



第2版

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

第 2 版

沙占友 著

机械工业出版社

北京 2008 年 11 月第 2 版 2008 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-111-25797-2

定价：29.80 元

中国标准书号：155002·0102

北京市版权局登记：01-2008-0002

作者：沙占友

编辑：王

出版：机械工业出版社

地址：北京市西城区百万庄大街 24 号

邮编：100037

电话：(010) 68995100

网址：www.cmpbook.com

机械工业出版社



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器件的技巧,第三章介绍检测新型电子元器件的技巧,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。附录中补充了 500 型指针万用表、VC9808 + 型数字万用表的检修方法、常见故障分析及数字万用表校验仪的产品型号及主要性能。

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. —2 版. —北京:机械工业出版社, 2008. 6

ISBN 978 - 7 - 111 - 24271 - 0

I. 万… II. 沙… III. 复用电表 - 测量方法 IV. TM938. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 091822 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:罗莉 责任校对:王欣

封面设计:陈沛 责任印制:李妍

北京蓝海印刷有限公司印刷

2008 年 7 月第 2 版第 1 次印刷

148mm × 210mm · 11 印张 · 1 插页 · 326 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 24271 - 0

定价: 25.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

第 2 版前言

《万用表最新妙用 100 例》一书于 2005 年出版后深受广大读者欢迎，经过 3 次印刷，总发行量已达 14000 册。为进一步推广和普及指针万用表与数字万用表的应用技术，现根据广大读者和出版社的要求，对原书内容做了进一步补充，以《万用表最新妙用 100 例（第 2 版）》的形式再版。

第 2 版主要增加了以下内容：在第二章增加了检测低压差线性稳压器的方法和检测数字电位器的方法；在第三章补充了检测 DC/DC 变换器及开关稳压器的方法、检测 TinySwitch - III 系列、LinkSwitch - XT 系列和 LinkSwitch - LP 系列新型单片开关电源的方法，在第四章增加了测量 2000M Ω 超高电阻、测量集成稳压器总热阻的方法。

有不少读者希望了解指针万用表和数字万用表的检修方法及检修实例，为此，专门在第 2 版的附录中补充了目前国内流行的 500 型指针万用表、VC9808 + 型 3 $\frac{1}{2}$ 位数字万用表的检修方法及常见故障分析。500 型万用表属于经典型指针万用表，VC9808 + 属于新型 3 $\frac{1}{2}$ 位数字万用表。目前在国产手持式数字万用表中，VC9808 + 的测试功能最全。它采用带串行接口及频率测量功能的单片 3 $\frac{1}{2}$ 位 A/D 转换器，不仅可完成普通数字万用表的功能，还能测量超高阻、电容、电感、1Hz ~ 10MHz 的频率及 -40 ~ +1000 $^{\circ}$ C 的温度，并具有峰值保持、自动关机和电池低电压指示功能。本书所介绍的检修方法及常见故障分析，亦可供维修其他型号的指针万用表和数字万用表时参考。此外，附录中还补充了数字万用表校验仪的产品型号及主要性能。

受作者水平所限，书中难免存在缺点和不足之处，敬请广大读者提出宝贵意见。

第一章 某类数用表，并全页图例解答，立此以证。

本书由作者编写，并由作者担任责任编辑。

本书由作者编写，并由作者担任责任编辑。2008 年 4 月

第 1 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的功能扩展以及它在检测新型电子元器件、常用仪器仪表和家用电器中的使用技巧；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 2 章

言前词 1 章

1 更事意书用勤返点并讲卦的表用式 章一第

2 点卦讲卦的表用式持讲 章一第

3 更事意书用更素用式持讲 章二第

4 点卦讲卦的表用式字讲 章三第

10 更事意书用更素用式字讲 章四第

14 志式讲字讲味讲申 讲由讲字讲味讲申讲味 章五第

22 志式讲字讲味讲申讲味 讲由讲字讲味讲申讲味 讲

26 志式讲字讲味讲申讲味 讲由讲字讲味讲申讲味 讲

28 志式讲字讲味讲申讲味 讲由讲字讲味讲申讲味 讲

30 更事意书讲申 讲

32 改卦讲卦讲式字由讲讲讲讲 章二第

34 讲讲二讲讲讲讲 章一第

36 志式讲讲讲二讲讲讲讲讲讲 讲

38 志式讲讲讲二讲讲讲讲讲讲 讲

40 讲讲讲讲讲讲二讲讲讲讲讲讲 讲二第

42 志式讲讲讲讲讲讲讲讲讲讲 讲

44 讲讲二讲讲讲讲讲讲讲讲讲讲 讲一第

46 点卦讲卦讲讲讲二讲讲讲讲讲讲讲讲 讲

48 志式讲讲讲二讲讲讲讲讲讲讲讲讲讲 讲

50 讲讲二讲讲讲讲讲讲讲讲讲讲 讲四第

52 志式讲讲讲二讲讲讲讲讲讲讲讲讲讲 讲

54 志式讲讲讲二讲讲讲讲讲讲讲讲讲讲 讲



沙占友 1968年毕业于南开大学，现任河北科技大学教授（享受国务院政府特殊津贴），校级教学名师，河北省优秀教师，河北省精品课程主讲教师。已出版《万用表妙用100例》（1994年荣获全国优秀畅销书奖）、《数字万用表的原理、使用与维修》、《数字化测量技术与应用》、《单片机外围电路设计》（2003年荣获全国优秀畅销书奖）、《智能传感器系统设计与应用》等22部著作，发表学术论文258篇。曾先后获得河北省普通高校优秀教学成果一等奖、河北省科技进步奖、河北省十大发明奖和'97布鲁塞尔尤里卡银奖。

设计、检测、维修、使用、安装、维护、测试、故障、排除、原理、应用、案例、问答、习题、实验、实训、竞赛、项目、综合、考核、评价、总结、展望、附录、参考文献、索引、后记、前言

目 录

王 磊 著

第2版前言

第1版前言

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	111
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	112
三、利用数字万用表检测 LED 数码管的方法	116
第二十节 检测多位 LED 扫描显示器	117
第二十一节 检测液晶显示器	118
一、液晶显示器的工作原理	119
二、检测液晶显示器的方法	120
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	122
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	129
第二十四节 检测荧光灯管	130

一、检测荧光灯管启辉情况的方法	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	140
一、灵敏继电器的性能特点	140
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	142
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 检测低压差线性稳压器	146
一、低压差线性稳压器的基本原理与典型应用	147
二、检测低压差线性稳压器的方法	151
第三十节 检测三端可调式集成稳压器	152
一、LM317 型三端可调式集成稳压器的原理与应用	153
二、检测 LM317 型三端可调式集成稳压器的方法	155
三、检测 LM350、LM338 型三端可调式集成稳压器的方法	155
第三章 检测新型电子元器件的技巧	157
第一节 检测数字电位器	157
一、数字电位器的主要特点及产品分类	157
二、数字电位器的工作原理与典型应用	160
三、数字电位器的检测方法	163
第二节 检测热敏电阻	164
一、检测 NTC 热敏电阻的方法	164
二、检测 PTC 热敏电阻的方法	167
第三节 检测压敏电阻	169
一、压敏电阻的原理与应用	169

二、检测压敏电阻的方法	171
第四节 检测熔断电阻器	172
第五节 检测自恢复熔断器	174
一、自恢复熔断器的原理与应用	174
二、检测自恢复熔断器的方法	178
第六节 检测消磁电阻	179
一、消磁电阻的性能特点	179
二、检测消磁电阻的方法	180
第七节 检测压电陶瓷片	181
一、压电陶瓷片的性能特点	181
二、利用指针万用表检测压电陶瓷片的方法	182
三、利用数字万用表检测压电陶瓷片的方法	183
第八节 检测霍尔元件及集成霍尔开关	184
一、检测霍尔元件的方法	184
二、检测集成霍尔开关的方法	187
第九节 检测 LED 点阵显示器	189
一、检测单色 LED 点阵显示器的方法	189
二、检测彩色 LED 点阵显示器的方法	193
第十节 估测集成运算放大器的放大能力	196
一、集成运算放大器的分类	196
二、估测集成运算放大器放大能力的方法	196
第十一节 检测模拟开关	199
一、模拟开关的原理及应用	199
二、检测模拟开关的方法	202
第十二节 检测固态继电器	203
一、固态继电器的工作原理	204
二、利用指针万用表检测固态继电器的方法	207
三、利用数字万用表检测固态继电器的方法	208
第十三节 检测瞬态电压抑制器	209
一、瞬态电压抑制器的原理与应用	209
二、检测瞬态电压抑制器的方法	212

第十四节 检测电磁干扰滤波器	213
一、电磁干扰滤波器的构造原理及应用	213
二、电磁干扰滤波器的技术参数及测试方法	215
第十五节 检测 DC/DC 变换器	218
一、单片 DC/DC 变换器的基本原理与产品分类	218
二、检测 ICL7660 型 DC/DC 电源变换器的方法	222
第十六节 检测开关稳压器	223
一、LM2576 系列降压式稳压器的原理与应用	223
二、LM2596 系列降压式稳压器的原理与应用	227
三、检测 LM2576/2596 的方法	232
第十七节 检测单片开关电源集成电路	232
一、检测 TOPSwitch—II 系列单片开关电源的方法	233
二、检测 TOPSwitch—GX 系列单片开关电源的方法	234
三、检测 TinySwitch—III 系列单片开关电源的方法	236
四、检测 LinkSwitch—XT 系列单片开关电源的方法	237
五、检测 LinkSwitch—LP 系列单片开关电源的方法	238
第十八节 检测 TL431 型可调式精密并联稳压器	239
一、TL431 的原理与应用	240
二、检测 TL431 的方法	241
第十九节 检测带隙基准电压源	242
一、带隙基准电压源的产品分类	242
二、检测 MC1403 型基准电压源的方法	244
第二十节 检测可调式集成恒流源	245
一、可调式精密集成恒流源的原理与应用	245
二、检测可调式精密集成恒流源的方法	248
第四章 指针万用表与数字万用表的功能扩展	249
第一节 提高数字万用表稳定性的方法	249
第二节 给数字万用表增加自动关机功能	250
一、自动关机电路的工作原理	251
二、改装数字万用表的方法	252
第三节 提高电压挡灵敏度的方法	254

115	一、提高指针万用表直流电压挡灵敏度的方法	254
115	二、提高数字万用表直流电压挡灵敏度的方法	255
115	第四节 扩展电压挡测量范围的简便方法	258
115	一、扩展指针万用表电压挡测量范围的方法	258
115	二、扩展数字万用表电压挡测量范围的方法	261
115	第五节 测量高内阻信号源电压的方法	262
115	第六节 电阻挡的应急测量法	265
115	第七节 测量低电阻的方法	266
115	一、增加倒欧姆挡测量低电阻的方法	266
115	二、增加 20Ω 低电阻挡的方法	268
115	第八节 测量超高电阻的方法	270
115	一、测量高电阻的电路	270
115	二、测量超高电阻的电路	272
115	三、利用电导法测量超高电阻	273
115	第九节 准确测量占空比的简便方法	276
115	第十节 检查数字万用表 A/D 转换器的方法	278
115	一、ICL7106 的功能检查 (200mV 量程)	278
115	二、ICL7107 的功能检查 (200mV 量程)	280
115	三、MC14433 的功能检查 (2V 量程)	281
115	第十一节 利用数字万用表兼作信号发生器	281
115	一、常见数字万用表中的信号源	282
115	二、使用注意事项	284
115	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	285
115	一、电路原理	285
115	二、实验数据及注意事项	287
115	第十三节 在线测量直流电流	288
115	一、在线测量直流电流的原理	289
115	二、在线电流测量仪的电路设计	290
115	三、在线电流测量仪的应用实例	292
115	第十四节 在线测量电阻	292
115	一、测量原理	292

二、在线电阻测量仪的电路设计	293
三、在线电阻测量仪的应用实例	294
第十五节 在线测量晶体管的 h_{FE}	294
第十六节 测量静电	296
一、测量静电的方法	296
二、测量注意事项	297
第十七节 指针万用表的保护电路	297
第十八节 数字万用表的保护电路	299
一、电流挡的保护电路	300
二、电压挡的保护电路	300
三、电阻挡的保护电路	301
四、其他测量挡的保护电路	302
第十九节 测量表头灵敏度的方法	303
一、判定表头好坏的方法	304
二、测量表头灵敏度的方法	304
第二十节 测量表头内阻的方法	305
一、利用指针万用表测量表头内阻的方法	305
二、利用数字万用表测量表头内阻的方法	307
第二十一节 干电池负载电压测试法	308
第二十二节 给数字万用表增加电池低电压检测电路	310
一、由异或门构成的电池低电压检测电路	310
二、由晶体管构成的低电压检测电路	311
第二十三节 给数字万用表增加电池测试电路	312
第二十四节 给数字万用表增加读数保持功能	313
一、给 ICL7106 增加读数保持功能	313
二、给 ICL7107 增加读数保持功能	315
三、MC14433 的读数保持电路	315
四、其他单片 A/D 转换器的读数保持电路	315
第二十五节 测量集成稳压器总热阻的方法	316
一、散热器的热参数计算	316
二、测量低压差线性稳压器总热阻的方法	320

附录	323
附录 A 500 型指针万用表的常见故障分析	323
附录 B VC9808 + 型数字万用表的常见故障分析	326
附录 C 数字万用表校验仪	332
一、D030 系列数字万用表校验仪	332
二、VICTOR25 型多功能过程校准仪	333
参考文献	336
1. 1	336
2. 1	336
3. 1	336
4. 1	336
5. 1	336
6. 1	336
7. 1	336
8. 1	336
9. 1	336
10. 1	336
11. 1	336
12. 1	336
13. 1	336
14. 1	336
15. 1	336
16. 1	336
17. 1	336
18. 1	336
19. 1	336
20. 1	336
21. 1	336
22. 1	336
23. 1	336
24. 1	336
25. 1	336
26. 1	336
27. 1	336
28. 1	336
29. 1	336
30. 1	336
31. 1	336
32. 1	336
33. 1	336
34. 1	336
35. 1	336
36. 1	336
37. 1	336
38. 1	336
39. 1	336
40. 1	336
41. 1	336
42. 1	336
43. 1	336
44. 1	336
45. 1	336
46. 1	336
47. 1	336
48. 1	336
49. 1	336
50. 1	336
51. 1	336
52. 1	336
53. 1	336
54. 1	336
55. 1	336
56. 1	336
57. 1	336
58. 1	336
59. 1	336
60. 1	336
61. 1	336
62. 1	336
63. 1	336
64. 1	336
65. 1	336
66. 1	336
67. 1	336
68. 1	336
69. 1	336
70. 1	336
71. 1	336
72. 1	336
73. 1	336
74. 1	336
75. 1	336
76. 1	336
77. 1	336
78. 1	336
79. 1	336
80. 1	336
81. 1	336
82. 1	336
83. 1	336
84. 1	336
85. 1	336
86. 1	336
87. 1	336
88. 1	336
89. 1	336
90. 1	336
91. 1	336
92. 1	336
93. 1	336
94. 1	336
95. 1	336
96. 1	336
97. 1	336
98. 1	336
99. 1	336
100. 1	336

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