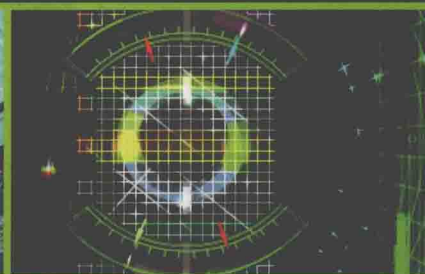


图解电工电子常用仪表 即学即用



何应俊 方广移 主 编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

图解电工电子常用仪表

即学即用

何应俊 方广移 主编
赵一营 张 婷 参编
王 强 孙 峰 梅斌飞

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书根据初学者的认知特点,采用清晰的图片配以简明的文字,详细介绍了电工电子产品制造和维修中常用的仪器和仪表(如万用表、钳形表、电能表、LCR 数字电桥、函数信号发生器、示波器、毫伏表、频率计、扫频仪、逻辑笔等)的名称、特点、使用方法和应用示例,学用结合,力求使读者通过阅读本书能够轻松地“即学即用”。

本书适合初学者自学,也可作为职业学校电工电子类课程的教学用书,对电子技术的从业人员也有一定的参考价值。

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

图解电工电子常用仪表即学即用/何应俊,方厂移主编. —北京:电子工业出版社,2013.4
ISBN 978-7-121-20050-2

I. ①图… II. ①何… ②方… III. ①电工仪表—图解②电子仪器—图解 IV. ①TM93-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 062079 号

策划编辑:李 洁

责任编辑:侯丽平

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

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:787×980 1/16 印张:12.75 字数:326.4 千字

印 次:2013 年 4 月第 1 次印刷

印 数:4000 册 定价:33.00 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 zlts@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

电工电子常用仪表是电工电子产品生产、安装调试、维护和维修所必需的设备。电工电子类技术员主要通过仪表测量的方法来了解电路的工作状态和元器件的性能。随着社会的发展,迫切需要大量的新人加入到电工电子类技术人员这一队伍中来。本书通俗、好懂、易学、即学即用的特点正好能满足这些欲从业人员学习、应用仪表的需要。

对于仪表,主要是掌握正确的使用方法,并应用仪表去测量、分析电路和元器件。所以本书对仪表的内部结构和工作原理没有做过多的介绍,而着重介绍了万用表(指针式和数字式)、钳形表、电能表、LCR 数字电桥、函数信号发生器、示波器(模拟示波器和数字示波器)、毫伏表、频率计、扫频仪、逻辑笔等常用仪表的使用方法和应用示例,书中内容真实、实用性强。

本书介绍的部分仪表(如函数信号发生器、数字示波器、万用表等)和湖北省技能高考使用的仪表相同,所以本书有利于学生提高技能高考的成绩,也有利于教师的教学。

本书充分考虑初学者的认知特点,采用图示配以简明文字的表现方式,生动形象,使读者不易产生阅读疲劳,读者可以采用“按图索骥”的方法来阅读本书。

本书适合欲从事电工电子技术工作的初学者自学,也适合作为职业学校电工电子类课程的教材。

为了帮助初学者在电工电子领域快速入门,编者同时编写了配套书籍《图解电子元器件即学即用》,欢迎阅读。

本书由长阳职教中心何应俊和武穴职业技术学校方厂移任主编,参加编写的人员有:长阳职教中心王强、孙峰,武穴实验高中梅斌飞,武穴职业技术学校赵一营、张婷。本书图片处理由武穴职业技术学校赵一营老师完成。

由于编者水平有限,书中若有错漏之处,恳请广大读者指正。

编 者
2013 年 1 月

目 录

第 1 章 万用表	(1)
1.1 MF47 型指针式万用表的认识和使用	(1)
1.1.1 必备基础	(1)
1.1.2 使用方法和典型应用示例	(3)
1.2 500 型万用表的认识和使用	(14)
1.2.1 500 型万用表的面板认识	(14)
1.2.2 500 型万用表的使用方法 (主要介绍与 MF47 型的不同之处)	(14)
1.3 数字式万用表的认识和使用	(16)
1.3.1 必备基础	(16)
1.3.2 数字式万用表的使用方法 (着重介绍与指针式万用表的不同之处)	(17)
知识链接	(23)
第 2 章 钳形电流表	(25)
2.1 必备基础	(25)
2.2 钳形电流表的使用方法	(30)
2.2.1 DM6266 型数字钳形表使用方法	(30)
2.2.2 指针式钳形表的使用方法	(33)
第 3 章 兆欧表	(35)
3.1 必备基础	(35)
3.1.1 兆欧表的分类和特点	(35)
3.1.2 兆欧表的工作原理和面板介绍	(36)
3.2 兆欧表的使用方法和典型应用示例	(38)
3.2.1 手摇式兆欧表的应用	(38)
3.2.2 电子式兆欧表的应用	(42)
知识链接	(43)
第 4 章 电能表与电流互感器	(45)
4.1 必备基础	(45)
4.1.1 电能表基本认识	(45)
4.1.2 电流互感器的基本认识	(49)
4.2 电能表的安装	(51)
4.2.1 单相电能表的安装	(51)

4.2.2 三相电能表的接线	(54)
知识链接	(57)
第5章 LCR 数字电桥	(59)
5.1 必备基础	(59)
5.2 LCR 数字电桥使用方法	(62)
5.2.1 TH2820 型 LCR 数字电桥各键及按钮功能	(63)
5.2.2 开机过程	(67)
5.2.3 操作说明	(68)
5.2.4 测试实例	(73)
第6章 模拟双踪示波器	(75)
6.1 必备基础	(75)
6.1.1 示波器的类型与特点	(75)
6.1.2 常用示波器	(76)
6.1.3 模拟示波器基本原理	(79)
6.2 模拟双踪示波器的使用方法	(82)
6.2.1 示波器各键钮的功能	(82)
6.2.2 示波器使用前的一般步骤	(93)
6.3 模拟双踪示波器的应用典型示例	(100)
6.3.1 信号幅度的检测	(100)
6.3.2 信号周期或时间的检测	(102)
6.3.3 脉冲信号的检测	(103)
6.3.4 相位差的测量	(104)
6.3.5 利用 X-Y 功能进行频率和相位测量	(105)
第7章 晶体管特性图示仪	(107)
7.1 必备基础	(107)
7.2 晶体管特性图示仪的使用方法	(108)
7.2.1 晶体管特性图示仪的面板功能说明	(109)
7.2.2 晶体管特性图示仪的一般步骤	(118)
7.3 晶体管特性图示仪使用注意事项	(122)
7.4 晶体管特性图示仪的典型应用示例	(124)
7.4.1 NPN 型 2SC8050 晶体管的 h_{FE} 和 β 值的测试	(124)
7.4.2 N 沟道 3DJ7 场效应管测试	(125)
7.4.3 二极管的正向特性测试	(127)
7.4.4 稳压二极管 1N4100 特性曲线测试	(128)
7.4.5 二极管 1N4007 反向击穿电压测试	(128)

7.4.6	单向可控硅 3CT5 测试	(129)
7.4.7	NPN 型晶体管 2SC8050 二簇曲线比较	(130)
7.4.8	NPN 型 9014 与 PNP 型 9015 互补管二簇曲线比较	(130)
7.4.9	晶体管反向电流的测试	(131)
第 8 章	频率特性测试仪	(135)
8.1	必备基础	(135)
8.1.1	频率特性测试仪的基本原理	(135)
8.1.2	典型扫频仪	(137)
8.2	扫频仪的使用	(140)
8.2.1	扫频仪各键钮的功能	(140)
8.2.2	扫频仪附件	(148)
8.2.3	扫频仪使用的一般步骤	(148)
8.3	扫频仪的典型应用示例	(154)
第 9 章	函数信号发生器	(160)
9.1	必备基础	(160)
9.2	函数信号发生器的应用	(163)
9.2.1	AT8603B 函数信号发生器的使用方法	(163)
9.2.2	函数信号发生器的应用示例	(170)
	知识链接	(171)
第 10 章	数字示波器	(172)
10.1	必备基础	(172)
10.2	数字示波器的使用方法	(176)
10.2.1	给数字示波器输入被测量信号的方法	(176)
10.2.2	垂直系统的使用	(177)
10.2.3	水平系统的使用方法	(181)
10.2.4	触发系统	(181)
10.3	数字示波器的典型应用示例	(182)
第 11 章	毫伏表	(184)
11.1	必备基础	(184)
11.1.1	毫伏表的分类	(184)
11.1.2	毫伏表和万用表的区别	(185)
11.2	毫伏表的使用方法和典型应用	(185)
11.2.1	单通道指针式毫伏表的使用方法	(185)
11.2.2	毫伏表的典型应用示例(测量低频放大器的电压增益)	(188)
11.2.3	数字毫伏表的使用方法	(189)

第 12 章 逻辑笔和频率计	(191)
12.1 逻辑笔	(191)
12.2 认识逻辑笔	(191)
12.2.1 常见的逻辑笔外形	(191)
12.2.2 逻辑笔功能键说明	(191)
12.3 逻辑笔的应用	(192)
12.3.1 逻辑笔的使用方法	(192)
12.3.2 逻辑笔的典型应用示例	(192)
12.4 频率计	(193)
12.4.1 认识频率计	(193)
12.4.2 频率计的使用方法及应用示例	(195)

第1章 万用表

万用表是电工电子类领域应用最普遍的仪表之一，其基本功能是测量电阻、交流电压、直流电压、交流电流、直流电流、电容、三极管放大倍数等，还有很多扩展功能，因而得名万用表。

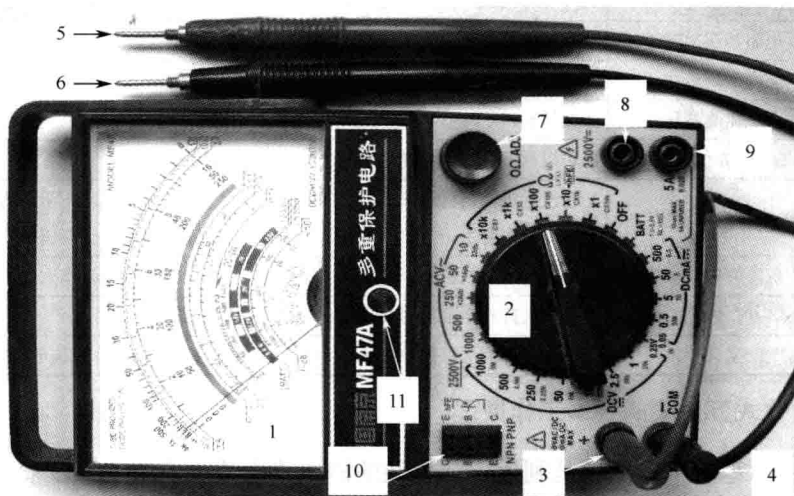
1.1 MF47 型指针式万用表的认识和使用

指针式万用表是通过指针在刻度尺上所指示的位置（即刻度线）和所选的量程来读数的。常见的指针式万用表有 MF47 型和 500 型，其中 MF47 型最为普遍（M—可携带式仪表；F—复用式；47—型号）。

1.1.1 必备基础

1. MF47 型万用表的实物图

MF47 型万用表的实物图如图 1-1 所示。



(a) 面板

图 1-1 MF47 型万用表的实物图

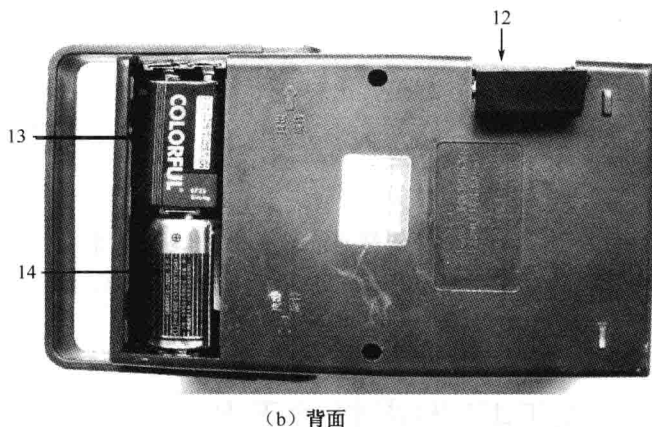


图 1-1 MF47 型万用表的实物图（续）

2. MF47 型万用表面板主要部件说明

图 1-1 中主要部件的名称和功能详见表 1-1。

表 1-1 MF47 型万用表面板上主要部件的名称和功能

编 号	名 称	功 能
1	刻度盘	通过指针在刻度盘上指示的位置并结合量程读出被测量的数据
2	挡位选择旋钮	选择测量功能（如测量电阻或测量电压、电流等）和量程
3、5	红表笔	红表笔应插入“+”插孔（注：有的万用表为“ $V\Omega$ ”孔），黑表笔应插入“-”插孔（即“COM”孔）。被测信号（电阻、电压、电流等）通过两表笔输入万用表，经过处理后再进行显示
4、6	黑表笔	
7	电阻挡调零旋钮	用于测量电阻时进行调零，简称电调零（详见 1.1.2 节）
8	高电压测量插孔	测量高电压时要将红表笔插入该孔（2500V 插孔），黑表笔插入“COM”孔，一般不用
9	大电流测量插孔	测量 5A 以下的较大电流时，需将红表笔插入该孔（5A 插孔），黑表笔仍插入“COM”孔
10	三极管 β 值测量孔	可以测量 NPN、PNP 三极管的直流放大倍数（ β 值）
11	机械调零旋钮	在没有进行任何测量时，指针应停在刻度线的最左边（即电阻挡的 ∞ 处）。如果没有停在此处，则可用一字螺丝刀调节（顺时针或逆时针转动）该旋钮，使指针停在此处
12	保险管安装位置	当挡位选择旋钮选择错误时，保险管会烧断，使内部电路得到保护
13	9V 干电池	万用表打到电阻挡的 $R \times 10k$ 挡时，由该电池供电
14	1.5V 干电池	万用表打到电阻挡的 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 挡时，由该电池供电

3. 指针式万用表的基本工作原理

万用表的基本工作原理是利用一只灵敏的磁电式直流电流表（微安表）做表头。当微小电流通过表头时，就会有电流指示。但表头不能通过大电流，所以必须在表头上并联和串联一些电阻进行分流或降压，从而测出电路中的电流、电压和电阻，详见表 1-2。



表 1-2 指针式万用表的原理

类 别	示 意 图	说 明
测电阻的原理		在表头上串联适当的电阻,同时串接一节电池,测量电阻时有电流 I 通过回路 待测电阻值不同,回路中产生的电流和指针的偏转角也不同。根据电流(偏转角)的大小,就可测量出电阻值。改变分流电阻的阻值,就能改变测量电阻的量程 虚框内为万用表的内部,下同 特别注意:打到电阻挡时,黑、红表笔之间可输出直流电压,黑表笔为直流电压的正极,这对检测晶体管非常重要
测直流电流原理		在表头上并联一个适当的电阻(叫分流电阻)进行分流,就可以扩展电流量程。改变分流电阻的阻值,就能改变待测电流的测量范围
测直流电压原理		在表头上串联一个适当的电阻进行降压,就可以扩展电压量程。改变该电阻的阻值,就能改变待测电压的测量范围
测交流电压原理		因为表头是直流电表,所以测量交流时,需加装一个并串式半波整流器,将交流进行整流变成直流后再通过表头,这样就可以根据直流电的大小来测量交流电压。扩展交流电压量程的方法与直流电压量程相似

1.1.2 使用方法和典型应用示例

万用表的功能很多,应用最广的是测量电阻、交流电压、直流电压,其次是测量直流电流、三极管放大倍数、交流电流等,下面分别介绍其方法和应用示例。



1. 万用表测量电阻

1) 万用表测电阻的操作方法

使用万用表测电阻阻值的方法，如图 1-2 所示。

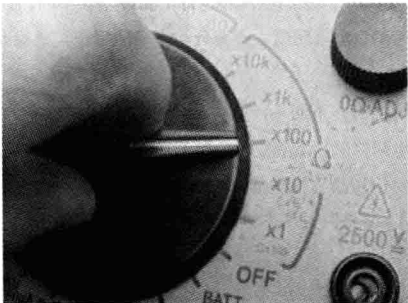
步骤① 选量程  方法：用手转动选择开关，指向“Ω”范围的某一量程 说明：测同一电阻，若所选量程不同，则指针指的位置也不同，若指针指在最右端或最左端附近，则读数误差较大 选量程的原则是使指针不指在最右端附近或最左端附近	步骤② 调零  最上面一道刻度线 电阻挡的∞ 用于电阻挡读数 电阻挡的0Ω 方法：将两表笔短接，看指针是否指在0Ω刻度，若不是，可转动调零旋钮，使指针指在0Ω刻度（注：测量导线的通、断或粗测绝缘电阻，可以不调零） 说明：每改变一次量程，都需要重新调零
步骤③ 测量  方法：两表笔接触待测电阻的两端 说明：手不要接触表笔的金属杆，若手接触了，则示数是待测电阻和人体电阻并联后的总电阻，将导致高阻挡位测量不准确	步骤④ 读数  方法：指针所指的数值乘以量程，为待测电阻的阻值 说明：使用完毕，将挡位开关打到OFF挡或交流电压最高挡，以防再次使用时不选量程直接测量而损坏仪表；若长期不用，应取出电池

图 1-2 万用表测电阻的方法

2) 万用表测量电阻的典型应用示例

(1) 测量电阻的电阻值，判断电阻的阻值是否改变或是否断路。

例如，图 1-3 为获得低压直流电的一种电路。220V 交流电通过阻容（R2 和 C1）降压、桥式整流（4 个二极管）、电容滤波得到的直流电给 LED 灯供电。其中的限流电阻 R1、R3 若断路，会导致 LED 无供电而不亮。R1 和 R3 若阻值变小，会导致 LED 因供电电压升高而损坏。

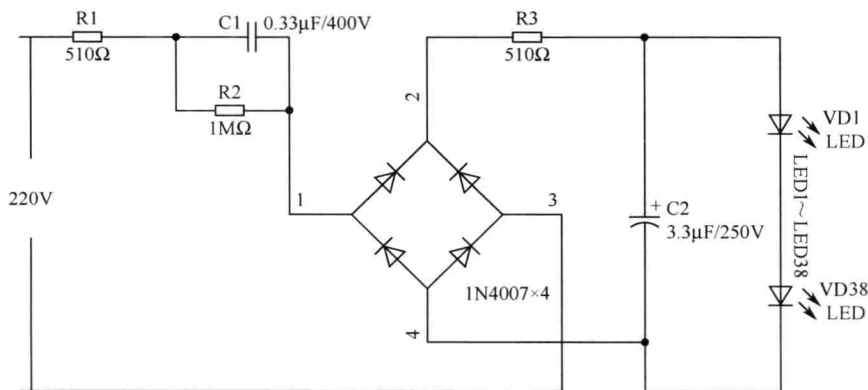


图 1-3 阻容降压整流电路

检修时可用万用表测这几个电阻的阻值,若异常则应更换。当然,故障还有可能是其他原因。

(2) 通过测电阻值判断电器的断路故障。

当供电电压正常但电器不工作时,应首先检查电源线是否断路。对某电风扇电源线的检测详见表 1-3。

表 1-3 用万用表检测电风扇电源线

步 骤	图 示	说 明
① 闭合开关,测插头两插片间的电阻		由于电器的电阻较小,宜用 R×1 或 R×10 挡 若阻值为∞,说明出现了断路故障 若阻值为 0,说明出现了短路故障
② 检测哪根导线出现了断路(分别检测插头片 A 与 C、D 之间的电阻值,再分别检测插头片 B 与 C、D 之间的电阻值)	说明:拆开电风扇支柱上的塑料盖后,顺着插头沿着电源线可以找到电源线与电风扇开关、启动装置的连接点 C、D	如果测出 A 与 C、D 之间的电阻均为∞,说明与 A 相连的导线断路(正常情况应有一次测得的阻值为 0) 同样,如果测出 B 与 C、D 之间的电阻均为∞,说明与 B 相连的导线断路(正常情况应有一次测得的阻值为 0) 若两根导线均正常,说明电器内部有断路,可用测电阻值的方法进一步检测



(3) 通过测电动机、变压器的绕组电阻值,判断断路、短路等故障。例如,三相异步电动机的绕组与各接线柱的连接如图 1-4 所示。

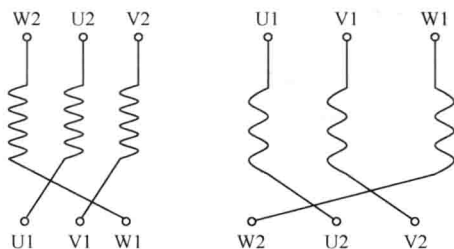


图 1-4 三相异步电动机的绕组与各接线柱的连接

通过检测绕组的电阻值来判断电动机的电气性能的方法如图 1-5 所示。

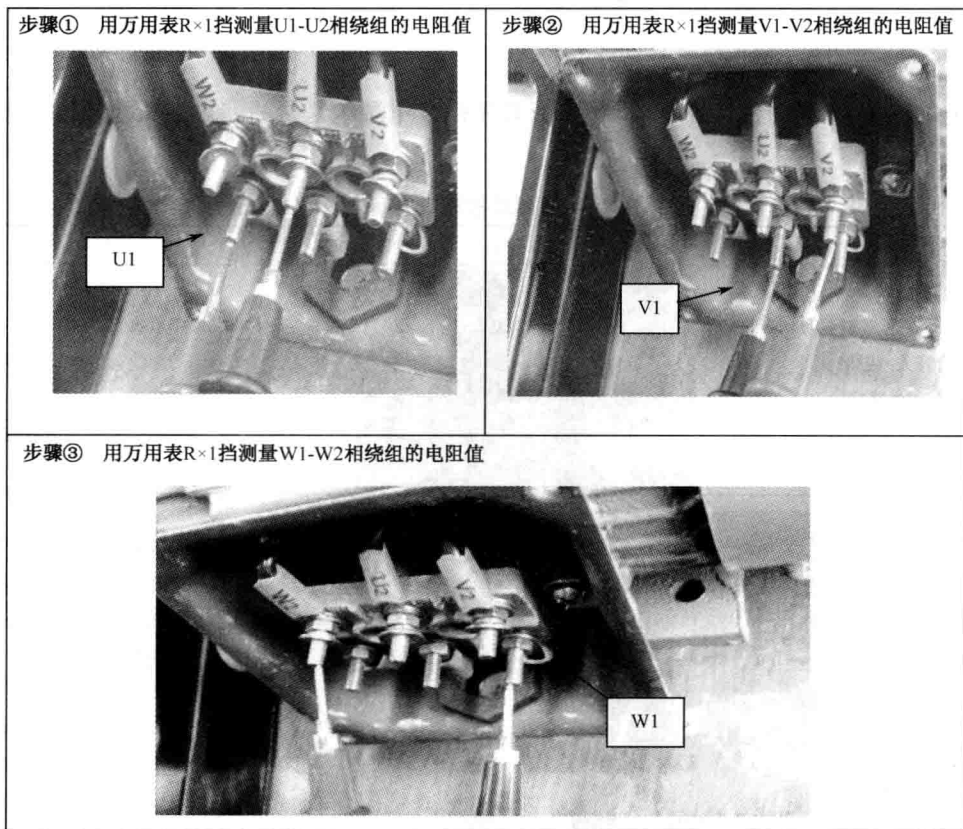


图 1-5 检测三相异步电动机的绕组电阻值的示意图

对检测结果的分析与处理,如图 1-6 所示。

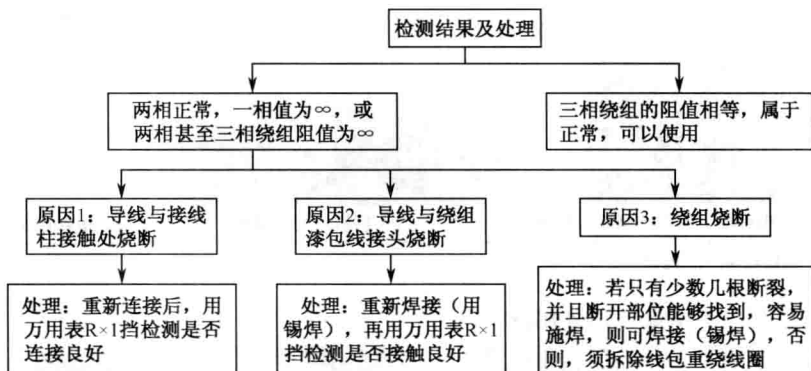


图 1-6 三相绕组的电阻值检测结果的分析和处理流程图

(4) 利用指针式万用表的电阻挡检测电工电子元器件。

万用表的电阻挡可用来检测很多电工电子元器件的好坏。这需要根据各元器件的具体特性和功能而采取相应的方法。由于对二极管和电容器这两种典型元件的检测，指针式万用表和数字式万用表的方法不同，所以下面做一简介。

① 二极管的检测。

二极管的基本特点是单向导电性。它有整流二极管、稳压二极管、发光二极管、光电二极管等，其检测方法都是测正、反向电阻。现以检测整流二极管为例进行介绍，如图 1-7 所示。

② 电容器的检测。

电容器有充放电功能。其基本作用是隔（即隔断）直流、通（即通过）交流，通高频（即对高频交流电的阻碍小）、阻低频（即对低频交流电的阻碍大）。电容器的常见故障是：容量下降、失去容量、击穿短路、断路。对容量较大的电容器（一般 $1\mu\text{F}$ 以上），可用指针式万用表通过对充电过程的测量来粗略判断容量的大小，以及判断其好坏。电容挡位与电阻挡位共用，但电容挡位的倍率与电阻挡位的倍率相反， $R\times 1$ 、 $R\times 10$ 、 $R\times 100$ 、 $R\times 1k$ 、 $R\times 10k$ 分别对应 $C\times 10k$ 、 $C\times 1k$ 、 $C\times 100$ 、 $C\times 10$ 、 $C\times 1$ 。电解电容器的识别与检测如图 1-8 所示。

2. 万用表测量交流电压

1) 测交流电压的方法

以测单相市电为例，如图 1-9 所示。

2) 万用表测交流电压的典型应用示例

故障现象：图 1-10 是某单相异步电动机的供电电路，合上空气开关 QS 后，没有任何反应（电动机不转，也没有声音、振动）。

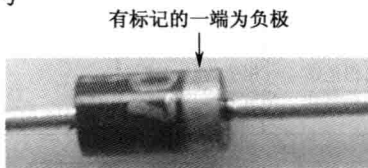
故障分析：该现象的原因包括没有交流市电供电、电动机的供电线路断路、电动机绕组断路等。



① 认识二极管的实物和电路图形符号



(a) 电路板上的四个整流二极管



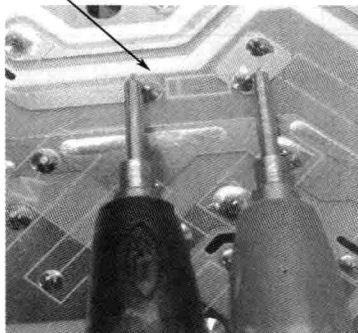
(b) 拆机后的二极管



(c) 电路图形符号

② 在路检测 (在路检测方便一些)

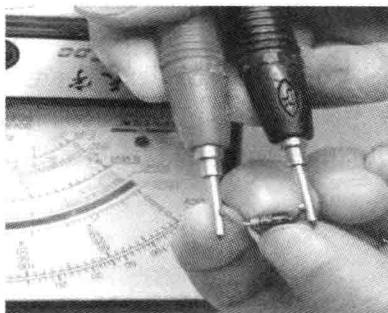
“”为电路板上二极管的符号



方法：找到二极管的两引脚在电路板上的对应焊点，用万用表电阻挡（一般为 $R \times 1k$ 、 $R \times 100$ 挡，对发光二极管和光电二极管宜采用 $R \times 10k$ 挡）测两脚间的电阻，然后交换表笔再测两脚间的电阻。

检测结果说明：若两次测得的阻值不相等（一次大、一次小），则说明二极管正常；如果两次测得的阻值均为 ∞ ，说明二极管断路；如果两次测量值均为0或接近于0，则二极管可能短路，需从电路板上拆下来检测以确诊（因为二极管的外围电路可能造成两次的测量值均为0或接近于0）。

③ 拆卸后（或者没装机时）检测二极管



(a) 测正向电阻（若用指针式万用表，则黑表笔接正极，若用数字式万用表，则红表笔接表内电池正极）。说明：正常情况，正向电阻较小，一般为 500Ω 左右



(b) 测反向电阻（交换表笔，再测两脚间的电阻）。说明：反向电阻较大，比正向电阻大几百倍，一般为几百千欧以上

图 1-7 整流二极管的识别与检测



① 认识电解电容器的实物和电路图形符号



(a) 电路板上的电解电容器



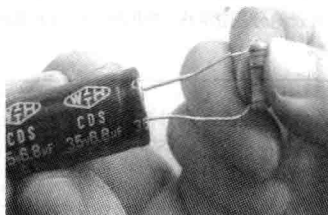
(b) 未装的电解电容器



(c) 电路图形符号

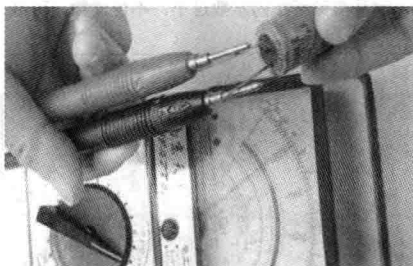
说明：和压缩机、风扇电动机的电容器一样，更换时需关心的参数有“耐压值”和“电容量”

② 给电容器放电

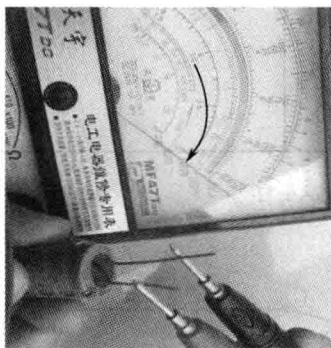


方法：用一个百欧左右的电阻接触两极，进行放电（不管电容器是否储有电荷，必须先放电，以免损坏万用表），应急时也可以直接将电容器的两极短接，进行放电

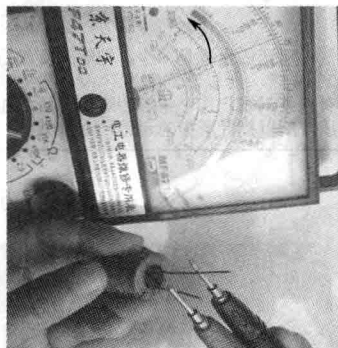
③ 用指针式万用表电阻挡，将两表笔接触电容器的两极



④ 电容器正常的测量结果



(a) 开始，指针逐渐向右偏转一个角度（这是表内电池给电容器充电的过程）



(b) 然后，指针逐渐返回到原处（这是充电完毕的状态）

检测结果说明：若指针向右偏转一个角度后又返回到原处（即无穷大处），则无断路、短路故障，即基本正常（用万用表不易检测容量下降的故障）；若指针指向零，不返回原处，则已击穿，短路；若指针始终不偏转，则已断路；若怀疑电容器的容量下降，可采用数字式万用表的电容挡测量或采用代换法

注：选用电阻挡测电容时，进行电调零后按图 1-8 中的方法测量，可根据指针右摆指示的最大位置，在电容挡刻度[C (μF)]上粗略读出电容的容量数值。被测量的电容容量越小，选用的电容挡位倍率应越小（对应的电阻挡位倍率越大）。读数方法同电阻挡一样，就是用指针所指的示数乘上选用的挡位的倍率。

图 1-8 电解电容器的识别与检测