

韩广兴 张志万 韩雪涛 等编著



万用表 检测应用实例

- 列举典型检测应用实例
详细讲解使用万用表检测各种元器件电气参数的方法
- 通过维修检测实战演示
教会读者快速掌握用万用表检测电子产品故障的技巧



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

万用表检测应用实例

韩广兴 张志万 韩雪涛 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书通过对典型的指针式万用表和数字式万用表的剖析,系统地介绍万用表的基本结构、键钮功能、工作原理和使用方法。重点以检测应用实例为主线,讲解万用表对各种电子产品的电气参量的测量方法,以及对各种常用元器件、半导体器件和集成电路的检测方法。特别是通过应用万用表对收录机、彩色电视机、VCD/DVD影碟机等流行电子产品维修中的检测演示,使读者快速掌握使用万用表的检测技巧。

本书适合于电子电器产品维修人员阅读,也适合于电子爱好者和电子企业从业人员阅读。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

万用表检测应用实例 / 韩广兴等编著. —北京: 电子工业出版社, 2007.5
ISBN 978-7-121-03993-5

I. 万… II. 韩… III. 复用电表—测量方法 IV. TM938.107

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 033295 号

责任编辑: 谭佩香

印 刷: 河北省邮电印刷厂

装 订: 河北省邮电印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 17.5 字数: 437 千字

印 次: 2007 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 26.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

万用表是一种袖珍式多功能测量仪表，它在电工电子测量工作中得到了广泛的应用。随着科学技术的发展，各种新型电子电器产品越来越多，特别是数码产品、家电产品、计算机、手机等信息技术产品得到了迅速的发展。信息技术产品的开发和普及，也带来了测试仪表的发展。近年来各种新型测试仪表以及智能化仪表也相继问世，并得到了广泛的普及。远程控制及网络检测技术也开始应用，这是新产品研制和开发不可缺少的技术手段。然而，在实际应用中，万用表仍然是最基本的，而且是不可缺少的随身仪表。在电子产品的生产、调试和维修过程中常常使用万用表判断元器件的故障。很多产品的维修人员上门服务时，万用表是必备的仪表。即使在设备比较完善的维修测试中心，万用表也是使用率最高的仪表。例如在检修家电产品时，使用示波器可以迅速判断哪些部位信号消失，哪些部位信号失常。怀疑信号处理电路的晶体管或电阻、电容损坏，取下晶体管或电阻、电容，用万用表可以快速判断晶体管和电阻、电容是否损坏。如果是在工作现场，往往不会有各种专用仪表及检测设备，很多项目的测量也都要使用万用表，因而万用表成为各类技术人员的便携工具。它功能多，成本低，使用方便，颇受维修人员的欢迎。

万用表又是初学维修的电子爱好者的必备工具。了解万用表、学会使用万用表成为初学入门者的必修课。

为了满足电工电子领域各种参量的测量需求，市场上推出了许多种型号和规格的万用表，除了指针式模拟万用表之外，还推出了各种功能的数字式万用表，它可以以数字的形式显示测量的值。虽然万用表的型号很多，但它们的基本功能是相同的，例如，电阻、电容、电感、电压和电流的测量都是最基本的功能。

万用表的功能虽然有限，但在电子电器测量中，通过万用表的灵活运用，可以判断各种各样的电子器件的性能、功能以及故障。

为了满足读者的要求，我们从万用表最基本的结构讲起，分别介绍指针式模拟万用表和数字指示式万用表的典型结构、功能、使用方法，同时通过万用表在组合音响、电视机和影碟机检修中的检测演示，介绍使用万用表的检测技巧。另外书中还介绍了万用表与其他仪表的配合使用方法。

参加本书编写的还有韩雪冬、边嘉新、吴瑛、刘贞关、翟伟、郭爱武、张湘萍、孟雪梅、崔文林、孙承满、李卫鹏、赵晓元、张建设、路建歆、赵俊彦、马鸿雁和王磊等。

学习万用表的使用方法与技巧，应注重实践。为满足读者的要求，我们制作了《万用

表使用方法与测量技巧》VCD 教学光盘 4 盘，手把手教你使用万用表，同时通过对电视机、影碟机的故障检修介绍万用表的测试技巧。读者有什么问题可以登录网站：www.taoo.cn 或电话咨询，韩广兴教授可以为你解答问题（电话：022-83718162 / 83713312，地址：天津市南开区华苑产业园区天发科技园 8-1-401，邮编：300384）。

图书联系方式：tan_peixiang@phei.com.cn

编著者
2007 年 4 月

目 录

第 1 章 万用表的基本结构与功能特点	1
1.1 万用表的种类特点	1
1.1.1 指针式万用表的特点	1
1.1.2 数字万用表的特点	2
1.2 万用表的基本结构	4
1.2.1 指针式万用表的基本结构	4
1.2.2 数字万用表的基本结构	23
1.3 万用表的基本性能指标	27
1.3.1 指针式万用表的基本性能指标	27
1.3.2 数字式万用表的基本性能指标	29
1.4 典型万用表的功能介绍	32
1.4.1 典型指针式万用表的功能介绍	32
1.4.2 典型数字式万用表的功能介绍	41
第 2 章 万用表的测量原理及应用	47
2.1 直流电流的测量原理	47
2.2 直流电压的测量原理	50
2.3 交流电压的测量原理	54
2.4 电阻的测量原理	58
2.5 晶体管 h_{FE} 的测量原理	63
2.6 电容的测量原理	65
2.7 电感的测量原理	67
2.8 音频功率的测量原理	68
2.9 非线性电阻的测量原理	71
第 3 章 万用表的使用方法	77
3.1 万用表的键钮功能及分布	77

3.1.1	典型万用表的键钮功能及分布	77
3.1.2	典型数字式万用表的键钮功能及分布	85
3.2	万用表的使用方法	88
3.2.1	万用表基本功能的使用方法	88
3.2.2	万用表的一些扩展功能的使用方法	90
3.3	万用表的使用注意事项	92
第 4 章	万用表的基本使用方法及实例	97
4.1	万用表的基本使用方法和步骤	97
4.1.1	电阻元件的检测方法和步骤	97
4.1.2	直流电压值的测量方法和步骤	99
4.1.3	直流电流的测量方法和步骤	103
4.2	电阻器的检测实例	105
4.2.1	电阻器的在路检测	105
4.2.2	电阻器的开路检测	108
4.3	电位器的检测方法	110
4.3.1	电位器的在路检测	110
4.3.2	电位器的开路检测	110
4.4	电容器的检测方法	113
4.4.1	普通固定电容的检测方法	113
4.4.2	电解电容的检测方法	117
4.5	电感的检测方法	120
4.5.1	电感元件故障的判断	120
4.5.2	电感值和品质因数的测量	122
4.6	变压器的检测方法	122
4.7	二极管的检测方法	126
4.7.1	二极管的在路检测	126
4.7.2	二极管的开路检测	128
4.8	三极管的检测方法	129
4.8.1	NPN 型三极管的检测	129
4.8.2	PNP 型三极管的检测	131
4.9	场效应晶体管的检测方法	132
4.9.1	结型场效应管的检测	132
4.9.2	绝缘栅型场效应管的检测	135
4.10	单向晶闸管的检测	137

4.11	集成电路的检测方法	140
4.11.1	集成电路的在路检测	140
4.11.2	集成电路的开路检测	142
4.12	微电机的检测方法	144
第 5 章	万用表在收录机及收音机检测中的应用实例	147
5.1	万用表在检修收录机中的应用	147
5.2	万用表在检修收音机中的应用实例	147
5.2.1	收音机的故障检修实例	147
5.2.2	收音机的调整实例	147
5.2.3	收录机功放的故障检查	147
5.2.4	中放、检波电路的故障检查	149
5.2.5	FM 高放、混频电路的故障检查	151
5.2.6	录放电路的故障检查	151
5.3	万用表在立体声双卡组合音响维修中的应用	154
5.3.1	FM/AM 收音电路的故障检测	154
5.3.2	录放机电路的故障检测	154
5.3.3	音频信号处理电路的故障检测	156
5.3.4	音频功率放大器的故障检测	158
5.3.5	操作显示电路的故障检测	158
5.3.6	频谱分析和显示电路的故障检测	160
5.3.7	话筒信号放大器的故障检测	161
5.3.8	回声混响电路的故障检测	161
第 6 章	万用表在电视机检测中的应用实例	163
6.1	彩色电视机的整机构成和检测部位	163
6.1.1	彩色电视机的整机结构	163
6.1.2	电路板上元器件的检测方法	164
6.1.3	各单元电路的检测方法	164
6.2	彩色电视机的信号处理过程及检测方法	167
6.2.1	彩色电视机的信号流程	167
6.2.2	交流信号与直流电压的关系	169
6.3	彩色电视机的控制系统	169
6.3.1	数字量变成模拟量的控制方式	169
6.3.2	I ² C 总线控制系统的检查	171

6.4	彩色电视机各单元电路之间的信号检测.....	172
6.4.1	图像中放电路的相关信号.....	173
6.4.2	视频电路的相关信号.....	173
6.4.3	开关电源的相关信号.....	174
6.5	中频电路的结构和检测方法.....	174
6.5.1	中频电路的基本结构.....	174
6.5.2	中频电路的检测方法.....	174
6.6	视频、解码电路的结构和检测方法.....	179
6.6.1	视频、解码电路的基本功能.....	179
6.6.2	视频电路的结构和检测方法.....	180
6.7	扫描电路及其检测方法.....	182
6.7.1	扫描电路的基本结构.....	183
6.7.2	扫描电路的故障检测.....	183
6.7.3	扫描电路的故障检测实例.....	185
6.8	开关电源的检测方法.....	187
6.8.1	开关电源的基本结构.....	187
6.8.2	开关稳压集成电路的结构和检修方法.....	190
6.9	显像管电路的结构及检测.....	194
6.9.1	显像管电路的基本结构.....	194
6.9.2	典型显像管电路的故障检测方法.....	196
6.10	控制电路的结构及检测方法.....	197
6.10.1	微处理器的结构及功能.....	197
6.10.2	微处理器的故障检测方法.....	200
6.11	万用表检修彩色电视机的实例.....	204
6.11.1	万用表对彩色电视机的主要测量项目.....	204
6.11.2	彩色电视机的电路检测故障判别方法.....	205
6.11.3	彩色电视机单元电路的检测方法.....	205
6.11.4	检修彩色电视机的安全注意事项.....	205
第7章	万用表在VCD/DVD视盘机检修中的应用.....	207
7.1	VCD视盘机的整机构成和故障检测.....	207
7.1.1	典型VCD机的结构和检测.....	207
7.1.2	激光头与伺服预放电路.....	209
7.1.3	数字信号处理电路.....	210
7.1.4	伺服系统.....	210

7.1.5	A/V 解码器	211
7.1.6	系统控制电路	211
7.1.7	卡拉 OK 电路和电源电路	212
7.2	DVD 视盘机的整机构成和故障检测	214
7.2.1	典型 DVD 机的结构和检测方法	214
7.2.2	DVD 机的工作流程	219
7.3	激光头的故障检测	222
7.3.1	激光头的结构和故障分析	222
7.3.2	激光头的故障检修实例	227
7.4	伺服及控制系统的检测方法	229
7.4.1	飞利浦机芯的伺服系统	229
7.4.2	索尼机芯的伺服电路	236
7.4.3	伺服电路的故障检修	241
7.5	机械部分的故障检修方法	245
7.5.1	VCD/DVD 机机械部分的检测部位	245
7.5.2	VCD/DVD 机机芯的检测实例	246
7.5.3	VCD 机进给机构的检测实例	250
第 8 章	万用表的检修与调试方法	253
8.1	表头零件及参数	253
8.1.1	轴尖	253
8.1.2	轴承	253
8.1.3	游丝	254
8.1.4	指针	255
8.2	检修表头用的辅料	255
8.2.1	溶剂	255
8.2.2	漆类	255
8.2.3	胶黏剂	255
8.2.4	静电去除和氧化铬膏	256
8.3	万用表故障的检查	256
8.3.1	万用表的直观检查	256
8.3.2	万用表供电检查	256
8.4	表头故障的修理	256
8.4.1	轴尖的修理及调换	256
8.4.2	轴承的检查和调换	260

8.4.3	游丝的修理及调换	260
8.4.4	指针的修理及调换	263
8.4.5	线圈的修复与绕制	264
8.4.6	表头的装配及调整平衡	265
8.4.7	表头灵敏度的测量与调整	265
8.4.8	表盘缺陷的修理	267
8.4.9	表壳损坏的修理	267
8.5	电路故障的修理	268
8.5.1	分流电阻的修理及调换	268
8.5.2	印制电路板的修理	268
8.6	万用表的校正	269

第 1 章 万用表的基本结构与功能特点

1.1 万用表的种类特点

万用表的使用范围很广，可以测量电阻、电流和电压等项参数，在电子、电气产品的维修中是不可缺少的测量仪表。它的结构简单，使用方便。常见的万用表有指针式万用表和数字式万用表。

1.1.1 指针式万用表的特点

指针式（也称模拟式）万用表出现时间较长，但现在仍是电子测量及维修工作的必备仪表，因为它不仅功能齐全、操作简单、携带方便、价格低廉、容易维修，而且便于观察被测量的变化过程。图 1-1 为指针式万用表的外形结构。它的最大显示特点就是由表头指针指示测量的数值。指针式的表头，能够直观地检测出电流、电压等参数的变化过程和变化的方向，这是数字表所不及的，也是它深受用户欢迎的一个方面。



图 1-1 指针式万用表的外形结构

万用表一般情况下可测量从几百毫伏至几百伏甚至几千伏的直流和交流电压，其测量准确度直流为 $\pm 2.5\%$ ，交流为 $\pm 4.0\%$ 。它的频率范围通常为 40~1000 Hz，如果准确度要求



不高,还可用以测试高达 10 kHz 的正弦波和非正弦波信号。由于万用表的交流刻度是根据正弦波的有效值来定值的,因此,它对方波电压的指示值偏大些,而对锯齿波、脉冲波的指示值偏小些。

万用表各电压挡级的输入阻抗是不一样的,其阻值等于相应挡级的电压满度值 V_0 (即量程)和万用表灵敏度 S (Ω/V) 值的乘积,即

$$R_i = V_0 S$$

因此,万用表的低量程输入阻抗较小,而高量程输入阻抗较大。因为测压仪器的输入端是和被测电路并联的,其输入阻抗会起着分流作用,为了尽量减小测量的误差,通常要求万用表相应电压挡级的输入阻抗应大于被测电路的阻值 10 倍以上,所以必须选用灵敏数值较大的万用表来测试电压。一般要求万用表的灵敏度不应小于 $2 \text{ k}\Omega/V$ 。

1.1.2 数字万用表的特点

数字式万用表也称数字多用表,它是在数字电压表的基础上构成的。数字万用表采用先进的数字显示技术,其显示清晰、直观,读数准确,既保证了读数的客观性,又符合人们的读数习惯。图 1-2 所示为典型的手持式数字万用表的 LCD 液晶显示屏。

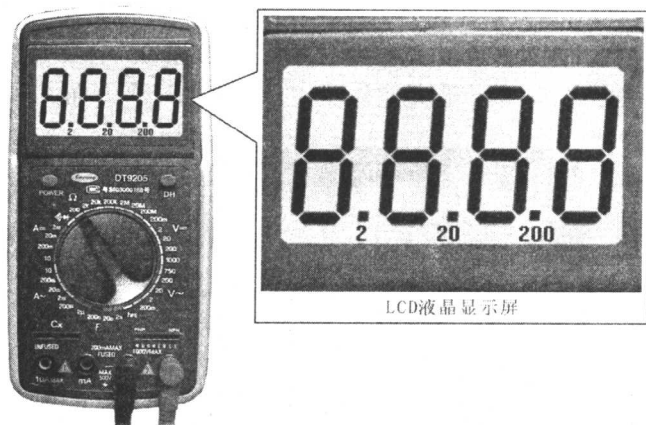


图 1-2 典型的手持式数字万用表的 LCD 液晶显示屏

目前,许多数字万用表还添加了标志符显示功能,包括:单位符号(例如: nV 、 μV 、 mV 、 V 、 A 、 μA 、 mA 、 A 、 $\text{m}\Omega$ 、 Ω 、 $\text{k}\Omega$ 、 $\text{M}\Omega$ 、 Hz 、 kHz 、 MHz 、 pF 、 nF 、 μF 、 μH 、 mH 、 H);测量项目符号(例如: AC 、 DC 、 LOG 、 LOGIC 、 MEM);特殊符号(例如:电压控制符号,读取保持符号 HOLD 或 H ,自动量程符号 AUTO ,10 倍乘符号 $\times 10$ 等)。有些数字万用表还在 LCD 液晶显示屏的小数点下面设置了量程标志符,例如小数点下边显示为 200 时,表明所对应的量程为 200 的数值。

此外,为了解决数字显示方式以便于反映被测电量连续变化的过程和变化的趋势问题,近年来许多数字万用表设置了带模拟图形的双显示或多重显示模式。这类仪表更好地综合了数字万用表和模拟万用表的显示优点,使得数字万用表的使用测量更加方便。

除了显示清晰直观、读数方便这一特点外,数字万用表还具有准确度高、测试功能强、测量范围宽、测量速率快、输入阻抗高、微功耗等特点。

智能数字万用表带微处理器与标准接口，可配合计算机和打印机进行数据处理或自动打印，构成完整的测试系统。

数字万用表按照不同分类标准可分为：

1. 按量程转换方式分类

(1) 手动量程

这种仪表的价格较低，但操作比较复杂，因量程选择不合适很容易使仪表过载。

(2) 自动量程

自动量程式数字万用表可大大简化操作，有效地避免过载并能使仪表处于最佳量程，从而提高了测量准确度与分辨力，但此类仪表的价格较高。

2. 按用途及功能分类

(1) 低档数字万用表

它属于 $3\frac{1}{2}$ 位普及型仪表、功能比较简单，价格与指针式万用表相当。典型产品有 M810、DT820B、DT830B、DT830C、DT830D、DT840D、M3900、DT5803、DT9210A 等型号。

(2) 中档数字万用表

● 多功能型数字万用表

此类仪表一般设置了电容挡、测温挡、频率挡，有的还增加了高阻挡和电导挡。典型产品有 DT890C+、DT890C+TM、DT890F、DT890G、DT9208、VC9808 型 $3\frac{1}{2}$ 位数字万用表。

● $4\frac{1}{2}$ 位数字万用表

其准确度较高，功能较全，适合于实验室测量用，典型产品有 DT930F+、VC94、DT980A、DT1000、M1000、DT9203A、DT9204A、VC9807A 型 $4\frac{1}{2}$ 位手持式数字万用表，VC8045 型 $4\frac{1}{2}$ 位台式数字万用表。

● 语音数字万用表

内含语音合成电路，显示数字的同时还能用语音播报测量结果。典型产品有 VC93 型 $3\frac{3}{4}$ 位数字万用表。

(3) 智能数字万用表

● 中档智能数字万用表

这类仪表一般采用 4 位单片机，带 RS-232 接口。典型产品有 BY1941A 型 $\frac{3}{4}$ 位数字万用表。

● 内含 8~16 位单片机，具有数据处理、自动校准、故障自检等多种功能。典型产品有 HP3458A、7178 型 $8\frac{3}{4}$ 位台式数字万用表。

(4) 双显示及多重显示数字万用表

双显示仪表的特点是在 $3\frac{1}{2}$ 位数显的基础上增加了模拟条图显示器，后者能迅速反映被测量的变化过程及变化趋势，典型产品有 DT960T、EDM81BVC97 型数字万用表。多重显示仪表是在双显示仪表的基础上发展而成的，它能同时显示三组或者三组以上的数据（例如最大值、最小值、即时值、平均值），典型产品有国产 VC97 型数字万用表，Fluke 公司生产的 87、88 型万用表。



(5) 专用数字万用表

如 VC6013 型数字电容表, DM4070D、ADM6243、LC6243 型数字电感电容表, DM6801A、DM6902 型数字温度计, 3001C、SW508、CTH-2 型数字湿度计, HT-602 智能露点仪, LX101 数字照度计, DM6234P 型光电式数字转速表, AM-4202 型数字风速表, VC3212 型数字钳形表, DT266FT 型数字钳形万用表, CM6100、PG14A 型数字功率表。

1.2 万用表的基本结构

1.2.1 指针式万用表的基本结构

指针式万用表的结构比较简单, 它由表头(高灵敏度磁电系直流微安表)、表盘、操作面板和内部电路等部分构成。图 1-3 是 500 型万用表的内部结构。图 1-4 是 500 型万用表的表头部分。

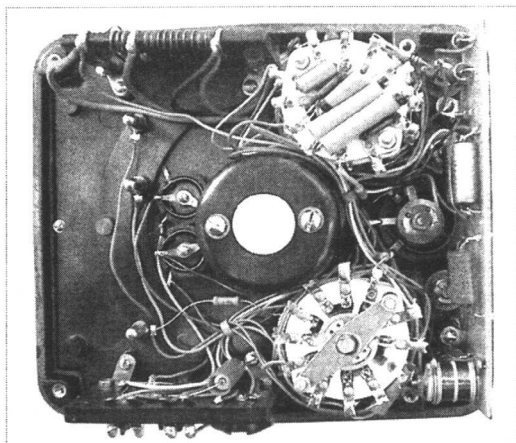


图 1-3 500 型万用表的内部结构

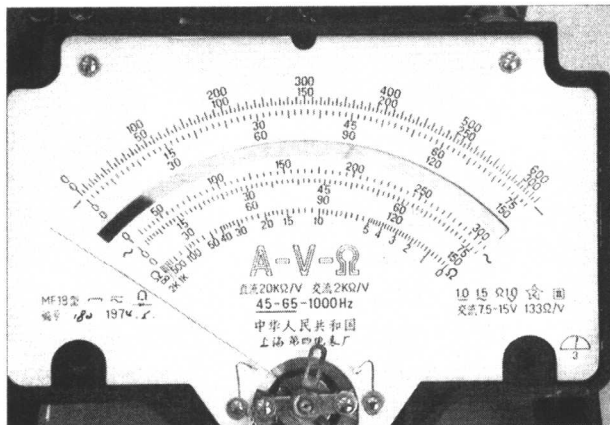


图 1-4 500 型万用表的表头部分



1. 表头

万用表的表头部分实际上是一个电流表，测量电阻、电压和电流都经电路转换成驱动电流表的电流。如图 1-5 所示是指针式万用表的表头部分。指示部分是将一个绕在磁场中的线圈与指针连在一起，电流流过线圈，线圈就会转动，其转动的角度与电流大小成正比，根据电磁感应的左手定则，当有电流流过位于磁场中的导体时，导体会受到电磁力的作用而转动，电流表就是根据这个原理制作的。电磁感应定律（左手定则）如图 1-6 所示。

指针式万用表的表头部分（磁电系微安表）结构如图 1-7 所示。图中 PM 是永久磁铁，P 是软磁材料制成的圆弧形极掌，极掌中间是装在支架上的圆柱形的软磁铁芯、线圈和游丝。在极掌和圆柱形铁芯之间有一定的空间形成均匀的辐射磁场。在磁隙间是用漆包线绕在铝制框架上的动圈，也有无铝制框架的线圈（称为脱胎线圈），线圈上都绕有阻尼线圈，铝制框架和阻尼线圈都是用来减小动圈在磁场中摆动时间的。线圈与圆柱形铁芯见图 1-8。线圈上下各装有硬钢制轴尖和游丝。铝制管形指针，针头压成垂直刀形，针要装在十字形游丝焊片上，有些游丝焊片不是十字形而是燕尾形。在十字形或燕尾形焊片上都有用铜线绕制的重力平衡物，用以调节动圈平衡。在支架上下安装有人造宝石轴承，以支持线圈上的轴尖，使线圈能在磁场空隙中自由转动。上下二游丝，盘绕方向相反，以产生匀称的弹力。游丝内端焊接在线圈顶端或底端的游丝焊片上，游丝焊片是与上下轴尖座联为一体的，上游丝的外端是焊在扭力调整臂上，下游丝是焊在绝缘的支架板上，调整臂和支架板一起嵌夹于支架上下两端，转动调整臂可变化游丝的扭力以改变指针的位置。上调整臂可借表盖上的调整螺丝来推动，以随时调整指针的零位。

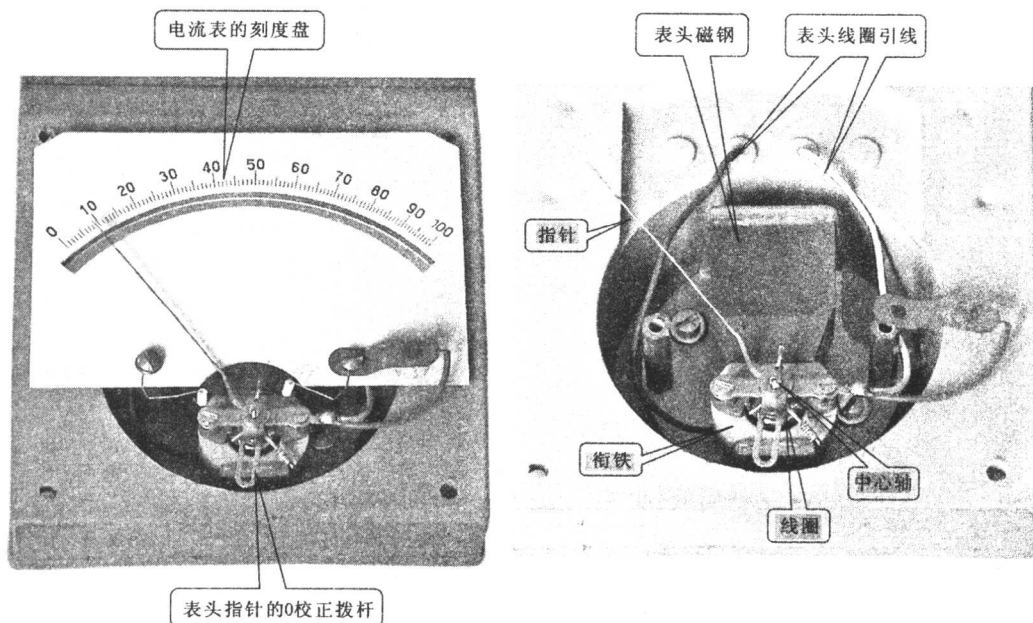


图 1-5 指针式万用表的表头部分

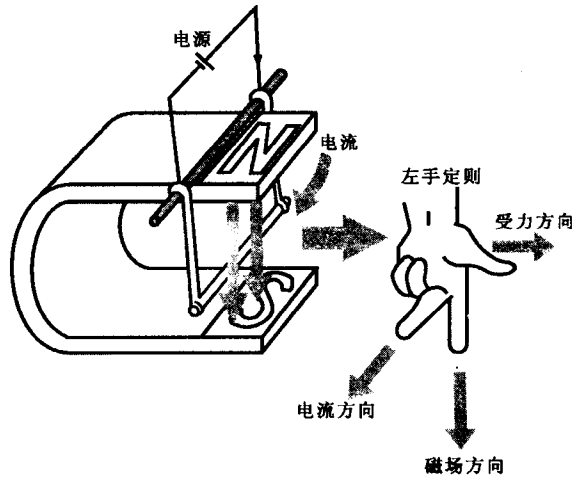
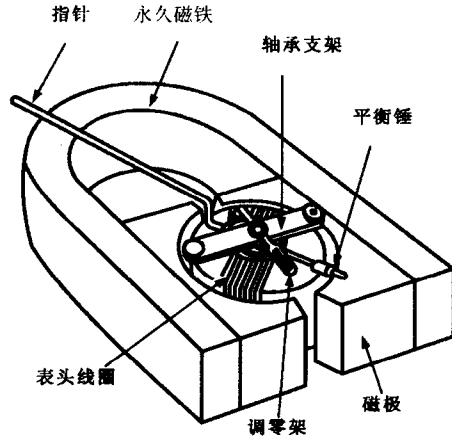


图 1-6 电磁感应定律 (左手定则)

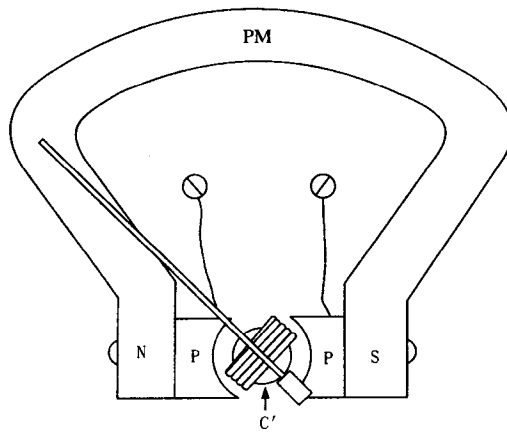


图 1-7 磁电系电流表结构平面图