

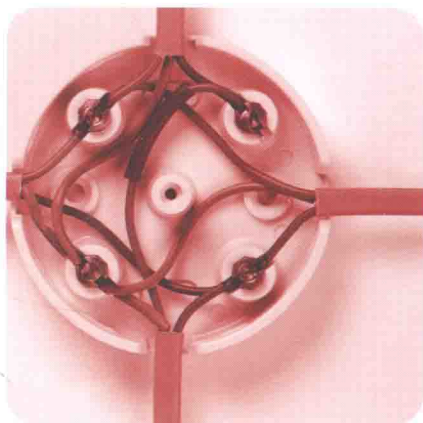


职业教育精品教材

电子技术工艺基础 (第6版)

孟贵华 主 编

DIANZI JISHU GONGYI
JICHU



- 仪器仪表、常用工具的使用方法
- 元器件的认识、应用与检测
- 表面组装技术、手工焊接工艺
- 印制电路板的选用与制作
- 电路故障的检测方法
- 整机装配与调试



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

职业教育精品教材

电子技术工艺基础 (第 6 版)

孟贵华 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是依据行业职业技能鉴定规范以及电子行业发展现状而编写的,经过6次修订其内容,使其更加完善和充实,使学生所学知识 with 技能,更符合用人单位对实操技能人员的要求。本书的主要内容有:仪器仪表的使用方法;元器件(通孔插装、表面组装)的认识、应用与检测;表面组装技术;电路图的识读;印制电路板的种类、选用与制作;常用工具的使用方法;手工焊接工艺;整机装配与调试;电路故障的检测方法等。

本书内容贴近生产实际,可作为职业院校通用教材,也可作为电类行业从业人员的培训用书及电子爱好者的自学用书。

为了方便教师教学,本书还配有电子教学参考资料包(包括教学指南、电子教案、习题答案),详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术工艺基础 / 孟贵华主编. —6版. —北京:电子工业出版社,2012.1

职业教育精品教材

ISBN 978-7-121-15362-4

I. ①电… II. ①孟… III. ①电子技术—中等专业学校—教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 252507 号

策划编辑:靳 平(jinping@phei.com.cn)

责任编辑:郝黎明

印 刷:北京天宇星印刷厂

装 订:三河市鹏成印业有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:19.75 字数:499.2 千字

印 次:2012 年 5 月第 2 次印刷

定 价:33.60 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市海淀区万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

前 言



为了适应电子技术工艺的发展,体现新工艺、新知识和直接向生产第一线输送人才的要求,本书对《电子技术工艺基础(第5版)》进行修订,以更好地培养学生的动手能力、实践能力,进一步提高学生的技能水平。

本次修订中增加了非接触式电位器、数字可编程电容器、集成温度传感器、固态指纹传感器及过热保护器等新型元器件。为了使学生了解电子整机装配与调试过程,还增补了电子产品的调试工艺。在修订中还对内容的排序做了调整,其目的是更加有利于教学与学生的学习。

本教材的特点如下:

1. 注重对新工艺、新型实用元器件的介绍。如表面组装技术(SMT)、表面组装元器件、液晶显示器、等离子显示器及激光头等。
2. 注重对学生实操技能,动手能力的培养,以适应社会的用人需求。如教材中对万用表实操过程的详细说明(因万用表应用最为普遍);如何用万用表检测元器件的好坏;如何识读电路图;检测电路故障的具体方法;如何进行焊接与拆焊等。
3. 注重教材内容的选取。以学生够用为基础,对知识不做过多的理论阐述,而是以实际应用作为主体内容。
4. 在教材中给出了一些资料性内容,为学生提供必要的、最基础的资料。如标准的电路图形符号、文字符号;基本单元电路,以及元器件的型号与封装形式等。

由于本教材是一门以培养学生操作技能及实践训练为主的课程,因此建议在教学中应合理安排技能训练的课时数,让学生多动手、多做练习,在实践中理解所学的各种检测方法及工艺理论。

本书由孟贵华担任主编,参加编写的还有石秀清、刘颖、杨洁、孟钰宇、陈淑媛。为了方便教师教学,本书还配有电子教学参考资料包(包括教学指南、电子教案、习题答案),请有此需要的教师登录华信教育资源网(<http://www.hxedu.com.cn>)下载。

由于编者水平有限,本书不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者



第3版前言

为适应高职高专教育改革不断深化的需求,本书基于第2版注重实际工程应用能力的培养,内容由浅入深、循序渐进等特点,对一些过深或过于严谨的叙述进行了适当删减,使内容更为紧凑,语句更为通俗易懂;对例题、思考题、习题再次进行了筛选和修改,适当补充加强了基本题,删去一些偏难或运算过程过于繁复的习题,尽可能使各种类型的题目紧扣基本概念及基本分析方法,便于课堂教学和课后复习及自学。

考虑到课程的基本要求及与相邻学科间的联系,并考虑到拓宽专业的需要,本书保留了第2版的基本内容及基本体系,修订时加强了内容的层次性,基本保持了各章的独立性和相对完整性,便于在使用过程中根据不同层次、不同专业的需求及不同学时等具体情况对内容进行选择或调整。

参加本书修订工作的有南京工程学院陈菊红、昆明冶金高等专科学校陈铁牛、上海应用技术学院叶真、郑州大学焦素敏、南京工程学院田丽鸿、许小军。全书由陈菊红统稿,承德石油高等专科学校钱锡源主审。

限于编者水平,本书难免还存在不足及错误之处,恳请专家及广大读者批评指正,意见请寄南京工程学院实训中心电工电子教研室(邮编211167)。E-mail: cjhnj@163.com。

编 者

第2版前言

本书是普通高等专科学校教育机电类规划教材《电工基础》的修订本。为使教学内容和课程体系能更好地适应高职高专的教学特点及培养目标，修订本除了对原书进行一些必要的文字修改外，还在保证基本内容、基本原理和基本分析方法的前提下，进一步强调了实际工程应用能力的培养，突出了基本思路与方法的介绍，对一些较深的理论推导和繁复的运算进行了不同程度的筛选。特别是在习题的内容及要求上作了精选，删去了一些过分强调技巧或较繁琐的题目，力求突出概念和基本方法的掌握。

参加本书修订工作的有陈菊红、陈铁牛、叶真、焦素敏、田丽鸿，其他编写人员同第1版。全书由陈菊红统稿，由钱锡源任主审。

本书在修订中所作的一些变动及尝试，真诚地希望得到专家及广大读者一如既往的关爱，对书中存在的不足和错误，恳请予以批评指正。意见请寄南京工程学院（东校区）电工电子教研室。

编 者

目 录



第 1 章 常用电子测量仪器仪表	1
1.1 指针式万用表的概述（模拟式万用表）	1
1.1.1 指针式万用表的测量内容	1
1.1.2 指针式万用表的主要性能指标	1
1.1.3 指针式万用表的类型	2
1.1.4 指针式万用表的面板及表盘字符含义	3
1.1.5 指针式万用表的使用注意事项	5
1.2 指针式万用表的使用	6
1.2.1 电压挡的使用	7
1.2.2 电流挡的使用	9
1.2.3 电阻挡的使用	10
1.3 数字式万用表	12
1.3.1 数字式万用表的概述	12
1.3.2 数字式万用表的特点	12
1.3.3 数字式万用表的基本结构	13
1.3.4 数字式万用表常用的符号及其意义	14
1.3.5 使用注意事项	16
1.3.6 数字式万用表的面板	16
1.3.7 数字式万用表显示屏所显示的内容	18
1.4 数字式万用表的使用	19
1.4.1 电阻挡的使用	19
1.4.2 电压挡的使用	21
1.4.3 电流挡的使用	22
1.4.4 二极管挡的使用	24
1.5 晶体管毫伏表	26
1.6 信号发生器	27
1.6.1 信号发生器的分类	27
1.6.2 XD-2 低频信号发生器	28
1.6.3 函数信号发生器	29
1.6.4 高频信号发生器	30
1.7 示波器	33
1.7.1 示波器的分类	33

1.7.2	ST-16 示波器	33
1.8	频率特性测试仪	37
1.8.1	扫频仪的主要技术性能	37
1.8.2	扫频仪面板及面板上各旋钮的作用	38
1.8.3	扫频仪在使用前的准备	38
1.8.4	频率特性的测试	39
1.8.5	增益的测试	40
1.8.6	鉴频特性曲线的测试	40
1.8.7	扫频仪的测试实例	40
1.9	晶体管测试仪	41
1.9.1	XJ4810 型晶体管特性图示仪主要技术指标	41
1.9.2	XJ4810 型晶体管特性图示仪面板结构	42
1.9.3	XJ4810 晶体管特性图示仪的使用方法	44
1.9.4	XJ4810 晶体管特性图示仪测试举例	45
	本章小结	46
	操作练习 1	47
	习题 1	48
第 2 章	电子元器件	49
2.1	电阻器	49
2.1.1	电阻器的主要参数	49
2.1.2	电阻器的标称阻值及误差的标注方法	50
2.1.3	电阻器的种类	52
2.1.4	特殊用途的电阻器	54
2.1.5	集成电阻器	55
2.1.6	电阻器的检测与代换	56
2.1.7	电阻器在电路图中单位的标注规则	57
2.2	电位器	58
2.2.1	电位器的主要参数	58
2.2.2	常用电位器介绍	59
2.2.3	非接触式电位器	60
2.2.4	电位器的检测	61
2.3	电容器	62
2.3.1	电容器的主要参数及其标注方法	62
2.3.2	常用电容器介绍	64
2.3.3	电容器的检测	66
2.3.4	在电路图中电容器容量单位的标注规则	68
2.4	电感线圈	69
2.4.1	电感线圈的参数标注方法	69
2.4.2	电感线圈的种类	70
2.4.3	常用电感线圈的介绍	70
2.4.4	电感线圈的检测	72

2.5	变压器	72
2.5.1	变压器的结构	73
2.5.2	常用变压器的介绍	74
2.5.3	变压器的检测	75
2.6	传感器	76
2.7	晶体二极管	77
2.7.1	二极管的主要参数	77
2.7.2	二极管的导电特性、结构和种类	77
2.7.3	检波、整流二极管的特点与选用、检测	78
2.7.4	稳压二极管的特点与检测	79
2.7.5	普通发光二极管的特点、种类与检测	81
2.7.6	红外发光二极管	82
2.7.7	红外接收二极管	83
2.7.8	光电二极管(光敏二极管)	83
2.7.9	全桥	84
2.8	晶体三极管	85
2.8.1	晶体管的主要参数	85
2.8.2	晶体管的种类与结构	87
2.8.3	晶体管的封装	87
2.8.4	晶体管型号的识别	88
2.8.5	晶体管的功率	89
2.8.6	晶体管的检测	89
2.9	集成电路	91
2.9.1	集成电路的种类和封装	91
2.9.2	集成电路的选用、使用与检测	93
2.10	晶闸管与场效应管	95
2.10.1	晶闸管	95
2.10.2	场效应管	96
2.11	电声器件	98
2.11.1	扬声器的种类	98
2.11.2	传声器	100
2.11.3	耳机	102
2.11.4	扬声器、传声器、耳机的检测与修理	103
2.12	CD唱机和VCD、DVD视盘机用器件	105
2.12.1	激光头的种类	105
2.12.2	激光头的基本结构	105
2.12.3	CD、VCD激光头结构特点	107
2.12.4	DVD激光头的结构特点	108
2.12.5	激光二极管	109
2.12.6	光盘	110
2.13	开关、继电器、插接件、光耦合器	112

2.13.1	开关	112
2.13.2	各种接插件	113
2.13.3	继电器	116
2.13.4	光耦合器	120
2.14	过热保护元件	124
2.15	显像器件	124
2.15.1	显像管 (CRT)	124
2.15.2	LED 点阵式显示器	127
2.15.3	液晶显示器 (LCD)	127
2.15.4	真空荧光显示器 (VFD)	128
2.15.5	等离子体显示器 (PDP)	129
本章小结		129
操作练习 2		131
习题 2		132
第 3 章 表面组装技术与表面安装元器件		134
3.1	表面组装技术的特点	134
3.2	表面组装 (SMT) 与通孔插装 (THT) 的主要区别	135
3.2.1	元器件的区别	135
3.2.2	印制电路板的区别	135
3.2.3	组装方法与焊接方法的区别	136
3.3	表面组装焊接工艺	136
3.3.1	波峰焊	136
3.3.2	再流焊	136
3.3.3	波峰焊工艺流程	136
3.3.4	再流焊工艺流程	137
3.3.5	混合焊组装方式的工艺流程	137
3.4	表面组装元器件的安装方式	137
3.5	表面组装用印制电路板 (SMB)	139
3.6	表面安装元器件	139
3.6.1	表面安装元器件的分类	140
3.6.2	片式电阻器	140
3.6.3	片式电位器	142
3.6.4	片式电容器	142
3.6.5	片式电感器	146
3.6.6	片式二极管	147
3.6.7	片式晶体管	148
3.6.8	片式集成电路	149
3.7	表面安装设备介绍	150
本章小结		151
操作练习 3		151
习题 3		153

第 4 章 电路图的识读	154
4.1 识读电路图的基本知识	154
4.1.1 电路图形符号	154
4.1.2 文字符号	164
4.1.3 元器件的参数标注符号	167
4.1.4 图形符号及连线的使用说明	167
4.1.5 电路图的种类	169
4.2 识读电路图的方法	172
4.2.1 如何识读方框图	173
4.2.2 如何识读电路原理图	173
4.2.3 如何识读印制电路板图	178
4.2.4 如何识读集成电路图	179
本章小结	181
操作练习 4	181
习题 4	181
第 5 章 装配常用工具	183
5.1 装配常用工具	183
5.1.1 螺丝刀	183
5.1.2 钳子	185
5.1.3 镊子	187
5.1.4 扳手	187
5.1.5 热熔胶枪	188
5.2 钻孔	188
5.2.1 钻孔的工具	188
5.2.2 钻孔方法及过程	190
5.3 铰削	191
5.3.1 铰刀	191
5.3.2 铰削操作方法	193
本章小结	194
操作练习 5	194
习题 5	195
第 6 章 印制电路板	196
6.1 印制电路板的概述	196
6.1.1 采用印制电路板的优点	196
6.1.2 印制电路板的种类	197
6.1.3 印制电路板的选用	198
6.1.4 印制电路板的组装方式	198
6.2 如何设计印制电路板图	199
6.2.1 设计印制电路板图的步骤	199
6.2.2 绘制印制电路板图的要求	200
6.2.3 绘制印制电路板图时应注意的几个问题	204

6.2.4	印制电路板对外连接的方式	205
6.2.5	绘制印制电路板图实例	206
6.3	印制电路板的手工制作方法	207
6.3.1	手工制作印制电路板的基本工序	207
6.3.2	热转印法	209
6.4	印制电路板的制作工艺流程简介	210
6.4.1	印制电路板的制作工艺流程（基本过程）	210
6.4.2	单面印制电路板的生产工艺流程	211
6.4.3	双面印制电路板的生产工艺流程	211
6.4.4	多层印制电路板的生产工艺	212
6.5	计算机绘制印制电路板图的简介	212
	本章小结	213
	操作练习 6	213
	练习 6	214
第 7 章	焊接技术	215
7.1	焊接工具	215
7.1.1	电烙铁的种类	215
7.1.2	电烙铁头	219
7.1.3	电烙铁的选用	219
7.1.4	电烙铁的使用方法	220
7.1.5	电烙铁的常见故障及其维护	221
7.2	焊接材料	222
7.2.1	焊料	222
7.2.2	助焊剂（也称焊剂）	224
7.2.3	阻焊剂	226
7.3	手工焊接工艺	227
7.3.1	对焊接的要求	227
7.3.2	手工焊接操作方法	228
7.3.3	焊接的操作要领	229
7.3.4	印制电路板的手工焊接工艺	231
7.3.5	拆焊	232
7.3.6	片式电阻器、电容器、电感器的手工焊接与拆焊	236
7.4	焊接质量的检查	236
7.4.1	目视检查	237
7.4.2	手触检查	237
7.4.3	焊接缺陷及产生的原因和排除方法	237
7.5	印制电路板的工业自动焊接介绍	240
7.5.1	浸焊	240
7.5.2	波峰焊	241
7.5.3	再流焊	243
	本章小结	244

操作练习 7	244
习题 7	245
第 8 章 电子装配工艺	247
8.1 装配的准备工艺	247
8.1.1 导线的加工	247
8.1.2 元器件引脚的加工	250
8.1.3 元器件引脚的浸锡	251
8.1.4 元器件的插装方法	252
8.1.5 线把的扎制	254
8.1.6 绝缘套管的使用	256
8.2 连接工艺	257
8.2.1 螺纹连接	257
8.2.2 铆接	260
8.2.3 黏接(胶接)	262
8.3 整机总装工艺	263
8.3.1 整机总装概述	263
8.3.2 整机总装工艺流程	264
本章小结	265
操作练习 8	265
习题 8	266
第 9 章 电子产品调试工艺与电子电路的检修	267
9.1 调试的目的	267
9.2 电子产品的调试类型	267
9.3 调试的准备工作	268
9.4 调试工艺方案所含的内容	268
9.5 调试工艺程序	268
9.6 调试工艺的过程	268
9.7 电子产品的调试内容	270
9.7.1 静态测试与调整	270
9.7.2 动态测试与调整	271
9.8 整机性能测试与调整	272
9.9 调试中的安全及注意事项	273
9.10 电路故障的检测与排除方法	273
9.10.1 直观检测法	274
9.10.2 电阻检测法	275
9.10.3 电压检测法	276
9.10.4 电流检测法	278
9.10.5 示波器检测法	279
9.10.6 代替检测法	280
9.10.7 信号注入法	281
9.10.8 短路法	284

本章小结	285
操作练习 9	286
习题 9	287
第 10 章 电子产品技术文件	289
10.1 设计文件	289
10.2 工艺文件	291
本章小结	300
习题 10	301
参考文献	302

第1章 常用电子测量仪器仪表



【本章内容提要】

测量仪表是了解电路及元器件工作状态好坏的重要手段，能熟练地使用仪器仪表对电子产品进行检测是提高工作效率的有效方法，也是反映个人技术水平高低的重要标志。本章主要讲述万用表、信号发生器、示波器、晶体管特性图示仪、扫频仪等常用测量仪表的主要功能、特点及使用方法。

1.1 指针式万用表的概述（模拟式万用表）

指针式万用表是测量仪表中应用最为广泛的仪表之一，它是测量电阻、电压、电流等参数的仪表。其具有携带方便、使用灵活、检测项目多、检测精度高及造价低廉等优点，是生产和维修人员的常用工具，应用极为普遍，而且也是类型和型号很多的一种仪表。

1.1.1 指针式万用表的测量内容

指针式万用表是电器维修与组装中使用最多的一种仪表，它主要是用来测量电阻、电流、电压等内容。由于万用表的等级不同，因此测量的内容也有所差异。等级越高的万用表，它所具有的功能也就越多，测量的内容也就越多。多数万用表所具备的测量的内容如下：

- ① 直流电压、直流电流（在面板上的标识为 $V-$ 、 A （或 mA ））。
- ② 交流电压、交流电流（在面板上的标识为 $V\sim$ 、 A ）。
- ③ 电阻（在面板上的标志为 Ω ）。
- ④ 电感（在面板上的标志为 L ）。
- ⑤ 电平（在面板上的标志为 dB ）。
- ⑥ 电容（在面板上的标志为 C ）。
- ⑦ 三极管直流放大系数（在面板上的标志为 h_{FE} ）。

指针式万用表除具备上述测量内容外，还有的能测量音频功率、直流高压、交流高压、二极管的伏安特性，以及三极管的极间穿透电流等。有的万用表还增设了蜂鸣器挡（检测线路通断），这给使用者带来了很大的方便。

1.1.2 指针式万用表的主要性能指标

1. 准确度

准确度是表示测量结果的准确程度，即万用表的指示值与标准值之间的基本误差值。准确度越高，测量误差越小。它由厂家直接标明于表盘上。

根据国标规定万用表的准确度有七个等级，它们是 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0。通常万用表主要有 1.0、1.5、2.5、5.0 四个等级。其数值越小，等级越高。其中 2.5 级的万用表最

为普遍。例如，2.5级的准确度即表示基本误差为 $\pm 2.5\%$ ，其他依次类推。万用表的准确度等级与基本误差见表1-1。

表 1-1 万用表的准确度等级与基本误差

准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
基本误差	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.5	± 5.0

2. 电压灵敏度（简称灵敏度）

电压灵敏度是指测量电压时该挡等效内阻与满量程电压之比。例如，内阻为 $2.5\text{M}\Omega$ 250V 的电压挡，其电压的灵敏度为 $2.5 \times 10^6 / 250$ ，即 $10000\Omega/\text{V}$ 。

电压表的灵敏度分为交流电压灵敏度和直流电压灵敏度，其单位是 Ω/V 或 $\text{k}\Omega/\text{V}$ ，此数值一般标注在万用表的表盘上。万用表的电压灵敏度越高，表明万用表的内阻越高，对被测电路的影响就越小，其测量结果就越准确。因此电压灵敏度高的万用表适于测量有一定要求的电子电路，而电压灵敏度低的万用表适于测量要求不高的电路。如在检修电视机时，就要求万用表的灵敏度要等于或大于 $20\text{k}\Omega/\text{V}$ ，而在检修收音机时，采用灵敏度为 $10\text{k}\Omega/\text{V}$ 的万用表就可以了。

3. 频率特性

万用表的频率特性就是指万用表在测量交流电时，有一定的频率范围，如超出其规定的频率范围，就不能保证其测量准确度。一般便携式万用表的工作频率范围为 $45 \sim 2000\text{Hz}$ ，袖珍式万用表的工作频率约为 $45 \sim 1000\text{Hz}$ 。

1.1.3 指针式万用表的类型

指针式万用表的种类和型号很多，其分类方法也不统一。

1. 按万用表的外形分类

（1）袖珍式万用表

袖珍式万用表是一种体积很小，质量很小的小型表。它的优势是携带极为方便，应用灵活。例如 MF30、MF40 等型

（2）便携式万用表

现在使用和市场出售的多数为便携式万用表，此类万用表的表盘较大，刻度线清晰，读数方便且准确。但体积和质量都较大（有的重达 2kg ，如 MF35、MF10 等）。

（3）薄型万用表

薄型万用表是近年来的一种款式，由于它能装入衣服的口袋内，故受很多使用者的青睐。如 MF133（外形尺寸为 $100\text{mm} \times 64\text{mm} \times 35\text{mm}$ ）、MF129 等。

另外，还有折叠式、卡装式等，由于这些表生产数量不是很大，故不常见。

2. 按万用表的功能分类

（1）多功能万用表

多功能万用表是指该类型表比普通表的测试功能有所增加。它所增加的内容有：能测电感、电容及晶体管的参数，还有的能测试发光二极管的发光好坏，电池带额定负载后的电压等。

（2）简易型万用表

简易型万用表是指该类型表比普通表的测试功能有所减少，且性能指标有所下降，只供测