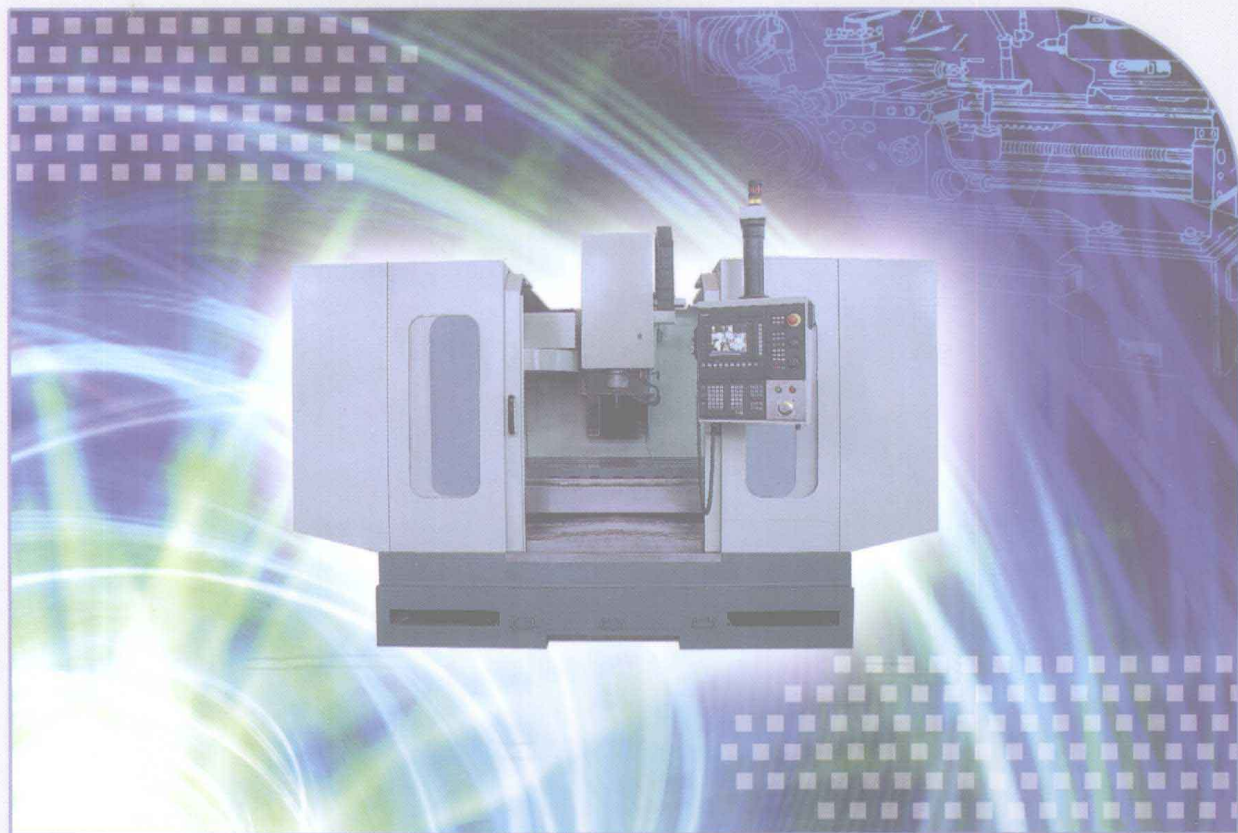




高等院校“十二五”精品课程建设成果



数控机床

SHUKONG JICHUANG

■ 主编 陈江进 杨纯海



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等院校“十二五”精品课程建设成果

数 控 机 床

主编 陈江进 杨纯海

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

内 容 简 介

本教材是从培养高级技能型人才的角度,在充分调研机械制造类企业用人需求情况以及广泛吸纳了新一轮高等院校课程教学改革实践经验的基础上编写而成。

全书七个模块。模块一介绍数控机床的基础知识;模块二介绍数控系统;模块三介绍数控机床的机械结构;模块四介绍数控机床的位置检测装置;模块五介绍数控机床的伺服系统;模块六介绍数控机床的程序编制;模块七介绍数控机床的维护与维修。本教材结合以工作过程为导向的教学模式,采用项目教学,注重实用性和针对性,可有效提高教学效果。

本书可作为高等院校数控技术、机电一体化、模具设计与制造等专业的教材,也可供相关工程技术人员学习参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数控机床 / 陈江进,杨纯海主编. —北京:北京理工大学出版社,2012.4
ISBN 978-7-5640-5706-0

I. ①数… II. ①陈… ②杨… III. ①数控机床-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 043338 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 天津紫阳印刷有限公司

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 16.75

字 数 / 309 千字

版 次 / 2012 年 4 月第 1 版 2012 年 4 月第 1 次印刷

责任编辑 / 张慧峰

印 数 / 1~1500 册

责任校对 / 杨 露

定 价 / 42.00 元

责任印制 / 吴皓云

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

随着世界科技进步和机床工业的发展，数控机床作为机床工业的主流产品，已成为实现装备制造业现代化的关键设备。近年来，随着我国现代制造业及数控技术的不断发展，数控机床的应用范围越来越广。制造设备的大规模数控化，不仅需要大量的数控技术高技能型人才，而且对制造业数控人才的知识结构提出了新的要求。

为了适应数控技术和国民经济发展的需要，以及高等应用院校的教学要求，按照国家提出的培养高级技能型人才的战略目标，在进行广泛的企业调研和充分论证的基础上，对照数控行业岗位能力需求及人才规格的需求，鉴于目前数控技术专业教学的特点，编者根据多年的教学经验和生产实践，在借鉴企业中从事数控加工类岗位人员的经验基础上，开发了满足高等应用教育要求的教材。在编写中，力求反映数控技术和数控机床的基本知识、核心内容与新知识，并兼顾到理论与实际的联系。在传统知识体系的基础上融入项目实施和实践环节内容，以便教师在组织教学的过程中通过项目训练增强教学效果，也有利于学生在项目训练过程中加深对本课程的知识理解，从而提高学习的积极性和主动性，增强学生动手能力。重点培养具有解决生产现场技术问题能力和具有一定操作能力的高技能型人才。

本书共七个模块。模块一介绍数控机床的基础知识；模块二介绍数控系统；模块三介绍数控机床的机械结构；模块四介绍数控机床的位置检测装置；模块五介绍数控机床的伺服系统；模块六介绍数控机床的程序编制；模块七介绍数控机床的维护与维修。每个模块主要由任务引入、相关知识、任务实施、知识拓展、思考与练习组成。

本书由陈江进、杨纯海主编。模块一、模块二、模块六由陈江进编写；模块三、模块四由杨纯海编写；模块五由周江涛编写；模块七由吴云龙和段明忠编写；全书由陈江进统稿。本书在编写过程中参考了赛瓦股份公司、恒隆股份公司提供的信息，还参阅了大量同行的教材、资料与文献，并得到杨春燕高级工程师的大力支持和帮助，在此深表感谢。

本书在编写过程中参阅了国内外同行的文献，在此谨致谢意。由于编者水平有限，书中如有误漏欠妥之处，敬请读者和同行批评指正。

编 者

目 录

模块一 绪论	1
一、数控概念	1
二、数控机床的特点及应用范围	1
三、数控机床的工作原理、组成及分类	5
四、数控机床的发展	10
【思考与练习】	13
模块二 计算机数控系统	14
课题一 数控系统	14
【任务引入】	14
【相关知识】	15
一、数控系统的组成	15
二、CNC 装置信息处理	18
三、CNC 装置的特点	20
四、数控装置的功能	20
五、CNC 装置的硬件结构	22
六、可编程逻辑控制器 (PLC) 在 CNC 数控系统中的应用	26
【任务实施】	29
【知识拓展】	29
常见的数控系统	29
【思考与练习】	37
课题二 插补与刀具补偿原理	37
一、插补原理	38
二、刀具半径补偿	46
【思考与练习】	50
模块三 机械结构	51
课题一 主传动系统	51
【任务引入】	51
【相关知识】	52
一、主传动系统的要求	52
二、主传动变速	53
三、主轴部件结构	56

【任务实施】	64
【知识拓展】	64
一、数控机床机械结构的特点	64
二、提高机床刚度的措施	66
三、提高机床抗震性的措施	69
四、减小机床的热变形的措施	70
【思考与练习】	70
课题二 进给运动系统	71
【任务引入】	71
【相关知识】	71
一、数控机床进给传动系统	71
二、滚珠丝杠螺母副	72
三、传动件	77
【任务实施】	81
【知识拓展】	81
一、滚珠丝杠螺母副的代号、精度与标注方法	81
二、滚珠丝杠副的标注方法	82
三、滚珠丝杠螺母副的选择	83
四、数控车床 Z 轴拆装	83
【思考与练习】	86
课题三 换刀装置	87
【任务引入】	87
【相关知识】	87
一、数控机床换刀	88
二、数控机床刀库	91
三、刀具的选择方式	92
【任务实施】	94
【知识拓展】	94
一、数控机床的导轨	94
二、回转工作台	100
三、辅助装置	102
四、检测数控车床溜板移动在水平面内的直线度	104
【思考与练习】	104
模块四 位置检测装置	105
课题一 主轴编码器	105
【任务引入】	105

【相关知识】	106
一、螺纹相关知识	106
二、主轴编码器的作用	106
三、编码器的结构与工作原理	107
【任务实施】	109
【知识拓展】	109
一、数控机床对位置检测装置的要求	109
二、位置检测装置的分类	110
三、脉冲编码器	112
四、编码器的维护	115
【思考与练习】	116
课题二 光栅尺	116
【任务引入】	116
【相关知识】	117
一、光栅种类	117
二、光栅的结构与工作原理	119
三、光栅的维护与选用	121
【任务实施】	122
【知识拓展】	123
一、旋转变压器	123
二、感应同步器	126
三、磁尺	128
四、数控机床位置精度的测量及补偿	131
【思考与练习】	136
模块五 伺服系统	137
课题一 步进电动机	137
【任务引入】	137
【相关知识】	138
一、进给伺服系统	138
二、步进电动机	141
三、步进电动机的主要特性	146
四、步进电动机的选用	146
【任务实施】	147
【知识拓展】	148
一、开环进给系统精度分析	148
二、普通机床的数控改造	149

【思考与练习】	153
课题二 直流伺服电动机	153
【任务引入】	153
【相关知识】	154
直流伺服电动机	154
【任务实施】	158
【知识拓展】	158
一、交流伺服电动机	158
二、直线电动机	163
【思考与练习】	166
模块六 数控机床加工程序的编制	167
课题一 数控编程基础	167
一、数控编程的概念	167
二、数控编程的内容与步骤	167
三、数控编程的方法	170
四、程序的结构与格式	171
五、数控机床坐标轴和运动方向	174
六、数控系统的准备功能和辅助功能	177
课题二 数控加工工艺分析	187
一、数控加工工艺的基本特点和基本内容	187
二、工序与工步的划分	188
三、零件的安装与夹具的选择	189
四、刀具的选择与切削用量的确定	190
五、数控机床的坐标系和坐标原点	191
六、对刀点和换刀点的确定	192
七、工艺路线的确定	193
课题三 数控车床编程实例	195
【任务引入】	195
【相关知识】	196
一、单一指令	196
二、刀尖半径补偿 (G41、G42、G40)	197
三、循环指令	199
【任务实施】	202
一、加工工艺分析	202
二、编制加工程序	203
课题四 数控铣床编程实例	205

【任务引入】	205
【相关知识】	206
一、刀具—立铣刀	206
二、指令	207
【任务实施】	212
一、加工工艺分析	212
二、编制外轮廓粗加工程序	214
课题五 数控加工自动编程简介	215
一、自动编程方法的两种模式	216
二、自动编程系统的信息处理过程	217
三、典型 CAD/CAM 软件介绍	220
【思考与练习】	221
模块七 数控机床维护维修基础	223
【任务引入】	223
【相关知识】	223
一、数控机床维护	223
二、数控机床的故障与分类	228
三、数控机床故障排除的思路和原则	232
四、数控机床维修的基本步骤	235
【任务实施】	251
【知识拓展】	251
一、数控机床的安装	251
二、数控机床的调试	252
【思考与练习】	254
参考文献	255

模块一 绪 论

随着科学技术和社会生产的不断发展，机械制造技术发生了很大的变化，机械产品的结构越来越合理，其性能、精度和效率日趋提高，因此，对加工机械产品的生产设备提出了高性能、高精度和高自动化的要求。

在机械产品中，单件和小批量产品占到70% ~ 80%。由于这类产品的生产批量小、品种多，一般都采用通用机床加工，其自动化程度不高，难于提高生产效率和保证产品质量。

为解决大批量生产产品的高产优质问题，一般采用专用机床、组合机床、专用自动化机床以及专用自动生产线和自动化车间进行生产。但其生产周期长，产品改型不易，因而使新产品的开发周期增长，生产设备使用的柔性很差。

现代机械产品的一些关键零部件，往往都精密复杂，加工批量小，改型频繁，显然不能在专用机床或组合机床上加工。而借助靠模和仿形机床，或者借助划线和样板用手工操作的方法来加工，加工精度和生产效率受到很大的限制。特别是空间的复杂曲线曲面，在普通机床上根本无法实现。

市场竞争激烈，产品更新换代快，大批量产品越来越少，小批量产品生产的比重越来越大，迫切需要一种精度高、柔性好的加工设备。电子技术和计算机技术的发展为 NC 机床的进步提供了技术基础。数控技术正是在这种背景下诞生和发展起来的。

一、数控概念

数字控制（Numerical Control, NC），是指用数字化信号对机床的运行过程及加工过程实行控制的自动化技术。

数字控制机床是具有数字程序控制系统的机床，简称数控机床。机床数字控制技术是把零件的加工尺寸和各种要求用代码化的数字表示后输入数控装置，再经过处理与计算后，发出各种控制信号，使机床的运动及加工过程在程序控制下有步骤地进行，并将零件自动加工出来的技术。

计算机数控系统（Computerized Numerical Control, CNC），以计算机为核心的数控系统。由硬件和软件共同完成数控的功能，具有柔性好的特点。

二、数控机床的特点及应用范围

1. 数控机床的特点

数控机床是实现柔性自动化的重要设备，与其他加工设备相比，数控机床具

有如下特点:

1) 可以加工有复杂型面的工件

无论多么复杂的型面,只要能编制出加工程序就能加工出来。

2) 加工精度高

数控机床是按程序指令进行加工的,而且数控机床本身的精度都比较高,定位精度一般达到了 $\pm 0.01\text{ mm}$,重复定位精度为 $\pm 0.005\text{ mm}$ 。由于数控机床加工完全是自动进行的,故消除了操作者人为产生的误差,使同一批工件的尺寸一致性好,加工质量十分稳定。

3) 自动化程度高,劳动强度低

数控机床对工件的加工是按事先编好的程序自动完成的,工件加工过程中不需要人的干预,加工完毕后自动停车,使操作者的劳动强度与紧张程度大为减轻。加上数控机床一般都具有较好的安全防护、自动排屑、自动冷却和自动润滑装置,操作者的劳动条件也大为改善。

4) 生产效率高

工件加工所需的时间主要包括机动时间和辅助时间两部分。数控机床能有效地减少这两部分的时间。由于数控机床的结构刚性好,能使用大切削用量的强力切削,提高了数控机床的切削效率,节省了机动时间。数控机床的移动部件空行程运动速度快,工件装夹时间短,辅助时间比普通机床少。数控机床更换工件时,不需要调整机床。同一批工件加工质量稳定,不需停机检验,使辅助时间大大缩短。在加工中心上加工时,一台机床实现了多道工序的连续加工,生产效率的提高更加明显。

5) 良好的经济效益

数控机床虽然设备昂贵,分摊到每个工件上的设备费用较高,但用数控机床加工工件可以节省许多其他费用,如用数控机床加工工件可以节省划线工时,减少调整、加工和检验时间,节省了直接生产的生产费用;数控机床加工精度稳定,废品率低,使生产成本下降。另外,数控机床可以一机多用,节省厂房面积,减少建厂投资。因此,使用数控机床加工可以获得良好的经济效益。

6) 有利于现代化生产管理

数控加工程序应用的是数字化信息,利用数控机床的通信接口与计算机联网,可以实现计算机辅助设计、制造和管理一体化。

2. 数控机床的应用范围

数控机床的性能特点决定了它的应用范围:

1) 最适合于数控加工的零件

(1) 批量小而又多次生产的零件。

(2) 几何形状复杂的零件。

(3) 加工过程中必须进行多种加工的零件。

(4) 必须严格控制公差的零件。

(5) 工艺设计会变化的零件。

(6) 需全部检验的零件。

2) 比较适合数控加工的零件

(1) 价格昂贵、毛坯获得困难、不允许报废的零件。

(2) 切削余量大的零件。

(3) 在通用机床上加工生产率低、劳动强度大、质量难控制的零件。

(4) 用于改型比较、供性能或功能测试的零件。

(5) 多品种、多规格、单件小批量生产的零件。

3) 不适合于数控加工的零件

(1) 利用毛坯作为粗基准定位进行加工的零件。

(2) 定位完全需人工找正的零件。

(3) 必须用专用工艺装备, 依据样板、样件加工的零件。

(4) 大批量生产的零件。

3. 数控机床的合理选择

数控机床的合理选择要在确定典型加工零件类型和明确其加工范围的前提下进行, 通常由企业负责人组织数控专业人员及具有实际设备管理经验和生产经验的专业人员组成专家组, 对数控机床的选型进行科学论证, 并根据下列因素选择:

1) 根据被加工的典型零件, 确定数控机床的形式

各种形式的数控机床都有各自适应的加工对象。例如, 数控车床主要用于车削成形带圆弧或锥度的复杂盘类和轴类零件, 车削加工中心除此之外还能完成铣削平面、横钻孔的加工; 数控铣床主要用于铣削各种成形板件、复杂箱体件镗孔的加工; 立式加工中心主要用于加工带成形面的复杂扁平形工件, 如模具型腔等; 卧式加工中心用于加工各种带成形面的复杂箱体件。

2) 根据被加工的典型零件, 确定数控机床的规格

数控机床比普通机床的价格昂贵, 购置后要能够起到关键加工设备的作用。数控机床的规格主要指各数控坐标轴的行程范围和伺服电动机功率, 要在综合考虑加工工件尺寸大小的基础上确定规格, 要求坐标行程要比指定的典型加工对象尺寸大一些, 使加工件的轮廓尺寸在机床能够加工的范围之内, 并要考虑到安装夹具所需的空間, 以及自动更换刀具和工作台回转所需的空間。伺服电动机功率应考虑适当选得大一些, 以便于满足扩大机床工艺范围的需要, 另外还要考虑机床工作台应该具备的承载能力。

3) 充分考虑数控机床的功能

数控机床的功能水平与价格高低有着密切的联系, 在选用时要认真权衡功能与价格。数控机床的功能分基本功能和选择功能两类, 包括坐标轴数和联动轴

数、运行速度、编辑功能、人机对话编程及图形显示功能、故障自诊断功能等。此外，数控机床是否具有自动换刀功能，也应是重点考虑的内容。数控机床功能的选择直接影响到设备的加工控制性能、操作使用性能和故障维修性能，因此，在选购时不要盲目追求功能齐全，要充分论证所选功能的实用价值，尽可能提高数控机床的投资回报率。

4) 数控机床精度的选择

数控机床除具有与普通机床相同的各项几何精度外，定位精度、重复定位精度和反向偏差等都是重要的精度指标。凡是采用直接位置测量（闭环系统）的数控机床都要比间接位置测量（半闭环系统）的精度高，选购时要明确精度标准和测量方法，以确保必需的加工精度。应选择那些在设计上对热变形等采取了一定措施的机床，以更好地获得较稳定的加工精度。

5) 自动换刀装置的选择

当确定所选择的数控机床应具有自动换刀功能后，所选择的数控机床即为加工中心。自动换刀装置（ATC）的工作质量，直接影响到加工中心投入使用的质量。ATC 的主要质量指标为换刀时间和故障率。据统计，加工中心有 50% 以上的故障与 ATC 的故障有关。为了降低总投资，在满足使用需要的前提下，应尽量选用结构简单和可靠性高的 ATC。ATC 的选择也是设备选择的重要部分。

6) 数控机床刀柄（刀具）的选择

主机和 ATC 选定以后，就该考虑数控机床所使用的加工工具——刀柄和刀具。目前，几大类数控机床使用工具已趋向标准化、系列化。其中，以加工中心用加工工具的标准最完善，而且已经实现标准化生产，所以选用比较方便。加工中心使用的工具系统，目前世界各工业国家都有相应标准系列，我国也有成都工具研究所制订的 TSG 工具系统刀柄，其基本要求遵守 ISO 标准。

7) 数控系统的选择

伴随着微电子技术和机电一体化技术的日趋成熟，世界上数控系统的种类和规格迅速增加，在我国比较流行的有日本 FANUC 公司、德国 SIEMENS 公司等开发的数控系统产品。同时，国产数控系统的功能也日渐完善，它们的市场份额不断扩大。

8) 机床功能及附件的选择

机床功能及附件选择的基本原则是：全面配置、长远和近期效益综合考虑。对一些价格增加不多、但对使用又带来很多方便的，应该尽可能配置齐全，附件也配置成套，保证机床到现场后能立即投入生产。在选用机床、数控系统及附件时，还应从以后便于维修方面考虑，设备生产厂家不能选得太多，否则会给以后的维护修理带来极大不便。对多台机床可以合用的附件，要考虑接口、连接尺寸的通用，实现多台机床的合用，这样可大大减少设备投资。功能选择应以经济、实用为目的。

三、数控机床的工作原理、组成及分类

1. 数控机床的工作原理

数控机床是一种高度自动化的机床，它在加工工艺与加工表面形成方法上与普通机床基本相同，最根本的不同在于实现自动化控制的原理与方法上：数控机床是用数字化的信息来实现自动控制的。

在数控机床上加工零件时，首先要将被加工零件图上的几何信息和工艺信息数字化。先根据零件加工图样的要求确定零件加工的工艺过程、工艺参数、刀具参数，再按数控机床规定采用代码和程序格式，将与加工零件有关的信息如工件的尺寸、刀具运动中心轨迹、位移量、切削参数（主轴转速、切削进给量、背吃刀量）以及辅助操作（换刀、主轴的正转与反转、切削液的开与关）等编制成数控加工程序，然后将程序输入到数控装置中，经数控装置分析处理后，发出指令控制机床进行自动加工。如图 1-1 所示是数控设备的一般工作原理图。



图 1-1 数控设备的工作原理

2. 数控机床的组成

数控机床是由普通机床演变而来的，它的控制采用计算机数字控制方式，各个坐标方向的运动均采用单独的伺服电动机驱动，取代了普通机床上联系各坐标方向运动的复杂齿轮传动链。数控机床的结构方框图如图 1-2 所示，它是由 X、Y、Z 三个坐标来实现刀具和工件间的相对运动的立式数控铣床。数控机床由输入/输出、数控装置、伺服驱动系统和位置检测反馈、机床本体、机电接口五大部分组成。

1) 输入/输出装置

这一部分是数控机床的信息输入通道，加工零件的程序和各种参数、数据通过输入设备送进计算机系统（数控装置）。早期的输入方式为穿孔纸带、磁带。目前较多采用磁盘；在生产现场，特别是一些简单的零件程序都采用按键配合显示器（CRT）的手动数据输入（MDI）方式；手摇脉冲发生器输入都是在调整机床和对刀时使用；通过通信接口，可由上位机输入。

2) 数控装置

数控装置是由中央处理单元（CPU）、存储器、总线和相应的软件构成的专用计算机，它接收到输入信息后，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分配速度、位移指令。这一部分是数控机床的核心。整个数控机床的功能强弱主要由这一部分决定。

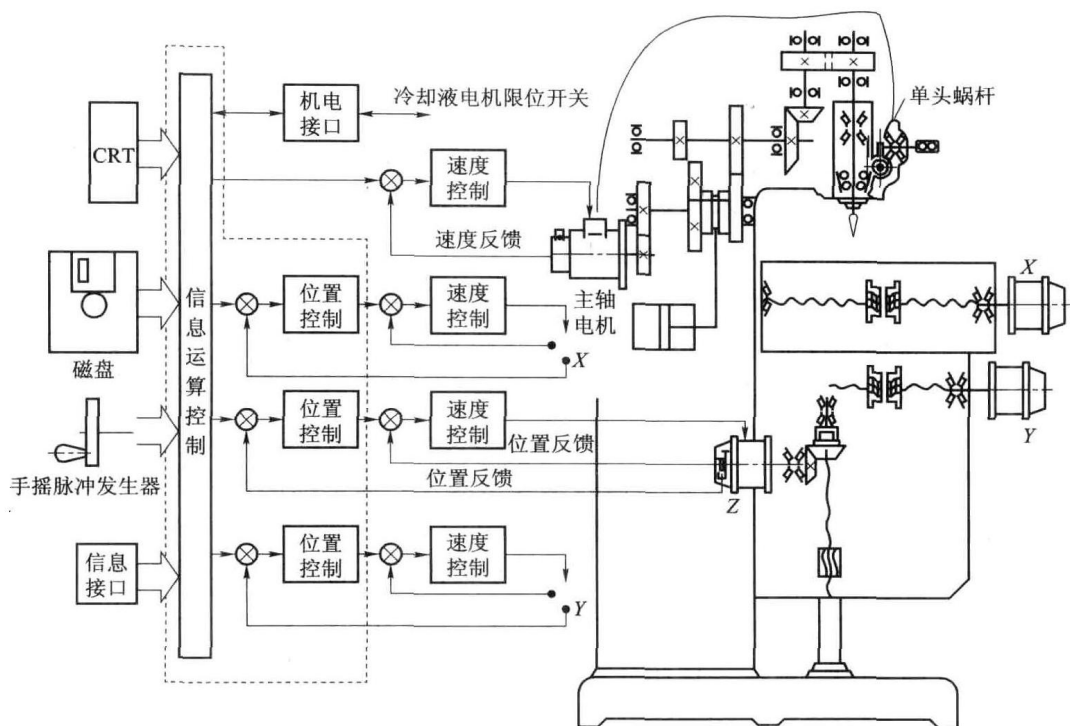


图 1-2 数控机床的结构框图

3) 伺服驱动系统

伺服驱动系统又称为伺服驱动装置，它接收计算机运算处理后分配来的信号。该信号经过调解、转换、放大以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以及它们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；直线电动机系统是适应高速、高精度的一种伺服机构。在伺服系统中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、霍耳检测元件等组成的系统。一般来说，数控机床的伺服驱动系统，要求具有很好的快速响应性能以及能够灵敏而准确地跟踪指令的功能。所以，伺服驱动及检测反馈是数控机床的关键环节。

4) 主机（机床本体）

数控机床的主机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，如床身、底座、立柱、滑鞍、工作台（刀架）、导轨等。数控机床与普通机床不同，它的主运动、各个坐标轴的进给运动都由单独的伺服电动机（无级变

速)驱动,所以,它的传动链短、结构比较简单。普通机床上各个传动链之间有复杂的齿轮联系,在数控机床上改由计算机来协调控制各个坐标轴之间的运动关系。为了保证数控机床的快速响应特性,在数控机床上普遍采用精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、耐磨性以及抗热变形性能。在加工中心上还具备有刀库和自动交换刀具的机械手。同时还有一些良好的配套设施,如冷却、自动排屑、防护、可靠的润滑、编程机和对刀仪等,以利于充分发挥数控机床的功能。

3. 数控机床分类

数控设备的种类很多,各行业都有自己的数控设备和分类方法。在机床行业,数控机床通常从以下不同角度进行分类。

1) 按工艺用途分类

按其工艺用途可以划分为以下四大类:

(1) 金属切削类 指采用车、铣、镗、钻、铰、磨、刨等各种切削工艺的数控机床。它又可分为两类:

① 普通数控机床 普通数控机床一般指在加工工艺过程中的一个工序上实现数字控制的自动化机床,有数控车、铣、钻、镗及磨床等。普通数控机床在自动化程度上还不够完善,刀具的更换与零件的装夹仍需人工来完成。

② 数控加工中心 数控加工中心是带有刀库和自动换刀装置的数控机床。在加工中心上,可使零件一次装夹后,实现多道工序的集中连续加工。加工中心的类型很多,一般分为立式加工中心、卧式加工中心和车削加工中心等。加工中心由于减少了多次安装造成的定位误差,所以提高了零件各加工面的位置精度,近年来发展迅速。

(2) 金属成形类 指采用挤、压、冲、拉等成形工艺的数控机床,常用的有数控弯管机、数控压力机、数控冲剪机、数控折弯机、数控旋压机等。

(3) 特种加工类 主要有数控电火花线切割机、数控电火花成形机、数控激光与火焰切割机等。

(4) 其他类 主要有数控绘图机、数控坐标测量机、数控对刀仪等。

2) 按刀具运动轨迹分类

按刀具运动轨迹可以将数控机床分为点位控制、直线控制、轮廓控制数控机床。

(1) 点位控制数控机床 点位控制数控机床的特点是刀具相对工件的移动过程中,不进行切削加工,对定位过程中的运动轨迹没有严格要求,仅要求实现从一坐标点到另一坐标点的精确定位。为了尽可能地减少刀具的运动时间并提高定位精度,刀具先是快速移动到接近终点的位置,然后降低移动速度,使之慢速趋近定位点,以确保定位精度。这类数控机床主要有数控坐标镗床、数控钻床、

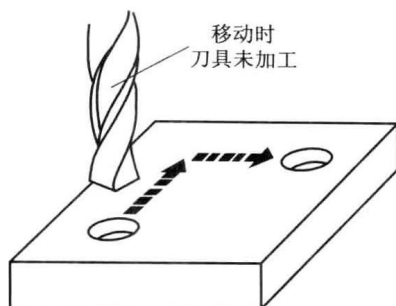


图 1-3 点位控制钻孔加工示意图

数控冲床、数控测量机、数控点焊机、数控弯管机等。如图 1-3 所示为点位控制钻孔加工示意图,从图中可以看出,从第一个孔到第二个孔,刀具的三种不同的运动轨迹,都能满足钻孔的要求。

(2) 直线控制数控机床 直线控制数控机床的特点是不仅要控制从一坐标点到另一坐标点的精确定位,还要控制两相关点之间的移动速度和轨迹,其轨迹是平行机床各坐标轴的直线,或两轴同时移动形成的 45° 的斜线。直线控制数控机床虽然比点位控制数控机床的工艺范围广,但在实用中仍受到很大的限制。这类数控机床主要有经济型数控车床、数控镗铣床、数控加工中心等。如图 1-4 所示为直线控制铣削加工示意图。

(3) 轮廓控制数控机床 轮廓控制数控机床的特点是能够同时对两个或两个以上的坐标轴进行加工控制。加工时不仅能控制起点和终点坐标,而且要控制整个加工过程中每一个点的坐标和速度,即控制刀具运动轨迹,将工件加工成一定的轮廓形状。如图 1-5 所示为轮廓控制铣削加工示意图。

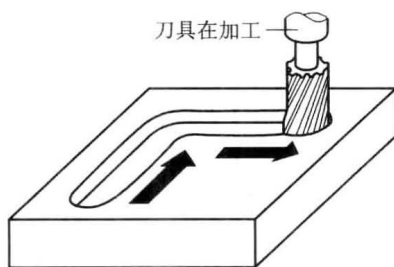


图 1-4 点位直线控制铣削加工示意图



图 1-5 轮廓控制铣削加工示意图

3) 按伺服控制方式分类

数控机床按照伺服控制方式可分为开环控制和闭环控制两种。在闭环系统中,根据检测反馈装置安放的位置可分为全闭环控制和半闭环控制两种。

(1) 开环控制数控机床 开环控制数控机床的特点是不带检测反馈装置,这类数控机床主要使用步进电动机。如图 1-6 所示是典型的开环数控系统,数控装置将工件加工程序处理后,输出数字指令脉冲信号,通过驱动电路控制功率步进电动机转动,再经减速器带动丝杠转动,从而使工作台移动。改变进给脉冲的数目和频率,就可以控制工作台的位移量和速度。指令信息单方向传送,并且指令发出后,不再反馈回来,故称开环控制。

开环控制系统由于没有检测装置,也就没有纠正偏差的能力,因此,它的控制精度较低。但由于其结构简单,调试方便,维修容易,造价低廉等优点,现仍