

无线电爱好者丛书

常用电子仪表的使用 与维护

梅 邨 主编



人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

常用电子仪表的使用与维护/梅邨主编; 赵文深等编写.

北京: 人民邮电出版社, 1995. 9

(无线电爱好者丛书)

ISBN 7-115-05734-6

I. 常... II. ①梅... ②赵... III. ①电子仪器-使用②电子仪器-维修 IV. TM930.7

内 容 提 要

本书全面而详尽地讲解了万用电表、示波器、各种信号发生器、频率特性测试仪、电路元件参数测量仪、场强仪、晶体管特性图示仪、毫伏表等常用仪器仪表的结构原理、测量原理、使用和维修经验, 尤其是结合目前实际, 以较大篇幅介绍了各种仪表实际应用的内容。

本书既注重普及, 又兼顾提高, 不仅具有实用性, 还便于自学。本书可供广大技术人员、学校师生、仪器仪表的使用者和维修者阅读。

无线电爱好者丛书

常用电子仪表的使用与维护

Changyong Dianzi Yibiao de Shiyong Yu Weihu

梅 邨 主 编

责任编辑: 张瑞喜

*

人民邮电出版社出版发行

北京朝阳门内南竹杆胡同 111 号

北京顺义振华印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本: 787×1092 1/16 1995 年 9 月 第 一 版

印张: 22 1995 年 9 月 北京第 1 次印刷

字数: 549 千字 印数: 1-6 000 册

ISBN 7-115-05734-6/TN·908

定价: 24.00 元

中国电子学会《无线电爱好者丛书》编委会

名誉主编：孟昭英

主 编：牛田佳

副主编：宁云鹤

编 委：（以姓氏笔画为序）：

王尔乾 王明臣 刘 诚

刘宪坤 安永成 孙彦昕

郑人杰 武世鹏 赵连凯

执行编委：李树岭 刘宪坤 孙中臣

无线电爱好者丛书前言

众所周知，迅速发展着的无线电电子技术，是一门应用十分广泛的现代科学技术。它的发展水平和普及程度是现代化水平的重要标志。为了普及电子技术知识，培养更多的无线电爱好者，适应现代化建设的需要，中国电子学会和人民邮电出版社约请有关专家编写了这套《无线电爱好者丛书》。

本丛书从无线电爱好者的实际条件出发，按照理论联系实际为指导思想，深入细致地讲述各种无线电元器件和常用电子电路的原理；介绍各种家用电器、电子设备（如收音机、扩音机、录音机、电视机、录像机、电子计算机、计算器、复印机、电子相机、常用电子仪器仪表、电子钟表、电冰箱、空调器、洗衣机、吸尘器、电风扇、电热器具等）的工作原理、制作技术、使用和维修方法，为无线电爱好者提供所需的各种技术资料及有关工具书，使读者通过阅读本丛书和不断动手实践，能逐步掌握应用电子技术的基本技能。本丛书的读者对象是各行各业的广大无线电爱好者。

我们衷心希望广大电子科学技术工作者、专家、学者和无线电爱好者，对这套丛书的编辑出版工作提出宝贵意见，给予帮助。让我们共同努力，为普及无线电电子技术，为实现我国现代化做出贡献。

前 言

有关电子仪表测量的书籍当今国内、外都较少。目前国内已出版的同类书大多内容面较窄，应用举例较少，故不能满足当前科技发展和教学需要。

电子测量技术在科学研究、生产建设中的作用是极为重要的。通过测量、设计、分析、归纳，才能使研究课题得以完成，才能使科学技术得以发展。从某种意义上说，近代科学技术水平是由电子测量技术的水平来保证和体现的。为此，大量从事电子技术的科技人员、工程人员、在校师生，都渴望有一本介绍常用电子测量仪表方面的书，使他们能掌握正确使用仪表的方法，提高分析测量结果，能设计测量方案，能排除故障等。鉴于这些情况，我们把自己多年在工作中积累的实践经验写出来，力求由浅入深、通俗易懂地把常用的电子仪表说清讲透，使本书既有普及的一面又有深入提高的一面。不仅具有实用性、可读性，还便于自学。

本书共分八章。其中第一章中的指针式万用表部分、第四章的电子计数器部分由梅邨执笔；第二章示波器由赵文深执笔；第三章信号发生器、第四章的频率特性测试仪部分、第五章电路元件参数测量仪、第七章中的晶体管特性图示仪的应用实例部分由李爱莲、陈叔远执笔；第六章场强仪由范立军执笔；第一章中的数字万用表部分、第四章中的电子计数器应用实例部分由龚新华执笔；第七章中的晶体管特性图示仪部分由刘玉玲执笔；第八章毫伏表由陈素华执笔。全书由梅邨担任主编并最后定稿。

本书在编写过程中承北京邮电大学王华芝副教授、娄瑜硕士、郭漫雪硕士、张良、何凌云、李炜同学的热情支持和仔细审阅，作了大量有效工作。在此谨向他们表示衷心感谢。

限于编者们的水平所限，书中的错误及不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 万用表	1
第一节 概述	1
第二节 指针式万用表	2
一、磁电式表头	2
二、指针式万用表选购指南	5
三、MF30 型指针式万用表	7
四、指针式万用表的基本使用方法	17
五、指针式万用表妙用举例	19
六、指针式万用表的常见故障排除	39
第三节 数字式万用表	41
一、概述	41
二、数字万用表的工作原理	44
三、DT-830 型数字万用表的电路测量原理	50
四、数字万用表的主要工作特性	57
五、数字万用表使用注意事项和检修	59
第二章 电子示波器原理与应用	70
第一节 示波器的组成与波形显示原理	70
一、示波器组成框图	70
二、示波管的构造与特点	71
三、示波器显示波形原理	73
第二节 示波器基本电路分析	76
一、日立 V-212 示波器简介	76
二、垂直系统电路	78
三、水平系统电路	85
四、校准信号发生器	89
五、Z 轴放大器	91
六、高压及显示电路	92
第三节 示波器的正确使用方法	94
一、面板各旋钮功能介绍	94
二、示波器使用注意事项	99
三、示波器基本使用方法	100
第四节 示波器应用实例	107
一、电子元件测量	107
二、电路网络测量	118
三、家用电器测试	133
第五节 示波器常见故障检修	151

一、检查故障的方法和步骤	152
二、故障的逻辑判断程序	154
三、双踪示波器常见故障分析	154
第三章 信号发生器	170
第一节 低频信号发生器	170
一、XD2 型信号发生器电路组成及基本原理	170
二、低频信号发生器的使用	172
三、常见故障及维修	174
四、低频信号发生器应用实例	176
第二节 高频信号发生器	178
一、电路组成及基本工作原理	178
二、XFG-7 型高频信号发生器的使用	181
三、XFG-7 型高频信号发生器应用实例	185
四、XFG-7 型高频信号发生器的常见故障及维修	185
第三节 脉冲信号发生器	186
一、脉冲信号发生器的基本原理	187
二、XC-16 型脉冲信号发生器的使用方法及使用注意事项	191
三、脉冲信号发生器的维修和校准	192
第四章 频率特性测试仪和电子计数器	194
第一节 频率特性测试仪	194
一、频率特性测试仪的基本组成和原理	194
二、BT-3 型频率特性测试仪的主要技术指标	196
三、BT-3 型频率特性测试仪的使用	196
四、频率特性测试仪应用实例	201
五、频率特性测试仪的检修	204
第二节 电子计数器	208
一、电子计数器的基本工作原理	209
二、电子计数器的测量原理	221
三、QB307 型计数器	227
四、QB307 型计数器的检测与常见故障排除	233
第五章 电路元件参数测量仪	248
第一节 电路元件的模型	248
一、电阻器	248
二、电感线圈	248
三、电容器	248
四、参数测量法	249
第二节 电桥	250
一、直流电桥	250
二、电感电桥	250
三、电容电桥	251

四、万用电桥·····	252
第三节 高频 Q 表·····	255
一、用途·····	255
二、Q 表工作原理·····	255
三、用法与保养·····	256
第六章 电视场强仪·····	261
第一节 一般电视场强仪的基本构成及测量原理·····	261
第二节 LFC-945 型电视场强仪·····	262
一、主要技术性能及特征·····	262
二、构成及基本操作原理·····	263
三、使用方法·····	265
四、应用举例·····	267
第七章 晶体管特性图示仪·····	272
第一节 晶体管特性图示仪工作原理·····	272
一、晶体管特性图示法·····	272
二、同步脉冲产生电路·····	274
三、阶梯波电压产生电路·····	276
四、阶梯波放大电路·····	279
第二节 JT-1 型晶体管特性图示仪的技术特性、使用和维护·····	282
一、JT-1 型图示仪主要技术指标·····	282
二、面板上各旋钮的功能·····	283
三、操作步骤和使用方法·····	285
四、故障维修·····	289
第三节 JT-1 型晶体管特性图示仪的应用实例·····	301
一、晶体三极管测试·····	301
二、场效应晶体管测试·····	305
三、可控硅的特性及其参数测试·····	312
四、光电耦合器的测试·····	318
五、数字逻辑电路参数的测试·····	321
第八章 毫伏表·····	329
第一节 概述·····	329
一、毫伏表的种类·····	329
二、技术指标·····	329
三、特点·····	330
第二节 毫伏表的基本工作原理·····	331
一、毫伏表的电路框图·····	331
二、放大—检波式毫伏表表盘刻度特性·····	332
第三节 电平概念·····	335
一、功率电平·····	335
二、电压电平·····	336

三、绝对电压电平与绝对功率电平的换算.....	336
第四节 毫伏表的使用与维修.....	337
一、如何使用毫伏表.....	337
二、毫伏表的常见故障与维修.....	338
参考书.....	341

第一章 万用表

万用表（或称作多用电表、万用电表）是一种最常用的多种用途的仪表。不仅从事电子技术的专门人员需要它，广大的业余无线电爱好者也需要用它来调试电路和维修仪器。所以正确地选择、使用和简单维修万用表是非常重要的。为此，首先应对万用表的类型、结构、工作原理、技术指标等有足够的了解。本章就分别介绍这些内容。

第一节 概述

万用表分成指针式和数字式两种类型。

指针式万用表是由磁电式微安表头上加一些元、器件构成的。当表头并联上不同阻值的分流电阻时，就构成不同量程的直流电流表；当表头串联上不同阻值的分压电阻时，就构成不同量程的直流电压表；当表头上加上整流器、分流电阻或分压电阻时，就构成多量程的交流电流和交流电压表；当表头外接电池和加上附加电阻、分流电阻时，就构成多量程的欧姆表。在此基础上还可以扩大范围，如测量晶体管类型、参数，测电感、电容值，测量放大器的特性等。万用表也正是由此而得名的。

数字式万用表是在模拟指针刻度测量的基础上，用数字形式直接把检测结果显示出来。它由直流数字电压表或加上一些转换器构成。不加任何转换器时，直流数字电压表只能用来测量直流电压值。当直流数字电压表加上“AC—DC（交流电压—直流电压）转换器”时，就构成多量程的交流电压表；在直流数字电压表前加上“ I — V （电流—电压）转换器”时，就构成多量程的交、直流电流表；在直流数字电压表前加上“ Ω — V （电阻—电压）转换器”时，就构成多量程的欧姆表。

由于数字式万用表采用了大规模集成电路，故与指针式万用表相比它具有如下一些优点：

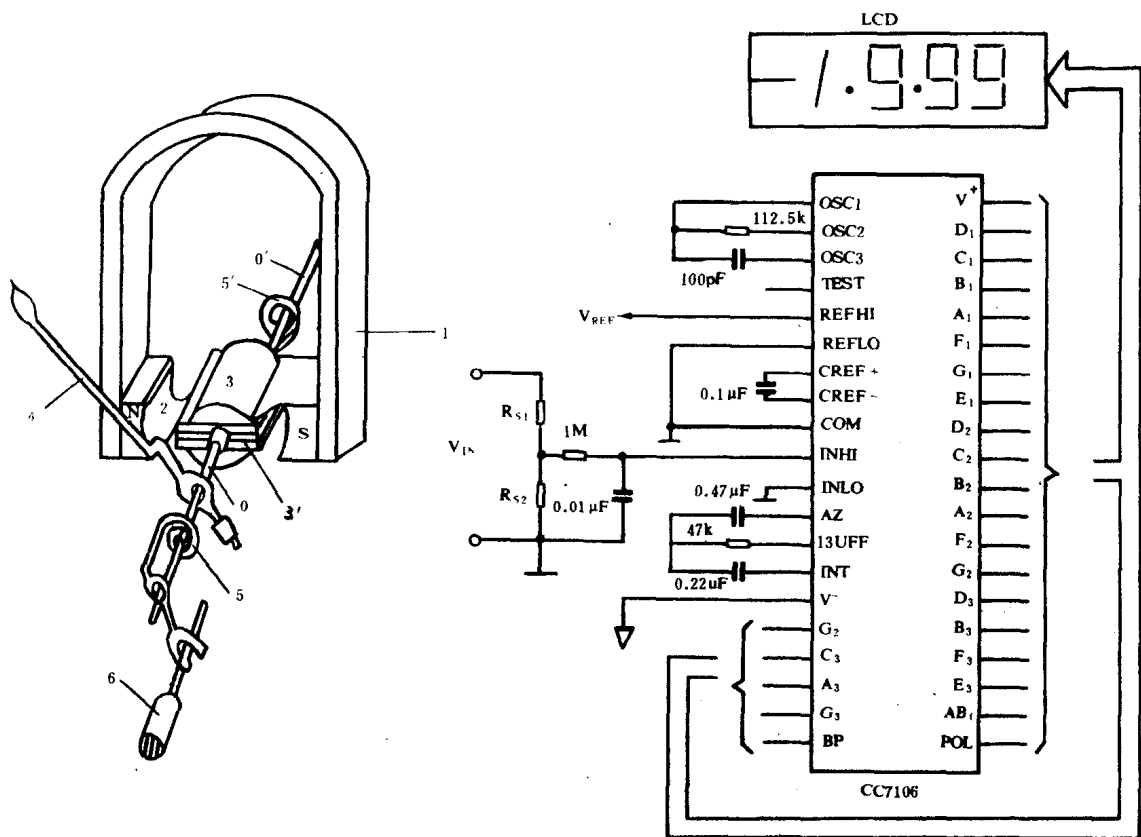
- ① 读数容易、准确。
- ② 测量精度高。
- ③ 因为内阻高，所以测量误差可以达到很小。
- ④ 性能稳定、工作可靠，耐用。
- ⑤ 在强磁场下也能正常工作。

尽管数字式万用表具有如此多的优点，但由于指针式万用表具有结构简单、读数直观、方便、可靠性高、价格便宜等特点，所以相当长的时间内，它仍会占有一定的地位，仍会被人们广泛使用。

无论是指针式还是数字式万用表，其结构特点都是用一块表头或一块液晶显示器来指示读数；用转换器、转换开关，把表头指示设在不同档位上，以实现各种不同的测量目的。

图 1-1-1 是磁电式表头的基本结构图。它由固定和可动的两部分组成。固定部分由永久磁铁 1、极靴 2 和圆柱铁心 3 组成。其作用是使气隙中具有均匀的磁场。可动部分由绕在铝框上的线圈 3'、前后两根轴 0 和 0'、两个螺旋弹簧 5 和 5'、指针 4、机械零位调整器 6 组成。其

作用是使指针偏转角 α 正比于被测量电流 I 的数值。



1—永久磁铁；2—极靴；3—圆柱铁心；
3'—线圈；0和0'—轴；4—指针；
5和5'—螺丝弹簧；6—机械零位调整器。

图 1-1-1 磁电式表头的基本结构图

图 1-1-2 液晶显示直流数字电压的原理结构图

图 1-1-2 是一种液晶显示直流数字电压表的原理结构图。它是由 $3\frac{1}{2}$ 位液晶显示屏与取样速率为 2.5Hz 的 A/D 转换器——CC7106 集成块组成的。具体结构是直流输入电压加至 CC7106 的 INHI 端，参考电压加至 CC7106 的 REFHI 端，再把直流输入电压的地端 INLO（模拟信号公共端 COM）与参考电压的低端 REFLO 连接（接地）。经 A/D 转换，输出数字信号由液晶显示器把这些数字显示出来。最大显示数字是（1999 或 -1999），当电池电压低于工作电压时，在显示屏上显示出“0”符号。

第二节 指针式万用表

一、磁电式表头

指针式万用表的核心部分是磁电式表头。下面首先对磁电式表头的工作原理、内阻、灵

敏度、技术特性作一些介绍。

1. 表头的工作原理

表头是利用通有电流的线圈在磁场中受电磁力作用，使指针转动的原理制成的。为了使指针的偏转角度准确、无误，能快速地表示被测电流的大小，如图 1-1-1 所示，在结构上考虑了以下几个主要力矩。

(1) 转动力矩

该力矩是通流线圈受电磁力作用而产生的。当线圈通过电流时，它在均匀磁场中就会受到磁力的作用，根据左手定则可以确定力的方向是与线圈平面相垂直的、并且产生在线圈的两边。这两个大小相等方向相反的力就会对线圈形成转动力矩，使线圈发生偏转。转动力矩大小与通过线圈的电流大小成正比。

(2) 反动力矩

该力矩是由螺旋弹簧产生的。当反动力矩与转动力矩相等时，指针头就停止在某固定位置上，形成一偏转角。被测电流愈大，转动力矩就愈大，指针偏转角随之也愈大。因此，指针的偏转角大小可以直接代表被测电流的大小，它们呈线性关系。

(3) 阻尼力矩

该力矩是由转动的铝框受电磁力作用而产生的。因为线圈转动就会带动铝框一起转动，这时穿过铝框的磁通就会发生变化，从而产生感应电流。这个与通流方向相反的电流在磁场中也会产生与转动力方向相反的力，对铝框形成阻尼力矩，减小指针因为惯性作用而来回摆动，而是很快地停止在平衡位置上。

(4) 摩擦力矩

该力矩是当线圈转动时，转轴与轴承间产生的一个力矩。这个力矩将影响指针的指示偏差。通常转轴和轴承都采用良好的材料制作，并经过研磨，以减小转轴与轴承之间的摩擦，提高读数的准确度。

2. 表头内阻与表头灵敏度

表头内阻是指表头线圈和两个弹簧的直流电阻，通常可以通过测量得到。常用的测量方法有以下两种：

(1) 半偏法

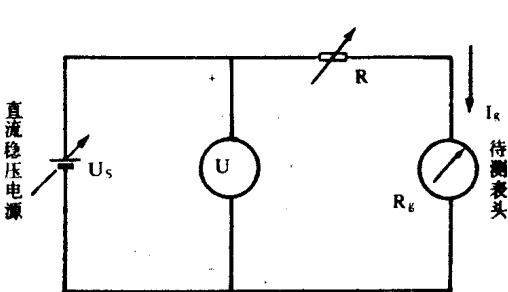


图 1-2-1 用半偏法测量表头内阻

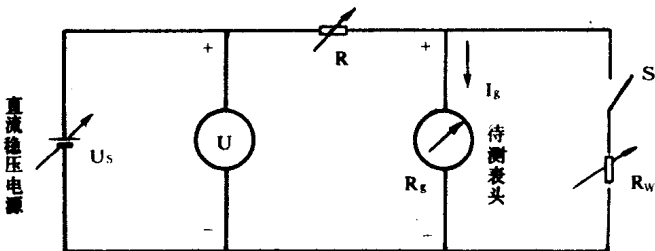


图 1-2-2 用定值偏转法测量表头内阻

测量电路如图 1-2-1 所示。调节直流稳压电源 U_s 和可变电阻 R ，使待测表头的电流指示达最大值 I_g （满偏），其值为：

$$I_g = \frac{U}{R_1 + R_g} \quad (1-2-1)$$

式中 U 为直流稳压电源提供的电压值, R_1 为满偏时的可变电阻 R 的阻值。

保持 U 不变, 调节可变电阻 R , 使被测表头的电流指示为 $\frac{I_g}{2}$ (半偏), 这时可得:

$$\frac{I_g}{2} = \frac{U}{R_2 + R_g} \quad (1-2-2)$$

R_2 为半偏时的可变电阻 R 的值。

联立式 (1-2-1) 与 (1-2-2) 可得表头内阻 R_g 为:

$$R_g = R_2 - 2R_1 \quad (1-2-3)$$

(2) 定值偏转法

测量电路如图 1-2-2 所示。在没有合上开关 S 时, 与半偏法一样, 先调节直流稳压电源 U , 和可变电阻 R , 使待测表头的电流指示达最大值 I_g (满偏), 其值应如式 (1-2-1) 所示。然后合上开关 S , 把可变电阻 R 值降至一半, 即 R_2 为 $\frac{R_1}{2}$, 再调节 R_w , 使表头的电流指示仍保持在满偏, 此时 I_g 与电源电压、可变电阻的关系为:

$$I_g = \frac{U}{R_2 + R_g // R_w} \cdot \frac{R_w}{R_g + R_w} \quad (1-2-4)$$

解联立式 (1-2-1) 与 (1-2-4) 可得表头内阻 R_g 为:

$$R_g = R_w \quad (1-2-5)$$

表头灵敏度是指指针偏转到表头最右端 (满偏时), 流过表头的电流值 I_g 。若 I_g 小, 说明表头只需较小的电流就可使表头指示达到满偏。 I_g 愈小, 则说明表头的灵敏度愈高, 可以用来测量更微小电流。

表头灵敏度也可以通过测量得到, 常用的方法有以下两种:

(1) 直读法

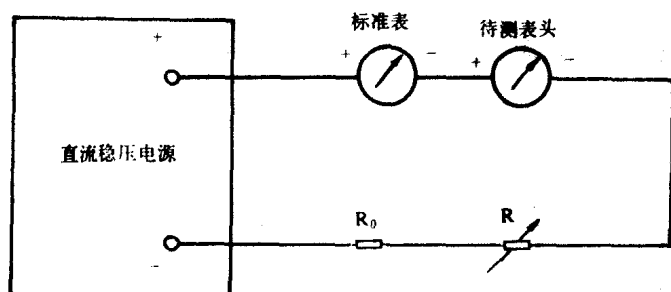


图 1-2-3 用直读法测量表头灵敏度

测量电路如图 1-2-3 所示。将待测微安表头与标准微安电流表串联, R_0 应在几十 $k\Omega$ 以上, 改变直流稳压电源值和可变电阻 R , 使得被测表头指示达满偏, 则此时标准微安电流表上的读数即为表头灵敏度 I_g 。

(2) 计算法

测量电路如图 1-2-4 所示。它与图 1-2-3 相比可知, 它是用计算的方法来代替标准微安电流表, 所以, 测量方法应与直读法相同, 即改变直流稳压电源值和可变电阻, 并记下直流稳压值 U 及可变电阻值 R_1 , 则表头灵敏度 I_g 就可通过计算得到。即:

$$I_g = \frac{U}{R_0 + R_1 // R_v} \quad (1-2-6)$$

式中 R_v 为电压表内阻。

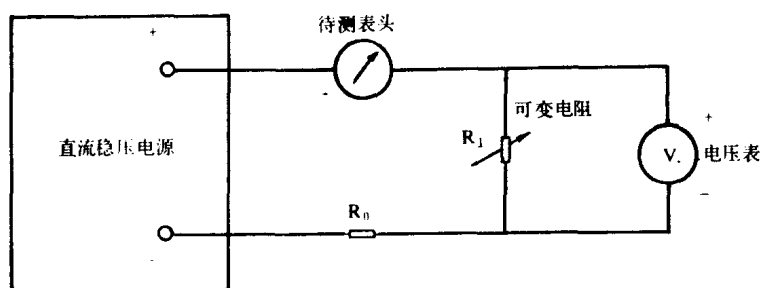


图 1-2-4 用计算法测量表头灵敏度

二、指针式万用表选购指南

指针式万用表的种类很多，使用者如何选用一块适合自己使用的表呢？应该从以下几点着手：

(1) 测量范围

一般万用表的基本测量范围有直流电流档、直流电压档、交流电压档、电阻档。但不同类型的万用表还有其独特的测量范围。如：MF30 型、508 型的万用表可以测量电容量和电感量；DY1 型的万用表不但可以测量大范围的电容量和电感量（0~10000 μ F 的电容量，0~1H 的电感量），而且准确度高，一般 $\leq 4\%$ ，可以替代电桥。MF30 型、MF50 型、MF11 型的万用表还可以测量晶体管的 h_{FE} 值；MF20 型万用表具有较高的交流输入阻抗，故在音频范围内可以代替电子管电压表。

(2) 工作频率范围

一般万用表的工作频率范围是 45~2000Hz。但 MF10 型的频率范围较宽，在交流电压 10~50V 档时，工作频率可达 5000Hz。

(3) 准确度（精度）

准确度是指万用表的基本测量误差。万用表的基本测量误差范围是 $\pm 1\% \sim \pm 5\%$ 。通常把 $\pm 1\% \sim \pm 5\%$ 范围内的误差分为四级，即 1.0 级（表示 $\pm 1\%$ 的基本误差）、1.5 级（表示 $\pm 1.5\%$ 的基本误差）、2.5 级（表示 $\pm 2.5\%$ 的基本误差）、5.0 级（表示 $\pm 5\%$ 的基本误差）。一般万用表的直流电流档为 1.0~2.5 级，直流电压档为 1.5~2.5 级，交流电压档为 2.5 级，电阻档为 2.5~5 级。MF18 型的准确度最高，直流电流、直流电压、电阻档都是 1.0 级。

(4) 测量误差

引起万用表测量误差的原因是随万用表用途不同而不同的。当万用表置在电流档作电流表用时，电流表的内阻就会引起被测电流读数的误差。这误差可由图 1-2-5 来说明。图中 E 是定压直流源； R_L 是负载（或是被测电路的总电阻）； R_i 为万用表作电流表时的内阻，是由表头内阻和分流电阻（见电流表的测量电路）组成； P 代表无内阻的指示器。

如果 $R_i = 0$ ，则回路电流为：

$$I_0 = \frac{E}{R_L} \quad (1-2-7)$$

如果 $R_i \neq 0$ ，则回路电流为：

$$I_1 = \frac{E}{R_1 + R_z} \quad (1-2-8)$$

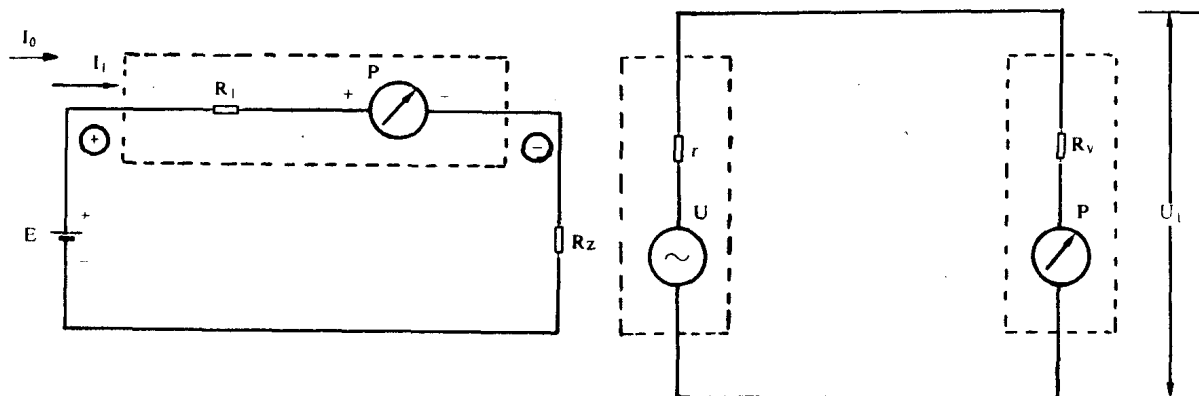


图 1-2-5 万用表测电流时其内阻引起的误差 图 1-2-6 万用表测电压时其内阻引起的误差

比较式 (1-2-7) 与式 (1-2-8), 显然考虑了内阻的测量电流 I_1 (实际电流) 比不考虑内阻的理想电流 I_0 小。小的程度随 R_1 的增加而增加。引起的测量误差用 r_1 表示, 则:

$$r_1 = \frac{I_1 - I_0}{I_0} \times 100\% \quad (1-2-9)$$

r_1 愈小 (即 R_1 愈小) 说明测量误差愈小, 通常要求万用表电流档内阻 R_1 应 $\leq 100R_z$ 。有时也用满度压降 U_M 来表示电流表内阻引起的误差:

$$U_M = I_M \cdot R_1 \quad (1-2-10)$$

式中 I_M 是某电流量程档的最大值, R_1 是该档的内阻。同理 U_M 值愈小, 说明测量误差愈小。通常要求 $U_M < 1V$, 如 MF30 型表在 5mA 档的 R_1 为 148Ω , 则 $U_M = 5mA \times 148\Omega = 0.74V$ 。

当万用表置于电压档作电压表用时, 其内阻 R_v 也会引起被测电压读数的误差, 这误差可用图 1-2-6 来说明。图中 U 为被测电压, r 为被测电路的内阻, P 表示内阻为零的指示器, R_v 为万用表当作电压表时的内阻, U_1 为万用表电压档的读数。于是:

$$U_1 = \frac{R_v}{r + R_v} \cdot U \quad (1-2-11)$$

如果 $R_v \gg r$, 由式 (1-2-11) 可知 $U_1 = U$ 。用 r_v 来表示此时的测量误差, 则有:

$$r_v = \frac{U_1 - U}{U} \times 100\% \quad (1-2-12)$$

r_v 愈小 (即 R_v 愈大), 说明引起的误差愈小。通常要求 R_v 应大于等于 $100r$ 。

有时也用电压灵敏度 S_v (Ω/V) 来表示电压表内阻引起的误差, 定义:

$$S_v = \frac{R_v}{U_M} \quad (1-2-13)$$

式中:

R_v : 万用表当作电压表时的内阻

U_M : 电压量程档的最大值

电压表量程档一定时, S_v 愈高, R_v 愈大, 电压表内阻引起的误差愈小。 S_v 的大小主要取决于表头灵敏度 I_g 。如 MF30 型万用表采用的是 $I_g = 40.6\mu A$ 的表头, 则:

$$S_v = \frac{1}{I_g} = \frac{1}{40.6 \times 10^{-6}} = 24630 \Omega/V \quad (1-2-14)$$

同时我们可以看到，在万用表已选定的情况下（即 S_V 一定时），电压表量程 U_M 愈大， R_V 就愈大，电压表内阻引起的误差愈小。如 MF30 型万用表，当 $U_M=1V$ 档时， $R_V \approx 24.6k\Omega$ ；当 $U_M=500V$ 档时， $R_V=24.6 \times 10^3 \times 500=12.3M\Omega$ 。当然，在选用“量程档”时要综合考虑，不要一味追求降低电压表内阻引起的误差，而忽视了别的误差。如被测电压是个小值时，我们选用大量程，就会因为指针偏转角太小，而引起读数误差。当万用表置在电阻档作欧姆表用时，欧姆表的内阻也会引起误差 r_R 。因为欧姆表内阻在表盘上是以中心阻值 r_R 来表示的，所以：

$$r_R = \frac{\text{实际测得的中心阻值} - \text{表盘上指示的中心阻值}}{\text{表盘上指示的中心阻值}} \times 100\% \quad (1-2-15)$$

这种指示方法常因弧长、刻度而引起读数误差。

以上介绍选用万用表的几个原则，读者可以根据自己的主要用途加以考虑。本书将以 MF30 型作为解剖万用表的例子，它的性能与同类大型表相同，而且测量范围相当大。它不仅可当作电流表、电压表、欧姆表用，还可以代替电桥测电感量、电容量，晶体管 h_{FE} 值。它测量的量程多、体积小、重量轻，便于携带，价格也低。故除供专用人员使用外，还可供广大业余无线电爱好者使用。

三、MF30 型指针式万用表

1. MF30 型指针式万用表的测量电路和工作原理

(1) 直流电流表的测量电路和工作原理

因为磁电式表头的指针偏转角 α 与通过线圈的电流成正比，因此，把表头串在被测电路里，其刻度盘上读数就是被测电流的大小。但值得注意的是，表头满偏电流一般均小于或等于几百微安，所以测量较大电流和多量程电流时必须分别加上不同的分流器。

MF30 型万用表的直流电流测量电路如图 1-2-7 所示。图中 $\ominus$ 表示接黑表笔， $\oplus$ 表示接红表笔（下同）。

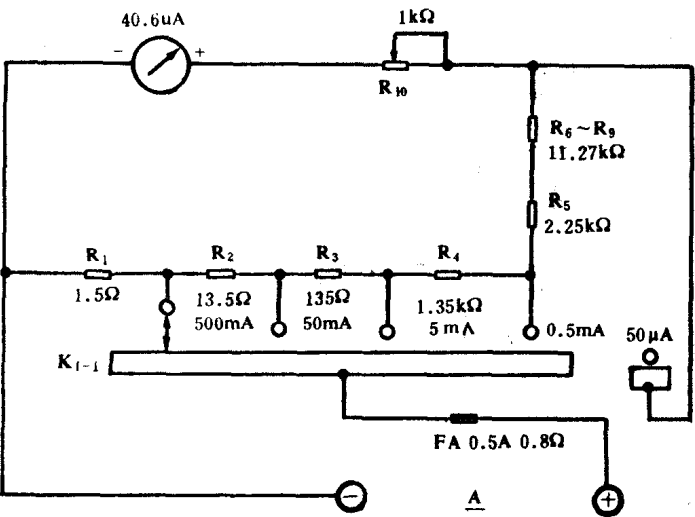


图 1-2-7 MF30 型万用表的直流电流测量电路

简化图 1-2-7，即可得到测量直流电流的工作原理图，如图 1-2-8 所示。

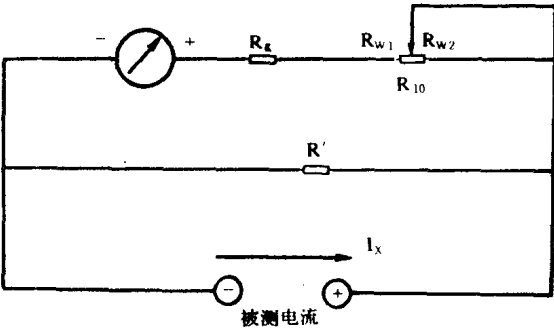


图 1-2-8 测量直流电流的工作原理图

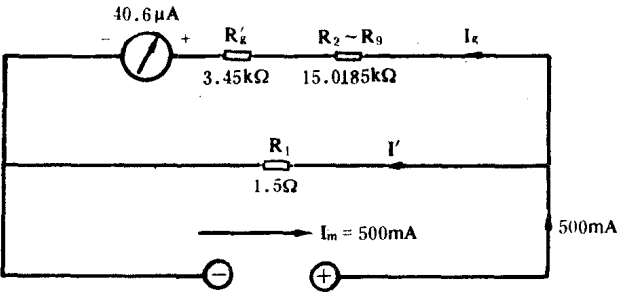


图 1-2-9 500mA 档直流电流的测量电路

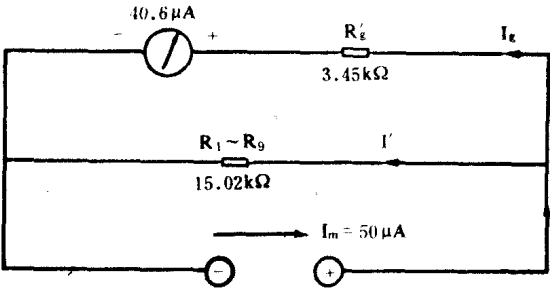


图 1-2-10 50μA 档直流电流的测量电路

其中 R_g 为表头内阻， R_{10} 用来调整表头灵敏度。MF30 型的 $R_g' = R_g + R_{w1} = 3.45$ (kΩ)， R' 是分流电阻。测量的量程档愈大， R' 应该愈小，分流愈多，以保证指针不超过满偏。这里以 500mA 档和 50μA 档为例来说明。它们的测量电路分别如图 1-2-9 和图 1-2-10 所示。

比较图 1-2-9 和图 1-2-10 可见，500mA 档的分流电阻 $R' = R_1 = 1.5\Omega$ ，而 50μA 档的分流电阻 $R' = R_1 \sim R_9 = 15.02k\Omega$ ，故前者分流多 ($I' = 500mA - 40.6\mu A$)，后者分流少 ($I' = 50 - 40.6 = 9.4\mu A$)。正如图 1-2-7 所示，接上不同的分流电阻，就成为多量程的直流电流测量电路。

(2) 直流电压表的测量电路和工作原理

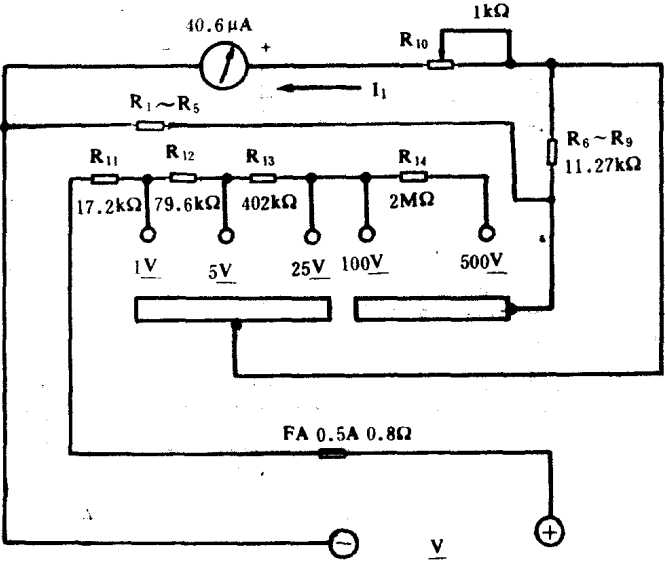


图 1-2-11 MF30 型万用表直流电压测量电路