

D Z J S R M

电子技术入门丛书



万用表使用维修入门

浙江科学技术出版社

吴桂秀 编著

电子技术入门丛书

万用表使用维修入门

浙江科学技术出版社

电子技术入门丛书
万用表使用维修入门

吴桂秀 编著

✱

浙江科学技术出版社出版
千岛湖环球印务公司印刷
浙江省新华书店发行

✱

开本 787 × 1092 1/32 印张 10.25 插页 1 字数 228 000

2001 年 3 月第 1 版

2001 年 8 月第 2 次印刷

ISBN 7 - 5341 - 1461 - 6/TM·5

定 价: 14. 00 元

责任编辑: 朱振东

封面设计: 金 晖

前 言

万用表具有测量功能多、量程宽、操作简单和携带方便等特点，是科研、教学、生产第一线技术人员以及广大电子爱好者手中必备的工具。

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、使用和调试修理的方法。内容以实用为主，理论分析为辅，在编写时力求由浅入深、简要明了，并配有大量插图，便于读者理解和掌握。

本书可供家用电器和电子设备等行业的维修人员以及广大的电子爱好者阅读、参考。

由于作者水平和经验有限，书中难免会有缺点和错误，欢迎广大读者批评指正。

编著者

2000 年 10 月

目 录

第一章 万用表的基本知识	1
第一节 磁电系表头结构和工作原理	4
一、概述	4
二、外磁式磁电系表头结构	6
三、磁电系表头工作原理	8
第二节 数字式电压表基本结构原理	12
一、数字式电压表集成电路介绍	12
二、数字式电压表的优越性	16
第三节 万用表中的电流、电压测量电路	18
一、指针式万用表中的直流电流测量电路	18
二、指针式万用表中的直流电压测量电路	23
三、指针式万用表中的交流电压测量电路	26
四、指针式万用表中的交流电流测量电路	30
五、数字式万用表中的直流电压测量电路	31
六、数字式万用表中的直流电流测量电路	33
七、数字式万用表中的交流电压测量电路	35
八、数字式万用表中的交流电流测量电路	37
第四节 万用表中的电阻测量电路	37
一、指针式万用表中的电阻测量电路	37
二、数字式万用表中的电阻测量电路	44
第五节 数字式万用表中的其他典型电路	49
一、晶体管 h_{FE} 测量电路	49

二、 电容测量电路	50
三、 供通、断测试挡用的蜂鸣器电路	53
四、 二极管检测电路	55
五、 温度测量电路	56
六、 小数点及低压指示符的驱动电路	58
第六节 万用表的技术性能和测量误差	59
一、 指针式万用表技术性能	60
二、 数字式万用表技术性能	62
三、 万用表常用标志符号	67
四、 万用表测量误差的估计	69
第二章 万用表的使用	73
第一节 万用表的正确使用	73
一、 使用规则	73
二、 注意事项	74
第二节 电阻、电容和电感元件的检测	75
一、 电阻和电位器的检测	75
二、 电容的检测	79
三、 电感的检测	84
第三节 常用电子器件的检测	88
一、 半导体二极管和三极管的检测	88
二、 可控硅和双向二极管的检测	98
三、 单结晶体管的检测	107
四、 场效应管的检测	112
五、 集成运算放大器的检测	117
六、 数字集成电路的检测	122
七、 音频功放电路的检测	131
八、 555 时基电路的检测	133

九、三端集成稳压器的检测	136
第四节 常用传感器的检测	141
一、光敏电阻的检测	141
二、热敏电阻的检测	143
三、三端集成恒流源、温度传感器的检测	145
四、集成霍尔传感器的检测	150
第五节 数码显示器件的检测	154
一、辉光数码管的检测	154
二、荧光数码管的检测	158
三、发光二极管数码管的检测	160
四、液晶数字显示器的检测	165
第六节 万用表的其他使用	168
一、扬声器、变压器和互感器的极性检测	168
二、电动机定子绕组始末端和磁极对数的判别	171
三、红外发光二极管的检测	173
四、话筒和耳机的检测	175
五、电子手表和电子钟的检测	177
第三章 指针式万用表常见故障和维修	184
第一节 指针式万用表常见故障的检查	184
一、指针式万用表的外观检查	184
二、指针式万用表的直观检查	184
三、采用通电方法检查	185
四、检查、分析故障的一般程序	189
第二节 磁电式表头常见故障和调试修理	190
一、磁电式表头基本参数测试	190
二、磁电式表头常见故障现象和原因	193
三、磁电式表头常见故障修理	194

第三节 测量电路的调试修理	217
一、 直流电流部分常见故障和调试修理	217
二、 直流电压部分常见故障和调试修理	220
三、 交流电压和交流电流挡的常见故障及调试修理	222
四、 电阻挡的常见故障和调试修理	224
第四节 转换开关的常见故障和调试修理	225
一、 转换开关定位装置结构	225
二、 转换开关常见故障和调试修理	226
第五节 指针式万用表的检定设备	228
一、 指针式万用表检定设备的要求	228
二、 三用表校验仪主要技术指标	229
第四章 数字式万用表常见故障和调试修理	231
第一节 数字式万用表常见故障检查方法	231
一、 直观检查法	231
二、 参数测量法	232
三、 短路法、断路法和替换法	232
四、 信号观察法和跟踪法	234
五、 其他方法	235
第二节 检修数字式万用表的准备工作及一般步骤	237
一、 检修数字式万用表的基本设备	237
二、 检修数字式万用表注意事项	239
三、 检修数字式万用表的一般步骤	241
第三节 数字式万用表的常见故障现象和原因	242
一、 显示故障现象和原因	242
二、 直流电压和直流电流挡的故障现象和原因	243
三、 交流电压挡的故障现象和原因	245
四、 电阻挡的故障现象和原因	246

五、 二极管挡和蜂鸣器挡的故障现象和原因	246
六、 其他功能故障现象和原因	247
第四节 数字式万用表的调试方法	248
一、 显示值允许误差计算	248
二、 DT 830A 型数字式万用表调试方法	252
三、 DT 890C + 型数字式万用表调试方法	263

附录

附录一 $3\frac{1}{2}$ 位数字式万用表常用集成电路引脚功能	276
附录二 常用游丝的规格	278
附录三 轴尖的公称尺寸	280
附录四 常用漆包铜线规格	281
附录五 锰铜合金线和镍铜合金线的电阻	284
附录六 常用指针式万用表表头灵敏度和内阻	286
附录七 常用锌-锰干电池特性	288
附录八 常用数字式万用表主要技术指标	289
附录九 常用指针式万用表主要技术指标	304

第一章 万用表的基本知识

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、使用和携带方便等特点,不仅为电工和电子专业人员、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2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很多型号面市,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3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”,它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,万用表的测量电路实际上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。在一些万用表中,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。

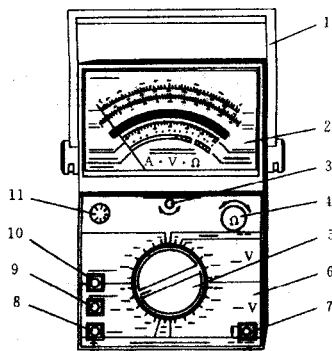


图 1-1 指针式万用表的外形

- 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;10-5A 插孔;
11- h_{FE} 测量插座

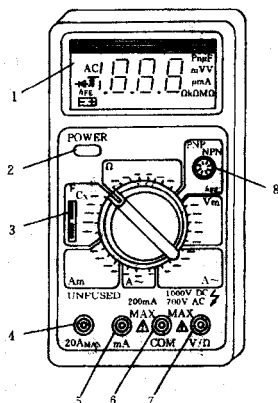


图 1-2 数字式万用表的外形

- 1-液晶显示器;2-仪表电源开关;3-电容测量插座;4-无保险丝最大值 20A
测量插孔;5-最大值 200mA 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

万用表中的转换开关由许多固定触点和活动触点组合而成,它的作用是选择测量线路和改变测量范围。因此,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最基本的要求。它也是万用表的重要部件之一。

转换开关的形式多种多样,如图 1-3 所示,(a)为单刀 11 挡转换开关,(b)为 3 刀 3 挡转换开关,(c)为单刀单层 18 挡转换开关。

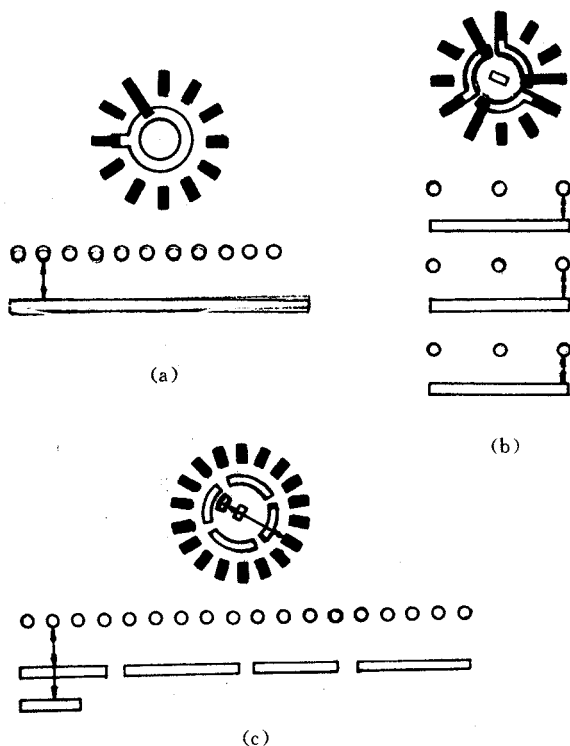


图 1-3 万用表中转换开关结构形式和符号图例

换开关。所谓“刀”，就是指可转动的开关滑片。在图 1-3 中，还分别画出了这几种转换开关的符号。此处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 磁电系表头结构和工作原理

一、概述

在指针式万用表中，都是采用磁电系高灵敏度电流表作为测量机构。

磁电系表头主要由固定的磁路系统和可动部分组成，其结构如图 1-4 所示。

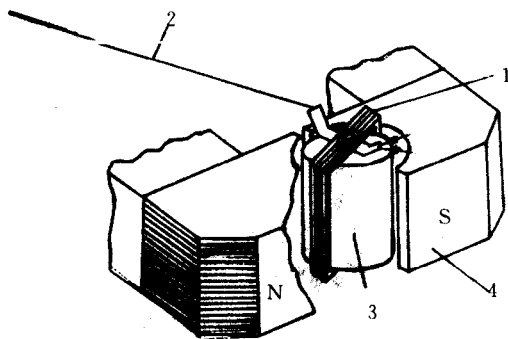


图 1-4 磁电系测量机构简图

1-可动线圈；2-指针；3-铁心；4-永久磁铁

磁电系表头的固定部分由永久磁铁和固定铁心组成。圆柱形铁心被固定在具有圆柱面的一对磁极之间，它们安装成严格

的同心,因此能在气隙中获得辐射状的匀强磁场,如图1-5所示。

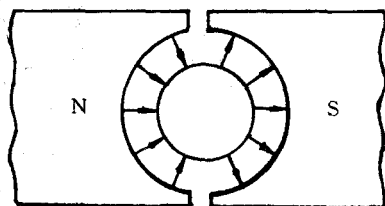


图1-5 磁电测量机构中的气隙磁场示意图

磁电系表头中的可动部分由支承装置所支承的可动线圈(简称动圈)和指针、游丝等组成。处于气隙中的动圈由漆包铜线绕在矩形铝框上而成,当电流通入动圈时,动圈就在电磁转矩的作用下偏转。铝框是一个短路线圈,它在气隙磁场中转动时会切割磁力线产生感应电动势,从而在短路线圈中产生感应电流,此感应电流起电磁阻尼作用,使动圈的转动比较缓慢。

为了减少转动时的摩擦,磁电系测量机构采用轴尖轴承支承形式。轴尖采用耐磨的高硬度钢丝制成,轴承采用宝石轴承。

测量机构的反作用力矩是由上下2个螺旋方向相反的游丝产生。每个游丝的一端都固定在支架上,另一端则固定在可动部分上。当可动部分转动时,游丝弹性变形而产生反作用力矩。于是,通入动圈的电流越大,则指针的偏转角就越大,从而游丝产生的反作用力矩也就越大。

磁电系表头的磁路结构,常见的有外磁式、内磁式和内外磁式3种,如图1-6所示。

(1) 外磁式结构。这种结构在精密仪表中应用较多,其永久磁铁安装在可动线圈的外面,气隙中的磁场比较均匀,所以刻

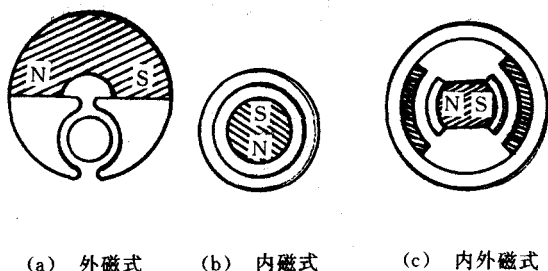


图 1-6 磁电系仪表的磁路形式

度特性好。但外磁式结构的磁路系统加工工艺比较复杂,漏磁较大。

(2) 内磁式结构。内磁式磁路结构紧凑,并具有磁屏蔽作用,受外磁场的影响较小,所以近年来得到广泛应用。在这种结构中,永久磁铁装在可动线圈的内部,为了使气隙中的磁场均匀,在可动线圈外面安装一个闭合的导磁环,从而减少了漏磁。

(3) 内外磁式结构。在这种结构中,可动线圈的内、外均装有永久磁铁,所以气隙中的磁场更强,测量机构的结构可做得更加紧凑,从而使仪表的多项技术指标都得到提高。

二、外磁式磁电系表头结构

外磁式磁电系表头结构如图 1-7 所示。其磁路系统由永久磁铁、极掌和圆柱形铁心组成。永久磁铁由剩磁性强而稳定的永磁材料(例如铝镍钴永磁合金)制作,而极掌和圆柱形铁心则由导磁性能优良的软磁材料(例如电磁纯铁)制成。其中,圆柱形铁心与横梁配合在一起,其结构如图 1-8 所示。图中横梁的几何中心孔和下支架的孔分别是上、下轴承的安装孔。横梁和下支架均由非导磁材料制成,以免影响表头磁路中的气隙磁

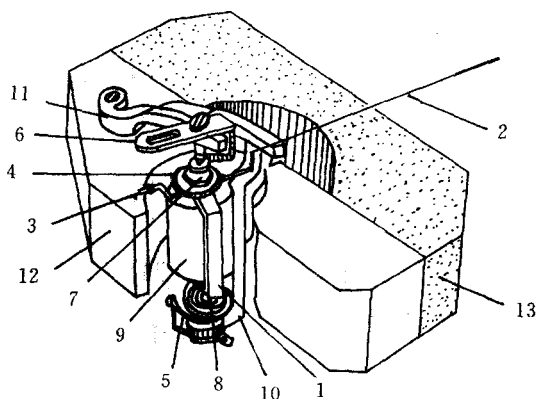


图 1-7 外磁式磁电系表头结构示意图

1-可动线圈;2-指针;3-平衡锤;4-上游丝;5-下游丝;
6-调零支片;7-上游丝支片;8-下游丝支片;9-铁心;
10-下支架;11-横梁;12-极掌;13-永久磁铁

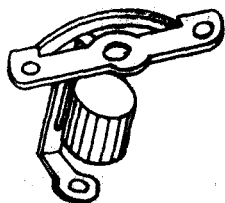
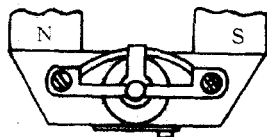


图 1-8 圆柱形铁心与
横梁配合



1-9 外磁式磁电系表头
的固定部分结构

场。横梁和圆柱形铁心一起固定在极掌上,如图 1-9 所示。图中所示的分磁片是由螺丝固定的,调节分磁片的位置可以在小范围内改变气隙中的磁场强度,从而调整表头的灵敏度。

为了清楚起见,我们把表头的可动部分单独画出,如图 1-10 所示。图中所示上、下轴尖紧铆在轴尖座上,轴尖座的

下平面与动圈粘结在一起, 粘结时要求上、下轴尖轴心与动圈的中轴线重合。上、下轴尖座的侧面有一个游丝支片, 上、下游丝的内端就分别焊接在 2 个支片上, 它们分别与动圈的两端相连。游丝的外端固定在支架上, 电流是通过游丝引入可动线圈的, 同时又由游丝提供反作用力矩。动圈的初始位置也由游丝保持。指针固定在上轴尖座上, 而轴尖座的下平面与动圈粘结在一起, 所以指针就固定在动圈上。在以轴尖为中心的十字平衡支架或夹角为 90° 的燕尾平衡支架上, 装有供调节可动部分平衡用的平衡锤。

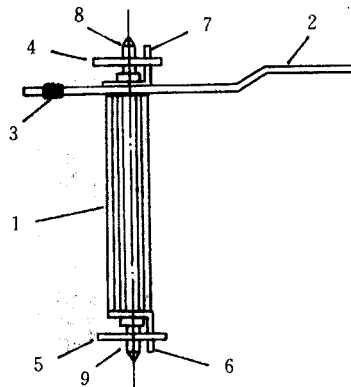


图 1-10 表头中可动部分结构图

- 1-可动线圈; 2-指针; 3-平衡锤;
4-上游丝; 5-下游丝; 6-下游丝支片;
7-上游丝支片; 8、9-轴尖

三、磁电系表头工作原理

当表头的可动线圈通入电流时, 此电流产生的磁场与永久磁铁磁场相互作用产生电磁力, 从而产生转动力矩, 使可动部分偏转, 其工作原理如图 1-11 所示。

1. 转动力矩的产生

磁路结构保证了气隙中的磁场相对可动线圈而言是均匀的, 于是当可动线圈通入电流时, 对于动圈的每个侧边则相当于若干根载流导线在均匀磁场中受到电磁力的作用。此电磁力 F 的大小可由下式计算: