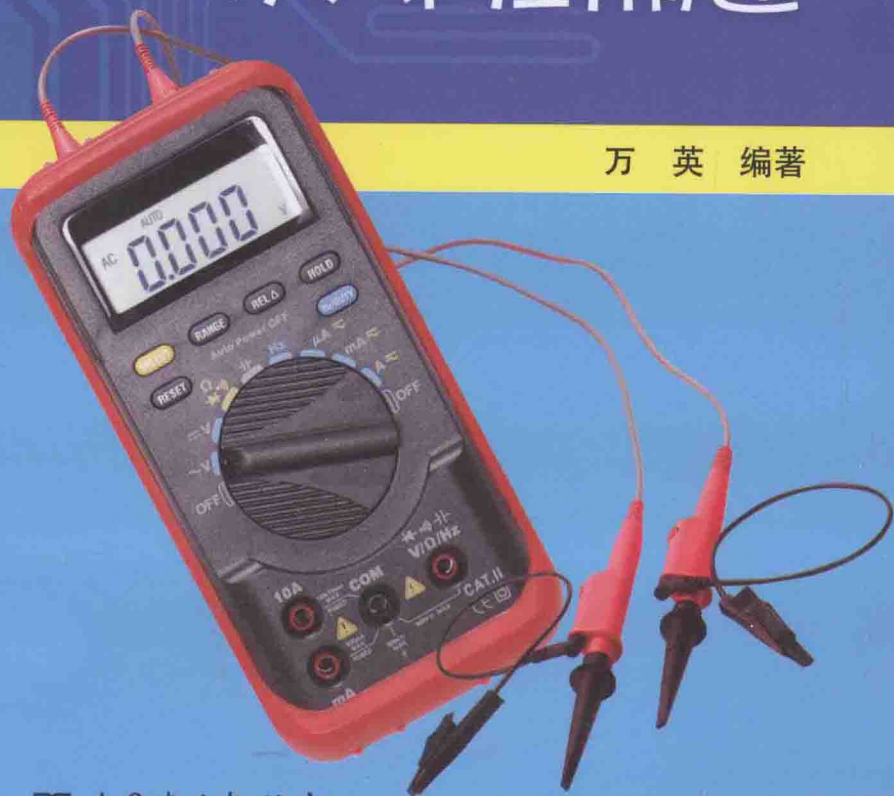


万用表

检测电子元器件

从入门到精通

万 英 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

万用表 检测电子元器件 从入门到精通

万 英 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书系统全面地介绍了万用表检测各种电子元器件的基本方法和实用技巧,全书分为入门篇和精通篇两篇,共十四章,主要内容包括万用表的基础知识和万用表检测电阻器、电容器、电磁感应元件与继电器、晶体二极管、晶体三极管、晶闸管、场效应晶体管、半导体光电器件、电声换能器件、滤波器与霍尔元件、集成电路、家用电器专用元器件、电动机等。

本书内容丰富、通俗易懂,既可作为电工技术人员、电子维修人员和电子技术初学者及爱好者的参考书,也可作为电子技术培训教材及相关从业人员的参考资料和维修手册。

图书在版编目(CIP)数据

万用表检测电子元器件从入门到精通/万英编著. —北京:中国电力出版社, 2014. 2

ISBN 978 - 7 - 5123 - 5156 - 1

I. ①万… II. ①万… III. ①复用电表-检测-电子元件
②复用电表-检测-电子器件 IV. ①TN606

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 260859 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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 2 月第一版 2014 年 2 月北京第一次印刷

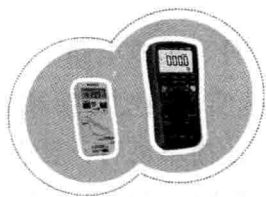
850 毫米×1168 毫米 32 开本 11 印张 290 千字

印数 0001—3000 册 定价 28.00 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

电子技术是当今世界上应用范围最广、发展势头最强劲的科学技术之一，特别是集成微电子技术的飞速发展，使各类新型电子元器件不断更新换代，集成化程度也越来越高。由于各种电子装置及家用电器都是由具有不同功能的电子元器件组成的，因此，越来越多的电子技术人员、电子维修人员以及电子初学者和爱好者，都希望了解和熟练掌握各种常用电子元器件、特殊元器件，特别是集成电路检测的基本方法与技巧。本书编写的目的，就是希望读者通过自学，再加上必要的实践，熟练掌握万用表的使用技巧。

万用表是目前最常用、最普及的工具类电子测量仪表之一，利用它可以完成多种测量任务，满足读者的一般测试要求。本书在编写过程中，以快速入门、逐步精通万用表使用的实际应用技能为主线，以新时期对电子技术人员的要求为导向，系统全面地介绍了万用表检测各种电子元器件的基本方法和实用技巧，力求做到电子元器件涵盖面广、针对性强。在书稿结构上，按照循序渐进的原则分为入门篇和精通篇，既考虑了初学者的入门，又兼顾了中等水平维修人员的提高。入门篇重点介绍了万用表的基础知识及万用表检测电阻器、电容器、电磁感应元件与继电器、晶体三极管、晶体三极管、晶闸管、场效应晶体管等，精通篇重点介绍了万用表检测光

电器件、电声换能器件、滤波器与霍尔元件、集成电路、家用电器专用元器件、电动机等。本书所选实例典型、新颖，资料翔实，图文并茂、通俗易懂，检测方法简单易行，具有很强的实用性、可读性和可操作性，特别适合电工技术人员、电子维修人员和电子技术初学者及爱好者阅读，也可作为电子技术培训教材及相关从业人员的参考资料和维修手册。

本书在编写过程中参阅了近年来出版的一些电子类书籍和刊物，以及互联网上的电子类资料，对这些作者提供的帮助和支持，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，欢迎广大读者和同仁批评指正。

编 者

2013年11月



目 录

前言

人 门 篇

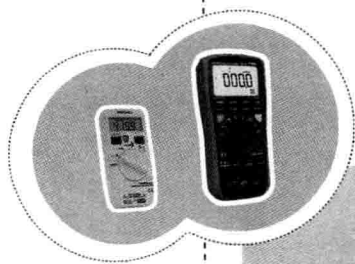
第一章 万用表基础知识	3
第一节 万用表分类与技术特性.....	3
第二节 万用表结构.....	6
第三节 指针式万用表使用方法与注意事项	11
第四节 数字式万用表使用方法与注意事项	16
第五节 万用表选用与合理使用	21
第二章 电阻器	24
第一节 固定电阻器	24
第二节 电位器	32
第三节 敏感电阻器	38
第三章 电容器	46
第一节 固定电容	46
第二节 可变电容	58
第三节 微调电容	61
第四章 电磁感应元件与继电器	65
第一节 电感器	65
第二节 变压器	69
第三节 继电器	78
第五章 晶体二极管	85
第一节 普通晶体二极管	85

第二节	特殊晶体二极管	92
第六章	晶体三极管	114
第一节	普通晶体三极管	114
第二节	特殊晶体三极管	129
第七章	晶闸管	136
第一节	单向晶闸管	136
第二节	双向晶闸管	144
第三节	可关断晶闸管	149
第八章	场效应晶体管	153
第一节	结型场效应晶体管	153
第二节	绝缘栅场效应晶体管	159

精 通 篇

第九章	半导体光电器件	173
第一节	发光二极管	173
第二节	光敏晶体管	187
第三节	光耦合器	200
第四节	LED 数码管	205
第五节	液晶显示器	211
第六节	彩色显像管	217
第十章	电声换能器件	223
第一节	扬声器与耳机	223
第二节	传声器	231
第三节	压电陶瓷蜂鸣片与蜂鸣器	235
第十一章	滤波器与霍尔元件	239
第一节	石英晶体谐振器与振荡器	239
第二节	陶瓷滤波器	244
第三节	声表面波滤波器	247
第四节	霍尔元件与霍尔传感器	250
第十二章	集成电路	256

第一节	集成稳压器	256
第二节	集成运算放大器	266
第三节	TTL 数字集成电路	273
第四节	CMOS 数字集成电路	276
第五节	555 时基集成电路	281
第六节	音乐集成电路	287
第十三章	家用电器专用元器件	291
第一节	彩色电视机元器件	291
第二节	电冰箱元器件	300
第三节	洗衣机元器件	306
第四节	电风扇元器件	310
第五节	微波炉与电磁灶元器件	315
第六节	小家电	321
第十四章	电动机	331
第一节	交流电动机绕组	331
第二节	电动机极数与转速	337
第三节	直流电动机绕组与转子	339
参考文献		343



万用表检测电子元器件从入门到精通

入门篇

万用表基础知识

万用表是目前常用的一种可进行多种项目测量的便携式测量仪表，可代替某些专用仪器仪表完成多种电子及电工测量任务，实现一表多用。万用表操作简单、功能齐全、便于携带、价格低，已成为电子测量、家电维修人员的必备工具。

第一节 万用表分类与技术特性

一、万用表分类

万用表通过挡位开关及量程切换开关的切换，便可比较精确地测量交、直流电压，交、直流电流和电阻值的大小，有的万用表还有一些附加挡位，可以测试音频电平、阻抗、电容、电感、二极管、三极管及线路的通断等。

万用表有指针式（模拟式）和数字式两类：常见的指针式万用表有 500 型、MF500-B 型、MF64 型、MF50 型、MF27 型等；常见的数字式万用表有 DT890 型、DT890D 型、DT830 型、DT9101 型、DT9102 型、DT9103 型等。万用表按测量精度可分为精密、较精密和普通三级，按灵敏度可分为高、较高、低三挡，按体积可分为大、中、小三种。

指针式万用表使用方便、价格便宜、性能稳定，不易受外界环境和被测信号的影响，可直观地观察到测量变化趋势。数字式万用表测试精度高、测量范围宽、显示清晰、读数准确，还能准确进行电容量和小电阻的测量。这两类万用表各有所长，在使用的过程中不能完全替代，可取长补短，配合使用。

二、万用表技术特性

1. 指针式万用表技术特性

(1) 准确度等级。按万用表的测量准确度大小所划分的级别，称为万用表准确度等级。它反映了仪表在规定的正常测量条件下所具有的测量误差的大小，准确度越高，测量误差越小。万用表准确度等级主要有 1.0、1.5、2.5、5.0 级，国产万用表中的 MF18 型准确度最高（1.0 级），可供实验室使用。

(2) 灵敏度。指针式万用表灵敏度有表头灵敏度、直流电压灵敏度、交流电压灵敏度三种。

1) 表头灵敏度。表头灵敏度指万用表表头指针满偏时流过的电流值，一般为 $10\sim 200\mu\text{A}$ ，电流值越小，表头灵敏度越高。

2) 直流电压灵敏度。直流电压灵敏度的数值一般标在仪表盘上，单位为 Ω/V 或 $\text{k}\Omega/\text{V}$ ，称为每伏欧数或每伏千欧数。此数值等于直流电压挡的等效内阻与满量程电压的比值，一般用万用表表头灵敏度倒数来表示。如 500 型万用表的表头灵敏度为 $50\mu\text{A}$ ，其直流电压灵敏度为 $20\text{k}\Omega/\text{V}$ 。万用表直流电压灵敏度越高，其内阻越高，对测量结果的影响越小，低灵敏度的万用表仅适用于电工测量。

3) 交流电压灵敏度。交流电压灵敏度计算和直流电压灵敏度一样，但要考虑交流量变换为直流量这个过程。如果仍使用表头灵敏度为 $50\mu\text{A}$ 的万用表，并采用全波整流方式，交流电压灵敏度约为 $4\text{k}\Omega/\text{V}$ 。

(3) 测量功能。普通指针式万用表大多只能测量电压、电流和电阻，因此也称 V-A- Ω 三用表。近年问世的新型指针式万用表，如 MF70、MF79、MF104、MF116 型，增加了许多实用的测试功能，如测量电容、电感、晶体管参数、电池容量、音频功率、直流高压、交流高压及检查线路通断（蜂鸣器挡）等。有的万用表还设计了信号发生器，给家电维修提供了方便。下面列出万用表的测试功能及测量范围，其中，电阻挡为有效量程，括弧内的数值是少数万用表所能达到的指标。

1) 基本功能。直流电压 (DCV): $0 \sim 500\text{V}$ ($0 \sim 2.5\text{kV}$, $0 \sim 25\text{kV}$); 交流电压 (ACV): $0 \sim 500\text{V}$ ($0 \sim 2.5\text{kV}$); 直流电流 (DCA): $0 \sim 500\text{mA}$ ($0 \sim 5\text{A}$); 交流电流 (ACA): $0 \sim 5\text{A}$; 电阻 (Ω): $0 \sim 20\text{M}\Omega$ ($0 \sim 200\text{M}\Omega$); 音频电平 (dB): $-20 \sim 0 \sim +56\text{dB}$ 。

2) 扩展功能。电容 (C): $1000\text{pF} \sim 0.3\mu\text{F}$ ($0 \sim 10\,000\mu\text{F}$); 电感 (L): $0 \sim 1\text{H}$ ($20 \sim 1000\text{H}$); 晶体管 (h_{FE}): $0 \sim 200$ ($0 \sim 300$, $0 \sim 500$); 音频功率 (P): $0.1 \sim 12\text{W}$, 扬声器阻抗 8Ω ; 电池负载电压 (BATT): $0.9 \sim 1.5\text{V}$, 电池负载 12Ω ; 蜂鸣器 (BZ): 被测线路电阻小于 $1 \sim 10\Omega$ (不同型号的阈值电阻不同) 时发声; 交流大电流测量功能 (ACA): $6\text{A}/15\text{A}/60\text{A}/150\text{A}/300\text{A}$ (如 7010 型万用表)。

2. 数字式万用表技术特性

(1) 准确度。数字式万用表有很高的准确度, 以 DCV 挡的基本误差为例, 低挡数字式万用表为 $\pm 0.5\%$, 中挡为 $\pm 0.1\% \sim \pm 0.05\%$, 高挡可达 $\pm 0.005\% \sim \pm 0.000\,05\%$ 。

(2) 数字显示。数字式万用表采用数字显示, 测量结果一目了然, 不仅能准确读数, 还能缩短测量时间。许多新型数字式万用表增加了标志符 (如测量项目、单位、特殊标记等) 显示功能, 使读数更直观。

(3) 分辨力。分辨力是数字式万用表一项性能参数, 表示该表可显示的最小被测量值的可表达程度。随着量程的转换, 分辨力也相应变化, 量程越小分辨力越高, 量程越大分辨力越低。

(4) 测量速率。数字式万用表在每秒钟内对被电量的测量次数称测量速率; 完成一次测量过程所需时间称测量周期, 它与测量速率成倒数关系。 $3\frac{1}{2}$ 位和 $4\frac{1}{2}$ 数字式万用表的测量速率一般为每秒 $2 \sim 5$ 次, $5\frac{1}{2} \sim 7\frac{1}{2}$ 数字式万用表可达每秒几十至几百次。

(5) 测试功能。数字万用表可以测量交流电压和电流、直流电压和电流、电阻、电容、晶体管放大倍数、频率、周期、电路

通断等。新开发的智能数字万用表还增加了测量真有效值 (TRMS)、最小值 (MIN)、最大值 (MAX)、平均值 (AVG)、设定上下限、自动校准等功能, 以满足各种测量需要。

(6) 输入阻抗。普通数字式万用表直流电压挡输入阻抗为 $10\text{M}\Omega$, 智能数字万用表可达 $10\,000\text{M}\Omega$ 以上。

(7) 功耗。数字万用表功耗低、耗电小, 普通数字式万用表功耗为 $30\sim 40\text{mW}$, 可采用 9V 叠层电池供电。

(8) 保护电路。数字式万用表具有较完善的过流、过压保护功能, 过载能力强。使用中只要不超过极限值, 即使出现误操作也不会损坏交直流转换器。但应尽量避免误操作, 以免损坏外围元件 (如熔丝管)。

(9) 抗干扰能力。数字式万用表电路普遍采用积分式 A/D 转换原理, 能有效地抑制串模干扰, 对共模干扰也有很强的抑制作用。

第二节 万用表结构

一、指针式万用表结构

指针式万用表种类很多, 功能各异, 但它们的结构和原理基本相同, 从外观上看, 由外壳、表头、表盘、机械调零旋钮、电阻挡调零电位器、转换开关及其插孔等组成, 而内部则是由电池、电阻器、电容器、二极管、三极管、集成电路等元器件组成的测量电路。500 型指针式万用表外形见图 1-1。

1. 表头

表头是万用表的重要组成部分, 由指针、磁路系统和偏转系统等组成, 为了提高测量的灵敏度和便于扩大电流的量程, 表头一般都采用内阻较大、灵敏度较高的磁电式直流电流表。

2. 表盘

表盘由多种刻度线及带有说明作用的各种符号组成, 其外形见图 1-2。只有正确理解各种刻度线的读数方法和各种符号含义, 才能熟练、准确地使用万用表, 表盘上的符号和数字含义见表 1-1。

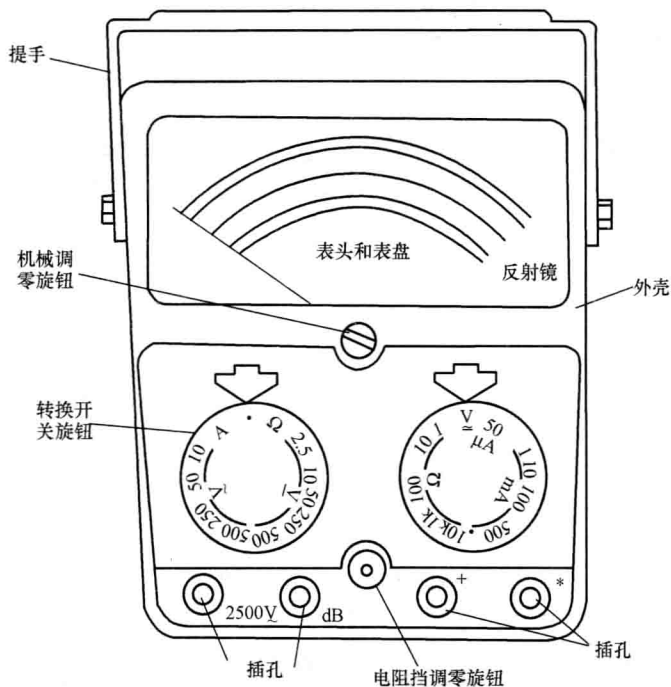


图 1-1 500 型指针式万用表外形

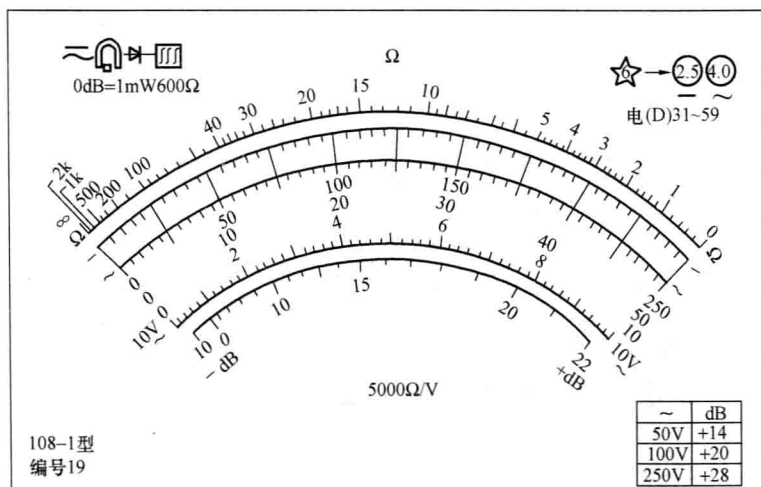

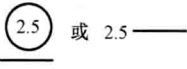







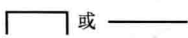





图 1-2 万用表表盘

表 1-1 万用表表盘符号和数字含义

符 号	含 义	符 号	含 义								
	磁电系仪表		测试直流量精度等级，表示允许误差为 2.5%								
	整流系仪表										
	交直流两用		测试交流量精度等级，表示允许误差为 4.0%								
	一级防外磁场										
	二级防外磁场	20kΩ/V 或 20 000Ω/V	测试直流电压灵敏度								
	三级防外磁场	4kΩ/V 或 4000Ω/V	测试交流电压灵敏度								
	四级防外磁场	0dB=1mW; 600Ω	以 600Ω 负载得到 1mW 的功率作为 0dB 参考电平								
	水平放置使用	<table border="1"> <thead> <tr> <th>~</th> <th>dB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50V</td> <td>+14</td> </tr> <tr> <td>100V</td> <td>+20</td> </tr> <tr> <td>250V</td> <td>+28</td> </tr> </tbody> </table>	~	dB	50V	+14	100V	+20	250V	+28	各交流电压挡测电平时，还应增加的分贝
~	dB										
50V	+14										
100V	+20										
250V	+28										
	绝缘强度试验电压为 6kV										
	绝缘强度试验电压为 500V										
	不进行绝缘强度试验										

3. 测量电路

各种不同电量测量时，通过万用表的测量电路转换适合表头指示的直流电流信号，包括将大电流转换成表头所允许流过的小电流。万用表的测量电路实质上就是多量程直流电流表、多量程直流电压表、多量程整流式交流电压表及多量程电阻表等几种电路的组合。

4. 转换开关

转换开关用以切换测量电路。万用表型号不同，转换开关工作方式也不同，有的功能开关、量程开关合为一只开关，有的功能开关、量程开关分离，有的功能开关、量程开关交互使用。有些万用表还设有专用插孔，与功能转换开关配合使用，以完成某些专项测量。

5. 机械调零旋钮和电阻挡调零旋钮

机械调零旋钮用以调整表头指针静止时的位置。万用表不作任何测量时，表头指针应指在表盘刻度线左端“∞”位上，否则应调节机械调零旋钮（或螺钉）使其到位。

使用电阻挡时，当两表笔短接，表头指针应指在欧姆（电阻）挡刻度线右端“0”位上，否则应调整电阻挡调零旋钮使其到位。需要注意的是，每转换一次电阻挡，都要调整该旋钮，使指针指在“0”位上，以减小测量误差。

6. 表笔插孔

不同的万用表，其正、负表笔插孔的表示方式也不同。有的直接用“+”和“-”表示，有的用“+”、“*”表示，有的用“+”、“COM”表示。测量时红表笔应插在“+”孔，黑表笔应插在“-”、“*”或“COM”孔。

使用交、直流 2500V 测试量程时，红表笔应插在 2500 V_~ 处专用高压插孔内。使用音频电平测试量程时，红表笔应插在“dB”插孔内。

二、数字式万用表结构

数字式万用表采用了大规模集成电路和液晶数字显示技术，