

实用电机控制电路 维修技术

● 李忠文 编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

307

40

实用电机控制电路 维修技术

◎ 维修技术 ◎

中国电力出版社
CHINA ELECTRICITY PRESS

实用电机控制电路维修技术

李忠文 编著

化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

实用电机控制电路维修技术/李忠文编著. —北京:
化学工业出版社, 2004.3
ISBN 7-5025-4225-6

I. 实… II. 李… III. 电机-控制电路-维修
IV. TM307

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 020319 号

内 容 提 要

制造企业的效益很大程度上依赖于设备的正常、高效运转。电气设备的维修与调校需要遵循一定的程序,采用恰当的方法,同时,相关的图、表、数据也必不可少。本书介绍了控制电路维修的一般方法以及可控硅调速、可控硅励磁、中频电源、各种常用机床和专用机器如超声波塑料焊接机、超声波清洗机、录影带卷带机等控制电路的分析、检修方法和技巧,提供大量电路图,以图表形式列举常见故障和相应的处理方法,方便读者在实际工作中拿来就用。

本书是《实用电机控制电路》的姊妹篇,来自编者长期机电维修实践所得经验和资料,可作企业电气设备维修技术人员的工具书,也可供各类院校师生参考。本书简洁易懂,初入门的读者也可以理解照做,不过要想成为电气维修高手,仍然需要系统地学习电子、电气的有关知识,并在实践中不断积累经验。

实用电机控制电路维修技术

李忠文 编著

责任编辑:刘 哲 李玉晖

责任校对:陈 静 边 涛

封面设计:蒋艳君

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话:(010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京管庄永胜印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 11 $\frac{3}{4}$ 字数 290 千字

2004 年 5 月第 1 版 2004 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4225-6/TM·25

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

目 录

第1章 控制电路维修方法和调修技术	1
1.1 电路维修程序及方法	1
1.1.1 直观法	3
1.1.2 测量法	3
1.1.3 波形法	4
1.1.4 替代法	4
1.1.5 分部排除法	4
1.1.6 逻辑分析法	5
1.2 电路基本调校技术	5
1.2.1 调试准备	6
1.2.2 调试检查	6
1.2.3 调试	6
1.3 电路测试仪器仪表及使用方法	8
1.3.1 万用表	8
1.3.2 示波器	10
1.3.3 低频信号发生器	13
1.3.4 兆欧表	15
1.4 元器件选用和判别方法	16
1.4.1 半导体元器件选用和判别方法	16
1.4.2 可控硅与双向可控硅选用及判断	19
1.4.3 集成电路选用及简单测试	22
1.4.4 光电器件及传感器	24
1.5 集成电路调试技术	27
1.5.1 模拟集成运放电路的调试	27
1.5.2 数字集成电路的调试	28
1.5.3 微机系统调试	32
第2章 电磁调速系统电路维修技术	35
2.1 电磁调速系统电路的调试技术	35
2.1.1 电力拖动系统的调试	35
2.1.2 控制器的调试	36
2.2 电磁调速系统电路和检测技术	37
2.2.1 电磁调速控制器电路	38
2.2.2 电路故障检测技术	38
2.2.3 电路故障判断与处理方法	43
第3章 可控硅调速系统电路维修技术	45

3.1 单相可控硅调速系统电路的调试技术	45
3.1.1 单相可控硅调速系统电路的调试	45
3.1.2 单相可控硅调速电路和检测	48
3.1.3 单相可控硅调速系统常见故障与处理方法	50
3.2 三相可控硅调速系统电路调试技术	51
3.2.1 三相可控硅调速系统电路调校	53
3.2.2 三相可控硅调速系统电路常见故障与处理方法	64
3.2.3 MAXITRON S-6/S-6R 型电源换流电路常见故障的 判断分析与处理	71
3.3 三相可控硅调速系统电路典型故障处理实例	75
3.3.1 主电路启动不起来	75
3.3.2 在启动和运行过程中快熔熔断	76
3.3.3 电路启动后无直流输出	77
3.3.4 电机运行速度不稳定	77
3.3.5 电机启动后最大速度或运行中“飞车”	77
3.3.6 集成运算放大器常见故障	78
第4章 可控硅励磁系统电路维修	80
4.1 同步发电机可控硅励磁系统电路维修技术	80
4.1.1 TLG1-1 型可控硅励磁调节电路调校	81
4.1.2 TLG1-1 型可控硅励磁调节电路常见故障与维修方法	82
4.1.3 AVR-2 型可控硅励磁调节器电路调校	83
4.1.4 AVR-2 型可控硅励磁调节器电路常见故障与维修方法	84
4.1.5 发电机励磁系统电路常见故障的分析判断	85
4.2 同步发电机典型故障及排除方法	89
4.3 水轮发电机可控硅励磁电路维修技术	91
4.3.1 水轮发电机的调校技术	91
4.3.2 水轮发电机组常见故障与处理方法	95
第5章 中频电源控制电路维修	98
5.1 中频电源的调试技术	98
5.1.1 中频电源电路调试前的准备工作	98
5.1.2 中频电源电路的整流电路的调试	100
5.1.3 中频电源电路的逆变电路的调试	101
5.2 中频电源常见故障与判断处理	111
第6章 机床电路维修及变频器维修	112
6.1 机床电路	112
6.1.1 车床控制电路	112
6.1.2 钻床控制电路	113
6.1.3 磨床电气控制电路	114
6.1.4 铣床电气控制电路	115
6.2 机床电路的调校技术	117

6.2.1	调试前检查	117
6.2.2	调试	117
6.3	机床电路维修技术	118
6.4	机床控制电路常见故障分析与处理方法	119
6.4.1	普通车床控制电路常见故障与处理方法	119
6.4.2	摇臂钻床电气控制电路常见故障与处理方法	120
6.4.3	平面磨床电气控制电路常见故障与处理方法	121
6.4.4	万能铣床电气控制电路常见故障与处理方法	122
6.5	变频器维修技术	123
6.5.1	通用变频器的电路组成	123
6.5.2	变频器调试技术	124
6.5.3	变频器常见故障与判断	125
第7章	专用机器电路维修技术	127
7.1	超声波焊接	127
7.2	超声波塑料焊接机电路	129
7.2.1	UE系列超声波塑料焊接机	129
7.2.2	超声波塑料焊接机的调试焊接技术	130
7.2.3	超声波塑料焊接机使用方法及维修	132
7.3	超声波清洗机电路	135
7.4	录影带自动卷带机电路	140
7.4.1	VTL-3000EF录影带自动卷带机	140
7.4.2	VTL-3000EF录影带自动卷带机功能与调校	141
7.4.3	VTL-3000EF录影带自动卷带机电路及故障检修	143
7.5	VTL-800/1600录影带全自动卷带机电路	150
7.5.1	VTL-800/1600型录影带全自动卷带机	150
7.5.2	VTL-800型录影带全自动卷带机构造及电路	153
7.5.3	VTL-800型录影带全自动卷带机系统调试	164
7.5.4	VTL-800型录影带全自动卷带机常见故障和处理方法	174
7.6	螺丝机	176
7.6.1	半自动螺丝机	176
7.6.2	螺丝机操作运行处理	179
7.6.3	全自动螺丝机	179
参考文献		181

第 1 章 控制电路维修方法和调修技术

控制电路包括中小企业常用的机电设备控制电路、调速系统控制电路、中频电源及自动控制系统电路、励磁系统控制电路、超声波控制电路、机床控制电路、微型计算机控制电路等，广泛应用在塑料加工、电子、机械、造纸、轻工、化工、水电各行业中。

电子技术、计算机技术的综合应用，使得电力电子技术迅速发展和日益成熟。各种电子电路及反馈网络如速度反馈、电压反馈、电流反馈以及微分反馈组成的闭环系统在控制电路中屡见不鲜。集成运算放大器用来替代分立元件，提高系统的控制精度。数字电路技术使模拟量控制向数字量控制发展，为计算机的应用奠定了基础。微机系统通过软件、硬件和输入输出接口电路的设计，对被控量进行数字控制，实现人机对话、参数预置、状态显示等自动控制，从而进一步提高了自动化水平。

调速系统控制电路主要应用的电力电子器件晶闸管，也称可控硅，具有功率大、控制灵敏、反应快速、损耗小、重量轻、效率高和可靠性高等优点，广泛应用在电磁调速系统电路、可控硅调速系统电路、交流调速系统电路中，实现以可控硅的弱电控制强电输出。中频电源及自控系统、交流调速系统、变频调速、不间断电源等电力变流装置中，主要应用电力电子器件高频晶闸管，也称电力晶闸管。它具有自关断能力，开关时间短，饱和压降低，安全工作区域宽，并且可以实现高频化、廉价化、模块化，被广泛应用。新型功率模块如以功率场效应晶体管 M0SEFT 和绝缘栅双极晶体管 IGBT 为代表的集高频率、高电压和大电流于一身的功率半导体复合器件，以具有电压型控制、输入阻抗大、驱动功率小、控制电路简单、开关损耗小、工作频率高、元件功率大等优点，用于交流变频、开关电源、伺服系统、牵引传动等领域。电力电子技术对电路的电流、电压、频率和相位等参数进行精确控制和高效率处理，正向着高频化、硬件结构模块化方向发展，技术更加成熟、经济，应用更加普遍。

随着电子技术、电力电子技术的飞速发展，对于控制电路有了新的要求，尤其对于控制电路的维护、保养和修理也要求更高。如何迅速提高维修水平，及时、准确、有效地排除和处理故障，是从事电气维修人员的重要课题，也显得愈来愈重要。这就要求我们首先要掌握控制电路的基本工作原理和基本操作技能，熟练应用和掌握设备故障维修基本工作方法，综合进行电路的定性和定量分析研究，在电路发生故障时准确给出判断，结合维修经验，应用调修技术，及时加以处理，保证设备正常运行。

1.1 电路维修程序及方法

电路维修的方法对于维修电路十分重要。在实际过程中，维修人员不但要具有一定的专业基础知识，还要在实践中不断积累经验和资料。运用正确的维修方法，才能正确地判断故障，迅速及时地加以处理和排除。电路维修一般按如图 1-1 所示程序进行，各步工作内容如下。

熟悉设备，初步检查：首先必须要熟悉所维修的设备情况，包括电路、机械、液压以及传动，对电路要求熟悉各种资料和调试及参数，如电路工作原理图、电路元器件安装图、电路元器件分布排列图。这些原始基础资料是维修工作必需的。近些年，许多设备不提供详细

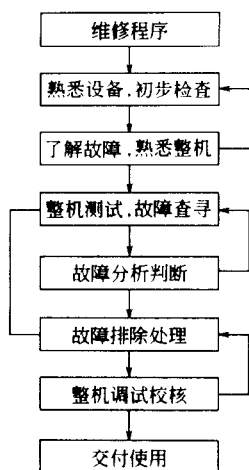


图 1-1 故障维修程序

电路资料, 只提供相关的电路方框图和示意图等。这就需要维修人员主动搜集资料, 可以利用停车、清洗或其他机会进行实际测绘, 取得第一手资料, 为设备故障维修打好基础。当然也可根据方框图提供的基本联系和功能进行估算和替代, 但这种做法在实际操作中会有困难。在上述工作基础上可以进行初步检查。初步检查主要是检查外观和表面, 对设备的电气元件及线路、电路控制板电子元件及接线等进行检查。电气元件包括电源进线、保险器、自动空气开关、开关、按钮、插头、接线柱、指示仪表及信号灯、接触器、继电器、变压器、控制器等元器件, 需检查外观、触点、线圈、熔体等是否完好; 控制线路是否良好, 有无脱焊、烧焦、变色、开路、短路等; 电子控制电路板上的元器件如分立元件电阻、电容、电感、晶体管是否有烧焦、裂纹、脱焊; 电路板铜箔是否有变色或烧断、接插件松脱、掉线或接触不良、移位、错位等。这些明显故障应在外观检查时就及时发现, 予以处理, 可以起到事半功倍的效果。对于没有这些明显外观故障的设备, 就要按程序中的下一步进行处理。

了解故障, 熟悉整机: 对于存在故障的设备要进行进一步的故障了解, 向操作人员询问故障现象和已采取的措施, 熟悉设备性能及操作步骤, 了解故障发生在整机的部位, 结合电路原理图、元器件排列图, 对故障原因作具体分析判断, 以确定故障发生的范围; 还可以通过熟悉整机进一步熟悉设备, 以提供更确切的技术资料。

整机测试, 故障查寻: 对于设备故障不明显的, 如电路不明显、部位不明显则要进行整机测试来查寻故障。整机测试对于有熔断器烧断、跳火、冒烟、焦味等故障现象的设备要谨慎使用。通电测试前应先排除短路故障, 再采用逐步加电压的方法进行测试, 以避免故障扩大引起麻烦。整机测试应当迅速找到故障范围, 对于调校可解决的故障可不放在查找范围内, 重点对引起设备故障的故障级进行查找, 也为故障的分析和判断提供依据。

故障分析判断: 查寻到故障级后可以通过故障分析来判断故障元件的可能损坏情况。故障分析即综合故障现象和具体电路情况, 对故障点进行判断。具体电路由具体元器件组合决定, 故障点的元器件就是要查找的对象。分析判断时, 还需要检测各电气参数、电气数据和波形等, 常通过检测数据, 分析数据, 再检测, 再分析, 以确诊故障点和故障元器件。这是维修工作的关键环节。

故障排除处理: 对于确定的故障元器件进行处理和排除, 要做好准备工作。器件装配和更换前, 要做好标记和记录, 尤其是多焊头器件如变压器和脉冲变压器的同名端、集成元件的开口标记、转换开关和波段开关的连线焊点、晶体管的极性和极点标志。对于脱焊、断线、松脱或接触不良等可直接修理, 对于元器件需要替换和代用的, 一般需进行老化筛选, 严格按照工艺规程进行。

整机调试校核: 在进行故障排除和处理后, 要对设备进行调试和性能检验, 以校核维修结果。在维修过程中, 采取许多方法进行修理, 其工作点、测试点要进行调校。更换元器件的电路要进行试验, 包括空载试验、带载试验, 并且通过试验检定电气参数、性能指标等项进行评估, 将维修情况记录在册, 为今后的维修工作或向制造设计厂家提出改进建议提供依据, 以不断提高和完善设备性能, 降低故障率, 提高利用率。

了解了维修程序之后, 还需要掌握正确的检修方法。检修方法种类很多, 其目的就是要

排除故障，即及时分析判断故障产生的原因，确定故障级和故障点，采取适当的方法进行修理排除。常用的维修方法如下。

1.1.1 直观法

直观法又称外观检查法，可以分为通电检查和不通电检查，不是依靠电气参数的测量来判断故障，而是凭感官（手、眼、耳、鼻）的感觉来对设备故障的原因进行判断。直观法是对设备的初步检查，两种检查方法是在不同方面对设备进行的外观检查和表面检查。直观法对一些简单明确的故障十分有用，一经发现，立即予以排除，既解决了设备存在的问题，又简化了检修过程。所以直观法是维修工作最基本的方法，也是维修工作的重要环节。

不通电检查，一是检查设备的控制面板上及外部的情况；检查开关、按钮、保险、指示灯、电源插线、熔丝管插塞，接插件插口、接线柱、指示仪表、显示装置、接头插座等是否良好，有无跳闸、松脱、熔断、断线、卡阻等故障；二是检查设备的内部状况，如电气元器件、零部件、接插件、电源线路、控制线路、电源变压器、散热器、冷却风扇、滤波电容器等是否良好，有无烧坏变质、虚焊、脱焊、断线等，尤其是检查有无变压器烧焦、电阻器烧黄发黑、电容器爆裂、绕线电阻器烧断、电位器滑动臂或静止臂连线烧断或脱焊等。不通电检查主要是发现各种明显的故障部位和元器件，以便很快地判断和排除故障。

在不通电检查之后，没有发现明显的故障，为进一步寻找故障的具体部位，采用通电检查，以便更换造成故障的元件。查找故障原因，尤其应注意检查跳火、冒烟、烧焦、异味、熔丝熔断等故障的部位和原因。在接通电源后，如发生电源信号灯不亮，保险器熔体烧断，变压器、电阻、电容、晶体管、功放管严重过热，内部冒烟等，应立即关断电源。重新在不通电情况下，检查电路有无明显的断路、短路或绝缘不良等故障。当检查发现故障部位或元器件后，应立即对故障进行处理和排除，如处理焊接断线、接触不良的器件，更换损坏的元器件，调节电位器整定工作点等。直观法有局限性，对于一些复杂的故障、元器件变质损坏和虚焊的故障，单凭外观无法判断，就要采取其他方法进行处理。

1.1.2 测量法

测量法又称电参数比较法，最常用的是直流电压比较法和电阻比较法。它通过测量设备各部位、各测点的电气参数如电压、电流和电阻，再与正常运行设备的或设计要求的电气参数进行对比以找出故障所在的部位或具体元器件。测量法是分析故障原因的基础，是解决和处理故障的根本方法之一，也是一种简单易行的方法。测量电阻是设备维修中最常用的方法，一般在不通电情况下进行。最常用的工具是万用表。电阻可以相对地或其他参考点进行测量。这种方法可以发现电路的开路、短路、电阻严重变值现象，还可检测出开关、接插件、电位器接触不良等，对于晶体管、集成块、模块等元器件损坏性故障也可以测出，但对于晶体管、集成块性能变差、工作点不正常、电容变值等就无能为力。用万用表测量电阻要注意电阻挡的设置，要选择适当，避免使用不当造成其他损坏。测量电阻值还要注意电路中的耦合形式，常常将器件烫开一端来进行测量。

测量直流电压也是常用方法，它可以在通电情况下进行检测，应用工具是万用表电压挡位。测量直流电压可以是相对地、零或参考点的电压幅值，这种方法可以检查出由于电路短路、开路、接线错误、电阻变值、管子老化、接触不良等造成的故障，还可以测出晶体管、集成运放、模块等输出幅值，但对于电容器变值、电感变值也无能为力。用万用表测量电压幅值首先应测量电路及各部分的电源电压，只有电源电压正常情况下，测量各部分、各测试点的电压才能得出正确的结论。测量直流电压时，要注意参考点的选择，系统接地电路、浮

地电路、电极之间的电压均要正确测量，分别比较。

测量法还包括交流电压测量和直流电流测量，这些是用万用表来完成的。交流电流用钳型电流表来监测较为方便，尤其对较大电流和大电流。对于小电阻的测量，尤其对电机绕组、变压器绕组、脉冲变压器、电抗器等感性负载的小电阻值，用电桥测量十分方便。测量还涉及许多方面，例如温度、压力、磁通、光线、转速、频率以及电能等，均采用传感器进行取样，通过各种放大器将取样信号放大处理后，输出各种信号，如电压、电流、脉冲等供控制应用。

1.1.3 波形法

波形法严格地说应该也属于测量法，只是被测参数是以波形形式显示出来，以供维修人员判断和确定。波形法通过示波器来测量设备电路工作状态时的动态参数，例如被测点的波形形状、幅值、频率、相位，由此判断电路中各元器件的工作状况和元器件性能。波形法对于涉及电子电路、电力电子电路的设备十分重要。有些参数凭感官、凭仪表是无法检查和测量的，例如脉冲信号，就需要用示波器进行检测。对于触发电路的脉冲波形、时序电路的脉冲幅值、数字电路的时钟触发等均需要知道脉冲波形、幅值、上升沿或下降沿脉冲，而对于其他被测电路如放大、整形、变频、调制、检波等有源电路波形法也十分有用。波形法在检查调速系统控制电路、中频电源电路、励磁系统电路、微机控制系统电路中应用十分广泛，为故障的分析判断提供可靠的依据，为设备正常和电路最佳运行提供保证。维修人员应重点掌握，注意收集正常时各部分电路的输入输出波形和检测点的波形等资料，为设备维修工作打下基础。

1.1.4 替代法

替代法是在不能确定故障的大致范围，对于可疑的元器件、部件、插板、插件单元用同类型的单元通过替代来查找故障的方法，尤其适用于复杂设备和集成度大、智能化高、控制电路插板多的设备。替代法也是维修工作的重要方法之一，它的应用条件是需要有备份件和单元备份插件。检修复杂设备时，对不能确定故障范围的单元，常使用相同型号、规格、结构的单元，可以是元器件、电路板、插入式单元组件等，暂时替代进行检测和调试。这时如果故障现象消失，说明替代单元部分存在问题，可进行再一步的故障检查，从故障范围查到故障的具体元件；也可继续用元件替代可疑元件，直至设备正常为止。对急用的，也可直接用上替代单元进行工作，再对换下的单元进行修理恢复。这样可以及时排除故障，缩小检测范围，是维修工作行之有效的方法。

1.1.5 分部排除法

分部排除法是将故障设备分单元、分部分进行检查和排除，可根据具体电路中具体单元、具体分部情况进行分部检查。可单独工作的单元或分部，单独拆下检查；不可分开的单元或分部连机检查。

在检查的过程中，对于噪声、干扰、纹波、自励振荡引起的故障，可以采用短路法即电容旁路法进行检查，利用电容器对交流阻抗小的特性将被测电路中的信号对地短路，以观察对故障现象的反应。当旁路输入端时，故障现象消失，则判断故障存在于本单元电路或后级电路中；当旁路输出端时，故障现象消失，则判断故障存在于本单元电路或前级电路中。用电容旁路法来判断这类故障简便快捷。

对于复杂的逻辑时序电路、具有反馈的控制电路、多路负载电源的电路可采用开路法或分割测试法进行检查，把可疑单元或分部从电路中断开，脱焊电路连线的一端或取下有关单

元控制板插件，观察故障现象的反应；当故障消失，则判断故障存在被断开的单元或分部中，再单独测试被断开电路单元或分部的功能，以发现故障所在的部位，便于查明故障的原因，以从根本上排除故障。

分部排除法排除故障，一般按先后进行检查电路，检查步骤一般是先强电，后弱电；先高压，后低压；先查电源电路，后查控制电路；先查输出端，后查输入端；先查故障严重部分，后查一般故障部分。在检查、分析、判断的基础上，对故障进行排除，并进行调试和试运行。

1.1.6 逻辑分析法

逻辑分析法是利用逻辑分析器或者使用专门的逻辑分析仪进行检测，以确定故障发生的部位和器件变质损坏的原因的一种方法。逻辑分析法特别适合于检测集成电路、数字电路组成的微机控制系统设备。微机系统运算速度极快，快速运算，快速处理；微机系统是一个程序流的连续过程，它取决于一个长的指令序列，其信息中的一位数发生错误，整个系统都不能正常工作；微机系统的总线结构传输信息，挂在总线上的 RAM、ROM、I/O 器件和电路复杂，不能用传统的模拟式电子仪器和检测方法来检测，需采用逻辑分析法才能准确有效地确定故障发生的部位和变质损坏的器件。逻辑分析器有逻辑探头、逻辑脉冲发生器、电流跟踪器、逻辑夹头等器件。

逻辑分析仪有逻辑比较器、逻辑时间分析仪、逻辑状态分析仪和特征分析仪等仪器。逻辑探头也称逻辑笔，可用来检测各种数字电路的逻辑状态，以判断电路工作状况。可用逻辑探头来考察逻辑的连续性、信号流程、地址解码、时钟和总线设备的工作情况，并且监测各数控信号，如复位、中断、存储器读取、标志和时钟等信号。逻辑脉冲发生器是数字电路测试中用的激励器件。它自动输出极性、幅度、电流和宽度满足要求的脉冲，以在被激励点产生高低电平和模拟的各种数据信息用以检测电路的动态功能。逻辑脉冲发生器主要用在逻辑门的测试和同其他仪器如逻辑探头、电流跟踪仪、逻辑夹头和逻辑比较器等一同使用。电流跟踪器是在探头上的感应检测器，检测电路中的电流。把电流跟踪器的探头置于有脉冲的线路上，通过灵敏度调节和灯泡强度显示的方法，可以识别电流的路径和相对幅度，也可找出损坏元件的节点。用电流跟踪器查出如集成电路输入短路、印刷电路板中的焊桥、电缆短路、电源线路短路、数据总线或地址总线阻塞、“线与”结构阻塞等故障。逻辑夹头可用来检测数字集成电路的逻辑状态，还可用来测试多谐振荡器、门电路、缓冲电路、加法电路、移位寄存器等数字电路。逻辑比较器将被测集成电路与参考集成电路的输入并联起来一起运行，立即显示出电路之间逻辑状态的差异，以判断集成电路芯片的参数变化和性能好坏。逻辑分析仪检测各种总线信息的时序关系和各种程序的运行状况，以发现干扰及漏码、错码、跳码等故障问题，提供故障原因的分析依据。特征分析仪将逻辑电路中冗长而复杂的串行数据流转换成四位数字“特征码”。这些码可简单而又高度准确地识别不正常的逻辑电路。

1.2 电路基本调校技术

维修工作人员的调校技术对于设备维修非常重要。维修工作人员必须熟悉被调试设备的电路工作原理及设备部件，能正确地使用仪器仪表，并能理解设备相应的文件和图纸以及工艺要求，才能进行工作。任何设备的电路都有各自技术指标要求，要达到技术指标要求，就要保证调试过程中的工艺完整性即生产过程稳定性、产品一致性和可靠性。设备安装结束后，可以通过电路调试和整机调试使电气参数达到技术指标或其他规定要求，以符合全部的

技术指标要求。设备发生故障后，需要进行维护和修理，还要通过电路调试和整机调试来达到全部的技术指标要求。因此，维修工作人员在开始调试之前，必须认真阅读调试工艺文件、熟悉设备、调试内容、调试部位，掌握调试步骤和调校方法。

1.2.1 调试准备

调试前准备工作最重要的内容就是电路的接线检查和外观检查。

对于新装的设备，首先要对电子电路、电气电路进行检查。查连线：检查连接线是否正确、有无错线、少线或多线，应按照电气安装图、电气原理图进行对照检查；查器件：检查电气元器件安装是否正确，按照电气元器件布置图核查，并对器件的连接端子、常态状态进行检查，如空开位置、熔断器熔芯等都需要详查；查电路板：检查电路板是否安装正确，接插可靠，有无错插或漏插或插接不良，检查电路板铜箔、元器件管脚是否和元器件布置图一一对应，检查电路板管脚、焊孔、焊点有无短路、开路、漏焊、错焊等；查装配：检查电路的单元、部件、分部以及各种控制、保护电路是否安装到位，连接是否可靠，是否可以进行电路调试或单元电路调试，应当准备妥当进入调试状态。

对于维修的设备，也要对电子电路、电气电路进行检查，重点检查发生故障单元和与故障单元有联系的单元，尤其对有联系单元的电路元器件、连线、接插件进行检查，以防故障波及到其他元器件，如受到过电压、过电流、瞬间短路等的影响和冲击；检查故障单元电路的更换器件的管脚、型号、极性有无错焊、漏焊等。

调试准备工作还需对调试使用的仪器仪表进行准备和检查。常用的仪器仪表有万用表、示波器、钳型表、兆欧表（摇表）、信号发生器、逻辑探头、稳压电源、电源、电阻负载等。检查仪器仪表的量程、精度及调节范围是否合适，并注意阅读使用操作步骤及测量方法，以便正确使用仪器仪表，准确测量电参数，如电压幅值、电源相序、脉冲电压幅值及波形等。

1.2.2 调试检查

调试检查可分为不通电检查和通电观察，主要是对设备电路进行初步检查，确认可以运行，才可以进行系统的调试工作。

不通电检查基本上同上接线检查和外观检查，对主电路、控制电路的接线检查要仔细，主要检查如松动、开焊、断线等故障现象，最主要不要有短路现象。常用万用表的电阻挡位对主电路开关、保险器、连线及保护装置、控制电路进行检测，以防止有短路、开路现象。还要对控制按钮、转换开关、控制保险、信号指示等进行检查核对。外观上主要对电子器件、电气器件进行检查，察看有无异常情况如导线烧黄变色、电阻烧黄发黑、电容爆裂、变压器绕组烧焦、继电器线圈或触点烧坏或熔焊等明显情况。

在不通电检查合格的基础上再进行通电观察。接通电源后，先观察有无异常现象如打火、冒烟、焦糊异味，用手触摸器件是否严重发烫，各测点电位、电源电压是否正常，有无短路、开路现象。如有异常现象立即关掉电源，进行详查，并排除故障，处理后方可通电重试。正常后，可以用万用表检查各电路单元，各分部电路电源电压，各工作点、测试点工作电压是否正常。只有在各分部、各单元电路正常情况下，才能进行调试工作。

1.2.3 调试

在调试检查正常后，可以进行调试。调试可以分为电路调试和整机调试。电路调试根据具体电路而进行的单元电路或分部电路的调试，对于电子电路先进行静态参数调试，静态工作点正常后，再进行动态参数调试，以达到技术指标要求。对于电气电路先控制电路，后主电路调试；先空载调试，后负载调试，以达到技术指标要求。不论电子电路还是电气电路最

后都要进行整机调试，通过整机调试使设备电气系统集成性能技术指标达到要求。

调试工艺流程的安排原则是先外后内：具体是先调结构部分，后调电气部分；先调独立单元电路，后调存在相互影响的电路；先调基本性能指标，后调对质量影响较大的指标，整个调试过程是一个循序渐进的过程。电子电路中常用可调电容器、电位器、滑线变阻器等可调元器件，与电气指标有关的机械传动部位、行程开关、磁控、光控等可调谐、可移动部件，调试的主要内容就是对可调元器件、可调部件的调整，以对设备整机的单元或分部电路进行调试和电气性能测试。当测试达到了技术指标要求后，再进行整机调试。调试合格后可进行例行试验，最后进行复调，全部合格后调试工作结束。整机调试过程中，各种电路参数的综合控制需要电平转换、隔离、接口电路来支持，否则会产生不应有的故障和麻烦。

图 1-2 是单元电路调试工艺流程图。图 1-2 中外观检查按调试准备要求进行检查。静态工作点测试与调整是工艺流程中电子电路必须进行的重要项目。通过静态工作测试，可



图 1-2 单元电路调试工艺流程图

以找出一些由于元器件不良、线路存在缺陷和装配不当等引起的问题，如元件失效、参数偏移、短路或错接、漏焊或接触不良等，都是导致故障的原因。动态调试包括波形、频率测试和电路参数修正。例如放大电路在静态调试的基础上，加上适当的输入信号，在确保输出信号不失真的状况下，用示波器、毫伏表等测试仪器来测试输出信号和电路的性能参数，并根据测试结果对电路静态参数和元器件进行修正，使电路的各项性能指标满足设计要求。最后还要进行整个单元电路的性能指标综合测试，以保证单元电路功能符合整机电路功能的要求。

图 1-3 是整机电路调试工艺流程图。图中还是从外观检查开始，只是范围较大，设备全部电路及外观检查，检查内容同上所述。机械传动结构调整是在外观检查合格基础上，对机械结构进行检查和调整，检查各单元电路板、接插件、插头座是否可靠，有无松动，机械传动部分转动是否灵活，各种控制单元阀如气压阀、液压阀、水压阀是否开启，各种控制单元是否在初始位置如给定电位器零压启动是否限位、各机械动作行程开关是否在初始位、各气动阀体、气缸是否在初始位置（气缸应调整到设计的初始位置）。在调整到位基础上进行单元电路测试，主要是因为整机调试会使一些性能参数指标发生变化如负载增加、输入输出阻抗变化等。应重新调试单元电路，使单元电路达到技术指标要求。

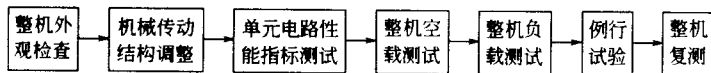


图 1-3 整机电路调试工艺流程图

整机空载调试，一般是断开负载，采用电阻性负载或假负载法对整机进行空载调试。假负载法一般用功率较大和相等的白炽灯泡（200W）两支串联组成一组负载，或者用一台 2000W 电炉作为电阻性负载。在断开负载后，接上假负载，并且将示波器并接在假负载接线的两接线端上，通过示波器的波形来对电路参数进行观察和分析，以判断电路的运行情况。尤其对电力电子控制电路、触发脉冲电路等普遍采用，通过波形进行时域测量。在调试过程中，还可以进行系统的开环调试。将系统中闭环电路断开，甩掉各种反馈电路，利用稳压电源、外部控制方式或电位器调试方法对设备电路系统进行开环调试，使电路性能指标参数符合设计要求，例如触发电路的移相范围变化幅度、输出电压幅度、晶闸管导通角变化范

围及控制范围等。

整机负载测试是整机带负载调试，将假负载拆下，接上负载，主要是在额定负载下进行调试，对负载进行稳速、稳压、稳流的各种反馈电路以及各种参数的 PI 调节器进行统调。带载情况下，电压、电流、速度参数真实可靠，取样信号真实，可以测定参数来对电路进行整定，如电流截止、速度限制极限参数，对于有差恒值自动调速系统常采用。为了提高系统的精度，采用无静差调节系统引入反馈环节组成闭环系统进行自动控制。常用的电流环 PI 调节器、速度环 PI 调节器的双闭环系统就是典型的无静差调节系统。调试在负载情况进行的，对于电流、速度参数的调整校正，使电路性能指标符合设计要求为原则。

在整机负载测试合格后进行例行试验，对设备电路的可靠性进行测试，有的设备连续运行 24h，有的设备可连续工作即进行可靠性测试，还可以替代一些元器件的老化试验，这对于电子电路较为重要。在例行试验后还需对设备的电路技术指标进行复测，以检测电路情况及验证设计、造型、参数等合理性。

1.3 电路测试仪器仪表及使用方法

电路的维修和调校中，很重要的一项就是正确使用仪器仪表，准确地测量各种电气参数，为设备故障的查找和排除提供依据。常见的仪器仪表有万用表、钳型表、示波器、兆欧表（摇表）、电桥、电源、稳压电源、信号源、逻辑探头、数字电笔等。只有了解和熟悉仪器仪表，掌握使用方法和注意事项，才能准确、正确、可靠地提供各种电气参数，帮助进行故障分析判断和处理，帮助进行电路调试和调校。

1.3.1 万用表

万用表是一种可以测量各种电量、具有多种量程的便携式仪表。常用万用表来测量直流电流、交直流电压和电阻，有的万用表还能测量交流电流、电感器、电容器、晶体三极管的放大系数等。万用表有数字式和模拟式两种，常用的是模拟式万用表。500A 型万用电表就是一种高灵敏度、多量限的便携式仪表，共有 31 个测量量程，能分别测量交直流电流、交直流电压、电阻及音频电平，适应于无线电、电信、电子工业及工厂、农村电工做一般测量用外，还设有交直流大电流、直流高电压，可以满足高压测试和检修使用。表 1-1 是 500A 型万用电表的测量范围及精度等级。

表 1-1 500A 型万用电表的测量范围及精度等级

测 量 范 围		灵敏度	精度等级	基本误差	基本误差表示方法
直流电压	0~2.5V, 2.5~10V, 10~50V, 50~250V, 250~500V	20000Ω/V	2.5	±2.5%	以标度尺工作部分上量限的百分数表示
	2500V	4000Ω/V	5.0	±5%	
	25000V	20000Ω/V	5.0	±5%	
交流电压	0~10V, 10~50V, 50~250V, 250~500V	4000Ω/V	2.5	±2.5%	
	2500V	4000Ω/V	5.0	±5%	
直流电流	0~50μA, 50μA~1mA, 1~10mA, 10~100mA, 100~500mA, 500mA~5A	—	2.5	±2.5%	
交流电流	0~1mA, 1~10mA, 10~100mA, 100~500mA, 500mA~5A	—	5.0	±5%	以标度尺工作部分长度的百分数表示
电阻	0~2kΩ, 2~20kΩ, 20~200kΩ, 200kΩ~2MΩ, 2~20MΩ	—	2.5	±2.5%	
音频电平	-10~+22dB	—	—	—	

图 1-4 是 500A 型万用电表面板。其使用方法和注意事项如下。

① 使用前必须先进行机械调零。先调节 S3 使指针准确地指示在标度尺的零位上。在测量电阻之前，还要进行欧姆调零，调节电位器旋钮 R1 在短接测试杆红、黑表棒时，使指针指示在欧姆标度尺的“0 Ω ”位置上。

② 要正确接线。万用表面板上的插孔和接线柱都有极性标记。使用时将红表棒与 K2 孔即“+”极性孔相连，黑表棒与 K1 孔即“-”极性孔相连。测量直流电压、电流时要注意正、负极性，以免指针反转。测量电压时，万用表要并联在被测电路两端；测量电流时，万用表要串联在被测电路中。

用万用表测量晶体管时，应该牢记万用表的红表棒与内部电池的负极相接，黑表棒与内部电池的正极相接。测量直流电压 2500V 时需将红表棒插 K4 孔，黑表棒插 K1 孔；测量 25000V 直流电压时，将黑表棒插接在 K1 孔，红表棒插 K2 孔，旋转 S2 旋钮至 2.5V 量限位置上测量；测量直流电流时，将红表棒插接在 K3 孔内，并串接在被测电路中，才可读取数值。

③ 要正确选择测量量程和测量挡位。正确选择测量量程和测量挡位十分重要。测量时，首先选择测量挡位和测量量程。如果错选会造成仪表烧坏，尤其是用电阻挡位去测量带电体或误用电阻挡去测量电压会造成万用表损坏。类似情况经常发生，应重点加以防范。

测量电压时选择电压挡位，测量量程最好选取使指针处在标度尺 2/3 以上的位置。当不能确定被测参数的大致范围时，应将测量量程选为最大量程，然后根据指针的偏转程度逐步减小到合适的量程。测量直流电压时，可将 S1 旋钮开关旋至“ $\frac{V}{-}$ ”位置，S2 旋钮旋至被测直流电压量程位置上；测量交流电压时，S1 旋钮开关同上，只是将 S2 旋钮旋至被测交流电压量程位置上；测量直流电流时，将 S2 旋钮开关旋至“A”位置上，再将 S1 旋钮旋至被测的直流电流量限位置上；测量交流电流时，将 S2 旋钮旋在“A”位置上，再将 S1 旋钮旋在被测交流电流量限位置上即可。

电阻挡位选择 S2 旋钮至“ Ω ”位置上，开关 S1 旋至相应的 Ω 量程内可进行电阻测量。为了提高测量精度，应使指针尽可能指示在标度尺中间一段即全刻度的 20%~80% 弧度范围内。在 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 量程的工作电压是 1.5V， $R \times 10k$ 量限上工作电源是 9V。当红表棒、黑表棒短接，进行欧姆调零时，若不能使指针调到“0 Ω ”，表示电池电压不足，应更换电池。电阻挡位和量程选择测量电路时，可用电阻挡的 $R \times 1k$ 或 $R \times 10k$ 量限挡检测电容器电容值大小及漏电程度；可用电阻挡的 $R \times 1k$ 量程挡检测小功率晶体管；可用 $R \times 100$ 量程挡位检测中功率晶体管；可用 $R \times 10$ 量程挡检测大功率晶体管；还可用 $R \times 1k$ 量程挡检测仪器指示电表的好坏。

④ 要正确读取数值，并注意操作安全。在用万用表测量时，要在被测参数对应的标度尺上读取数值，要注意标度尺读数与量程挡位配合，避免出错。要注意操作安全，在进行高压测量时，严格执行高压操作规程，戴高压绝缘胶手套，地板铺设高压绝缘橡胶板，注意人身和仪表的安全。在做高电压及大电流测量时，严禁带电切换量程、挡位转换开关，否则有

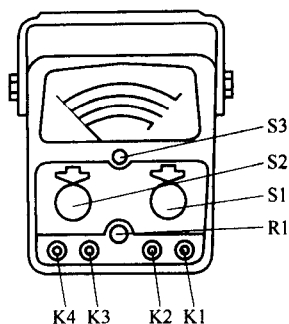
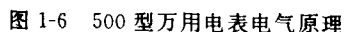
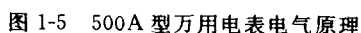


图 1-4 500A 型
万用电表面板

通过读图来了解万用表,可以为万用表维修提供前提和打下基础。图 1-5 是 500A 型万用电表电气原理。图 1-6 是 500 型万用电表电气原理。图 1-7 是 MF-14 型万用电表电气原理。图 1-8 是 MF-368 型万用电表电气原理。图 1-9 是 YX-360 型万用电表电气原理。



示波器是一种观察和测量各种时域信号电子显示仪器，它利用电子射线在荧光屏上描绘出被测信号变化的波形，不仅可以直观地观察电信号随时间变化的动态过程，还可以通过显示波形，定量测出电参数如电压、电流、频率、相位、脉冲幅值、宽度、上升时间、重复时间等。此外还可以测量非电量如温度、压力、速度、距离、声、光、热、磁以及其他参