零点起步——技术工人维修技能速成丛书

万用表使用与维修速成图解

王艳春　程美玲　主编

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

图书在版编目(CIP)数据

万用表使用与维修速成图解/王艳春,程美玲主编.
—南京:江苏科学技术出版社,2008.3
(技术工人维修技能速成图解)
ISBN 978-7-5345-5892-4

Ⅰ.万… Ⅱ.王… Ⅲ.①复用电表—使用—图解②复用电表—维修—图解 Ⅳ.TM938.1-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第007398号

万用表使用与维修速成图解

主　　编　王艳春　程美玲
责任编辑　汪立亮
特约编辑　赵海娟
责任校对　郝慧华
责任监制　曹叶平

出版发行　江苏科学技术出版社(南京市湖南路47号,邮编:210009)
网　　址　http://www.pspress.cn
集团地址　凤凰出版传媒集团(南京市中央路165号,邮编:210009)
集团网址　凤凰出版传媒网 http://www.ppm.cn
经　　销　江苏省新华发行集团有限公司
照　　排　南京展望文化发展有限公司
印　　刷　江苏新华印刷厂

开　　本　787mm×1092mm 1/32
印　　张　8.875
字　　数　231 000
版　　次　2008年3月第1版
印　　次　2008年3月第1次印刷

标准书号　ISBN 978-7-5345-5892-4
定　　价　18.00元

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

内 容 简 介

本书是为无线电爱好者或从事家电维修的技术人员编写的，主要介绍了目前广泛使用的、较典型的指针式和数字式万用表的基本知识、使用方法以及常见故障的检修与调试。全书是结合多年教学实践和实际家电维修经验编写而成的，内容实用、原理分析深入浅出、通俗易懂，使广大无线电爱好者或从事家电维修的技术人员一看就懂，一学就会，达到速成的目的。

本书适合广大电子爱好者学习，也可供家用电器以及电子设备等行业的维修人员阅读、参考。

Forword 前　言

万用表具有用途多、量程广、使用方便等优点，是电子测量中最常用的工具。掌握万用表的使用方法与维修知识是电子技术的一项基本技能。本书就是为那些想尽快掌握万用表使用与维修的无线电爱好者或从事家电维修的技术人员编写的。

本书主要介绍目前广泛使用的、较典型的指针式和数字式万用表的基本知识、使用方法以及常见故障的检修与调试。全书是结合多年教学实践和实际家电维修经验编写而成的，内容实用、原理分析深入浅出、通俗易懂，使广大无线电爱好者或从事家电维修的技术人员一看就懂，一学就会，达到速成的目的。本书适合广大电子爱好者学习，也可供家用电器以及电子设备等行业的维修人员阅读、参考。

本书主要由程美玲高级工程师主编，参加编写的还有徐峰、余莉、高霞、郭永清、黄伟民、励凌峰、陈玲玲、王亚龙、李茵、崔俊、金英等同志。该书在编写过程中参考了大量的图书出版物和相关内部培训资料，在此向原作者和单位表示最诚挚的谢意。

限于作者水平，书中难免有错误和不当之处，恳请读者给予不吝指正。我们诚挚地希望本书能为广大无线电爱好者及家用电器维修朋友带来更多的帮助。

作　者

目　　录

第一章　万用表使用基础知识 …… 1
第一节　万用表的基本构成和工作原理 …… 3
一、指针式万用表的基本构成和工作原理 …… 3
二、数字式万用表的基本构成和工作原理 …… 10
第二节　万用表的选择和使用方法 …… 19
一、指针式万用表的选择 …… 19
二、数字式万用表的选择 …… 30
三、指针式万用表的使用方法和注意事项 …… 33
四、数字式万用表的使用方法和注意事项 …… 37
第三节　万用表中的测量电路 …… 53
一、指针式万用表中的电压、电流测量电路 …… 55
二、数字式万用表中的电压、电流测量电路 …… 60
三、指针式万用表中的电阻测量电路 …… 66
四、数字式万用表中的电阻测量电路 …… 67
第四节　万用表的技术性能与测量误差 …… 71
一、万用表的技术性能 …… 71
二、万用表常用标志符号 …… 78
三、万用表的测量误差及其计算 …… 80

第二章　万用表的基本功能与应用 …… 87
第一节　万用表检测基本元器件 …… 87
一、万用表检测电阻和电位器 …… 87
二、万用表检测电感 …… 90

需要全本请访问 www.ertongbook.com

三、万用表检测电容 …… 91
四、万用表检测二极管 …… 93
五、万用表检测晶体管 …… 95
六、万用表检测晶闸管 …… 102
第二节 万用表检修常用仪器仪表 …… 106
一、万用表检修仪器仪表 …… 107
二、万用表检修数字电压表 …… 110
三、万用表检修低频信号发生器 …… 114
四、万用表检修电子示波器 …… 118
五、万用表检修晶体管测试仪 …… 120
六、万用表检修万用表 …… 130
第三节 万用表检修家用电器 …… 135
一、万用表检修照明电路 …… 135
二、万用表检修吊扇 …… 141
三、万用表检修电视机 …… 143
四、万用表检修自动电热开水器 …… 153
五、万用表检修计算机显示器 …… 156
六、万用表检修洗衣机 …… 164
七、万用表检修电饭煲 …… 168
八、万用表检修电热水器 …… 169

第三章 万用表的功能扩展与使用技巧 …… 171
第一节 万用表测量电阻的应急使用技巧 …… 171
一、利用“差值法”测量电阻的工作原理 …… 171
二、测量注意事项 …… 172
第二节 万用表的测量功能扩展与使用技巧 …… 173
一、万用表测量温度 …… 173
二、万用表测量频率和转速 …… 176
三、万用表在线测量电阻 …… 185
四、万用表测量晶体管放大系数 …… 189

五、万用表测量相位差 …… 190
第三节　万用表的检测功能扩展与使用技巧 …… 195
一、万用表检测扬声器 …… 195
二、万用表检测磁头 …… 198
三、万用表检测显像管 …… 199
四、万用表检测继电器 …… 201

第四章　万用表的检修与维护 …… 205
第一节　万用表的检修方法 …… 205
一、指针式万用表的检修方法 …… 205
二、数字式万用表的检修方法 …… 212
第二节　万用表的常见故障及维修 …… 226
一、指针式万用表的常见故障及维修 …… 226
二、数字式万用表的常见故障及维修 …… 233

附录一　常用指针式万用表表头灵敏度和内阻 …… 242
附录二　常用数字式万用表主要技术指标 …… 245
附录三　常用指针式万用表主要技术指标 …… 261

第一章

万用表使用基础知识

万用表是一种使用广泛的仪表，它具有多用途、多量程、售价低、使用和携带方便等优点，不仅为电工和电子专业人员及家电维修人员所必备，也是广大电子爱好者最常用的测量工具。

万用表可以分为指针式和数字式两类。指针式万用表具有显示直观、显示易于反映信号变化倾向和信号与满度值之差等优点，其测量结果一般表现为指针沿刻度尺的位移，所以它属于模拟指示电测量仪表；数字式万用表则在准确度、分辨力、测量速度和耐负载能力等方面具有极大的优越性。目前，指针式和数字式万用表均有多种型号面市，能充分满足广大用户不同的需求。相对而言，指针式万用表售价较低，普及性好，故目前仍使用极广。

万用表的外形如图 1－1 和图 1－2 所示。其基本结构由三个部分组成：指示部分、测量电路和转换开关。

指示部分亦称“表头”或“测量机构”，是万用表的最重要部件，仪表的灵敏度和准确度等重要技术性能都取决于表头的性能。

测量电路的作用是将各种不同的被测电学量及温度转换成能够为测量机构所接受的直流电流或直流电压。一般来讲，万用表的测量电路是由多量程直流电流表、多量程直流电压表、多量程交流电压表、多量程交流电流表和多量程欧姆表等若干个电路组合而成。在某些万用表中，还附加有电容、电感、晶体管直流放大倍数和温度等测量电路。

万用表中的转换开关是万用表的重要部件之一，由许多固定触点和活动触点组合而成，这些触点的作用是选择测量线路和改变测量范

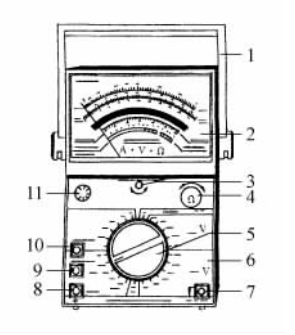


图 1－1　指针式万用表的外形

1—塑料提手；2—标度盘；3—零位调整器；4—欧姆调零旋钮；5—转换开关；6—指示牌；7—“－”插孔；8—“＋”插孔；9—高压测量插孔；10—5 A 插孔；11—h_{FE}测量插孔

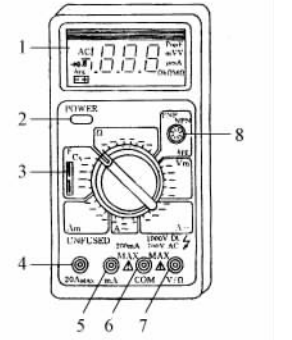


图 1－2　数字式万用表的外形

1—液晶显示器；2—仪表电源开关；3—电容测量插座；4—无熔丝最大值 20 A 测量插孔；5—最大值 200 mA 测量插孔；6—公共插孔；7—电压、电阻测量插孔；8—h_{FE}测量插座

围。转换开关的定位准确，触点接触良好可靠，步进轻松和绝缘性能好等是其最基本的要求。

转换开关的形式多种多样，如图 1－3 所示。所谓“刀”，就是指可

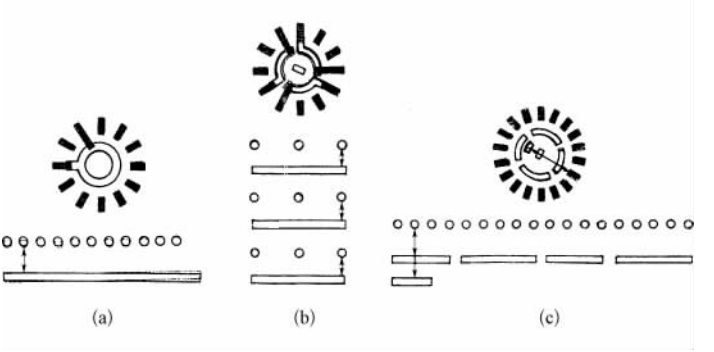


图 1－3　万用表中转换开关结构形式和符号图例

(a) 单刀 11 挡转换开关；(b) 3 刀 3 挡转换开关；(c) 单刀单层 18 挡转换开关

转动的开关滑片。图 1－3 分别画出了这几种转换开关的符号，图中箭头和小圆圈分别表示“刀”和“挡”(固定触点)，有时“刀”也用粗黑线表示，这类符号经常出现在万用表的线路图中。

第一节　万用表的基本构成和工作原理

一、指针式万用表的基本构成和工作原理

(一) 指针式万用表的基本构成

指针式万用表在结构上主要由三个部分组成，即测量机构(又称表头)、测量线路和转换开关。

1. 表头

万用表通常用高灵敏度的磁电式直流微安表作表头，表头刻度盘上刻有多种电量和多种量程的刻度。表头是万用表的关键部件。灵敏度、准确度等级、阻尼及升降差等大部分万用表的性能都取决于表头的性能。

灵敏度是万用表的重要指标之一，常用万用表表头满刻度电流为十几至几百微安，表头的满刻度电流越小，其灵敏度越高，表头特性就越好，同时功率损耗也越小，对被测电路的影响就越小。

2. 测量线路

测量线路的主要作用是把被测的电量转变成测量机构能接受的电量，如将被测的直流大电流通过分流电阻变换成表头能够接受的微弱电流，将被测的直流高压电压通过分压电阻变换成表头能够接受的低电压，将被测的交流电流(电压)通过整流器变换为表头能够接受的直流电流(电压)等。测量线路主要由各种类型、各种规格的电阻元件(如绕线电阻、金属膜电阻、碳膜电阻、电位器等)组成，此外还包括整流器件(如二极管)。

测量线路是万用表实现多种电量、多量程变换的电路。测量线路的改进，可使仪表的功能增多、操作方便、体积减小。

3. 转换开关

转换开关用来切换不同的测量线路，实现多种电量和多种量程的

选择。一般指针式万用表中均采用机械式转换开关，它由动触点和静触点组成，动触点又称为“刀”，静触点又称为“掷”，因而机械式转换开关又称为刀掷转换开关。

静触点固定在测量电路板上，动触点装在转轴上，当转换开关旋转时，转轴带动动触点随之旋转，当动触点与某一挡位静触点接触时，就接通了该挡的测量电路，实现了对不同测量电路的切换。对转换开关的要求是转动灵活、接触良好。

（二）测量原理

1. 直流电流的测量

万用表直流电流测量电路用磁电系微安表头并联一些分流电阻构成多量程，一般采用闭路式分流器，如图 1－4 所示。万用表测量直流电流时，转换开关拨到直流电流挡，测量电路与表头就构成了一个直流电流表，被测电流 I_X 的一部分或大部分将通过分流电阻 R_1，而小部分电流通过表头，从而扩大了直流电流挡的量程。分流电流的大小与分流电阻的大小成反比，改变分流电阻的大小即可改变仪表的测量范围。

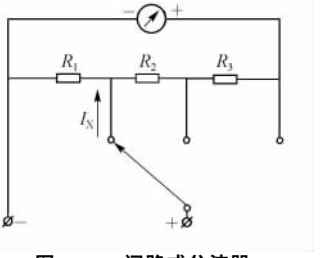


图 1－4　闭路式分流器

2. 直流电压的测量

在指针式万用表中，电压测量电路与电流测量电路所使用的表头是同一个磁电系微安表头。表头压降一般在十几至上百毫伏之间，如不加任何附加电阻，直接测量就只能作毫伏表用，这种电路虽然简单，但误差大，量程小，在实际应用中受到限制。

为扩大电压挡的测量范围，可采用在表头电路中串联附加电阻的方法，附加电阻也叫做分压电阻。高准确度万用表中的分压电阻一般采用线绕电阻，在准确度较低的万用表中，一般采用金属膜电阻或碳膜电阻。

电压挡的测量电路通常有三种方式，如图 1－5 所示。第一种是单用式（独立串联电阻结构），每一量程的串联电阻都是独立的，互不影响，调整误差时比较方便。当某一电阻损坏时，不影响其他电路；第二种是共用式（公用串联电阻结构），采用锰铜线绕电阻，多个量程共用几个电阻，较

需要全本请访问 www.ertongbook.com

为经济 第三种是单用、共用混合式，这种连接方式集中了前两者的优点。

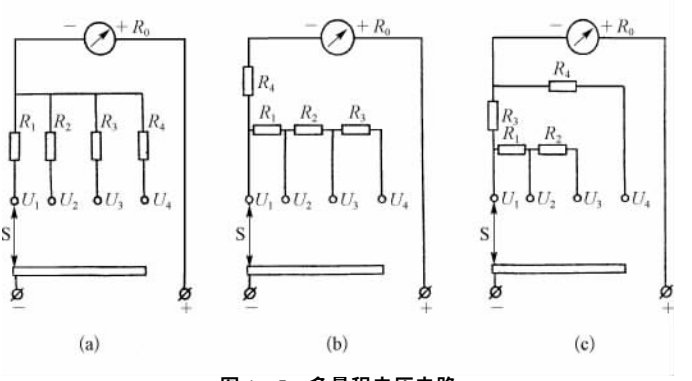


图 1－5　多量程电压电路

(a) 单用式；(b) 共用式；(c) 混合式

3. 交流电流的测量

由于磁电系表头只允许测量直流电流或直流电压，如需测量交流电量，则须采用整流装置。指针式万用表中最常用的是二极管整流电路，但并不是所有万用表均能测量交流电流，有的万用表中不设交流测量电路，如 MF47 型指针式万用表中就没有交流电流测量挡，而在一些数字式万用表中交流电流挡较为常见。

如果被测电流较小，则可直接对被测电流进行整流，由电流表指示，如图 1－6 所示。

要测量较大的交流电流时，应先分流，再对进入表头的电流进行整流，如图 1－7 所示，形成多量程的交流电流测量。整流的方法有两种：一种是半波整流电路，另一种是全波桥式整流电路。有的指针式万用表也采用电流互感器来扩大量程，如图 1－8 所示。采用电流互感器的电路，功率损耗小，可获得最佳的工作电压，电流互感器的一次绕组中引出不同抽头，即可改变量程。抽头的原则是保持总的磁动势（NI^2）不变，即测大电流时，对应的匝数少，始终保持 N 与 I^2 的乘积为定值，电流互感器二次绕组测量电路的工作状态始终保持不变。

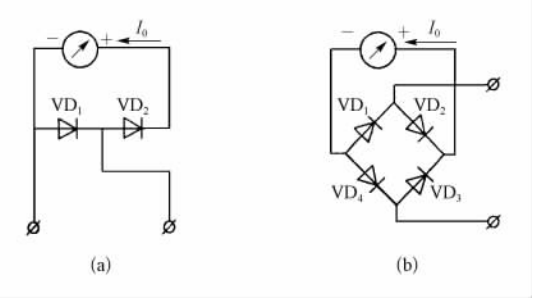


图 1－6　测量较小交流电流的电路

（a）半波整流；(b）全波桥式整流

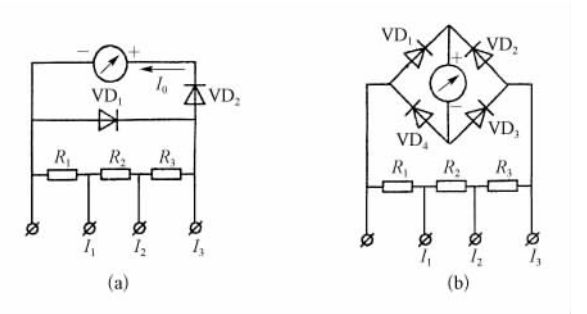


图 1－7　测量较大交流电流的电路

（a）半波整流；(b）全波桥式整流

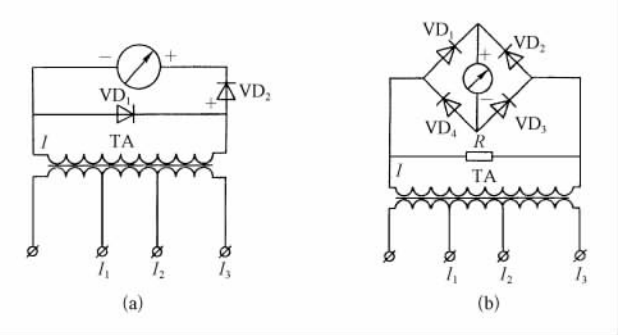


图 1－8　配电流互感器测量交流电流的电路

（a）半波整流；(b）全波桥式整流

4. 交流电压的测量

在测量交流电压时，测量电路必须有整流装置，把交流变为直流。整流器件可以采用锗或硅二极管，也可以采用氧化铜整流。整流器件的反向电阻越大，正向电阻越小，整流器件质量也就越好。交流电压测量整流电路有两种：一种是半波整流电路，另一种是全波桥式整流电路。

（1）半波整流电路

半波整流如图 1－9 所示。当被测电压为正半周时，a 端为正，b 端为负，此时二极管 VD_1 正向导通，VD_2 反向截止，被测的交流电压通过分压电阻 R_3、R_2、R_1，经 VD_1 流过表头和分流电阻 R_C，到达 b 端与被测电路构成闭合回路。

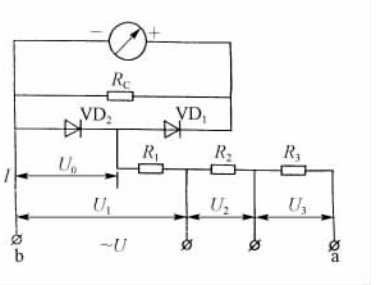


图 1－9　测量交流电压的半波整流电路

当被测电压为负半周时，a 端为负，b 端为正，VD_2 正向导通，VD_1 反向截止，被测电流直接从 VD_2 流入分压电阻 R_1、R_2、R_3 到达 a 点，并不经过表头和分流电阻 R_C。这样在交流电压的一个周期内，表头中通过的是经过半波整流后的直流电流，这是一种方向不变而大小却不断变化的周期性脉动电流。

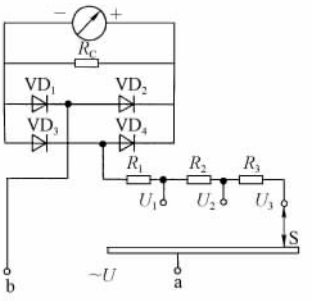


图 1－10　测量交流电压的全波桥式整流电路

（2）全波桥式整流电路

全波桥式整流电路如图 1－10 所示。电路采用四个整流器件 VD_1、VD_2、VD_3、VD_4，构成全波桥式整流电路。当被测电压为正半周时，a 端为正，b 端为负。VD_1、VD_4 正向导通，VD_2、VD_3 反向截止，被测电流经开关 S、分压电阻 R_3、R_2、R_1 及 VD_4 流过表头和分流电阻 R_C，再经 VD_1 到达 b 点，构成回路。被测电压负

半周时，a 端为负，b 端为正。VD_2、VD_3 正向导通，VD_1、VD_4 反向截止，被测电流经 VD_2 流过表头和分流电阻 R_C，再经 VD_3 流过 R_1、R_2、R_3 到达 a 端，构成回路。

在全波桥式整流电路中，正半周和负半周均有电流通过表头，但流过表头的电流是经全波整流后较为连续的脉动电流。

5. 电阻的测量

万用表的电阻挡实际上是一个多量程的串联式欧姆表。

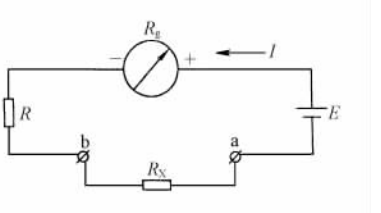


图 1-11　万用表电阻挡测量原理图

(1) 电阻挡的测量电路

万用表的电阻挡测量电路如图 1-11 所示，电路采用干电池作为电源，电源、表头和固定电阻串联。流过被测电阻的电流为

$$I = E/(R_g + R + R_X) \qquad (1-1)$$

式中　E——电池电压；

R——固定电阻；

R_X——被测电阻。

因为表头与固定电阻及电源串联，所以流过表头的电流与流过被测电阻 R_X 的电流是同一电流，因此，表头指针偏转角的大小与被测电阻 R_X 的大小有相对应的关系。由于流过表头的电流与被测电阻不是线性关系，所以电阻挡标度尺的刻度是非均匀的，当被测电阻 R_X 较大时，电路中的工作电流小，指针偏转角也小；当被测电阻 R_X 为零时，电路中的工作电流是满偏电流，指针满刻度偏转；当被测电阻 R_X 为无穷大时，电路中的工作电流近似为零，指针的偏转角度也近似为零(这时指针指在交流电压标度尺的零位上)，所以电阻挡的标度尺是反向刻度的，如图 1-12 所示。

(2) 分压式欧姆调零器

一般万用表电阻挡中使用一节 1.5 V 的干电池作为电源，有的万用表在高倍率电阻挡的电路中还采用 9 V 或 15 V 的积层电池作为电

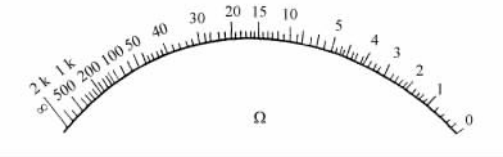


图 1－12　电阻挡标度尺

源电压。如果电池电压不产生变化，那么，当被测电阻 R_X 为零时，流过表头的电流就是满偏电流。但是在实际测量过程中，由于电压消耗或其他原因，会造成电池电压降低，从而引起流过表头的电流下降，不再是满偏电流，如果不进行调整，测量数据就会因电流减小而生产误差。为了减小这种误差，万用表中都采用了分压式欧姆调零电路，如图 1－13 所示。

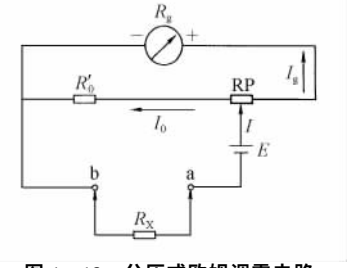


图 1－13　分压式欧姆调零电路

图中 R_X 为被测电阻，RP 为可调电位器，R_g 为表头内阻，I_g 为表头电流，I_0 为补偿电流。当电池电压稳定为 1.5 V 时，流过表头的电流 I_g 为满偏电流；电池电压下降时，由于电阻值不变，引起总电流 I 下降，造成表头电流 I_g 和补偿电流 I_0 下降。因此，在使用万用表电阻挡之前要进行欧姆调零。方法是将红黑两表笔短接，调整电位器 RP 的阻值，使滑片向右滑动，增大 I_0 支路的电阻，减小电流 I_0；同时减小表头支路的电阻，增大流过表头的电流 I_g，使表头电流达到满刻度，减小了测量误差。反之，如果指针超过满刻度也可以反向调整 RP 的阻值，使指针重新指在满刻度上。

(3) 欧姆中心值

欧姆中心值是指当万用表指针在标度尺的中心位置时所指示的值。

由图 1－11 可知 $I = E/(R_g + R + R_X)$，其中 R_g 为表头支路的等效电阻。当被测电阻 $R_X = 0$ 时，电路的电流为 $I_g = E/(R_g + R)$，为满偏

电流。当被测电阻 R_X 与表的总内阻相等时，即 $R_X = R_g + R$ 时，电路中的电流为 $I = E/(R_g + R + R_X) = E/[2(R_g + R)] = I_g/2$。这时，电路中的工作电流正好等于表头满刻度偏转电流 I_g 的一半，指针正好指示在欧姆刻度线的中心位置，因而，此时万用表的指示值被称为欧姆中心值。

万用表电阻挡的欧姆中心值具有以下几点意义：

① 万用表欧姆中心值等于该量程的总内阻，例如，MF47 型指针式万用表的欧姆中心值为 16.5 Ω，当选用 $R \times 1$ 挡时，该量程总内阻为 16.5 Ω。

② 确定了万用表电阻挡的有效测量范围。万用表电阻挡刻度线不均匀，当指针指在近似零位或指针指在无穷大位置时，无法得到准确的读数，虽然万用表欧姆挡标尺刻度为 0～∞，但是实际有效的测量范围只是靠近欧姆中心值的一小段范围内，一般为 0.1～10 倍的欧姆中心值为有效测量范围。例如，MF47 型指针式万用表的欧姆中心值为 16.5 Ω，如选用 $R \times 1$ 挡去测量一个 300 Ω 的电阻，则指针指示在 500～200 Ω 之间，无法得到准确的数据。

③ 确定了欧姆中心值，就可以按十进制扩大量限，使 $R \times 1$、$R \times 10$、$R \times 100$、$R \times 1$ k 各个量程共用一条刻度线，读数方便。

二、数字式万用表的基本构成和工作原理

（一）数字式万用表的基本构成

1. 普通数字式万用表的基本构成

普通数字式万用表的基本构成如图 1－14 所示。仪表的“心脏”是单片 A/D 转换器，典型产品有 ICL7106、ICL7136 型 3½位单片 A/D 转换器，ICL7135、ICL7129 型 4½位单片 A/D 转换器。外围电路主要包括功能转换器、测量项目及量程选择开关、LCD（或 LED）显示器，此外还包括蜂鸣器振荡电路、驱动电路、检测线路通断电路、低电压指示电路、小数点及标志符驱动电路。

数字式万用表常见的功能转换器主要包括电流/电压（I/U）转换器、交流/直流（AC/DC）转换器、电阻/电压（Ω/U）转换器、电阻阈值转

需要全本请访问 www.ertongbook.com