




全国高级技工学校数控类专业教材

数控机床 电气装调与维修

SHUKONG JICHUANG DIANQI ZHUANGTIAO YU WEIXIU

 中国劳动社会保障出版社

全国高级技工学校数控类专业教材

数控机床电气 装调与维修

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

简介

本书主要包括：数控机床电气维修基础、数控机床强电部分的故障与维修、FANUC 系统数控机床 PMC 的装调与维修、FANUC 系统数控机床伺服系统的装调与维修、FANUC 系统数控机床自动换刀装置与辅助装置的装调与维修、FANUC 数控系统的装调与维修、SIEMENS 系统数控机床的装调与维修等。

本书由韩鸿鸾、陶建海主编，商景凤、林光、董海萍任副主编，郑学军、丛志鹏、倪建光、马述秀、崔海军参编，丁景江审稿。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床电气装调与维修/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —北京：中国劳动社会保障出版社，2012

全国高级技工学校数控类专业教材

ISBN 978 - 7 - 5045 - 9607 - 9

I. ①数… II. ①人… III. ①数控机床-电气设备-设备安装-技工学校-教材②数控机床-电气设备-调试方法-技工学校-教材③数控机床-电气设备-维修-技工学校-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 095120 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码：100029)

出版人：张梦欣

*

北京世知印务有限公司印刷装订 新华书店经销
787 毫米×1092 毫米 16 开本 23.25 印张 523 千字
2012 年 5 月第 1 版 2012 年 5 月第 1 次印刷

定价：43.00 元

读者服务部电话：010 - 64929211/64921644/84643933

发行部电话：010 - 64961894

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010 - 64954652

如有印装差错，请与本社联系调换：010 - 80497374

前言

为了更好地适应高级技工学校数控类专业的教学要求，全面提升教学质量，人力资源和社会保障部教材办公室组织有关学校的骨干教师和行业、企业专家，充分调研企业生产和学校教学情况，吸收和借鉴各地高级技工学校教学改革的成功经验，在原有同类教材的基础上，重新组织编写了高级技工学校数控类专业教材。

本次教材编写工作的重点主要体现在以下几个方面：

第一，完善教材体系，定位科学合理。

针对初中生源和高中生源培养高级工的教学实际情况，调整和完善了教材体系，能较好地满足数控加工（数控车工、数控铣工、加工中心操作工方向）、数控机床装配与维修、数控编程、数控电加工等专业的教学需求。同时，根据数控类专业高级工在相关岗位工作的实际需要，合理确定学生应具备的能力和知识结构，避免教材内容偏难、偏深，进一步增加了实践性教学内容。

第二，反映技术发展，涵盖职业标准。

根据相关工种及专业领域的最新发展，在教材中充实新知识、新技术、新材料、新工艺等方面的内容，体现教材的先进性。教材编写以国家职业标准为依据，内容涵盖数控车工、数控铣工、加工中心操作工、数控机床装调维修工、数控程序员、电切削工等国家职业技能标准（中、高级）的知识和技能要求，并在配套的习题册中增加了相关职业技能鉴定考题。

第三，精心设计形式，激发学习兴趣。

在教材内容的呈现形式上，较多地利用图片、实物照片和表格等将知识点生动地展示出来，力求让学生更直观地理解和掌握所学内容。针对不同的知识点，设计了许多贴近实际的互动栏目，以激发学生的学习兴趣，使教材“易教易学，易懂易用”。

第四，开发辅助产品，提供教学服务。

本套教材中《CAD/CAM 应用技术 (Mastercam)》《CAD/CAM 应用技术 (CAXA)》《CAD/CAM 应用技术 (UG)》《CAD/CAM 应用技术 (Pro/E)》配有教学素材光盘，其余教材配有多媒体教学课件和习题册，多媒体教学课件可以通过中国劳动社会保障出版社网站 (<http://www.class.com.cn>) 免费下载。

本次教材编写工作得到了河北、辽宁、江苏、山东、河南等省人力资源和社会保障厅及有关学校的大力支持，在此我们表示诚挚的谢意。

人力资源和社会保障部教材办公室

2012 年 1 月

目 录

第一章 数控机床电气维修基础	(1)
第一节 数控机床电气系统概述	(1)
第二节 数控机床电气维修常用仪器仪表	(8)
第二章 数控机床强电部分的故障与维修	(19)
第一节 概述	(19)
第二节 典型数控机床的强电电路分析与故障维修	(29)
第三节 数控机床的抗干扰技术与故障维修	(44)
第三章 FANUC 系统数控机床 PMC 的装调与维修	(53)
第一节 概述	(53)
第二节 PMC 在 FANUC 系统数控机床上的应用	(55)
第三节 FANUC 系统中 PMC 的装调与维修	(74)
第四章 FANUC 系统数控机床伺服系统的装调与维修	(101)
第一节 概述	(101)
第二节 FANUC 交流主轴伺服系统的装调与维修	(108)
第三节 重力轴的装调	(139)
第四节 FANUC 交流进给伺服系统的装调与维修	(147)
第五节 数控机床有关参考点的安装与调整	(194)
第六节 FANUC 伺服系统故障诊断与维修实例	(202)
第五章 FANUC 系统数控机床自动换刀装置与辅助装置的 装调与维修	(207)
第一节 数控机床自动换刀装置的装调与维修	(207)
第二节 数控机床冷却与润滑系统的装调与维修	(221)
第六章 FANUC 数控系统的装调与维修	(226)
第一节 概述	(226)
第二节 FANUC 数控系统的硬件及其故障维修	(232)
第三节 FANUC 数控系统软件的装调	(253)

第四节	FANUC 数控系统参数的备份与恢复	(261)
第五节	FANUC 数控系统典型故障的排除	(275)
第七章	SIEMENS 系统数控机床的装调与维修	(289)
第一节	SIEMENS 系统 PLC 的装调与维修	(289)
第二节	SIEMENS 主轴伺服系统的故障诊断与维修	(317)
第三节	SIEMENS 进给伺服系统的故障诊断与维修	(332)
第四节	SIEMENS 数控系统的故障诊断与维修	(347)
第五节	SIEMENS 数控系统参数的备份与恢复	(363)

第一章

数控机床电气维修基础

第一节 数控机床电气系统概述

数控机床电气系统包括交流主电路、机床辅助功能控制电路和电子控制电路，一般将前者称为强电部分，后者称为弱电部分。强电电路是 24 V 以上供电，以电气元件、电力电子功率器件为主组成的电路；弱电电路是 24 V 以下供电，以半导体器件、集成电路为主组成的控制系统电路。数控机床的故障主要是电气系统的故障，电气系统故障又以机床本体上的低压电器故障为主。

一、数控机床电气系统的组成

数控机床是集机（械）、电（气）、液（压气动）、光（学器件）及微电子为一体的自动化设备。其组成框图如图 1—1 所示。其电气系统组成如图 1—2 所示。

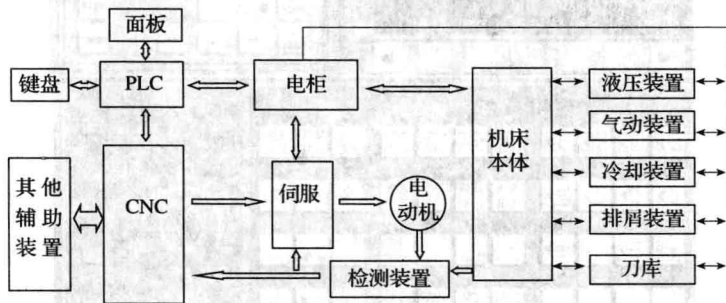


图 1—1 数控机床的组成

1. 操作装置

操作装置是操作人员与数控机床（系统）进行交互的工具，一方面，操作人员可以通过它对数控机床（系统）进行操作、编程、调试或对机床参数进行设定和修改，另一方面，操作人员也可以通过它了解或查询数控机床（系统）的运行状态，它是数控机床特有的一个输入输出部件。操作装置主要由显示装置、NC 键盘（功能类似于计算机键盘的按键阵列）、机床控制面板、状态灯、手持单元等部分组成。如图 1—3 为 FANUC 系统的操作装置，其他数控系统的操作装置布局与之大同小异。

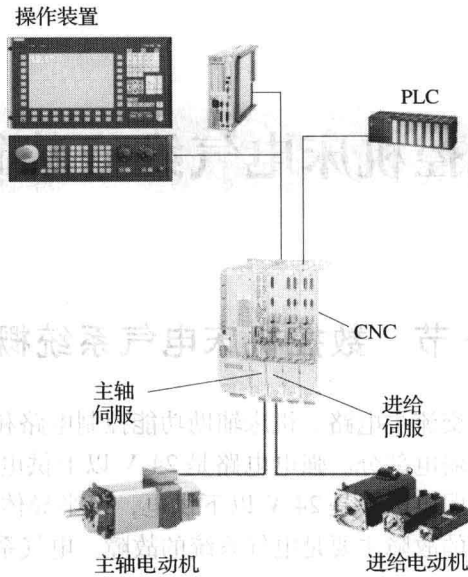


图 1—2 数控机床电气系统的组成

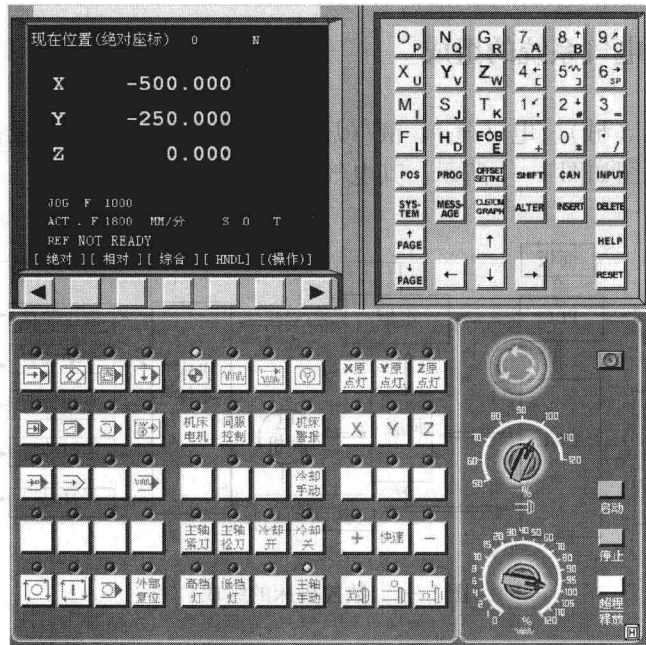


图 1—3 FANUC 系统操作装置

2. 计算机数控装置 (CNC 装置或 CNC 单元)

计算机数控 (CNC) 装置是计算机数控系统的核心 (见图 1—4)。其主要作用是根据输入的零件程序和操作指令进行相应的处理 (如运动轨迹处理、机床输入输出处理等), 然后输出控制命令到相应的执行部件 (伺服单元、驱动装置和 PLC 等), 控制其动作, 加工出需要的零件。

3. 伺服机构

伺服机构是数控机床的执行机构，由驱动和执行两大部分组成，如图 1—5 所示。它接受数控装置的指令信息，并按指令信息的要求控制执行部件的进给速度、方向和位移。指令信息是以脉冲信息体现的，每一脉冲使机床移动部件产生的位移量称为脉冲当量。常用的脉冲当量为 0.001 ~ 0.01 mm/P。

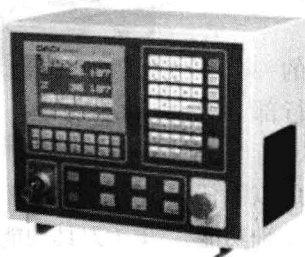


图 1—4 计算机数控装置

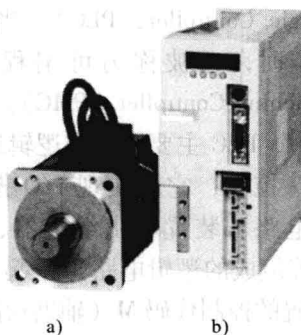


图 1—5 伺服机构
a) 伺服电动机 b) 驱动装置

目前数控机床的伺服机构中，常用的位移执行机构有功率步进电动机、直流伺服电动机、交流伺服电动机和直线电动机。

4. 检测装置

检测装置（也称反馈装置）的作用是检测数控机床运动部件的位置及速度，通常安装在机床的工作台、丝杠或驱动电动机转轴上，相当于普通机床的刻度盘和人的眼睛，它把机床工作台的实际位移或速度转变成电信号反馈给 CNC 装置或伺服驱动系统，与指令信号进行比较，以实现位置或速度的闭环控制。

按有无检测装置，CNC 机床可分为开环（无检测装置）与闭环（有检测装置）数控机床。开环数控机床的控制精度取决于步进电动机和丝杠的精度，闭环数控机床的精度取决于检测装置的精度。因此，检测装置是高性能数控机床的重要组成部分。

数控机床上常用的检测装置有光栅、编码器（光电式或接触式）、感应同步器、旋转变压器、磁栅、磁尺、双频激光干涉仪等（见图 1—6）。

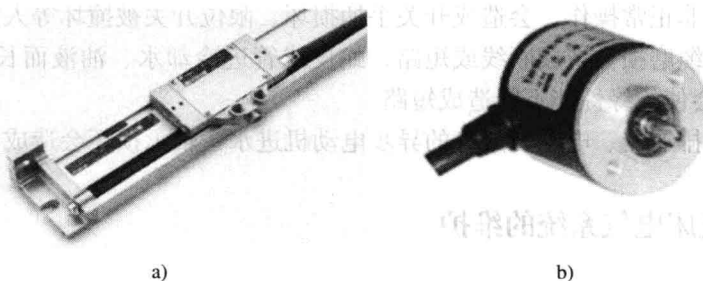


图 1—6 检测装置
a) 光栅 b) 光电编码器

5. 可编程控制器

可编程控制器 (Programmable Controller, PC) 是一种以微处理器为基础的通用型自动控制装置 (见图 1—7), 专为在工业环境下应用而设计。由于最初研制这种装置的目的是为了解决生产设备的逻辑及开关量控制, 故被称为可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC)。当 PLC 用于控制机床顺序动作时, 也被称为可编程机床控制器 (Programmable Machine Controller, PMC)。

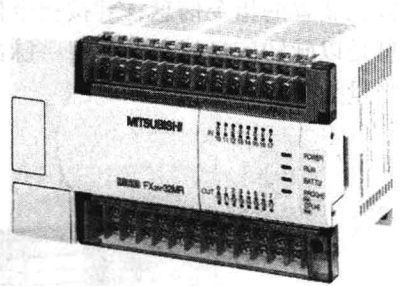


图 1—7 可编程控制器

在数控机床中, PLC 主要完成与逻辑运算有关的一些顺序动作的 I/O 控制, 它和实现 I/O 控制的执行部件——机床 I/O 电路和装置 (由继电器、电磁阀、行程开关、接触器等组成的逻辑电路) 一起, 共同完成以下任务:

接受 CNC 装置的控制代码 M (辅助功能)、S (主轴功能)、T (刀具功能) 等顺序动作信息, 对其进行译码, 转换成对应的控制信号, 一方面, 它控制主轴单元实现主轴转速控制; 另一方面, 它控制辅助装置完成机床相应的开关动作, 如卡盘夹紧松开 (工件的装夹)、刀具的自动更换、切削液 (冷却液) 的开关、机械手取送刀、主轴正反转和停止、准停等动作。

接受机床控制面板 (循环启动、进给保持、手动进给等) 和机床侧 (行程开关、压力开关、温控开关等) 的 I/O 信号, 一部分信号直接控制机床的动作, 另一部分信号送往 CNC 装置, 经其处理后, 输出指令控制 CNC 系统的工作状态和机床的动作。

用于数控机床的 PLC 一般分为两类: 内装型 (集成型) PLC 和通用型 (独立型) PLC。

二、数控机床电气系统的故障特点

1. 电气系统故障的维修特点是故障原因明了, 诊断也比较容易, 但是故障率相对比较高。
2. 电气元件有使用寿命限制, 如长期工作在非正常情况下, 其寿命会大大降低, 如开关触头经常过电流使用会使器件出现烧损、粘连, 提前造成开关损坏。
3. 电气系统容易受外界影响而发生故障, 如环境温度过热, 电柜温升过高致使某些电器损坏。鼠害也会造成许多电气故障。
4. 操作人员非正常操作, 会造成开关手柄损坏、限位开关被撞坏等人为故障。
5. 电线、电缆磨损会造成断线或短路, 蛇皮线管进冷却水、油液而长期浸泡, 橡胶电线膨胀、黏化, 会使绝缘性能下降造成短路。
6. 冷却泵、排屑器、电动刀架等的异步电动机进水、轴承损坏会造成电动机故障。

三、数控机床电气系统的维护

1. 数控系统的维护

数控系统经过一段较长时间的使用, 元器件都会发生老化甚至损坏。为了尽量延长元器

件的使用寿命和零部件的磨损周期,防止各种故障,特别是恶性事故的发生,必须对数控系统进行日常维护。具体的日常维护保养要求,在数控系统的使用、维修说明书中有明确的规定。概括起来,要注意以下几个方面。

(1) 严格遵守操作规程和日常维护制度

数控系统的编程、操作和维修人员必须经过专门的技术培训,熟悉所用数控机床的数控系统的使用环境、条件等,能按机床和系统的使用说明书的要求正确、合理地使用,应尽量避免因操作不当引起的故障。应根据操作规程要求,针对数控系统各个部件的特点确定各自保养条例,完成日常维护工作。

(2) 清洁机床电气箱热交换器过滤网

每周清洁机床电气箱热交换器过滤网,车间环境较差时需要2~3天清洁一次,如图1—8所示。

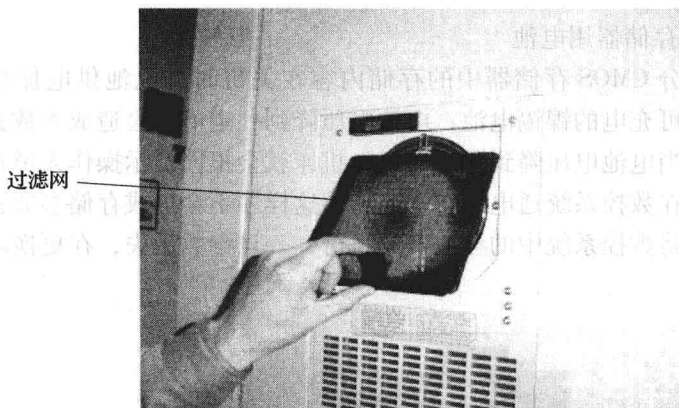


图1—8 清洁过滤网

(3) 防止灰尘进入数控装置内

机械加工车间内空气中飘浮的灰尘和金属粉末落在印制电路板和电器插件上,容易引起元器件间绝缘电阻下降,从而出现故障甚至损坏元器件。因此,除非进行调整和维修,否则不允许随意开启数控柜门,更不允许在使用时敞开柜门。已经受外部尘埃、油雾污染的电路板、接插件等,可采用专用电子清洁剂喷洗。

(4) 定时清扫数控柜的散热通风系统及电动机

为防止数控装置过热,应经常检查数控柜、数控装置上各冷却风扇工作是否正常。应根据车间环境状况,按照数控机床使用说明书的规定,每半年或一个季度清扫检查一次。如果环境温度过高,造成数控柜内的温度超过 60°C 时,应及时加装空调装置,并定期清洁数控机床上的各种电动机,如图1—9所示。

(5) 经常监视数控系统的电网电压

通常,数控系统允许的电网电压波动范围为额定值的 $85\% \sim 110\%$,如果超出此范围,轻则使数控系统不能稳定工作,重则会造成重要电子部件的损坏。因此,要经常注意电网电压的波动,对于电网质量比较差的地区,应配置交流稳压装置。

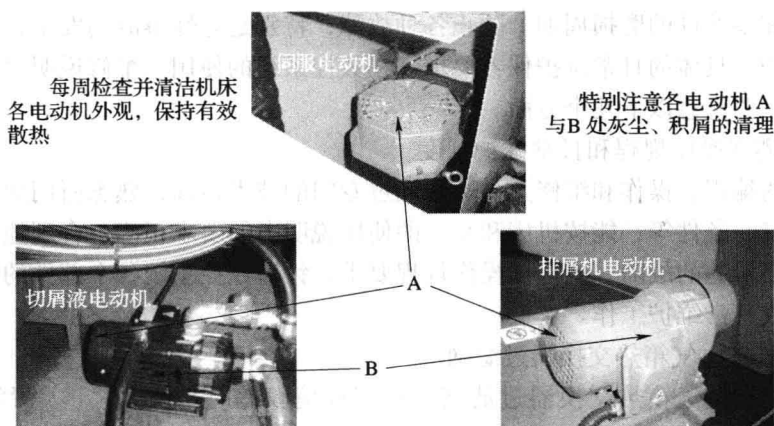


图 1—9 定期清洁数控机床上的各种电动机

(6) 定期更换存储器用电池

数控系统中部分 CMOS 存储器中的存储内容在关机时靠电池供电保持 (见图 1—10), 一般采用锂电池或可充电的镍镉电池, 电池电压降到一定值就会造成参数丢失。因此, 要定期检查电池电压, 当电池电压降到限定值时, 机床就会报警提示操作人员及时更换电池。更换电池操作一定要在数控系统通电状态下进行, 这样才不会造成存储参数丢失。此外, 为了防止参数丢失, 可将数控系统中的参数事先备份, 一旦参数丢失, 在更换新电池后, 可将参数重新输入。

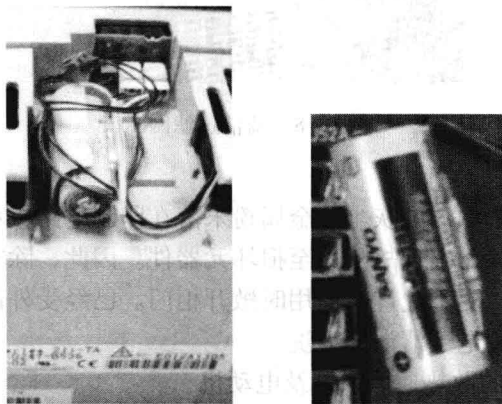


图 1—10 数控机床用电池

(7) 数控系统长期不用时的维护

数控机床应尽量避免长期不用。数控机床长期不用时, 为了避免数控系统的损坏, 应对数控系统进行定期维护保养。应经常给数控系统通电或让数控机床运行温机程序, 在空气湿度大的雨季, 应该 2~3 天开机一次, 运行 1~2 h, 利用电气元件本身发热驱走数控柜内的潮气, 以保证电子元件的性能稳定可靠。而且, 温机程序可使油膜均匀地覆盖在丝杠、导轨等部件上, 达到保护的目的。

(8) 备用电路板的维护

印制电路板长期不用也容易出现故障，因此，数控机床中的备用电路板（见图 1—11）应定期装到数控系统中通电运行一段时间，以防损坏。

2. 电气部分的维护

电气部分包括动力电源输入线路、继电器、接触器、控制电路等，其维护保养主要包括以下几点：

(1) 检查三相电源的电压值是否正常，有无偏相，如果输入的电压超出允许范围则进行相应调整。

(2) 检查所有电气连接是否良好。

(3) 检查各类开关是否有效，可借助于数控系统屏幕显示的诊断画面及可编程机床控制器（PMC）、输入/输出模块上的 LED 指示灯检查确认，若工作状态不良应更换。

(4) 检查各继电器、接触器是否工作正常，触点是否完好，可利用功能试验程序，通过运行该程序确认各控制器件是否完好、有效。

(5) 检验热继电器、电弧抑制器等保护器件是否有效。

以上电气保养每年检查、调整一次。

3. 数控系统维护中应特别关注的器件

数控系统维护中要特别关注并定期检查那些会因失修或维护不当而引发故障的元器件，这样的元件有以下几种类型。

(1) 易污染件

常见的有：传感器（光栅/光电头/电动机整流子/编码器）、接触器的铁心截面、过滤器、风道、低压控制电器。

(2) 易击穿件

常见的有：电容器、大功率管（晶闸管）。

(3) 易老化与有寿命问题的元件

常见的有：存储器电池及其电路、光电池、光电阅读器的读带、继电器以及高频接触器等。

(4) 易氧化与腐蚀件

常见的有：电动/电磁开关、继电器与接触器触头、接插件接头、熔断器熔丝卡座、接地点等。

(5) 易磨损件

常见的有：测速发电机的电刷、电动机的电刷、离合器的摩擦片、轴承、齿轮副、高频动作的接触器。

(6) 易疲劳失效件

常见的有：含有弹簧元器件（多见于低压电器中）中会失去弹性的弹簧、经常被拖动

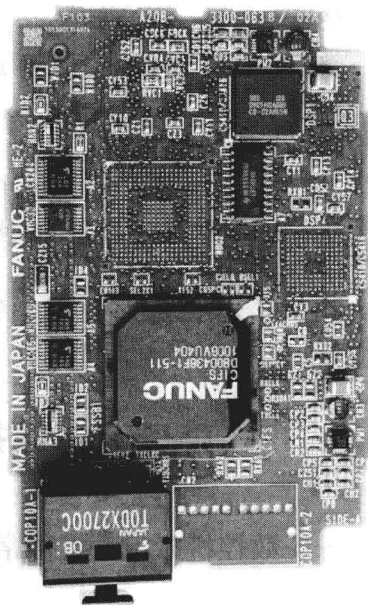


图 1—11 备用电路板

和弯曲的电缆断线等。

(7) 易松动移位件

常见的有：机械手的传感器、定位机构、位置开关、编码器、测速发电机等。

(8) 易造成卡死件

常见的有：因润滑不良等而造成无法到位的接触器、热继电器、位置开关、电磁开关、电磁阀等。

(9) 易升温件

常见的有：伺服放大回路中的大功率元器件，如稳压器与稳压电源、变压器、继电器、接触器、电动机等具有线圈的元器件。

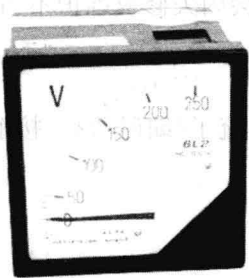
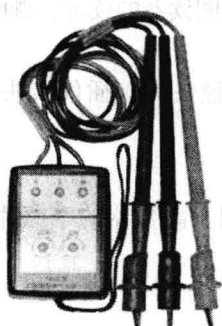
(10) 易泄漏件

冷却液、润滑油、液压回路等的泄漏不仅会使回路本身发生故障，还会流入电器引发电器故障。

第二节 数控机床电气维修常用仪器仪表

一、数控机床电气维修常用仪表（见表1—1）

表1—1 数控机床电气维修常用仪表

名称	图	说明
电压表		<ol style="list-style-type: none"> 1. 有交流电压表与直流电压表两种 2. 交流电压表用于测量交流电源电压，测量误差应在$\pm 2\%$以内 3. 直流电压表用来测量直流电源电压，常见直流电压表有磁电式电压表、数字式直流电压表和多量程数字直流电压表
相序表		<p>在维修晶闸管直流驱动装置时，用于检查电源的输入相序</p>

名称	图	说明
万用表	 <p>模拟式万用表 数字式万用表</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 万用表是一种多功能、多量程的便携式电气测量仪表，常用的万用表有模拟式万用表和数字式万用表 2. 万用表一般能测直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻，有的万用表还能测交流电流、电容、电感及晶体三极管的 h_{FE} 值
钳形电流表		<ol style="list-style-type: none"> 1. 钳形电流表通常为 2.5 级和 5 级 2. 虽然其与万用表相比精确度稍低，但由于其不需切断电路即能测量电流，因而，应用非常广泛
转速表	 <p>离心式转速表 数字式转速表</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 常用于测量伺服电动机的转速，是检查伺服调速系统的重要依据之一 2. 常用的转速表，有离心式转速表和数字式转速表等

二、数控机床电气维修常用仪器

在数控机床的故障检测过程中,借助一些专用仪器是必要且有效的,这些专用仪器能从定量分析角度直接反映故障点状况。

1. 示波器

数控系统修理通常选用频带宽度为 10 ~ 100 MHz 的双踪示波器(见图 1—12)。它不仅可以测量电平、脉冲上下沿、脉宽、周期、频率等参数,还可以进行两信号的相位和电平幅度的比较。常用来观察主开关电源的振荡波形,直流电源或测速发电机输出的纹波,伺服系统的超调、振荡波形,用来检查、调整纸带阅读机的光电放大器的输出波形,还可检查屏幕电路垂直、水平振荡和扫描波形、视频放大电路的视频信号等。

2. PLC 编程器

不少数控系统的 PLC 控制器必须使用专用的编程器才能对其进行编程、调试、监控和检查。这类编程器型号不少,如 SIEMENS 的 S7、S5, OMRON 的 PRO-13 ~ PRO-27 等。这些编程器可以对 PLC 程序进行编辑和修改,监视输入和输出状态及定时器、移位寄存器的变化值,在运行状态下修改定时器和计数器的设置值,可强制内部输出,对定时器、计数器和移位寄存器进行置位和复位等。带有图形功能的编程器还可显示 PLC 梯形图。图 1—13 所示为常用的编程器之一。

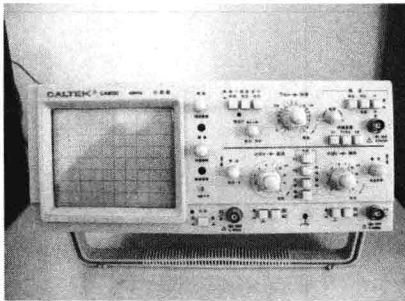


图 1—12 CA8020 双踪示波器

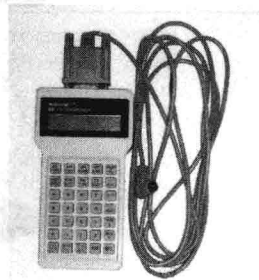


图 1—13 PLC 编程器

3. 逻辑测试笔

逻辑测试笔可以方便地测量数字电路的脉冲、电平,从其发光管指示可以判断是上升沿或下降沿,是电平或连续脉冲,可以粗略估计逻辑芯片的好坏,如图 1—14 所示。逻辑测试笔的用法如图 1—15 所示。

(1) 逻辑指针

把指针置于被测点上,就可以检测逻辑电路的信号。

(2) 红色指示灯

在做电平及脉冲极性检验时,用做高电平及正脉冲指示。