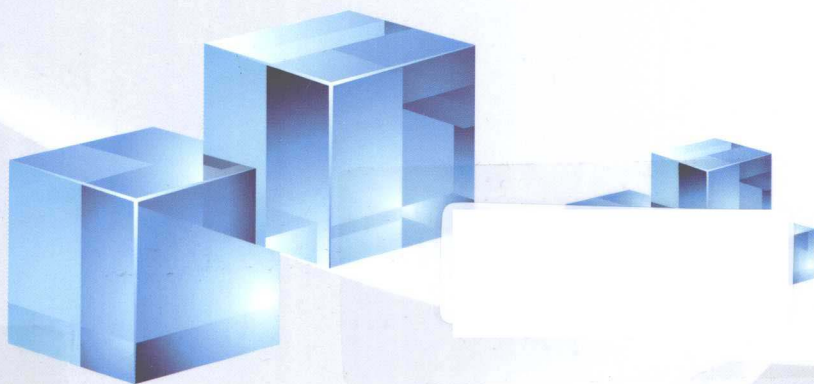


跟工程师
学技术

PLC/变频器 故障诊断与维修

PLC/BIANPINQI GUZHANGZHENDUAN YU WEIXIU

周志敏 纪爱华 编著



来源于实践 服务于工程▶▶▶



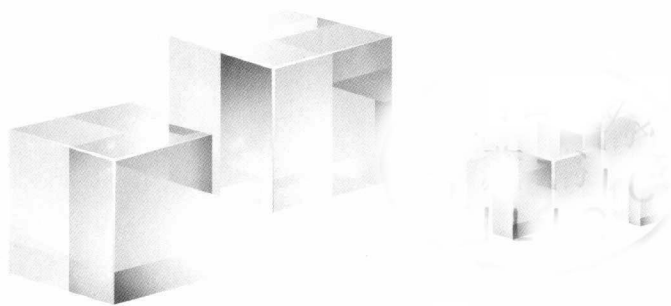
化学工业出版社

跟**工程师**
学**技术**

PLC/变频器 故障诊断与维修

PLC/BIANPINQI GUSHANGZHENDUAN YU WEIXIU

周志敏 纪爱华 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

PLC/变频器故障诊断与维修/周志敏, 纪爱华编著. —北京: 化学工业出版社, 2013. 5

ISBN 978-7-122-16613-5

I. ①P… II. ①周…②纪… III. ①PLC 技术-故障诊断②PLC 技术-维修③变频器-故障诊断④变频器-维修 IV. ①TM571.6②TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 038986 号

责任编辑: 宋 辉
责任校对: 陶燕华

文字编辑: 云 雷
装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司
装 订: 三河市万龙印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 360 千字 2013 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD



PLC/变频器是电气自动控制系统中的重要组成部分，其性能的优劣直接关系到整个电气自动控制系统的安全性和可靠性指标。近年来随着工业自动化产业的高速发展，PLC/变频器的应用日益广泛。尽管 PLC/变频器已采用多种新型部件和优化结构，但从目前的元器件技术水平和经济性考虑，仍不可避免采用寿命相对较短的元器件。与此同时，PLC/变频器还受到安装环境、调试和各种因素的影响，PLC/变频器在使用过程中不可避免会发生各类故障，为此 PLC/变频器故障诊断技术和维修越来越引起人们的关注。

为满足从事 PLC/变频器维修人员的需求，本书结合国内 PLC/变频器使用和维修中存在的问题，在讲述了 PLC/变频器故障检查方法的基础上，系统地讲解了 PLC/变频器维修的基本方法和技能，重点分析 PLC/变频器的故障诊断与排除方法，注重对分析问题和解决问题能力的培养，强调学会基本方法，掌握基本技能，通过实例进行故障诊断与排除，以达到举一反三、迅速诊断与排除故障的目的。

PLC/变频器种类繁多，故障现象、故障原因、排除方法也各不相同，书中列举的 PLC/变频器维修实例具有普遍性和实用性，对故障检修实例的分析深入浅出，注重细节和方法，具有较强的实用性和可操作性。本书集基础知识、维修方法、维修实例于一体，读者可以以此为“桥梁”，系统地全面了解和掌握 PLC/变频器维修操作技能。

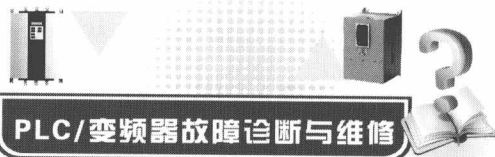
本书由周志敏、纪爱华编著，周纪海、纪达奇、刘建秀、顾发娥、刘淑芬、纪和平、纪达安等为本书编写提供了帮助，本书在写作过程中无论从资料的收集和技术信息交流上都得到了国内 PLC/变频器研发、生产商和 PLC/变频器专业维修公司及从事 PLC/变频器售后服务的工程技术人员的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于时间短，水平有限，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

编著者

CONTENTS

目 录



PLC/变频器故障诊断与维修

1 第 1 章		Page
CHAPTER 1	PLC/变频器检修基础知识	1
1.1	PLC/变频器维修中的测量技术	1
1.1.1	电路常用元器件测试	1
1.1.2	半导体器件的测试	7
1.1.3	电压的测量	14
1.1.4	电流的测量	18
1.2	PLC/变频器故障分类与维修流程	20
1.2.1	PLC/变频器故障分类	20
1.2.2	PLC/变频器维修流程	24
1.3	PLC/变频器故障诊断技术与检查方法	27
1.3.1	PLC/变频器故障诊断技术与维修原则	27
1.3.2	PLC/变频器故障检查方法	33
2 第 2 章		Page
CHAPTER 2	PLC 故障诊断及处理方法	42
2.1	PLC 故障类型和故障诊断技术	42
2.1.1	PLC 故障类型及故障信息	42
2.1.2	PLC 的故障自动检测及自检程序	45
2.1.3	PLC 故障的动态检测及首发故障信号	47
2.2	PLC 控制系统故障诊断及处理	51
2.2.1	PLC 故障特点及诊断方法	51
2.2.2	PLC 电源故障检查及分析诊断方法	54
2.2.3	PLC 运行故障检查及分析诊断方法	57
2.2.4	PLC 输入输出故障检查及诊断方法	62
2.2.5	PLC 通信故障检查及诊断方法	68
2.2.6	PLC 外部故障检查及诊断方法	70
2.3	PLC 软件结构特点及抗干扰措施	76
2.3.1	PLC 软件结构特点及软件抗干扰技术	76
2.3.2	PLC 软件抗干扰措施	77
2.3.3	监视跟踪定时器与复位识别及自恢复程序	84

3
CHAPTER

第 3 章

Page

PLC 故障诊断及故障处理实例

90

3.1	S7 系列 PLC 故障诊断及故障处理实例	90
3.1.1	西门子 S7-300PLC 系统运行状态及故障诊断	90
3.1.2	西门子 S 系列 PLC 故障处理实例	95
3.2	三菱系列 PLC 故障信息及处理实例	105
3.2.1	三菱 FX 系列 PLC 故障信息及对策	105
3.2.2	FX 系列 PLC 故障处理实例	108

4
CHAPTER

第 4 章

Page

变频器故障分析与维修测试

120

4.1	变频器的故障率与故障测试	120
4.1.1	变频器的故障率与引发故障的外部因素	120
4.1.2	变频器故障的自诊断与测试	126
4.2	变频器故障分析	128
4.2.1	变频器主回路故障分析	128
4.2.2	变频器辅助控制电路故障分析	133
4.3	变频器典型故障原因及处理方法	136
4.3.1	变频器过电流故障原因及处理方法	136
4.3.2	变频器过载、过热故障原因及处理方法	140
4.3.3	变频器过压、欠压故障原因及处理方法	144
4.4	变频器的测量与实验	148
4.4.1	变频器的测量	148
4.4.2	变频器试验方法	151

5
CHAPTER

第 5 章

Page

变频器故障维修实例

158

5.1	LG 变频器故障检修实例	158
5.2	西门子变频器故障检修实例	160
5.3	富士变频器故障检修实例	176
5.4	三星变频器故障检修实例	187
5.5	安川变频器故障检修实例	190
5.6	艾默生 TD 变频器故障检修实例	193
5.7	SAMIGS 变频器故障检修实例	195
5.8	英威腾变频器故障检修实例	196
5.9	阿尔法变频器故障检修实例	199
5.10	丹佛斯变频器故障检修实例	202
5.11	康沃变频器故障检修实例	207
5.12	日立变频器故障检修实例	209
5.13	伦茨变频器故障检修实例	210

5.14	三菱变频器故障检修实例	212
5.15	其他品牌变频器故障检修实例	214



参考文献

第 1 章



PLC/变频器故障诊断与维修

PLC/变频器检修 基础知识

1.1 PLC/变频器维修中的测量技术

PLC/变频器维修离不开对某些电量的测量，测量是为了确定被测量对象的量值而进行的实验过程。在这个过程中，维修人员借助于测量仪表，把被测量对象直接或间接地与同类已知单位进行比较，取得用数值和单位共同表示的测量值。它所涉及的内容包含以下几个方面：电能量的测量（如电压、电流、功率）；元器件和电路参数的测量（如电阻、电容、电感、晶体管参数）；电信号特性参数的测量（如频率、相位）；电路性能指标的测量（如放大倍数、噪声指数）；特性曲线的测量（如晶体管特性曲线、电路的幅频曲线），上述各参数中，电压、电流、电阻等是基本参量。

1.1.1 电路常用元器件测试

(1) 电阻的测试

电阻是各种电子元器件和电路的基本特征，利用万用表测量电子元器件或电路各点之间电阻值来判断故障是一种很常用的方法。测量电阻值有“在线”和“离线”两种基本方式。“在线”测量需要考虑被测元器件受其他并联支路的影响，测量结果应对照原理图分析判断。“离线”测量需要将被测元器件或电路从整个电路或印制板上脱焊下来，操作较麻烦但结果准确可靠。

用电阻法测量集成电路，通常先将一个表笔接地，用另一个表笔测各引脚对地电阻值，然后交换表笔再测一次，将测量值与正常值（有些维修资料给出，或自己积累）进行比较，相差较大者往往是故障所在部位（不一定是集成电路坏）。

电阻法对确定开关、接插件、导线、印制板导电图形的通断及电阻器的变质，电容器短路，电感线圈断路等故障非常有效而且快捷，但对晶体管、集成电路以及电路单元来说，一般不能直接判定故障，需要对比分析或兼用其他方法，由于电阻法为不给电路通电的测量方法，可将测量风险降到最小，故一般检测首先采用。使用万用表测量电阻时应注意以下事项。

① 使用电阻法时应在线路断电、大电容放电的情况下进行, 否则结果不准确, 还可能损坏测量仪表。

② 在检测低电压供电的集成电路(5V)时, 避免用指针式万用表的10k挡。

③ 在线测量时应将万用表表笔交替测试, 对比分析。

电阻由于其结构上的特点, 存在引线电感和分布电容, 当工作于低频时电阻分量起主要作用, 电抗分量可以忽略不计。但当工作高频时电抗分量就不能忽略不计了。此时, 工作于交流电路的电阻的阻值, 由于集肤效应、涡流损耗等原因, 其等效电阻随频率的不同而不同。实验证明, 当频率在1kHz以下时, 电阻的交流阻值和直流阻值相差不过 1×10^{-4} , 随着频率的升高, 其间的差值随之增大。

1) 固定电阻的测量

① 万用表测量电阻。当测量精度要求不高时, 可用万用表的欧姆挡直接测量电阻值。测试的方法: 首先将万用表的功能选择挡拨至“ Ω ”挡, 先根据被测电阻的大小, 选择好万用表电阻挡的倍率或量程范围, 将两根测试笔短路, 表头指针应在 Ω 刻度线零点, 若不在零点, 则要调节“ Ω ”旋钮(零欧姆调整电位器)。调零后即可把被测电阻串接于两根测试笔之间, 此时指针偏转(使指针尽量处于电阻标尺的 $1/2 \sim 2/3$ 的位置, 此时误差最小), 待稳定后可从 Ω 刻度线上直接读出所示的数值, 并乘上该挡的倍率。当另换量程时, 必须再次短接两根测试笔重新调零。在用万用表测量电阻时应注意以下几个问题。

- 要防止用双手把电阻的两个端子和万用表的两个表笔并联捏在一起, 因为这样测得的阻值是人体电阻与待测电阻并联后的等效电阻的阻值, 而不是待测电阻的阻值。

- 当电阻连接在电路中时, 首先应将电路的电源断开, 决不允许带电测量。

- 用万用表测量电阻时应注意被测电阻所能承受的电压和电流值, 以免损坏被测电阻。

- 用万用表测量电阻时, 不同倍率挡的零点不同, 每换一挡都应重新进行一次调零, 当某一挡调节调零电位器不能使指针回到 0Ω 处时, 表明万用表内电池电压不足了, 需要更换新电池。

- 由于模拟式万用表电阻挡表盘刻度的非线性, 测量误差也较大, 因而一般作粗略测量。数字式万用表测量电阻的误差比模拟万用表的误差小, 但当它用以测量阻值较小的电阻时, 相对误差仍然是比较大的。

② 伏安法测量电阻。伏安法是一种间接测量法, 理论依据是欧姆定律 $R=U/I$, 给被测电阻施加一定的电压, 所加电压应不超出被测电阻的承受能力, 然后用电压表和电流表分别测出被测电阻两端的电压和流过它的电流, 即可算出被测电阻的阻值。

伏安法有如图1-1(a)、(b)所示的两种测量电路。图1-1(a)所示电路称为电压表前接法。由图可见, 电压表测得的电压为被测电阻 R_X 两端的电压与电流表内阻 R_A 压降之和。因此, 根据欧姆定律求得的测量值为:

$$R = U/I_X = (U_X + U_A)/I_X = R_X + R_A > R_X \quad (1-1)$$

图1-1(b)所示电路称为电压表后接法。由图可见, 电流表测得的电流为流过被测电阻 R_X 的电流与流过电压表内阻 R_V 的电流之和, 因此, 根据欧姆定律求得的测量值为

$$R = U/I_X = U_X/(I_V + I_X) = R_X // R_V < R_X \quad (1-2)$$

使用伏安法时, 应根据被测电阻的大小, 选择合适的测量电路; 如果预先无法估计被测电阻的大小, 可以两个电路都试一下, 看两种电路电压表和电流表的读数的差别情况, 若两

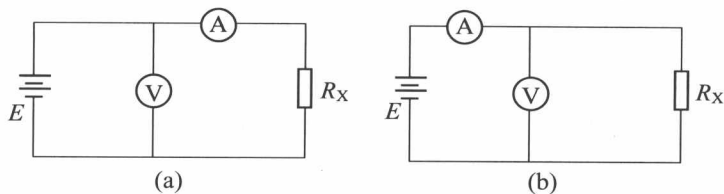


图 1-1 伏安法测量电阻

种电路电压表的读数差别比电流表的读数差别小，则可选择电压表前接法，即如图 1-1(a) 所示电路。反之，则可选择电压表后接法，即如图 1-1(b) 所示电路。

2) 电位器的测量

电位器有三个线端子，在电路中可通过旋转轴使电阻值在最大与最小之间变化。与电阻的测量方法相同，其阻值应与标称值相同。若用万用表的“ Ω ”挡测量时，指针不动，说明已断路。

用万用表测量电位器的方法与测量固定电阻的方法相同，先测量电位器两固定端之间的总体固定电阻，然后测量滑动端对任意一端之间的电阻值，并不断改变滑动端的位置，观察电阻值的变化情况，直到滑动端调到另一端为止。在缓慢调节滑动端时，应滑动灵活，松紧适度，听不到“啞啞”的噪声，阻值指示平稳变化，没有跳变现象，否则说明滑动端接触不良，或滑动端的引出机构内部存在故障。

3) 非线性电阻的测量

PLC/变频器电路中的非线性电阻有如热敏电阻、二极管的内阻等，它们的阻值与工作环境以及外加电压和电流的大小有关，一般采用专用仪表测量其特性。当无专用仪表时，可采用前面介绍的伏安法，测量一定直流电压下的直流电流值，然后改变电压的大小，逐点测量相应的电流，最后做出伏安特性曲线，所得电阻值只表示一定电压或电流下的直流电阻值。如果电阻值与环境温度有关时还应考虑外界环境温度的影响。

① 正温度系数热敏电阻 (PTC) 检测，万用表应选择 $R \times 1\Omega$ 挡，具体检测方法如下。

- 常温检测 (室内温度接近 25°C)：将两表笔接触 PTC 热敏电阻的两引脚测出其实际阻值，并与标称阻值相对比，二者相差在 $\pm 2\Omega$ 内即为正常。实际阻值若与标称阻值相差过大，则说明其性能不良或已损坏。

- 加温检测：在常温测试正常的基础上，即可进行加温检测，将一热源 (例如电烙铁) 靠近 PTC 热敏电阻对其加热，同时用万用表监测其电阻值是否随温度的升高而增大，如是，说明热敏电阻正常，若阻值无变化，说明其性能变差，不能继续使用。注意不要使热源与 PTC 热敏电阻靠得过近或直接接触热敏电阻，以防止将其烫坏。

② 负温度系数热敏电阻 (NTC) 的检测方法：

a. 测量标称电阻值 R_t 。用万用表测量 NTC 热敏电阻的方法与测量普通固定电阻的方法相同，即按 NTC 热敏电阻的标称阻值选择万用表合适的电阻挡，将万用表的两表笔并接于被检测的电阻两端，可直接测出 R_t 的实际值。但因 NTC 热敏电阻对温度很敏感，故测试时应注意以下几点。

- R_t 是生产厂家在环境温度为 25°C 时所测得的，所以用万用表测量 R_t 时，也应在环境温度接近 25°C 时进行，以保证测试的可信度。

- 测量功率不得超过规定值，以免电流热效应引起测量误差。
- 测试时，不要用手捏住热敏电阻体，以防止人体温度对测试产生影响。

b. 估测温度系数 α_t 。先在室温 t_1 下测得电阻值 R_{t1} ；再用电烙铁作热源，靠近热敏电阻 R_{t1} ，测出电阻值 R_{t2} ，同时用温度计测出此时热敏电阻 R_T 表面的平均温度 t_2 。将所测得的结果代入下式可计算出估测的温度系数 α_t 。

$$\alpha_t \approx (R_{t2} - R_{t1}) / [R_{t1} (t_2 - t_1)] \quad (1-3)$$

NTC 热敏电阻的 $\alpha_t < 0$ 。

(2) 电容器的测试

1) 万用表测试电容器

用模拟式万用表的电阻挡测量电容器，虽然不能测出其容量和漏电阻的确切数值，更不能知道电容器所能承受的耐压，但对电容器的好坏程度能粗略判别，在实际工作中经常使用。一般用万用表的欧姆挡就可简单地测量出电容器的优劣情况，粗略地辨别其漏电、容量衰减或失效的情况。具体方法是：

① 万用表电阻挡的选择：选择“ $R \times 1k$ ”或“ $R \times 100k$ ”挡（应先调零）。

② 万用表的连接方法：测量一般电容器时，万用表的测试笔可任意接电容的两根引线。测量电解电容器时，万用表黑笔接正极，红笔接负极（电解电容器测试前应先正、负极短路放电）。

③ 估测电容量。将万用表设置在电阻挡，表笔并接在被测电容的两端，在器件与表笔相接的瞬间，表针摆动幅度越大，表示电容量越大，这种方法一般用来估测 $0.01\mu F$ 以上的电容器。

④ 电容器漏电阻的估测。除铝电解电容外，普通电容的绝缘电阻应大于 $10M\Omega$ ，用万用表测量电容器漏电阻时，将万用表置 $1 \times 1k$ 或 $1 \times 10k$ 倍率挡，当表笔与被测电容并接的瞬间，表针会偏转很大的角度，然后逐渐回转，经过一定时间，表针退回到 $\infty\Omega$ 处，说明被测电容的漏电阻极大，若表针回不到 $\infty\Omega$ 处，则示值即为被测电容的漏电阻值。铝电解电容的漏电阻应超过 $200k\Omega$ 才能使用。若表针偏转一定角度后，无逐渐回转现象，说明被测电容已被击穿，不能使用了。

用万用表测试电容器时的现象和结论见表 1-1。

表 1-1 测试时的现象和结论

分 类	现 象	结 论
一般电容 电解电容	表针基本不动(在 ∞ 附近) 表针先较大幅度右摆,然后慢慢向左退回“ ∞ ”	好电容
一般电容 电解电容	表针不动(停在 ∞ 上)	坏电容(内部断路)
一般电容 电解电容	表针指示阻值很小	坏电容(内部短路)
一般电容 电解电容	表针指示较大(几百兆欧<阻值< ∞) 表针先大幅度右摆,然后慢慢向左退,但退不回 ∞ 处(几百兆欧<阻值)	漏电(表针指示称为漏电阻)

2) 谐振法测量电容器

电容的主要作用是储存电能，它由两片金属中间夹绝缘介质构成。由于存在绝缘电阻（绝缘介质的损耗）和引线电感。而引线电感在工作频率较低时，可以忽略其影响。因此，电容的测量主要包括电容器容量与电容器损耗（通常用损耗因数 D 表示）两部分内容，有

时需要测量电容器的分布电感。

采用谐振法测量电容量时，将交流信号源、交流电压表、标准电感 L 和被测电容 C_x 连成如图 1-2 所示的并联电路，其中 C_0 为标准电感的分布电容。

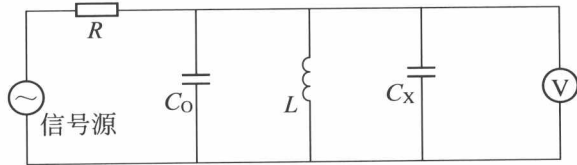


图 1-2 并联谐振法测量电容量

测量时，调节信号源的频率，使并联电路谐振，即交流电压表读数达到最大值，反复调节几次，确定电压表读数最大时所对应的信号源的频率，则被测电容值 C_x 为

$$C_x = \frac{1}{(2\pi f)^2} - C_0 \quad (1-4)$$

(3) 电感器测试

1) 电感器的简单测试

用万用表的欧姆挡可简单地测量出电感器的优劣情况。具体方法是：

① 万用表电阻挡的选择：选择万用表的 $R \times 1k$ 挡（先调零）。

② 万用表的连接方法：用万用表表笔连接电感器的任意两端。测试时的现象和结论见表 1-2。

表 1-2 测试时的现象和结论

现象	可能原因	结论
表针指示电阻很大	电感线圈多股线中有几股断线	坏电感
表针不动(停在 ∞ 上)	电感线圈开路	坏电感
表针指示电阻值为零	电感线圈严重短路	坏电感
表针指示电阻值为零点儿欧至儿欧	电感线圈完好	好电感

2) 谐振法测试电感器

电感的主要特性是储存磁场能，但由于它一般是用金属导线绕制而成的，所以有绕线电阻（对于磁芯电感还应包括磁性材料插入的损耗电阻）和线圈匝与匝之间的分布电容。采用一些特殊的制作工艺，可减小分布电容，工作频率较低时，分布电容可忽略不计。因此，电感的测量主要包括电感量和损耗（通常用品质因数 Q 表示）两部分内容。

图 1-3 所示为并联谐振法测电感的电路，其中 C 为标准电感， L 为被测电感， C_0 为被测电感的分布电容。测量时，调节信号源频率，使电路谐振，即电压表指示最大，记下此时的信号源频率 f ，则可按下式计算出电感值

$$L = \frac{1}{(2\pi f)^2 (C + C_0)} \quad (1-5)$$

由式(1-5)可见，要计算出电感值，还需要测出分布电容 C_0 ，测量电路如图 1-2 所示，只是不接标准电容。调整信号源频率，使电路自然谐振。设此频率为 f_1 ，则分布电容为

$$C_0 = \frac{f^2}{f_1^2 - f^2} C \quad (1-6)$$

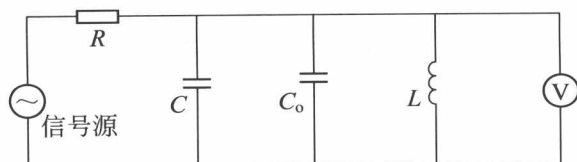


图 1-3 谐振法测量电感

$$L = \frac{1}{(2\pi f_1)^2 C_0} \quad (1-7)$$

将 C_0 代入式(1-7), 即可得到被测电感的电感量。

(4) 变压器的检测

1) 空载电流的检测

① 直接测量法。将变压器次级所有绕组全部开路, 把万用表置于交流电流适当的挡, 串入初级绕组。当变压器初级绕组接入其额定电压电源时, 万用表所指示的电流值便是变压器的空载电流值。此值不应大于变压器满载电流的 10%~20%。如果超出太多, 则说明变压器有短路性故障。

② 间接测量法。在变压器的初级绕组中串联一个 $10\Omega/5W$ 的电阻, 次级仍全部空载。把万用表拨至交流电压挡。变压器初级绕组接入其额定电压电源时, 用两表笔测出电阻 R 两端的电压降 U , 然后用欧姆定律算出空载电流 I , 即 $I=U/R$ 。

2) 空载电压的检测

将变压器的初级绕组接入其额定电压电源时, 用万用表交流电压挡依次测出各绕组的空载电压值 (U_{21} 、 U_{22} 、 U_{23} 、 U_{24}) 应符合要求值, 允许误差范围一般为: 高压绕组 $\leq \pm 10\%$, 低压绕组 $\leq \pm 5\%$, 带中心抽头的两组对称绕组的电压差应 $\leq \pm 2\%$ 。

3) 判别变压器各绕组的同名端

在使用变压器时, 有时为了得到所需的次级电压, 可将两个或多个次级绕组串联起来使用。采用串联法使用变压器时, 参加串联的各绕组的同名端必须正确连接, 不能搞错。否则, 变压器不能正常工作。判别变压器各绕组的同名端的方法如下:

任找一组绕组线圈接 $1.5\sim 3V$ 电池, 然后将其余各绕组线圈抽头分别接在直流毫伏表或直流毫安表的正负接线柱上。接通电源的瞬间, 表的指针会很快摆动一下, 如果指针向正方向偏转, 则接电池正极的线头与接电表正接线柱的线头为同名端; 如果指针反向偏转, 则接电池正极的线头与接电表负接线柱的线头为同名端。在测试时应注意以下两点:

① 若变压器的升压绕组 (既匝数较多的绕组) 接电池, 电表应选用最小量程, 使指针摆动幅度较大, 以利于观察; 若变压器的降压绕组 (即匝数较少的绕组) 接电池, 电表应选用较大量程, 以免损坏电表。

② 接通电源瞬间, 指针会向某一个方向偏转, 但断开电源时, 由于自感作用, 指针将向相反方向倒转。如果接通和断开电源的间隔时间太短, 很可能只看到断开时指针的偏转方向, 而把测量结果搞错。所以接通电源后要等几秒钟后再断开电源, 也可以多测几次, 以保证测量的准确。

4) 变压器短路性故障的综合检测判别

变压器发生短路性故障后的主要症状是发热严重和次级绕组输出电压失常。通常, 线圈

内部匝间短路点越多，短路电流就越大，而变压器发热就越严重。检测判断变压器是否有短路性故障的简单方法是测量空载电流（测试方法前面已经介绍）。存在短路故障的变压器，其空载电流值将远大于满载电流的10%。当短路严重时，变压器在空载加电后几十秒钟之内便会迅速发热，用手触摸铁芯会有烫手的感觉。此时不用测量空载电流便可断定变压器有短路点存在。一般变压器允许温升为40~50℃，如果所用绝缘材料质量较好，允许温升还可提高。

1.1.2 半导体器件的测试

(1) 二极管的检测

1) 硅锗二极管的简易区分

硅锗二极管通常在管壳上注有标记，如无标记，可用万用表电阻挡测量其正反向电阻来区分硅锗二极管的（一般用R×100或R×1k挡），正向电阻测量如图1-4(a)所示。

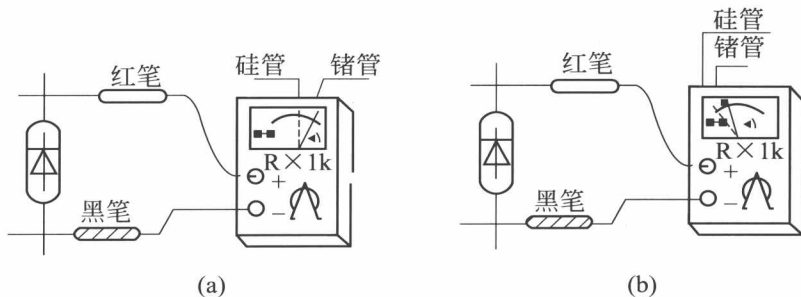


图 1-4 硅锗二极管区别示意图

硅管：表针指示位置在中间或中间偏右一点。

锗管：表针指示在右端靠近0Ω刻度的地方，表明管子正向特性是好的。

如果表针在左端不动，则管子内部已经断路，反向电阻测量如图1-4(b)所示。

硅管：表针在左端基本不动，极靠近满刻度(∞)位置。

锗管：表针从左端启动一点，但不应超过满刻度的1/4，则表明反向特性是好的。如果表针指在0位，则管子内部已短路。

2) 二极管正负极的判别

对半导体二极管正负极进行简易测试时，要选用万用表的欧姆挡。与万用表“+”输入端相连的红表笔与表内电源的负极相通；而与万用表“-”输入端相连的黑表笔与表内电源的正极相通。

测量时先把万用表拨到“欧姆”挡（通常用R×100k或R×1k），然后用万用表分别接到二极管的两个极上去，如图1-5(b)所示。当表内的电源使二极管处于正向接法时，二极管导通，阻值较小（几十欧到几千欧的范围），此时黑表笔接触的是二极管的正极；红表笔接触的是二极管的负极；当表内的电源使二极管处在反向接法时，如图1-5(a)所示。二极管截止，阻值很大（一般为几百千欧），此时黑表笔接触的是二极管的负极，红表笔接触的是二极管的正极。

3) 检测最高工作频率 f_M

晶体二极管工作频率，除了可从有关特性表中查阅出外，实用中常用眼睛观察二极管内

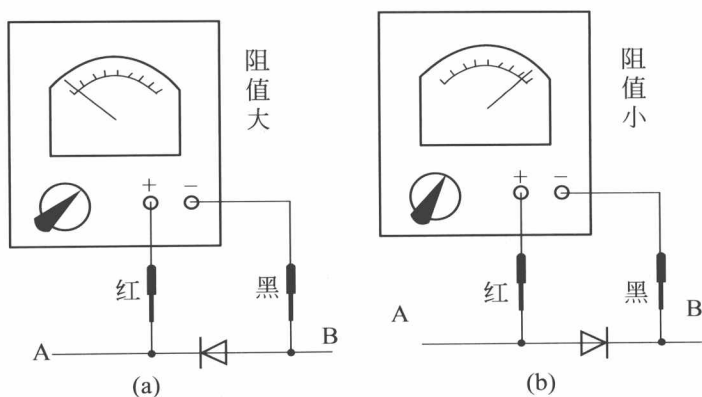


图 1-5 万用表测量二极管的正负极示意图

部的触丝来加以区分，如点接触型二极管属于高频管，面接触型二极管多为低频管。另外，也可以用万用表 $R \times 1k$ 挡进行测试，一般正向电阻小于 $1k\Omega$ 的多为高频管。

4) 检测最高反向击穿电压 U_{RM}

对于交流电来说，因为不断变化，因此最高反向工作电压也就是二极管承受的交流峰值电压。需要指出的是，最高反向工作电压并不是二极管的击穿电压。一般情况下，二极管的击穿电压要比最高反向工作电压高得多（约高一倍）。

测量二极管反向击穿电压（耐压值）的方法是：首先将万用表的“NPN/PNP”选择键设置为 NPN 状态，再将被测二极管的正极接测试表的“C”插孔内，负极插入测试表的“e”插孔，然后按下“VBR”键，测试表即可指示出二极管的反向击穿电压值。

也可用兆欧表和万用表来测量二极管的反向击穿电压、测量时被测二极管的负极与兆欧表的正极相接，将二极管的正极与兆欧表的负极相连，同时用万用表（置于合适的直流电压挡）检测二极管两端的电压，如图 1-6 所示。摇动兆欧表手柄（应由慢逐渐加快），待二极管两端电压稳定而不再上升时，此电压值即是二极管的反向击穿电压。

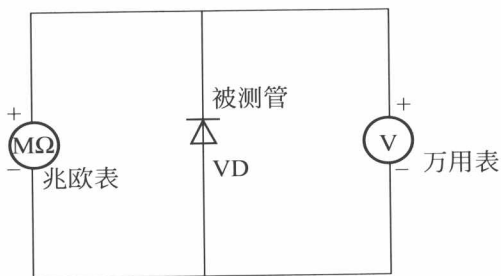


图 1-6 用兆欧表和万用表检测二极管的反向击穿电压

5) 单向导电性能的检测及好坏的判断

通常，锗材料二极管的正向电阻值为 $1k\Omega$ 左右，反向电阻值为 $300k\Omega$ 左右。硅材料二极管的正向电阻值为 $5k\Omega$ 左右，反向电阻值为 ∞ （无穷大）。正向电阻越小越好，反向电阻越大越好。正、反向电阻值相差越悬殊，说明二极管的单向导电特性越好。

若测得二极管的正、反向电阻值均接近 0 或阻值较小，则说明该二极管内部已击穿短路

或漏电损坏。若测得二极管的正、反向电阻值均为无穷大，则说明该二极管已开路损坏。

6) 稳压二极管的检测

通常所用到的稳压管的稳压值一般都大于 1.5V，而指针表的 $R \times 1k$ 以下的电阻挡是用表内的 1.5V 电池供电的，这样，用 $R \times 1k$ 以下的电阻挡测量稳压管就如同测二极管一样，具有完全的单向导电性。但指针表的 $R \times 10k$ 挡是用 9V 或 15V 电池供电的，在用 $R \times 10k$ 挡测稳压值小于 9V 或 15V 的稳压管时，反向阻值就不会是 ∞ ，而是有一定阻值，但这个阻值还是要大大高于稳压管的正向阻值的。如此，就可以初步估测出稳压管的好坏。但是，好的稳压管还要有个准确的稳压值，业余条件下估测这个稳压值需要两块指示表。其方法是：先将一块表置于 $R \times 10k$ 挡，其黑、红表笔分别接在稳压管的阴极和阳极，这时就模拟出稳压管的实际工作状态，再取另一块表置于电压挡 $1 \times 10V$ 或 $1 \times 50V$ （根据稳压值）上，将红、黑表笔分别搭接到刚才那块表的黑、红表笔上，这时测出的电压值就基本上是这个稳压管的稳压值。说“基本上”，是因为第一块表对稳压管的偏置电流相对正常使用时的偏置电流稍小些，所以测出的稳压值会稍偏大一点，但基本相差不大。这个方法只可估测稳压值小于指针表高压电池电压的稳压管。如果稳压管的稳压值太高，就只能用外加电源的方法来测量。

① 正、负电极的判别。从外形上看，金属封装稳压二极管管体的正极一端为平面形，负极一端为半圆面形。塑封稳压二极管管体上印有彩色标记的一端为负极，另一端为正极。对标志不清楚的稳压二极管，也可以用万用表判别其极性，测量的方法与普通二极管相同，即用万用表 $R \times 1k$ 挡，将两表笔分别接稳压二极管的两个电极，测出一个结果后，再对调两表笔进行测量。在两次测量结果中，阻值较小那一次，黑表笔接的是稳压二极管的正极，红表笔接的是稳压二极管的负极。若测得稳压二极管的正、反向电阻均很小或均为无穷大，则说明该二极管已击穿或开路损坏。

② 稳压值的测量。用 0~30V 连续可调直流电源，对于 13V 以下的稳压二极管，可将稳压电源的输出电压调至 15V，将电源正极串接 1 只 $1.5k\Omega$ 限流电阻后与被测稳压二极管的负极相连接，电源负极与稳压二极管的正极相接，再用万用表测量稳压二极管两端的电压值，所测的读数即为稳压二极管的稳压值。若稳压二极管的稳压值高于 15V，则应将稳压电源调至 20V 以上。

也可用低于 1000V 的兆欧表为稳压二极管提供测试电源。其方法是：将兆欧表正端与稳压二极管的负极相接，兆欧表的负端与稳压二极管的正极相接后，按规定匀速摇动兆欧表手柄，同时用万用表监测稳压二极管两端电压值（万用表的电压挡应视稳定电压值的大小而定），待万用表的指示电压指示稳定时，此电压值便是稳压二极管的稳定电压值。若测量稳压二极管的稳定电压值忽高忽低，则说明该二极管的性不稳定。图 1-7 是稳压二极管稳压值的测量方法。

7) 肖特基二极管和瞬态电压抑制二极管 (TVS) 的检测

① 肖特基二极管检测。二端型肖特基二极管可以用万用表 $R \times 1$ 挡测量，正常时，其正向电阻值（黑表笔接正极）为 $2.5 \sim 3.5\Omega$ ，反向电阻值为无穷大。若测得正、反电阻值均为无穷大或均接近 0，则说明该二极管已开路或击穿损坏。

三端型肖特基二极管应先测出其公共端，判别出是共阴对管，还是共阳对管，然后再分别测量两个二极管的正、反向电阻值。

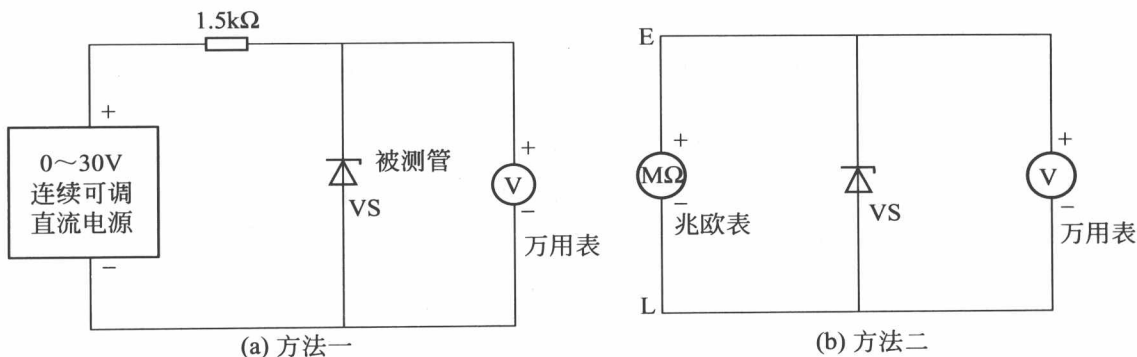


图 1-7 稳压管稳压值的测量方法

② 瞬态电压抑制二极管 (TVS) 的检测。用万用表 $R \times 1k$ 挡测量 TVS 管好小时, 对于单极型的 TVS, 按照测量普通二极管的方法, 可测出其正、反向电阻, 一般正向电阻为 $4k\Omega$ 左右, 反向电阻为无穷大。

对于双向极型的 TVS, 任意调换红、黑表笔测量其两引脚间的电阻值均应为无穷大, 否则, 说明管子性能不良或已经损坏。

(2) 晶体三极管的检测

1) 判别三极管的极性

目前, 国内外生产的晶体管型号已达上万种, 封装型式及引脚排列顺序差异很大。假如晶体管上的标记已模糊不清, 无法根据型号查阅手册, 识别电极的位置, 可借助于万用表的 $R \times 1k$ 挡识别。

① 判定基极 b。无论 PNP 管还是 NPN 管, 均可看作由两只半导体二极管反极性串联而成。图 1-8(a)、(b) 分别代表 PNP 管和 NPN 管。

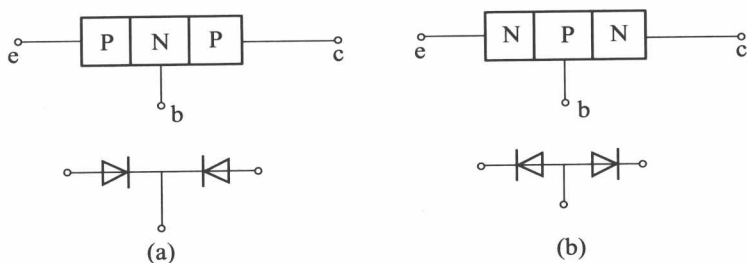


图 1-8 三极管结构图

如果用第一支表笔碰触某个电极, 用另一支表笔依次碰触其他两个电极时, 测出的电阻值都很大或者都很小, 即可判定第一支表笔接的是基极。若两次测出的电阻值是一大一小, 相差很多, 证明第一支表笔接的不是基极, 应更换其他电极重测。

② 判定发射极 e 和集电极 c。确定基极之后, 再测量 e、c 极间电阻, 然后交换表笔重测一次, 两次电阻值应不相等, 其中电阻较小的一次为正常接法。正常接法时, 对于 PNP 型, 黑表笔接的是 e 极, 红表笔接的是 c 极; 对于 NPN 管, 红表笔接的是 e 极, 黑表笔接的是 c 极。