

# 第6章 数控机床的保养与维修

**教学提示：**数控机床是一种典型的机电一体化产品，涉及范围比较广，在故障诊断和维护方面与传统机床有很大的区别。因此，学习和掌握数控机床故障诊断及维护技术，已越来越受到相关企业和人员的重视，数控机床故障诊断及维护已成为正确使用数控机床的关键因素之一。

**教学要求：**了解关于数控机床保养、维护与故障修理的基本内容，以及数控机床使用中的注意事项。重点掌握数控车床与加工中心的维护保养与故障诊断方法，熟悉机床数控系统与伺服系统常见故障的处理方法，并通过对实际例子的学习掌握数控机床常见故障的诊断步骤与基本思路。

## 6.1 概 述

一般来说，数控机床的维护工作应该包括设备管理、维护保养及故障修理，并且这三者是紧密相关、互相制约的，也就是说做好日常维护保养和设备管理工作，不仅可大大减少其设备故障的发生，并且也为发生故障时及时诊断、修复提供了应有的方便和必要的条件。

### 1. 数控机床的设备管理

设备管理是一项系统工程，它根据企业的生产发展及经营目标，通过一系列技术、经济、组织措施及科学方法来进行。其主要包括设备选购、安装、调试、验收、使用、维修以及改造更新，直至设备报废等一系列管理工作。

具体说来，设备管理为正确使用数控机床建立了必要的各项规章制度。如建立定人、定机、定岗制度，进行岗位培训，禁止无证操作。并根据数控机床的设备特点，制定各项操作、维修安全规程。在设备保养上要求严格进行记录工作，即对每次的维护保养都要做好保养内容、方法、时间、保养部件状况、参加人员等有关记录；对故障修复要认真做好有关故障记录与说明，如故障现象、原因分析、排除方法、隐含问题和所用备件情况等，并做好有关设备技术资料的出借、保管、登记工作。做好为设备保养和维修用的各类备品配件的采购、管理工作，各类常用的备品配件主要有各种印制电路板、电气元器件(如各类熔断器、直流电动机电刷、开关按钮、继电器、接触器等)和各类机械易损件(如传动带、轴承、液压密封圈、过滤网等)。对电气备用板要定期通电检验，为维修添置必要的技术手册、工作器具及测试仪器，常用的电气故障测试仪器有：数字万用表、转速表、存储示波器、逻辑分析仪、在线测试仪等。

### 2. 数控机床的维护保养

数控机床具有高精度、高效率和高适应性的特点。其运行效率的高低，各附件的故障率、使用寿命的长短等，不仅取决于机床本身的精度和性能，很大程度上也取决于它的正

确使用和维护。正确使用能防止设备非正常磨损,避免突发故障,延长无故障工作时间。精心维护可使设备始终保持良好状态,延缓劣化进程,并及时发现和消灭隐患于未然,从而确保系统安全运行,保证企业的经济效益。因此,机床的正确使用与维护,是贯彻设备管理以防为主的重要环节。

### 3. 数控机床的故障修理

数控机床是一种自动化程度较高、结构较复杂的先进加工设备,大多用来加工重要工件。同时,由于数控机床价格昂贵,为提高其利用率,充分发挥它的效益,应合理安排加工工序,充分做好准备工作,尽量减少机床的等待时间;凡是能在数控机床上加工的,尽量利用,而不能以保护贵重设备为由,使其长期闲置。如果一台数控机床的任何部分在生产中出现故障或失效,都会使机床停机,造成生产停顿,若不能及时维修,不仅影响其设备利用率,贻误产品生产周期,甚至会影响企业的信誉,造成无法弥补的经济损失。因此,做好数控机床的故障修理工作,使其发挥应有的效率,不仅创造了实际价值,而且具有广泛的社会效益。

数控机床采用计算机控制,伺服系统技术复杂,机床精度要求很高。因此,数控机床的使用不同于简单的设备,而是一项高技术应用工程。这就要求数控机床的操作、维修和管理人员具有较高的文化水平和业务素质。为此均应进行不同技术内容的培训,因为初次使用数控机床时,多是由于操作技术不熟练而引起故障造成机床停机。

维修是一门综合性技术。维修工作开展得好坏,首先取决于维修人员的素质。维修人员在设备出现故障后,要能迅速找出故障并排除,其难度是相当大的。此能力并非一日之功就能达到的,需要维修人员做长期的技术储备。因此,维修人员要刻苦学习,勇于探索,勤于实践,不断归纳和总结经验,以提高自己的维修技术水平。

### 4. 数控机床维修安全规程

#### 1) 维修前的准备工作

- (1) 维修人员亲自到故障现场检查需维修的内容;
- (2) 根据检查情况制定维修计划;
- (3) 准备好维修用消耗备件;
- (4) 所需仪器和工具状态良好。

#### 2) 维修工作中的注意事项

- (1) 维修期间应在醒目的地方树立“机床正在维修”的标志,必须使电源开关处于“OFF”位置,并在电源开关上方树立“不许通电”的标志;
- (2) 工作场地空间足够,光线良好;
- (3) 装卸重物时,若重物超过 20kg,应两人以上搬抬或用吊车装卸,铲车或吊车必须由具有操作合格证的人员操作,起吊工作必须由专门人员指挥;
- (4) 不得将工具或工件放在机床的滑动面上;
- (5) 不得用湿手操作电气线路及开关等;
- (6) 不得随意更改电路或其他调整用电位器;
- (7) 通电测试时,注意防止高压危险;
- (8) 一定要使用规定的液压油、润滑脂、润滑油或其他性能相同的产品;
- (9) 一定要使用规定的熔断器和电缆。

### 3) 维修工作结束后的注意事项

- (1) 再次检查已经维修的各部分，确保机床能正常工作；
- (2) 清理维修场地，整理机床外观；
- (3) 将机床移交给操作者予以验收；
- (4) 记录好维修工作的各环节和处理结果。

## 6.2 数控机床的保养

为了使数控机床各部件保持良好状态，除了发生故障应及时修理外，坚持经常的保养是十分重要的。坚持定期检查，经常维护保养，可以把许多故障隐患消灭在萌芽之中，防止或减少恶性事故的发生。不同型号的数控机床日常保养的内容和要求不完全一样，对于具体的数控机床，说明书中都有明确的规定，但总的说来主要包括以下几个方面。

(1) 使机床保持良好的润滑状态。定期检查、清洗自动润滑系统，添加或更换油脂油液，使丝杠、导轨等各运动部位始终保持良好的润滑状态，降低机械磨损速度。

(2) 定期检查液压、气压系统。对液压系统定期进行油质化验检查和更换液压油，并定期对各润滑、液压、气压系统的过滤器或过滤网进行清洗或更换，对气压系统还要注意及时对分水滤气器放水。

(3) 对直流电动机定期进行电刷和换向器检查、清洗和更换。若换向器表面脏，应用白布蘸酒精予以清洗；若表面粗糙，应用细金相砂纸予以修整；若电刷长度在 10mm 以下，应予以更换。

(4) 适时对各坐标轴进行超程限位试验。尤其是对于硬件限位开关，由于切削液等原因容易产生锈蚀，平时又主要依靠软件限位起保护作用，但关键时刻如因锈蚀不起保护作用将产生碰撞，甚至损坏滚珠丝杠，严重影响其机械精度。试验时只要用手按一下限位开关看是否出现超程警报，或检查相应的 I/O 接口输入信号是否变化。

(5) 定期检查电气部件。检查各插头、插座、电缆、各继电器的触点是否接触良好，检查各印制电路板是否干净。检查主电源变压器、各电动机的绝缘电阻应在  $1M\Omega$  以上。平时尽量少开电气柜门，以保持电气柜内清洁；夏天用开门散热法是不可取的。定期对电气柜和有关电器的冷却风扇进行卫生清扫，更换其空气过滤网等。另外纸带光电阅读机的受光部件太脏时，可能发生读数错误，应及时清洗。印制电路板太脏或受潮，可能发生短路现象，因此，必要时应对各个印制电路板、电气元器件采用吸尘法进行卫生清扫等。

(6) 数控机床长期不用时的维护。数控机床不宜长期封存不用，购买数控机床以后要充分用起来，尽量提高机床的利用率，尤其是投入使用的第一年，更要充分的使用，使其容易出故障的薄弱环节尽早暴露出来，使故障的隐患尽可能在保修期内得以排除。有了数控机床舍不得用，这不是对设备的爱护，反而会由于受潮等原因加快电子元件的变质或损坏，如数控机床长期不用时要定期通电，并进行机床功能试验程序的完整运行。要求每 1~3 周能通电试运行一次，尤其是在环境湿度较大的梅雨季节，应增加通电次数，每次空运行 1h 左右，以利用机床本身的发热来降低机内湿度，使电子元件不致受潮。同时，也能及时发现有无电池报警发生，以防系统软件、参数的丢失等。

(7) 定期更换存储器用电池。一般数控系统内对 CMOS RAM 存储器器件设有可充电电池维持电路，以保证系统不通电期间能保持其存储器的内容。在一般的情况下，即使电池

尚未失效，也应每年更换一次，以确保系统能正常工作。电池的更换应在 CNC 装置通电状态下进行，以防更换时 RAM 内信息丢失。

(8) 备用印制电路板的维护。印制电路板长期不用是很容易出故障的。因此，对于已购置的备用印制电路板应定期装到 CNC 装置上通电运行一段时间，以防损坏。

(9) 经常监视 CNC 装置用的电网电压。CNC 装置通常允许电网电压在额定值的 85%~110% 的范围内波动，如果超出此范围就会造成系统不能正常工作，甚至会引起 CNC 系统内的电子元器件损坏。为此，需要经常监视 CNC 装置用的电网电压。

(10) 定期进行机床水平和机械精度检查并校正。机械精度的校正方法有软硬两种，其软方法主要是通过系统参数补偿，如丝杠反向间隙补偿、各坐标定位精度定点补偿、机床回参考点位置校正等；其硬方法一般要在机床大修时进行，如进行导轨修刮、滚珠丝杠螺母预紧调整反向间隙等。

### 1. 数控车床的维护保养

数控车床的维护保养见表 6-1。

表 6-1 数控车床日常维护一览表

序号	检查周期	检查部位	检查要求(内容)
1	每天	切削液、液压油、润滑油	检查切削液、液压油、润滑油的油量是否充足
2	每天	切屑槽	切屑槽内的切屑是否已处理干净
3	每天	操作盘	检查操作盘上的各指示灯是否正常，各按钮、开关是否处于正确位置
4	每天	CRT 显示屏	CRT 显示屏上是否有任何报警显示，若有问题应及时予以处理
5	每天	液压装置的压力表	液压装置的压力表是否指示在所要求的范围内
6	每天	冷却风扇	各控制箱的冷却风扇是否正常运转
7	每天	刀具	刀具是否正确夹紧在刀夹上，刀夹与回转刀架是否可靠夹紧，刀具是否有损伤
8	每天	主轴、滑板等	运转中，主轴、滑板处是否有异常噪声；有无与平常不同的异常现象
9	每月	主轴的运转情况	轴以最高转速一半左右的转速旋转 30min，用手触摸壳体部分，若感觉温和即为正常，以此了解主轴轴承的工作情况
10	每月	滚珠丝杠	检查 X、Z 轴的滚珠丝杠，若有污垢，应清理干净，若表面干燥，应涂润滑脂
11	每月	超程限位开关	检查 X、Z 轴超程限位开关、各急停开关是否动作正常，可用手按压行程开关的滑动轮，若 CRT 显示屏上有超程报警显示，说明限位开关正常。顺便将各接近开关擦拭干净
12	每月	刀架	检查刀架的回转头、中心锥齿轮的润滑状态是否良好，齿面是否有伤痕；换刀时其换位动作是否平顺，以刀架夹紧、松开时无冲击为好

(续)

序号	检查周期	检查部位	检查要求(内容)
13	每月	导套内孔	检查导套内孔状况,看是否有裂纹、毛刺,导套前面盖帽内是否积存切屑
14	每月	切削液槽	检查切削液槽内是否积存切屑
15	每月	液压装置	检查液压装置,如压力表的动作状态,液压管路是否有损坏,各管接头是否有松动或漏油现象等
16	每月	润滑油装置	检查润滑泵的排油量是否合乎要求,润滑油管路是否损坏,管接头是否松动、漏油等
17	半年	主轴	主轴孔的振摆,主轴传动用V带的张力及磨损情况,编码盘用同步带的张力及磨损情况
18	半年	导套装置	主轴以最高转速的一半运转30min后,用手触摸壳体部分无异常发热及噪声为好。此外用手沿轴向拉导套,检查其间隙是否过大
19	半年	加工装置	①检查主轴分度用齿轮系的间隙,以规定的分度位置沿回转方向摇动主轴,以检查其间隙,若间隙过大应进行调整; ②检查刀具主轴驱动电动机侧的齿轮润滑状态,若表面干燥应涂敷润滑脂
20	半年	润滑泵装置浮子开关	可从润滑泵装置中抽出润滑油;看浮子落至警戒线以下时,是否有报警指示以判断浮子开关的好坏
21	半年	直流电动机	若换向器表面脏,应用白布蘸酒精予以清洗;若表面粗糙,用细金相砂纸予以修整;若电刷长度为10mm以下时,予以更换
22	半年	其他	①检查各插头、插座、电缆、各继电器的触点是否接触良好; ②检查各印制电路板是否干净; ③检查主电源变压器、各电动机的绝缘电阻应在1MΩ以上; ④检查断电后保存机床参数、工作程序用的后备电池的电压值,视情况予以更换

## 2. 加工中心的维护保养

加工中心的维护保养见表6-2。

表6-2 加工中心日常维护一览表

序号	检查周期	检查部位	检查要求(内容)
1	每天	工作台、机床表面	从工作台、基座等处清除污物和灰尘;擦去机床表面上的润滑油、切削液和切屑;清除没有罩盖的滑动表面上的一切物品;擦净丝杠的暴露部位
2	每天	开关	清理并检查所有限位开关、接近开关及其周围表面
3	每天	导轨润滑油箱	检查油量,及时添加润滑油,润滑油泵是否定时启动打油及停止

(续)

序号	检查周期	检查部位	检查要求(内容)
4	每天	主轴润滑恒温油箱	工作是否正常,油量是否充足,温度范围是否合适
5	每天	刀具	确认各刀具在其应有的位置上更换
6	每天	机床液压系统	油箱液压泵有无异常噪声,液压泵的压力是否符合要求,工作油面高度是否合适,管路及各接头有无泄漏
7	每天	压缩空气气源压力	气动控制系统压力是否在正常范围之内
8	每天	气源自动分水滤气器,自动空气干燥器	确保空气滤杯内的水完全排出,保证自动空气干燥器工作正常
9	每天	气液转换器和增压器油面	油量不够时要及时补充
10	每天	导轨面	清除切屑液脏物,检查导轨面有无划伤损坏,润滑油是否充足
11	每天	切削液	检查切削液软管及液面,清理管内及切削液槽内的切屑等脏物
12	每天	CNC 输入/输出单元	如光电阅读机的清洁情况,机械润滑是否良好
13	每天	各防护装置	导轨、机床防护罩等是否齐全有效
14	每天	电气柜各散热通风装置	各电气柜中冷却风扇是否工作正常,风道过滤网有无堵塞;及时清洗过滤器
15	每天	其他	①确保操作面板上所有指示灯为正常显示; ②检查各坐标轴是否处在原点上; ③检查主轴端面、刀夹及其他配件是否有毛刺、破裂或损坏现象
16	不定期	冷却油箱、水箱	随时检查液面高度,及时添加油(或水),太脏时要更换。清洗油箱(或水箱)和过滤器
17	不定期	废油池	及时取走积存在废油池中的废油,以免溢出
18	不定期	排屑器	经常清洗切屑,检查有无卡住等现象
19	每月	电气控制箱	清理电气控制箱内部,使其保持干净
20	每月	工作台及床身基准	校准工作台及床身基准的水平,必要时调整垫铁,拧紧螺母
21	每月	空气滤网	清洗空气滤网,必要时予以更换
22	每月	液压装置、管路及接头	检查液压装置、管路及接头,确保无松动、无磨损
23	每月	各电磁阀及开关	检查各电磁阀、行程开关、接近开关,确保它们能正确工作
24	每月	过滤器	检查液压箱内的过滤器,必要时予以清洗
25	每月	电缆及接线端子	检查各电缆及接线端子是否接触良好
26	每月	连锁装置、时间继电器、继电器	确保各连锁装置、时间继电器、继电器能正确工作。必要时予以修理或更换
27	每月	数控装置	确保数控装置能正确工作
28	半年	各电动机轴承	检查各电动机轴承是否有噪声,必要时予以更换
29	半年	各进给轴	测量各进给轴的反向间隙,必要时予以调整或进行补偿
30	半年	所有电气部件及继电器	外观检查所有各电气部件及继电器等是否可靠工作

(续)

序号	检查周期	检查部位	检查要求(内容)
31	半年	各伺服电动机	检查各伺服电动机的电刷及换向器的表面,必要时予以修整或更换
32	半年	主轴驱动皮带	按机床说明书要求调整皮带的松紧程度
33	半年	各轴导轨上的镶条、压紧滚轮	按机床说明书要求调整松紧状态
34	一年	检查或更换电动机电刷	检查换向器表面,去除毛刺,吹净炭粉,磨损过短的电刷及时更换
35	一年	液压油路	清洗溢流阀、减压阀、过滤器、油箱,过滤液压油或更换
36	一年	主轴润滑恒温油箱	清洗过滤器、油箱,更换润滑油
37	一年	润滑油泵、过滤器	清洗润滑油池,更换过滤器
38	一年	滚珠丝杠	清洗丝杠上旧的润滑脂,涂上新润滑脂

### 3. 数控系统的使用与维护

#### 1) 数控系统的正确使用

每种数控系统在组成与结构上都有各自的特点,操作人员在使用数控系统之前,应仔细阅读说明书中的有关内容,熟悉数控系统的基本组成与结构,了解所用数控系统的性能,熟练地掌握数控系统和操作面板上各个开关的作用,从而可避免一些因操作不当引起的故障。

##### (1) 数控系统通电前的检查。

- ① 数控装置内的各个印制电路板安装是否紧固,各个插头有无松动。
- ② 数控装置与外界之间的连接电缆是否按随机所带说明书的规定正确而可靠地连接。
- ③ 交流输入电源的连接是否符合 CNC 装置规定的要求。
- ④ 数控装置中各种硬件的设定是否符合要求。

##### (2) 数控系统通电后的检查。

- ① 数控装置中各个风扇是否正常运转。
- ② 各个印制电路板或模块上的直流电源是否正常、是否在允许的波动范围之内。
- ③ 数控装置的各种参数(包括系统参数、PLC 参数等),应根据随机所带的说明书一一予以确认。

④ 当数控装置与机床联机通电时,应在接通电源的同时,做好按压紧急停止按钮的准备,以备出现紧急情况时随时切断电源。如伺服电动机的速度反馈信号线接反,出现机床“飞车”现象,就需要立即切断电源,以免造成对人身和设备的危害。

⑤ 用手动以低速移动各个轴,观察机床移动方向的显示是否正确。然后让各轴碰到各个方向的超程开关,用以检查超程限位是否有效,数控装置是否在超程时发出报警。

⑥ 进行几次返回机床基准点的动作,用来检查数控机床是否有返回基准点功能,以及每次返回基准点的位置是否完全一致。

⑦ 按照数控机床所用的数控装置使用说明书,用手动或编制程序的方法来检查数控系统所具备的主要功能。如定位、各种插补、自动加/减速、M、R、T 辅助功能、各种补偿、固定循环等功能。

## 2) 数控系统的日常维护

为了在系统出现故障时能及时排除,应在平时做好维修前的一系列准备工作,主要包括如下几个方面。

(1) 技术文件的准备。维护用的文件资料很多,主要指有关数控系统的操作和维修说明书、有关系统参数资料及机床电气方面的资料。要充分了解被维护的数控系统的性能、系统框图、结构布置及系统内需要经常维护的部分。甚至应掌握系统内所用印制电路板上有哪些可供维修用的检测点及其正常状态时的电平和波形。保存好数控系统和 PLC 的参数文件。每台数控机床出厂时都随机附有参数表或参数纸带,在机床现场安装调整之后,参数可能有所变动,应将变动的参数记录下来或存入磁盘,以备维修时用。另外,用户宏程序参数和刀具文件参数等也都直接影响到机床的性能和使用,需要妥善保管。随机提供的 PLC 用户程序、报警文本以及典型的工件程序也是需要保存的文件。如有条件,维修人员还应备有一套数控系统所用的各种元器件手册,以备随时查阅。

(2) 制定有关的规章制度防止无关人员操作数控系统,以避免造成事故。数控机床的操作人员、编程人员和维修人员也应明确各自的职责范围,上述的文件资料也都应有专人保管。

(3) 准备好维修用器具。维修器具如下:

- ① 交流电压表,用于测量交流电源电压,表的测量误差应在 $\pm 2\%$ 以内;
- ② 直流电压表,用于测量直流电源电压,电压表的最大量程分别为 10V 和 30V,其误差应在 $\pm 2\%$ 以内,如有数字式电压表则更好;
- ③ 万用表,有机械式和数字式两种,机械式万用表是必备的,用来测量晶体管的性能;
- ④ 相序表,用于检查三相输入电源的相序,这只在维修晶闸管伺服系统时才是必需的;
- ⑤ 示波器,示波器的频带宽度应在 5MHz 以上,两个通道;
- ⑥ 逻辑分析仪,利用逻辑分析仪查找故障时,可以将故障范围缩小到某个元器件;
- ⑦ 各种规格的螺钉旋具。

(4) 必要的备件。当数控机床发生故障时,为能及时排除故障,需要更换部件或元器件,以便机床尽快恢复正常,因此用户应准备一些必要的备件,备件的品种和数量要视本厂的具体情况而定。如电气系统故障,大多发生在微动开关、指示灯、风扇等外部器件、数控系统中的输入/输出接口模块及干簧继电器,以及伺服驱动单元和电动机的电刷等部位。因此,应配备一定数量的各种熔断器、电刷、晶体管模块及易出故障的印制电路板,而对不易损坏的印制电路板,如中央处理器(CPU)模块、存储器模块及显示系统等部分,由于其价格昂贵,故障率也低,就不一定要配备。

## 6.3 数控机床的故障诊断与维修

### 6.3.1 数控机床的故障诊断概述

数控机床是个复杂的系统,由于种种原因,不可避免地会发生不同程度、不同类型的故障,导致数控机床不能正常工作。一般这些原因大致包括机械锈蚀、磨损和失效;元器件老化、损坏和失效;电气元件、接插件接触不良;环境变化,如电流或电压波动、温度变化、液压压力和流量的波动以及油污等;随机干扰和噪声;软件程序丢失或被破坏等。此外,错误的操作也会引起数控机床不能正常工作。数控机床一旦发生故障,必须及时予

以维修，将故障排除。数控机床维修的关键是故障的诊断，即故障源的查找和故障定位。一般来说，随着故障类型的不同，采用的故障诊断的方法也就不同。

### 1. 数控机床维修的基本概念

#### 1) 系统可靠性和故障的概念

系统可靠性是指系统在规定条件下和规定时间内完成规定功能的能力，而故障则意味着系统在规定条件下和规定时间内丧失了规定的功能。

#### 2) 平均故障间隔时间 $MTBF$

它是指数控机床在使用中两次故障间隔的平均时间，即数控机床在寿命范围内总工作时间和总故障次数之比，即

$$MTBF = \frac{\text{总工作时间}}{\text{总故障次数}}$$

日常维护(或称预防性维修)的目的是为了延长平均故障间隔时间  $MTBF$ 。

#### 3) 平均修复时间 $MTTR$

它是指数控机床从出现故障开始直至能正常使用所用的平均修复时间。显然，要求这段时间越短越好，故障维护的目的是要尽量缩短  $MTTR$ 。

#### 4) 有效度 $A$

这是从可靠度和可维修度方面对数控机床的正常工作概率进行综合评价的尺度，是一台可维修的机床，在某一段时间内，维持其性能的概率。

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

由此可见，有效度  $A$  是一个小于 1 的数，但越接近 1 越好。

### 2. 数控机床的故障规律

与一般设备相同，数控机床的故障率随时间变化的规律可用图 6.1 所示的故障曲线表示。根据数控机床的故障度，整个使用寿命期大致可以分为 3 个阶段，即初始运行期、有效寿命期和衰老期。

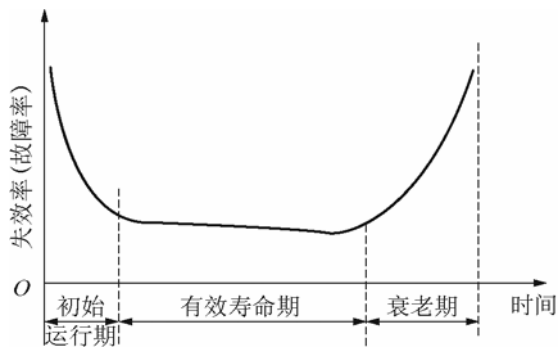


图 6.1 数控机床的故障曲线

#### 1) 初始运行期

初始运行期的特点是故障发生的频率高，系统的故障率为负指数曲线函数。使用初期之所以故障频繁，原因大致如下。

(1) 机械部分。机床虽然在出厂前进行过运行磨合, 但时间较短, 而且主要是对主轴和导轨进行磨合。由于零件的加工表面存在着微观的和宏观的几何形状偏差, 在完全磨合前, 零件的加工表面还比较粗糙, 部件的装配可能存在误差, 因而, 在机床使用初期会产生较大的磨合磨损, 使设备相对运动部件之间产生较大的间隙, 导致故障的发生。

(2) 电气部分。数控机床的控制系统使用了大量的电子元器件, 这些元器件虽然在制造厂经过了相当长时间的老化试验和其他方式的筛选, 但实际运行时, 由于电路的发热、交变负荷、浪涌电流及反电势的冲击, 性能较差的某些元器件经不住考验, 因电流冲击或电压击穿而失效, 或特性曲线发生变化, 从而导致整个系统不能正常工作。

(3) 液压部分。由于出厂后运输及安装阶段时间较长, 液压系统中某些部位长时间无油, 气缸中润滑油干涸, 而油雾润滑又不可能立即起作用, 造成液压缸或气缸可能产生锈蚀。此外, 新安装的空气管道若清洗不干净, 一些杂物和水分也可能进入系统, 造成液压、气动部分的初期故障。

## 2) 有效寿命期

数控机床在经历了初期的各种老化、磨合和调整, 开始进入相对稳定的正常运行期。在这个阶段, 故障率低而且相对稳定, 近似常数。偶发故障是由于偶然因素引起的。一般说来, 数控系统要经过 9~14 个月的运行才能进入有效寿命期。因此, 用户在安装数控机床后最好能使其长期连续运行, 以便让初始运行期在一年内的保修期内结束。

## 3) 衰老期

衰老期出现在数控机床使用的后期, 其特点是故障率随着运行时间的增加而升高。出现这种现象的基本原因是由于数控机床的零部件及电子元器件经过长时间的运行, 出现疲劳、磨损、老化等问题, 已接近衰竭, 从而处于频发故障状态。

## 3. 数控机床故障诊断的一般步骤

故障诊断是指在系统运行或基本不拆卸的情况下, 即可掌握系统当前运行状态的信息, 查明产生故障的部位和原因, 或预知系统的异常和劣化的动向并采取必要对策的一门技术。

当数控机床发生故障时, 除非出现危及数控机床或人身安全的紧急情况, 一般不要关断电源, 要尽可能地保持机床原来的状态不变, 并对出现的一些信号和现象做好记录。这主要包括: 故障现象的详细记录; 故障发生时的操作方式及内容; 报警号及故障指示灯的显示内容; 故障发生时机床各部分的状态与位置; 有无其他偶然因素, 如突然停电、外线电压波动较大、雷电、局部进水等。

无论是处于哪一个故障期, 数控机床故障诊断的一般步骤都是相同的。数控机床一旦发生故障, 首先要沉着冷静, 根据故障情况进行全面的分析, 确定查找故障源的方法和手段, 然后有计划、有目的地一步步仔细检查, 切不可急于动手, 凭着看到的部分现象和主观臆断乱查一通。这样做具有很大的盲目性, 很可能越查越乱, 走很多弯路, 甚至造成严重的后果。

故障诊断一般按下列步骤进行。

(1) 详细了解故障情况。例如, 当数控机床发生颤振、振动或超调现象时, 要弄清楚是发生在全部轴还是某一轴; 如果是某一轴, 是全程还是某一位置; 是一运动就发生还是仅在快速、进给状态某速度、加速或减速的某个状态下发生。为了进一步了解故障情况,

要对数控机床进行初步检查,并着重检查荧光屏上的显示内容,控制柜中的故障指示灯、状态指示灯等。当故障情况允许时,最好开机试验,详细观察故障情况。

(2) 根据故障情况进行分析,缩小范围,确定故障源查找的方向和手段。对故障现象进行全面了解后,下一步可根据故障现象分析故障可能存在的位置。有些故障与其他部分联系较少,容易确定查找的方向,而有些故障原因很多,难以用简单的方法确定出故障源的查找方向,这就要仔细查阅数控机床的相关资料,弄清与故障有关的各种因素,确定若干个查找方向,并逐一进行查找。

(3) 由表及里进行故障源查找。故障查找一般是从易到难、从外围到内部逐步进行。所谓难易,包括技术上的复杂程度和拆卸装配方面的难易程度。技术上的复杂程度是指判断其是否有故障存在的难易程度。在故障诊断的过程中,首先应该检查可直接接近或经过简单的拆卸即可进行检查的那些部位,然后检查需要进行大量的拆卸工作之后才能接近和进行检查的那些部位。

#### 4. 维修中的注意事项

(1) 从整机上取出某块电路板时,应注意记录其相对应的位置,连接的电缆号。对于固定安装的电路板,还应按先后取下的顺序,将相应的连接部件及螺钉做记录,并妥善保管。装配时,拆下的东西应全部用上,否则装配不完整。

(2) 电烙铁应放在顺手位的前方,并远离维修电路板。电烙铁头应适应集成电路的焊接,避免焊接时碰伤别的元器件。

(3) 测量电路间的阻值时,应切断电源。

(4) 电路板上大多刷有阻焊膜,因此测量时应找相应的焊点作为测试点,不要铲除阻焊膜。有的电路板整个覆有绝缘层,则只能在焊点处用刀片刮开绝缘层。

(5) 数控设备上的电路板大多是双面金属孔化板或多层孔化板,印制电路细而密,不应随意切断。因为一旦切断,不易焊接,且切线时易切断相邻的线。确实需要切线时,应先查清线的方向,定好切断的线数及位置。测试后切记要恢复原样。

(6) 在没有确定故障元器件的情况下,不应随意拆换元器件。

(7) 拆卸元器件时应使用吸锡器,切忌硬取。同一焊盘不应长时间加热及重复拆卸,以免损坏焊盘。

(8) 更换新的器件,其引脚应作适当的处理。焊接中不应使用酸性焊油。

(9) 记录电路上的开关、跳线位置,不应随意改变。互换元器件时要注意标记各电路板上的元器件,以免错乱。

(10) 查清电路板的电源配置及种类,根据检查的需要,可分别供电或全部供电。有的电路板直接接入了高压,或板内有高压发生器,操作时应注意安全。

(11) 检查中遵循由粗到细的原则,逐渐缩小维修范围,并做好维修记录。

### 6.3.2 数控机床常用的故障诊断方法

数控机床是综合应用微电子、计算机、自动控制、自动检测、液压传动和精密机械等技术的最新成果而发展起来的新型机械加工设备。它的发展趋势是工序集中、高速、高效、

高精度以及使用方便、可靠性高。要达到这些要求,就需要对机床的维护保养、日常检查、故障诊断等做复杂、有效的工作。在生产过程中,数控机床频繁地发生故障,必然影响产品的加工质量和生产效率,影响数控机床效益的发挥。因此,必须对出现的故障进行广泛深入的研究,找出其原因和规律,不断积累经验,采取有效措施,对故障进行预防、预测,建立一套排除故障的有效方法。

### 1. 数控机床常见故障分类

所谓故障,是指设备或系统由于自身的原因丧失了规定的功能,不能再进行正常工作的现象。数控机床的故障包括机械部分的故障、数控系统的故障、伺服与主轴驱动系统的故障以及辅助装置的故障等。故障按其表现形式、性质、起因等可作多种分类。常见的故障类型有以下几种。

(1) 按与故障的相互关系可分为关联性故障和非关联性故障两类。其中非关联性故障是由与系统本身无关的因素(如安装、运输等)引起的,而关联性故障又可分系统性故障和随机性故障。系统性故障是指机床和系统一旦满足某种条件必然出现的故障。这是一种可重演性的故障。而随机性故障则不然,即使在完全相同的条件下,故障也只是偶然发生。一般来说,随机性故障往往是由于机械结构局部松动、错位,控制系统中软件不完善、硬件工作特性曲线漂移,机床电气元件工作可靠性下降等原因所致。这类故障排除比系统性故障要难得多,需经过反复试验和综合判断才能确诊。

(2) 按诊断方式可分为有诊断显示故障和无诊断显示故障两类。现代的数控系统大多都有较丰富的自诊断功能,如日本的 FANUC 数控系统、德国的 SIEMENS 数控系统等,报警号有数百条,所配置可编程控制装置报警参数也有数十条乃至上百条,当出现故障时自动显示出报警号。维修人员利用这些诊断显示的报警号,较易找到故障所在。而在无诊断显示时,机床停在某一个位置不动,循环进行不下去,甚至用手动强行操作也无济于事。由于没有报警显示,维修人员只能根据故障出现前后的现象来判断。因此故障排除难度较大。

(3) 按故障破坏性可分为破坏性故障和非破坏性故障两类。破坏性故障一般来说应避免再发生,维修时不允许使故障重现来进行分析、判断。如对因伺服系统失控造成的机床飞车、短路后熔丝熔断等破坏性故障,只能根据现场目击者提供的情况来做分析判断,所以维修难度较大,且具有一定的危险性。对于非破坏性故障,由于其危险性小,可以由操作者使其反复再现,因此排除较容易。

(4) 按故障起因可分为硬故障和软故障两类。硬故障主要是由于控制系统中的元器件损坏而造成的,必须更换元器件才能排除故障。而软故障大都由于编程错误、操作错误或电磁干扰等偶然因素造成,只要修改程序或作适当调整,故障即可排除。

### 2. 数控机床常用故障诊断方法

#### 1) 现场故障处理

数控机床或系统出现故障时,操作人员应采取急停措施停止系统运行。如果操作人员不能将故障排除,应及时通知维修人员,并保护好现场,同时对故障做以下记录。

#### (1) 故障的种类。

① 数控机床处于何种工作方式(纸带方式、手动数据输入方式、存储器方式、点动方

式等)?

- ② 数控系统状态显示的内容是什么?
- ③ 定位误差超差情况如何?
- ④ 刀具运动轨迹误差状况以及出现误差时的速度是否正常?
- ⑤ 显示器上有无报警? 报警号是什么?

(2) 故障出现情况。

- ① 故障何时发生, 一共发生了几次? 此时旁边其他数控机床工作是否正常?
- ② 加工同类工件时, 故障出现的概率如何?
- ③ 故障是否与进给速度、换刀方式或螺纹切削有关?
- ④ 故障出现在哪段程序上?
- ⑤ 如果故障为非破坏性的, 则将引起故障的程序段重复执行多次, 观察故障的重复性;
- ⑥ 将该程序段的编程值与系统内的实际数值进行比较, 看两者是否有差异, 是否是程

序输入错误。

- ⑦ 重复出现的故障是否与外界因素有关?

(3) 数控机床操作及运转情况。

- ① 经过什么操作之后才发生此故障? 操作是否有误?
- ② 数控机床的操作方式是否正确?
- ③ 数控机床调整状况如何? 间隙补偿是否合适?
- ④ 数控机床在运转过程中是否发生振动?
- ⑤ 所用刀具的切削刃是否正常?
- ⑥ 换刀时是否设置了偏移量?

(4) 环境状况。

- ① 周围环境温度如何? 是否有强烈的振源? 系统是否受到阳光的直射?
- ② 切削液、润滑油是否飞溅到系统柜里?
- ③ 电源电压是否有波动? 电压值为多少?
- ④ 近处是否存在干扰源?
- ⑤ 系统是否处于报警状态?
- ⑥ 机床操作面板上的倍率开关是否设定为“0”?
- ⑦ 数控机床是否处于锁住状态?
- ⑧ 系统是否处于急停状态?
- ⑨ 熔丝是否熔断?
- ⑩ 方式选择开关设定是否正确? 进给保持按钮是否被按下?

(5) 数控机床和系统之间的接线情况。

- ① 电缆是否完整无损? 特别是在拐弯处是否有破裂、损伤?
- ② 交流电源线和系统内部电缆是否分开安装?
- ③ 电源线和信号线是否分开走线?
- ④ 信号屏蔽线接地是否正确?
- ⑤ 继电器、电磁铁以及电动机等电磁部件是否装有噪声抑制器?
- (6) 有关穿孔纸带的检查。

- ① 纸带阅读机开关设定是否正确?
- ② 有关纸带操作的设定是否正确? 纸带安装是否正确?
- ③ 纸带是否折、皱和存有污物? 孔有无破损?
- ④ 纸带的连接处是否完好?
- (7) 程序检查。
  - ① 是否是新编程序? 检查程序的正误。
  - ② 故障是否发生在某一特定的程序段?
  - ③ 程序内是否包含有增量指令? 刀具补偿量是否设定得正确?
  - ④ 程序是否提前终止或中断?

## 2) 故障诊断的原则

数控机床或数控系统的故障是多种多样的。但无论对何种故障, 在进行诊断时, 都应遵循以下原则。

(1) 仔细调查故障现场, 掌握第一手材料。维修人员到达故障现场后, 先不要急于动手处理, 而应首先详细向操作者询问故障发生的全过程, 并查看故障记录单, 了解故障发生前后曾出现过什么现象, 采取过什么措施等。同时还要亲自仔细勘察现场。无论是系统的外观、CRT 显示的内容, 还是系统内部的各电路板上有无相应的报警显示、有无烧灼的痕迹, 不管多么细微的变化都应查清。在确认系统通电无危险的情况下, 方可通电, 并按下数控系统的复位(RESET)按钮, 观察系统有何异常, 报警是否消失等。如果消失, 则该故障属于软故障, 否则属于硬故障。

(2) 认真查找各种故障因素。目前的数控系统在出现故障时, 除少数自诊断显示故障原因外, 如存储器报警、电源电压过高报警等, 大部分尚不能自动诊断出故障的确切原因。往往是同一现象、同一报警号可以由多种故障所致, 不可能将故障缩小到具体的某一部件。所以在查找故障起因时, 一定要思路开阔, 不能被某种假象所迷惑。如系统的某一部分自诊断出现故障, 但查其根源在数控机床机械部分, 而并不在数控系统。所以, 无论是数控系统、数控机床电气, 还是机械和液压系统, 只要有可能引起该故障的迹象, 都要尽可能全部列出来。

(3) 综合分析, 查清故障。利用数控机床的维修档案进行综合分析和筛选, 找出可能性最大的原因。经过必要的试验, 查清确切原因。然后“对症下药”, 采取相应措施排除故障。例如某厂购置了一台北京机床研究所生产的 JCS—018 立式加工中心, 使用中发现 X、Y 两坐标轴快速回零时, X 轴出现抖动。经询问, 该加工中心已使用了七年。对 X 轴进行多次单独运行试验, 均无抖动现象, 从而排除了 X 轴机械传动链和伺服电动机本身的因素。数控系统控制 X 轴脉冲也很均匀, 这又排除了控制系统的影响。X 轴的伺服电动机装在 Y 轴的床鞍上, X 轴的控制电缆在 Y 轴运动时被来回拖动, 当 X 轴单轴往复运动时, 用手拖动 X 轴电动机的控制电缆, 出现了抖动现象, 这就可以确认抖动现象是由于 X 轴控制电缆接触不良造成的。由于电缆的插头长期被油腐蚀, 绝缘丧失, 插头松动, 需要更换电缆排除故障。

## 3) 故障诊断的一般方法

要排除故障, 首先必须找到故障所在。下面介绍几种常用的故障检查方法。

(1) 直观检查法。即维修人员充分利用自身的眼、耳、鼻、手等感觉器官查找故障的

方法。通过目测故障电路板,仔细检查有无熔丝熔断、元器件烧坏、烟熏、开裂现象,从而可判断板内有无过流、过压、短路发生。用手摸并轻摇元器件(如电阻、电容、晶体管等)看有无松动之感,以此检查一些断脚、虚焊等问题。针对故障的有关部分,用一些简单工具,如万用表、蜂鸣器等,检查各电源之间的连接线有无断路现象。若无,即可接入相应的电源,并注意有无烟、尘、噪声、焦糊味、异常发热的现象,以此发现一些较为明显的故障,进一步缩小检查范围。

(2) 自诊断功能法。现代的数控机床虽然尚未达到智能化很高的程度,但已经具备了较强的自诊断功能。所谓自诊断是指依靠数控系统内部计算机的快速处理数据的能力,对出错系统进行多路、快速的信号采集和处理,然后由诊断程序进行逻辑分析判断,以确定系统是否存在故障,并对故障进行定位。自诊断功能能随时监视数控系统硬件和软件的工作状态。一旦发现异常,立即在 CRT 显示器上显示报警信息或用发光二极管指示出故障的大致起因。利用自诊断功能,显示设备也能显示出系统与主机之间接口信号的状态,从而判断出故障发生在机械部分还是数控系统部分,并指示出故障的大致部位。这个方法是当前维修方法中最为有效的一种。

(3) 功能程序测试法。所谓功能程序测试法就是将数控系统的常用功能和特殊功能如直线定位、圆弧插补、螺纹切削、固定循环、用户宏程序等用编程法,编制成一个功能测试程序,并存储于相应的介质上,如纸带和磁带等,需要时通过纸带阅读机等送入数控系统内,然后启动数控系统使之运行,藉以检查数控机床执行这些功能的准确性和可靠性,进而判断出故障发生的可能起因。本方法适用于长期闲置的数控机床第一次开机时的检查;对于数控机床加工中造成废品,但又无报警的情况下,一时难以确定是编程错误或是操作错误,还是数控机床本身故障时,是一有效的故障分析判断法。

(4) 故障现象分析法。对于非破坏性故障,必要时维修人员可让操作人员再现故障现象,最好会同机械、电气、液压等技术人员一起会诊,共同分析出现故障时的异常现象,有助于尽快而准确地找到故障规律和线索。

(5) 报警显示分析法。数控机床上多配有面板显示器和指示灯。面板显示器可把大部分被监控的故障识别结果以报警的方式给出。对于各个具体的故障,系统有固定的报警号和文字显示给予提示。出现故障后,系统会根据故障情况、类型给以故障提示或者同时中断运行而停机等待处理。指示灯可粗略地提示故障部位及类型等。程序运行中出现故障时程序显示能指出故障出现时程序的中断部位;坐标值显示能提示故障出现时运动部件的坐标位置;状态显示能提示功能执行结果。维修人员应利用故障信号及有关信息分析故障原因。

(6) 换件诊断法。当系统出现故障后,维修人员把怀疑部分从大缩至小,逐步缩小故障范围,直至把故障定位于电路板级或部分电路、甚至元器件级。此时,可利用备用的印制电路板、集成电路芯片或元器件替换有疑点的部分,或将系统中具有相同功能的两块印制电路板、集成电路芯片或元器件进行交换,即可迅速找出故障所在。这是一种简便易行的方法。但换件时应该注意备件的型号、规格、各种标记、电位器调整位置、开关状态、电路更改是否与怀疑部分的相同,此外,还要考虑到可能要重调新替换件的某些电位器,以保证新、旧两部分性能相近。任何细微的差异都可能导致失败或造成损失。

(7) 测量比较法。数控系统生产厂在设计印制电路板时,为了调整、维修的便利,在

印制电路板上设计了多个检测用端子。用户也可利用这些端子比较、测量正常的印制电路板和有故障的印制电路板之间的差异。可以检测这些测量端子的电压或波形,分析故障的起因及故障的所在位置。甚至有时还可对正常的印制电路板人为地制造“故障”,如断开连接或短路,拔去组件等,以判断真实故障的起因。

(8) 参数检查法。众所周知,数控参数能直接影响数控机床的性能。参数通常存放在磁泡存储器或存放在需由电池保持的 CMOS RAM 中,一旦电池不足或由于外界的某种干扰等因素,会使个别参数丢失或变化,发生混乱,使数控机床无法正常工作。此时,通过核对、修正参数,就能将故障排除。当数控机床长期闲置后,工作时会出现无缘无故地出现不正常现象,此时应根据现象特征,检查和校对有关参数。

另外,经过长期运行的数控机床,由于其机械传动部件磨损、电气元件性能变化等原因,也需对其有关参数进行调整。有些数控机床的故障往往就是由于未及时修改某些不适应的参数所致。当然这些故障都属于软故障的范畴。

(9) 敲击法。当数控系统出现的故障表现为时有时无时,往往可用敲击法检查出故障的部位所在。这是由于数控系统是由多块印制电路板组成,每块板上又有许多焊点,板间或模块间又通过接插件及电缆相连。因此,任何虚焊或接触不良,都可能引起故障。当用绝缘物轻轻敲打有虚焊或接触不良的疑点时,故障会重复再现。

(10) 局部升温法。数控系统经过长期运行后元器件均会逐步老化,性能变坏。当它们尚未完全损坏时,相应的故障时有时无。这时可用热吹风机或电烙铁等来局部升温被怀疑的元器件,加速其老化,以便彻底暴露故障部件。当然,采用此法时,一定要注意元器件的温度参数等,不要将原来好的元器件烤坏。

(11) 原理分析法。根据数控系统的工作原理,维修人员可从逻辑上分析可疑元器件各点的电平和波形,然后用万用表、逻辑笔、示波器或逻辑分析仪进行测量、分析和对比,从而找出故障。这种方法对维修人员的要求最高,维修人员必须对整个系统乃至每个电路的原理有清楚的了解。但这也是检查疑难故障的最终方法。

(12) 接口信号法。由于数控机床的各个控制部分大都采用 I/O 接口来互为控制,利用数控机床各接口部分的 I/O 接口信号来分析,则可以找出故障出现的部位。

利用接口信号法进行故障诊断的全过程可归纳为:故障报警—故障现象分析—确定故障范围(大范围)—采用接口信号法—逻辑分析—确定故障点—排除故障。

此方法符合系统的设计与调试原则,使用简单,容易掌握,能起到迅速准确排除故障的作用。因此,这种方法对数控系统的维修工作具有很重要的作用。

### 6.3.3 数控系统的故障诊断与维修

#### 1. 数控系统的故障诊断技术

由于数控系统是高技术密集型产品,要想迅速而正确的查明原因并确定其故障的部位,不借助于诊断技术将是很困难的,有时甚至是不可能的。随着微处理器的不断发展,诊断技术也由简单的诊断朝着多功能的高能诊断或智能化方向发展。诊断能力的强弱也是评价当今 CNC 系统性能的一项重要指标。目前所使用的各种 CNC 系统的诊断方法归纳起来大致可分为以下三大类。

### 1) 启动诊断 (start up diagnostics)

启动诊断是指 CNC 系统每次从通电开始至进入正常的运行准备状态为止,系统内部诊断程序自动执行的诊断。诊断的内容为系统中最关键的硬件和系统控制软件,如 CPU、存储器、I/O 等单元模块,以及 MDI/CRT 单元、纸带阅读机、软盘单元等装置或外部设备。有的 CNC 系统启动诊断程序还能对配置进行检查,用以确定所有指定的设备模块是否都已正常的连接,甚至还能对某些重要的芯片,如 RAM、ROM、LSI(大规模集成电路)是否插装到位,选择的规格型号是否正确进行诊断。只有当全部项目都确认正确无误之后,整个系统才能进入正常运行的准备状态。否则,CNC 系统将通过 CRT 显示器画面或用硬件(如发光二极管)报警方式指出故障的信息。此时,启动诊断过程不能结束,系统不能投入运行。上述启动诊断程序正常时需数秒结束,一般不会超过 1min。

### 2) 在线诊断 (on-line diagnostics)

在线诊断是指通过 CNC 系统的内装程序,在系统处于正常运行状态时对 CNC 系统本身及与 CNC 装置相连的各个伺服单元、伺服电动机、主轴伺服单元和主轴电动机以及外部设备等自动诊断、检查,只要系统不停电,在线诊断就不会停。

在线诊断的内容很丰富,一般来说,包括自诊断功能的状态显示和故障信息显示两部分。其中自诊断功能状态显示有上千条,常以二进制的 0、1 来显示其状态。对正逻辑来讲,0 表示断开状态,1 表示接通状态,借助状态显示可以判断出故障发生的部位。如区分出故障在数控系统内部,还是发生在 PLC 或机床侧。常用的有 I/O 接口状态显示和内部状态显示,如利用 I/O 接口状态显示,再结合 PLC 梯形图和强电控制电路图,用推理法和排除法即可判断出故障点所在的真正位置。故障信息显示的内容一般有上百条,最多可达 600 条。这些信息大都以报警号和适当注释的形式出现,一般可分为下述几大类:

- ① 过热报警类。
- ② 系统报警类。
- ③ 存储器报警类。
- ④ 编程/设定类,这类故障均为操作、编程错误引起的软故障。
- ⑤ 伺服类,即与伺服单元和伺服电动机有关的故障报警。
- ⑥ 行程开关报警类。
- ⑦ 印制电路板间的连接故障类。

所有上述在线诊断功能,对 CNC 系统的操作者和维修人员来说,对于分析系统故障原因、确定部位大有帮助。

### 3) 离线诊断 (off-line diagnostics)

这主要是指 CNC 系统制造厂家或专业维修中心,利用专用的诊断软件和测试装置在 CNC 系统出现故障后,进行停机(或脱机)检查,力求把故障定位到尽可能小的范围内。如缩小到某个功能模块、某个印制电路板或板上某部分电路,甚至某个芯片或元件,以便更换元件进行修复。随着电信技术的发展,一种新的通信诊断技术也正在进入应用阶段即海外诊断,它利用电话通信线,把带故障的 CNC 系统和专业维修中心的专用通信诊断计算机通过连接进行测试、诊断。如德国 SIEMENS 公司在 CNC 系统诊断中采用了这种诊断功能,用户只需把 CNC 系统中专用“通信接口”连接到普通电话线上,而在 SIEMENS 公司维修中心的专用通信诊断计算机的“数据电话”也连接到电话线路上,然后由计算机向 CNC 系

统发送诊断程序，并将测试数据输回到计算机进行分析并得出结论，随后又将诊断结论和处理办法通知用户。通信诊断系统除用于故障发生后的诊断外，还可为用户作定期的预防性诊断，维修人员不必亲临现场，只需按预定的时间对数控机床作一个系统性试运行检查，在维修中心分析诊断数据，以发现可能存在的故障隐患。这类 CNC 系统，必须具备远距离诊断接口及联网功能。

## 2. 数控系统常见故障和处理

(1) 键盘故障。用键盘输入程序，发现有关字符不能输入和消除、程序不能复位或显示屏不能变换页面等故障。先检查有关按键是否接触不好，予以修复或更换。若不见成效或所有按键都不起作用，可进一步检查该部分的接口电路、系统控制软件及电缆连接状况等。

(2) 数控系统电源接通后 CRT 无辉度或无任何画面。造成此类故障的原因如下。

① 与 CRT 单元有关的电缆连接不良引起的。应对电缆重新检查，连接一次。

② 检查 CRT 单元的输入电压是否正常。但在检查前应先搞清楚 CRT 单元所用的电压是直流还是交流，电压有多高。因为生产厂家不同，它们之间有较大差异，一般来说，9in 单色 CRT 多用+24V 直流电源，而 14in 彩色 CRT 却为 200V 交流电压。在确认输入电压过低的情况下，还应确认电网电压是否正常。如果是电源电路不良或接触不良，造成输入电压过低时，还会出现某些印制电路板上的硬件或软件报警，如主轴低压报警等，因此可通过几个方面的相互印证来确认故障所在。

③ CRT 单元本身的故障造成。CRT 单元由显示单元、调节器单元等部分组成，它们中的任一部分不良都会造成 CRT 无辉度或无图像等故障。

④ 可以用示波器检查是否有视频(video)信号输入。如无，则故障出在 CRT 接口印制电路板上或主控制电路板上。

⑤ 数控系统的主控制印制电路板上如有报警显示，也可影响 CRT 的显示。此时，故障的起因，多不是 CRT 本身，而在主控制印制电路板上，可按报警指示的信息来分析处理。

(3) CRT 无显示。造成此类故障的原因如下。

① 电源接通后 CRT 无显示，但输入单元有硬件报警显示。这时，故障可能出在输入单元处。先检查单元的熔断器是否熔断，然后再检查单元上的有关电容是否烧坏、击穿等。

② CRT 显示器无显示，数控机床也不能动作，但主控制印制电路板有硬件报警。可根据硬件报警指示的提示来判断故障的根源。多数是主控制印制电路板或 ROM 板不良造成的。

③ CRT 无显示，数控机床不能动作，而主控制印制电路板也无报警。这时，故障一般发生在 CRT 控制板上。更换 CRT 控制板，系统即可恢复运行。

④ CRT 无显示，但数控机床能正常地执行手动或自动操作。这种现象表明，系统的控制部分正常，仍能完成插补运算等功能，而仅是显示部分或 CRT 显示器控制板出了故障。

(4) CRT 显示器显示无规律的亮斑、线条或不正确的符号。这时 CNC 系统往往也不能正常工作，造成此类故障的原因。

① CRT 控制板故障。

② 主控制板故障。

(5) 数控系统一接通电源, CRT 显示器就出现“NOT READY”显示, 过几秒自动切断电源, 有时数控系统接通电源后显示正常, 但在运行程序的中途突然在 CRT 显示器上显示“NOT READY”, 随之电源被切断。造成这类故障的一个原因是 PC 有故障, 可以通过检查 PC 的参数及梯形图来发现。其次应检查伺服系统电源装置是否有熔丝熔断、断路器跳闸等问题。若合闸或更换熔丝后断路器再次跳闸, 应检查电源部分是否有问题, 检查是否有电动机过热, 大功率晶体管组件过电流等故障而使计算机的监控电路起作用; 检查计算机各板是否有故障灯显示。另外还应检查计算机所需各交流电源、直流电源的电压值是否正常。若电压不正常也可造成逻辑混乱而产生“NOT READY”故障。

(6) 当数控系统进入用户宏程序时出现超程报警或显示“PROGRAM STOP”, 但数控系统一旦退出用户宏程序运行就恢复正常, 这类故障多出在用户宏程序。如操作人员错按“RESET”按钮, 就会造成宏程序的混乱。此时可采取全部清除数控系统的内存, 重新输入 NC 和 PC 的参数、宏程序变量、刀具补偿号及设定值等方法来恢复。

(7) 数控系统的 MDI 方式、MEMORY 方式无效, 但在 CRT 画面上却无报警发生这类故障多数不是由数控系统引起的, 因为上述的 MDI 方式、MEMORY 方式的操作开关都在机床操作面板上, 在操作面板和数控柜之间的连接发生故障如断线等的可能性最大。在上述故障中几种工作方式均无效, 说明是共性的问题, 如机床侧的继电器损坏, 造成数控机床侧的+24V 不能进入 NC 侧的连接单元就会引起上述故障。

(8) 数控机床不能正常地返回基准点, 且有报警产生。此类故障一般是由脉冲编码器的一转信号没有输入到主控制印制电路板造成的。如脉冲编码器断线, 或脉冲编码器的连接电缆和插头断线等均可引起此类故障。另外, 返回基准点时的数控机床位置距基准点太近也会产生此报警。

(9) 手摇脉冲发生器(电手轮)不能工作。这可分为两种情况: 一是转动手摇脉冲发生器时 CRT 画面的位置显示发生变化但数控机床不动。此时可先通过诊断功能检查系统是否处于数控机床锁住状态。如未锁住, 则再由诊断功能确认伺服断开信号是否已被输入到数控系统中。如果两种情况都不存在, 则故障多是出在伺服系统。二是转动手摇脉冲发生器时 CRT 显示器画面的位置显示无变化, 数控机床也不运动。此时可从以下几个方面进行检查。首先应确认数控系统是否带有手摇脉冲发生器这个功能。这可以通过核查参数来确认。然后确认数控机床锁住信号是否已被输入(通过诊断功能来检查)。确认手摇脉冲发生器的方式选择(它在数控机床操作面板上)信号是否已输入(也可用诊断功能来确认), 并检查主板是否有报警。若以上几个方面均无问题, 则可能是手摇脉冲发生器不良或脉冲发生器接口板不良。

(10) 一台加工中心在攻螺纹或主轴电动机作高低速切换时, 引起附近另一台加工中心自动断电的原因主要是控制回路中 MCC 接触器失电, 从而造成整个控制回路断电。检查 MCC 接触器的线圈、连接导线、操作面板上的停止按钮、浪涌吸收器等元件, 检查 MCC 的自锁触点以及交流和稳压直流电源发现均正常。进一步细查机床控制回路, 发现当一台加工中心主轴变速时, 引起地基振动, 结果导致另一台加工中心的机床控制回路中的一根导线接地, 从而引起机床自动断电保护。

(11) 加工中心的存储器方式、手动数据输入方式均无效, 但 CRT 显示器却无报警发生。经过检查, 是由于机床侧的继电器损坏, 使机床侧的+24V 电源不能送入 CNC 系统的连接

单元。

(12) SIEMENS 公司 SINUMERIK810 系统常见故障如下:

① CPU 监控报警。如果系统不能被启动,则原因有:CPU 模块硬件故障;模块中的跨接桥接错;EPROM 故障;总线板损坏;数控机床参数错误;启动芯片损坏,如果 CPU 监控报警发生在运行过程中,则多数是模块硬件故障或是 CPU 循环工作出错。

② EPROM 的自诊断报警。多是由于存储器模块或 EPROM 芯片接插不良或插错位置引起的。

③ 数据存储子模块电池用尽报警。此时,子模块必须更换,但子模块更换必须在系统断电的情况下进行,且在子模块更换后,要重新加载其存储内容。

④ 轮廓监控报警。说明坐标轴的实际移动速度高于规定的轮廓监控门槛速度的允许值,或是在高速或制动时,相应坐标轴不能在规定时间内达到要求的速度。这多数是由于  $K_v$  系数设定不当造成。

⑤ 位置反馈回路硬件故障。表示检测到的位置反馈信号相位错误、接地短路或完全没有。可以通过检查测量回路电缆是否断路、脱落;检测判断位置控制模块是否有故障;用示波器测量位置反馈信号的相位,判断电缆与位置传感器是否出问题等确定故障之所在。

### 6.3.4 伺服系统的故障诊断与维修

#### 1. 进给伺服系统的故障诊断与维修

根据经验,进给伺服系统的故障约占整个数控系统故障的 1/3。故障报警现象有三种:一是利用软件诊断程序在 CRT 上显示报警信息,二是利用伺服系统上的硬件(如发光二极管、熔丝熔断等)显示报警,三是没有任何报警指示。

##### 1) 软件报警形式

现代数控系统都具有对进给驱动进行监视、报警的能力。在 CRT 上显示进给驱动的报警信号大致可分为以下三类。

(1) 伺服进给系统出错报警。这类报警的起因,大多是速度控制单元方面的故障引起的,或是主控制印制电路板内与位置控制或伺服信号有关部分的故障。

(2) 检测出错报警。它是指检测元件(测速发电机、旋转变压器或脉冲编码器)或检测信号方面引起的故障。

(3) 过热报警。这里所说的过热是指伺服单元、变压器及伺服电动机过热。

总之,可根据 CRT 显示器上显示的报警信号,参阅该数控机床维修说明书中“各种报警信息产生的原因”的提示进行分析判断,找出故障,将其排除。

##### 2) 硬件报警形式

硬件报警形式包括速度单元上的报警指示灯和熔丝熔断以及各种保护用的开关跳开等报警。报警指示灯的含义随速度控制单元设计上的差异也有所不同,一般有下列几种。

(1) 大电流报警。此时多为速度控制单元上的功率驱动元件(晶闸管模块或晶体管模块)损坏。检查方法是在切断电源的情况下,用万用表测量模块集电极和发射极之间的阻值。如阻值小于  $10\Omega$ ,表明该模块已损坏。当然速度控制单元的印制电路板故障或电动机绕组内部短路也可引起大电流报警,但后一种故障较少发生。

(2) 高电压报警。产生这类报警的原因是输入的交流电源电压达到了额定值的 110%,甚

至更高或电动机绝缘能力下降, 或速度控制单元的印制电路板不良。

(3) 电压过低报警。大多是由于输入电压低于额定值的 85%或是伺服变压器二次绕组与速度单元之间的连接不良引起的。

(4) 速度反馈断线报警。此类报警多是由伺服电动机的速度或位置反馈线接触不良或连接器接触不良引起的。如果此类报警是在更换印制电路板之后出现, 则应先检查印制电路板上的设定是否有误, 例如误将脉冲编码设定为测速发电机。

(5) 保护开关动作。此时应首先分清是何种保护开关动作, 然后再采取相应措施解决。如伺服单元上热继电器动作时, 应先检查热继电器的设定是否有误, 然后再检查数控机床工作时的切削条件是否太苛刻或数控机床的摩擦力矩是否太大。如变压器热动开关动作, 但此时变压器并不热, 则是热动开关失灵; 如果变压器很热, 用手只能接触几秒, 则要检查电动机负载是否过大。这可以在减轻切削负载条件下, 再检查热动开关是否动作。如仍发生动作, 应在空载低速进给的条件下测量电动机电流, 如已接近电流额定值, 则需要重新调整数控机床。产生上述故障的另一原因是变压器内部短路。

(6) 过载报警。造成过载报警的原因有机械负载不正常, 速度控制单元上电动机电流的上限值设定得太低。永磁电动机上的永久磁体脱落也会引起过载报警, 如果不带制动器的电动机空载时用手转不动或转动轴时很费劲, 即说明永久磁体脱落。

(7) 速度控制单元上的熔丝熔断或断路器跳闸。发生此类故障的原因很多, 除机械负荷过大和接线错误外(仅发生在重新接线之后), 主要原因如下:

① 速度控制单元的环路增益设定过高。

② 位置控制或速度控制部分的电压过高或过低引起振荡(如速度或位置检测元件故障, 也可能引起振荡)。

③ 电动机故障(如电动机去磁, 将会引起过大的励磁电流)。

④ 相间短路(当速度控制单元的加速或减速频率太高时, 由于流经扼流圈的电流延迟, 可能造成相间短路, 从而熔断熔丝, 此时需适当降低工作频率)。

### 3) 无报警显示的故障

这类故障多以数控机床处于不正常运动状态的形式出现, 但故障的根源却在进给驱动系统。常见故障如下。

(1) 直流伺服电动机不转。这类故障的可能原因如下:

① 电动机永久磁铁脱落, 此时用手很难转动电动机转子。

② 对于带制动器的电动机, 可能由于通电后电磁制动片未能脱开或是制动器用的整流器损坏, 使制动器失灵。

(2) 数控机床失控(飞车现象)。其原因如下:

① 位置传感器或速度传感器的信号反相, 或者是电枢线反接, 使整个系统变成正反馈;

② 速度指令不正确。

③ 位置传感器或速度传感器没有反馈信号。

④ 计算机或伺服控制板有故障。

⑤ 电源板有故障而引起的逻辑混乱。

(3) 数控机床振动。此时应首先确认振动周期与进给速度是否成比例变化, 如果成比例变化, 则故障的起因是数控机床、电动机、检测器不良, 或是系统插补精度差, 检测增

益太高；如果不成比例变化，且数值大致固定时，则故障的起因是与位置控制有关的系统参数设定错误，速度控制单元上短路棒设定错误或增益电位器调整不好，以及速度控制单元的印制电路不良。

(4) 伺服超差。故障影响因素如下。

① 计算机与驱动放大模块之间或计算机与位置检测器之间或驱动放大器与伺服电动机之间的连线是否正确、可靠。

② 位置检测器的信号及相关的 D/A 转换电路是否有问题。

③ 驱动放大器输出电压是否有问题。

④ 电动机轴与数控机床间的传动机构是否有问题。

⑤ 位置环增益是否符合要求。

(5) 数控机床停止时，有关进给轴振动。可检查以下部位。

① 高频脉动信号是否符合要求。

② 伺服放大器速度环的补偿是否合适。

③ 位置检测用编码盘的轴、联轴器、齿轮系是否啮合良好，有无松动现象。

(6) 数控机床过冲。数控系统的参数(快速移动时间常数)设定的大小或速度控制单元上的速度环增益设定太低都会引起数控机床过冲。另外，如果电动机和进给丝杠间的刚性太差，如间隙太大或传动带的张力调整不好也会造成此故障。

(7) 数控机床移动时噪声过大。如果噪声源来自电动机，可能的原因是电动机换向器表面的粗糙度高或有损伤，油、液、灰尘等侵入电刷槽或换向器和电动机有轴向窜动。

(8) 快速移动坐标轴时数控时机床出现振动，有时还伴有大的冲击。这种现象多是由于伺服电动机尾部测速发电机的电刷接触不良引起的。

(9) 圆柱度超差。两轴联动加工外圆时圆柱度超差，且加工时象限稍一变化精度就不一样，则多是由于进给轴的定位精度太差所致，需要调整机床精度差的轴。如果是在坐标轴的 45° 方向超差，则多是由于位置增益或检测增益调整不好造成的。

## 2. 主轴伺服系统常见故障的处理

主轴伺服系统可分为直流主轴伺服系统和交流主轴伺服系统，下面分别说明。

### 1) 直流主轴伺服系统

(1) 主轴电动机振动或噪声太大。这类故障的起因如下：

① 系统电源缺相或相序不对。

② 主轴控制单元上的电源频率开关(50/60Hz 切换)设定错误。

③ 控制单元上的增益电路调整不好。

④ 电流反馈回路调整不好。

⑤ 电动机轴承故障。

⑥ 主轴电动机和主轴之间连接的离合器故障。

⑦ 主轴齿轮啮合不好及主轴负荷太大等。

(2) 主轴不转。引起这一故障的原因如下：

① 印制电路板太脏。

② 触发脉冲电路故障。

- ③ 系统未给出主轴旋转信号。
- ④ 电动机动力线或主轴控制单元与电动机间连接不良。
- (3) 主轴速度不正常。造成此故障的原因有如下。
  - ① 装在主轴电动机尾部的测速发电机故障。
  - ② 速度指令给定错误或 D/A 转换器故障。
- (4) 发生过流报警。发生过流的可能原因如下。
  - ① 电流极限设定错误。
  - ② 同步脉冲紊乱和主轴电动机电枢线圈层间短路。
- (5) 速度偏差过大。这种故障是由于负荷过大、电流零信号没有输出和主轴被制动所致。
- (6) 主轴定位时抖动。其主要原因如下。
  - ① 定位检测用的传感器位置安装不正。
  - ② 主轴速度控制单元的参数不合适。
- (7) 主轴停位不准，换刀时甚至有掉刀现象。发生这种现象多数是主轴停止回路没有调整好。因此只要调整有关电位器，即可排除故障。

## 2) 交流主轴伺服系统

- (1) 电动机过热。造成过热的可能原因如下。
  - ① 负载过大。
  - ② 电动机冷却系统太脏。
  - ③ 电动机的冷却风扇损坏。
  - ④ 电动机与控制单元之间连接不良。
- (2) 主轴电动机不转或达不到正常转速。其原因如下。
  - ① 系统侧输出或 D/A 转换器不良引起。
  - ② 印制电路板设定错误、调整不当或控制回路有问题。
  - ③ 因停用传感器安装不良而使传感器不能发出检测信号也会使主轴不能启动。
  - ④ 连接电缆的接触不良。
- (3) 输入电路的熔断器熔断。引起这类故障的原因多是以下几种。
  - ① 交流电源侧的阻抗大高(例如在电源侧用自耦变压器代替隔离变压器)。
  - ② 交流电源输入处的浪涌吸收器损坏。
  - ③ 电源整流桥损坏。
  - ④ 逆变器用的晶体管模块损坏或控制单元的印制电路板故障。
- (4) 再生回路用的熔断器熔断。这大多是由于主轴电动机的加速或减速频率太高引起的。
- (5) 主轴电动机有异常噪声和振动。对这类故障应先检查确认是在何种情况下产生的。若在减速过程中产生，则故障发生在再生回路，此时应检查回路处的熔丝是否熔断及晶体管是否损坏。若在恒速下产生，则应先检查反馈电压是否正常，然后突然切断指令，观察电动机停转过程中是否有噪声。若有噪声，则故障出现在机械部分，否则，多在印制电路板上。若反馈电压不正常，则需检查振动周期是否与速度有关。若有关，应检查主轴与主轴电动机连接是否合适，主轴以及装在交流主轴电动机尾部的脉冲发生器是否不良；若无关系，则可能是印制电路板调整不好或不良，或是机械故障。
- (6) 主轴电动机转速偏离指令值。其原因如下。

- ① 电动机过载。
- ② 如发生在减速时，则可能是再生回路不良或晶体管模块损坏。
- ③ 如果发生在电动机正常旋转时，则可能是脉冲发生器故障或速度反馈信号断线，或是印制电路板不良所引起。

## 6.4 数控机床的故障分析与维修实例

### 6.4.1 数控车床的故障分析与维修

**【例 6.1】** 一台由德国引进的专用数控磨床，采用 SINUMERIK 3G4 数控系统。该机床出厂前已调试好。在设备到位安装后进行二次调试，发现电源板无法工作。经改用诊断电源板后，机床仍无法工作。电压波形检测后证实是电压波动过大，波形幅值变化剧烈引起故障。尽管在维修工作中，改善接地状况，增添稳压器装置等，皆不能奏效，故障仍不能排除。直到使用动力线路限压器才使电压稳定，启动机床。

**【例 6.2】** 数控系统有显示，有背光，无报警，主轴高低速、正反转、刀库(刀架)功能无输出。

系统为 GSK928TA 或 GSK928M。液晶显示器上菜单正常，常规检查操作没有异常，由此可以否定 CPU 系统发生故障的可能性，应重点分析 I/O 接口电路。S、M、T 功能输出电路，如图 6.2 所示。由 8155A 接口和 8155B 接口输出信号后经 2803 和 2003 功率放大后输出。没有输出的原因有：8155 内部异常；2803 和 2003 短路烧坏；无+24V 工作电压。

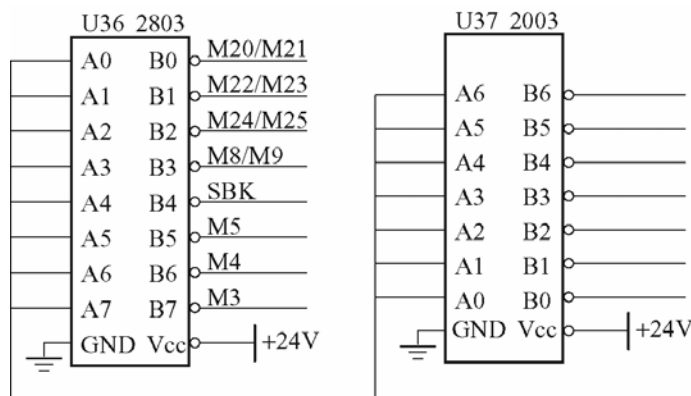


图 6.2 S、M、T 功能输出电路

拆开系统主板，用万用表直流电压挡测量液晶显示器+24V 和 2803、2003 工作电压 +24V 后，发现果然没有电压。又测量开关电源+24V 输出正常，由此可以肯定系统内部 +24V 供电电路有问题。为了防止通电瞬间 S、M、T 功能误输出，设计了一个保护电路，如图 6.3 所示。

系统上电瞬间 MAX809 输出低电平使系统处于复位状态，经反相器和与门整形后使 VD<sub>1</sub> 导通，从而使 VD<sub>2</sub> 截止，晶闸管截止，使系统内部无+24V 输入。复位后经 R<sub>1</sub>、C<sub>1</sub> 产生延迟后晶闸管导通，+24V 输入。检查发现，晶闸管失效。更换后，系统恢复正常。

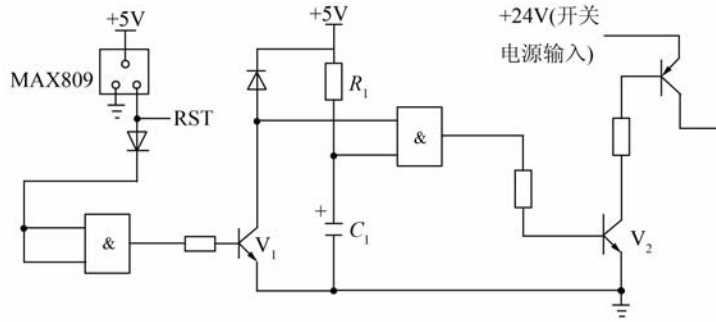


图 6.3 保护电路

【例 6.3】某厂引进一台数控滚齿机，初始故障经检查，为一检测元件的供电变压器断线。更换变压器后，一通电，嘭的一声，伺服系统的供电模块损坏。供电模块的印制电路板中，有的元器件已损坏、烧焦，无法辨认也无法测试，印制电路板的线路也熔断不少。根据测绘的结果，分析电路，补齐烧损的部位，计算元器件的参数值，重新制作印制电路板，恢复了供电模块；再检查测试元件供电变压器的接线，发现接线出错，重新连接。装入供电模块后通电，供电模块正常。作手动操作，有的轴向不能运行。检查位置模块，无输入。再进一步检查发现两个轴向光电编码器已损坏。更换后全部手动正常。再自动运行，全部正常。本例说明，维修人员除能够依照原印制电路板作测绘外，还要具有较广泛的线路知识，能够推导电路中元器件的参数值。

【例 6.4】某加工中心在自动或手动状态下，换 04 号刀具时刀库(刀架)旋转不停，系统出现 E37 报警。

查说明书，系统 E37 报警解释为：执行 T 功能时无相应的刀位信号返回。查找系统资料，得知换刀是收发式控制，软件处理换刀流程如图 6.4 所示。通过分析，重点查找系统有无接收到刀具到位的反馈信号。该机床配置的是常州宏达数控设备厂的 4 工位刀库(刀架)，主要通过霍尔元件和磁钢进行反馈。当磁钢和霍尔元件靠近时，霍尔元件发出低电平反馈至系统，供查询。磁钢和霍尔元件布置如图 6.5 所示。由此，可初步判断应该是以下原因造成该故障：霍尔元件失效，无到位信号输出；反馈线断路；系统接收电路有问题。

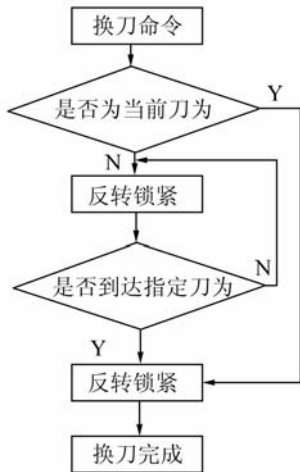


图 6.4 换刀流程图

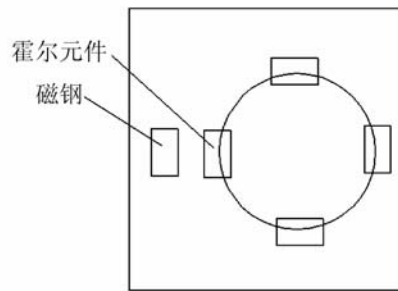


图 6.5 磁钢和霍尔元件布置图

由于系统 DISP 显示功能可以显示系统输入接口的状态。手动方式下，按显示 DISP> 键显示，手动转动刀库(刀架)，使 04 号刀霍尔元件与磁钢对应，发现 04 号刀输入显示位置无变化，可以判定系统没有接收到反馈信号。用万用表电阻挡测量反馈线无断路现象，测量 04 号刀霍尔元件与磁钢对应时有低电平输出。由此可以肯定，是系统内部接收电路异常。系统刀位反馈电路如图 6.6 所示。测量光耦合器 521 发现 1、2 脚正反相无穷大，由此可判定 521 失效，更换后工作正常。

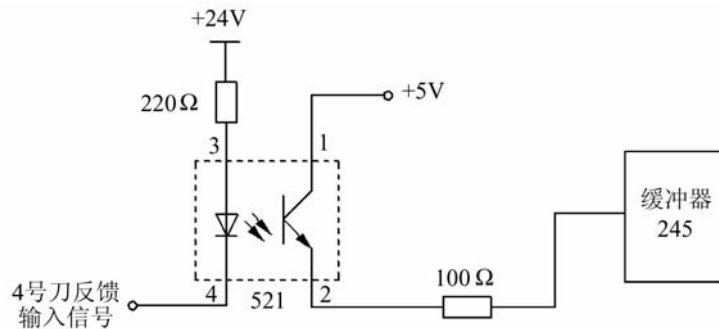


图 6.6 系统刀位反馈电路

**【例 6.5】** 某厂引进德国一台数控转子铣床。在调试中，机床 X 轴无指令而高速运转。经分析后，认为是正反馈造成此种故障。因为系统零点漂移，在反馈情况下，就会迅速累加，使电动机在最高转速下运转。但按标签检查，接线皆正确无误。经充分分析与检测后，将反馈线反接，证明机床 X 轴运行恢复正常。说明外方标签有误。

**【例 6.6】** 机床在自动加工时，突然主轴停，进给停止，系统出现 E74 报警。

该机床配备的是 GSK928TA 或 GSK928M 系统，查说明书，系统出现 E74 报警，解释为：系统检测正向或负向限位输入信号断开。系统内部超程接收电路和外部输入电路如图 6.7 所示。据原理图分析，造成以上故障有以下几点原因：行程超，撞块压住行程开关；线断；系统内部接收电路有问题；行程开关常闭触点断开。

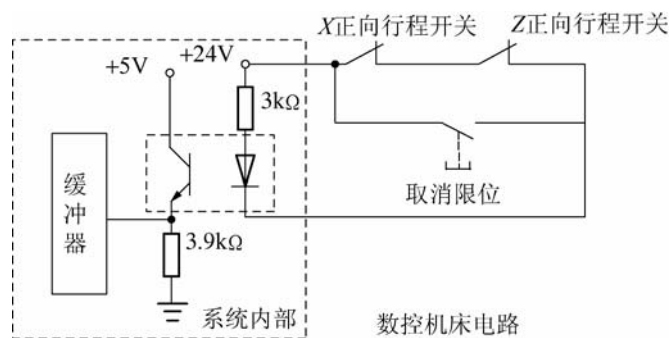


图 6.7 系统内部超程接收电路和外部输入电路

拆开数控机床护罩，查看 X 轴和 Z 轴并未超出数控机床行程之外，撞块并未压住行程开关。压住取消限位按钮，系统复位后报警消除。由此可断定，系统内部接收电路正常，应该是外部异常。用万用表测量 X 正向行程开关触点时，发现电阻无穷大，且开关常开，更换后，报警消除。

**【例 6.7】** 一台波兰生产的数控镗铣床，发现机床 X 轴有时不到位，一般需要几分钟，甚至长达几小时才能到达给定位置，然后继续执行下一个程序段。发生故障时，观察机床移动情况、显示值、各轴和电动机，确实都未出现变化，而伺服系统也无指令输入，但检查数控系统后却发现信号输出。故障显然发生在数控系统与伺服系统之间的连接线上。结果发现是连接不良造成上述故障现象。

**【例 6.8】** 系统无显示，无背光，但机床强电通电正常。

本机床配备的系统是 GSK980T 或 GSK990M，系统输入电源是通过外部输入 380V 经隔离变压器降为 220V，供电电路如图 6.8 所示。引起系统无显示、无背光的很大可能是开关电源没有电压输出。开关电源盒是机床生产厂自行设计生产的，当开关电源盒输出短路时，自身保护功能将使机床停止工作。

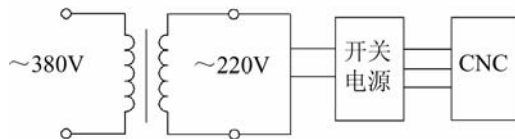


图 6.8 供电电路

用万用表交流电压挡测量隔离变压器次级，发现有交流 220V 输出，开关电源盒也有交流 220V 输入，但没有直流电压输出，所以可以断定故障原因有以下两个方面：一是开关电源盒内开关电路停止工作；二是开关电源盒的负载，即系统内部电路有短路。于是，断开开关电源盒的负载后上电，开关电源盒即时有直流电压输出，开关电路正常工作。打开系统的机箱，闻到里面有烧焦气味，发现功率输出器件 2803 明显有击穿的痕迹。2803 的工作电压为 +24V，测量 +24V 对地的电阻为零。更换 2803 以后，重新开机，则系统显示背光恢复，工作正常。

**【例 6.9】** 一台上海仪表机床厂生产的 CK6430 数控机床配置 GSK980T 或 GSK990M 系统，运行过程中突然停止工作，并且液晶显示只有背光，没有字符，而画面没有抖动现象。

GSK980T 或 GSK990M 系统液晶显示器的背光电路如图 6.9 所示，它是由 +24V 输入后经逆变器产生直流高压供给灯管，使灯管工作。由此可见，开关电源有直流电源输出，证明开关电源盒没有故障，机床输入电压正常。如果有 +5V 输入系统主板及显示板，而没有字符显示，并且没有抖动，则故障原因有以下两方面：一是复位电路出问题，使系统处于复位状态；二是时钟电路停止工作，使系统处于休息状态。复位电路如图 6.10 所示，时钟电路如图 6.11 所示。

拆开系统外壳，测量系统主板和显示板，发现 +5V 直流电压确实正常。用示波器观察 CPU16 脚上时钟信号，发现频率为 12 MHz，幅度为 4.99，属正常；观察 D<sub>9</sub> 的 1 脚时钟信



图 6.9 背光电路

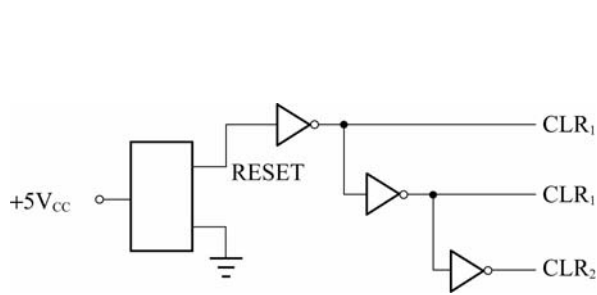


图 6.10 复位电路

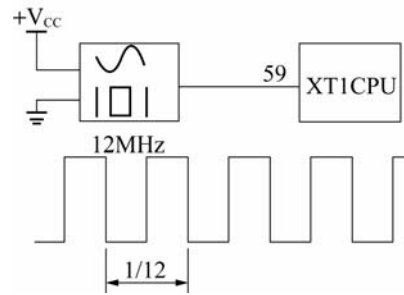


图 6.11 时钟电路

号为 32.768 MHz 也正常；D<sub>14</sub> 的 54 脚输入时钟信号为 10 MHz，正常。通过检测，证明时钟电路没有故障。

用示波器测量上电复位集成电路和 CC0958T 的第 3 脚发现为低电平，正常应该为高电平，说明系统处于复位状态。更换 CC0958T 后，工作正常，故障排除。

**【例 6.10】** 某数控机床配置 GSK980T 或 GSK990M+DA98 系统，Z 轴回机床原点时，行程到减速位置后系统并未减速，并超出行程 CNC，出现准备未绪报警。

机床原点是机床上的固定位置，通常机稀薄原点安装在 X 轴和 Z 轴正方向的最大行程处。减速信号由安装在床身上的接近开关提供，原点信号由 DA98 驱动器反馈回的回转信号提供。当接收到回机床原点信号时，Z 轴向正方向进给，当移动的撞块接近固定的接近开关时，Z 轴进给开始检测驱动器反馈回转的信号，接收到以后进给停止，回机床原点完成，波形图如图 6.12 所示，电路图如图 6.13 所示。由以上故障现象可见，系统并未接收到原点减速信号，以至于超出行程限位引起准备未绪报警。

将系统输出 XS40 减速输入信号 DECZ 焊接线脱开，使之与外部分离，重新上电，手动使系统 Z 轴回机床原点，用短接线将 DECZ 与 COM 短接，进给立即减速，并回原点正常。由此可说明，CNC 系统内部没有故障，故障是接近开关失效或线路断路所致，将机床护罩拆开，观察撞块接近开关时，接近开关工作灯并未亮。而且，发现接近开关表面有一层油污，擦干净后，重新回原点，工作正常。由此可证明，故障原因是接近开关表面脏使感应效果减弱。

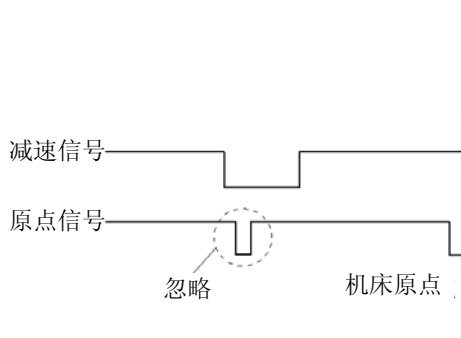


图 6.12 回机床原点波形图

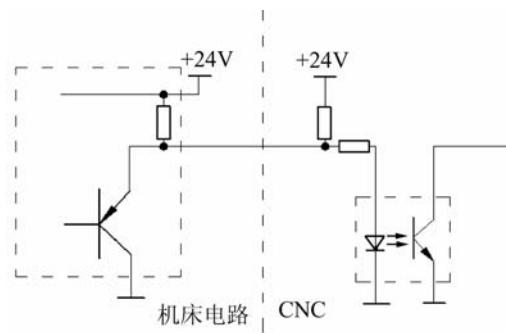


图 6.13 回机床原点电路图

**【例 6.11】** 某机床配置 GSK928TA 或 GSK928M，自动运行时常出现 E34 报警。该数控

机床配备的是常州宏达的 4 工位自动刀库(刀架)。经观察,当系统执行加工程序时,出现 E34 报警,程序不能运行。

查说明书,系统出现 E34 报警解释为刀库(刀架)不到位。说明此故障与刀库(刀架)的刀位信号有关,可判定是计算机收不到工位信号。此类故障的原因有:刀库(刀架)故障,一般是发信盘的霍尔元件烧坏;刀库(刀架)控制器内部故障或其接口损坏; CNC 系统内部故障,接口电路部分的光耦合器较易损坏。

直接检测刀库(刀架)控制器的信号接口,如图 6.14 所示。用万用表检测 J1 的 1、2、3、4、10、11 脚,11 脚电压为+24V,10 脚电压为 0V,刀库(刀架)控制器供电正常。同时不管刀库(刀架)转到何处,1、2、3、4 脚一直为高电平(刀位信号为低电平有效)。再检测 J2,情况一样。这说明问题极可能出在刀库(刀架)上。复位后拆开刀库(刀架)端盖,检查发信盘和磁钢,各霍尔元件良好。磁钢离霍尔元件较远,怀疑霍尔元件因此感应不到信号,将磁钢位置调整,使之靠近霍尔元件到合理位置。暂不装上端盖,试运行,手动换刀正常,故障排除。但是,在试加工工件时,发现当刀库(刀架)抬起换刀时,系统又出现 E34 报警,程序不能运行。多运行几次加工程序,发现刀库(刀架)抬起时磁钢的位置太高,明显高出霍尔元件。如图 6.15 所示,刀库(刀架)反转和刀具补偿同时进行,而执行刀具补偿时系统会检测刀位信号。

于是,将磁钢位置往下移动,调整好。试运行,情况正常。另外,处理此类故障还有另一种方法:修改软件,使执行刀具补偿时不检测刀位信号。

**【例 6.12】** 一台采用 FANUC 系统的数控插齿机,在自动循环工作中突然停止工作,CRT 显示器无显示,主板上的七段显示器显示报警 A。报警 A,表明 MDI/CRT 单元的连接异常。一般处理办法是检查 MDI/CRT 的光纤电缆或连接器,否则问题出在主板上。但经上述检查,发现都不存在问题。再从 CRT 显示器无显示的角度来分析,认为问题出在 MDI/CRT 的电源上。对 MDI/CRT 的电源板进行检查,发现+24V 电源有短路现象。经进一步检查,发现有一个电容 1000 $\mu$ F/35V 短路,两个晶体管 Q15 击穿,熔丝 F21、F22 熔断。更换上述三项之后,系统恢复正常。本例说明,尽管数控系统的报警提示对分析故障原因有很大好处,但是,这种提示毕竟不可能将所有故障根源都指示出来。所以在排除故障时应以提示作参考,再结合实际故障现象来分析,切不可受到提示的限制。

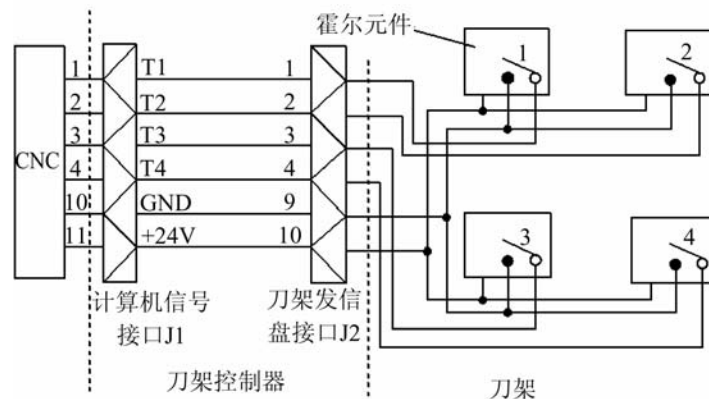


图 6.14 刀库(刀架)控制器信号接口

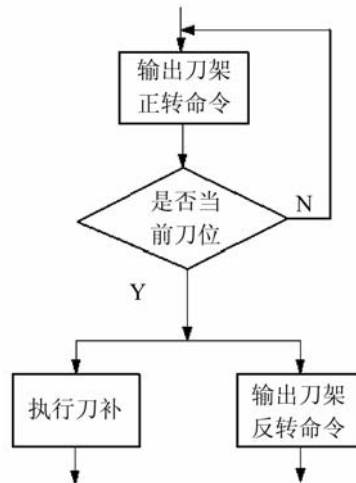


图 6.15 系统检测刀位信号

【例 6.13】某台日本生产的数控铣床有爬行现象。首先从机床着手查找故障原因，结果发现机床进给传动链没有问题。再检查程序，发现工件曲线加工是采用细微分段圆弧逼近来进行的。编程时采用了 G61 指令，即每加工一段就要进行一次到位停止检查，结果使机床出现爬行现象。用 G64(连续切削方式)指令代替 G61 之后，上述故障现象消失。本例说明一旦遇到故障，一定要全面分析问题，将与本故障有关的所有因素都列出来，然后综合分析，从中筛选出故障的最终原因。

【例 6.14】某数控机床，配置 GSK928TA 或 GSK928M+DF3A 系统，在加工工件时 X 轴有失步现象。

用户主要用其加工外圆、内孔和螺纹。在现场边加工边测量工件，发现工件外径尺寸有时累积加大，有时累积减小，有时又变化不定，没有规律。用户有两台相同配置的机床，更换另一台 CNC 系统以后，故障排除，由此可以判定是 CNC 系统故障。

CNC 系统引起加工尺寸变化，失步问题无非是脉冲有丢失或参数设置不当，甚至有可能是有外部干扰，从而引起输出脉冲波形失真。GSK928 系统脉冲输出方式是：脉冲+符号，它是标准的矩形波，占空比是 1：1，如图 6.16 所示。当有干扰输入或有脉冲丢失时，波形呈现不规则失真，如图 6.17 所示。

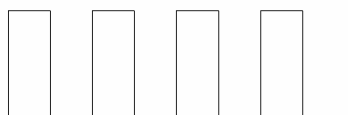


图 6.16 矩形波

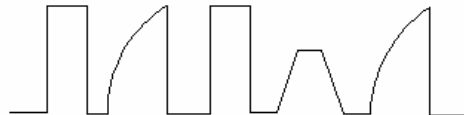


图 6.17 不规则波

当 CNC 系统输出波形失真时，达不到 DF3A 接收回路的技术要求，就会造成脉冲的丢失，DF3A 驱动器上有三个相序指示灯，如图 6.18 所示。通常看上面的相序指示灯，可以判断有没有脉冲丢失。

程序自动运行前，记下驱动器上的相序指示灯的状态，如图 6.18 所示。程序运行结束后，相序指示灯的状态和运行前不同，证

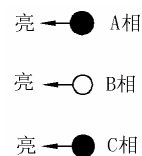


图 6.18 相序指示灯

明确有脉冲丢失。用示波器测量 DF3A 脉冲输入回路，测试波形，发现波形确实如图 6.17 所示有失真。用示波器测量 CNC 脉冲输出回路，测试波形如图 6.16 所示，发现波形正常，为标准矩形波，这时可以确定是信号线或接插件不良或存在干扰。检查 CNC 系统输出脉冲插座，发现有氧化现象，更换插座后，再测量 DF3A 脉冲输出回路，波形正常。重新开机试切工件，尺寸很稳定，故障排除。

**【例 6.15】** 美国一家公司生产的数控磨床不能运行，但 CRT 显示器无任何报警显示。这类故障产生的原因是多方面的。从大的方面来说，首先应该区分故障是发生在机床侧还是在数控系统侧。利用自诊断功能检查 PLC 和 CNC 系统之间的接口信号，结果发现诊断号 No4.7 (MLK)=1，说明机床锁住信号已经送入 CNC 系统内，从而造成机床不能运动。但实际上没有机床锁住信号送入。于是再查 CNC 装置内的连接单元，也未发现问题。最后查出是由于外界干扰引起磁泡存储器内的参数丢失或混乱而造成的。因此，将磁泡存储器内容全部清除，重新输入数控系统参数后，数控机床即恢复正常运行。从本例可看出系统参数的重要性，用户一定要把有关数控机床的各种文件包括数控参数、PLC 参数、用户宏程序等妥善保存。

#### 6.4.2 伺服系统的故障分析与维修

**【例 6.16】** 一台配置有 FANUC 7CM 系统的数控铣床，Y 轴移动时机床发生振动，在快速移动时甚至伴有大的冲击。用示波器测量故障轴 Y 轴和正常轴 X 轴的测速发电机的输出电压波形，进行比较，两轴波形不一致，Y 轴有明显的波动。拆开 Y 轴测速发电机，发现其电枢被电刷粉末污染。将其清理后，波形正常，故障排除。

**【例 6.17】** 某数控机床配有 GSK980T 或 GSK990M+DF3A 驱动器，系统经常出现 21 号报警，有时候又正常。

经查系统报警表，21 号报警解释为：X 轴驱动器报警。系统与驱动连接是通过 X 轴和 Z 轴驱动器驱动 X 轴和 Z 轴步进电动机进给实现的。驱动器上有五个状态指示灯，3 个相序指示灯，一个功放指示灯，一个报警指示灯。当驱动器报警时，报警指示灯亮，功放灯熄灭，CNC 系统立即停止信号输出，提示报警信息。引起驱动器报警的原因如图 6.19 所示。

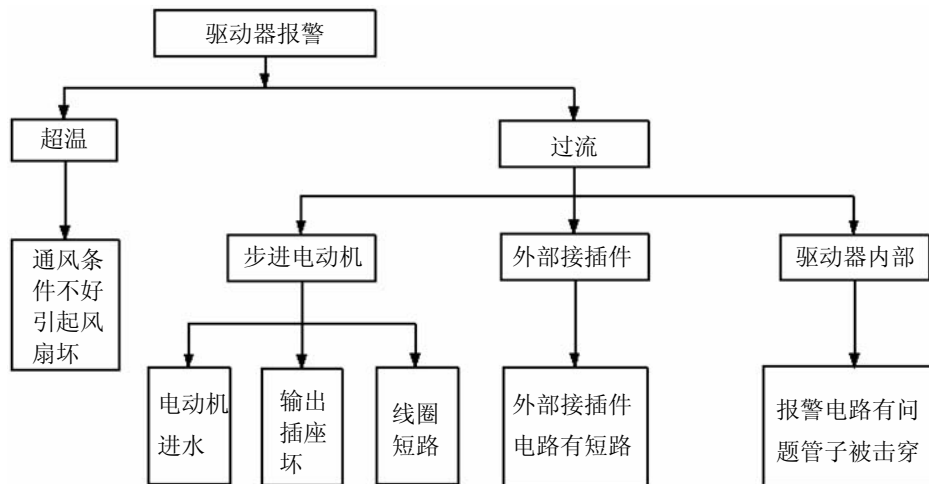


图 6.19 引起驱动器报警原因框图

打开电气箱门,发现 X 轴驱动器报警灯亮。虽然 X 轴驱动器和 Z 轴驱动器的驱动电流不同,但是两驱动器可以互换,这样可以判断是否是电动机或驱动器故障。断电后,将两个驱动器上的电动机插头互换,通电后手动按 Z 轴进给,一段时间后,CNC 系统显示 Z 轴驱动器报警。而手动按 X 轴进给,长时间工作都正常。因为这时 Z 轴驱动器驱动 X 轴步进电动机,由此可判断是 X 轴步进电动机异常。拆开电动机护罩,将电动机从减速箱上拆下来,发现减速箱里切削液很多。由此可以断定,切削液引起电动机绝缘度降低,从而过电流引起驱动器报警。用绝缘电阻表测量,电动机 A、B、C 三线圈对地电阻为零,正常阻值应大于 50M $\Omega$ 。

将电动机的转子和定子分离,在烘箱中烘干后重新装配,测量绝缘度正常。为避免以后电动机由于减速箱内积水过多,再度引起电动机进水,可将减速箱底部钻一个小孔,将切削液漏掉。处理后,系统一直比较稳定,正常工作。

**【例 6.18】** 一台 CJK0630 机床,配有 GSK980T 或 GSK990M+DF3A 系统,当 Z 轴进给时,低速振动非常大,高速时按 Z 正方向进给,有时向负方向运行。

就步进电动机来说,在低速时应该与机械传动系统有一个共振点,及低频共振,所以,有些振动,在某一个速度上或许声音大一点。Z 轴低速进给时,每挡速度振动都很大,即不属于共振问题。造成低速振动一般是由以下两个原因造成:一是驱动器缺相;二是机械传动阻力大。

根据故障现象分析,Z 轴高速进给时,有时向负方向运行,从这一点可以说明步进电动机相序乱,极有可能是缺相。

将 X 轴驱动器与 Z 轴驱动器互换。上电后,试机,发现 Z 轴进给时正常,按 X 轴进给时出现上述故障现象,证明是 Z 轴驱动器有故障。

驱动器伴有报警现象,证明很有可能功放管短路,引起驱动器过流报警。断电后,用万用表的电阻挡(大于 100k 挡),测量驱动器电动机接口的插头上的 A+与 A-、B+与 B-、C+与 C-之间的电阻值,测量时,先用万用表正极对被测点的正极,万用表负极对被测点的负极进行测量。然后,用万用表正极对被测点的负极,万用表负极对被测点的正极测量,发现 A 相阻值比 B 相、C 相电阻小,证明 A 相功放管有损坏。

将驱动器外壳拆开,拆去电源板和控制板,直接在功放电路板测量判断。用数字万用表的电阻挡(20k 挡)测量,发现 A 相其中一个功放管的栅(G)、源(S)极间电阻为零,证明该管已被击穿。将损坏的功放管更换后,运行正常。

**【例 6.19】** 某机床配置交流伺服 DA98 驱动,运行中,X 轴驱动器偶尔出现 Err9 报警。全数字式交流伺服驱动器是一个半闭环控制系统,原理框图如图 6.19 所示。它内部有一个位置控制环,通过安装在伺服电动机上的编码器反映位置信号,内部通过比较,进行误差跟随和调整。查询 DA98 说明书,Err9 报警解释为:编码器故障。根据原理分析,造成 Err9 报警是由于以下几个原因:编码器接线错误;编码器损坏;编码器电缆不良;编码器电缆过长,造成编码器供电电压偏低。

用万用表电阻挡检查编码器连线,没有错误。反馈线长 3m 也属于正常范围。将伺服电动机上的电动机插头和编码器线插头拔去。在电动机编码器插头上加直流 5V,用示波器测量 A 相、B 相、C 相、U 相、V 相、W 相,波形均正常,说明电动机无故障。用万用表电阻挡检查反馈线,发现抖动线时,其中有一根线有时通有时断。于是更换编码器反馈线,上电后正常运行。

**【例 6.20】** 数控龙门铣床，当 X 轴正常运行时，因液压泵突然关闭，使台面运行中断，并显示报警。按复位键之后可清除该故障，但重新启动液压泵，X 轴仍不运行，且持续十几秒后液压泵又自动关闭，荧光屏上再次显示同样的报警信息。从报警信息可见，是 X 轴的驱动调节器输出的最大模拟量超过 10V 极限值。通过对 X 轴的有关接点的信号检测，发现故障发生在晶闸管伺服系统部分。因为晶闸管控制部分有输入信号，但无输出信号，从而判断输出接线端子松动引起上述故障。拧紧输出端子后，启动机床，X 轴恢复正常运行。

**【例 6.21】** 某数控机床配置 DA98 伺服系统，运行中 X 轴驱动器出现 Err12 报警，偶尔出现 X 轴驱动器无现象。

查询 DA98 说明书，Err12 报警解释为：过电流。根据图 6.20 所示原理框图可知，经功放模块输出的 U、V、W 三相电动机线有两个电流传感器，检测输出电流，通过比较器比较后反馈至 DSP 处理，以保护驱动器无损坏。由此可知，Err12 报警由以下原因造成：驱动器 U、V、W 相线之间短路，接地不良，电动机绝缘损坏，驱动器内部电路损坏。

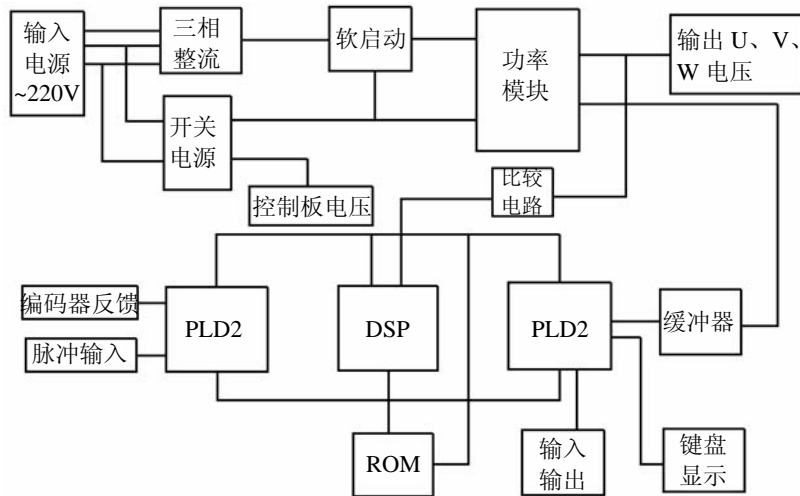


图 6.20 DA98 原理框图

将 X 轴伺服电动机从驱动器上拆下来，检查插头和插座均没有打火现象，但发现电动机上有切削液，故怀疑切削液进入电动机，使电动机绝缘度降低。用绝缘电阻表测量，如图 6.21 所示，发现 U、V、W 相线与地线之间的电阻为零，正常阻值应大于 50MΩ。

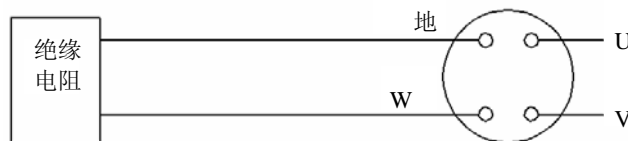


图 6.21 绝缘电阻表测量故障示意图

将电动机在烘箱中烘干，重新装配好上电，发现驱动器还是偶尔出现 12 号报警，并伴有无显示现象。在无显示时测量电压三相 220V 正常，由此证明供电电压正常。用万用表电阻挡测量电动机线，发现相线 U 有接触不良现象。打开与电动机相连的插头盖，发现相

线 U 焊脚虚焊, 严重打火, 焊脚烧焦, 更换插头后, 故障排除。由此可见, 造成驱动器出现 12 号报警的原因是电动机绝缘度降低和相线 U 虚焊, 无显示是因为电动机插头打火形成的火花电磁干扰, 及其相线虚焊引起相线电流突变形成的电磁干扰, 从而引起主板内 DSP 工作异常。

**【例 6.22】** 某数控机床配置交流伺服 DA98 驱动, 车螺纹时, 前面几个螺距偏小, 中间和后面正常。

根据现象可知, 螺纹的螺距并没有乱, 只是前面几个偏小。由此可见, 从编码器反馈回系统的主轴每转信号和转速信号正常。加工螺纹时, Z 轴启动也有一个加速时间常数。一般是由以下原因造成: Z 轴加速时间过长, 驱动器响应慢。

现场检查, 发现刀具离螺纹起点(Z 轴方向)比较近, 主轴转速比较高, 因客户工艺需要, 无法做出调整。将 GSK980T 或 GSK990M 参数 29 号(切削进给和受动进给指数加减速时间常数)减小, 30 号(切削进给时的指数加减速的低速下限值)、28 号(在螺纹切削中各轴的指数加减速的下限值)加大以后, 情况有所改善。于是, 调 DA98 参数, 提高驱动器的响应能力。将 5 号(速度比例增益)、8 号(速度检测低通)、9 号(位置比例增益)调大, 6 号(速度积分常数)数值调小以后加工正常, 故障排除。

**【例 6.23】** 一台数控铣床, 空载运行 2h 之后, 主轴偶然发生停机, 显示 AL-12 或 AL-2 报警。从报警号来看, 引起本故障的原因可能是电动机速度偏离指令值和直流回路电流过大。但经检查上述原因都不存在。分析偶发停车现象, 说明有些器件工作点处于临界状态, 时而正常时而不正常, 而这与器件的电源电压有关。所以着重检查直流电源电压。发现+5V, +15V 均正常, 而+24V 在+18V~+20V 之间偏低。进一步检查发现, 交流输入电压为 190V~200V, 而电压设定开关却设定在 220V。因此将电压设定开关设定在 200V 之后系统即恢复正常。造成报警号与实际故障不一样的原因是该主轴伺服单元的报警号还不全面, 没有+24V 电压太低的报警, 而只有+24V 电压太高的报警。所以只好用其他报警号来显示伺服单元处于不正常的状态。

## 小 结

数控机床是一种典型的机电一体化产品, 坚持做好数控机床的日常保养和维修工作, 可以有效地提高元器件的使用寿命, 避免产生或及时消除事故隐患, 使机床保持良好的运行状态。

(1) 数控机床的保养。主要包括数控机床日常保养的内容和要求、数控车床的维护保养、加工中心的维护保养、数控系统的使用与维护等。为了使数控机床各部件保持良好状态, 除了发生故障应及时修理外, 坚持经常的保养是十分重要的。

(2) 数控机床故障诊断与维修。主要包括数控机床维修的基本概念、故障规律、数控机床故障诊断的一般步骤、维修中的注意事项、数控机床常见故障分类、数控机床常用故障诊断方法、数控系统的故障诊断技术、数控系统常见故障的处理、进给伺服系统故障诊断与维修和主轴伺服系统常见故障的处理等, 并通过大量典型实例说明了数控机床故障诊断与维修方法。

## 思考题与习题

1. 数控机床在维修过程中应注意哪些事项？
2. 数控机床日常保养总的说来主要包括哪几个方面？
3. 试述在数控系统日常维护保养中的注意事项。
4. 使用数控机床应注意哪些问题？
5. 根据故障率度，数控机床的整个使用寿命期大致可以分为哪几个阶段？
6. 对数控机床维修工作人员的基本要求是什么？
7. 试述数控机床故障诊断的一般步骤。
8. 数控机床常见故障的分类方法有哪些？
9. 数控机床故障诊断的原则是什么？
10. 数控机床常见的故障检测方法有哪些？
11. 机床进给伺服系统故障报警现象有哪几种？

## 附录 1 《机床数控技术》缩略语英汉对照

A/D	Analog-to-Digital	模拟/数字
AB	Address Bus	地址总线
AGV	Automated Guided Vehicles	自动制导车辆
APT	Automatically Programmed Tools	自动编程工具
CAD	Computer Aided Design	计算机辅助设计
CAE	Computer Aided Engineering	计算机辅助工程
CAM	Computer Aided Manufacturing	计算机辅助制造
CAPP	Computer Aided Process Planning	计算机辅助工艺规划
CB	Control Bus	控制总线
CIMS	Computer Integrated Manufacturing System	计算机集成制造系统
CLD	Cutter Location Data	刀具位置数据
CNC	Computer Numerical Control	计算机数字控制
CPU	Central Processing Unit	中央处理单元
CRT	Cathode-Ray Tube	阴极射线管
D/A	Digital-to-Analog	数字/模拟
DB	Data Bus	数据总线
DCN	Direct CNC Networking	直接计算机数字控制网络
DDA	Digital Differential Analyzer	数字积分法
DNC	Distributed Numerical Control	分布式数字控制
DTE	Data Terminal Equipment	数据终端设备
EIA	Electronic Industries Association	电子工业联合会
EPROM	Erasable Programmable Read-Only Memory	可擦编程只读存储器
FA	Factory Automatization	工厂自动化
FMC	Flexible Manufacturing Cell	柔性制造单元
FMF	Flexible Manufacturing Factory	柔性制造工厂
FML	Flexible Manufacturing Line	柔性制造线
FMM	Flexible Manufacturing Module	柔性制造模块
FMS	Flexible Manufacturing System	柔性制造系统
GT	Group Technology	成组技术
GTO	Gate Turn-off Thyristors	可关断晶闸管
GTR	Giant Transistors	巨型功率晶体管

(续)

I/O	Input/Output	输入/输出
ISO	International Organization for Standardization	国际标准化组织
LAN	LocalArea Network	工业局部网络
LCD	Liquid Crystal Display	液晶显示器
LED	Low Emitting Diode	发光二极管
LLC	Logical Link Control	逻辑链路控制
MAC	Medium Accessing Control	介质存取控制
MAP	Manufacturing Automation Protocol	制造自动化协议
MC	Machining Centre	加工中心
MCU	Micro programmed Control Unit	微程序控制器
MDI	Manual DATA Input	手动数据输入
MP	Main Programme	主程序
MPC	Microprocessor Programmable Controller	微机可编程控制器
MT	Machine Tools	机床
MTBF	Mean-Time Between Failures	平均故障间隔时间
NCI	NC Intermediary	通用的刀具轨迹文件
PFM	Pulse Frequency Modulation	脉冲频率调制
PIC	Programmable Interface Controller	可编程接口控制器
PID	Proportional-Integral-Differential (Controller)	比例积分微分(控制器)
PLC	Programmable Logic Controller	可编程逻辑控制器
PMC	Programmable Machine Controller	可编程机器控制器
PP	Punched Tape Card Punch	纸带穿孔机
PSC	Programmable Sequence Controller	可编程顺序控制器
PTR	Photoelectricity Punched Tape Reader	光电纸带阅读机
PWM	Pulse Width Modulation	脉冲宽度调制
RAM	Random Access Memory	随机存储器
RLC	Relay Logic Circuit	继电器逻辑电路
ROM	Read Only Memory	只读存储器
SPWM	Sine wave Pulse Width Modulation	正弦波脉冲宽度调制

## 附录 2 常用刀具的切削参数

附录 2-1 硬质合金车刀粗车外圆及端面的进给量

工件材料	车刀刀杆尺寸 $B \times H / \text{mm}$	工件直径 $d / \text{mm}$	背吃刀量 $a_p / \text{mm}$				
			$\leq 3$	$>3 \sim 5$	$>5 \sim 8$	$>8 \sim 12$	$>12$
			进给量 $f / \text{mm} \cdot \text{r}^{-1}$				
碳素钢、 合金钢、 耐热钢	16×25	20	0.3~0.4	—	—	—	—
		40	0.4~0.5	0.3~0.4	—	—	—
		60	0.5~0.7	0.4~0.6	0.3~0.5	—	—
		100	0.6~0.9	0.5~0.6	0.5~0.6	0.4~0.5	—
		400	0.8~1.2	0.7~1.0	0.6~0.8	0.5~0.6	—
	20×30 25×25	20	0.3~0.4	—	—	—	—
		40	0.4~0.5	0.3~0.4	—	—	—
		60	0.5~0.7	0.5~0.7	0.4~0.6	—	—
		100	0.8~1.0	0.7~0.9	0.5~0.7	0.4~0.7	—
		400	1.2~1.4	1.0~1.2	0.8~1.0	0.6~0.9	0.4~0.6
铸铁 铜合金	16×25	40	0.4~0.5	—	—	—	—
		60	0.5~0.8	0.5~0.8	0.4~0.6	—	—
		100	0.8~1.2	0.7~1.0	0.6~0.8	0.5~0.7	—
		400	1.0~1.4	1.0~1.2	0.8~1.0	0.6~0.8	—
	20×30 25×25	40	0.4~0.5	—	—	—	—
		60	0.5~0.9	0.5~0.8	0.4~0.7	—	—
		100	0.9~1.3	0.8~1.2	0.7~1.0	0.5~0.8	—
		400	1.2~1.8	1.2~1.6	1.0~1.3	0.9~1.1	0.7~0.9

- 注：1. 加工断续表面及有冲击的工件时，表内进给量应乘系数  $k=0.75 \sim 0.85$ 。  
 2. 在无外皮加工时，表内进给量应乘系数  $k=1.1$ 。  
 3. 加工耐热钢及其合金时，进给量不大于  $1 \text{mm/r}$ 。  
 4. 加工淬硬钢时，进给量应减小。当钢的硬度为  $44 \sim 56 \text{HRC}$  时，应乘系数  $k=0.8$ ；当钢的硬度为  $57 \sim 62 \text{HRC}$  时，应乘系数  $k=0.5$ 。

附录 2-2 按表面粗糙度选择进给量的参考值

工件材料	表面粗糙度 $R_a / \mu\text{m}$	切削速度范围 $v / \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$	刀尖圆弧半径 $r_e / \text{mm}$		
			0.5	1.0	2.0
			进给量 $f / \text{mm} \cdot \text{r}^{-1}$		
铸铁、青铜 铝合金	$>5 \sim 10$	不限	0.25~0.40	0.40~0.50	0.50~0.60
	$>2.5 \sim 5$		0.15~0.25	0.25~0.40	0.40~0.60
	$>1.25 \sim 2.5$		0.10~0.15	0.15~0.20	0.20~0.35

(续)

工件材料	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	切削速度范围 $v/\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	刀尖圆弧半径 $r_e/\text{mm}$		
			0.5	1.0	2.0
			进给量 $f/\text{mm}\cdot\text{r}^{-1}$		
碳钢及合金钢	>5~10	<50	0.30~0.50	0.45~0.60	0.55~0.70
		>50	0.40~0.55	0.55~0.65	0.60~0.70
	>2.5~5	<50	0.18~0.25	0.25~0.30	0.30~0.40
		>50	0.25~0.30	0.30~0.35	0.30~0.50
	>1.25~2.5	<50	0.10	0.11~0.15	0.15~0.22
		50~100	0.11~0.16	0.16~0.25	0.25~0.35
	>100	>100	0.16~0.20	0.25~0.35	

注:  $r_e=0.5\text{mm}$ , 用于  $12\text{mm}\times 12\text{mm}$  以下刀杆;  $r_e=1\text{mm}$ , 用于  $30\text{mm}\times 30\text{mm}$  以下刀杆;  $r_e=2\text{mm}$ , 用于  $30\text{mm}\times 45\text{mm}$  以下刀杆。

附录 2-3 攻螺纹切削用量

加工材料	铸 铁	钢及其合金	铝及其合金
$v/\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	2.5~5	1.5~5	5~15

附录 2-4 高速钢钻头加工铸铁的切削用量

材料硬度 切削用量 钻头直径/mm	160~200HBS		200~400HBS		300~400HBS	
	$v$ $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	$f$ $\text{mm}\cdot\text{r}^{-1}$	$v$ $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	$f$ $\text{mm}\cdot\text{r}^{-1}$	$v$ $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	$f$ $\text{mm}\cdot\text{r}^{-1}$
1~6	16~24	0.07~0.12	10~18	0.05~0.1	5~12	0.03~0.08
6~12	16~24	0.12~0.2	10~18	0.1~0.18	5~12	0.08~0.15
12~22	16~24	0.2~0.4	10~18	0.18~0.25	5~12	0.15~0.2
22~50	16~24	0.4~0.8	10~18	0.25~0.4	5~12	0.2~0.3

注: 采用硬质合金钻头加工铸铁时取  $v=20\text{m}/\text{min} \sim 30\text{m}/\text{min}$ 。

附录 2-5 高速钢钻头加工钢件的切削用量

工件材料 切削用量 钻头直径/mm	$\sigma_b=520\text{MPa} \sim 700\text{MPa}$ (35、45 钢)		$\sigma_b=700\text{MPa} \sim 900\text{MPa}$ (15Cr、20Cr)		$\sigma_b=1000\text{MPa} \sim 1100\text{MPa}$ (合金钢)	
	$v$ $/\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	$f$ $/\text{mm}\cdot\text{r}^{-1}$	$v$ $/\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	$f$ $/\text{mm}\cdot\text{r}^{-1}$	$v$ $/\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	$f$ $/\text{mm}\cdot\text{r}^{-1}$
1~6	8~25	0.05~0.1	12~30	0.05~0.1	8~15	0.03~0.08
6~12	8~25	0.1~0.2	12~30	0.1~0.2	8~15	0.08~0.15
12~22	8~25	0.2~0.3	12~30	0.2~0.3	8~15	0.15~0.25
22~50	8~25	0.3~0.45	12~30	0.3~0.45	8~15	0.25~0.35

附录 2-6 高速钢铰刀铰孔的切削用量

工件材料 切削用量 钻头直径/mm	铸 铁		钢及其合金		铝铜及其合金	
	$v$ /m·min <sup>-1</sup>	$f$ /mm·r <sup>-1</sup>	$v$ /m·min <sup>-1</sup>	$f$ /mm·r <sup>-1</sup>	$v$ /m·min <sup>-1</sup>	$f$ /mm·r <sup>-1</sup>
6~10	2~6	0.3~0.5	1.2~5	0.3~0.4	8~12	0.3~0.5
10~15	2~6	0.5~1	1.2~5	0.4~0.5	8~12	0.5~1
15~25	2~6	0.8~1.5	1.2~5	0.5~0.6	8~12	0.8~1.5
25~40	2~6	0.8~1.5	1.2~5	0.4~0.6	8~12	0.8~1.5
40~60	2~6	1.2~1.8	1.2~5	0.5~0.6	8~12	1.5~2

注：采用硬质合金铰刀铰铸铁时取  $v=8\text{ m/min} \sim 10\text{ m/min}$ ，铰铝时取  $v=12\text{ m/min} \sim 15\text{ m/min}$ 。

附录 2-7 高速钢硬质合金镗刀镗孔切削用量

工件材料 切削用量 工 序	铸 铁		钢及其合金		铝铜及其合金	
	$v$ /m·min <sup>-1</sup>	$f$ /mm·r <sup>-1</sup>	$v$ /m·min <sup>-1</sup>	$f$ /mm·r <sup>-1</sup>	$v$ /m·min <sup>-1</sup>	$f$ /mm·r <sup>-1</sup>
粗 镗	20~25	0.4~1.5	15~30	0.35~0.7	100~150	0.5~1.5
	35~50		50~70		100~250	
半精镗	20~35	0.15~0.45	15~50	0.15~0.45	100~200	0.2~0.5
	50~70		95~135			
精 镗	70~90	D1 级 <0.08 D 级 0.12~0.15	100~135	0.12~0.15	150~400	0.06~0.1

注：当采用高精度的镗头镗孔时，由于余量较小，直径余量不大于 0.2mm，切削速度可提高一些，铸铁件为 100 m/min ~150m/min，钢件为 150 m/min ~250m/min，铝合金为 200 m/min ~400m/min，巴氏合金为 250 m/min ~500m/min。进给量可在 0.03mm/r ~0.1mm/r 范围内。

附录 2-8 铣刀每齿进给量  $f_z$

工件材料	每齿进给量 $f_z/\text{mm}\cdot\text{z}^{-1}$			
	粗 铣		精 铣	
	高速钢铣刀	硬质合金铣刀	高速钢铣刀	硬质合金铣刀
钢	0.10~0.15	0.10~0.25	0.02~0.05	0.10~0.15
铸 铁	0.12~0.20	0.15~0.30		

附录 2-9 硬质合金外圆车刀切削速度的参考数值

工件材料	热处理状态	$a_p = 0.3 \text{ mm} \sim 2 \text{ mm}$	$a_p = 2 \text{ mm} \sim 6 \text{ mm}$	$a_p = 6 \text{ mm} \sim 10 \text{ mm}$
		$f = 0.08 \text{ mm/r} \sim 0.3 \text{ mm/r}$	$f = 0.3 \text{ mm/r} \sim 0.6 \text{ mm/r}$	$f = 0.6 \text{ mm/r} \sim 1 \text{ mm/r}$
		$v$ /m·min <sup>-1</sup>	$v$ /m·min <sup>-1</sup>	$v$ /m·min <sup>-1</sup>
低碳钢易切钢	热轧	140~180	100~120	70~90
中碳钢	热轧	130~160	90~110	60~80
	调质	100~130	70~90	50~70
合金结构钢	热轧	100~130	70~90	50~70
	调质	80~110	50~70	40~60
工具钢	退火	90~120	60~80	50~70
灰铸铁	190<HBS	90~120	60~80	50~70
	190~225HBS	80~110	50~70	40~60
高锰钢 $w_{\text{Mn}} 13\%$	—	—	10~20	—
铜及铜合金	—	200~250	120~180	90~120
铝及铝合金	—	300~600	200~400	150~200
铸铝合金 $w_{\text{Si}} 13\%$	—	100~180	80~150	60~100

注：切削钢及铸铁时刀具寿命约为 60min。

附录 2-10 陶瓷刀具常用切削用量推荐值

工件材料与工序		刀片牌号	切削速度 $v$ /m·min <sup>-1</sup>	进给量 $f$ /mm·r <sup>-1</sup>	背吃刀量 $a_p$ /mm
冷硬铸铁(80≤HS)	粗车	FD01	20~55	0.5~1	0.5~5
	精车	FD04	35~75	0.1~0.5	0.1~0.5
冷硬铸铁(80~90 HS)	半精车	FD01、FD04	10~25	0.2~0.1	0.2~3
调质钢(30~40 HRC)	粗车	FD04	130~150	0.1~0.45	≤3
	精车	FD22	140~200	0.05~0.2	≤0.8
淬硬钢(HRC60~65)	粗车	FD04	20~40	0.1~0.25	≤2
	精车	FD22	35~80	0.05~0.2	≤0.8
各类铸铁(≤300 HBS)	粗车	FD05	150~250	≤3	≤6.5
	精车	FD05	35~80	0.05~1.2	0.1~1
镍基合金(硬镍喷涂层)	车削	FD04、FD01	50~100	0.1~0.45	0.2~2
灰铁 HT20~40(≤300 HBS)	精铣	FD05	1000	0.12~0.15	0.8~1.0

附录 2-11 BN600(住友 CBN)切削用量推荐值

工件材料	切削速度 $v_c/m \cdot \text{min}^{-1}$	进给量 $f/\text{mm} \cdot \text{r}^{-1}$	背吃刀量 $a_p/\text{mm}$
冷硬铸铁( $60 \geq \text{HS}$ )	40~120	0.1~0.5	0.2~3.0
高合金铸铁( $60 \geq \text{HS}$ )	40~120	0.1~0.5	0.2~3.0
高速钢( $70 \geq \text{HS}$ )	50~100	0.1~0.4	0.1~2.0
耐热合金	120~180	0.05~0.2	0.1~1.0

附录 2-12 FLD、FJR 刀具切削用量推荐值

刀具材质	适用范围	切削速度 $v/m \cdot \text{min}^{-1}$	进给量 $f/\text{mm} \cdot \text{r}^{-1}$	背吃刀量 $a_p/\text{mm}$
FLD (PCBN)	各种淬硬钢(50~67 HRC)	50~150	0.05~0.12	0.2
	普通灰铸铁(200 HBS 左右)	500	0.1~0.5	0.5
	高硬度铸铁(50~64 HRC)	50~100	0.1~0.3	0.5
	粉末冶金零件	80~150	0.03~0.2	1.0
	热喷涂焊零件	50~120	0.1~0.3	0.5
	其他零件(如硬质合金 80~88HRA)	5~40	0.05~0.2	0.3
FJR (PCD)	各种铝合金	100~1000	0.1~0.3	0.3
	各种铜合金	200~500	0.08~0.2	0.3
	木工材料	3000	0.04	12.0
	硬质非金属材料(如陶瓷、玻璃钢等)	10~90	0.1~0.3	0.5

## 参 考 文 献

- [1] 王永章. 数控技术. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [2] 王春海. 数字化加工技术. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [3] 全国数控培训网络天津分中心. 数控编程. 北京: 机械工业出版社, 1997.
- [4] 全国数控培训网络天津分中心. 数控机床. 北京: 机械工业出版社, 1997.
- [5] 于春生. 数控机床编程及应用. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [6] 华茂发. 数控机床加工工艺. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [7] 杜国臣. 数控机床编程. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [8] 彭晓南. 数控技术. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [9] 毕毓杰. 机床数控技术. 北京: 机械工业出版社, 1995.
- [10] 北京第一机床厂. 数控机床及加工中心的编程与操作. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [11] 李佳. 数控机床及应用. 北京: 清华大学出版社, 2001.
- [12] 顾京. 数控机床加工程序编制. 北京: 机械工业出版社, 1997.
- [13] 晏初宏. 数控机床. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [14] 李善术. 数控机床及其应用. 北京: 机械工业出版社, 1998.
- [15] FANUC SYSTEM 操作说明书. 北京: 北京发那科公司, 1999.
- [16] 许祥泰. 数控加工编程实用技术. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [17] 杨伟群. 数控工艺员培训教程. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [18] 罗学科. 数控机床编程与操作实训. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [19] 陶瓷刀具使用手册. 北京: 北京方大高技术陶瓷有限公司, 2003.
- [20] 李宏胜. 机床数控技术及应用. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [21] 张超英. 数控机床加工工艺. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [22] 龚仲华. 数控技术. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [23] 李郝林. 机床数控技术. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [24] 陈志雄. 数控机床与数控编程技术. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [25] 王洪. 数控加工程序编制. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [26] 张超英. 数控加工综合实训. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [27] 张导成. 三维 CAD/CAM——Master CAM 应用. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [28] 廖卫献. 数控铣床及加工中心自动编程. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [29] 王隆太. 先进制造技术. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [30] 关美华. 数控技术——原理及现代控制系统. 成都: 西南交通大学出版社, 2003.
- [31] 董玉红. 数控技术. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [32] 张俊生. 金属切削机床与数控机床. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [33] 林宋. 现代数控机床. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [34] 刘启中. 现代数控技术及应用. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [35] 严爱珍. 机床数控原理与系统. 北京: 机械工业出版社, 1999.