

第一单元 复杂机床电气控制线路的维修

课题一 数控车床常见故障的检修

一、数控车床的结构

数控车床是目前使用较为广泛的数控机床，主要用于轴类和盘类回转体零件的加工，特别适用于小批量复杂形状的零件加工，能完成圆柱面、锥面、圆弧、螺纹的切削加工，并能完成切槽、钻孔、绞孔、扩孔等工作。

数控车床是由普通车床演变而来的，基本没有脱离普通车床的结构形式，它由床身、主轴箱、刀架、进给系统、冷却、润滑系统等组成。由于是数字控制，其进给系统与普通车床有着本质的区别，主要由控制系统和控制伺服电动机组成，以连续运动的方式控制刀架纵向（ Z 轴）和横向（ X 轴）运动，完成各种回转体零件内、外形面加工。 X 轴和 Z 轴的溜板箱由滚珠丝杠带动，提高了加工精度，同时减小了负载力矩。在加工螺纹时，由与主轴同步的编码器发出的脉冲信号来控制公制、英制螺纹的螺距，并以编码器在主轴每转一周发出的同步脉冲来控制螺纹加工时的切入点，以防止乱牙现象。这样，数控车床不仅能加工普通螺纹，还可以加工锥螺纹、变螺距螺纹等。

数控车床的种类很多，一般可分为全功能型和经济型两种。

全功能数控车床一般是半闭环控制，其数控系统一般采用功能较全的系统，如 FANUC、西门子或其他系统，直流伺服电动机或交流伺服电动机驱动，检测元件用编码器。经济型数控车床一般是在普通车床上改进设计，以 $Z-80$ 或 $MCS-51$ 为主 CPU 的控制系统，用功率步进电动机驱动的开环系统。

1. 床身、导轨和刀架

中、小型数控车床的床身多设计成水平床身，水平床身工艺性好，容易加工制造。由于刀架水平放置，可提高刀架的运动精度，但床身下部空间小，排屑较困难，横向拖板较长，加大了机床的宽度尺寸。也有中、小型数控车床采用平身斜拖板的结构，由于滑板是倾斜式的，床身宽度小，排屑方便，又保持了床身工艺性好的优点。

车床的导轨除有镶钢导轨外，也有用铸铁直接淬火导轨。例如采用 HT300 铸铁，淬火硬度为 HRC45 以上，与之相配的动导轨则用“贴塑”导轨。

由于数控车床加工时一次完成零件的加工，在加工时自动换刀是必需的，因此，数控车床的刀架是机床的重要组成部分。刀架用于夹持刀具，其结构直接影响车床的切削性能和效率。随着数控车床的发展，自动换刀的车床刀架也在不断改进，常见的有排刀式刀架和回转（转塔）式刀架两种。在经济型数控车床中，刀架是采用电动机带动的四方回转刀架，上装 4 把刀，可根据程序段的指令选用任意一把刀加工。

2. 主传动系统

数控车床的主传动系统一般采用直流或交流主轴电动机，通过带传动和主轴箱内的变速齿轮带动主轴旋转。由于主轴电动机在额定转速时可输出全部功率和最大转速，在调压范围内从额定转速调到最高转速为恒转矩，功率随转速的升高成比例减小。由于车床在加工时低速切削所需转矩大，高速切削时消耗的功率大，所以主轴电动机的变化规律符合加工的正常要求。但其有效转速范围并不能满足主轴工作的需要，因此，主轴箱一般仍需设置 2~4 挡变速。

主传动系统除需满足转速范围外，还需有较高的刚度和精度，并尽量降低噪声。

3. 进给系统

数控车床的进给系统是用伺服电动机（步进电动机、直流或交流伺服电动机）驱动，通过滚珠丝杠带动刀架完成 Z 轴和 X 轴的进给运动。经济型数控车床的快速移动速度一般为 8~10 m/s；全功能数控车床为 10~15 m/s。刀架的定位精度和重复定位精度误差均不超过 0.01 mm。

进给系统的传动要求准确而无间隙。因此，伺服电动机与丝杠的连接，丝杠与螺母的配合，以及支撑丝杠两端的轴承都要消除间隙。如果经调整后，仍有间隙存在，可通过数控系统进行反向间隙的补偿，但间隙补偿量不要超过 0.05 mm，否则因反向间隙太大会影响加工工件的加工精度。

二、数控车床的数控装置

1. 数控系统的组成

车床数控装置的核心是计算机数字控制装置。20 世纪 50 年代到 70 年代，数控装置由电子管电路、晶体管组成的专用数控（NC），发展到由大规模集成数字电路组成的小型通用计算机数控（CNC）。近来，随着计算机技术的发展，在世界上已广泛提出开放式数控的概念，即应用通用的工业计算机配以适当的外接电路和软件组成数控装置，应用时可根据用户要求改变软件而增减功能。

数控装置的方框图如图 1—1 所示。

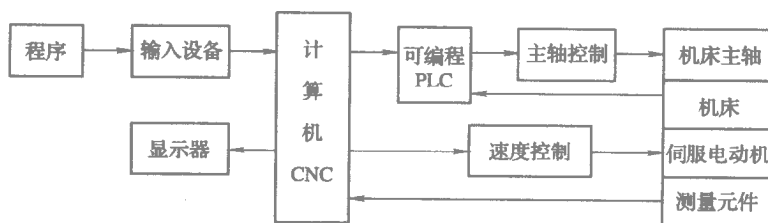


图 1—1 数控装置的方框图

2. 数控装置各部分的功能

(1) 输入设备 输入设备在 CNC 装置中主要完成加工零件的程序、补偿数据、控制参数的输入。输入的方法有纸带阅读输入、键盘输入和上位计算机直接输入（如 CAM 和 CIMS）。在存储工作方式上，NC 系统是一次输入一个程序段，在该程序段加工时输入下一程序段，这种方式是用纸带机输入的；而 CNC 系统一般是将加工所需的所有程序段一次性输入到 CNC 系统的内部存储器中，加工时再根据需要逐步从存储器中调出。在输入过程中

要完成代码校验、无效码删除和代码转换等工作。

因为车床数控系统一般都采用 ISO 代码，在输入时，CNC 系统要对各种文字代码进行区分，判别是零件加工的尺寸数据（如起点、终点、直线、圆弧等），还是其他辅助信息（如 M, F, S, T 等），按一定的语言规则翻译成计算机可以识别的数据格式，放在指定的存储器专用区内，以供需要时取出。

输入信息还包括从机床反馈的信息，如主轴脉冲发生器、位置检测器和行程限位开关等数字信息和开关信息。

(2) 显示器 为操作方便，数控系统的显示器有 LED 显示和 CRT 显示，一般应包括零件程序显示、参数显示、刀具位置显示、机床状态显示和报警显示等，有的还有刀具加工轨迹的静态和动态图形显示、三维零件图形显示等。

在数控系统的显示中，有错误信息显示，即将数控机床所出现的故障以数码的形式显示在显示器上，操作者可根据显示器所显示的错误代码判断故障的原因并加以维修。

(3) 计算机 数控系统的计算机包括 CPU、存储器、计数 / 定时器和 I/O 部件等。计算机本身的工作需自带的软件支持。数控系统中的计算机是其核心部分，主要完成输入判断与翻译、插补运算、进给速度控制、位置控制、刀具补偿计算和逻辑判断等工作。其自带的软件视采用的 CPU 而定，如采用 Z-80, 8088, MCS-51 等，可用汇编语言编写，如采用更高档次的 CPU，则自带的软件能力较强，可采用高级语言编写，现在应用较多的是用 C 语言编程。

三、数控机床的硬件结构

CNC 装置的硬件结构一般有单 CPU 结构和多 CPU 结构，随着数控和计算机技术的发展，目前 CNC 装置的计算机多采用工业计算机，它更适合于工业控制应用。

1. 单 CPU 的 CNC 硬件结构

单 CPU 的 CNC 硬件结构框图如图 1—2 所示，它由 CPU、存储器、CRT、控制面板、纸带阅读机接口、I/O 接口、PC 接口及位置控制器等组成。

(1) CPU CNC 装置的 CPU 为普通的微处理器芯片，它与运算器、控制器、总线 and 外接的存储器、I/O 设备组成微型计算机。

CNC 装置常用的 CPU 有 8 位、16 位和 32 位，如 Z-80, MCS-51, 8088, 8026 和 80386 等。各种 CPU 在字长、数据宽度、运算速度和寻址能力等方面存在一定的差异，选用时需根据实时处理能力和处理速度进行考虑。

CPU 中的总线有数据总线、地址总线和控制总线之分，数据总线是并行传送的，所以总线的条数和每次并行传送的数据位数相对应；地址总线传送的是地址的序号，在每次寻址时使本地地址接通；而控制总线传送的是 CPU 发出的控制命令。

(2) 存储器 存储器有两种：一种是只读存储器 EPROM，该种存储器需通过专用的写入器写入程序，即使断电，程序也不会丢失，其程序只能被 CPU 读出，因此，用于存储

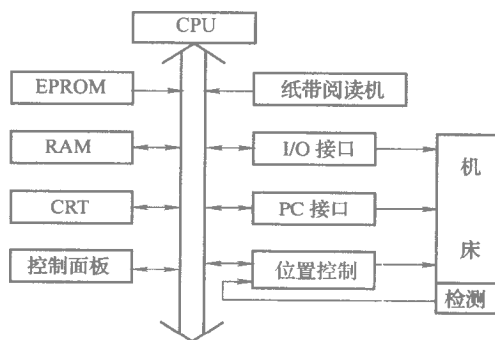


图 1—2 单 CPU 的 CNC 硬件结构框图

CNC 装置的控制程序、固定数据和参数等；另外一种存储器是读写存储器 RAM，因为该存储器可以随机读写，所以用于存放零件的加工程序、数据和参数，以及作为加工运算中的公用区。公用区通常是预先固定好的，在加工一段程序时，将该程序段的初始值调入公用区后，按控制程序进行加工计算和控制。由于 RAM 是随机读写的，在断电后信息就消失，所以经常使用的是有后备电池的 CMOS RAM 或磁泡存储器。

(3) 输入/输出 (I/O) 接口 CNC 装置所需的运算初始数据和参数，以及机床的某些状态数据需要输入到微机中去，而其运算结果、控制命令则需由微机送出给机床或显示器等。由于微机输出为 TTL 电平，而机床的控制等需要较高的电压和较大的驱动电流，所以微机与外围设备连接时需要增加 I/O 接口电路。为了防止环境对微机的干扰，保证微机可靠运行，在 I/O 接口的每一路输入或输出通道都应加光电隔离。

单 CPU 微机的 CNC 装置的 I/O 接口电路常采用的芯片有 PIO 和 8255 等。

(4) MDI/CRT 接口 手动数据输入 (MDI) 是通过数据面板上的键盘操作输入，通过键盘输入，可以将加工程序及所需要的参数、数据送入随机存储器 RAM 中，以备加工所用。

CRT 接口在软件配合下，可以在 22.9 cm (9 in) 或 35.6 cm (14 in) CRT 上显示程序、参数、各种补偿数据、坐标位置、故障信息、人机对话编程菜单、零件图形及动态刀具轨迹等。由于这种微机的性能决定了编制 CRT 显示程序较为麻烦，所以单 CPU 的 CNC 装置的显示功能有一定局限性。

(5) 位置控制器和可编程控制器 每一个坐标轴有一单独的位置控制器，主要作用是用于计算插补过程中给定的位置和机床实际位置的差值，以确定机床是否到达所给定的位置。

可编程控制器可以共用微机的 CPU，也可以配置单独的 CPU，它的作用是替代传统机床中的继电器逻辑电路，利用逻辑运算实现机床各种开关量的计算、判断和控制。

2. 多 CPU 的 CNC 装置结构

为了提高微处理机的计算处理速度，更好地适应多轴控制、高进给速度、高精度和高效率的要求，在有的 CNC 装置中，采用两个或两个以上的 CPU，在它们之间采用紧耦合，有集中的操作系统并实现资源共享。大多数 CNC 装置都采用模块化结构，可将 CPU 板、存储器板、I/O 控制等制成硬件模块，通过插接在母板上进行信息交换，构成积木式的硬件 CNC 结构。其设计简单，有良好的适应性和扩展性，结构紧凑、操作方便。

(1) 基本功能模块

1) CNC 管理模块。实现管理和组织 CNC 的工作，如初始化、中断、总线裁决、错误识别与处理、软件诊断等功能。

2) 插补模块。进行加工程序的译码、刀补与插补计算以及速度处理。

3) 位置控制模块。可进行插补后的位置坐标给定值与位置检测器测得的实际值比较，自动加减速和返回基准点，还可进行伺服系统滞后量的监视和漂移补偿，最后得到适当的速度控制模拟电压，以驱动进给伺服电动机。

4) PC 模块。程序中的开关功能和由来自机床的信号进行逻辑处理，实现各功能和操作方式之间的联锁、电气设备的起停、刀具交换、转台分度、工件计数和时间计数等。

5) 操作和控制数据输入输出和显示模块。零件程序、参数和数据、各种操作命令的输入、输出、显示等所需要的各种接口电路。

6) 存储器模块。程序和数主存储器，模块间数据传送用的共享存储器等。

(2) 典型结构 包括总线共享和存储器共享两种结构。

总线共享的 CPU CNC 结构如图 1—3 所示, 在该结构中, 只有主模块有权控制使用总线, 某一时刻只有一个模块占用系统总线, 若多个模块申请使用总线时, 需按预先排好的优先级别顺序 (按模块担负任务的重要程度) 依次申请。优先排队的实现方法可以是串行方式或并行方式。在串行方式下, 前一级优先权的模块控制下一级优先权的模块, 只有优先权更高的模块不使用总线时, 本级模块才能使用总线, 且通知优先权更低的模块不得使用总线。在并行方式下, 要通过专用的逻辑电路来判断各模块的优先级别, 采取优先权编码的方式。并行总线方式主要采用公共存储器方式, 此时, 存储器接在总线上, 有总线使用权的模块都能使用总线, 使用公共存储器的通信双方都要使用总线, 可供两个主模块交换信息。

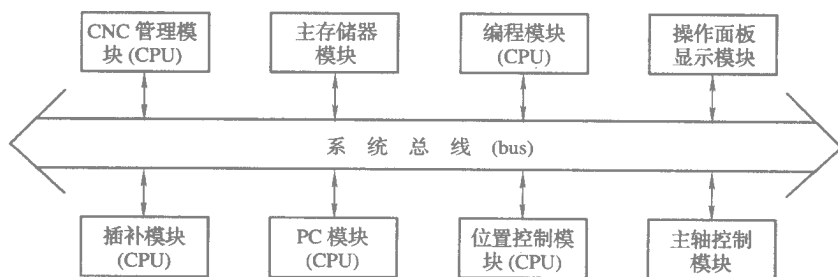


图 1—3 总线共享的 CPU CNC 结构

可以使用的总线有: STD 总线 (8 位或 16 位)、MULTI 总线 (I 型 16 位, II 型 32 位)、S-100 总线 (16 位)、VERSA (32 位) 和 VME 总线 (32 位)。

四、车床数控系统的验收、调试与维修

由于数控系统所用的电子元件较多、原理复杂、结构紧凑, 因而容易出故障的概率在数控机床中也是较高的, 因此对数控系统提出了稳定性和可靠性的要求。

1. 数控系统可靠性和维修

数控系统的可靠性是指在规定的条件下, 维持无故障工作的能力, 其衡量标准指标有:

(1) 平均无故障时间 $MTBF$ 数控系统在使用中两次故障间隔的平均时间, 即系统在寿命范围内总的工作时间与总故障次数之比。

(2) 平均排除故障时间 $MTTR$ 系统从出现故障到排除故障恢复正常使用的平均时间。

(3) 有效率 A 从可靠度和可维修度对系统的正常工作概率进行综合评价。计算方法如下:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

A 为小于 1 的数, A 越接近 1 说明系统性能越好。

这里还应该指出, 维修不仅是对出现故障的排除和维修 (故障维修), 还应包含预防维修。预防维修是为了延长 $MTBF$, 故障维修是为了缩短 $MTTR$ 。

(4) 失效率曲线 也称为故障率曲线, 如图 1—4 所示, 共分 3 个区, 区域 I 为运行初期, 系统故障率较高, 一般为 9~14 个月

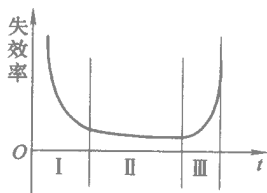


图 1—4 失效率曲线

的时间。区域Ⅱ为稳定运行期，随元件的稳定，失效率相对较低。区域Ⅲ为衰老区，随元件使用时间的加长，逐渐接近使用寿命，失效率也随之增高。

2. 数控系统的验收、安装和调试

对数控系统的验收、安装和调试大体上可以分为通电前检查、局部通电调试及全面性能检查。

(1) 通电前的开箱检查 检查包装是否无损，实物与装箱单是否相符，MDI和CRT单元、位置显示单元、纸带阅读机、电源单元、各印制电路板和伺服单元等部件外观是否破损或污染，电缆捆扎是否破损，屏蔽层是否剥落，伺服电动机（包括编码器）是否完整，有无损伤。

(2) 内部紧固件和外部连接电缆的检查 检查各接线端子是否连接牢固，各接插件是否锁紧，各印制电路板是否插入到位及紧固等。外部连接有MDI/CRT单元、强电柜、操作面板、进给伺服电动机的动力线及反馈信号，主轴电动机的动力线及反馈信号线，手摇脉冲发生器的连接等。检查时应按连接手册的规定检查，并应检查各插头、插座是否正确牢固地连接。保护接地是否在要求的范围内等。

(3) 有关项目的检查和确认 数控系统内有许多短路棒的设定点，需要根据不同型号机床进行设定。新购置的数控机床出厂前已经设定，只需确认，而单独购买数控系统时需根据配套系统的要求自行设定。设定确认工作应按随机的维修说明书的要求进行，确认控制部分的主板、ROM板、连接单元、附加轴控制板、测量元件控制板的设定。这些设定与机床返回参考点的方法、速度反馈用的测量元件、检测增益调节、分度精度调节等有关。无论直流伺服单元或交流伺服单元，都有10~20个设定点，用于检测反馈元件、回路增益以及是否产生各种报警等。主轴伺服单元也有选择主轴电动机电流极限、主轴转速范围的设定点。

检查确认输入电源电压、频率及相序，应与说明书相同。

用万用表测量并确认直流电压输出端是否对地短路。

确认数控系统与机床侧的接口连接准确。一般数控系统都有自诊断功能，并由CRT显示数控系统与机床接口及数控系统内部的状态。有PC的机床，由NC到PC，PC到NC，PC到机床，机床到PC的各种信号，各信号的含义及相互逻辑关系，随各PC的梯形图而异，应参照随机提供的梯形图说明书（内含诊断地址表），通过自诊断显示来确认接口信号状态的正确与否。

确认数控系统各种参数的设定。该参数设定的目的是使机床具有最佳工作性能，应根据随机所带的参数表进行，多数可通过按MDI/CRT单元的PARAM键，显示已存入存储器的参数并予以确认。

(4) 开机前的准备 在完成上述确认工作之后，应进行以下工作：

1) 系统工作正常时应无任何报警，可接通电源。在接通电源的同时，应做好按急停按钮的准备，以便随时切断电源。因为伺服电动机反馈线的反接或断线，均会出现机床暴走现象，需立即停电检查修改，通过多次接通和断开电源，确认电动机是否运转正常。

2) 用手动进给检查各轴运转情况。首先用手动连接进给检查各轴的运动方向，如反向，则将电动机动力线、检测信号线反接。其次用MDI操作检查各轴的运动距离是否正确，如不正确应检查有关指令、反馈参数、位置控制环增益等参数设定是否正确。再用手动低速检查超程限位是否可靠，超程报警是否准确，用点动或快进给时是否发生误差过大报警等。

3) 检查机床返回基准点是否准确,反复进行是否位置一致。检查机床的基本功能如直线、圆弧、控制轴联动、固定循环等是否正常。

3. 日常的维修保养

预防性维修可提高平均无故障时间 $MTBF$, 因此操作者需注意加强日常维护、保养。

(1) 空气过滤器的清扫 数控装置后门底部的空气过滤器易积灰尘,要半年或一季度清扫一次,否则会造成冷却空气气流不畅,引起柜内气温过高,使系统工作不正常。

(2) 电池更换 采用 CMOS 存储器存储参数的数控装置是用电池在断电状态下为存储器供电以保持数据,在 CRT 显示电池报警时,需要更换新电池。须注意更换电池一定要在接通电源的情况下进行,且不可把电池极性弄反。

(3) 直流伺服电动机的定期检查和清扫 直流伺服电动机有数对炭刷,磨损较快且粉尘大,应每年检查清扫一次。一般当炭刷磨损到 $1/2$ 时,应当更换,更换新炭刷后应空运行磨合一段时间方可正常使用。

(4) 长期不用的数控机床,应经常给数控系统通电,保证电子元件性能的稳定性。

五、技能训练

1. 目的要求

掌握数控车床常见故障的分析与检修。

2. 工具与仪表

(1) 工具 测电笔、电工刀、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳、一字和十字旋具以及扳手等。

(2) 仪表 MF30 型万用表、5050 型兆欧表、T301-A 型钳形电流表、转速表和 YD4320 型示波器。

3. 常见故障的分析与检修

多数车床数控装置可使用自诊断程序进行快速诊断,在检测到故障时立即将诊断结果以报警信号在 CRT 上显示,或点亮操作面板上各种报警指示灯。这些报警一般包括存储器工作不正常,程序错误或误操作、控制单元或电动机过热、超程、连接单元(或输入输出单元)或可程序控制器故障、伺服系统故障等报警。操作者可根据报警信号和指示灯迅速找到故障源。

检查具体故障时应首先核对系统参数,因外界干扰引起系统参数的变化可能会引起存储器内的参数变化,从而出现故障。同时要检查印制电路板上短路棒的设定。

其次,利用示波器测量印制电路板上各检测端子的电压及波形,以确定各电路工作是否正常。在检查之前,应了解各电路原理及逻辑关系,波形情况,以便于分析比较。

(1) 数控装置的常见故障及维修

1) 电源不通。首先检查电源变压器是否接有交流电源,电源单元熔丝是否烧断。再检查电源开关是否接触良好,电路负载是否有短路现象。

2) CRT 不显示。检查与 CTR 有关的电缆是否连接不良,插件是否插好,控制线路有无报警。可以从以下 3 个方面查找:

① CRT 单元输入电压是否正常。

CRT 显示单元中调节器是否正常。

如无 CRT 视频信号,则故障可能在 CRT 接口线路板或主控板上。

3) 返回基准点时机床停止位置与基准点位置不一致,有以下 3 种情况:

停止位置偏离基准点一个栅格距离：原因是减速挡块安装位置不正确或长度太短，可适当调整或更换减速挡块。步骤为手动返回基准点 A ，记下机床停止位置的显示值 X_A ，再由基准点以低速移动直到减速信号接通（减速挡块位于 B 处），显示值为 X_B ，则基准点到减速信号接通的距离的实际测量值为 $X_A + X_B$ ，调整减速挡位置，使得 L_2 等于 L_1 与实际测量值的差值即可，如图 1—5 所示。

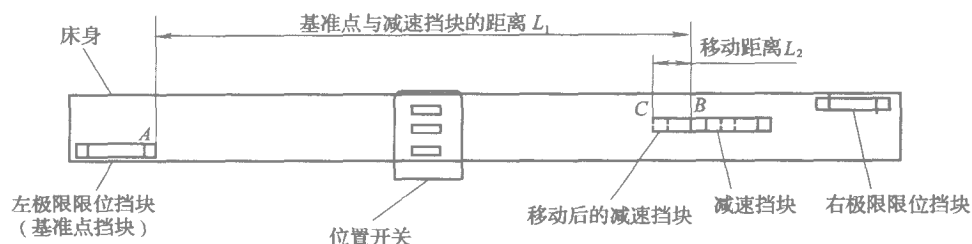


图 1—5 调整减速挡块位置

没有规律的随机误差：原因是外界干扰—屏蔽接地连接不良，脉冲编码器信号电缆与电源电缆太近，脉冲编码器电源太低，脉冲编码器性能不良，数控系统主板不良等。

微小误差：原因是接触不良，主板或位置控制单元不良。

4) 不能正常返回基准点且报警。原因是脉冲编码器第一个脉冲信号没有输入到主印制电路板，有断线或机床开始移动点与基准点太近。

5) 返回基准点过程突然变成“NOT READY”（未准备好）状态而无报警。可能是减速开关失灵，其触头不能复位。

6) 机床不能动作。检查数控系统的复位按钮是否被接通；数控系统是否处于紧停状态；如果 CRT 有位置显示而机床不动作，则有可能机床处于锁住状态；还可检查进给设定是否错误，是否设定为零；系统是否处于报警状态。

7) 手摇脉冲发生器不能工作，可从以下两方面进行检查：

摇手摇脉冲发生器时 CRT 显示不变化且机床不运动，可检查机床是否有锁住信号，是否有手摇脉冲发生器方式信号，主板是否有报警信号等，如上述皆正常，则手摇脉冲发生器本身或其接口不正常。

摇手摇脉冲发生器时 CRT 位置显示变化但机床不运动，此时，如果机床不处于锁住状态，则故障多出在伺服系统，应检查伺服系统。

(2) 进给伺服系统故障与维修 就目前的情况看，数控车床多采用直流伺服系统，直流伺服系统的故障率，约占整个系统故障率的 $1/3$ ，其故障大致可分为 3 类，即利用软件在 CRT 上显示报警信息、利用速度控制单元硬件（如发光二极管等）显示报警和没有任何报警显示的故障。

1) 软件报警。一般数控系统都有软件报警功能，伺服系统本身出现故障，主板内与位置控制或伺服信号的有关部分发生故障时，都会产生软件报警，可根据报警显示判断故障原因。

过热报警的原因有多方面，排除伺服单元电源电压异常和速度控制位置控制故障后，可根据以下情况判断：

伺服单元的热继电器动作：先检查保护热继电器设定是否有误，再检查机床工作时切

削条件是否接近极限,或机床的摩擦力矩是否过大。

变压器热动开关动作:如变压器不热,则可能是热动开关失灵;如变压器温升过高,则可能是变压器短路或负载太大。

伺服电动机内装的热动开关动作:此时故障在电动机部分,应先用万用表或摇表测量电动机绕组与壳体之间的绝缘电阻是否大于 $1\text{ M}\Omega$,清扫电动机的换向器,并通过测量电动机的空载电流来检查电动机绕组内部是否短路,若空载时电动机电流随转速成正比增加,可判断为内部短路,这种故障多数是由于电动机换向器表面附着油污而引起的,经清扫换向器即可排除。

还有一种引起热动开关动作的可能性是电动机的永久磁体去磁,其检查方法如图 1—6 所示。在快速进给条件下测得电动机的转速 N (r/min)、电压 U_{DC} (V) 和电流 I_{DC} (A),如符合 $U_{\text{DC}} - I_{\text{DC}}R_m \leq K_e N$,则说明电动机已去磁,应重新充磁。式中 R_m 为电动机电枢的直流电阻, K_e 为电动机的反电势常数,单位是 $\text{mV}/(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$ 。

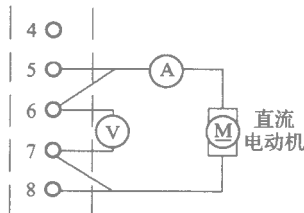


图 1—6 电动机去磁检查方法

除此之外,电动机的永久磁体黏结不良或内部制动器不良也会引起热开关动作。

2) 硬件报警。硬件报警包括用指示灯或熔丝熔断报警,一般有以下报警:

过压报警:如输入交流电压超过额定值的 10% ,可用调压器调压。另外可能是伺服电动机电枢绕组和机壳绝缘下降或者伺服单元印制电路板不良。

过流报警:可能是伺服单元功率驱动元件损坏、伺服单元印制电路板故障或电动机绕组内部短路。

过载报警:如不是伺服单元印制电路板电动机电流设定值错误,则是机械负载不正常所致。伺服电动机永磁铁脱落;伺服单元印制电路板故障。

欠压报警:先检查输入交流电压是否低于额定值的 15% ,如正常,则是伺服变压器二次侧与伺服单元之间连接不良或伺服单元印制电路板故障。

⑤速度反馈线断线报警:伺服单元与电动机间的动力电源线连接不良;伺服单元印制电路板有关检测元件的设定错误;检查有无加速度反馈电压或反馈信号断线。

⑥伺服单元熔丝或断路器跳闸报警:原因为机床负载过大,切削条件恶劣,切削量过大;位置控制部分故障,接线错误或电动机故障;伺服单元设定增益过高或故障位置控制单元或速度控制单元电压过低或过高;外部干扰流经扼流圈的电流延迟,在加、减速时频率太高。

3) 无报警显示的故障。无软件、硬件报警的故障,一般是在正常运行状态下出现,常见故障及故障原因如下。

机床失控:首先检查位置检测信号连接及电动机与检测器间的连接不良,然后检查主控板或伺服单元印制电路板是否存在故障。

机床振动:可能是与位置控制有关的系统参数设定错误或伺服单元的短路棒、电位器设定错误;另外的原因可能是伺服单元印制电路板发生故障。

电动机摇摆:电动机与检测器间机械连接不良或速度反馈元件发生故障或连接不良。机械方面的原因有电动机绕组内部短路。伺服系统不稳定,如速度环增益调整不当,反馈太大或电动机与丝杠间刚性不够或外部干扰伺服系统故障也可能引起电动机摇摆。

过冲：伺服系统速度增益太低或数控系统设定的快速移动时间常数太小，在机械方面电动机和进给丝杠间的刚性太差，如间隙过大也可能过冲。

低速爬行：一般是伺服系统稳定性不够引起的。

⑥圆弧切削时切削表面有条纹：电动机轴安装不良，造成机械间隙或者伺服系统增益不足，可适当调整增益控制电位器。

⑦加工圆形不圆：如椭圆在真圆度测量轴的 45° 方向上产生，可调整伺服单元的位置增益控制电位器，如椭圆在横轴上产生，则横向进给精度有误差。

⑧电动机噪声过大：换向器不清洁或有损伤，电动机轴向窜动。

⑨电动机不转：如用手转不动电动机，可能是永磁体脱落。对于带制动器的电动机，制动器及其整流器可能发生故障。

(3) 主轴伺服系统的故障与维修 主轴伺服系统也有直流伺服和交流伺服之分，其功率放大采用的原理和元件也不同。

1) 主轴伺服系统使用前的检查

设定检查：设定包含参数设定和开关设定。无论是短路棒设定还是数字参数设定，都应进行检查和确认，使其与说明书的要求一致。

电源检查：核对各供电电源，应在允许的波动范围内。

对于直流主轴伺服系统，还应做以下 3 方面的检查：首先，检查电源相序，相序错误，可能会烧断熔丝；其次，检查极性，电动机的动力线和速度反馈线极性接反，会使电动机控制失灵；最后，检查励磁极性，如果其极性接反，在输入速度和旋转方向指令时，电动机会失控。

2) 定期维护

每日或随时检查旋转速度、通风、轴承温升和机壳温升，运行中是否有异味、声音和振动等。

每月检查一次换向器，对电刷进行检查和清理。

半年进行一次测速发电机和轴承的检查，热管冷却部分的清理、绝缘电阻的测量等。

3) 直流主轴伺服系统的故障分析及维修

熔丝易烧断有如下原因：伺服单元电缆连接不良，印制电路板和主控回路太脏造成绝缘下降，电流极限回路故障，电路调整（特别是电位器）不当，测速发电机接触不良或断线，动力线短路，测速电动机纹波太大。

主轴转速不正常：印制电路板太脏或其误差放大器电路故障，D/A 变换器故障，测速电动机故障，速度指令错误。

③主轴电动机振动或噪声大：伺服单元 50/60 Hz 频率开关设定错误，印制电路板增益电路或颤抖电路调整不当，电流反馈电路调整不当与主轴连接的离合器故障，测速电动机纹波太大，电源相序不对或缺相，负载太大或主轴齿轮啮合不良。

主轴电动机在加减速时不正常：减速极限电路调整不当，电动机反馈电路不良，负载惯量和加 / 减速回路时间常数的设定使两者之间的关系不适应，皮带连接不良。

主轴不转：印制电路板太脏，触发脉冲电路无脉冲，伺服单元连接不良或动力线断线，高 / 低挡齿轮切换离合器切换不正常，机床负载太大。

⑥主轴发热：负载太大。

⑦过电流：电流极限设定错误，+15 V 电源不正常，同步脉冲紊乱，电动机的电枢

组层间短路, 换向器质量不好, 与电刷接触旋转时产生较大的火花。

⑧速度偏差过大: 负载过大, 电流零信号没有输出, 主轴被制动。

⑨速度达不到最高转速: 励磁电流太大, 励磁控制回路不动作, 整流部分太脏造成绝缘降低。

4) 交流主轴伺服系统的故障分析及维修

电动机过热: 负载太大或冷却系统不良, 电动机内风扇损坏, 电动机与伺服单元间连接断线或连接不良。

电动机速度偏离指令值 电动机过载 速度反馈脉冲发生器故障或断线 印制电路板故障。

交流输入电路熔丝烧断: 交流电源侧阻抗太大, 整流桥损坏, 交流输入处浪涌吸收器损坏, 逆变器晶闸管故障。

再生回路熔丝烧断: 可能是加 / 减速频率太高引起。

电动机速度超过额定值: 参数设定错误或是印制电路板故障。

⑥电动机振动或噪声大: 如在减速过程中产生, 则检查再生回路是否出现故障。如在恒速时产生, 则检查反馈电路是否正常, 然后突然切断指令观察电动机的噪声, 如有异常, 可能是机械部分故障, 否则即为印制电路板故障。如反馈电压不正常, 应检查振动周期是否与速度有关, 如有关, 应检查主轴电动机的连接以及主轴脉冲发生器是否正常; 如无关, 则是印制电路板不正常或有机械故障。

⑦电动机不转或达不到正常转速: 若有报警信号, 按报警提示处理, 检查速度指令是否正常, 检查准停传感器的安装是否正常。

4. 检修步骤及工艺要求

(1) 熟悉 GSK980T 数控车床的主要结构和运动形式, 对数控车床进行实际操作, 了解数控车床的各组成部分的作用。

(2) 熟悉数控车床电气元件安装位置、走线情况。

(3) 在有故障的数控车床上或人为设置故障的数控车床上, 由教师示范检修, 边分析边检查, 直至故障排除。

(4) 由教师设置让学生知道的故障点, 指导学生如何从故障现象着手进行分析, 如何采用正确的检查步骤和检修方法进行检修。

(5) 教师设置人为的故障点, 由学生按照检修步骤和检修方法进行检修。其具体要求如下:

1) 根据故障现象, 先在电路图上用虚线正确标出故障电路的最小范围, 然后采用正确的故障检查排除方法, 在规定时间内查出并排除故障。

2) 排除故障的过程中, 不得采用更换电气元件、借用触头或改动线路的方法修复故障点。

3) 检修时严禁扩大故障范围或产生新的故障, 不得损坏电气元件或设备。

5. 注意事项

(1) 检修前要认真阅读数控车床原理框图、电路图, 熟练掌握各个控制环节的原理及作用, 并认真仔细地观察教师示范检修。

(2) 修复故障使数控车床恢复正常时, 要注意消除产生故障的根本原因, 以避免频繁发生相同的故障。

(3) 停电要验电。带电检修时, 必须有指导教师在现场监护, 以确保用电安全, 同时要做好训练记录。

(4) 工具和仪表使用要正确。

6. 评分标准

项目内容	配分	评分标准	扣分
故障分析	30	(1) 检修思路不正确 (2) 标错故障电路范围, 每个	扣 5~10 分 扣 15 分
排除故障	70	(1) 停电不验电 (2) 工具及仪表使用不当, 每次 (3) 排除故障的顺序不对 (4) 不能查出故障, 每个 (5) 查出故障点但不能排除, 每个 (6) 产生新的故障或扩大故障范围: 不能排除, 每个 已经排除, 每个 (7) 损坏电动机 (8) 损坏电气元件或排故方法不正确, 每只 (次)	扣 5 分 扣 5 分 扣 5~10 分 扣 35 分 扣 25 分 扣 35 分 扣 15 分 扣 70 分 扣 5~20 分
安全文明生产	违反安全文明生产规程		扣 10~70 分
定额时间为 60 min	不允许超时检查, 若在修复故障过程中则允许超时, 但以每超 5 min 扣 5 分计算		
备注	除定额时间外, 各项内容的最高扣分不得超过配分数		成绩
开始时间		结束时间	实际时间

课题二 组合机床的电气控制线路

一、概述

通用机床的电气控制, 在机械加工中工序只能逐道地进行, 不易实现多刀、多面同时加工, 其生产效率低, 加工质量不稳定, 操作频繁。组合机床是针对特定工件, 进行特定加工而设计的一种高效率自动化专用加工设备, 它以通用部件为基础, 配合少量的专用部件组合而成, 具有结构简单、生产效率和自动化程度高的特点。一旦被加工零件的结构尺寸、形状发生变化时, 能较快地进行重新调整, 组合成新的机床。这一特点有利于产品的更新, 目前在许多行业中得到广泛应用。

组合机床大多数能多机多刀同时工作, 并且具有工作自动循环的功能。组合机床通常由标准通用部件和加工专用部件构成, 动力部件采用电动机驱动或采用液压系统驱动, 由电气系统进行工作自动循环的控制, 是典型的机电或机电液一体化的自动化加工设备。

组合机床中常见的标准通用部件有动力滑台、各种加工动力头以及回转工作台等, 可用电动机驱动, 也可用液压驱动。各标准通用动力部件的控制电路是独立完整的, 当多个动力部件组合构成一台组合机床时, 该机床的控制电路可由各动力部件的控制电路通过一定的连接电路组合构成。

多动力部件构成的组合机床, 其控制通常有 3 方面的工作要求: 第一方面是动力部件的点动及复位控制; 第二方面是动力部件的单机自动循环控制 (也称半自动循环控制); 第三方面是整批全自动工作循环控制。下面以双面钻孔组合机床为例分析这类机床的控制电路。

二、机床的结构（或组成）及运动

双面钻孔组合机床用于在工件两相对表面上钻孔，结构简图如图 1—7 所示。

机床由动力滑台提供进给运动，电动机拖动主轴箱的刀具主轴提供切削主运动。两液压动力滑台相对布置，安装在标准侧底座上，刀具电动机固定在滑台上，中间底座上装有工件定位夹紧装置。机床工作台的自动循环过程如图 1—8a 所示的机床工作循环图。工作时，工件装入夹具（定位夹紧装置）按启动按钮 SB6，开始工件的定位和夹紧，然后两面的动力滑台同时进行快速进给，工作进给和快速退回的加工循环，同时刀具电动机也开始工作，冷却泵在工作过程中提供切削液，加工循环结束后，动力滑台退回到原

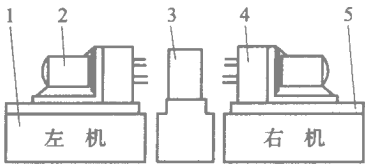
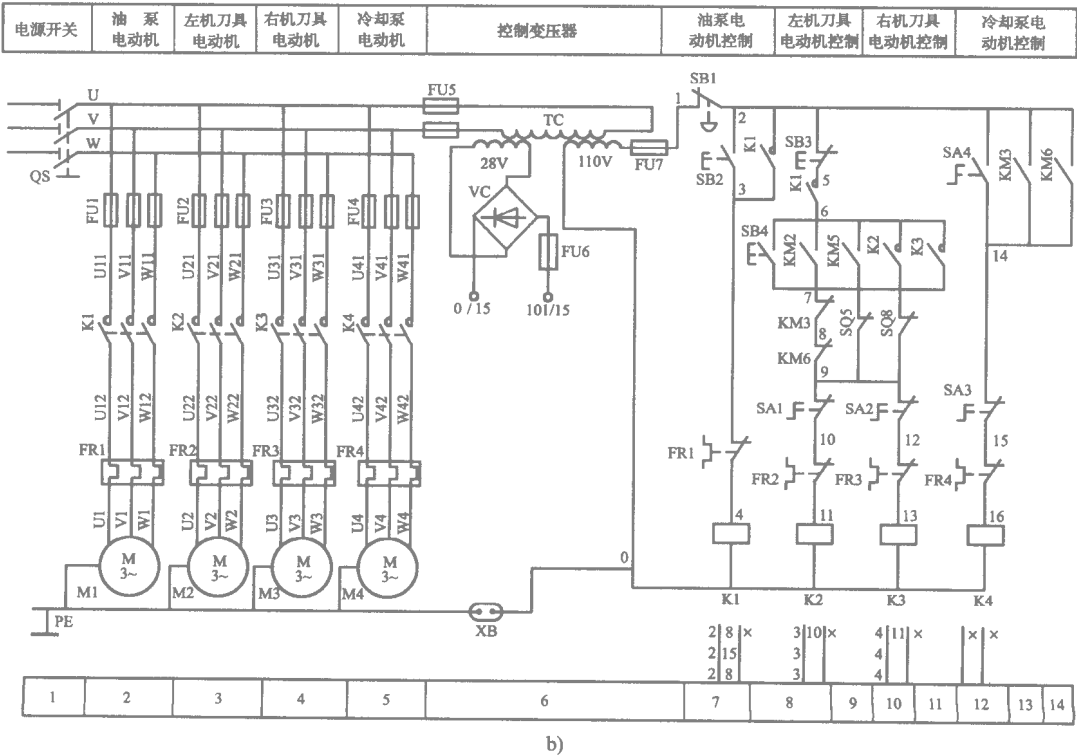
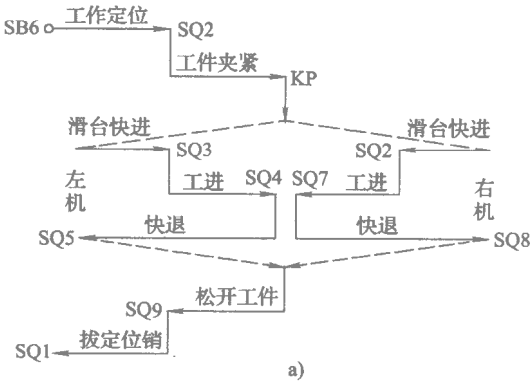


图 1—7 组合机床结构简图

- 1—侧底座 2—刀具电动机
- 3—工件及定位夹紧装置
- 4—主轴箱及钻头 5—动力滑台



续表

得电 状态 工步	项目	电磁换向阀线圈										电动机			转换指令
		YV1-1	YV1-2	YV2-1	YV2-2	YV4-1	YV3-1	YV3-2	YV4-2	YV5-1	YV5-2	M2	M3	M4	
拔定位销											+				SQ9
停止															SQ1
备注		夹紧		左机滑台			右机滑台			定位		刀具 电动机	冷却		

注：(+) 为保持得电；空格为失电；“ + ” 为得电。

M1 为液压泵的驱动电动机，液压泵电动机 M1 首先直接起动，使系统正常供油后，其他电动机的控制电路以及液压系统的控制电路方可通电工作。

M2 为左机的刀具电动机，M3 为右机的刀具电动机，刀具电动机在滑台进给循环开始时即起动，滑台退回原位后停机。

M4 为冷却泵电动机，冷却泵电动机可由手动控制起停，也可在滑台工作进给时，自动控制供液以及在工作进给结束时停止供液。

四、机床控制电路分析

双面钻孔组合机床的控制电路如图 1—8b 和图 1—8c 所示，电气元件明细见表 1—2。图 1—8b 中主电路共接有 4 台电动机，电动机均为直接起动，单向旋转，由控制接触器 K1, K2, K3 和 K4 分别控制电动机 M1, M2, M3 和 M4 的定子绕组通电或断电。控制电路有交流电部分和直流电部分，交流部分用于对电动机的控制，直流部分用于对液压系统的控制。

表 1—2 电气元件明细表

符 号	名称及用途	符 号	名称及用途
M1	油泵电动机	SA6	右机摘除开关
M2	左机刀具电动机	SA7	左机工作方式选择开关
M3	右机刀具电动机	SA8	右机工作方式选择开关
M4	冷却泵电动机	QS	电源隔离开关
K1	油泵电动机控制接触器	SB1	总停按钮
K2	左机刀具电动机控制接触器	SB2	油泵电动机启动按钮
K3	右机刀具电动机控制接触器	SB3, SB4	刀具电动机启停按钮
K4	冷却泵电动机控制接触器	SB5, SB6	液压系统循环工作启停按钮
KM1~KM9	中间继电器	SB7	松开夹具按钮
SQ1, SQ2	定位行程开关	SB8, SB9	左机点动向前和复位按钮
SQ3, SQ4, SQ5	左机滑台行程开关	SB10, SB11	右机点动向前和复位按钮
SQ6, SQ7, SQ8	右机滑台行程开关	FR1~FR4	电动机热继电器
SQ9	压紧原位行程开关	FU1~FU7	熔断器
SA1~SA3	电动机摘除开关	TC	变压器
SA4	冷却泵电动机开关	VC	整流器
SA5	左机摘除开关	KP	压力继电器

1. 交流电路

交流控制电路中，SB1为总停按钮，SB2为油泵电动机的启动按钮。当按下SB2时，油泵电动机的控制接触器K1线圈得电，其主触点闭合，油泵电动机起动工作，其辅助触点闭合，接通刀具电动机的控制电路和液压系统的控制电路，满足机床进入加工工作循环的条件。刀具电动机M2与M3在加工自动循环过程中，由中间继电器及行程开关控制起停，在调整时，由按钮SB3和SB4手动控制起停，通过选择开关SA1和SA2将刀具电动机从工作循环中摘除，以便于运动部件分别调整。

冷却泵电动机有两种工作方式：一是通过开关SA4手动控制；二是通过工进工作状态中间继电器KM3和KM6的触点机动控制。选择开关SA3可将冷却泵电动机从工作循环中摘除。

2. 直流电路

直流电路部分控制液压系统，实现运动的自动循环控制，控制电路由定位夹紧控制部分、左机滑台控制部分、右机滑台控制部分组成，可实现整机自动循环控制、单机半自动循环控制和滑台点动与复位控制。

开始全自动工作循环时，接触器K1的辅助触点闭合；左右机的滑台在原位，并压下行程开关SQ5和SQ6；定位液压缸及夹紧缸的活塞均在原位，SQ1与SQ9均压下。当以上条件满足时，压下启动循环按钮SB6，即可开始自动加工工作循环过程，按钮SB5可中止循环。加工自动工作循环全过程的电气动作顺序见表1—3。

选择开关SA5与SA6可将左机滑台和右机滑台从整机循环中摘除，从而实现单机半自动循环。当SA5触点闭合，SA6触点断开时，右机从循环中摘除，此时按下启动循环按钮SB6，左机单循环。当SA5触点断开，SA6触点闭合，左机摘除，右机单循环。当SA5与SA6均断开时，可调整定位夹紧的控制。

左机与右机滑台的选择开关为SA7与SA8，选择滑台的工作方式是：手动时，可通过点动按钮SB8与SB10分别向前点动滑台；自动工作方式时，可通过复位按钮SB9与SB11分别使滑台快退回原位。

组合机床的控制是一典型顺序控制，实际生产中，常采用可编程控制器来构成电气控制系统，使得电气控制设备体积小、工作可靠，并且控制要求易于修改，特别是在多动力部件、运动循环复杂的工况下，优点更突出。

五、技能训练

1. 目的要求

掌握双面钻孔组合机床的电气控制线路的故障分析与检修。

2. 工具与仪表

(1) 工具 测电笔、电工刀、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳、一字和十字旋具、扳手等。

(2) 仪表 MF30型万用表、5050型兆欧表、T301-A型钳形电流表。

3. 双面钻孔组合机床常见故障分析及检修

(1) 液压泵电动机不能起动 首先检查选择开关SA1~SA3，SA5~SA6是否闭合，SA7和SA8是否位于自动工作方式；其次检查各开关是否处于正常工作位置；然后检查三相电源、熔断器、热继电器的常闭触头以及接触器K1的情况，看有无电气损坏、接线脱落、接触不良、线圈断路等现象。

表 1-3

电气动作顺序表

