

电工电子技能培训 大讲堂

DIANGONG DIANZI JINENG PEIXUN DAJIANGTANG



电子电路 识图与检测

姜有根 郭晋阳 马广月 主编

第2版



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电工电子技能培

电子电路识图与检测

第2版

主编 姜有根 郭晋阳 马广月
参编 李郁文 崔鹏飞 戴顺 姜南



机械工业出版社

本书是介绍电子电路基础知识、识别特征和检测技术的读物，分为六章。第一章介绍三种常用的检测仪器仪表，第二章介绍电路的基本知识和常用元器件性能及检测方法；第三章介绍模拟电路的基本知识以及识别与检测方法；第四章介绍数字电路的基本知识以及识别与检测方法；第五章介绍脉冲电路的识别和检测方法；第六章介绍稳压电源和生活中常用的几种小电路。

本书可供具有初中以上文化程度的电子电路爱好者使用，也可作为电子技术类学校师生的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

电子电路识图与检测/姜有根, 郭晋阳, 马广月主编. —2版.
—北京: 机械工业出版社, 2012.5
(电工电子技能培训大讲堂)
ISBN 978-7-111-38472-4

I. ①电… II. ①姜…②郭…③马… III. ①电子电路-电路图-识别②电子电路-检测 IV. ①TN710②TN707

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第105344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
责任校对: 闫玥红 封面设计: 鞠杨
责任印制: 杨曦
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
2012年7月第2版第1次印刷
148mm×210mm·7.875印张·229千字
0001—3000册
标准书号: ISBN 978-7-111-38472-4
定价: 25.00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

社服务中心:(010)88361066

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

网络服务

门户网:<http://www.cmpbook.com>

教材网:<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

出版说明

随着我国经济的飞速发展，工业化与信息化的融合及节能减排等政策的层层推进，为技术创新发展提出了更高的要求；同时，我国还是一个制造业大国，并处在向制造强国转化的过程，在拥有大量劳动者的同时，努力提高劳动者的素质，使其更好地适应技术的发展及社会的需要，不仅可以更好地服务于产业的发展，也是构建和谐社会的基本要素。

电工电子技术渗透于各行各业，吸纳的就业人口众多，向劳动者普及基本知识技能，一直是我们努力的目标。我们在电工电子技术出版领域积累了大量优秀的作者资源，出版了大批优秀的图书，受到了读者的欢迎。

我们针对初学者学习基础比较薄弱，从事的工作对技能要求比较高的特点，将优秀作者和优秀作品进行整合及筛选，打造成崭新的强势丛书——《电工电子技术培训大讲堂》系列图书，本系列图书具有内容全面、系统，结构科学、合理，层次丰富、细节突出等优点，可以为学习者提供多种选择的特点，具体内容涵盖了：电工电子基础知识入门、电工技能提高、电子仪器仪表使用、家电维修等。

本系列图书在强大的策划团队努力下，力图做到：1) 理论够用、内容实用，讲解清晰；2) 篇幅适中，便于学习，立竿见影；3) 初级入门为主，多层次扩展，适当向技能提高延伸；4) 体裁形式多样，写作形式多样；5) 适应性强，多行业多领域的电工电子技术学习者都可适用。

本系列图书的出版得到了众多“明星”作者的全力支持，他们在百忙之中为图书内容的撰写、修订及改写付出了大量的精力，查阅了大量的资料，进行了系统化的对比和分析，在此对他们的辛勤劳动表示感谢，希望本系列图书可以为读者提高知识技能、拓宽视野提供一些有益的、具体的帮助。

为了不断丰富和完善《电工电子技术培训大讲堂》系列图书的内容及提高图书的质量，欢迎广大读者提出宝贵意见和建议，及时向出版单位反馈信息。

机械工业出版社

前 言

伴随着电子电器的不断发展，我们已跨进了数字时代的大门。作为当代人，若具备一定的电子电器常识，会有利于自身的学习、工作和生活，而普及电子知识的任务也责无旁贷地担在电子技术工作者的肩上。

电子电路的识图与检测是电路设计和维修中都不缺少的技能。掌握电子电路识别与检测技能，首先要对电子电路的基本知识有一定的了解，因此，对电子电路基本知识的介绍自然成为本书的主要部分。为降低读者的学习难度，本书尽可能回避那些生僻的理论术语和不必要的量值计算，在用通俗简洁的语言介绍基础理论知识的同时还介绍一些实用常识，以便于读者拓宽思路。基本理论是系统性的，读者在掌握了电路的基本理论、识别和检测电路的基本方法之后，处理其他电路就可以举一反三。为帮助读者在电子技术方面拥有一定的动手能力，本书还介绍了检测电路的基本仪器、仪表以及测试元器件和电路的方法，最后介绍了几种生活中常用的小电路。

随着集成电路制作技术和工艺的高速发展，各种性质、功能、类型的集成电路产品层出不穷，并迅速投入实际应用，这是电子技术空前发展的时代表现。但是，在普及和学习电子电路初级知识的层面上，分立式电路还有着它不可替代的特点，那些结构简单、容易识别的分立电路自然也就成为本书的实例电路。

参加本书编写工作的有姜有根、郭晋阳、马广月等多位老师，其中第一、四、五章由姜有根、崔鹏飞编写，第二章和第三章由郭晋阳、马广月、李郁文编写，第六章由戴顺、姜南编写。由于编著者水平的限制，时间仓促，书中错误在所难免，希望得到读者的谅解。

编著者

目 录

出版说明

前言

第一章 检测电路的基本仪器、仪表	1
第一节 万用表	1
一、了解一种指针式万用表	1
二、指针式万用表的使用	6
三、数字式万用表简介	13
第二节 信号发生器	15
一、低频信号发生器	15
二、综合性信号发生器	16
第三节 示波器	17
一、示波器的面板和背板	17
二、使用前的准备和使用注意事项	20
三、单通道检测	22
第四节 逻辑电路测试装置	24
一、输入电平的逻辑开关	24
二、输出电平的显示装置	24
第二章 电路结构及常用元器件	26
第一节 电路组成	26
一、电路及其基本组成	26
二、电路的基本参数及检测	28
第二节 基本元件	31
一、电阻器	31
二、电容器	39
三、电感器	49
四、压电元件及检测	53
第三节 常用半导体器件及其特性	55



一、二极管及其特性	55
二、晶体管及其主要特性	60
三、场效应晶体管及其主要特性	67
四、其他常用器件的特性及检测	73
第三章 模拟电路识图与检测	84
第一节 基本放大电路	84
一、放大电路的类型与应用	84
二、晶体管基本放大电路的组成	84
三、晶体管放大电路分析	86
四、多级放大电路	95
第二节 含负反馈的放大电路	97
一、在放大电路中实现信号反馈的方法	97
二、晶体管放大电路的性能缺陷及其改善方法	101
三、含负反馈的常用典型电路	105
四、直流负反馈对放大电路的影响及应用	115
五、场效应晶体管放大电路	116
第三节 正弦波振荡器电路	120
一、振荡器及其常用类型	120
二、LC 正弦波振荡器的结构及工作原理	122
三、石英晶体振荡器的结构及原理	129
四、RC 振荡器的构成	131
第四节 功率放大器	135
一、单管功率放大器的组成及特点	136
二、对管功率放大器	137
三、复合晶体管的使用	142
第四章 数字电路的识别与检测	146
第一节 逻辑代数和门电路	146
一、逻辑代数	147
二、门电路使用常识	165
第二节 组合逻辑电路识别	170
一、逻辑图的阅读与逻辑符号	170
二、组合逻辑电路识别	178
第三节 时序逻辑电路识别	184



一、触发器	184
二、时序逻辑电路的识别	190
第五章 脉冲电路识别与检测	198
第一节 脉冲信号生成电路识别	198
一、脉冲振荡电路	198
二、锯齿波信号发生器	203
第二节 脉冲波形的变换	205
一、RC 微分电路及作用	205
二、RC 积分电路及作用	207
三、分立件结构的施密特触发器	207
四、单稳态电路及作用	210
五、脉冲分压电路及作用	213
第六章 电路实例	217
第一节 稳压电源	217
一、二极管整流原理	217
二、滤波电路	222
三、串联调整式稳压电路的结构与原理	223
四、集成稳压电路	226
五、开关式稳压电路	227
第二节 几种常用小电路	230
一、节能灯电路	230
二、调光台灯电路	231
三、延时开关电路	232
四、加湿器电路	233
附录	235
附录 A 半导体器件型号命名法	235
附录 B 半导体器件电路图形符号	237
附录 C 光电子、光敏和磁敏器件电路图形符号	240

第一章 检测电路的基本仪器、仪表

电子电路的检测项目很多，诸如元器件的好坏及其电压、电流、波形、频率、幅度、失真、幅频、相频等方面，这就涉及多种仪器、仪表。本书只介绍元器件检测、电路参数检测和波形检测三方面的常用知识，所涉及的基本仪器、仪表有万用表、示波器、信号发生器和逻辑电路测试装置。万用表可用于对元器件和电路参数的检测；示波器是显示电压随时间变化的动态检测设备，是观察、分析电压波形的必用仪器；信号发生器是配合电路动态检测所需要的信号源。有的测试项目还要用到计时秒表等。

使用仪器、仪表对电路实施检测时，既要注意仪器、仪表的检测功能，还要注意仪器、仪表对被测电路的影响。内阻较低的指针式万用表只适合于检测模拟电路和 TTL 系列的数字电路，而不适合检测 CMOS 类数字电路的输入端（内阻很高）。内阻很高的数字式万用表对被测电路影响小，适用范围较广。示波器的输入内阻较高，测试各类电路都不会有明显影响。

第一节 万用表

万用表是电工、电子技术人员和电器修理者查看电路、检测元器件最常用的工具，因此，学习电路检测首先要学会使用万用表。市场上出售的万用表有指针式和数字式两大类，两类的基本结构区别主要在于示数表头。指针式万用表的表头是利用磁电原理驱动指针指示表盘上刻度值的，数字式万用表的表头是由微处理器驱动液晶屏显示数字的。本书建议初学读者先准备并学会指针式万用表的使用。

一、了解一种指针式万用表

请读者先准备一只 MF368 型万用表，然后再看下文。本书之所以选用此型号万用表，是因为它是一款功能较多、价格便宜、携带方



便的袖珍万用表。MF368 型万用表如图 1-1 所示。

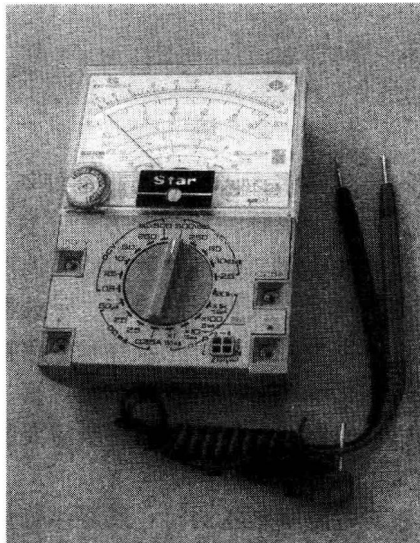


图 1-1 MF368 型万用表

1. 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 为 MF368 型万用表电路原理。

2. 了解万用表的主要性能

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。MF368 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指标中,初学者应首先关注两项:①直流电压灵敏度及适用范围;②万用表使用时的放置方式。

1) 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,万用表的性能高低取决于表头的灵敏度和内阻(即表头线圈的电阻,见图 1-4b),这是两个相关联的技术参数。表头的灵敏度

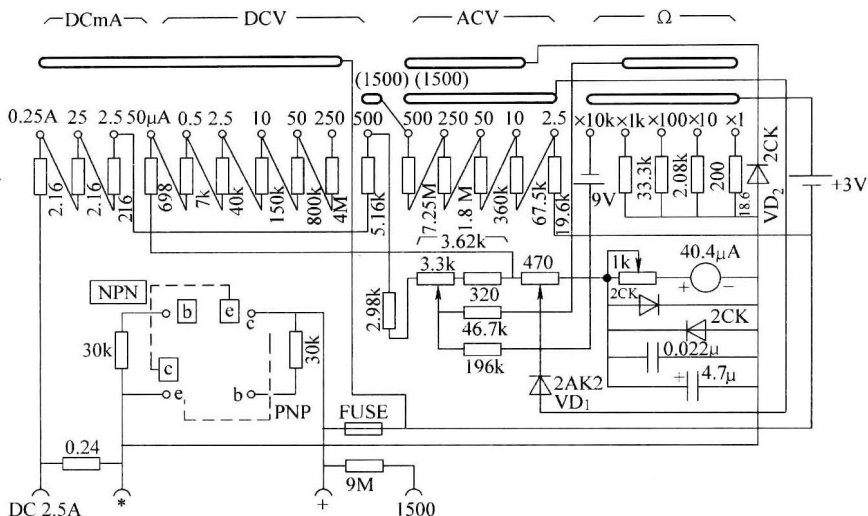


图 1-2 MF368 型万用表电路原理

是指指针偏转满度（指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。指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。MF368 型万用表表头的满度电流为 $40.4\mu\text{A}$ 。实用满度电流通常由表头电路（由保护电路和电流扩展电路组成）调整为整数，MF368 型万用表表头的满度电流经调整后为 $50\mu\text{A}$ 。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，所以用 MF368 型万用表测量直流 $0.5 \sim 250\text{V}$ 时的电压灵敏度为 $20\text{k}\Omega/\text{V}$ （依据电压灵敏度可方便计算各量程的内阻）。实践经验说明，用于复杂电子线路检测的指针式万用表的电压灵敏度应不低于 $20\text{k}\Omega/\text{V}$ 。

电压灵敏度参数（ $20\text{k}\Omega/\text{V}$ ）的倒数就是说万用表表头的满度电流为 $50\mu\text{A}$ （也是直流电流的最小量程）。

2) 万用表使用时的放置方式会影响指针示数的准确程度，对此使用者不可忽视。

—：表示万用表要水平放置。MF368 型万用表的表盘上有此符号，应水平放置，底盖上还备有支架，也可倾斜放置。

⊥：表示万用表要垂直放置（即竖直放置）。

∠：表示万用表使用时要打开支架倾斜放置。

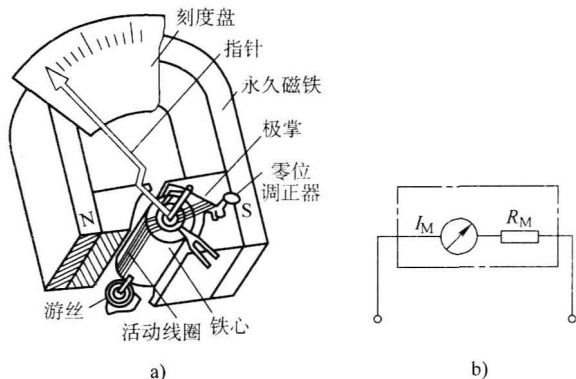


图 1-4 磁电仪表的表头结构示意图

a) 磁电仪表的组成 b) 磁电仪表等效电路

不标放置方式符号的万用表，使用时可任意放置。

3. 了解表盘的刻度线及对应转换开关的位置

(1) 表盘刻度：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指针转动轴为圆心的弧形线，表盘外面是透明的表盘罩。

1) MF368 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) 刻度线 (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) 共用的刻度线 (黑色)，为等分刻度。

③ 交流电压 (AC V) 刻度线 (红色)，按正弦交流电的有效值来划分刻度，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 (蓝色两条)，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) 的刻度线 (均为蓝色)，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，将正弦交流电的电压有效值换算



为 dB。

2) 刻度线颜色的含义：

① 黑色刻度线对应直流参数检测。

② 红色刻度线对应（正弦）交流电参数检测。

③ 蓝线刻度线是电阻挡的扩展检测功能（即选用这些检测功能时转换开关要拨到相应的电阻挡，检测值从蓝色刻度读取）。

④ 最下面的红色刻度线（dB）是交流检测的扩展功能（即测量交流电压或音频电压增益时要选相应的交流电压挡）。

初学者首先熟悉最上面的两黑一红刻度线的使用和读数方法。

(2) MF368 型万用表的面板

1) 中部是挡位转换开关，挡位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四个测试项目：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体管直流放大倍数 (h_{FE}) 的 4 孔插座。

二、指针式万用表的使用

1. 使用前的检查和准备

(1) 按表盘标注的放置方式符号放置万用表。

(2) 万用表使用前要认真核对指针是否指在刻度左端的零点，如果偏离，可用小号一字螺钉旋具（俗称螺丝刀、改锥）调节表盘罩下中部的机械调零旋钮，如图 1-5 所示。

(3) 新购置的万用表使用前应打开电池盒盖，正确地装好电池，

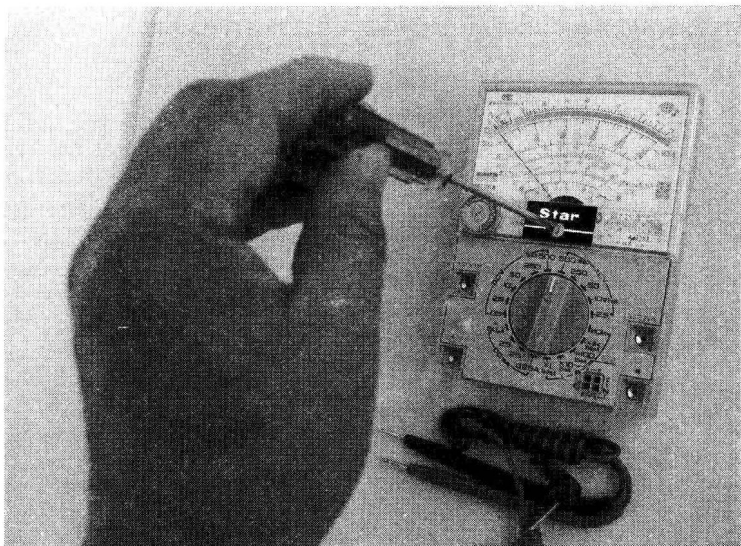


图 1-5 万用表指针调零

如图 1-6a 所示。

电池是万用表检测电阻时用的直流电源，在检测电压、电流时不需要电池参与工作，但利用电阻挡（也称欧姆挡）可以查看表头动作状况，是检查指针式万用表是否正常的常用方法。

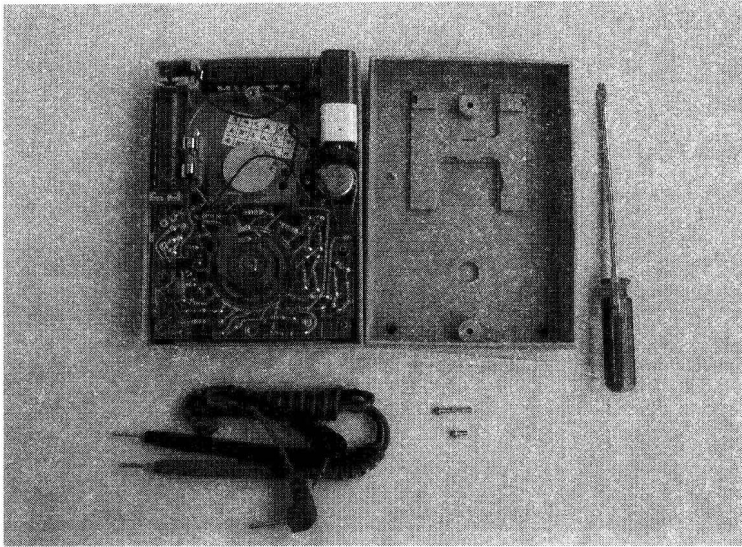
(4) 万用表的必备配件是黑、红两条表笔线，把黑表笔插在公共端插孔，红表笔插在标有红色“+”的插孔。

(5) 检验指针动作。将挡位转换开关先拨到电阻挡的最低（ $\times 1$ ）挡，然后将两表笔的金属头相互接触（短接），正常状态应是指针以平缓的速度从表盘左端偏转到右端，如图 1-6b 所示。若不指在 Ω 线的右端刻度 0，可调节表盘左下角的调零电位器，使指针对准刻度 0。

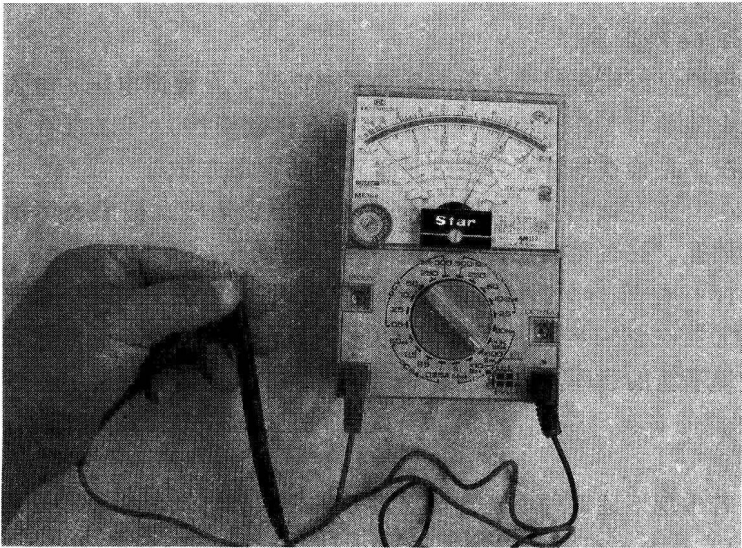
若出现下述四种不正常情况之一，必须进行及时纠正或处理。

1) 指针反打：电池装反了。

2) 指针猛打到右端：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更换；若是旧表，则需请专业人员修理或再购买新表。



a)



b)

图 1-6 万用表安装电池和电阻挡调零

a) 给万用表装电池 b) 电阻挡调零



3) 指针打不到右端,且调零电位器也调不到右端:电池电力不足,更换电池。

4) 指针不动: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。

如果指针动作正常,再拨到最高($\times 10k$)挡检验9V积层电池的电力及安装情况。

2. 万用表使用注意事项

使用万用表时的注意事项包括三部分内容。

(1) 确保检测者的人身安全

1) 检测电网电压时不能用绝缘皮开裂、破损的表笔。

2) 插孔中表笔要插到底,不能露出金属部分。

3) 检测操作要用单手同时拿两支表笔,如握筷子方式。

(2) 确保万用表的安全

1) 万用表使用后,转换开关要置于交流电压挡最高量程位置(有的表设有“OFF”即关闭挡)。

2) 每次检测操作前要仔细核对检测项目与量程,切不可用置于电流或电阻挡的万用表去检测交流电压。

3) 对未知电压、电流进行检测时,要选最高挡试测,再依据试测情况选择适当挡位。

4) 对未知极性的(即高低方向)的直流电压,要先用点测方式确定电压极性。测直流电流之前也要用这种方法确定电流方向。

5) 检测电压、电流时若需要换挡,电路必须先断电或让表脱离线路。

6) 使用电阻挡检测时,要关闭被测电路电源,并等待电路中各个电容完全放电后方可进行检测。

7) 检测时若出现指针向左反打或向右猛打并超出刻度范围的现象,要立即停止检测。

(3) 确保检测数据准确

1) 选择适当量程,尽量避开指针指示在两端的情况,要让针指示在刻度线中部范围。