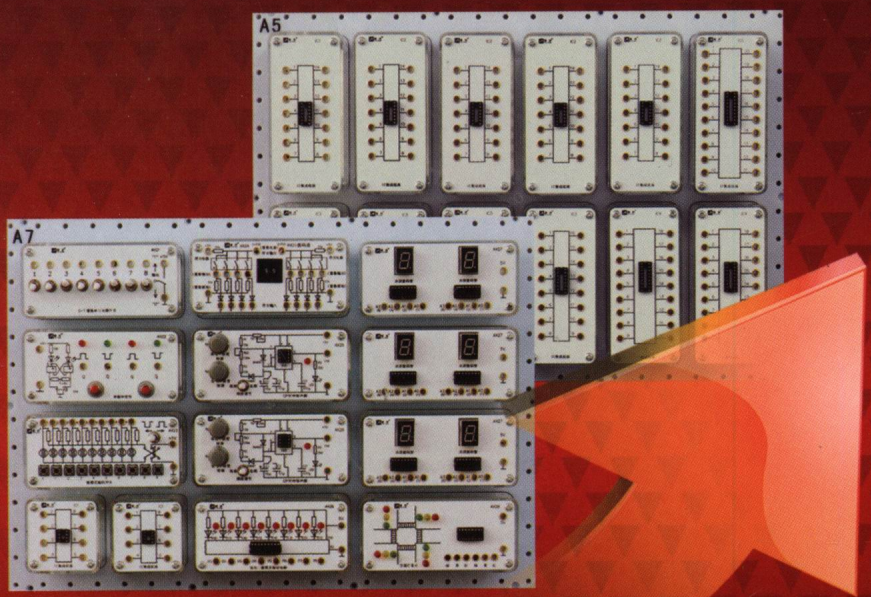
电工电子名家畅销书系

图解电子电路一点通

姜有根　主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电工电子名家畅销书系

图解电子电路一点通

主编　姜有根
副主编　郭晋阳　马广月　王　岚

机 械 工 业 出 版 社

本书是电子电路基础知识（基本元器件、模拟电路、数字电路、脉冲电路）和基本技能（检测与焊接）的读物，可供具有初中毕业（或同等学力）的电子技术爱好者自学，也可作为职业培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

图解电子电路一点通 / 姜有根主编. 一北京：机械工业出版社，2013.12
（电工电子名家畅销书系）
ISBN 978-7-111-45204-1

Ⅰ.①图… Ⅱ.①姜… Ⅲ.①电子电路—图解 Ⅳ.①TN710- 64

中国版本图书馆CIP数据核字（2013）第304435号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
策划编辑：徐明煜 责任编辑：徐明煜 顾 谦
版式设计：常天培 责任校对：姜 婷
封面设计：路恩中 责任印制：李 洋
北京市四季青双青印刷厂印刷
2014年3月第1版第1次印刷
184mm×260mm·18.5印张·423千字
0001-3000册
标准书号：ISBN 978-7-111-45204-1
定价：48.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社服务中心：(010)88361066	教 材 网：http: //www.cmpedu.com
销 售 一 部：(010)68326294	机工官网：http：//www.cmpbook.com
销 售 二 部：(010)88379649	机工官博：http：//weibo.com/cmp1952
读者购书热线：(010)88379203	封面无防伪标均为盗版

出 版 说 明

我国经济与科技的飞速发展，国家战略性新兴产业的稳步推进，对我国科技的创新发展和人才素质提出了更高的要求。同时，我国目前正处在工业转型升级的重要战略机遇期，推进我国工业转型升级，促进工业化与信息化的深度融合，是我们应对国际金融危机、确保工业经济平稳较快发展的重要组成部分，而这同样对我们的人才素质与数量提出了更高的要求。

目前，人们日常生产生活的电气化、自动化、信息化程度越来越高，电工电子技术正广泛而深入地渗透到经济社会的各个行业，促进了众多的人口就业。但不可否认的客观现实是，很多初入行业的电工电子技术人员，基础知识相对薄弱，实践经验不够丰富，操作技能有待提高。党的十八大报告中明确提出“加强职业技能培训，提升劳动者就业创业能力，增强就业稳定性”。人力资源和社会保障部近期的统计监测却表明，目前我国很多地方的技术工人都处于严重短缺的状态，其中仅制造业高级技工的人才缺口就高达 400 多万人。

秉承机械工业出版社“服务国家经济社会和科技全面进步”的出版宗旨，60 多年来我们在电工电子技术领域积累了大量的优秀作者资源，出版了大量的优秀畅销图书，受到广大读者的一致认可与欢迎。本着“提技能、促就业、惠民生”的出版理念，经过与领域内知名的优秀作者充分研讨，我们打造了“电工电子名家畅销书系”，涉及内容包括电工电子基础知识、电工技能入门与提高、电子技术入门与提高、自动化技术入门与提高、常用仪器仪表的使用以及家电维修实用技能等。

整合了强大的策划团队与作者团队资源，本丛书特色鲜明：①涵盖了电工、电子、家电、自动化入门等细分方向，适合多行业多领域的电工电子技术人员学习；②作者精挑细选，所有作者都是行业名家，编写的都是其最擅长的领域方向图书；③内容注重实用，讲解清晰透彻，表现形式丰富新颖；④以就业为导向，以技能为目标，很多内容都是作者多年亲身实践的看家本领；⑤由资深策划团队精心打磨并集中出版，通过多种方式宣传推广，便于读者及时了解图书信息，方便读者选购。

本丛书的出版得益于业内最顶尖的优秀作者的大力支持，大家经常为了图书的内容、表达等反复深入地沟通，并系统地查阅了大量的最新资料和标准，更新制作了大量的操作现场实景素材，在此也对各位电工电子名家的辛勤的劳动付出和卓有成效的工作表示感谢。同时，我们衷心希望本丛书的出版，能为广大电工电子技术领域的读者学习知识、开

阔视野、提高技能、促进就业，提供切实有益的帮助。

作为电工电子图书出版领域的领跑者，我们深知对社会、对读者的重大责任，所以我们一直在努力。同时，我们衷心欢迎广大读者提出您的宝贵意见和建议，及时与我们联系沟通，以便为大家提供更多高品质的好书，联系信箱为 maryxu1975@163.com。

机械工业出版社

前　言

电子电路由各类电子元器件连接构成，多用低压直流电源供电，又被称为弱电电路，是构成各类电气设备的核心或控制单元。

含有半导体器件的电子电路有线性放大和开关两种基本类型。若按电路内的信号划分，又可分为模拟、脉冲和数字三种。放大电路放大模拟信号、开关电路传输脉冲信号、数字电路能对方波脉冲表示的0、1数字信号做逻辑运算。

实用电路多是混杂交错的，或是模拟与脉冲的交叉、或是脉冲与数字的混合；在器件上，集成电路与分立元器件混用更是随处可见。

电子电路理论知识依附于实操技能，两者综合即电子技术。实验操作既练习技术、提高动手能力，又促进对电路知识的理解。对电子电路知识有“一点通”作用的不是精辟言语和图解，而是对电路的实装实测，学习电子技术要理论与实操兼顾并进，读书千遍，不如一次实验。了解元器件和电路必须借助仪器仪表的检测，学电路要先学万用表检测。不学万用表，难进电路门。所以本书以基本技能作为开篇，并对各章中可直接实践的内容加有【边学边练】的提示。

电子电路原理虽是电子技术的理论支撑，但只是表述电压、电流、功率、频率、相位等基本电气参数之间的关系，电路的有些性能是靠元器件的质量及其在电路板上排布工艺、组装工艺、焊接工艺等综合因素保障的，这些都是电路设计和检修中不可忽视的内容。

元件与器件虽截然不同，但“元件”一词更具广义性，在不需严格区分的场合，本书用元件泛指。

本书由姜有根主编，郭晋阳、马广月、王岚为副主编，参与编写的还有李郁文、崔鹏飞、金国栋、熊联荣、戴顺、姜南等。因编者团队的水平有限，又仓促编写，错误和疏漏难免，愧请读者见谅，您可把意见反馈给出版社。

主　编

2013 年 9 月

目　录

出版说明

前言

第一章　基本技能 …… 1

第一节　万用表的使用 …… 1
一、MF-368 型万用表的结构与使用 …… 2
二、指针式万用表的使用 …… 5
三、数字万用表与指针式万用表对照 …… 13
第二节　信号发生器、示波器和数字集成电路检测装置 …… 13
一、信号发生器 …… 13
二、示波器 …… 14
三、数字集成电路检测装置 …… 19
第三节　手工锡焊技术 …… 25
一、锡焊焊接 …… 25
二、拆焊 …… 32

第二章　电路组成和基本元器件 …… 38

第一节　电路组成 …… 38
一、电路的基本组成 …… 38
二、各结构的功能 …… 38
三、电路的基本参数及检测 …… 40
第二节　电子元件 …… 41
一、基本元件 …… 41
二、压电元件 …… 60
第三节　半导体器件及其特性 …… 62

一、二极管及其特性 …… 62
二、晶体管及其主要特性 …… 65
三、场效应晶体管及其主要特性 …… 70
四、其他常用器件的特性及检测 …… 73

第三章　模拟电路 …… 84

第一节　基本放大电路构成原理与分析 …… 84
一、用输入特性图解说明晶体管放大类型的划分 …… 84
二、晶体管基本放大器的构成 …… 87
三、单管模拟放大器的直流工作点确定（静态分析） …… 88
四、晶体管放大电路的动态分析 …… 91
五、基本放大器的频率响应特性 …… 95
六、多级放大电路 …… 97
第二节　负反馈放大器 …… 99
一、在放大电路中引入反馈的方法 …… 99
二、反馈电路的组态 …… 100
三、反馈的分析判断 …… 101
四、4 种负反馈放大器的电路结构及分析 …… 102
五、反馈的作用 …… 108
六、用负反馈解决场效应晶体管放大器的偏置 …… 111
第三节　直流放大器 …… 114
一、直流放大电路之间的耦合 …… 114
二、零点漂移 …… 114
三、电位转移问题 …… 117
四、集成运算放大器 …… 117
第四节　模拟功率放大器 …… 118
一、同极性对管功率放大 …… 118
二、互补型对管功率放大 …… 120
三、功率放大电路的散热与变压器 …… 125
第五节　正弦振荡原理 …… 125
一、*LC* 正弦波振荡器 …… 126
二、石英晶体振荡器 …… 127
三、*RC* 振荡器 …… 128
四、正弦波振荡器的检测 …… 132

第四章　数字电路基础 …… 133

第一节　逻辑代数基础 …… 133

一、基本逻辑及逻辑表述方式 …… 134
二、重要的复合逻辑 …… 139
三、逻辑表述方式间的等效转换 …… 142
四、表达式结构和运算的等效变换 …… 148
五、表达式化简 …… 151
第二节 数字集成电路概述 …… 159
一、数字集成电路简介 …… 159
二、基本逻辑门电路以及正、负逻辑 …… 161
三、复合门电路 …… 167
第三节 组合逻辑电路 …… 170
一、逻辑电路识图 …… 170
二、组合逻辑电路的设计 …… 179
三、竞争冒险现象的形成与抑制 …… 191
第四节 触发器原理 …… 194
一、时序逻辑电路的特性与触发器简介 …… 194
二、触发器原理与实际产品 …… 194
三、T 触发器和 T′触发器 …… 204
第五节 时序逻辑电路 …… 204
一、时序逻辑电路组成 …… 204
二、成品时序逻辑电路分析 …… 205
三、时序逻辑电路设计 …… 215

第五章 脉冲电路 …… 232

第一节 *RC* 脉冲波形变换电路 …… 232
一、微分电路 …… 232
二、积分电路 …… 234
三、脉冲分压电路 …… 235
第二节 脉冲振荡原理 …… 237
一、双管多谐振荡器 …… 237
二、用非门构成多谐振荡器 …… 238
三、石英晶体多谐振荡器 …… 238
四、锯齿波信号发生器 …… 238
第三节 555 定时器结构与应用 …… 239
一、555 集成定时器 …… 239
二、555 定时器的 3 例典型应用 …… 241

第六章　电路实例 …… 245

第一节　稳压电源原理 …… 245
一、二极管整流原理 …… 245
二、滤波电路 …… 249
三、稳压 …… 251
第二节　收音机电路 …… 255
一、无线电波的基础知识 …… 255
二、无线电广播的发送、接收原理 …… 257
第三节　脉冲和数字电路实例 …… 266
一、脉冲电路实例 …… 266
二、数字电路实例 …… 269

附录 …… 272

附录 A　半导体分立器件型号命名及字母意义 …… 272
附录 B　常用塑封晶体管特性参数表 …… 276
附录 C　数字集成电路产品分类 …… 277

第一章

基本技能

万用表检测和焊接是电子技术中的两项基本技能：第一是万用表使用，可以这样说不学万用表，难进电路门；第二是焊接，把各类电子元器件焊接在电路板上才能构成某种功能的电路，会测、会焊、会拆，才能理解电路知识。

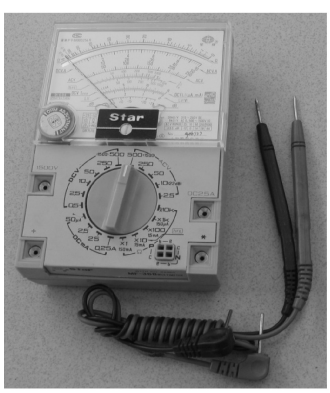
本章第二节中涉及的仪器可到必要时再备（可向他人借用）、再学。

第一节　万用表的使用

了解电路的状态只有两种方法：一是借助指示灯、显示器、电动机、扬声器（蜂鸣器）、电热器等元件把电路内部的动作转换为可观测的信号；二是用工具、仪器对电压、电流等给以量值或波形的检测。初学者要从学习万用表使用入手，逐步掌握各种检测技能。

万用表是电子技术人员和电器修理者查看电路、检测元件最常用的工具，因此，学习电路检测首先要学会万用表的使用。

常用的万用表有指针式和数字式两大类，如图 1-1 所示。



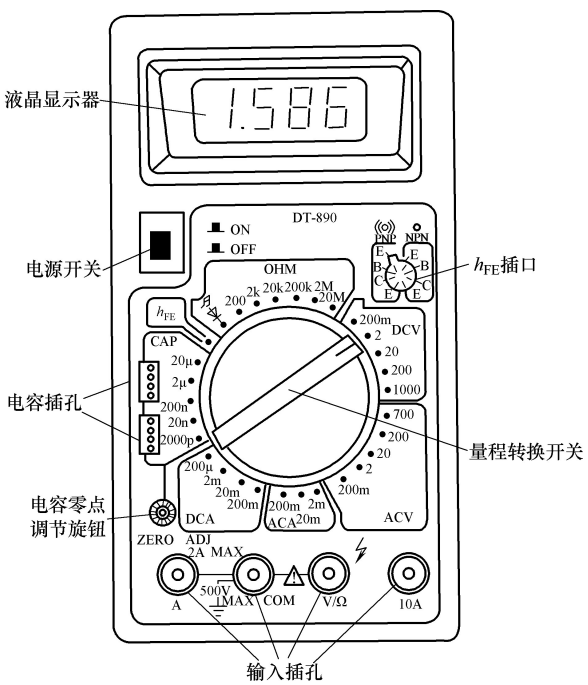


图 1-1　指针式万用表和数字万用表

两类表的基本结构区别主要在表头，指针式的表头是利用磁电原理驱动表针指示表盘上的刻度值，数字万用表的表头是由微处理器驱动液晶显示器显示数字。

建议本书的初学读者先学习指针式万用表的使用。MF-368 型（简称 368 型）万用表是一款性能优良、检测功能较多、价格便宜、携带方便的新型袖珍万用表，本书以此表为例简介指针式万用表的基本结构和使用方法。

一、MF-368 型万用表的结构与使用

1. 指针式万用表的基本结构

所谓万用表，是共用一个表头的多功能测量表（通常用 MF 表示复合仪表），它由多量程直流电压表、多量程交流电压表、多量程直流电流表和多挡位电阻表（又叫欧姆表）组合而成，因此有些技术人员把万用表叫做三用表（或 A-V-Ω 表）。图 1-2 所示为 368 型万用表电路原理。

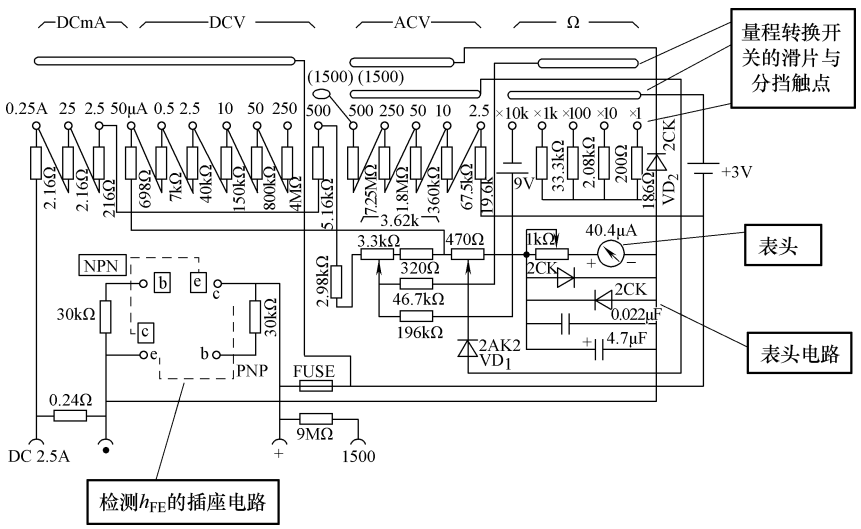


图 1-2　368 型万用表电路原理图

2. 万用表的主要性能

作为检测仪表，万用表有很多严格的技术指标以保证使用的可靠性。为使用方便，万用表的主要技术指标都以图形符号或数据形式印制在表盘上。368 型万用表的技术性能标识如图 1-3 所示。

在表盘上标注的多项内容中，初学者应首先关注以下两项：

（1）电压灵敏度

表头是万用表的核心结构（见图 1-4a），是一个高灵敏度的电流表，可等效为一个电流指示器串联一个内阻（即表头线圈的电阻，见图 1-4b）。

I_M 是表头的灵敏度，是表针偏转满度（表针从表盘刻度左端偏转指到右端）时表头线圈中通过的电流，又叫满度电流。表针从左向右的偏转角度与线圈中的直流电流成正比，表盘上的直流刻度是等分的。368 型万用表表头的满度电流为 40.4μA，再经表

头电路（由保护电路和电流扩展电路组成）调为整数，368 型万用表表头的满度电流经调整后为 50μA。

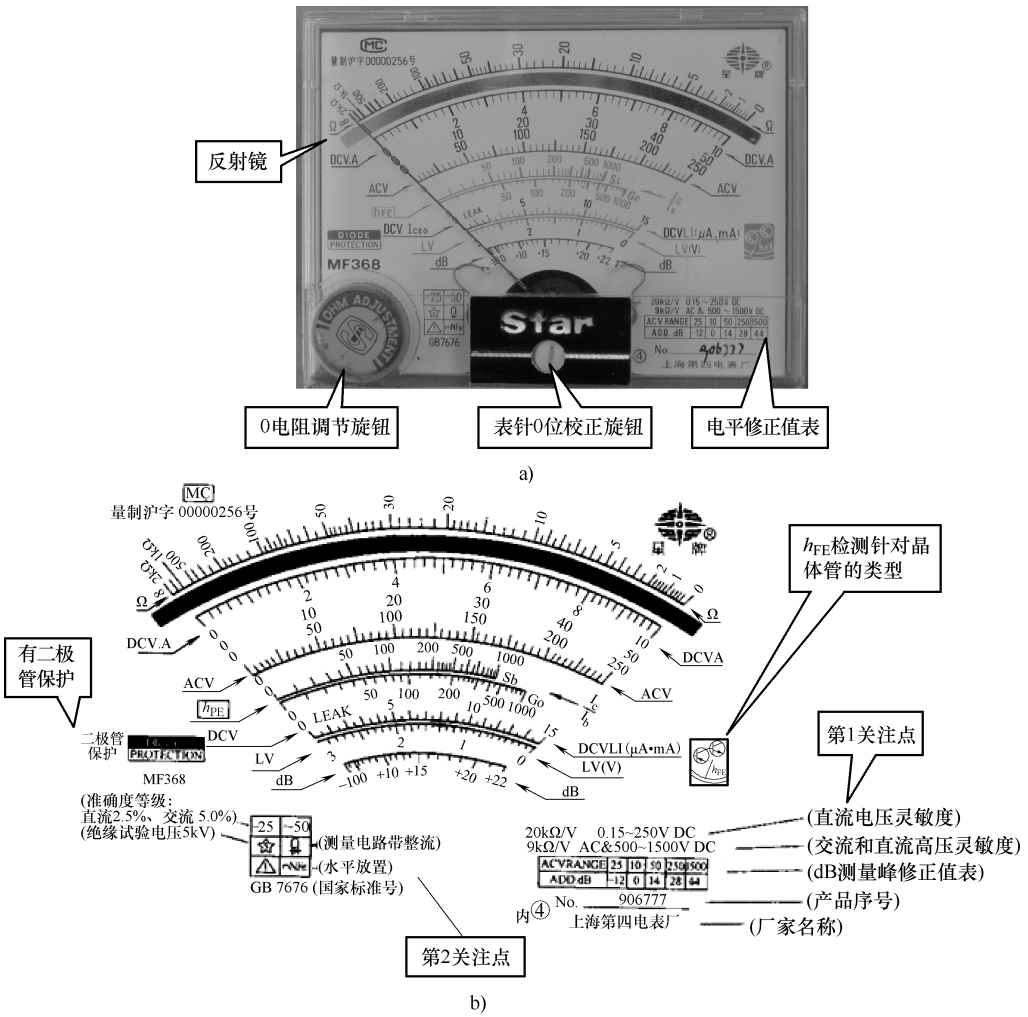


图 1-3　368 型万用表的技术性能标识

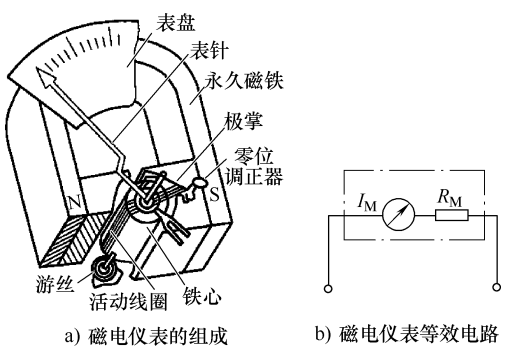


图 1-4　磁电仪表的表头结构示意图

万用表的电压灵敏度是把满度电流转换为单位电压的内阻形式表示，所以368型万用表测量直流0.5～250V时的直流电压灵敏度为20kΩ/V（依据电压灵敏度可方便计算各量程的内阻）。实践经验说明，用于电子电路检测的指针式万用表的直流电压灵敏度应不低于20kΩ/V。电压灵敏度参数的倒数（V/20kΩ）值就是万用表表头的满度电流50μA（也是直流电流的最小量程）。

（2）使用时的放置方式

万用表的放置方式会影响表针转动的准确程度，不可忽视。

⌐：表示万用表要水平放置读数。368型万用表的表盘上有此符号，精测应水平放置。

⊥：表示万用表要竖直放置（即垂直放置）读数。

∠：表示万用表使用时要打开支架倾斜放置。368型万用表的底盖上还备有支架，供粗测时倾斜放置，以便观看，如图1-5所示。

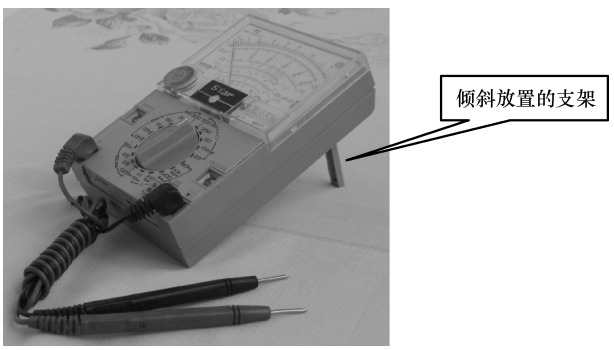


图1-5　368型万用表的倾斜放置

3. 了解表盘（也叫刻度盘）的各种刻度线与转换开关的对应关系

使用万用表，必须准确掌握选择检测内容、转换开关的位置和刻度线三者的对应关系，特别是扩展功能较多的新型万用表（如368型万用表）。

（1）表盘刻度线及颜色含义

指针式万用表的表盘都固定在表头上，表盘的刻度线都是以表针转动轴为圆心的弧形线，表盘外面是透明的表盘罩。新型表的刻度线都有颜色区分，初学者应首先熟悉最上面的两黑一红刻度线的使用和读数方法。368型万用表表盘上从上向下共有8条刻度线，依次是：

1）电阻（Ω）刻度（黑色），用于测试电阻，为不等分刻度。

2）直流电压（DC V）、直流电流（DC mA）共用的刻度（黑色），为等分刻度。

3）交流电压（AC V）刻度（红色），按正弦交流电的有效值划分刻度，用于测试频率为40～20000Hz范围的正弦交流电压的有效值。

4）一组h_{FE}（晶体管的直流放大倍数）刻度线（两条、蓝色），是×10Ω电阻挡的扩展功能，用于测试硅、锗两类晶体管的β值。

5）LI（负载电流）和LV（负载电压）刻度线（两条、蓝色），电阻挡的辅助刻度，

用于指示被测件上的电压、电流，多用于检测 PN 结正向导通特性，以鉴别 PN 结的好坏或区分半导体材料。

6）最下面是 dB（以 dB 为单位的交流电压增益）刻度线（红色），是交流电压测试功能的扩展，将正弦交流电的有效值换算为 dB。

（2）368 型万用表的面板

368 型万用表的面板如图 1-6 所示。

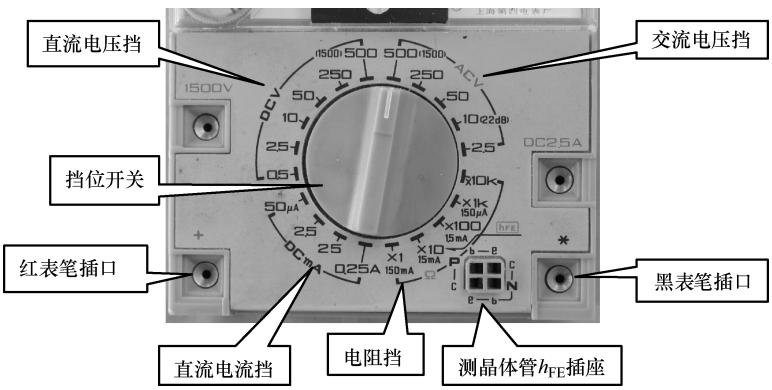


图 1-6　368 型万用表面板

1）中部是量程转换开关，转换开关可顺时针或逆时针做 360°任意旋转，在转换开关的圆周上分为 4 个主体测量项目：左上部是 DC V（直流电压），设置 6 个挡位；左下部是 DC mA（直流毫安），设置 4 个挡位；右上部是 AC V（交流电压），设置 5 个挡位；右下部是 Ω（电阻），设置 5 个挡位。

2）右下角插孔标有黑色“＊”符号，是公共端，插黑色表笔。左下角插孔标有红色“＋”符号，是常用检测时插红表笔的位置。

3）若检测高于 500V 的交流或直流电压，应把红表笔移插到标有红色 1500V 的插孔，同时将转换开关拨到交流或直流电压挡的最高挡位（500V），可检测 1500V 以内的高压。

4）若检测大于 0.25A 的直流电流，应将红表笔移插到标有红色 DC 2.5A 的插孔，可检测 2.5A 之内的直流电流。

5）在黑表笔插孔的旁边有一个用于检测晶管直流放大倍数（h_{FE}）的 4 孔插座，是两个表笔插口之间的附加电路（见图 1-2），也可用于对单只元器件的其他项目检测，省去表笔操作。

【边学边练】

二、指针式万用表的使用

1. 使用前的检查和准备

1）使用万用表前，首先要检查表针是否挺直（若有明显弯曲，需请专业检修人

员矫正，新购表应去商店退换)；再认真核对表针是否指在刻度左端的零点，如有偏离，可用小号一字螺钉旋具调节表盘罩中下部的机械调零旋钮，如图 1-7 所示。

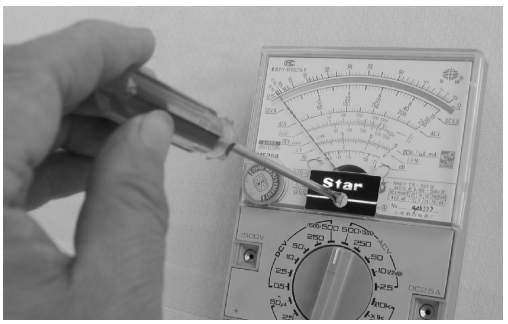


图 1-7　万用表表针调零

2）新购置的万用表使用前应打开电池盒盖（无电池盖的需拆下整个后盖)，正确地装好电池，如图 1-8 所示。

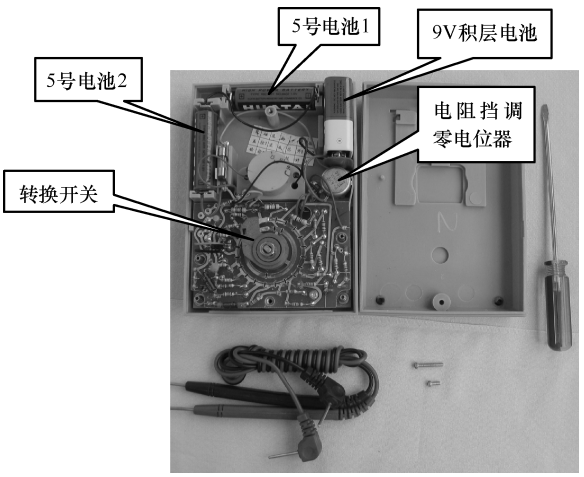


图 1-8　万用表安装电池

电池是万用表检测电阻时用的直流电源（在检测电压、电流时与电池断开)，利用电阻挡（也称欧姆挡）检查看表针动作状况，是检查指针式万用表是否正常的常用方法。

3）万用表的必备配件是黑、红两条表笔线，把黑色表笔插在公共端插孔，红表笔插在标有红色正号“ + ”的插孔。

4）检查表针动作及表内电池状况（即 0Ω 调整方法)：

首先，按表盘标注的放置方式水平放置万用表，再将挡位转换开关先拨到电阻挡的最低（ ×1Ω）挡，然后将两表笔的金属头相互接触（短接)，正常状态应是表针以平缓的速度从表盘左端偏转到右端，如图 1-9 所示。

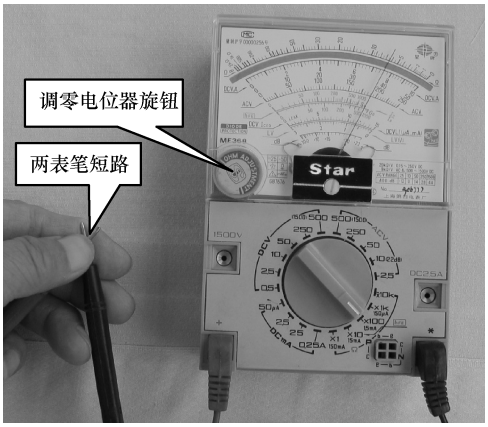


图 1-9　电阻挡调零

若达不到 Ω 线的右端刻度 0，可调节表盘左下角的调零电位器，使表针对准 0Ω 刻度。

检查中若出现下述 4 种不正常情况之一，必须进行及时纠正或处理：

1）表针反打：电池装反了。

2）表针猛打到右端：表头分流电路发生断路损坏，不能使用。若是新购表，应找商家调换；若是旧表，则需请专业人员修理或购买新表。

3）调整零电位器不能使表针指到右端 0：说明电池电量不足，应更换两只 5 号电池。

4）表针不动：表笔断线或表内熔丝管内熔丝（俗称保险丝）熔断。表笔断线是常有的事，要学会自己焊接表笔，熔丝熔断要及时更换。

如果表针动作正常，再拨到 ×10kΩ 电阻挡，检查 9V 积层电池的电量状况。

2. 使用万用表的注意事项

使用万用表时的注意事项包括三部分内容。

（1）在检测市电电网电压或与市电关联的电路时要确保检测者的人身安全

检测时要做到下述 3 点：

1）不能用外壳破损、开裂的万用表，表笔的绝缘皮也不能有开裂或破损部位；

2）表笔在插孔时要插到底，不能有金属裸露；

3）检测操作要用单手同时拿两支表笔（按握筷子方式，见图 1-10）。

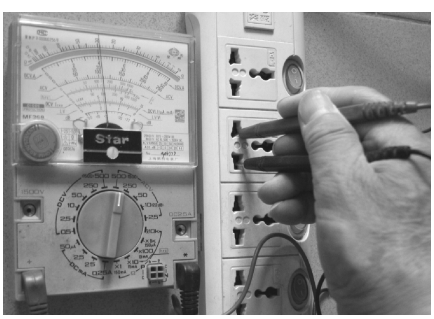


图 1-10　市电电压检测

检测者脚下要踩垫足够厚的橡胶（或干燥木板、塑料等）绝缘物，表体要放在绝缘物