



万用表最新妙用

100

例

沙占友 著

WANYONGBIAO ZUIXIN
MIAOYONG 100LI



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



万用表最新妙用 100 例

沙占友 著



机械工业出版社

本书从实用角度阐述了指针万用表与数字万用表的使用技巧。全书共四章。第一章介绍万用表的性能特点及使用注意事项，第二章阐述检测通用电子元件的技巧，第三章介绍检测新型电子元件的技巧，第四章专门介绍指针万用表与数字万用表的功能扩展，共计 100 余例。

本书题材新颖、内容丰富、深入浅出、通俗易懂，具有很高的实用价值，可供电子与电工技术人员、家电维修人员和电子爱好者阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

万用表最新妙用 100 例/沙占友著. —北京: 机械工业出版社, 2005.4
ISBN 7-111-16461-X

I. 万... II. 沙... III. 复用电表 - 基本知识 IV. TM938.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 033197 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 牛新国 责任编辑: 罗莉 版式设计: 冉晓华

责任校对: 王欣 封面设计: 陈沛 责任印制: 陶湛

北京诚信伟业印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

890mm × 1240mmA5·10 印张·295 千字

0 001—5 000 册

定价: 18.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

封面防伪标均为盗版

前 言

万用表（包括指针万用表与数字万用表）是目前国内最普及、最常用的电测仪表。由于它操作简单、功能齐全、便于携带、价格低廉，已成为电子测量、家电维修工作的工具类仪表。

为了推广和普及指针万用表与数字万用表的应用技术，作者曾于1984年撰写了《万用表妙用100例》一书，该书出版后深受广大读者欢迎，经过10次印刷，总发行量达50万册，1994年荣获“全国优秀畅销书（科技类）”奖。1987年作者曾撰写了《数字万用表的原理、使用与维修》，该书于1988年出版后受到广大读者的欢迎，历经6次印刷，总发行量达8.5万册。2002年作者撰写的《新型万用表的使用技巧》一书由机械工业出版社出版后，也已多次重印。

万用表测量技术是电子测量的基础。大量的实践证明，利用万用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”。随着电子工业的迅猛发展和电子产品的日益普及，对万用表的测量技术也提出了更高要求。为满足电子技术人员和广大电子爱好者的需要，现将我们近年来在科研工作中积累的部分经验加以总结，撰成此书，定名为《万用表最新妙用100例》。

本书具有以下特点：第一，内容丰富，系统性强。首先简述指针万用表与新型数字万用表典型产品的性能特点和使用注意事项，然后重点介绍了万用表在检测新型电子元器件中的使用技巧及功能扩展；第二，实用性强。所介绍的测量原理及检修方法均经过本书作者的实践验证，能为从事电子、电工、仪器仪表和家电维修工作的人员提供帮助，也便于读者举一反三，触类旁通，灵活运用；第三，内容深入浅出，通俗易懂；第四，各章节保持相对独立，读者既可阅读全书，亦可选读某一章节。

本书主要由沙占友教授执笔，并完成全书的审阅工作。

在本书撰写过程中，沙江、韩振廷、沙莎、李学芝、魏跃平、张

文清、宋怀文、王志刚、刘立新、张启明、刘东明、赵伟刚、宋廉波、刘建民、李志清、郑国辉、林志强等同志也提供了帮助。

由于作者水平所限，书中难免存在缺点和不足之处，敬请广大读者指正。

作 者

目 录

第一章 万用表的性能特点及使用注意事项	1
第一节 指针万用表的性能特点	1
第二节 指针万用表使用注意事项	3
第三节 数字万用表的性能特点	8
第四节 数字万用表使用注意事项	10
第五节 利用电阻挡测量负载电流、电压和功率的方法	14
一、利用电阻挡测量负载电流法	15
二、利用电阻挡测量负载电压法	16
三、利用电阻挡测量负载功率法	18
四、使用注意事项	19
第二章 检测通用电子元器件的技巧	21
第一节 检测普通二极管	21
一、利用指针万用表检测二极管的方法	21
二、利用数字万用表检测二极管的方法	24
第二节 检测整流二极管及整流桥	27
一、利用指针万用表检测塑封硅整流二极管的方法	27
二、利用指针万用表检测整流桥的方法	28
三、利用数字万用表检测整流桥的方法	30
第三节 检测快恢复及超快恢复二极管	31
一、快恢复及超快恢复二极管的性能特点	31
二、检测快恢复及超快恢复二极管的方法	33
第四节 检测肖特基二极管	34
一、利用指针万用表检测肖特基二极管的方法	34
二、利用数字万用表检测肖特基二极管的方法	37
第五节 检测稳压管	38
一、区分稳压管与普通二极管的方法	38

二、测量稳压管稳定电压的方法	39
三、测绘稳压管伏安特性的方法	41
第六节 检测恒流二极管及恒流晶体管	43
一、检测恒流二极管的方法	43
二、检测恒流晶体管的方法	47
第七节 检测发光二极管	50
一、发光二极管的工作原理	50
二、利用指针万用表检测发光二极管的方法	53
三、利用数字万用表检测发光二极管的方法	57
第八节 检测闪烁发光二极管	59
一、闪烁发光二极管的工作原理	59
二、利用指针万用表检测闪烁发光二极管的方法	61
三、利用数字万用表检测闪烁发光二极管的方法	62
第九节 检测变容二极管	63
一、变容二极管的构造原理	63
二、检测变容二极管的方法	64
第十节 检测晶体管	66
一、利用指针万用表检测晶体管的方法	66
二、利用数字万用表检测晶体管的方法	72
第十一节 检测场效应晶体管	77
一、利用指针万用表判定场效应晶体管电极的方法	77
二、利用数字万用表检测场效应晶体管的方法	79
第十二节 检测单结晶体管	82
一、利用指针万用表判定单结晶体管电极的方法	82
二、利用数字万用表检测单结晶体管的方法	85
第十三节 检测单向晶闸管	87
一、利用指针万用表检测单向晶闸管的方法	87
二、利用数字万用表检测单向晶闸管触发能力的方法	89
第十四节 检测双向晶闸管	90
一、利用指针万用表检测双向晶闸管的方法	90
二、利用数字万用表检测双向晶闸管的方法	93

第十五节 检测门极关断晶闸管	95
一、门极关断晶闸管的结构特点	95
二、检测门极关断晶闸管的方法	96
第十六节 检测光电管	98
一、光电管的工作原理	98
二、检测光电管的方法	99
第十七节 检测光敏二极管及光敏晶体管	100
一、检测光敏二极管的方法	100
二、检测光敏晶体管的方法	101
第十八节 检测光耦合器	105
一、光耦合器的类型及性能特点	105
二、利用指针万用表检测光耦合器的方法	107
三、利用数字万用表检测光耦合器的方法	110
第十九节 检测 LED 数码管	111
一、LED 数码管的性能特点	111
二、利用指针万用表检测 LED 数码管的方法	111
三、利用数字万用表检测 LED 数码管的方法	115
第二十节 检测多位 LED 扫描显示器	116
第二十一节 检测液晶显示器	118
一、液晶显示器的工作原理	118
二、检测液晶显示器的方法	119
第二十二节 检测电子管	121
一、检测电子管阴极发射能力的方法	121
二、测量电子管跨导的方法	123
第二十三节 检测示波管及显像管	125
一、检测示波管阴极发射能力的方法	125
二、检测显像管阴极发射能力的方法	127
三、测量示波管及显像管高电压的方法	128
第二十四节 检测荧光灯管	129
一、检测日光灯管起辉情况的方法	130
二、检测经济荧光灯及环形荧光灯的方法	131

第二十五节 测量电容量	132
一、利用指针万用表测量电容量	132
二、利用数字万用表测量电容量	135
第二十六节 测量电感量	136
一、利用指针万用表测量电感量	136
二、利用数字万用表测量电感量	138
第二十七节 检测灵敏电磁继电器	139
一、灵敏继电器的性能特点	139
二、检测灵敏继电器的方法	140
第二十八节 检测三端集成稳压器	141
一、检测 7800 系列三端集成稳压器	142
二、检测 7900 系列三端集成稳压器	144
第二十九节 检测低压差集成稳压器	146
一、低压差集成稳压器的产品分类及应用	146
二、检测低压差集成稳压器的方法	148
第三十节 检测三端可调式集成稳压器	149
一、LM317 型三端可调式集成稳压器的原理与应用	149
二、检测 LM317 型三端可调式集成稳压器的方法	151
三、检测 LM350、LM338 型三端可调式集成稳压器的方法	151
第三章 检测新型电子元器件的技巧	153
第一节 检测数字电位器	153
一、数字电位器的主要特点及产品分类	153
二、数字电位器的工作原理与典型应用	155
三、数字电位器的检测方法	158
第二节 检测热敏电阻	159
一、检测 NTC 热敏电阻的方法	159
二、检测 PTC 热敏电阻的方法	162
第三节 检测压敏电阻	164
一、压敏电阻的原理与应用	164
二、检测压敏电阻的方法	166
第四节 检测熔断电阻器	167

第五节 检测自恢复熔断器	169
一、自恢复熔断器的原理与应用	169
二、检测自恢复熔断器的方法	173
第六节 检测消磁电阻	174
一、消磁电阻的性能特点	174
二、检测消磁电阻的方法	175
第七节 检测压电陶瓷片	176
一、压电陶瓷片的性能特点	176
二、利用指针万用表检测压电陶瓷片的方法	177
三、利用数字万用表检测压电陶瓷片的方法	178
第八节 检测霍尔元件及集成霍尔开关	179
一、检测霍尔元件的方法	179
二、检测集成霍尔开关的方法	182
第九节 检测 LED 点阵显示器	184
一、检测单色 LED 点阵显示器的方法	184
二、检测彩色 LED 点阵显示器的方法	188
第十节 估测集成运算放大器的放大能力	191
一、集成运算放大器的分类	191
二、估测集成运算放大器放大能力的方法	191
第十一节 检测模拟开关	194
一、模拟开关的原理及应用	194
二、检测模拟开关的方法	197
第十二节 检测固态继电器	198
一、固态继电器的工作原理	199
二、利用指针万用表检测固态继电器的方法	202
三、利用数字万用表检测固态继电器的方法	203
第十三节 检测瞬态电压抑制器	204
一、瞬态电压抑制器的原理与应用	204
二、检测瞬态电压抑制器的方法	207
第十四节 检测电磁干扰滤波器	208
一、电磁干扰滤波器的构造原理及应用	208

二、电磁干扰滤波器的技术参数及测试方法	210
第十五节 检测 DC/DC 电源变换器	213
一、单片 DC/DC 电源变换器的原理与应用	213
二、检测 ICL7660 型 DC/DC 电源变换器的方法	215
第十六节 检测开关式集成稳压器	216
一、L4960/4962 的原理与应用	216
二、检测 L4960/4962 的方法	222
第十七节 检测单片开关电源集成电路	222
一、检测 TOPSwitch - II 系列单片开关电源的方法	223
二、检测 TOPSwitch - FX 系列单片开关电源的方法	224
三、检测 TOPSwitch - GX 系列单片开关电源的方法	225
第十八节 检测 TL431 型可调式精密并联稳压器	227
一、TL431 的原理与应用	228
二、检测 TL431 的方法	229
第十九节 检测带隙基准电压源	230
一、带隙基准电压源的产品分类	230
二、检测 MC1403 型基准电压源的方法	232
第二十节 检测可调式集成恒流源	233
一、可调式精密集成恒流源的原理与应用	233
二、检测可调式精密集成恒流源的方法	236
第四章 指针万用表与数字万用表的功能扩展	237
第一节 提高数字万用表稳定性的方法	237
第二节 给数字万用表增加自动关机功能	238
一、自动关机电路的工作原理	239
二、改装数字万用表的方法	240
第三节 提高电压挡灵敏度的方法	242
一、提高指针万用表直流电压挡灵敏度的方法	242
二、提高数字万用表直流电压挡灵敏度的方法	243
第四节 扩展电压挡测量范围的简便方法	246
一、扩展指针万用表电压挡测量范围的方法	246
二、扩展数字万用表电压挡测量范围的方法	249

第五节 测量高内阻信号源电压的方法	250
第六节 电阻挡的应急测量法	253
第七节 测量低电阻的方法	254
一、增加倒欧姆挡测量低电阻的方法	254
二、增加 20 Ω 低电阻挡的方法	256
第八节 测量超高电阻的方法	258
一、测量高电阻的电路	258
二、利用电导法测量超高电阻	260
第九节 准确测量占空比的简便方法	263
第十节 检查数字万用表 A/D 转换器的方法	265
一、ICL7106 的功能检查 (200mV 量程)	265
二、ICL7107 的功能检查 (200mV 量程)	267
三、MC14433 的功能检查 (2V 量程)	268
第十一节 利用数字万用表兼作信号发生器	268
一、常见数字万用表中的信号源	269
二、使用注意事项	271
第十二节 利用数字万用表 h_{FE} 插口作直流毫伏信号发生器	272
一、电路原理	272
二、实验数据及注意事项	274
第十三节 在线测量直流电流	275
一、在线测量直流电流的原理	276
二、在线电流测量仪的电路设计	277
三、在线电流测量仪的应用实例	279
第十四节 在线测量电阻	279
一、测量原理	279
二、在线电阻测量仪的电路设计	280
三、在线电阻测量仪的应用实例	281
第十五节 在线测量晶体管的 h_{FE}	281
第十六节 测量静电	283
一、测量静电的方法	283
二、测量注意事项	284

第十七节 指针万用表的保护电路	284
第十八节 数字万用表的保护电路	286
一、电流挡的保护电路	287
二、电压挡的保护电路	287
三、电阻挡的保护电路	288
四、其他测量挡的保护电路	289
第十九节 测量表头灵敏度的方法	290
一、判定表头好坏的方法	291
二、测量表头灵敏度的方法	291
第二十节 测量表头内阻的方法	292
一、利用指针万用表测量表头内阻的方法	292
二、利用数字万用表测量表头内阻的方法	294
第二十一节 干电池负载电压测试法	295
第二十二节 给数字万用表增加电池低电压检测电路	297
一、由异或门构成的电池低电压检测电路	297
二、由晶体管构成的低电压检测电路	298
第二十三节 给数字万用表增加电池测试电路	299
第二十四节 给数字万用表增加读数保持功能	300
一、给 ICL7106 增加读数保持功能	300
二、给 ICL7107 增加读数保持功能	302
三、MC14433 的读数保持电路	302
四、其他单片 A/D 转换器的读数保持电路	302
第二十五节 利用数字万用表的单片 A/D 转换器 完成运算功能	303
一、做乘法、除法及倒数运算	303
二、做加法、减法运算	304
三、应用实例及注意事项	306
参考文献	307

第一章 万用表的性能特点及使用注意事项

第一节 指针万用表的性能特点

指针万用表亦称模拟式万用表，以下简称万用表（VOM）。其主要特点是准确度较高、测量项目较多、操作简单、价格低廉、携带方便，目前仍是国内最普及、最常用的一种电测仪表。

1. 准确度

万用表的精度一般用准确度表示。它反映了仪表基本误差的大小，准确度愈高，测量误差愈小。万用表的准确度等级主要有 1.0、1.5、2.5、5.0 这四个等级。例如，2.5 级准确度即表示基本误差为 $\pm 2.5\%$ ，依次类推。在国产万用表中，MF18 型的准确度最高，测量直流电压（DCV）、直流电流（DCA）和电阻（ Ω ）的准确度都是 1.0 级，可供实验室使用。目前被广泛使用的 500 型万用表，则属于 2.5 级仪表。

2. 灵敏度

万用表所用表头的满度电流 I_g 称作表头灵敏度，一般为 $10 \sim 200\mu\text{A}$ ， I_g 愈小，表头灵敏度愈高。万用表的电压灵敏度 S_v 等于电压挡的等效内阻 R_v 与满量程电压 U_m 的比值，即

$$S_v = \frac{R_v}{U_m} \quad (1-1)$$

其单位是 Ω/V 或 $\text{k}\Omega/\text{V}$ ，简称每伏欧姆数或每伏千欧姆数。此数值一般标在仪表盘上。500 型万用表的直流电压灵敏度为 $20\text{k}\Omega/\text{V}$ ，交流电压灵敏度则降低到 $4\text{k}\Omega/\text{V}$ 。电压灵敏度愈高，表明万用表的内阻（即仪表输入电阻）愈高，这种仪表适合电子测量用，可以测量高内阻的信号电压。低灵敏度万用表仅适合于电工测量。

电压灵敏度取决于表头灵敏度和灵敏度调整电路。如果不加灵敏

度调整电路，万用表所能达到的最高电压灵敏度 (S_{VH}) 等于表头灵敏度的倒数，即

$$S_{VH} = 1/I_g \quad (1-2)$$

例如，用 $50\mu\text{A}$ 表头制成的万用表，最高电压灵敏度 $S_{VH} = 1/(50 \times 10^{-6}\text{A}) = 20\text{k}\Omega/\text{V}$ 。若采用 $10\mu\text{A}$ 表头， S_{VH} 就能达到 $100\text{k}\Omega/\text{V}$ 。

实际上表头灵敏度总会存在一定的误差，而且 I_g 也不一定是整数值，需要对表头灵敏度进行调整。调整电路包括分压电阻和分流电阻。因此，万用表的实际电压灵敏度 $S_V \leq S_{VH}$ 。用于电子测量的万用表，应具有较高的电压灵敏度，以获得较高的等效内阻。主要用于电工测量的万用表，对电压灵敏度要求不高，但必须能测量交流电流。

知道万用表的电压灵敏度之后，利用下式很容易求出各电压挡的等效内阻 R_V ：

$$R_V = S_V U_M \quad (1-3)$$

这种计算等效内阻的方法非常简单，不必考虑万用表的内部结构和电压挡的实际电路，以及 R_V 值究竟是由哪些电阻串联、并联而成的。当满量程值一定时， R_V 与 S_V 成正比。

3. 测量功能

普通万用表大多只能测量电压、电流和电阻，因此亦称 V-A- Ω 三用表。近年来问世的新型万用表（例如 MF70、MF79、MF104、MF116），增加了许多新颖实用的测试功能，例如测量电容、电感、晶体管参数、电池容量、音频功率、直流高压和交流高压，检查线路通断（蜂鸣器挡）。有的万用表还设计了信号发生器，给家电维修人员提供了方便。下面给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 ~ 500V (0 ~ 2.5kV, 0 ~ 25kV)

交流电压 (ACV): 0 ~ 500V (0 ~ 2.5kV)

直流电流 (DCA): 0 ~ 500mA (0 ~ 5A)

交流电流 (ACA): (0 ~ 5A)

电阻 (Ω): 0 ~ 20M Ω (0 ~ 200M Ω)

音频电平 (dB): $-20 \sim 0 \sim +56$ dB

(2) 扩展功能

电容 (C): $1000\text{pF} \sim 0.3\mu\text{F}$ ($0 \sim 10000\mu\text{F}$)

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): ($0.1 \sim 12\text{W}$, 扬声器阻抗为 8Ω)

电池负载电压 (BATT): ($0.9 \sim 1.5\text{V}$, 电池负载为 12Ω)

蜂鸣器 (BZ): (当被测线路电阻小于 $1 \sim 10\Omega$ 时蜂鸣器发声)

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)

4. 频率特性

万用表的工作频率较低, 频率范围窄。便携式万用表一般为 $45 \sim 2000\text{Hz}$, 袖珍式万用表大多为 $45 \sim 1000\text{Hz}$ 。虽然有些万用表 (例如 MF10 型) 的说明书中规定可以扩展频率范围, 但基本误差亦随之增大。

5. 外观与操作

万用表的外观设计也很重要。目前常见的万用表有便携式、袖珍式、超薄袖珍式 (例如国产 7003 型)、折叠式、指针/数字双显示 (如 7032 型) 等多种类型。选择大刻度盘的万用表, 有助于减小读数误差。有些万用表的刻度盘上带反射镜, 能减小视差。新型万用表的表笔和插口都增加了防触电保护措施。插口改成隐埋式, 表面无金属裸露部分。

第二节 指针万用表使用注意事项

(1) 使用万用表之前, 应当熟悉各转换开关、旋钮 (或按键)、专用插口、测量插孔 (或接线柱) 以及仪表附件 (高压探头等) 的作用, 了解每条刻度线所对应的被测电量。测量前首先明确要测什么和怎样测量, 然后拨至相应的测量项目和量程挡。假如预先无法估计被测电压或电流的大小, 就应先拨到最高量程挡, 再逐渐降低量程到合适的位置。每次测量前, 必须核对测量项目及量程开关是否拨对位

置，避免因误用电流挡（或电阻挡）去测量电压而损坏万用表。

(2) 万用表在使用时一般应水平放置，否则会引起倾斜误差。若发现指针不指在机械零点处，需用螺丝刀调节表头下面的调整螺钉，使指针回零，以消除零点误差。读数时视线应正对着指针，以免产生视差。若表盘上装有反射镜，则眼睛看到的指针应与镜里的影子重合。

(3) 应在干燥、无震动、无强磁场、环境温度适宜的条件下使用和存放万用表。潮湿的环境会使仪表的绝缘强度降低，还能使内部元器件受潮而变质。机械震动和冲击，可使表头中的磁钢退磁，导致灵敏度下降。在强磁场附近使用时测量误差会增大，当万用表置于铁质工作台面时，也会产生指示误差。

(4) 在工业现场测量电网电压时，为减小感应电压的影响，可选用低灵敏度的万用表。由于电网的内阻很低，采用低灵敏度万用表也能得到准确的测量结果。

(5) 测量完毕，应将量程开关拨至最高电压挡或者空挡位置，以防止下次使用时不慎烧表。有的万用表（如 500 型）设有空挡，测量完毕应将开关旋钮拨到“·”的位置，使测量机构内部短路。也有的万用表（如 MF64 型）设置了“OFF”挡，将功能开关拨到该挡时，能将表头短路，在运输过程中可起到减震作用。注意，某些万用表（例如 DY1-A 型）必须接通电源开关才能工作，每次用完时应关闭电源，以免空耗电池。

(6) 长期不用万用表时应将电池取出，避免电池存放过久而变质，渗出的电解液会腐蚀电路板。更换电池时，新旧电池不要搭配使用。

(7) 在干燥天气下，表盘玻璃上容易产生静电，与指针之间发生静电引力，使指针动作呆滞，甚至停在某一位置而不返回零点。此时操作者可用沾过水的干净布（或棉球）擦拭表盘，使静电荷经人体导入大地，指针即可回零。

(8) 万用表应定期（每隔半年或一年）校验。若无专用校验仪，可用 $3\frac{1}{2}$ 位数字万用表代替。电阻挡也可用标准电阻箱来校准。校验时环境温度应保持在 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ （有的万用表要求为 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ），以