

TUJIE DIANGONG JISHU

图解电工技术 快速入门

KUAI SU RUMEN

电工之友工作室 ○ 编

上海科学技术出版社

图解电工技术快速入门

电工之友工作室 编

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书为实用技术类图书。内容共分7章,包括电工常用测量仪表的使用、电工常用材料、低压电器装置的安装技巧、架空配电线路的使用、室内电气线路的安装、电气照明装置的安装和电气安全。

本书适宜供农村电工、工厂电工、安装电工以及刚刚走上电工岗位的初学者阅读使用,也适宜供专门从事电工技能培训的高职院校的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

图解电工技术快速入门/电工之友工作室编. —上海:上海科学技术出版社,2011.3
ISBN 978-7-5478-0583-1

I. ①图... II. ①电... III. ①电工技术-图解
IV. ①TM-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 214286 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路71号 邮政编码200235)

新华书店上海发行所经销

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张:15.25

字数 330千字

2011年3月第1版 2011年3月第1次印刷

ISBN 978-7-5478-0583-1/TM·16

定价:38.00元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

前 言

作为一名电力工作者,应该了解电力发展的历史。1800年,意大利人伏特把铜片和锡片接上导线浸于食盐水中,制成了一种能够提供连续性电源的装置,并称它为“电堆”,这就是现代电池的元祖。1831年英国人法拉第提出了著名的电磁感应定律,揭示了电、磁之间的联系,为电能的大规模生产提供了可能,从此开启了人类的电气化时代。到了1837年戴文珀特取得了第一个电动机专利,并发明了多种电动机,电能即将转化为机械能为人类服务。但由于当时的电力成本很高,严重限制了电动机的大规模应用。到了1884年法国人高兰德和英国人吉布斯在美国申请到第一个有关开路铁心变压器的专利,电能的远距离传送从此开始,但当时他们发明的只是一个简单的单相变压器,还有很多弊端。真正让电能全面普及的,是俄国科学家多利沃—多布罗夫斯基,1888年,他提出三相电流可以产生旋转磁场,并发明三相同步发电机和三相鼠笼式电动机。1889年,他为解决三相电流的传输及供电问题,开始研究三相变压器,当年,他申请到了第一个三相变压器铁心的专利。1891年,世界上第一台真正具有现代意义的三相变压器出现,就在当年8月召开的世界博览会上,德国法兰克福的会议组织者们为了展示交流电的输送和应用,在175 km外的一个水泥厂内装设了一套三相水轮发电机组(210 kV·A, 150 r/min, 40 Hz, 相电压 55 V),向博览会上的1 000盏电灯和一台100马力的电动机供电。变压器技术的成熟,为电能的远距离输送提供了保障,也大大降低了电能的成本,这无疑让“电”成为最好用、最廉价的新能源。后来美国著名的“发明大王”爱迪生利用“电”为人们制作了留声机、电灯、电话、电报、电影等,从此,“电”彻底改变了人们的生活,并影响了整个世界的发展趋向。

当电力技术发展到现在,你只要按动开关,电灯会瞬间点亮你的房间;你只要合上电闸,电动机就会马上旋转;你只要按下按钮,电梯就会送你到几十米的地下或是近百米的高空……电给我们带来了高品质的现代化生活。当今为了推进节能型新技术、新工艺、新产品的应用,又迫切要求电力工作者不断提高自身的业务素质以适应发展形势的需要。

每一位刚刚走上电力岗位的工作者,当第一次看到几十米长的配电箱矩阵时,一定都会有一种不知所措的茫然;当第一次看到电气起重机抓起几十吨钢材时,一定会为之惊叹;当第一次看到近三层楼高的巨型超高压变压器时,一定会有一种强烈的震撼;当第一次看到直径几米的巨型发电机转子正在发送电能时,一定会为人类精密的文明而感叹;当第一次修好电力用户的潜水泵,看到清澈的井水流向田野时,一定会有无法言表的喜悦;当第一次不在家里和亲人们过春节,自己站在配电室里值班,望着万家灯火,心里翻腾的不是辛酸,而是一种坦然的快乐;当擦掉额头的汗水不经意间转身,看到自己和师傅们架设的电力线路,翻山涉水,就像蜿蜒的长城一样将光明的电力送到这个小山村时,端起纯朴的村民为你倒满的庆功酒,激动的泪水就会在不经意间滑落。作为电力工作者,我们要做到八个字“安全第一,

精熟技艺”，现在的电力设施，已经相当的成熟和完备，而且很多尖端的现代化电子设备也开始应用。刚刚入门的电工，一定不能怕辛劳，要多问多学多实践，为什么要把“问”字放在“学”字的前面呢？一般的说辞都是“多学多问”，但是电力工作者要做到“多问多学”，你不熟悉的电气设备或者你不太明白的操作，一定要多问，反复问明白了，才能学着去实践，因为“电”和任何能源都不一样，它会“咬人”！而且你看不到听不着，一根导线我们不知道它是否有电，我们只是借助仪器间接地测定，所以电力工作最忌讳的就是逞强好胜、盲目蛮干。“知之为知之，不知为不知”，清醒理智的头脑是干好电力工作的根本！而且有很多电气操作是有程序的，一步一步的操作，一旦违反就会酿成事故，甚至是灾难！

当然有很多电气知识，对于初学者来说可能有点生涩难懂，在现代竞争激烈、分秒必争的社会里，工作中的人们好像很难拿出更多的时间为自己“充电”——学习新知识，掌握新技艺，而一幅“图”可能就会胜过千言万语，很多说不明白的话，用一张图去表达，可能就会一目了然，鉴于“图”这种语言自身的优越性，笔者特意尝试着将电力工作者特别是初学者必须掌握的知识，用图的方式表达出来，并汇编而成《图解电工技术快速入门》一书。本书从电工工具、仪表的使用方法开始，说明了电工材料的选择方法，讲解了架空配电线路、室内电气线路、照明装置、低压电器、变压器、配电装置等的安装使用方法，最后还详细讲解了电气安全知识。在写作本书的过程中，笔者坚持少写理论公式，真正从实际工作需要出发，将一些好技术好方法好经验详尽地写进了书里，相信本书一定能帮助广大电力工作者技术进步，能力提高！

限于笔者自身水平有限，书中错误或不妥之处在所难免，如有任何问题或建议欢迎登陆搜狐博客“电工之友工作室”（<http://jrxyz.blog.sohu.com>）写下您的留言，笔者一定会根据您的建议进行修改。

作者

目 录

第 1 章 电工常用测量仪表的使用	1
1.1 万用表的使用	1
1.1.1 指针式万用表	1
1.1.2 数字式万用表	4
1.2 绝缘电阻表的使用	8
1.3 钳形电流表的使用	11
1.4 电能表的使用	13
1.4.1 电能表的安装要求	13
1.4.2 电能表的选择	14
1.4.3 电能表的接线	15
1.5 电压表的使用	17
1.5.1 直流电压表	17
1.5.2 交流电压表	18
1.6 电流表的使用	19
1.6.1 直流电流表	19
1.6.2 交流电流表	19
1.7 接地电阻测试仪的使用	20
1.8 单臂电桥的使用	22
1.9 双臂电桥的使用	23
第 2 章 电工常用材料	24
2.1 常用导电材料	24
2.1.1 裸导线	24
2.1.2 铜排与铝排	25
2.1.3 绝缘电线	26
2.1.4 电磁线	36
2.1.5 熔丝	39
2.2 电工常用绝缘材料	40
2.2.1 电工用绝缘漆	40
2.2.2 层压板	41
2.2.3 绝缘云母制品	43

2.3	常用轴承	44
2.3.1	深沟球轴承	44
2.3.2	调心球轴承	45
2.3.3	圆柱滚子轴承	47
2.4	常用润滑脂	49
第3章	低压电器装置的安装和使用	50
3.1	低压开关	50
3.1.1	刀开关	50
3.1.2	封闭式负荷开关	52
3.1.3	组合开关	53
3.1.4	低压断路器	54
3.2	熔断器	58
3.2.1	熔断器的特点	58
3.2.2	熔断器的选用	58
3.2.3	熔体额定电流的确定	60
3.2.4	熔断器的外观检查	60
3.2.5	熔体更换	60
3.2.6	熔断器的常见故障及处理方法	61
3.3	接触器	61
3.3.1	交流接触器的结构及工作原理	61
3.3.2	交流接触器的选用与运行维护	63
3.3.3	接触器的常见故障分析	64
3.4	继电器	66
3.4.1	电磁式继电器	66
3.4.2	热继电器	70
3.4.3	时间继电器	72
3.5	主令电器	75
3.5.1	按钮	75
3.5.2	行程开关	77
3.6	信号灯	78
第4章	架空配电线路	80
4.1	架空配电线路的构成	80
4.1.1	杆塔	81
4.1.2	导线	82
4.1.3	绝缘子	82
4.1.4	金具	84
4.2	架空配电线路的设计要求	87
4.2.1	架空配电线路的杆型结构	87
4.2.2	架空配电线路路径的设计	90

4.3	架空配电线路的施工步骤	95
4.3.1	挖坑	95
4.3.2	水泥电杆的运输	97
4.3.3	线材的运输	99
4.3.4	电杆的组装	100
4.3.5	立杆及埋杆	110
4.3.6	拉线的制作安装	113
4.3.7	导线的安装	120
4.3.8	档距	125
4.3.9	弧垂	126
4.3.10	架空配电线路的安全距离	128
4.4	架空配电线路的竣工验收和巡视维护	129
4.4.1	架空配电线路的竣工验收	129
4.4.2	架空配电线路的巡视维护	129
第5章	室内电气线路的安装	131
5.1	室内线路的明装敷设	131
5.1.1	用塑料卡子明装导线	131
5.1.2	用瓷绝缘子(瓷瓶)明装导线	133
5.1.3	用槽板明装导线	139
5.1.4	用线管明装导线	141
5.1.5	钢索配线	145
5.2	室内线路的暗装敷设	148
5.2.1	室内线路暗装敷设的常用材料	148
5.2.2	室内线路暗装敷设的方法	148
5.3	室内线路连接点的合理安排	154
5.4	室内线路的连接方法	156
5.4.1	绝缘导线绝缘层的剥离	156
5.4.2	铜导线的连接法	159
5.4.3	铝、铜导线的连接法	162
5.4.4	钳接管连接法	163
5.4.5	压线帽连接法	163
5.4.6	线鼻子与电缆的连接法	165
5.4.7	线头与接线桩的连接法	165
5.4.8	绝缘电线绝缘层的恢复	168
5.5	低压架空接户线与进户线的安装	169
5.5.1	接户线	169
5.5.2	进户线	175
5.5.3	进户线的常见故障及排除	176
第6章	电气照明装置	177

6.1	照明灯具的安装	177
6.1.1	照明的类别及其特点	177
6.1.2	照明灯具的分类	178
6.1.3	照明灯具的布置	179
6.1.4	白炽灯	181
6.1.5	荧光灯	184
6.1.6	节能灯	188
6.1.7	卤钨灯	189
6.1.8	高压汞灯	190
6.1.9	超高压汞灯	191
6.1.10	钠灯	192
6.1.11	管形氙灯	193
6.1.12	霓虹灯	194
6.1.13	厂用灯具	197
6.2	开关和插座的安装	200
6.2.1	开关的安装	200
6.2.2	插座的安装	203
6.3	照明线路的配线方式	205
6.3.1	户内配电方式	206
6.3.2	户内配电箱	209
6.4	电气照明线路的常见故障排除	210
6.4.1	查找故障的基本方法和步骤	210
6.4.2	照明线路的常见故障排除	211
第7章	电气安全	214
7.1	电气安全用具	214
7.1.1	安全帽	214
7.1.2	绝缘操作杆	214
7.1.3	绝缘钳	215
7.1.4	绝缘手套	216
7.1.5	绝缘靴	216
7.1.6	绝缘垫	217
7.1.7	接地线	217
7.1.8	临时遮拦	218
7.1.9	围栏绳	219
7.1.10	标志牌及其使用	220
7.1.11	安全工器具的试验周期及标准	221
7.2	漏电保护器的安装使用	222
7.2.1	漏电保护器的种类	222
7.2.2	漏电保护器动作电流和动作时间的选择	223

7.2.3	漏电保护器的选择与安装	224
7.3	触电急救	226
7.3.1	人体触电后的表现	226
7.3.2	使触电者脱离电源的方法	226
7.3.3	救治触电者的方法	228

第 1 章 电工常用测量仪表的使用

1.1 万用表的使用

1.1.1 指针式万用表

指针式万用表如图 1-1 所示,它的最大好处是能够直观地看到被测量的变化过程和状况,而且功能可靠,价格较低。

指针式万用表大多由指示部分、测量电路、转换装置三部分组成。

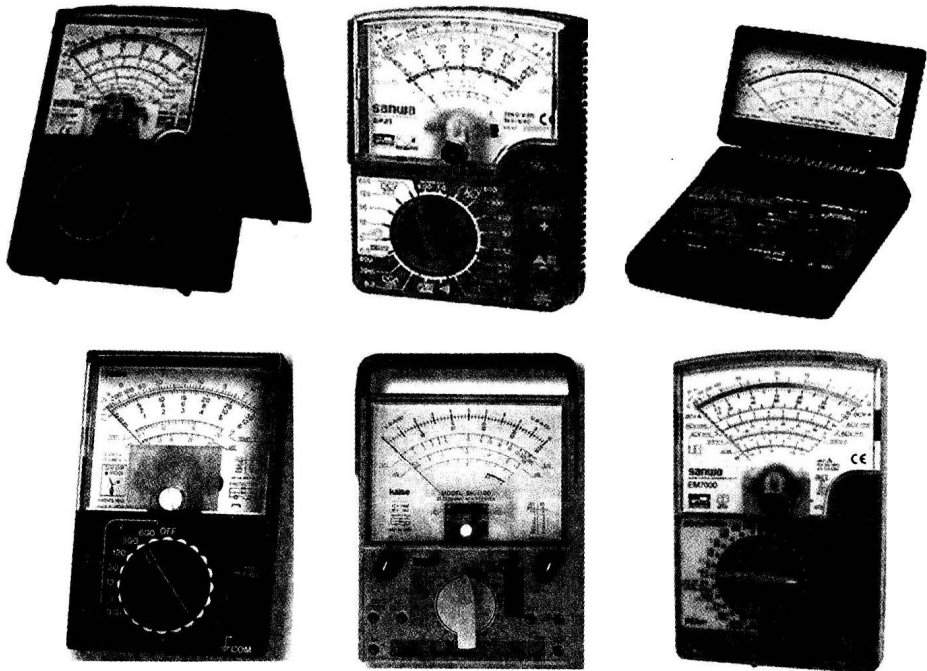


图 1-1 各种指针式万用表

1.1.1.1 指针式万用表使用前的准备工作

(1) 使用前,应认真阅读使用说明书,熟悉万用表表盘,了解表盘上每条刻线所对应的测量值,以图 1-2 为例可以看出,图中的第一条刻度线右边标有“ Ω ”,它是测量电阻的刻度线。第二条刻度线的左边标有“ \sim ”,右边标有 V/mA,表示交、直流电压和交、直流电流按

此挡读数。第三条刻度线两侧标有“10 V”，表示 10 V 以下的低电压按此挡读数。第四条刻度线则是用来测量音频电平。

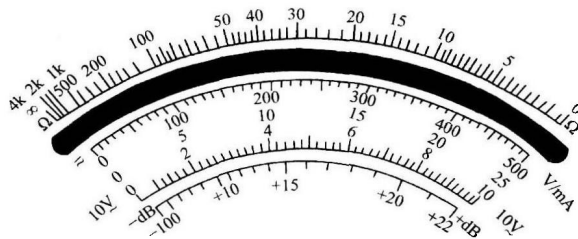


图 1-2 指针式万用表的表盘

(2) 在使用万用表以前应对插孔和指针进行必要的检查。首先将红表笔插头插入“+”孔内,黑表笔插入“-”孔内,并将万用表置于 $R \times 1$ 挡,短接两表笔,测试两表笔是否断路(因为断路时表针不动)。然后再用机械调零旋钮将表针调零,最后检查电池是否还能继续使用。

(3) 在使用万用表测量时,要用右手握住两只表笔,手指不能触及表笔的金属部分和被测元器件,正确的握笔方法如图 1-3a 所示,而图 1-3b 的握笔方式是错误的。

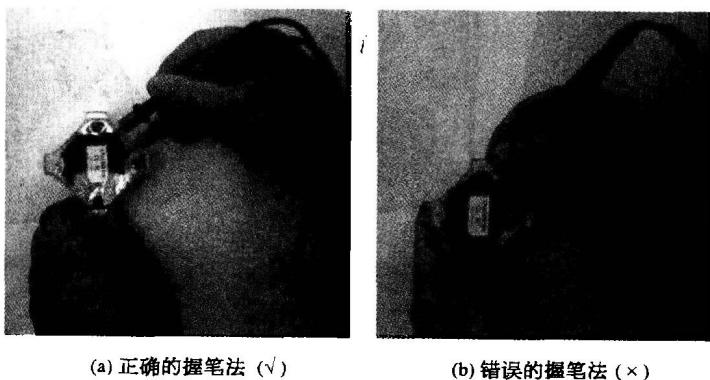


图 1-3 万用表的握笔方法

(4) 在使用万用表测量时,禁止在被测件通电测量的状态下转动量程开关,如在测量电压、电流时,不切断电源就改变万用表量程是不允许的,因为在带电情况下转动量程开关,会产生电弧,使开关触点损坏!这一点一定要注意。

(5) 当能够熟练使用万用表后,就要逐渐养成单手操作的习惯,如图 1-4 所示。这是因为如果是双手操作,一旦手触及带电部分,就会在两手间形成电压而产生电流,使人触电。

(6) 万用表的极性不要接错,用指针式万用表测量直流电压、直流电流时,一定要将红表笔接电路中的高电位,黑表笔接低电位。如果接反,万用表指针会向相反方向偏转,无法进行测量,严重时可能损坏万用表。

(7) 使用指针式万用表测量前,一定要对被测量设备进行一次大体的估算,然后选择一个合适的挡位。如果无法估计被测量的大小,就要从最大挡开始测量。一定要避免因被测量过大而使指针迅速向右偏转,把指针碰弯或烧坏万用表。

(8) 万用表不用时,要将转换开关拨到大电压挡,这样既能减小电池损耗,还能防止下次使用时,因忘记转换挡位而损坏万用表。如果长期不用万用表,最好将电池取出保存。

1.1.1.2 用指针式万用表测量电流的操作

用指针式万用表测量电流时,表笔应与被测线路(或设备)串联,并根据被测量的大小选择合适的挡位。但是一般的指针式万用表电流挡的量程往往只有 500 mA,所以测量大电流时就需要安装一些辅助设备来扩大电流表的量程。

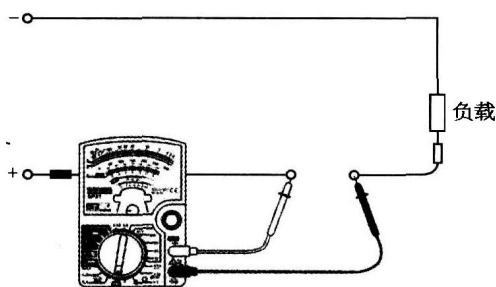


图 1-5 直流电流的测量

直流电压的测量如图 1-6 所示,先将转换开关旋到“V”挡,测量时,黑色表笔应与电源的负极相触,红色表笔应与电源的正极相触,二者不可颠倒。如果一时分不清电源的正负极,则可以选择一个较大量程的测量挡,将两支表笔快触一下测量点,观察表针的指向,找出被测电压的正负极。交流电压的测量如图 1-7 所示,测量前,先将转换开关旋到标有“V”符号处,并将开关置于适当量程挡,然后手握黑色表笔和红色表笔的绝缘部位,先用黑色表

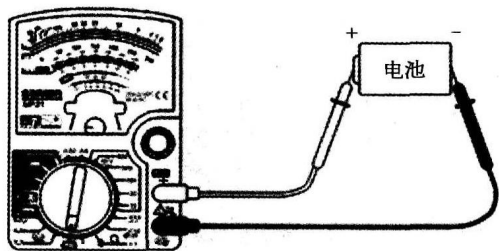


图 1-6 直流电压的测量



图 1-4 单手操作万用表

测量直流电时,如图 1-5 所示,红表笔与断点处的正极性相连,黑表笔与断点处的负极性相连。在测量交直流电流时不能在通电的情况下转换挡位。

1.1.1.3 用指针式万用表测量电压的操作

用指针式万用表测量电压时,表笔应与被测线路(或设备)并联,并根据被测量的大小选择合适的挡位。

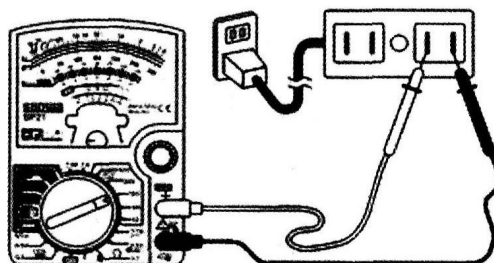


图 1-7 交流电压的测量

笔触及一相带电体,再用红色表笔触及另一相带电体或中性线,读取电压读数后,使两支表笔脱离带电体。

1.1.1.4 用指针式万用表测量电阻

使用万用表测量电阻时,要先选择合适的挡位,一般万用表设有 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 和 $R \times 10k$ 等挡位,只要将转换开关拨至某一需要的挡位就可以了。

调零是使用万用表的欧姆挡不可缺少的步骤,否则会使测量误差增大。调零的方法是先将万用表的黑、红表笔短接,然后调节万用表的调零旋钮,使表针指示在欧姆刻度线的 0Ω 位置上。当改变量程时,要重新调零。万用表的调零要快速,否则会消耗过多的表内电池能量。如果表针总是在 0Ω 线的左侧,这说明表内的电池电压已较低,最好更换新电池,然后再次调零。

使用指针式万用表测量电阻的方法如图 1-8 所示,测量时只要将万用表红、黑两表笔接触被测元器件的两端点就可以了。

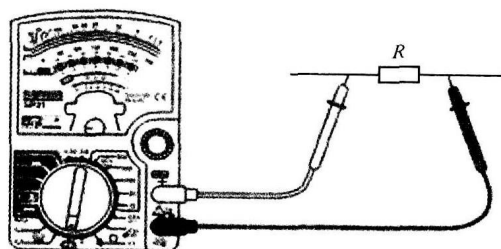


图 1-8 电阻的测量

万用表指针在欧姆刻度线上的读数与使用的量程倍率的乘积就是被测的电阻值。例如:测量某电阻值时,万用表指针示数为 12,量程倍率是 $R \times 1$,即电阻的阻值为 12Ω ;再比如在量程倍率为 $R \times 1k$ 测得的指示数为 8,即电阻的阻值为 $8 k\Omega$ 。

在读数时,还有一点应该注意,由于欧姆刻度线的刻度不是均匀的,所以每一个小格所表示的数值也是不一样的。

1.1.2 数字式万用表

数字式万用表又叫数字式多用表,如图 1-9 所示,是采用了大规模集成电路和液晶数

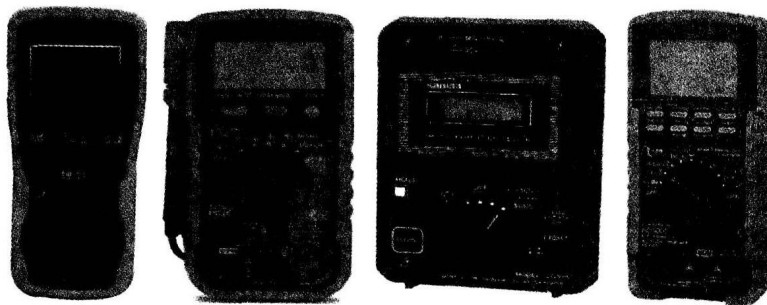



图 1-9 各种数字式万用表


字显示技术的仪表。由于数字式万用表具有读数清晰、准确,使用方便、快捷,自动化、智能化程度高,测量速率快和具有完善的保护能力等特点,所以它已经得到了广泛的应用。

虽然数字式万用表的种类很多,但其控制面板的标志符号、文字符号的含义是基本相同的,读者可以参考表1-1了解其基本意义。

表1-1 数字式万用表常用标志符号、文字符号的意义

标志符号、文字符号	基本意义
RANGE	量程键
RH	量程保持
FUNCTION	功能键
MEM	存储键
RST	复位键
MEM RCL	读存储数据键
PRINT	打印键
HOLD、  、DH、DATA	读数(显示值)保持开关(保持键)
SET	预置键
ADJ	调整旋钮
AUTO CAL	自动校准
CAL	校准
AC/DC	交流、直流选择键
AUTO - MAN RANGE	自动/手动转换量程
AUTO、AR、AUTO - RANGE	自动转换量程
MAN RANGE	手动转换量程
DCV	直流电压挡
DCA	直流电流挡
ACV	交流电压挡
ACA	交流电流挡
Ω 、OHM	电阻挡
C、CAP	电容挡
T、TEMP	温度挡
F、f、FREQ	频率挡
ZERO ADJ	电容挡手动调零旋钮
H Ω	高阻挡
L Ω	低阻挡
G	电导挡
·)))	蜂鸣器挡

(续表)

标志符号、文字符号	基本意义
BZ	蜂鸣器
AUTO OFF POWER	自动关断电源
COM	接黑表笔
F/V/ Ω (FV Ω)	频率、电压、电阻测量插孔
h_{FE}	晶体管电流放大倍数测量插孔
Hz	频率测量插孔
mA	电流测量插孔
SLEEP MODE	休眠模式(备用状态)
LCD	液晶显示器
V/ Ω	电压/电阻插孔
C(K TYPE)	温度测量插孔
	超量符号(超量程时在最高位出现)
UR, UNDER	欠量程
OL	过载(超量程)
AP	自动极性显示
R MS	有效值(方均根值)
AV, AVG	平均值
Δ	相对值测量标志符
\triangle	注意! 应参照说明书操作
	危险! 此处可能出现高压
—	负极性显示标志符

1.1.2.1 用数字万用表测量电压的方法

1) 直流电压的测量 如图 1-10 所示为直流电压的测量方法,虽然数字式万用表有自动转换极性的功能,但最好还是用万用表的红表笔接被测电压的正极,黑表笔接被测电压的负极,这样可以减小测量误差。

测量时,首先将红表笔插入 V/ Ω 插孔,黑表笔插入 COM 插孔,然后将量程开关置于“V”(或 DCV 挡)范围内合适的测量挡位上,这样就可以进行测量了。

2) 交流电压的测量 在使用数字式万用表测量交流电压时,为了消除万用表输入端对地分布电容的影响,减小测量误差,最好把黑表笔接到被测电压的低电位端,如 220 V 的零线端、被测交流信号的公共端等。

测量时,首先将红表笔插入 V/ Ω 插孔,黑表笔插入 COM 插孔,然后将量程开关置于“V”(或 ACV 挡)范围内合适的测量挡位上,这样就可以进行测量了,如图 1-11 所示。

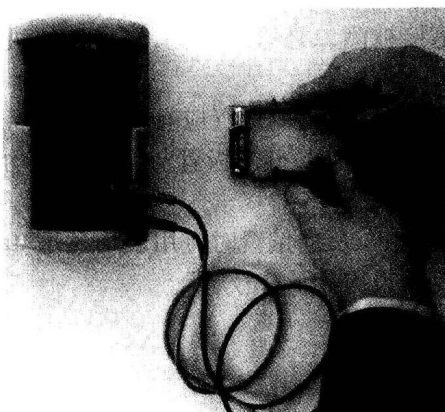


图 1-10 直流电压的测量



图 1-11 交流电压的测量

1.1.2.2 用数字式万用表测量电阻的方法

(1) 测量电阻时,被测电路必须要停电。电阻挡量程的大小要根据被测值的大小进行合理的选择,在测量时,如果显示器显示的数字是“1”,则表明被测量已经超过了所需的量程,此时要重新调整再进行测量。

(2) 使用 $200\ \Omega$ 电阻挡测量电阻时,应先将两支表笔短路,测出两支表笔的引线电阻值,如图 1-12 所示,然后再进行电阻测量,每次测量的实际电阻值就是显示器的显示数值再减去表笔引线电阻值。而使用 $200\ \Omega$ 以上的电阻挡测量时,其引线电阻值则可以忽略不计。

(3) 在测量电阻时,两只手不能同时碰触两表笔的金属部分,特别是测量元器件的电阻时,更不能用手同时捏住两引脚,否则将引入人体电阻,严重影响测量结果。另外,在测量电阻时,应检查表笔插头与插孔之间的接触是否紧密,要防止发生接触不良的现象,以免影响测量结果。

(4) 使用 $2\ \text{M}\Omega$ 或以上电阻挡时,显示器的显示值将会出现跳跃现象,要经过几秒钟才能稳定下来,应该等数值稳定后才能读取数值。

(5) 使用 $200\ \text{M}\Omega$ 电阻挡时,由于该挡存在 $1\ \text{M}\Omega$ 的固有零点误差,所以测量的实际值应是显示器的读数减去固有零点误差。比如 $3\frac{1}{2}$ 位数字式万用表的零点误差是 10 个字,若测量某电阻值是 $201.0\ \text{M}\Omega$,那么其实际阻值就是 $200.0\ \text{M}\Omega$ 。

(6) 测量电阻时,应将红表笔插入 V/Ω 插孔,黑表笔插入 COM 插孔,将量程开关置于“ Ω ”的范围内并选择所需的量程开关,检测时只须将两支表笔分别接在被测元器件的两端

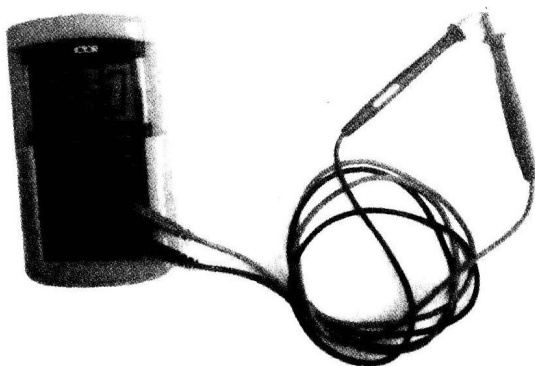


图 1-12 测量表笔引线电阻值