



高等教育应用型
本科机械类课程规划教材

机床数控技术

GAODENG JIAOYU YINGYONGXING
BENKE JIXIELEI KECHENG GUIHUA JIAOCAI

主编 魏斯亮 张克义 主审 林厚波

大连理工大学出版社



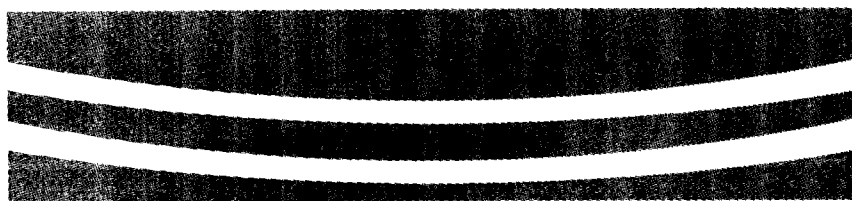
新世纪

高等教育应用型本科机械类课程规划教材

机床数控技术

主 审 林厚波

主 编 魏斯亮 张克义 副主编 郭纪林 张 兰



JICHUANG SHUKONG JISHU

大连理工大学出版社

DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

© 魏斯亮 张克义 2006

图书在版编目(CIP)数据

机床数控技术 / 魏斯亮, 张克义主编. — 大连: 大连理工大学出版社,
2006. 8

高等教育应用型本科机械类课程规划教材

ISBN 7-5611-3186-0

I. 机… II. ①魏… ②张… III. 数控机床—高等学校—教材
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 051762 号

大连理工大学出版社出版

大连市软件园路 80 号 邮政编码 116023

发行: 0411-84708842 邮购: 0411-84703636 传真: 0411-84701466

E-mail: dutp@ dutp. cn URL: <http://www.dutp.cn>

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸: 185mm × 260mm 印张: 17.75 字数: 401 千字

印数: 1 ~ 3 000

2006 年 8 月第 1 版

2006 年 8 月第 1 次印刷

责任编辑: 赵晓艳 孔泳滔

责任校对: 楚信谱

封面设计: 波 朗

定 价: 32.00 元

制造业是国民经济的支柱产业,现代制造技术的水平和规模,是一个国家综合国力的重要体现。作为现代制造技术的核心和基础,数控技术综合了计算机、微电子、信息处理、网络通信、自动控制、自动检测和精密机械等高新技术的最新成就,使传统的机械制造技术发生了深刻的革命性变化并带来了巨大的经济效益,引起了世界各国科技界和工业界的高度重视。数控机床的技术水准、拥有量和普及程度,已经成为衡量一个国家综合国力和工业现代化水平的重要标准。

近年来,我国已经成为世界上最重要的经济地区之一,尤其是现代制造业的发展极为迅速,国内各大企业均大量引进了世界先进的数控机床设备。这一快速增长的经济形势向高等院校发出了新的呼唤:迫切需要培养大批既懂得数控工作原理、又熟悉数控机床编程操作及维修维护基本知识的工程技术人才。在这一大好形势下,相关的教材建设工作就显得尤为重要。

为了满足培养数控技术人才的教学需求,我们编写了《机床数控技术》一书。本书作者大都是工作在高等院校教学第一线的“双师型”教师,在教材内容取舍方面力求紧跟数控机床发展的步伐,突出实用性和先进性,以介绍实用技术为主,减少繁冗的数学推导内容;在编写方式上力求思路清晰、体系完整,强调通俗易懂、具有实际指导意义。全书共分8章,主要内容有:数控技术概论、数控加工编程、计算机数字控制装置、伺服系统和常用驱动元件、数控机床的机械结构、位置检测装置、自动编程技术、数控机床维修基础知识等。

本书由魏斯亮、张克义任主编,郭纪林、张兰任副主编。华东交通大学魏斯亮编写第2.1~2.4节、5、8章,唐晓红编写第4章;华东理工学院张克义编写第1、7章,张兰编写第6章;南昌大学郭纪林编写第3章;南昌理工学院朱峰、郭庆祝参编第2.5~2.7节,杨连珍参与第1、3、6、7章的文字录入工作。全书由魏斯亮、张克义负责统稿。



2 /机床数控技术 □

本书由北京航空航天大学林厚波教授主审。

最后,恳请使用本教材的广大读者在使用过程中对书中的错误和不足予以关注,并将意见及时反馈给我们,以便及时修正。

所有意见、建议请发送至:gzjckfb@163.com

联系电话:0411—84707492 84706104

编 者

2006年8月



第 1 章 数控技术概论	1
1.1 数控机床简介	1
1.2 数控机床的概念及组成	3
1.3 数控机床的种类与应用	6
1.4 数控机床加工的特点及应用	11
1.5 数控机床的发展趋势	13
思考题与习题	19
第 2 章 数控加工编程技术	20
2.1 数控编程的基础知识	20
2.2 数控机床的坐标系	23
2.3 数控程序代码结构	26
2.4 常用指令的编程方法	33
2.5 数控车床的程序编制	40
2.6 数控铣床的程序编制	52
2.7 加工中心的程序编制	56
2.8 程序编制中的数学处理	63
思考题与习题	66
第 3 章 计算机数控系统	69
3.1 概述	69
3.2 计算机数字控制装置的硬件结构	70
3.3 计算机数字控制装置的软件结构	80
3.4 CNC 装置的插补原理	84
3.5 刀具半径补偿原理	97
3.6 数控系统中的可编程控制器	103
3.7 CNC 系统的通信接口	108
思考题与习题	111
第 4 章 数控机床的伺服系统和常用驱动元件	112
4.1 数控机床的伺服系统	112
4.2 数控机床的驱动电动机	115
4.3 数控机床的驱动装置	128
思考题与习题	149
第 5 章 数控机床的机械结构	150
5.1 概述	150

5.2 数控机床的主传动系统	153
5.3 数控机床的进给传动系统	159
5.4 数控机床的导轨	170
5.5 自动换刀装置	174
5.6 数控机床的其他常用机构	181
思考题与习题	188
第6章 位置检测装置	190
6.1 概述	190
6.2 旋转变压器	192
6.3 感应同步器	194
6.4 光栅	200
6.5 编码器	204
6.6 磁栅	207
6.7 激光干涉仪	210
思考题与习题	212
第7章 自动编程	213
7.1 自动编程概述	213
7.2 自动编程的现状和发展	215
7.3 MasterCAM Mill(铣削)自动编程	222
7.4 MasterCAM Lathe(车削)自动编程	233
7.5 MasterCAM Wire(线切割)自动编程	249
7.6 MasterCAM 图形交互自动编程数据传输	255
思考题与习题	257
第8章 数控机床维修基础知识	261
8.1 数控机床维修概述	261
8.2 数控机床故障诊断的基本方法	266
8.3 数控机床机械故障诊断	271
8.4 数控机床电气故障诊断	275
思考题与习题	276
参考文献	278

第 1 章

数控技术概论

制造业是所有与制造有关的工业机构的总体,是一个国家国民经济的支柱产业。它一方面为全社会生产日用消费品,另一方面也为国民经济各部门提供生产资料和装备。据估计,工业化国家约 70% ~ 80% 的物质财富来自制造业,约有 1/4 的人口从事各种形式的制造活动。可见,制造业对一个国家的经济地位和政治地位具有至关重要的影响,在 21 世纪的工业生产中具有决定性的地位与作用。

随着现代科学技术日新月异的发展,机电产品日趋精密和复杂,且更新换代加快,改型频繁,用户的需求也日趋多样化和个性化,中小批量的零件生产越来越多。这对制造业的高精度、高效率和高柔性提出了更高的要求,希望它能提供满足不同用户加工需求的、迅速高效且低成本的生产制造系统,并能大幅度地降低维护和使用的成本。同时还要求新一代制造系统具有方便的网络功能,以适应未来车间面向任务和订单的生产组织和管理模式。

随着社会经济发展对制造业的要求不断提高,以及科学技术特别是计算机技术的高速发展,传统的制造业已发生了根本性的变革,以数控技术为主的现代制造技术占据了重要地位。数控技术集微电子、计算机、信息处理、自动检测、自动控制等高新技术于一体,是制造业实现柔性化、自动化、集成化、智能化的重要基础。这个基础是否牢固,直接影响到一个国家的经济发展和综合国力,也关系到一个国家的战略地位。因此,世界各工业发达国家均采取重大措施来发展自己的数控技术及其产业。在我国,数控技术与装备的发展亦得到了高度重视,近年来取得了相当大的进步,特别是在通用微机数控领域,基于 PC 平台的国产数控系统,已经走在了世界前列。

1.1 数控机床简介

1.1.1 数控机床的产生与发展

社会需求是推动生产力发展最有力的因素。20 世纪 40 年代以来,由于航空航天技术的飞速发展,对于各种飞行器的加工提出了更高的要求,这些零件大多形状非常复杂,材料多为难加工的合金。用传统的机床和工艺方法进行加工,既不能保证精度,也很难提高生产效率。为了解决零件复杂形状表面的加工问题,1952 年,美国帕森斯公司和麻省理工学院研制成功了世界上第一台数控机床。半个世纪以来,数控技术得到了迅猛的发展,其加工精度和生产效率不断提高。数控机床的发展至今已经历了两个阶段和六个时代:

1. 硬件连接数控(NC)阶段(1952年~1970年)

早期的计算机运算速度低,不能适应机床实时控制的要求,人们只好用数字逻辑电路“搭”成一台机床专用计算机作为数控系统,这就是硬件连接数控,简称数控(NC)。随着电子元器件的发展,这个阶段经历了三代:

- 1952年起的第一代——电子管数控机床;
- 1959年起的第二代——晶体管数控机床;
- 1965年起的第三代——集成电路数控机床。

2. 计算机数控(CNC)阶段(1970年~现在)

1970年,通用小型计算机已出现并投入批量生产,人们将它移植过来作为数控系统的核心部件,从此进入计算机数控(CNC)阶段。这个阶段也经历了三代:

- 1970年起的第四代——小型计算机数控机床;
- 1974年起的第五代——微型计算机数控机床;
- 1990年起的第六代——基于PC平台的数控机床。

随着微电子技术和计算机技术的不断发展,数控技术也不断更新,发展非常迅速,几乎每5年更新换代一次,其在制造领域的加工优势逐渐体现出来。

1.1.2 我国数控机床的现状与特点

1. 我国数控机床的现状

近年来,数控机床在我国企业中的使用率逐年上升,不仅在大中企业已有较多的使用,在中小企业甚至个体企业中也开始普遍使用。这些数控机床除少量以FMS模式集成使用外,大多都处于单机运行状态,并且有相当部分仍处于使用效率不高、管理方式落后的状态。

2004年,我国机床工业的产值已进入世界前5名,机床消费额在世界的排名从2003年上升到第1位起,已连续3年成为全球最大的机床消费市场,2005年机床消费额达到110亿美元。由于国产数控机床数量不能满足市场需求,所以2005年之前我国的机床进口额呈逐年上升态势,2004年机床进口额跃升至世界第2位,达24.06亿美元,比上年增长27.3%,2005年我国数控机床产量约为60 000台,总消费量约为80 000台。

我国出口的数控机床品种以中低档为主,近年来出口额增幅较大的数控机床有数控车床、数控磨床、数控特种加工机床、数控剪板机、数控成形折弯机、数控压铸机等。

2. 我国数控机床的特点

(1) 在新产品开发方面有较大突破,技术含量高的产品占主导地位

我国已经出现一大批代表数控技术世界最高水平的机床产品,如:高速精密加工中心、五轴联动加工中心及镗铣床、五轴高速龙门加工中心及镗铣床、九轴五联动车铣复合加工中心、干式切削数控滚齿机、六轴五联动弧齿锥齿轮磨床、大型与重型数控机床、慢走丝线切割机床、数控板材冲压生产线、冲剪复合柔性生产线等。

例如:全长33公里的上海磁悬浮快速列车线是“十五”期间国家重点建设项目,其中组成列车线的2 550根轨道梁是整个工程最关键的部分,对轨道梁的加工精度提出了相当高的要求。2004年初,沈阳机床集团机床股份有限公司中捷友谊厂以工期6个月、标的6 200万元的方案参加投标,在该磁悬浮轨道专用数控机床项目的公开招标中折桂,并于当年8月

底取得由 8 台数控镗铣床组成的轨道梁生产线一次性试车成功、一次性验收合格的成绩。目前这条数控镗铣加工中心生产线已加工出轨道梁 1 100 根,确保了轨道梁的加工精度和加工速度,为实现当年年底试车的目标打下了良好的基础。

(2) 数控机床产量大幅度增长,数控化率显著提高

2005 年我国数控金切机床的产量已达 6.0 万台,同比增长 17.7%。金切机床行业的产值数控化率从 2003 年的 17.4% 提高到 2005 年的 35.2%。

(3) 在发展数控机床的关键配套产品方面有突破

近年来通过政府的支持,数控机床“套餐”开始摆上“餐桌”。如北京航天机床数控系统集团公司建立了具有自主知识产权的新一代开放式数控系统平台;烟台第二机床附件厂开发了为数控机床配套的多种动力卡盘和过滤排屑装置;湖南普来得机械技术有限公司基于中外合作技术生产了适用于数控机床(特别是数控磨床)主轴的 HOB 系列流体悬浮支承(液体动静压混合轴承)主轴系统等 30 多个系列 100 多个品种的数控产品“套餐”,引起了人们广泛的关注。

1.2 数控机床的概念及组成

1.2.1 数控机床的基本概念

1. 数控(Numerical Control,简称 NC)

数控是采用数字化信息对机床的运动及其加工过程进行控制的方法。

2. 数控机床(Numerically Controlled Machine Tools)

数控机床是指装备了计算机数控系统的机床,简称 CNC 机床。

3. 数控技术(Numerical Control Technology)

数控技术是指用数字化的信息对某一对象进行控制的技术,控制对象可以是位移、角度、速度等机械量,也可以是温度、压力、流量、颜色等物理量,这些量的量值不仅可以测量,而且可以经 A/D 或 D/A 转换,用数字信号来表达或控制。数控技术是近代发展起来的一种自动控制技术,是机械加工现代化的重要基础与关键技术。

4. 数控加工(Numerical Control Manufacturing)

数控加工是指采用数字信息对零件加工过程进行定义,并控制机床进行自动运行的一种自动化加工方法。数控加工技术是 20 世纪 40 年代后期为适应加工复杂外形零件而发展起来的一种自动化技术。1947 年,美国帕森斯(Parsons)公司为了精确地制作直升机机翼、桨叶和飞机框架,提出了用数字信息来控制机床自动加工外形复杂零件的设想,他们利用电子计算机对机翼加工路径进行数据处理,并考虑到刀具直径对加工路径的影响,使得加工精度达到 ± 0.0015 英寸(0.0381 mm),这种精度水平在当时来看是相当高的。1949 年美国空军为了能在短时间内制造出需要经常变更设计的火箭零件,与帕森斯公司和麻省理工学院(MIT)伺服机构研究所合作,于 1952 年研制成功了世界上第一台数控机床——三坐标立式数控铣床,它可控制铣刀进行连续空间曲面的加工,揭开了数控加工技术发展的序幕。

数控加工是一种具有高效率、高精度与高柔性特点的自动化加工方法,可有效解决复杂、精密、小批量多变零件的加工问题,充分适应现代化生产的需要,数控加工必须由计算机控制机床来实现。

1.2.2 数控机床加工零件的过程

利用数控机床完成零件加工的过程如图 1-1 所示,主要包括以下内容:

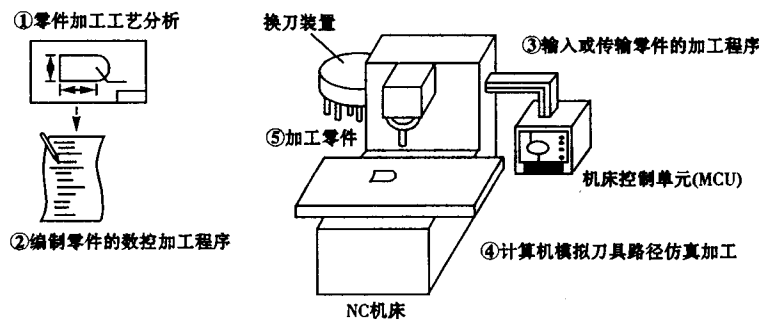


图 1-1 数控机床加工零件的过程

- (1)根据零件加工图样进行工艺分析,确定加工方案、工艺参数和位移数据。
- (2)用规定的数控程序代码和格式编写零件加工程序,或用自动编程软件直接生成零件的数控加工程序文件。
- (3)程序的输入或传输。由手工编写的程序,可以通过数控机床的操作面板输入;由编程软件生成的程序,可以通过计算机的串行通信接口直接传输到数控机床的数控单元(MCU)。
- (4)按输入或传输到数控单元的加工程序,在计算机上进行刀具路径模拟、试运行。
- (5)通过对机床的正确操作,运行数控加工程序,完成零件的自动加工。

1.2.3. 数控机床的组成

数控机床由输入/输出设备、计算机数控装置(简称 CNC 装置)、伺服系统和机床本体等部分组成,其组成框图如图 1-2 所示,其中输入/输出设备、CNC 装置、伺服系统合起来就是计算机数控系统。

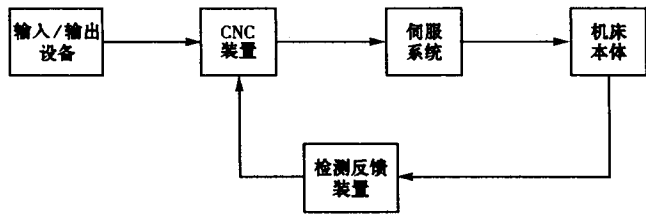


图 1-2 数控机床的组成框图

1. 输入/输出设备

在数控机床上加工零件时,首先根据零件图纸上的零件形状、尺寸和技术条件,确定加工工艺,然后编制出加工程序,程序通过输入装置输送给机床数控系统,机床内存中的零件加工程序可以通过输出装置传出。输入/输出装置是机床与外部设备的接口,常用输入装置有穿孔纸带阅读机、软盘驱动器、RS-232C 串行通信口、MDI 方式、Flash 闪存(U 盘)等。

2. CNC 装置

CNC 装置是数控机床的核心部分,它接受输入装置送来的数字信息,经过控制软件和逻辑电路进行译码、运算和逻辑处理后,将各种指令信息输出给伺服系统,使设备按规定的动作运行。现在的 CNC 装置通常由一台通用或专用微型计机构成。

3. 伺服系统

伺服系统是数控机床的执行部分,其作用是把来自 CNC 装置的脉冲信号转换成机床的运动,使机床移动部件精确定位或按预定的数学规律作严格的轨迹运动,最后加工出符合图纸要求的零件。每一个脉冲信号使机床移动部件产生的位移量叫做脉冲当量(也叫最小设定单位),常用的脉冲当量为 0.01 mm 或 0.001 mm。每个进给运动的执行部件都有相应的伺服系统,伺服系统的精度及动态响应特性决定了数控机床加工零件的表面质量和生产率。

伺服系统一般包括驱动元件和执行机构两大部分,常用驱动元件有步进电机、直流伺服电机、交流伺服电机等。执行机构包括机械、电子、液压等各种部件,它是数控装置与数控机床移动部件间的联系环节。

4. 机床本体

机床本体是数控机床的机械结构实体,主要包括主运动部件、进给运动部件(如工作台、刀架等)、支承部件(如床身、立柱等),还有冷却、润滑、转位部件(如夹紧、换刀机械手等辅助装置)。为了满足数控加工的要求并充分发挥其特点,数控机床的整体布局、外观造型、传动机构、工具系统及操作机构等方面与普通机床相比,都发生了很大的变化。归纳起来,包括以下几个方面:

(1)采用高性能主传动及主轴部件。具有传递功率大、刚度高、抗振性好及热变形小等优点。

(2)进给传动采用高效传动件。具有传动链短、结构简单、传动精度高等优点,一般采用滚珠丝杠螺母副、直线滚动导轨副等。

(3)具有完善的刀具自动交换和管理系统。

(4)在加工中心上一般具有工件自动交换、工件自动夹紧和放松机构。

(5)机床本身具有很高的动、静刚度。

(6)采用全封闭罩壳。由于数控机床是自动完成加工,为了操作安全,一般采用移动门结构的全封闭罩壳,对机床的加工部件进行全封闭。对于半闭环、闭环数控机床,还带有检测反馈装置,其作用是对机床的实际运动速度、方向、位移量以及加工状态加以检测,把检测结果转化为电信号反馈给 CNC 装置。

检测反馈装置主要有感应同步器、光栅、编码器、磁栅、激光测距仪等。

1.3 数控机床的种类与应用

数控机床是在普通机床的基础上发展起来的,各种类型的数控机床基本上起源于同类型的普通机床。根据数控机床的用途、功能、结构等可以按五种方法进行分类,具体内容见表 1-1。

表 1-1 数控机床的分类

分类方法	数控机床类型		
按工艺用途	金属切削类	金属成型类	特种加工类
按机床运动的控制方式	点位控制	直线控制	轮廓控制
按伺服控制的方式	开环控制	半闭环控制	闭环控制
按数控系统功能水平	低档型	中档型	高档型
按联动轴数	两轴	三轴	多轴

1. 按工艺用途分类

(1) 金属切削类数控机床

金属切削类数控机床是指采用车、铣、镗、铰、钻、磨、刨等各种切削工艺的数控机床。包括数控车床、数控钻床、数控铣床、数控磨床、数控镗床以及加工中心。金属切削类数控机床发展最早,目前种类繁多,功能差异也较大。这里需要特别强调的是加工中心,也称为可自动换刀的数控机床。这类数控机床都带有一个刀库和自动换刀系统,刀库可容纳 8 ~ 240 把刀具。图 1-3、图 1-4 分别是立式加工中心和卧式加工中心的外观图。立式加工中心最适宜加工高度方向尺寸相对较小的工件,一般情况下,除底面不能加工外,其余五个面都可以用不同的刀具进行轮廓和表面加工。卧式加工中心适宜加工有多个加工面的大型零件或高度尺寸较大的零件。

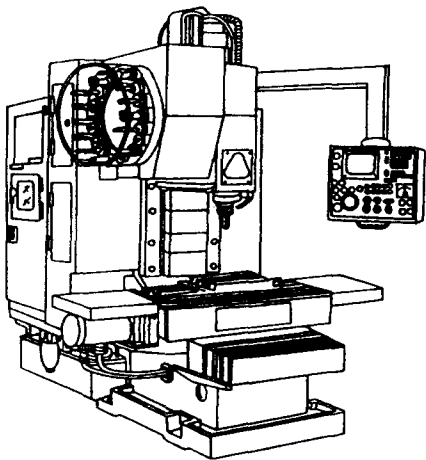


图 1-3 立式加工中心

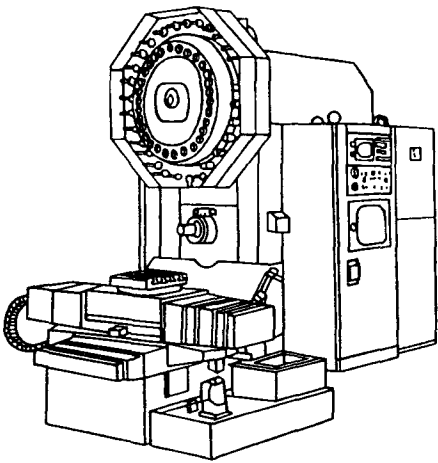


图 1-4 卧式加工中心

(2) 金属成型类数控机床

金属成型类数控机床是指采用挤、冲、压、拉等成型工艺的数控机床。包括数控折弯机、数控组合冲床、数控弯管机、数控压力机等。这类机床起步晚,但目前发展很快。

(3) 特种加工类数控机床

特种加工类数控机床有数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控火焰切割机床、数控激光切割机床等。

(4) 其他类型的数控机床

其他类型的数控机床有数控三坐标测量机、数控对刀仪、数控绘图仪等。

2. 按机床运动的控制方式分类

(1) 点位控制数控机床

点位控制数控机床只控制机床的移动部件从某一位置移动到另一位置实现准确定位,但对于两位置之间的运动轨迹不作严格要求,在移动过程中刀具不进行切削加工,如图 1-5 所示。为了实现既快又准的定位,常采用先快速移动、然后慢速趋近定位点的方法来保证定位精度。具有点位控制功能的数控机床有数控钻床、数控冲床、数控镗床、数控点焊机等。

(2) 直线控制数控机床

直线控制数控机床除了控制点与点之间的准确定位外,还控制两点之间的移动轨迹为一条与机床坐标轴平行的直线,而且对移动的速度也要进行控制,因为这类数控机床在两点之间移动时需要进行切削加工,如图 1-6 所示。具有直线控制功能的数控机床有比较简单的数控车床、数控铣床、数控磨床等。单纯用于直线控制的数控机床并不多见。

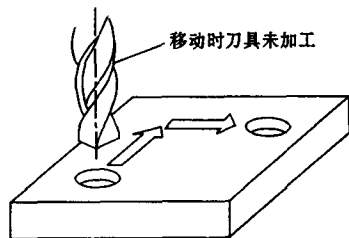


图 1-5 点位控制数控机床加工示意图

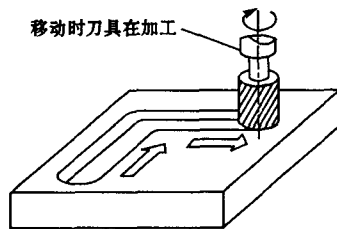


图 1-6 直线控制数控机床加工示意图

(3) 轮廓控制数控机床

轮廓控制又称连续轨迹控制,这类数控机床能够对两个或两个以上的运动坐标的位移及速度进行连续相关的控制,因而可以进行曲线或曲面的加工,如图 1-7 所示。具有轮廓控制功能的数控机床有数控车床、数控铣床、加工中心等。

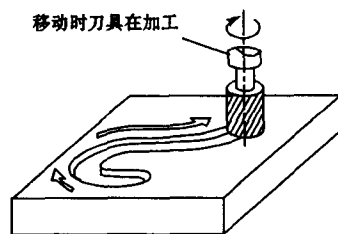


图 1-7 轮廓控制数控机床加工示意图

3. 按伺服控制的方式分类

(1) 开环控制数控机床

如图 1-8 所示为开环控制数控机床的系统框图。

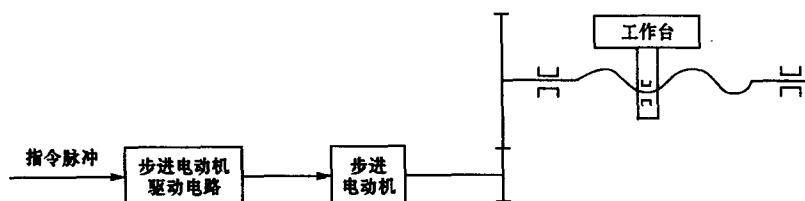


图 1-8 开环控制数控机床的系统框图

这类数控机床的控制系统没有位置检测元件,伺服驱动部件通常为反应式步进电动机或混合式伺服步进电动机。数控系统每发出一个进给指令脉冲,经驱动电路功率放大后,驱动步进电机旋转一个角度,再经过齿轮减速装置带动丝杠旋转,通过丝杠螺母机构转换为移动部件的直线位移。移动部件的移动速度与位移量是由输入脉冲的频率与脉冲数所决定的。此类数控机床的信息流是单向的,即进给脉冲发出之后,实际移动值不再反馈回来,所以称为开环控制数控机床。

开环控制数控机床结构简单,成本较低。但是,其控制系统对移动部件的实际位移量不进行检测,也不能进行误差校正。因此,步进电动机的失步、步距角误差、齿轮与丝杠等传动误差都将影响被加工零件的精度。开环控制系统仅适用于加工精度要求不很高的中小型数控机床,特别是简易经济型数控机床。

(2) 闭环控制数控机床

闭环控制数控机床是在机床移动部件上安装直线位移检测装置,直接对工作台的实际位移量进行检测,将测量的实际位移值反馈到数控装置中,与输入的指令位移值进行比较,用差值对机床进行控制,使移动部件按照实际需要的位移量运动,最终实现移动部件的精确运动和定位。从理论上讲,闭环系统的运动精度主要取决于检测装置的检测精度,与传动链的误差无关,因此其控制精度高。图 1-9 为闭环控制数控机床的系统框图。图中 A 为速度测量元件、C 为直线位移量测量元件。当位移量指令值发送到位置比较电路时,若工作台没有移动,则没有反馈量,指令值使得伺服电动机转动,通过 A 将速度反馈信号送到速度控制电路,通过 C 将工作台实际位移量反馈回去,在位置比较电路中,与位移量指令值相比较,用比较后得到的差值进行位置控制,直至差值为零时为止。这类数控机床,由于把机床工作台纳入了控制环节,故称为闭环控制数控机床。

闭环控制数控机床的定位精度高,但调试和维修都较困难,系统复杂,成本高。

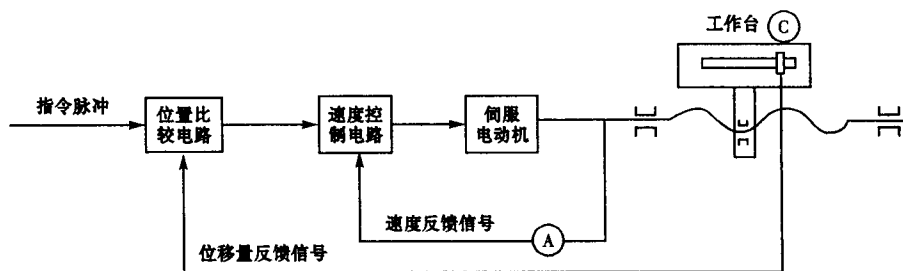


图 1-9 闭环控制数控机床的系统框图

(3) 半闭环控制数控机床

半闭环控制数控机床是在伺服电动机的轴或数控机床的传动丝杠上安装角位移量检测装置(如光电编码器等),通过检测丝杠的转角间接地检测移动部件的实际位移量,然后反馈到数控装置中去,并对误差进行修正。图 1-10 为半闭环控制数控机床的系统框图。图中 A 为速度测量元件、B 为角位移量测量元件。通过 A 和 B 可间接检测出伺服电动机的转速,从而推算出工作台的实际位移量,将此值与指令值进行比较,用差值来实现控制。由于工作台没有包括在控制回路中,因而称为半闭环控制数控机床。

半闭环控制数控系统的调试比较方便,并且具有很好的稳定性。目前大多将角位移量

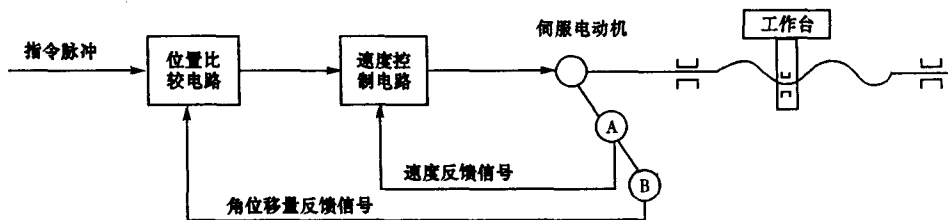


图 1-10 半闭环控制数控机床的系统框图

检测装置和伺服电动机设计成一体,这样,可使结构更加紧凑。

(4)混合控制数控机床

将以上三类数控机床的特点结合起来,就形成了混合控制数控机床。混合控制数控机床特别适用于大型或重型数控机床,因为大型或重型数控机床需要较高的进给速度与相当高的精度,其传动链惯量与力矩大,如果只采用全闭环控制,机床传动链和工作台全部置于控制闭环中,调试比较复杂。混合控制系统又分为两种控制方式:

①开环补偿型

如图 1-11 所示为开环补偿型控制方式。它的基本控制部分选用步进电动机的开环伺服机构,另外附加一个校正电路。用从装在工作台上的直线位移量测量元件得到的反馈信号校正机械系统的误差。

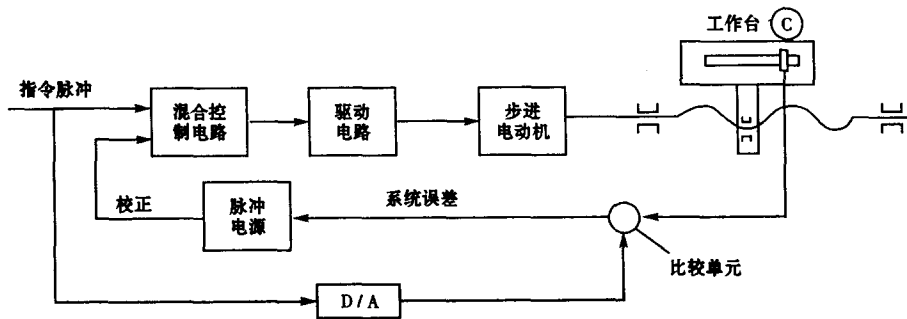


图 1-11 开环补偿型控制方式

②半闭环补偿型

如图 1-12 所示为半闭环补偿型控制方式。它是用半闭环控制方式取得高精度控制,再用装在工作台上的直线位移量测量元件实现全闭环修正,以获得高速度与高精度的统一。其中 A 是速度测量元件(如测速发电机),B 是角位移量测量元件,C 是直线位移量测量元件。

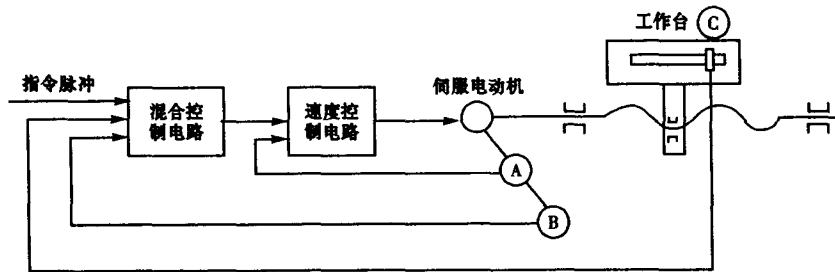


图 1-12 半闭环补偿型控制方式

4. 按数控系统功能水平分类

按数控系统的功能水平不同,数控机床可分为低、中、高三档。这种分类方式,在我国被广泛使用。低、中、高档的界线是相对的,不同时期的划分标准有所不同。就目前的发展水平来看,数控系统可以根据表 1-2 的一些功能和指标进行区分。其中,中、高档一般称为全功能型数控或标准型数控。在我国还有经济型数控的提法,经济型数控属于低档数控,是由单片机和步进电动机组成的数控系统,或其他功能简单、价格较低的数控系统。经济型数控主要用于车床、线切割机床以及由用户自行改造的旧机床等。

表 1-2 不同档次数控系统的功能及指标

功能	低档	中档	高档
系统分辨率/ μm	10	1	0.1
G00 速度/(m/min)	3 ~ 8	10 ~ 24	24 ~ 100
伺服类型	开环及步进电动机	半闭环及交、直流伺服电动机	闭环及交、直流伺服电动机
联动轴数	二 ~ 三	二 ~ 四	$\geq$ 五
通信功能	无或 RS-232	RS-232 或 DNC	RS-232、DNC、MAP
显示功能	数码管	CRT:图形、人机对话	CRT:三维图形、自诊断
内装 PLC	无	有	功能强大的内装 PLC
主 CPU	8 位、16 位	16 位、32 位	32 位、64 位
结构	单片机或单板机	单微处理器或多微处理器	分布式多微处理器

5. 按联动轴数分类

数控系统控制几个坐标轴按所需要的函数关系同时协调运动,称为坐标联动。按数控系统的联动轴数可以分为:

(1) 两轴联动

两轴联动是指数控机床能同时控制两个坐标轴运动进行加工,适用于数控车床车削旋转曲面,或数控铣床铣削平面轮廓。

(2) 两轴半联动

两轴半联动是指在两轴联动的基础上增加了 Z 轴的步进移动,即:当机床坐标系的 X、Y 轴固定时 Z 轴可以作周期性进给。两轴半联动加工可以实现分层加工。如图 1-13(a) 所示。

(3) 三轴联动

三轴联动是指数控机床能同时控制三个坐标轴的运动,适用于较高精度曲面的加工。一般的型腔模具均可采用三轴联动加工完成。如图 1-13(b) 所示。

(4) 多轴联动

多轴联动是指数控机床能同时控制三个以上坐标轴的运动。多轴联动数控机床的结构复杂,精度要求高、程序编制困难,适用于加工形状复杂的异型曲面零件,如直纹扭曲面、叶轮叶片等零件。如图 1-14(a)、图 1-14(b) 所示。

通常三轴联动机床可以实现两轴、两轴半、三轴联动加工;五轴联动机床也可以只用到三轴联动加工,而其他两轴不联动。