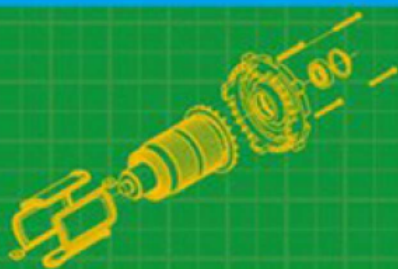


数控机床 故障诊断与维修



主 编 ○ 郑 智 仲兴国



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

数控机床故障诊断与维修

主 编 郑 智 仲兴国

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是在适应目前部分本科院校向应用型院校转变、配合课程改革、提高学生的技术应用能力的背景下编写的。删减过强的理论知识,以实际应用为主,通过典型的生产应用实例,深入浅出地把故障原因分析、故障诊断及处理过程讲透,突出了内容的先进性、实用性和技术的综合性,做到与时俱进。

本书的主要内容包括:数控机床故障诊断与维修基础、数控机床机械故障诊断与维修、数控机床电气设备维修、数控机床液压气动系统的维修、FANUC Oi 数控系统故障诊断与维修、主轴驱动系统故障诊断与维修、进给伺服系统故障诊断与维修、FANUC Oi 系统的 PMC、数控机床维修实例及附录。

本书可作为应用型本科的机械电子工程专业、机械设计制造及其自动化等专业的教材,也可作为高职高专数控技术专业、数控机床维修专业及机电一体化等专业的教材,还可作为从事相关工作的技术人员、数控机床维修人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数控机床故障诊断与维修/郑智, 仲兴国主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2017. 3

ISBN 978-7-5682-3844-1

I. ①数… II. ①郑…②仲… III. ①数控机床-故障诊断-高等学校-教材②数控机床-维修-高等学校-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 059466 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 16.25

字 数 / 382 千字

版 次 / 2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷

定 价 / 60.00 元

责任编辑 / 刘永兵

文案编辑 / 刘 佳

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

我国制造业的快速发展使得数控机床的应用越来越广泛，随之而来的数控设备的维修成为一个亟须解决的问题。数控机床是高度复杂的机电一体化设备，涉及机械、液压气动、电气、计算机以及电子等综合知识，具有先进性、复杂性和智能性高的特点，特别是近几年数控系统不断更新换代，维修理论、维修技术和维修手段发生了很大变化，机械制造业对数控机床维护、维修及应用的技能型人才的要求越来越高。为了适应应用型本科教育教学理念的变革及课程教学改革的实施，突出高素质、高技能应用型人才的培养，以满足数控机床用户对维修人员的需求，我们编写了这本教学用书。

本书在工学结合、校企融合理念的指导下，从数控机床维修工作的岗位实际出发，旨在培养学生的数控维修实用基本技能。全书共分 9 个项目，涵盖机械、电气、液压气动、数控系统、驱动系统、检测装置、PMC 等多方面知识，围绕数控机床故障诊断，着重讲解故障分析与处理的思路和方法，可提高读者分析故障现象、定位故障及排除常见故障的能力。数控机床的种类繁多，但数控机床的诊断与维修技术在本质上是相同的，触类旁通。本教材主要针对目前占市场主流地位的 FANUC 0iC/0i D 系统的机床，从选材内容到实例分析都做了精心的安排，力求做到内容深入浅出、重视实践能力培养，以达到学生能很快适应数控机床维修岗位的目的。

本书在编写时本着“应用为本，学以致用”的理念，坚持课程改革，具有以下特色：内容模块化，体现完整性，突出应用性与实践性，可操作性强；确保先进性；体现课程改革理念，创新教材编写风格。

本书由沈阳工学院郑智和沈阳理工大学仲兴国担任主编。其中项目 1、3、5、6、7、8、9 及附录由郑智编写，项目 2 和项目 4 由仲兴国编写。

本书在编写过程中参考了大量的文献资料，在此向文献资料的有关作者致以诚挚的谢意。由于编者水平和时间有限，加之数控技术发展迅速，书中难免有不当和疏漏之处，殷切希望读者批评指正，以便进一步完善。

编 者

目 录

项目 1 数控机床故障诊断与维修基础	1
任务 1 数控机床故障诊断的意义	1
任务 2 数控机床的组成与分类	3
任务 3 数控机床系统的基本组成及工作过程	9
任务 4 数控机床维修的特点及主要故障	13
任务 5 数控机床故障诊断的步骤与方法	17
项目 2 数控机床机械故障诊断与维修	23
任务 1 数控机床机械故障诊断基础	23
任务 2 机械设备故障诊断与修复技术	26
任务 3 数控机床主轴部件的机械故障诊断与维修	35
任务 4 数控机床进给传动部件的机械故障诊断与维修	42
任务 5 数控机床机械故障诊断实例	49
项目 3 数控机床电气设备维修	52
任务 1 数控机床电气设备故障诊断基础	52
任务 2 数控机床电气原理图分析	58
任务 3 数控机床电气故障诊断与维修实例	72
项目 4 数控机床液压气动系统的维修	77
任务 1 数控机床液压系统故障诊断与维修	77
任务 2 数控机床气动系统故障诊断与维修	83
项目 5 FANUC 0i 数控系统故障诊断与维修	88
任务 1 数控系统的常规维护	88
任务 2 FANUC 0i C/0i D 数控系统综合连接	102
任务 3 系统参数设置与调整	113
任务 4 数控系统典型报警故障处理	122
项目 6 主轴驱动系统故障诊断与维修	129
任务 1 模拟主轴驱动系统概述	129
任务 2 模拟主轴驱动系统及典型故障诊断	132
任务 3 串行数字主轴驱动装置及常见故障诊断	137
任务 4 主轴换挡与准停控制	150
任务 5 数控车床螺纹加工中的常见故障处理	157
项目 7 进给伺服系统故障诊断与维修	160
任务 1 数控机床进给伺服系统的组成和功能特点	160
任务 2 FANUC 0i C/0i D 伺服单元 (SVU) 及典型故障处理	162

任务 3	FANUC 0i C/0i D 伺服模块 (SVM) 及典型故障处理	165
任务 4	FANUC 0i C/0i D 伺服系统参数设定与伺服调整	169
任务 5	FANUC 伺服总线 (FSSB) 的设定和常见故障分析	174
任务 6	FANUC 0iC/0i D 进给伺服系统检测装置故障诊断与维修	176
任务 7	FANUC 0iC/0i D 进给伺服系统典型故障诊断	179
项目 8	FANUC 0i 系统的 PMC	186
任务 1	认识 FANUC 系统的 PMC	186
任务 2	FANUC 系统 PMC 语言及编程	194
任务 3	通过 PMC 诊断故障	210
项目 9	数控机床维修实例	216
任务 1	数控机床回参考点控制原理及常见故障	216
任务 2	电动刀架的故障诊断与维修	222
任务 3	加工中心换刀异常的故障诊断与维修	225
任务 4	数控机床超程急停和加工精度异常故障诊断	234
任务 5	维修实例	238
附录		241
参考文献		251

项目1 数控机床故障诊断与维修基础

知识目标

1. 了解数控机床故障诊断的意义。
2. 熟悉数控机床的组成与分类、数控机床系统的基本组成及工作过程。
3. 掌握数控机床维修的特点及主要故障、数控机床故障诊断的步骤与方法。

能力目标

懂得数控机床故障诊断具体操作时的注意事项。

任务1 数控机床故障诊断的意义

数控机床故障诊断是依据数控机床在运行过程中伴随故障必然产生的振动、噪声、温度、压力、力矩、电压、电流和功率等物理参数的变化,来判断和识别数控机床的工作状态。数控机床故障诊断研究的内容包括对数控机床运行现状的识别与诊断、对运行过程的检测以及对运行趋势的预测。应用故障诊断技术对数控机床进行检测和诊断,可及时发现故障,预防事故发生。数控机床故障诊断的重要意义在于改革了数控机床的维修制度,将定期维修变为预知维修,提高了数控机床的使用率,增加了经济效益。

1.1.1 数控机床故障的含义

数控机床故障是指数控机床丧失了达到自身应有功能的某种状态,其包括两层含义:一是数控机床功能降低,但没有完全丧失功能,产生故障的原因可能是自然寿命、工作环境的影响及性能参数的变化和误操作等因素;二是故障加剧,数控机床已不能保证其基本功能,称为失效。

数控机床故障诊断的目的:预防数控机床故障的发生,提高数控机床的可靠性和安全性。对失效的零部件的工作状态进行全面的分析和研究称为失效分析。

1.1.2 可靠性、维修性与故障诊断的关系

衡量可靠性的主要指标是平均无故障工作时间 $MTBF$ (Mean Time Between Failures)。平均无故障工作时间是指设备在一个比较长的使用过程中,两次故障间隔的平均时间。

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

平均修复时间 $MTTR$ (Mean Time To Repair) 是指从排除故障开始直到数控机床能正常使用所需要的时间,它反映了数控机床的可维修性。

平均有效度是指可维修的数控机床或设备在某一时间内维持其性能的概率。衡量数控机床的可靠性和可维修性的指标是平均有效度 A 。

$$A = MTBF / (MTBF + MTTR)$$

1.1.3 数控机床故障的分类

数控机床故障整体上可分为机械故障和电气故障。

机械故障是指设备本体的故障,包括:机械、液压、气动、润滑、冷却、排屑与防护装置等。常见机械故障主要有:因机械部件安装、调试、操作使用不当等原因引起的机械传动故障;因导轨、主轴等运动部件的干涉、摩擦过大等原因引起的故障;因机械零件的损坏、连接不良等原因引起的故障等。机械故障主要表现为传动噪声大,加工精度差,运行阻力大,机械部件动作不进行,机械部件损坏,润滑不良,液压、气动系统的管路堵塞和密封不良。

电气故障又分强电故障和弱电故障。强电故障比较容易被检查出来。“强电”部分是指控制系统中的主回路,或高压、大功率回路中的继电器、接触器、各类开关、熔断器、电源变压器、电动机、空气断路器、熔断器、电磁铁、电磁阀和行程开关等电气元器件及其所组成的控制电路。这部分的故障虽然维修、诊断较为方便,但由于它处于高压、大电流工作状态,发生故障的概率要高于“弱电”部分,必须引起维修人员足够的重视。

“弱电”部分是指控制系统中以电子元件、集成电路为主的控制部分。数控机床的弱电部分包括 CNC、PLC、MDI/LED 以及伺服驱动单元、输入/输出单元等。“弱电”故障又有硬件故障与软件故障之分,硬件故障是指上述各部分的集成电路芯片、分离电子元件、接插件以及外部连接组件等发生的故障。软件故障是指在硬件正常情况下所出现的动作出错、数据丢失等故障,常见的有:加工程序出错、系统程序和参数的改变或丢失、计算机运算出错等。

1. 按故障的性质分类

(1) 确定性故障

确定性故障是指控制系统主机中的硬件损坏或只要满足一定的条件,设备必然会发生的故障。这一类故障现象在设备上最为常见,但由于它具有一定的规律,因此也给维修带来了方便。确定性故障具有不可恢复性,故障一旦发生,如不对其进行维修处理,设备不会自动恢复正常。但只要找出发生故障的根本原因,维修完成后设备立即可以恢复正常。正确地使用与精心维护是杜绝或避免故障发生的重要措施。

(2) 随机性故障

随机性故障是指设备在工作过程中偶然发生的故障。此类故障的发生原因较隐蔽,很难找出其规律性,故常称为“软故障”。随机性故障的原因分析与故障诊断比较困难,一般而言,故障的发生往往与部件的安装质量、参数的设定、元器件的品质、软件设计不完善和工作环境的影响等诸多因素有关。随机性故障具有可恢复性,故障发生后,通过重新开机等措施,设备通常可恢复正常,但在运行过程中,有可能又发生同样的故障。加强机电设备的维护检查,确保电气箱的密封,可靠的安装、连接,正确的接地和屏蔽等是减少、避免此类故障发生的重要措施。

2. 按故障的指示形式分类

(1) 有报警显示的故障

数控机床的故障报警显示可分为指示灯显示与显示器显示两种情况。

1) 指示灯显示报警。指示灯显示报警是指通过控制系统各单元上的状态指示灯(一般由 LED 发光管或小型指示灯组成)显示的报警。根据数控系统的状态指示灯,即使在显示器故障时,仍可大致分析判断出故障发生的部位与性质,因此,在维修、排除故障过程中应

认真检查这些状态指示灯的状态。

2) 显示器显示报警。显示器显示报警是指可以通过 CNC 显示器显示出报警号和报警信息的报警。由于数控系统一般都具有较强的自诊断功能,如果系统的诊断软件以及显示电路工作正常,一旦系统出现故障,则可以在显示器上以报警号及文本的形式显示故障信息。数控系统能进行显示的报警少则几十种,多则上千种,它是故障诊断的重要信息。

在显示器显示报警中,又包括 NC 报警和 PLC 报警。NC 报警为数控生产厂家设置的故障显示,它可对照系统的“维修手册”来确定可能产生该故障的原因。PLC 报警是由数控机床生产厂家设置的 PLC 报警信息文本,属于机床侧的故障显示,它可对照机床生产厂家所提供的“机床维修手册”中的有关内容,以确定故障所产生的原因。

(2) 无报警显示的故障

这类故障发生时,机床与系统均无报警显示,其分析诊断难度通常较大,需要通过仔细、认真的分析判断才能予以确认。特别是对于一些早期的数控系统,由于系统本身的诊断功能不强,或无 PLC 报警信息文本,出现无报警显示的故障情况则更多。对于无报警显示故障,通常要具体情况具体分析,根据故障发生前后的变化,进行分析判断。原理分析法与 PLC 程序分析法是解决无报警显示故障的主要方法。

3. 按故障产生的原因分类

(1) 数控机床自身故障

这类故障的发生是由于数控机床自身的原因所引起的,与外部使用环境条件无关。数控机床所发生的极大多数故障均属此类故障。

(2) 数控机床外部故障

这类故障是由于外部原因所造成的。供电电压过低、过高、波动过大;电源相序不正确或三相输入电压的不平衡;环境温度过高;有害气体、潮气、粉尘进入;外来振动和干扰等都是引起故障的原因。此外,人为因素也是造成数控机床故障的外部原因之一,据有关资料统计,首次使用数控机床或由不熟练工人来操作设备,在使用的第一年,因操作不当所造成的外部故障要占数控机床总故障的 1/3 以上。

任务2 数控机床的组成与分类

1.2.1 数控机床的组成

数控机床一般由数控系统、主轴和进给伺服驱动系统、强电控制柜(机床电气和逻辑控制装置)、机床本体和各类辅助装置组成。数控机床的基本结构如图 1-1 所示。

1. 数控系统

数控系统是数控机床实现自动加工的核心,是整个数控机床的灵魂所在,其主要由输入装置、监视器、计算机数字控制系统、可编程控制器、各类输入/输出接口等组成。数控装置的作用是将数控加工程序的信息按两类控制量分别输出:一类是连续控制量,送往伺服驱动系统;另一类是离散的开关控制量,送往机床电气和逻辑控制装置。

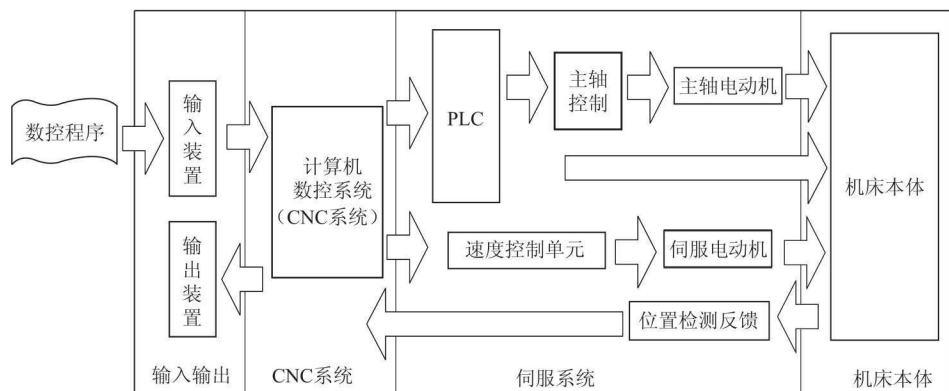


图 1-1 数控机床的基本组成框图

2. 伺服系统

伺服系统是数控系统和机床本体之间的电传动联系环节，主要有两种：一种是进给伺服系统，它控制机床各坐标轴的切削进给运动，以沿导轨的直线运动为主；另一种是主轴伺服系统，它控制主轴的旋转运动，提供切削动力。

3. 辅助装置

辅助装置主要包括自动换刀装置 ATC (Auto Tool Changer)、自动交换工作台机构 APC (Auto Pallet Changer)、工件夹紧放松机构、回转工作台、液压控制系统、润滑装置、冷却系统、排屑装置、过载和保护装置等。现代数控机床采用可编程控制器与数控装置共同完成对数控机床辅助装置的控制。

4. 强电控制柜

强电控制柜主要用来安装机床强电控制的各种电气元器件，除了提供数控、伺服等一类弱电控制系统的输入电源，以及各种短路、过载、欠压等电气保护外，主要在 PLC 的输出接口与机床各类辅助装置的电气执行元件之间起桥梁连接作用，控制机床辅助装置的各种交流电动机、液压气动系统电磁阀或电磁离合器等。此外，它也与机床操作面板上有关的手动按钮连接。强电控制柜由各种中间继电器、接触器、变压器、电源开关、接线端子和各类电气保护元器件等构成。机床电气和逻辑控制装置的作用：接收数控装置发出的开关命令，完成主轴启动与停止、工件夹紧与松开、工位工作台交换、换刀、冷却、润滑、液压、气动及其他辅助功能（主轴准停、PMC 轴、排屑等）的控制；将主轴启停结束、工件夹紧和工作台交换结束、换刀到位等信号送回数控装置。

5. 机床本体

数控机床的本体指其机械结构实体，包括床身、底座、立柱、横梁、滑座和工作台等，它是整台机床的基础和框架。机床的其他零部件，或者固定在基础件上，或者工作时在它的导轨上运动。数控机床的机械结构，除机床基础部件外，还有主传动系统，进给传动系统，实现工件回转、定位的装置和附件，实现某些部件动作和辅助功能的系统和装置（如液压、气动、润滑、冷却等系统和排屑、防护等装置），刀架或自动换刀（ATC），自动拖盘交换装置（APC），特殊功能装置（如刀具破损监控、精度检测和监控装置），为完全自动化控制功能的各种反馈信号及元器件等。为了保证高精度、高效率、高自动化程度的加工，数控

机床的机械结构应具有高精度、高灵敏度、高抗振性、热变形小、高精度保持性、高可靠性和刀具先进等特点。

1.2.2 数控机床典型机械结构

数控机床包括主传动、进给传动、滚珠丝杠螺母副、导轨副、自动换刀装置及回转工作台等典型机械结构。

1. 主传动结构

(1) 数控机床对主传动系统的要求

1) 转速高、功率大,能使数控机床进行大功率切削和高速切削,实现高效率加工。
2) 主轴必须具有较宽的调速范围,能迅速可靠地实现无级调速,使切削始终处于最佳运行状态。

3) 主轴必须具有较高的回转精度,足够的刚度和抗振性,较好的热稳定性,动态响应好。

4) 有些数控机床还具有自动换刀功能、主轴准停功能等。

(2) 主传动结构的配置方式

根据数控机床的类型与大小,其主传动结构主要有带传动、齿轮传动和电主轴等三种形式。

(3) 典型主轴部件

主轴内部刀具自动夹紧机构是数控机床特别是加工中心的特有机构。图1-2所示为某加工中心主轴内部刀具夹紧结构,其刀具可以在主轴上自动装卸并进行自动夹紧,其工作原理如下:当刀具2装到主轴孔后,其刀柄后部的拉钉3便被送到主轴拉杆7的前端,在碟形弹簧9的作用下,通过弹性卡爪5将刀具拉紧。当需要换刀时,电气控制指令给液压系统发出信号,

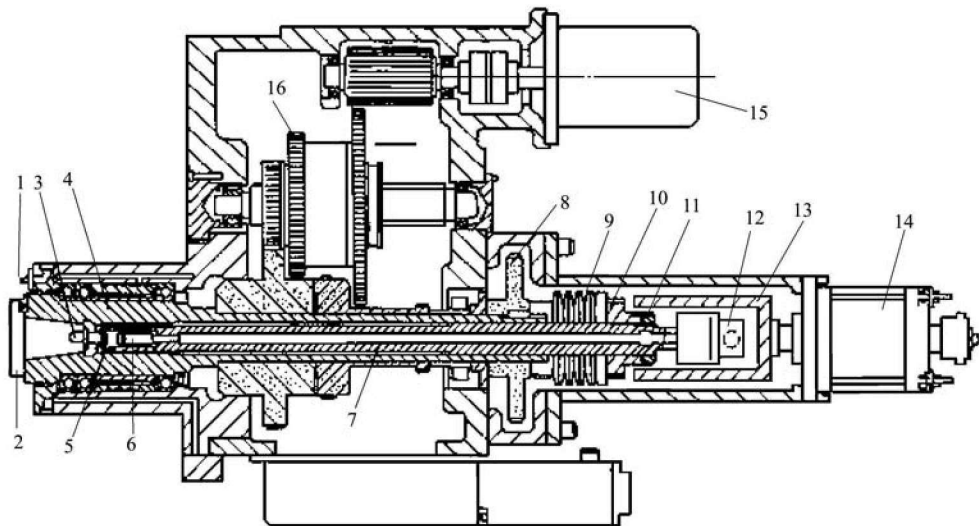


图1-2 加工中心主轴内部刀具夹紧机构

- 1—冷却液喷嘴；2—刀具；3—拉钉；4—主轴；5—弹性卡爪；6—喷气嘴；
7—拉杆；8—定位凸轮；9—碟形弹簧；10—轴套；11—固定螺母；
12—旋转接头；13—推杆；14—液压缸；
15—交流伺服电动机；16—换挡齿轮

使液压缸 14 的活塞左移, 带动推杆 13 向左移动, 推动固定在拉杆 7 上的轴套 10, 使整个拉杆 7 向左移动。当弹性卡爪 5 向前伸出一段间隔后, 在弹性力作用下, 卡爪 5 自动松开拉钉 3, 此时拉杆 7 继续向左移动, 喷气嘴 6 的端部把刀具顶松, 机械手便可把刀具取出进行换刀。装刀之前, 压缩空气从喷气嘴 6 中喷出, 吹掉锥孔内脏物, 当机械手把刀具装进之后, 压力油通入液压缸 14 的左腔, 使推杆退回原处, 在碟形弹簧 9 的作用下, 通过拉杆 7 又把刀具拉紧。冷却液喷嘴 1 用来在切削时对刀具进行大流量冷却。

(4) 主轴准停装置

数控机床为了完成 ATC (刀具自动交换) 的动作过程, 必须设置主轴准停机构。刀具装在主轴上, 在主轴前端设置一个凸键, 当刀具装入主轴时, 刀柄上的键槽必须与凸键对准, 才能顺利换刀。为此, 主轴必须准确停在某一固定的角度上。图 1-3 所示为主轴电气控制准停装置工作原理图。用磁性传感器检测定位, 在主轴上安装一个发磁体与主轴一起旋转, 在距离发磁体旋转外轨迹 $1 \sim 2 \text{ mm}$ 处固定一个磁传感器, 它经过放大器并与主轴控制单元相连接, 当主轴需要定向时, 便可停止在调整好的位置上。

2. 进给传动结构

数控机床要求进给系统中的传动装置和元件具有高的寿命、高的刚度、无传动间隙、高的灵敏度和低摩擦阻力的特点。在数控机床上将回转运动转换为直线运动, 一般采用滚珠丝杠螺母副结构, 如图 1-4 所示。滚珠丝杠螺母副结构的特点是: 传动效率高, 一般 $\eta = 0.92 \sim 0.96$; 传动灵敏, 不易产生爬行; 使用寿命长, 不易磨损; 具有可逆性, 不仅可以将旋转运动转变为直线运动, 也可将直线运动变成旋转运动; 施加预紧力后, 可消除轴向间隙, 反向时无空行程; 成本高, 价格昂贵; 不能自锁, 垂直安装时需要平衡装置。

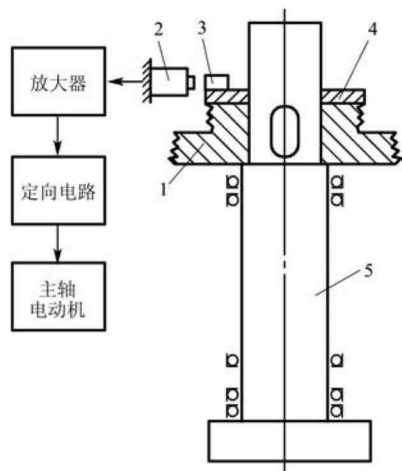


图 1-3 主轴准停装置工作原理图

1—多楔带轮；2—磁传感器；3—永久磁铁；
4—垫片；5—主轴

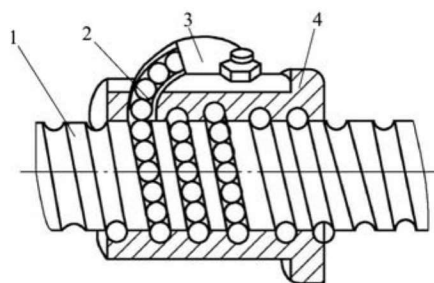


图 1-4 外循环滚珠丝杠螺母副

1—丝杠；2—滚珠；3—滚道；4—螺母

进给传动系统通常是由伺服电动机、同步齿形带轮传动副和滚珠丝杠螺母副组成的, 有的机床是直接将伺服电动机与滚珠丝杠连接。数控机床常采用直线滚动导轨, 如图 1-5 所示, 它具有自调整能力, 安装基面允许误差大; 制造精度高; 可高速运行, 运行速度可大于 10 m/s ; 能长时间保持高精度; 预加负载可提高刚度等特点。

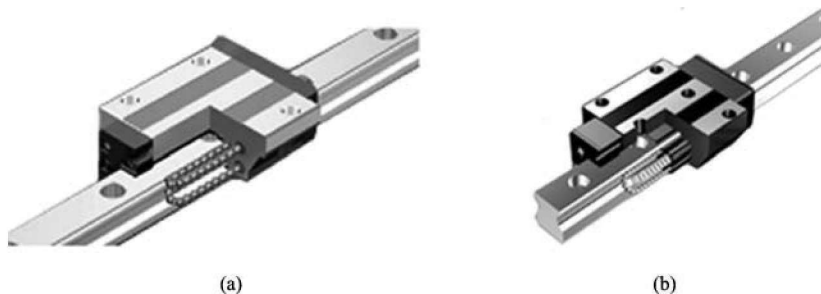


图 1-5 直线滚动导轨

(a) 滚动体为滚珠；(b) 滚动体为滚柱

1.2.3 数控机床的分类

数控机床按加工工艺及机床用途分类，如下所述。

金属切削类：数控车床、数控铣床、数控磨床、加工中心、数控钻床、数控齿轮加工机床；以车削为主兼顾铣钻削的车削中心；具有铣镗钻削功能、带刀库和自动换刀装置的镗铣加工中心（简称加工中心）等。

金属成形类：数控压力机、数控弯管机、数控旋压机和数控剪板机等。

特种加工类：数控电火花线切割机床、数控激光加工机床和数控电火花成形机床等。

测量、绘图类：三坐标测量仪和数控绘图仪等。

1. 数控车床

数控车床主要用于各种轴类、套筒类及盘类零件上的回转表面，如内外圆柱面、圆锥面、成形回转表面和螺纹面等的加工。

按主轴的配置形式不同分为卧式数控车床和立式数控车床。按加工范围和功能不同分为普通型、普及型、多功能型数控车床和车削中心。

(1) 普通型数控车床

普通型数控车床（见图 1-6）的功能比较简单，床身为水平结构，主轴变速机构为机械变挡配合变频电气调速，标配为四工位刀架、手动卡盘（选配液压卡盘），数控系统一般为 FANUC Oi Mate TC/TD 或国产系统。

(2) 普及型数控车床

普及型数控车床（见图 1-7）的功能较强。床身为水平或斜床身结构，主轴变速机构为机械自动换挡和电气无级调速，换刀装置为电动自动转塔（标配为 8 工位刀架）、液压卡盘，

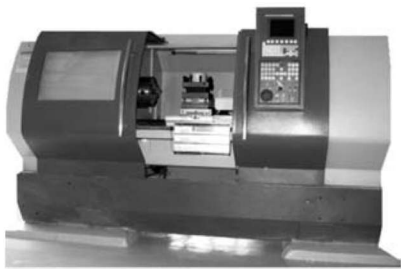


图 1-6 普通型数控车床



图 1-7 普及型数控车床

数控系统一般为 FANUC 0i TC/TD。

(3) 多功能数控车床

多功能数控车床（见图 1-8）的功能强，其主轴具有 C 轴控制功能。 C 轴可以是驱动主轴的串行数字伺服主轴电动机，也可以是单独的伺服主轴电动机；自动换刀装置在电动转塔基础上配备了刀具的动力头功能，如图 1-9 所示，可完成车削、铣削、钻削加工；数控系统多为 FANUC 16i/18i 或 FANUC 0i TTC/TTD（双主轴双刀架）、SINUMERIK 840Dsl 档次；有的数控车（机）床采用多轴控制（如 Y 轴、 B 轴）。

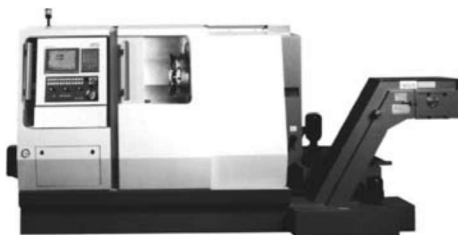


图 1-8 多功能数控车床

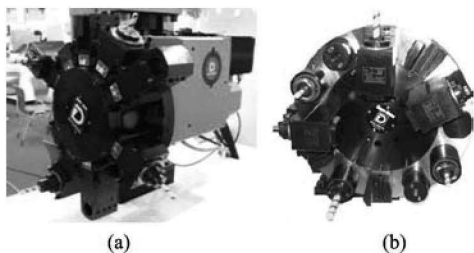


图 1-9 电动转塔动力头

(4) 车削中心

车削中心是以多功能数控车床为主体，并配置刀库、分度装置、铣削动力头和机械手换刀装置等，实现多工艺复合加工的机床。

2. 数控铣床

数控铣床适合各种箱体类和盘类零件的加工，主要对工件进行型面的铣削加工，还可进行钻、扩、铰、镗以及螺纹加工。数控铣床分为立式、卧式、龙门式、五面体数控铣床，如图 1-10~图 1-14 所示。新型五面体动力头如图 1-15 所示。



图 1-10 立式数控铣床



图 1-11 卧式数控铣床



图 1-12 动梁式龙门数控铣床

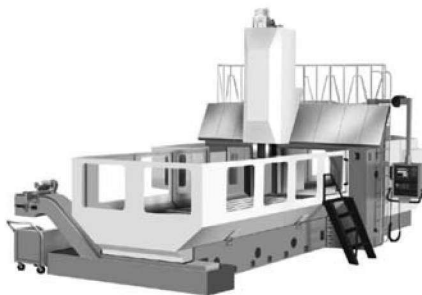


图 1-13 动台式龙门数控铣床

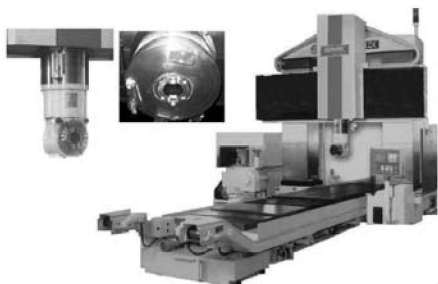


图 1-14 五面体龙门数控铣床

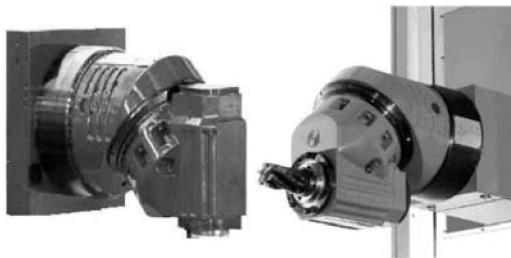


图 1-15 新型五面体动力头

3. 数控加工中心

加工中心的主要功能是把铣削、镗削、钻削、攻螺纹、铣螺纹等功能集中在一台设备上，工件一次装夹后能完成较多的加工内容，加工精度高。加工中心分为立式、卧式和龙门式数控加工中心，如图 1-16 ~ 图 1-19 所示。



图 1-16 斗笠式立式加工中心



图 1-17 带凸轮机械手式立式加工中心



图 1-18 带机械手链式刀库的卧式加工中心



图 1-19 工作台回转的立式五轴加工中心

任务3 数控机床系统的基本组成及工作过程

1.3.1 数控机床的工作过程

数控机床是按照事先编制好的数控加工程序对零件进行加工的高效自动化机床。因此，首先需要对零件图样的技术特征、几何形状、尺寸和工艺等加工要求进行系统分析，确定合

理、正确的加工方案和加工路线，然后按照数控机床规定采用的代码和程序格式，根据加工要求编制出数控加工程序。数控加工程序可以记录在信息载体上，也可以通过某种方式输入数控机床，再由数控系统对数控加工程序进行译码和预处理，接着由插补器进行插补计算，计算并确定各线段起、终点之间一系列的中间点的坐标及各轴的运动方向、大小和速度，然后分别向各轴发出运动序列指令，完成零件的加工。图 1-20 所示为一般数控机床的工作原理。

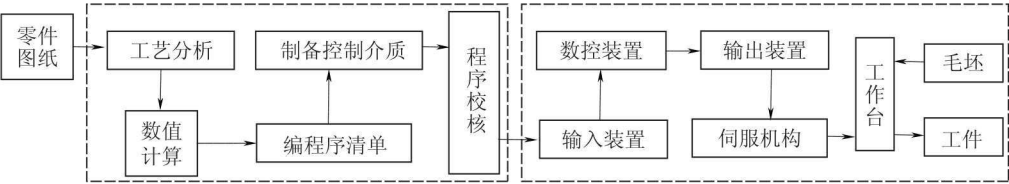


图 1-20 一般数控机床的工作原理

1.3.2 CNC 系统的概念及基本组成

1. CNC 系统的概念

计算机数控系统（简称 CNC 系统）是一种用计算机通过执行其存储器内的程序来实现部分或全部数控功能，并配有接口电路和伺服驱动装置的专用计算机系统。

2. CNC 系统的基本组成及功能

计算机数控系统由程序、输入/输出设备、计算机数字控制装置、可编程控制器（PLC）、主轴驱动装置和进给驱动装置等组成，如图 1-21 所示。

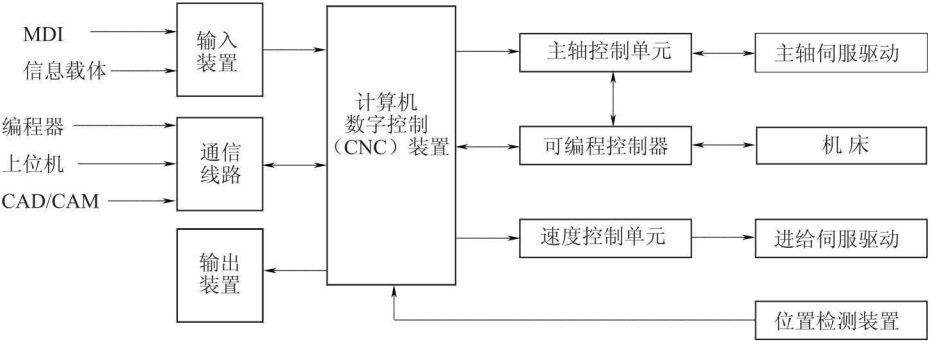


图 1-21 CNC 装置的基本组成框图

CNC 装置（数控装置）的功能是正确识别和解释数控加工程序，并对解释结果进行各种数据计算和逻辑判断处理，完成各种输入、输出任务。

数控装置将数控加工程序按两类控制量分别输出：一类是连续控制量，送往驱动控制装置；另一类是离散的开关控制量，送往机床电气逻辑控制装置。数控装置输出的信号有：各坐标轴的进给速度、进给方向和位移指令信号，主轴的变速、换向和启停信号，选择和交换刀具指令信号，控制冷却液、润滑油开关信号，工件和工作台夹紧、松开信号。数控系统通过控制机床各组成部分实现各种数控加工。

驱动控制装置位于数控装置和机床之间，包括进给伺服驱动装置和主轴驱动装置。进给

伺服驱动装置由位置控制单元、速度控制单元、伺服电动机和测量反馈单元组成，它按照数控装置发出的位置控制指令和速度控制指令，正确驱动机床受控部件。主轴驱动装置主要由速度单元控制。

机床电器逻辑控制装置也位于数控装置和机床之间，接收数控装置发出的开关量信息，主要完成机床主轴选速、启停、方向控制功能，换刀功能，工件装夹功能，液压、气动、冷却、润滑系统控制功能及其他机床辅助功能。其形式是继电器控制线路或可编程逻辑控制器控制线路。

数控机床配有各种辅助装置，其作用是配合机床完成对零件的加工，如切削液或油液处理系统中的冷却或过滤装置、油液分离装置、吸尘吸雾装置、润滑装置及辅助主机实现传动和控制的液压气动装置等。此外，还有对刀仪、自动编程机、自动排屑器、物料储运与上下料装置、交流稳压电源。

3. CNC 装置的功能

- 1) 译码。把加工程序等信息翻译成计算机能够识别的数据形式。
- 2) 数据处理。包括刀具补偿、速度计算以及辅助功能的处理等。
- 3) 插补。在一条曲线的已知起点和终点之间进行“数据点的密化工作”。
- 4) 位置控制。将插补计算出的理论位置与实际反馈位置相比较，用其差值去控制进给伺服电动机。
- 5) I/O 处理。处理 CNC 装置与机床之间的强电信号输入、输出和控制。
- 6) 显示。显示零件程序、参数、刀具位置和机床状态等。
- 7) 诊断。检查一切不正常的程序、操作和其他错误状态。

1.3.3 CNC 装置的组成及其工作过程

CNC 装置是由软件和硬件组成的，软件在硬件的支持下工作，二者缺一不可。CNC 装置的硬件除具有一般计算机所具有的微处理器、存储器、输入/输出接口外，还具有数控机床所要求的专用接口和部件，即位置控制器、主轴控制器、纸带阅读机接口、MDI（手动数据输入）接口和显示器接口以及其他和 CNC 装置连接的外部设备的接口。也就是说，CNC 装置是一种专用计算机。

数控系统的主要工作任务是进行刀具和工件之间相对运动的控制。图 1-22 初步描述了数控系统的主要工作过程。

在接通电源后，数控装置和可编程控制器都将对数控系统各组成部分的工作状态进行检查和诊断，并设置初态。对第一次使用的数控装置，还需要进行机床参数设置。

当数控系统具备了正常的工作条件时，开始进行加工控制信息的输入。

工件在数控机床上的加工过程是由数控加工程序来实现的。按管理形式不同，编程工作可以在专门的编程场所进行，也可在机床前进行。

输入给数控装置的加工程序必须适应实际的工件和刀具位置，因此，在加工前还要输入实际使用刀具的刀具参数及实际工件原点相对机床原点的位置。

加工控制信息输入后，可选择一种加工方式，然后启动系统。此时数控装置在系统控制程序的作用下，对输入的加工控制信息进行预处理、译码和预计算（刀补计算、坐标变换等）。