

数控机床机械系统 维修与调试实用技术

严峻 编著

- 内容重点突出
- 理论与实践结合
- 最新国家及行业标准



013043500

TG659
472

数控机床机械系统维修 与调试实用技术

严峻 编著



机械工业出版社



北航 C1651865

TG659
472

013043200

为了适应中、高级数控技术人员培训和学习的需要,本书主要介绍数控机床机械系统故障诊断与维修调试的关键技术,内容简明扼要、图文并茂、通俗易懂。全书共分10章,详细介绍了数控机床机械系统的结构、装配与工作过程,主传动系统维修与调试、主轴部件的拆装与调试,进给传动系统、导轨副的维修与调试,辅助机构的拆装与调试,自动换刀装置的维修与调试,机床刀具的选配与调试,液压系统、气动系统的维修与调试。同时书中列举了大量的故障诊断及维修实例,翔实可靠,可提高读者解决实际问题的能力。

本书可供从事数控机床维修与调试工作的技术人员使用,还可供相关专业的学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床机械系统维修与调试实用技术/严峻编著. —北京:机械工业出版社, 2013.5

ISBN 978-7-111-41954-9

I. ①数… II. ①严… III. ①数控机床—机械维修②数控机床—调试方法 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第061211号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:周国萍 责任编辑:周国萍 陈建平

版式设计:潘蕊 责任校对:纪敬

封面设计:路恩中 责任印制:乔宇

中国农业出版社印刷厂印刷

2013年6月第1版第1次印刷

184mm×260mm·18.75印张·463千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-41954-9

定价:49.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

策划编辑:(010) 88379733

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

数控机床是综合应用计算机、自动控制、自动检测及精密机械等高新技术的产物，是典型的机电一体化产品。它的出现及所带来的巨大效益，引起世界各国科技界和工业界的普遍重视。随着数控机床的大量使用，企业急需大批能熟练掌握现代数控机床故障诊断与维修调试技术的专业人员和工程技术人员。为了适应中、高级数控技术人员培训和学习的需要，并供大、中专数控技术专业学生学习之用，本书介绍了数控机床机械系统故障诊断与维修调试的关键技术。全书共分10章，内容涉及数控机床的各个关键机械部分，包括数控机床机械系统的结构、装配与工作过程，主传动系统维修与调试、主轴部件的拆装与调试，进给传动系统、导轨副的维修与调试，辅助机构的拆装与调试，自动换刀装置的维修与调试，机床刀具的选配与调试，液压系统、气动系统的维修与调试。内容简明扼要、图文并茂、通俗易懂，并且在书中列举了大量的故障诊断及维修实例，翔实可靠，可提高读者解决实际问题的能力。

本书编著过程中，参考了数控技术方面的诸多论著、教材和数控机床调试手册，在此对参考文献中的各位作者深表谢意。由于编著者水平有限，不足之处，恳请同行及读者批评指正。

编著者

目 录

前言

第1章 数控机床机械系统的结构、

装配与工作过程 1

1.1 数控机床的结构 1

1.1.1 数控机床各部分的功能 1

1.1.2 主机的组成 3

1.2 数控机床本体的装配与调试 8

1.2.1 床身的安装 9

1.2.2 导轨的安装与找正 11

1.3 数控机床的基本工作原理 12

1.3.1 数控机床的加工过程 12

1.3.2 轮廓加工控制 13

1.3.3 数控机床的基本控制要求 13

1.4 数控机床的基本类型 14

1.4.1 按工艺用途分类 14

1.4.2 按运动轨迹分类 15

1.4.3 按伺服系统的控制方式分类 16

1.4.4 按功能水平分类 18

1.5 数控机床的坐标系和自由度 19

1.5.1 数控机床的坐标系和运动方向 的规定 19

1.5.2 数控机床的坐标系与工件 坐标系 21

1.5.3 数控机床的自由度 24

1.6 数控机床的运动性能指标 24

第2章 数控机床主传动系统的维修

与调试 26

2.1 数控机床的主传动系统 26

2.1.1 主传动系统的结构特点 26

2.1.2 数控机床主传动系统的参数 27

2.1.3 对数控机床主传动系统的要求 27

2.1.4 主传动系统的配置 28

2.2 机床的主轴部件 31

2.2.1 主轴 32

2.2.2 主轴轴承 33

2.2.3 主轴轴承的配置方式 34

2.2.4 MJ-50型数控车床主轴部件 35

2.2.5 主轴的准停 37

2.2.6 主轴的刀具自动夹紧机构和 清除切屑装置 39

2.3 主轴的同步运行功能 40

2.4 主轴旋转与径向进给的关联控制 41

2.5 主轴传动带 42

2.5.1 多楔带 42

2.5.2 同步带 43

2.6 数控车床的主传动系统及其结构 特点 44

2.6.1 数控车床的主传动系统 44

2.6.2 主传动系统的结构特点 45

2.7 数控铣床的主传动系统及其结构 特点 46

2.7.1 数控铣床的主传动系统 46

2.7.2 主传动系统的结构特点 46

2.8 加工中心的主传动系统及其结构 特点 47

2.8.1 加工中心的主传动系统 47

2.8.2 主传动系统的结构特点 48

2.9 数控机床主传动系统的维修与调试 48

2.9.1 主传动链的故障诊断 48

2.9.2 主传动链的调修 49

2.10 主传动链中主要机构的维修与 调试实例 50

2.10.1 主轴变速齿轮挂挡故障 50

2.10.2 主轴不能转动的故障 53

2.10.3 主轴不准停或准停位置不 准确的故障 55

2.10.4 主轴转动时振动和噪声太大 的故障 56

2.10.5 主轴箱不能移动的故障 58

第3章 数控机床主轴部件的拆装

与调试 59

3.1 数控车床主轴部件的拆装与调整 59

3.1.1 数控车床主轴箱的结构与调整 59

3.1.2 主轴部件的拆装与调整 60

3.2 加工中心主轴部件的结构与调整	61	4.4 滚珠丝杠副的预紧	99
3.2.1 THK6380 加工中心主轴部件 的结构与调整	61	4.4.1 预紧方式	99
3.2.2 加工中心主轴部件的拆装与 调整	64	4.4.2 滚珠丝杠副的支承	101
3.3 数控铣床主轴部件的结构与调整	66	4.4.3 丝杠的预拉伸	103
3.3.1 主轴部件的结构	66	4.4.4 滚珠丝杠副的选择方法	104
3.3.2 主轴部件的拆装与调整	67	4.5 静压丝杠螺母副	110
3.3.3 主轴上万能铣头部件的结构 与调整	67	4.5.1 静压丝杠螺母副的工作特点 和工作原理	111
3.4 数控磨床主轴的结构与调整	69	4.5.2 静压丝杠螺母副的结构	111
3.4.1 数控磨床主轴部件的结构	69	4.5.3 静压丝杠螺母副的控制与 调整方式	112
3.4.2 数控磨床主轴部件的调整	70	4.6 双导程蜗杆副	113
3.5 数控机床主轴部件的维修与调试	71	4.6.1 双导程蜗杆副的特点	113
3.5.1 主轴的润滑	71	4.6.2 双导程蜗杆副的工作原理	114
3.5.2 防泄漏措施	72	4.6.3 双导程蜗杆副的间隙调整	114
3.5.3 刀具夹紧装置的清洁	73	4.6.4 双导程渐开线蜗杆齿轮副传动	115
3.5.4 主轴滚动轴承的预紧	73	4.7 制动装置	115
3.5.5 主轴部件的故障诊断	75	4.8 滚珠丝杠副的保护及润滑	116
3.5.6 主轴部件的维修与调试实例	76	4.9 滚珠丝杠安装示例	116
第 4 章 数控机床进给传动系统的 维修与调试	81	4.10 进给传动部件的维修与调试实例	119
4.1 数控机床进给传动系统的结构与 连接	81	4.10.1 滚珠丝杠螺母副的常见故障 诊断及其排除方法	119
4.1.1 数控机床进给传动系统的 结构特点	81	4.10.2 滚珠丝杠螺母副故障诊断与 维修实例	121
4.1.2 进给驱动系统的基本形式	82	第 5 章 数控机床导轨副的维修与 调试	125
4.1.3 电动机与丝杠间的连接	84	5.1 数控机床导轨的类型与调整	125
4.2 齿轮传动间隙补偿机构的调整	88	5.1.1 数控机床对导轨的要求	125
4.2.1 刚性调整法	88	5.1.2 导轨的基本类型	126
4.2.2 柔性调整法	89	5.1.3 滑动导轨的结构特点	126
4.2.3 锥齿轮传动副	90	5.1.4 液体静压导轨的结构特点	130
4.2.4 键联接间隙的消除	91	5.1.5 滚动导轨的结构特点	132
4.2.5 键联接间隙补偿机构	91	5.2 滚动导轨的安装、预紧与调整	136
4.2.6 齿轮齿条传动间隙的消除	91	5.2.1 滚动导轨的导轨块安装	136
4.2.7 间隙调整应用实例	92	5.2.2 滚动导轨的预紧	138
4.3 滚珠丝杠螺母副	95	5.2.3 导轨副的调整	140
4.3.1 滚珠丝杠螺母副的工作原理 与特点	95	5.3 导轨的润滑与防护	142
4.3.2 滚珠丝杠螺母副的滚珠循环 方式	96	5.3.1 导轨的润滑	142
4.3.3 滚珠丝杠螺母副轴向间隙的 消除	97	5.3.2 导轨的防护	142
		5.4 数控机床导轨副维修与调试实例	143
		5.4.1 导轨副的故障诊断	143
		5.4.2 导轨副的故障诊断与排除实例	144

第 6 章 数控机床辅助机构的拆装与调试	146	7.1.3 排刀式刀架	182
6.1 数控机床回转工作台与分度工作台的调试	146	7.1.4 多主轴转塔头换刀装置	183
6.1.1 数控回转工作台的结构与调试	146	7.1.5 更换主轴箱换刀的结构与调整	185
6.1.2 分度工作台的结构与调试	149	7.2 带刀库的自动换刀系统	185
6.1.3 数控工作台的拆装与调试	153	7.2.1 带刀库的自动换刀系统的结构与换刀方式	185
6.2 数控机床回转工作台的维修与调试实例	156	7.2.2 刀库的功能、类型及容量	187
6.2.1 回转工作台常见故障的诊断方法	156	7.2.3 刀具的选择方式	188
6.2.2 回转工作台常见故障的维修与调试实例	157	7.2.4 刀具识别装置	189
6.3 高速动力卡盘的结构与调试	161	7.2.5 刀具交换装置的调整	190
6.3.1 高速动力卡盘的结构	161	7.2.6 刀库及换刀机械手的调整要点	193
6.3.2 高速动力卡盘的调试	162	7.3 数控机床自动换刀装置的维修与调试实例	194
6.3.3 高速动力卡盘的故障及其诊断方法	163	7.3.1 刀架、刀库及换刀装置的故障诊断	194
6.3.4 高速动力卡盘的故障维修与调试实例	164	7.3.2 刀架、刀库及换刀装置的故障维修与调试实例	196
6.4 尾座的结构与调试	165	第 8 章 数控机床刀具的选配与调试	204
6.4.1 尾座的结构	165	8.1 数控机床刀具	204
6.4.2 尾座的调试实例	165	8.1.1 数控机床刀具的基本要求	204
6.5 分度头的结构与调试	166	8.1.2 数控机床刀具的种类	205
6.5.1 分度头的结构	166	8.1.3 数控机床刀具的材料	206
6.5.2 分度头的维修与调试实例	168	8.2 数控机床刀具系统	207
6.6 自动排屑装置的结构与安装维修	168	8.2.1 车削类刀具系统	208
6.6.1 排屑装置在数控机床上的作用	169	8.2.2 铣镗类刀具系统	208
6.6.2 排屑装置的结构与安装位置	169	8.3 数控机床的刀具选配	214
6.6.3 排屑装置的故障维修与调试实例	171	8.3.1 刀片(刀具)的选择	214
6.7 数控机床润滑系统的维修与调试	172	8.3.2 镗孔(内孔)刀具的选择	214
6.7.1 数控机床润滑系统的润滑方式	172	8.3.3 铣刀的选择	215
6.7.2 数控机床润滑系统的维修与调试实例	172	8.3.4 数控车床刀具选用	215
6.8 数控机床的安全防护装置	174	8.4 数控机床对刀及对刀调试方案分析	217
第 7 章 数控机床自动换刀装置的维修与调试	176	8.4.1 机床、工件、刀具三者相互位置的确定	218
7.1 自动换刀装置	176	8.4.2 基于寄存器指令建立工件坐标系的对刀方法	219
7.1.1 回转刀架换刀	176	8.4.3 基于工件坐标系偏置的对刀方法	221
7.1.2 数控车床刀架的结构与拆装调整	177	8.5 刀具预调仪	227
		8.5.1 刀具预调方法	227
		8.5.2 刀具预调仪的选用与管理	227

8.6 数控机床刀具的失效形式与调试 实例	229	第 10 章 数控机床气动系统的维修 与调试	266
8.6.1 数控刀具的常见失效形式及 其解决方法	229	10.1 数控机床气压系统的构成	266
8.6.2 数控机床刀具的调试实例	232	10.1.1 气源装置	266
第 9 章 数控机床液压系统的维修 与调试	236	10.1.2 气动执行元件	268
9.1 数控机床液压系统的构成及其回路 调试	236	10.1.3 气动控制元件	268
9.1.1 液压传动系统的组成	236	10.2 数控机床气压系统的回路调试	269
9.1.2 压力控制回路的调压	238	10.2.1 压力控制回路的调压	269
9.1.3 速度控制回路的调速	242	10.2.2 方向控制回路的调向	271
9.1.4 方向控制回路的调向	246	10.2.3 速度控制回路的调速	272
9.1.5 多执行元件动作控制回路的 调序	248	10.2.4 安全保护回路	276
9.2 数控机床液压系统分析	249	10.2.5 往复运动回路	277
9.2.1 MJ-50 数控车床液压系统分析	249	10.2.6 供气点选择回路	279
9.2.2 TH6350 卧式加工中心液压系统 分析	251	10.3 数控机床气动系统分析	279
9.3 液压系统的安装与调试	253	10.3.1 H400 型卧式加工中心气动 传动系统分析	279
9.3.1 液压系统的安装	253	10.3.2 数控车床真空卡盘气动回路 分析	283
9.3.2 液压系统的调整	254	10.3.3 加工中心气动换刀系统分析	284
9.3.3 液压系统的调试	255	10.4 数控机床气动系统的维护与 调试实例	285
9.4 液压系统故障维修与调试实例	257	10.4.1 气动系统的维护要点	285
9.4.1 液压系统故障诊断及其维修 调试方法	257	10.4.2 气动系统的点检与定检	286
9.4.2 液压系统故障维修与调试 实例分析	260	10.4.3 气动系统常见的故障诊断及 维修方法	287
		10.4.4 气动系统故障维修与调试 实例	289
		参考文献	292

第 1 章 数控机床机械系统的结构、装配与工作过程

1.1 数控机床的结构

数控机床是由普通机床演变而来的，它采用计算机数字控制方式，各个坐标方向的运动均由独立的伺服电动机驱动，取代了普通机床上复杂的齿轮传动链。数控机床通过 X、Y、Z 三个坐标来控制刀具和工件间的相对运动。它由信息输入设备、信息运算及控制装置、伺服驱动系统、机床本体、机电接口五大部分组成，如图 1-1 所示，其中除机床本体之外的部分统称为计算机数控（CNC）系统。

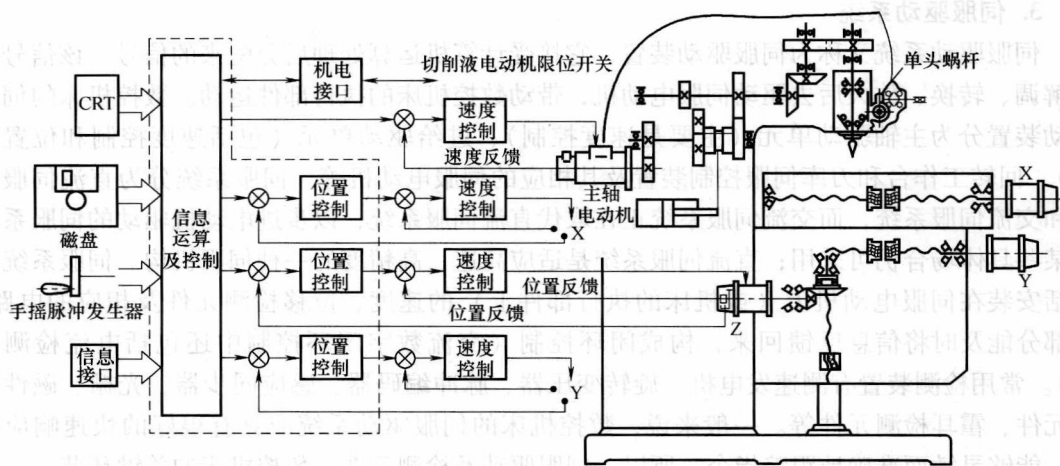


图 1-1 数控机床的组成

1.1.1 数控机床各部分的功能

1. 信息输入设备

信息输入设备是数控机床的信息输入通道，加工零件所需的程序和各種参数、数据通过信息输入设备送进计算机系统（信息运算及控制装置）。早期的输入方式为穿孔纸带和磁带，目前多采用磁盘。在生产现场，简单零件的加工程序都是采用按键配合显示器（CRT）的手动数据输入（MDI）方式；在调整机床和对刀时采用手摇脉冲发生器的方式输入；通过通信接口，可采用上位机的方式输入。

2. 信息运算及控制装置

信息运算及控制装置是由中央处理单元（CPU）、存储器、总线 and 相应的软件构成的专用计算机，简称数控装置（CNC 装置）。它接收到输入的信息后，经过译码、轨迹计算（速度计算）、插补运算和补偿计算，再给各个坐标的伺服驱动系统发送速度、位移指令。数控装置是数控机床的核心，数控机床的功能强弱主要由这一部分决定，它具备的主要功能

如下:

- 1) 多轴联动、多坐标控制。
- 2) 实现多种函数的插补(直线、圆弧、抛物线、螺旋线、极坐标、样条函数等)。
- 3) 多种程序输入(人机对话、手动数据输入、由上级计算机和其他输入设备的程序输入)、编辑和修改功能。
- 4) 信息转换功能。包括 EIA/ISO 代码转换, 米制/英制转换、坐标转换、绝对值/增量值转换等。
- 5) 补偿功能。包括刀具半径补偿、刀具长度补偿、传动间隙补偿、螺距误差补偿等。
- 6) 多种加工方式选择。包括各种加工循环、重复加工、凸凹模加工和镜像加工等。
- 7) 故障自诊断功能。
- 8) 显示功能。用 CRT 可以显示字符、轨迹、平面图形和动态三维图形。
- 9) 通信和联网功能。

3. 伺服驱动系统

伺服驱动系统又称为伺服驱动装置, 它接受计算机运算处理后分配来的信号。该信号经过解调、转换、放大后去驱动伺服电动机, 带动数控机床的执行部件运动。数控机床的伺服驱动装置分为主轴驱动单元(主要是速度控制)、进给驱动单元(包括速度控制和位置控制)、回转工作台和刀库伺服控制装置及其相应的伺服电动机等。伺服系统分为直流伺服系统和交流伺服系统, 而交流伺服系统正在取代直流伺服系统; 以步进电动机驱动的伺服系统在某些具体场合仍可采用; 直流伺服系统是适应高速、高精度的一种伺服机构。伺服系统还包括安装在伺服电动机上(或机床的执行部件上)的速度、位移检测元件及相应的电路, 该部分能及时将信息反馈回来, 构成闭环控制(交流数字闭环控制中还包括电流检测反馈)。常用检测装置有测速发电机、旋转变压器、脉冲编码器、感应同步器、光栅、磁性检测元件、霍尔检测元件等。一般来说, 数控机床的伺服驱动系统应具有很好的快速响应性能, 能够灵敏而准确地跟踪指令。所以, 伺服驱动及检测反馈是数控机床的关键环节。

4. 机床本体

数控机床的本体包括机床的主运动部件、进给运动部件、执行部件和基础部件, 基础部件包括床身、底座、立柱、滑鞍、工作台(刀架)、导轨等。普通机床上各个传动链之间有着复杂的齿轮联系, 而数控机床由计算机来协调控制各个坐标轴之间的运动, 因此数控机床的传动链短, 结构比较简单。为了保证快速响应, 数控机床上普遍采用精密滚珠丝杠和直线滚动导轨副。为了保证数控机床的高精度、高效率和高自动化加工, 机床的机械结构应具有较高的动态特性、动态刚度、阻尼精度、耐磨性以及良好的抗热变形性能。在加工中心上还配备有刀库和自动交换刀具的机械手。另外, 数控机床上还有一些良好的配套设施, 如冷却、自动排屑、防护、润滑系统, 编程机和对刀仪等, 以利于充分发挥数控机床的功能。

5. 机电接口

数控机床上除了点位、轨迹采用数字控制外, 还有许多其他的控制, 如主轴的起停, 刀具的更换, 工件的夹紧和松开, 各种辅助交流电动机的起停, 电磁铁的吸合、释放, 离合器的开合, 电磁阀的打开与关闭等。它们的动力是由电源变压器、控制变压器、各种断路器、保护开关、接触器、功率断路器及熔断器等组成的强电线路提供的, 而这种强电线路是不能与低压下工作的控制电路或弱电线路直接连接的, 只能通过断路器、热动开关、中间继电器

等转换成直流低压下工作的触点的开、合（关）动作，成为继电器逻辑电路或 PLC 可接收的信号。另外，为了保障人身和设备安全，或者操作与兼容性所必需的信号，如急停、进给保持、循环启动、NC 准备好、行程限位、JOG 命令（手动连续进给）、NC 报警、程序停止、复位、M 信号、S 信号、T 信号等，也需由 PLC 来传送。这些动作都按机床工作的逻辑顺序由 PLC 来控制。PLC 控制的是动作的先后顺序，它处理的是数字信息 0 和 1，无论是由 PLC 自带的 CPU，还是由数控装置内的 CPU 来处理这些信息，数控机床的数控装置都能将数字控制信息和开关量控制信息很好地协调起来，实现正常的运转。

1.1.2 主机的组成

主机即数控机床的机体部分。主轴驱动系统和坐标伺服系统在接收到数控装置发出的动作信号后，开始驱动机床的主轴、工作台和刀具实现定位或按程序中所指定的轨迹进行动作，并配以必要的机械、液压、气压、冷却、中心润滑等动作，按照要求的形状和尺寸去完成零件的切削加工。

数控机床主机的组成如图 1-2 所示。它主要由主传动系统、坐标进给系统、工作台、换刀系统或刀架、液压系统、气压系统、润滑系统、切削液系统、制冷系统和自动排屑系统等组成。



图 1-2 数控机床主机的组成

1. 主传动系统

近年来，数控机床多采用交流调速电动机作为主电动机。这种交流调速电动机的特点是转速高、功率大、调速范围宽、变速快且可靠。

数控机床的主传动方式有以下三种。

1) 大、中型数控机床上常采用变速齿轮的传动方式，可加大主轴的输出转矩，以满足主轴低速旋转时为大输出转矩特性的要求。这种传动方式往往用高、低速两挡齿轮进行机械变速，然后分别在高转速区和低转速区实现交流电动机的无级调速。

2) 小型数控机床和部分数控机床上采用同步带作为主传动方式，这种传动方式可以降低主传动的振动和噪声。但是，它的输出转矩要比齿轮传动的输出转矩小得多。

3) 近年来，许多数控机床上开始使用电主轴，即数控机床的主轴直接与交流调速电动机的转子刚性连接，使主轴与电动机成为一个整体。这样大大简化了主轴箱体与主轴的结构，有效地提高了主轴部件的刚度。但与相同功率的主电动机相比，主轴的输出转矩较小，电动机的发热引起主轴的热变形，因此需要采取散热和热平衡措施来减少主轴的热变形。同时，电主轴的造价比较高，维修比较困难。

无论采用何种主传动方式，都要有测速电动机来检测主轴的转速，以便随时修正主轴的速度，提高主轴转速的精度，满足加工工艺的要求。同时，为了满足换刀、镗孔、加工螺纹等的需要，要求主轴具有定向功能，而这种定向功能要由主轴编码器来实现。在过去的数控机床的主传动系统上，往往设计有机械定向机构来实现这些功能。

具有齿轮传动的主传动系统框图如图 1-3 所示，电主轴传动系统框图如图 1-4 所示。



图 1-3 具有齿轮传动的主传动系统框图



图 1-4 电主轴传动系统框图

2. 坐标进给系统

由于数控机床各坐标的运行状态直接影响工件的加工精度和生产率，因此对各坐标的位置精度要求和机床刚性要求都较普通机床高很多，同时还要求有良好的动态响应性能。数控机床闭环控制进给系统，通常由位置比较单元、驱动单元、机械传动装置及位置检测元件（目前大多采用光栅尺）等几部分组成。图 1-5 所示为数控机床闭环控制进给系统的组成框图。

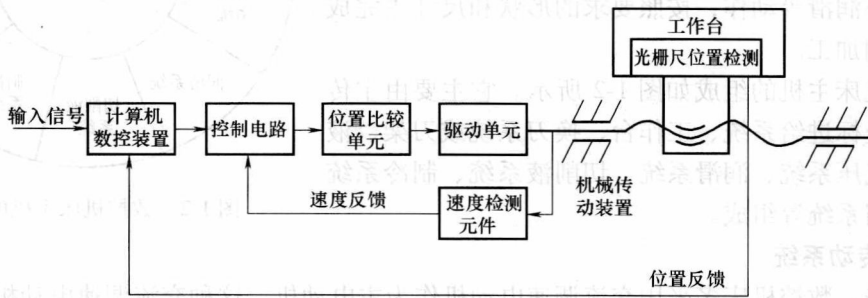


图 1-5 数控机床闭环控制进给系统的组成框图

坐标进给系统的机械传动装置，是指将伺服电动机的旋转运动改变为工作台直线运动的整个机械传动链，或者将伺服电动机的旋转运动通过机械传动链改变为工作台的旋转运动。这里的机械传动链包括齿轮传动、同步带传动和滚珠丝杠螺母副传动。图 1-5 中的机械传动装置为伺服电动机通过联轴器直接与滚珠丝杠刚性连接，目前，该方式和同步带连接方式在数控机床的坐标进给系统中被广泛应用。

无论坐标进给系统采用何种传动方式，都要保证高的传动精度、灵敏度和工作稳定性。理论上讲，机械传动装置的间隙应当为零，但在实际制造过程中是无法做到的，这就要求数控机床在整体装配调试过程中充分利用 CNC 系统给予补偿。

在数控机床的运行过程中，伺服系统的位置检测元件首先进行位置检测、位置反馈，CNC 系统再对其进行比较，这些工作反复进行，从而使数控机床的坐标位置精度达到要求。

为了满足传动精度、灵敏度和工作稳定性的要求，数控机床的坐标进给系统一般采用喷涂了特殊塑料的减摩擦滑动导轨，各种滚动导轨、静压导轨和滚珠丝杠副等，还要保证传动元件的精度，并合理预紧，采用合理的支承类型等。同时，CNC 系统的精度也要满足要求。

3. 工作台

工作台对于加工中心、数控铣床、数控镗床、数控磨床、数控钻床等是必不可少的重要部件。工作台可以固定在加工区间的某一位置上，由伺服电动机驱动进行直线运动；也可以

在这个加工区间的位置上作回转运动，自身成为一个旋转坐标，以满足加工的需要。工作台还可以作为一台数控机床的附件固定安装，它既可以是水平方向或垂直方向旋转的辅助坐标，又可以是同时进行水平方向和垂直方向旋转或翻转的两个旋转坐标。在有些加工中心上，两个或多个工作台可以进行交换，成为柔性制造单元的一个组成部分。

回转工作台的传动元件一般是齿轮或同步带、蜗杆副、端齿盘等。回转工作台的精度、灵敏度和工作稳定性同样取决于这些零件的制造精度和装配质量。作为一个旋转坐标，它与直线坐标进给系统有同样的技术要求。

4. 换刀装置

换刀装置由机械手、刀库、主轴定向机构和主轴拉刀机构组成，图1-6所示为换刀装置框图。有些加工中心的换刀装置中只有刀库和主轴换刀机构，省去了机械手。机械手是刀库与主轴之间取刀、放刀的装置。在没有机械手的加工中心上，是由刀库和主轴的相互配合来完成换刀动作的。

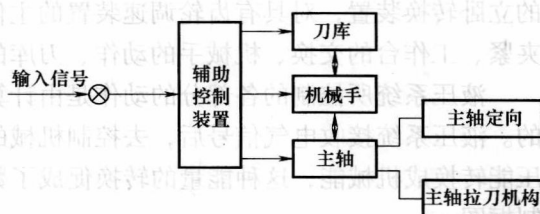


图1-6 换刀装置框图

刀库的形式一般有鼓轮式（或称斗笠式）、链式和箱体式等，它们也是目前加工中心上常用的几种形式。

主轴上的拉刀机构常采用碟形弹簧和液压缸配合使用。拉刀时，液压缸处于卸压状态，完全靠若干碟形弹簧的自然放松，将主轴上的刀具拉紧；松刀时，靠液压缸来克服碟形弹簧的弹力来放松刀具。

机械手、刀库、主轴定向机构和主轴换刀机构配合完成换刀动作。为确保机械手在刀库上准确选刀，往往采取刀具编码、刀座编码和计算机记忆方式。

(1) 刀具编码 刀具编码是指在刀套的锥柄上有对应的两个平面，在两个平面上分别有若干个螺钉孔（螺钉孔的数量根据刀库容量来确定），对这些螺钉孔进行编码，一般采用“8、4、2、1”的编码方式。当螺钉孔上装有螺钉时，高出的螺帽就会与无触点开关发生感应；当螺钉孔上没有螺钉时，就没有感应信号，以此来达到选刀的目的。显然，这种方式允许刀具摆放在刀座上的任意位置，刀具编码也可采用在锥柄的尾部与拉钉组合安装编码环的方式来达到同样的效果。

(2) 刀座编码 刀座编码则是将感应块安装在刀座上，凸出的感应块将与无触点开关发生感应，凹进的感应块就没有感应信号。显然，在这种选刀方式下，刀具必须是对号入座的，决不能任意摆放。这种形式采用的同样是“8、4、2、1”的编码方式。

(3) 计算机记忆方式 目前，计算机记忆方式选刀被广泛应用。这种选刀方式就是将刀具号和刀库中的刀座位置对应地记忆在计算机的存储器内。这样，无论刀具在刀库内转到任何位置，计算机都记忆位置信息，从而达到选刀的目的。

5. 刀架

刀架（又称刀塔）是数控车床或车削中心上的重要部件，是在车削过程中，为满足车削工艺的需要进行自动换刀的装置。车削中心上的刀塔上还可安装若干个动力装置，以便在车削的同时，又可完成铣削和钻削工序。常用的刀塔可分为六工位、八工位、十二工位等形式。刀塔的转位为机械传动，端齿盘定位。刀塔电动机通过齿轮或同步带传动来带动蜗杆副

工作，并与其他部件配合来完成刀塔的转位、定位和锁紧。刀位由编码器识别，并可顺时针和逆时针旋转，就近选择刀位。

刀塔上的动力刀具是由交流伺服电动机驱动的。它通过同步带、传动轴、齿轮、离合器等将动力传递到动力刀座，再通过刀座内部的齿轮传动，使刀具作旋转运动，实现动力刀具的主动切削。

6. 液压系统

数控机床的液压系统，常用来控制主轴的拉刀机构、主轴箱或工作台的平衡装置、主轴的立卧转换装置，对具有齿轮调速装置的主传动机构进行速度变挡。液压系统还对工作台的夹紧、工作台的交换、机械手的动作、刀库的动作、机械定向机构等进行控制。

液压系统所控制的各部分的动作是由计算机发出信号，通过辅助控制装置接收后去完成的。液压系统接收电气信号后，去控制机械的各部分动作，即由电能转换成液压能，又由液压能转换成机械能，这种能量的转换促成了数控机床功能的实现。图 1-7 所示为液压系统控制框图。

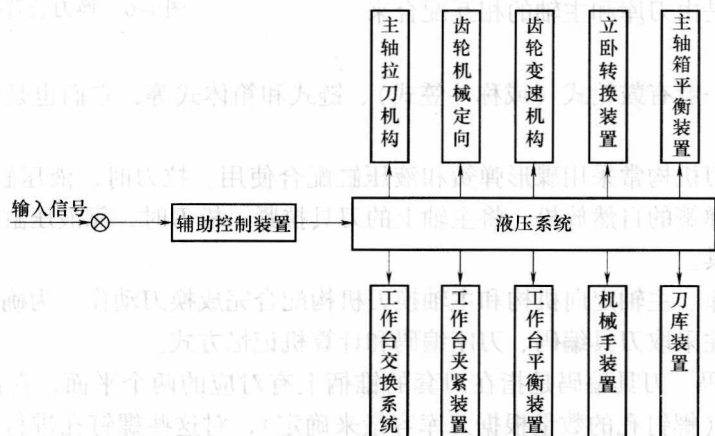


图 1-7 液压系统控制框图

7. 气压系统

数控机床的气压系统常用来控制机械手、刀库和交换工作台的动作；对有些数控车床来说，还完成主轴卡盘的夹紧、尾顶尖的动作；在有些数控坐标磨床上，气压系统还控制砂轮的高速运转，砂轮的高速运转由气动轴承完成。气压系统还对主轴锥孔和各坐标的光栅尺进行吹气清洁，也可用于润滑系统中的喷雾润滑、切削液系统的高压冷却等。

在有些数控机床上，用液压控制的部分已完全被气压系统取代了。气压系统污染少、成本低、维修方便。但由于空气是可压缩的，势必造成机械动作的不稳定。因此，气压系统往往用在切削液、润滑装置和清洁装置上，或用于精度要求不高的机械动作上。

同样，气压系统所控制的各部分的动作是由计算机发出信号，通过辅助控制装置接收后去完成的。气压系统接收信号后，去控制机械的各部分动作，即由电能转换成气能，又由气能转换成机械能；或者由电能转换成气能后直接用于冷却、润滑和清洁。图 1-8 所示为气压系统控制框图。

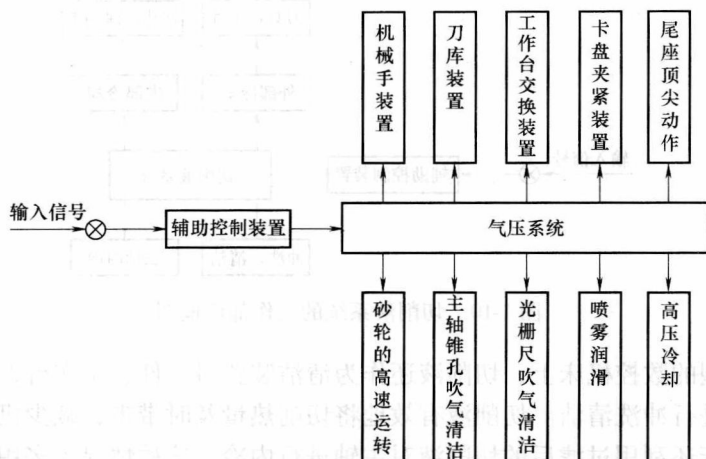


图 1-8 气压系统控制框图

8. 润滑系统

润滑系统分中心润滑系统和齿轮箱润滑系统两部分。中心润滑系统是由计算机通过辅助控制装置进行控制的，主要对主轴轴承、各坐标轴承、导轨、滚珠丝杠螺母副、机械手、刀库以及所有滑动、滚动面等部位进行润滑。这种润滑是根据机床设计的特点，根据需要定时、定量进行的，即根据机床运行的时间定时润滑，再根据每次润滑所需要的油量来确定润滑开始到结束的时间，从而保证机床运行时始终处于良好的润滑状态。中心润滑系统润滑部位框图如图 1-9 所示。数控机床齿轮箱的润滑与普通机床的润滑相似，即在齿轮箱内注油，工作时，靠齿轮的运转进行喷淋式润滑。在有些数控机床上，如果齿轮传动比较少，如只有高低速齿轮工作，也常采用滴油式润滑。

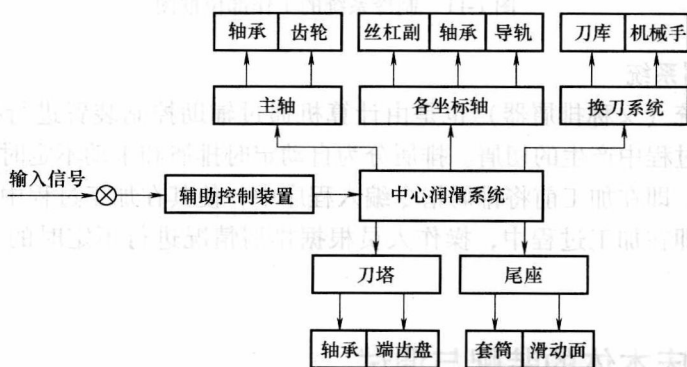


图 1-9 中心润滑系统润滑部位框图

9. 切削液系统

切削液系统由计算机通过辅助控制装置进行控制，主要是在切削时对刀具和工件进行冷却。同时，切削液还可通过高压系统经过主轴中心，再经刀柄的中心、刀具的中心对深孔加工进行有效的冷却。这种冷却方式往往被应用于加工中心、数控钻床的钻削加工。切削液系统的工作部位框图如图 1-10 所示。

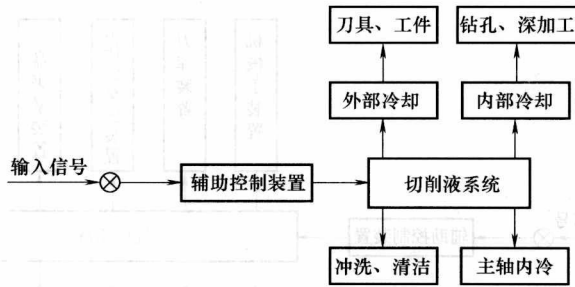


图 1-10 切削液系统的工作部位框图

在一些大中型的数控机床上，切削液还作为清洁装置对工件、工作台、坐标轴、防护罩及工作室表面进行冲洗清洁。切削液有效地将切削热量及时带走，减少机床和工件的热变形。有些数控机床还利用过滤后的切削液对主轴进行内冷，这种情况大多用在电主轴上。

10. 制冷系统

制冷系统是由计算机通过辅助控制装置进行控制的，主要用于对液压系统的液压油进行冷却，或者对用于主轴的切削液进行冷却。制冷系统的工作部位框图如图 1-11 所示。在有些数控机床上，将冷却后的液压油、切削液或水送入安装在电气柜中的冷却水盘管中，用风扇将冷气吹进电气柜内，达到使电气柜内的控制单元或模块、电源等降温的目的。数控机床的电气柜、液压油或切削液都是用压缩机进行制冷的。

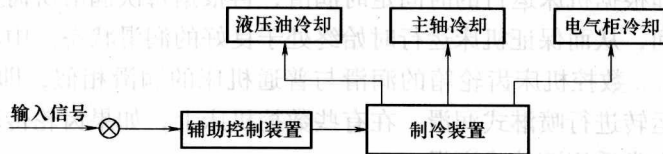


图 1-11 制冷系统的工作部位框图

11. 自动排屑系统

自动排屑系统（又称排屑器）也是由计算机通过辅助控制装置进行控制的，主要用来排出机床在加工过程中产生的切屑。排屑分为自动定时排屑和手动不定时排屑两种方式。所谓定时自动排屑，即在加工前将排屑指令编入程序中，使其在加工过程中定时排屑。所谓手动不定时排屑，即在加工过程中，操作人员根据排屑情况进行不定时的手工操作（MDI 方式下）。

1.2 数控机床本体的装配与调试

机床本体是数控机床的基础部件，包括床身、立柱、横梁、底座、工作台、箱体、升降台等，如图 1-12 所示。各部件之间有的互相固定连接，有的可在导轨上运动。机床本体在数控机床工作过程中受各种力和热的作用而产生变形，从而影响执行机构的位置精度或运动轨迹，影响零件的加工精度和表面质量。因此机床本体必须采用合适的材料和合理的加工工艺，以及相应的措施来提高自身抵抗受力变形和受热变形的能力。

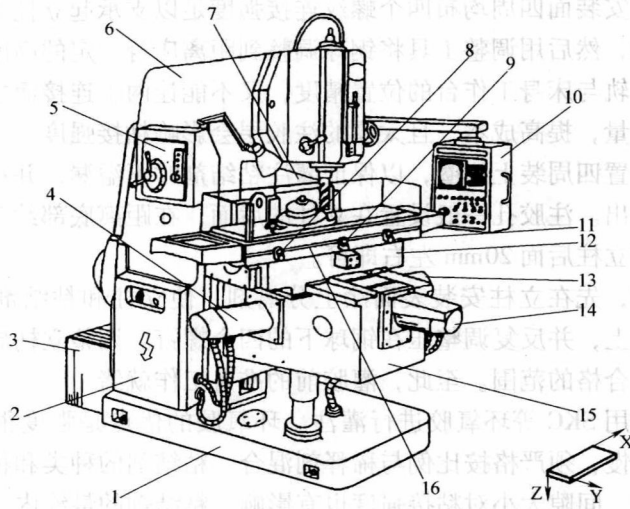


图 1-12 XK5040A 型数控铣床本体结构

- 1—底座 2—电气柜 3—变压器箱 4—垂直升降进给伺服电动机 5—主轴变速手柄
 6—床身 7—数控柜 8、11—保护开关 9—挡铁 10—操纵箱 12—横向滑板
 13—纵向进给伺服电动机 14—横向进给伺服电动机 15—升降台 16—纵向工作台

1.2.1 床身的安装

数控机床床身与立柱的安装经历了从直接刮研、灌胶到螺纹灌胶三个安装工艺发展阶段。直接刮研工艺由于工作量大，生产率低已被淘汰。灌胶工艺是运用于高精度数控机床床身和立柱装配，在传统的安装刮研工艺和现代的粘接技术的基础上发展起来的一门新工艺技术。螺纹灌胶工艺是在灌胶工艺的基础上发展起来的，和灌胶工艺相比，它将在床身与立柱间灌胶改为在四个支承螺钉的螺纹及支承钢球的接触面上灌胶。螺纹和钢球接触面的设计必须满足立柱的工作强度要求，螺纹灌胶工艺比灌胶工艺更经济，已在一些技术实力较强的数控机床厂总装中被采用。

在精密机床床身和立柱的安装过程中，为避免过度频繁地调整起吊而破坏连接精度，灌胶工艺是先将这两个连接件支撑起来，并把它们调整到规定的位置，然后向两连接件之间的缝隙灌注粘结剂。同时，采取措施确保粘结剂凝固后二者的位置不变。床身与立柱装配示意如图 1-13 所示。

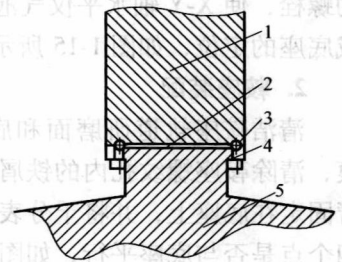


图 1-13 床身与立柱装配示意

- 1—立柱 2—注胶层 3—钢球
 4—螺钉 5—床身

灌胶工艺的流程如图 1-14 所示。

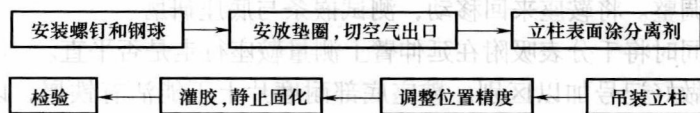


图 1-14 灌胶工艺的流程