1.2.1 MF-10 型万用表的性能指标

1. 测量范围

- (1) 直流电流: $10\mu\text{A}\sim 1\text{A}$,共分 6 挡。
- (2) 直流电压: $0.5\sim 500\text{V}$,共分 8 挡。其中 0.5V 挡即为 $10\mu\text{A}$ 挡。
- (3) 交流电压: $10\sim 500\text{V}$,共分 4 挡。
- (4) 直流电阻: $\Omega\times 1\sim \Omega\times 100\text{k}\Omega$,共分 6 挡。
- (5) 音频电压: $-10\sim +22\text{dB}$ 。

2. 准确度等级

- (1) 直流电流电压: 2.5 级(以标度尺工作部分上量程的百分数表示)。
- (2) 交流电压: 5.0 级(以标度尺工作部分上量程的百分数表示)。
- (3) 直流电阻: 2.5 级(以标度尺长度的百分数表示)。
- (4) 音频电平: 5.0 级(以标度尺长度的百分数表示)。

3. 频率影响

- (1) 频率范围: $45\text{Hz}\sim 1.5\text{kHz}$ 。
- (2) 误差: $\pm 5\%$ 。

1.2.2 MF-10 型万用表的使用方法及注意事项

MF-10 型万用表的表面板如图 1-2 所示。

1. 使用方法

(1) 机械调零: 将仪表水平放置,使用时先检查指针是否在标度尺的起始点上,如果有偏移,则用螺丝刀调节机械调零旋钮,使指针回到标度尺的起始点上。

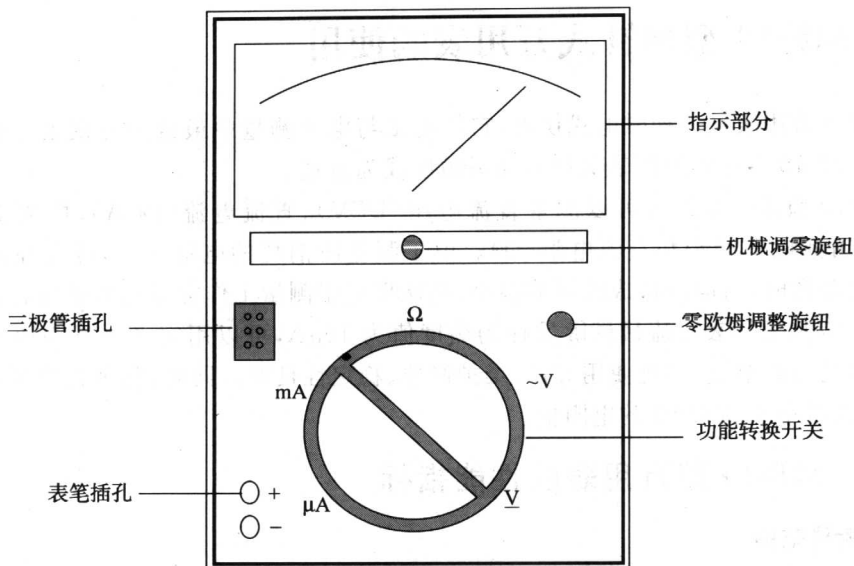


图 1-2 MF-10 型万用表面板图

(2) 直流电压的测量：将功能选择开关置于直流电压“V”功能中所需要的测量电压量程上，然后将仪表接入被测电路。黑表笔接电位较低的一端，红表笔接电位较高的一端，量程选择应尽可能接近于被测值，使指针有较大的偏转角，以减少测量示值的绝对误差。

(3) 交流电压的测量：将功能选择开关置于交流电压“~V”功能所需要的测量电压量程上，然后将仪表接入被测电路。测量交流电压的方法与测量直流电压方法相似。

测量交流电压的额定频率为 45Hz~1.5kHz，其电压波形瞬时值与基本正弦波差值不超过±1%。为了取得准确的测试结果，需将万用表的黑表笔接被测电路的地端（接机壳），以免万用表与地端存在的分布电容增加测量误差。

(4) 直流电流的测量：将功能选择开关置于直流电流“mA”或“μA”的相应位置上，然后将仪表串接于被测电路，电流的方向必须符合被测端钮上标注的极性。

(5) 直流电阻的测量：将功能选择开关旋至电阻“Ω”的相应位置上，短路两表笔，调节零欧姆调整旋钮，使指针指示在 0Ω 位置上，然后用测试笔测量被测电阻值。为了使测试结果准确，欧姆刻度应尽可能使用中间一段。

$\Omega \times 1$ 、 $\Omega \times 10$ 、 $\Omega \times 100$ 、 $\Omega \times 1k$ 和 $\Omega \times 10k$ 五个量程使用的是 1.5V 电池， $\Omega \times 100k$ 这一量程专用 15V 层叠电池。当调节零欧姆调整旋钮不能使指针到达 0Ω 位置时，说明电池电量不足，应立刻更换新电池，防止因电池腐蚀而影响仪表内的其他元件。