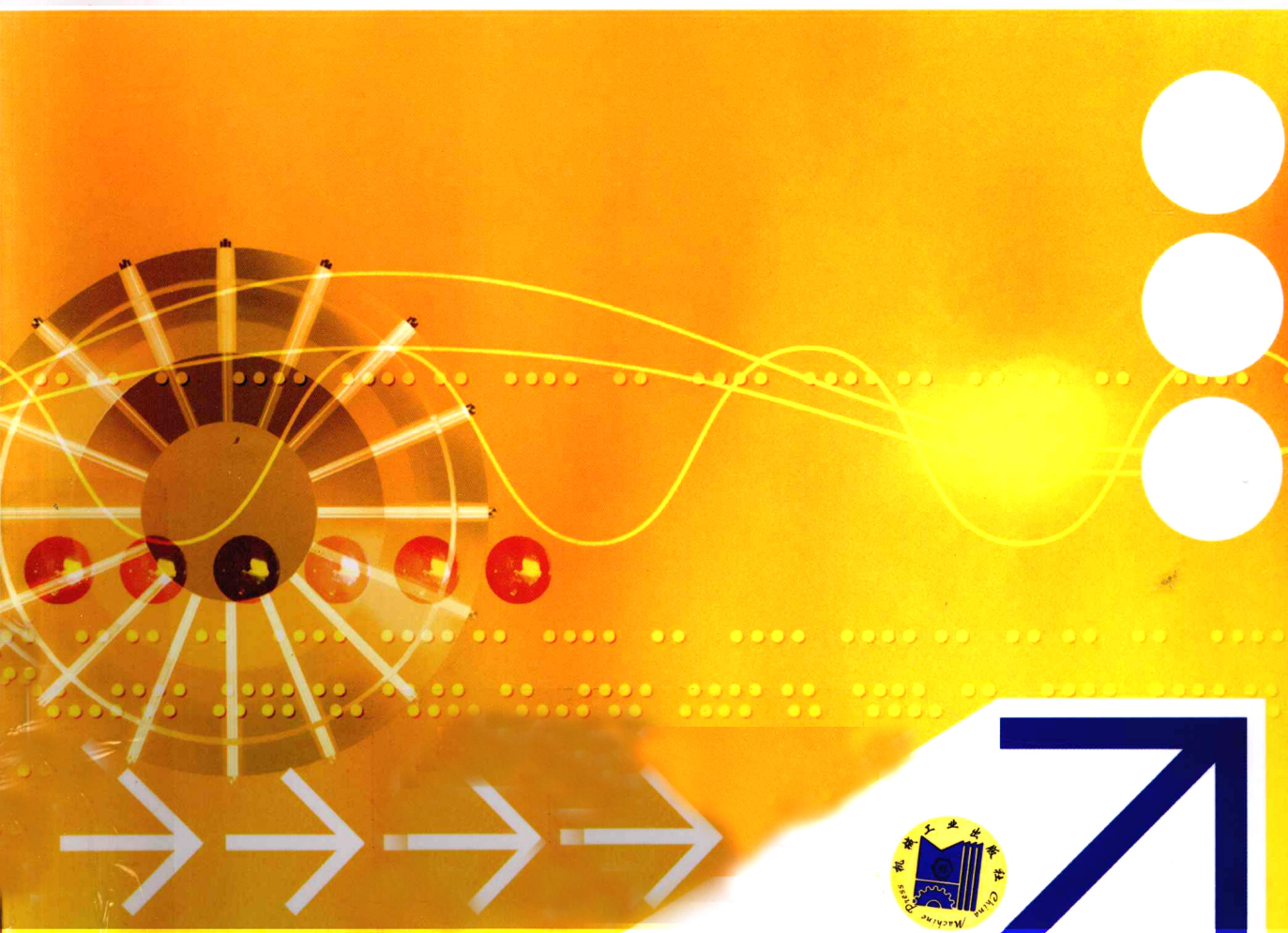


职业院校数控技术应用专业系列教材

数控加工工艺

周晓宏 主编



 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS

职业院校数控技术应用专业系列教材

数控加工工艺

主编 周晓宏

参编 胡旭兰 肖清

机械工业出版社

本书将理论与实操融合到一起,适合于一体化教学。主要包括:数控机床概述、数控加工工艺基础知识、数控加工的切削原理及刀具、数控机床夹具,以及数控车削、数控铣削和加工中心加工工艺的编制方法,在书中列举了许多来自生产一线的工艺编制实例,每章都有项目训练,实用性强。学生可边学边练,融会贯通。

本书可作为高职、技校、中职等职业院校数控技术应用专业的教材;也可作为模具和机电一体化专业的教材;还可作为数控车床操作和编程工作的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺/周晓宏主编. —北京:机械工业出版社, 2010.9
职业院校数控技术应用专业系列教材
ISBN 978-7-111-31653-4

I. ①数… II. ①周… III. ①数控机床—加工工艺—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第166429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:王英杰 王晓洁 责任编辑:王晓洁

版式设计:霍永明 责任校对:申春香

封面设计:路恩中 责任印制:乔宇

北京画中画印刷有限公司印刷

2011年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·18印张·1插页·440千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-31653-4

定价:35.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着数控机床在企业应用日益普遍，企业急需大量数控编程员。数控加工工艺编制是数控编程中的一项重要工作，是数控技术高技能人才必须掌握的技能。数控加工工艺编制是数控专业的一门专业主干课程。

本书根据企业生产实际需要，以数控加工工艺编制为主线设计教学内容。全书共分为七章，第一章介绍了数控车床、数控铣床和加工中心的结构特点和工艺用途；第二章讲解了编制数控加工工艺必备的材料和测量知识；第三章讨论了数控加工的切削规律、刀具的选用及切削参数的确定方法；第四章探讨了数控机床夹具的相关问题；第五章为数控车削加工工艺；第六章为数控铣削加工工艺；第七章为加工中心加工工艺。每章后面都有“项目训练”和“思考与练习”，使读者将所学知识融会贯通。

本书的特色是结合生产实例讲解工艺，根据理论内容设计“项目训练”内容，边学边练，将理论与实操融合到一起，适合一体化教学的需要。

本书可作为高职、技校、中职等职业院校数控技术应用专业的教材；也可作为模具和机电一体化专业的教材；还可供从事数控编程和加工的工程技术人员参考。

本书由深圳技师学院周晓宏主编，胡旭兰、肖清参加编写。

由于编者水平和经验有限，书中难免有欠妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前 言

第一章 数控机床概述	1
第一节 数控机床的加工特点及其应用	1
第二节 数控机床的组成及工作原理	8
第三节 数控车床概述	14
第四节 数控铣床概述	17
第五节 加工中心概述	21
第六节 项目训练：选择数控机床	26
本章小结	27
思考与练习	27
第二章 数控加工工艺基础知识	29
第一节 基本概念	29
第二节 数控加工工艺系统	41
第三节 数控加工工艺设计概述	44
第四节 常用工程材料	49
第五节 常用材料的切削加工性能 及毛坯的选择原则	57
第六节 数控加工中的常用量具	59
第七节 项目训练：选择合适的量具 进行零件检测	68
本章小结	68
思考与练习	68
第三章 数控加工的切削原理及刀具	71
第一节 金属切削原理	71
第二节 切削运动及切削要素	76
第三节 数控机床刀具	79
第四节 刀具切削参数的合理选择	93
第五节 项目训练：选择数控加工刀具和 切削加工参数	98
本章小结	99
思考与练习	99

第四章 数控机床夹具	101
第一节 机床夹具概述	101
第二节 工件的定位与夹紧	105
第三节 定位基准的种类及选择	114
第四节 定位误差计算	118
第五节 数控机床常用夹具	122
第六节 项目训练：确定装夹方案 并选择夹具	130
本章小结	131
思考与练习	131
第五章 数控车削加工工艺	133
第一节 数控车削加工工艺的制订	133
第二节 数控车削加工中的要点	150
第三节 数控车削加工工艺技巧	155
第四节 典型零件的数控车削加工工艺 分析	160
第五节 项目训练：数控车削零件加工 工艺的制订	171
本章小结	171
思考与练习	171
第六章 数控铣削加工工艺	174
第一节 数控铣削加工工艺的制订	174
第二节 钻孔、扩孔和铰孔的工艺	194
第三节 数控铣床的操作规程与 加工要点	203
第四节 典型零件的数控铣削加工工艺 分析	209
第五节 项目训练：数控铣削零件 加工工艺的制订	225
本章小结	225
思考与练习	225

第七章 加工中心加工工艺	228	分析	257
第一节 加工中心加工工艺的制订	228	第六节 项目训练：加工中心零件	
第二节 加工中心的镗削加工	239	加工工艺的制订	275
第三节 加工中心高速切削加工	244	本章小结	276
第四节 加工中心的操作规程与		思考与练习	276
加工要点	253	参考文献	279
第五节 典型零件的加工中心加工工艺			

第一章 数控机床概述

学习目标：1. 熟悉数控机床的加工特点及其应用。
2. 了解数控机床的组成及工作原理。
3. 掌握数控车床、数控铣床和加工中心的工艺范围。

第一节 数控机床的加工特点及其应用

一、数控机床的加工特点

数控机床的加工特点主要体现在其“数控”的各种功能上，加上完善的机械机构，数控机床具有以下加工特点。

1) 能加工超精零件。例如，在高精度的数控机床上，可加工出几何轮廓精度极高（达 0.0001mm ）、表面粗糙度值极小（ Ra 达 $0.02\mu\text{m}$ ）的超精零件，如复印机中的回转鼓及激光打印机上的多面反射体等。

2) 能加工轮廓形状特别复杂或难以控制尺寸的零件。例如，壳体零件封闭内腔中的成形面，以及“口小肚大”类内成形面零件等。

3) 能加工普通机床不能（或不便）加工的多种零件。例如，用数学模型描述的复杂曲线类零件及三维空间曲面类零件，以及高速车削无退刀槽的螺纹零件及表面粗糙度要求一致的变径表面（端面、球面、大锥角的圆锥面）类零件。

4) 能加工经一次装夹定位后，需进行多道工序加工的零件。例如，在加工中心机床上可方便地实现对箱体类零件进行钻孔、扩孔、镗孔及攻螺纹、铣削端面等多道工序的加工。

5) 一台数控机床可同时加工两个或多个相同的零件，也可同时加工多工序的不同零件。例如，在六轴控制的数控车床及交换工件台加工中心上就能快捷地加工出这类零件。

6) 数控机床加工的自动化程度很高，除刀具的进给运动外，对零件的装夹、刀具的更换、切屑的排除等工作均能自动完成。同时，由于其加工过程多为封闭式，故能极大地减轻操作者的劳动强度和紧张程度，改善操作者的劳动条件。

7) 采用数控机床加工，能通过选用最佳工艺路线和切削用量，有效地减少加工中的辅助时间，较大地提高生产效率。

8) 在数控机床上加工零件，一般可省去前期划线、中间检验等工作，通常还可省去复杂的工装，减少对零件的安装、调整等工作，故能明显缩短加工的准备时间，降低生产费用。

9) 数控机床加工能通过修改加工程序，为科研产品设计工件的反复调整创造了良好的

条件,从而大大地缩短了研制、定型的周期,给产品开发、产品的改进与改型提供了方便。

二、数控机床的分类

1. 按工艺用途分类

(1) 一般数控机床 最普通的数控机床有钻床、车床、镗床和齿轮加工机床。图 1-1 是 CK6140 数控车床,图 1-2 是 XK7140 数控铣床。它们和传统的通用机床工艺用途相似,但是它们的生产效率和自动化程度比传统机床高,都适合加工单件、小批量和复杂形状的工件。

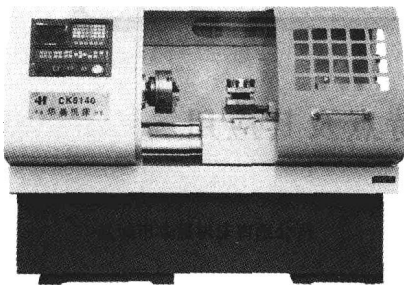


图 1-1 CK6140 数控车床

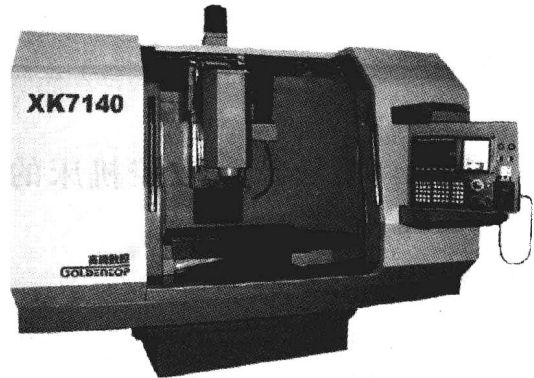


图 1-2 XK7140 数控铣床

(2) 数控加工中心 这类数控机床是在一般数控机床上加装一个刀库和自动换刀装置,构成一种带自动换刀装置的数控机床。图 1-3 是立式加工中心,图 1-4 是 TH6350A 型卧式加工中心。这类数控机床的出现打破了一台机床只能进行单工种加工的传统概念,实行一次安装定位,完成多工序加工方式。例如图 1-3 所示的立式加工中心,它的刀库容量是 16 把刀具,刀具和主轴之间有一个换刀机械手,工件一次装夹后,可自动连续进行铣、钻、镗、铰、扩、攻螺纹等多种工序加工。数控加工中心因一次安装定位完成多工序加工,避免了因多次安装造成的误差,减少机床台数,提高了生产效率和自动化加工程度。

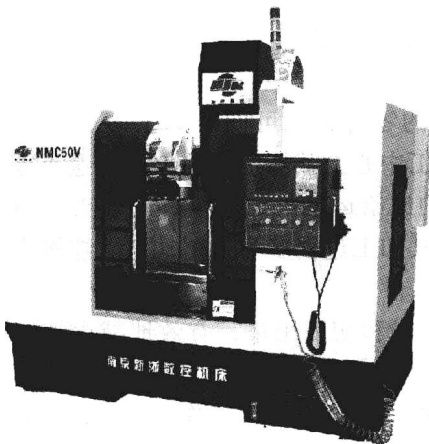


图 1-3 立式加工中心

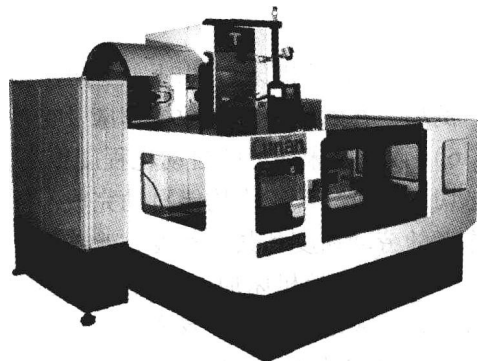


图 1-4 TH6350A 型卧式加工中心

(3) 多坐标轴数控机床 有些复杂的工件,例如螺旋桨、飞机发动机叶片曲面等用三坐标数控机床无法加工,于是出现了多坐标轴的数控机床,其特点是控制轴数较多,机床结构比较复杂。坐标轴的轴数取决于加工工件的工艺要求。

(4) 金属成形类数控机床 如数控冲床、数控折弯机、数控弯管机、数控回转头压力机等。

(5) 数控特种加工机床 如数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机床等。

(6) 其他类型的数控机床 如数控火焰切割机、数控三坐标测量机等。

2. 按机床运动轨迹分类

(1) 点位控制数控机床 点位控制又称为点到点控制。刀具从某一位置向另一位置移动时,不管中间的移动轨迹如何,只要刀具最后能正确到达目标位置的控制方式,称为点位控制。在加工中,刀具可以先沿一个坐标移动完毕,再沿另一个坐标移动,也可以沿多个坐标同时移动。这类数控机床主要有数控钻床、数控坐标镗床和数控冲床等,相应的数控系统称为点位数控系统。

点位控制加工的例子如图 1-5 所示的钻孔工作。点位运动如图 1-6 所示,从始点向终点移动刀具时,可采用①或②、③、④、⑤中的任意一条轨迹。这样,即使移动时的速度和轨迹不同,只要正确地移动到终点位置即可。

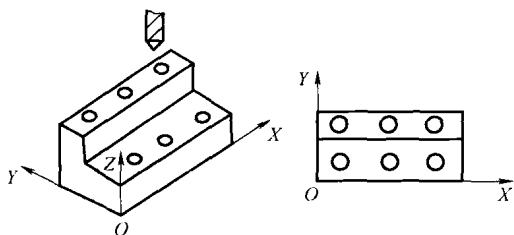


图 1-5 点位控制加工举例

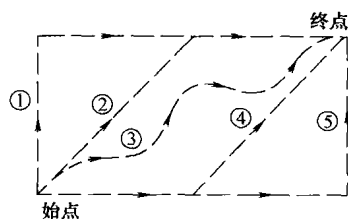


图 1-6 点位运动

(2) 直线控制数控机床 直线切削控制又称为平行切削控制。这类数控机床除了控制点到点的准确位置外,还要保证两点之间移动的轨迹是一条直线,而且对移动的速度也要进行控制,因为这一类数控机床在两点之间移动时要进行切削加工。

这一类数控机床包括简易数控车床、数控镗铣床等。一般情况下,这些数控机床有 2~3 个可控坐标轴,但同时控制的坐标轴只有 1 个。

为了能在刀具磨损或更换刀具后,仍可得到合格的零件,这类机床的数控系统常常具有刀具半径补偿、刀具长度补偿和主轴转速控制功能。

直线控制加工的例子如图 1-7 所示。

(3) 轮廓控制的数控机床 轮廓控制又称为连续轨迹控制。这类数控机床能够对两个或两个以上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切削加工。这类机床有两坐标及两坐标以上的数控镗铣床、加工中心等。

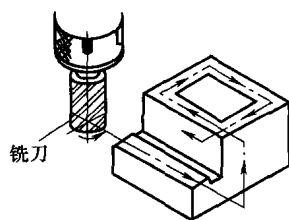


图 1-7 直线控制加工举例

现代数控机床绝大多数具有两坐标或两坐标以上联动的功能,而且具有刀具半径补偿、

丝杠和齿轮的间隙补偿等功能。

按同时控制且相互独立的轴数，可能有 2、3、4、5 轴控制等。

2 轴控制指的是可以同时控制 2 轴，但机床也许多于 2 轴。 X 、 Y 、 Z 三个坐标同时控制 X 、 Y 坐标时，可以进行如图 1-8a 所示的曲线轮廓加工；同时控制 Y 、 Z 坐标和 Z 、 X 坐标时，可以加工图 1-8b 所示形状的零件。

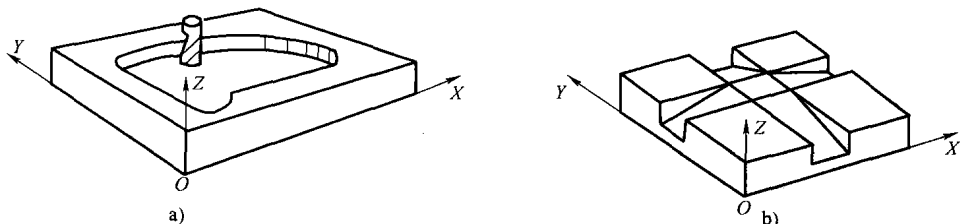


图 1-8 同时控制两个坐标的轮廓控制

a) 控制 X 、 Y 坐标 b) 控制 Y 、 Z 坐标和 Z 、 X 坐标

3 轴控制是指同时控制 X 、 Y 、 Z 三个坐标，这样刀具在空间的任意方向都可移动，因而能够进行三维的立体加工，如图 1-9 所示。

4 轴控制是指同时控制四个坐标运动，即在三个移动坐标之外，再加一个旋转坐标。同时控制四个坐标的数控机床如图 1-10 所示，可用来加工叶轮或圆柱凸轮。

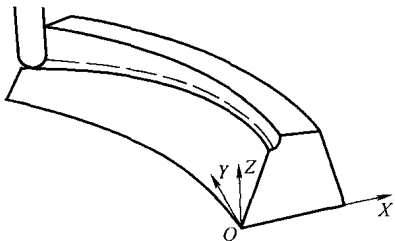


图 1-9 三坐标联动的数控加工

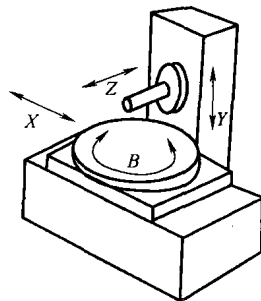


图 1-10 同时控制四个坐标的数控机床

5 轴控制中的 5 轴是指除直线坐标 X 、 Y 、 Z 以外，再加上围绕这些直线坐标旋转的旋转坐标 A 、 B 、 C 中的任意两个坐标，形成同时控制的五个坐标，这时刀具可以指向空间中的任意方向。当进行图 1-11a 所示的曲面切削加工时，可以使刀具端面对曲面保持一定角度，也可以进行图 1-11b 所示零件侧面的切削加工。此外，在一次装夹的情况下，能实现任意方向的孔加工。由于刀具可以按数学规律导向，

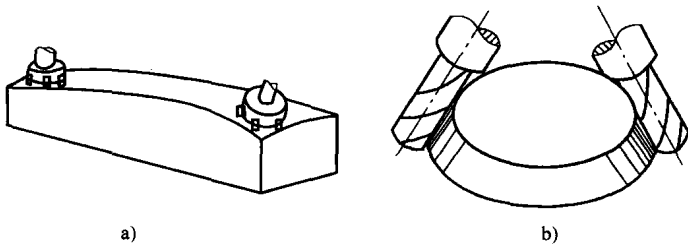


图 1-11 五坐标联动的数控加工

a) 五坐标端铣 b) 五坐标侧铣

因此5轴联动加工特别适合于加工透平叶片、叶轮和机翼等。

3. 按控制方式分类

数控机床按照对被控量有无检测反馈装置可分为开环控制和闭环控制两种。在闭环系统中，根据测量装置安放的位置又分为全闭环控制和半闭环控制两种。

(1) 开环控制数控机床 图 1-12 是典型的开环控制系统。开环控制系统中没有检测反馈装置。数控装置将工件加工程序处理后，输出数字指令信号给伺服驱动系统，驱动机床运动，但不检测运动的实际位置，即没有位置反馈信号。开环控制的伺服系统主要使用步进电动机。插补器进行插补运算后，发出指令脉冲（又称进给脉冲），经驱动电路放大后，驱动步进电动机转动，一个进给脉冲使步进电动机转动一个角度，通过齿轮丝杠传动使工作台移动一定距离，因此，工作台的位移量与步进电动机转动角位移成正比，即与进给脉冲的数目成正比。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。由图 1-12 可见，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。

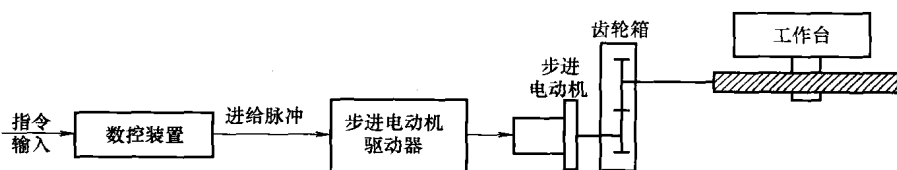


图 1-12 开环控制系统

受步进电动机的步距精度和工作频率以及传动机构的传动精度影响，开环系统的速度和精度都较低。但由于开环控制结构简单、调试方便、容易维修、成本较低，故仍被广泛应用于经济型数控机床上。

(2) 闭环控制数控机床 开环控制系统的控制精度不高，主要是没有检测工作台移动的实际位置，也就没有纠正偏差的能力。图 1-13 是闭环控制系统框图，安装在工作台上的检测元件将工作台实际位移量反馈到计算机中，与所要求的位置指令进行比较，用比较的差值进行控制，直到差值消除为止。可见，闭环控制系统可以消除机械传动部件的各种误差和工件加工过程中产生的干扰的影响，从而使加工精度大大提高。速度检测元件的作用是将伺服电动机的实际转速转换成电信号送到速度控制电路中，进行反馈校正，保证电动机转速保持恒定不变。常用的速度检测元件是测速电动机。

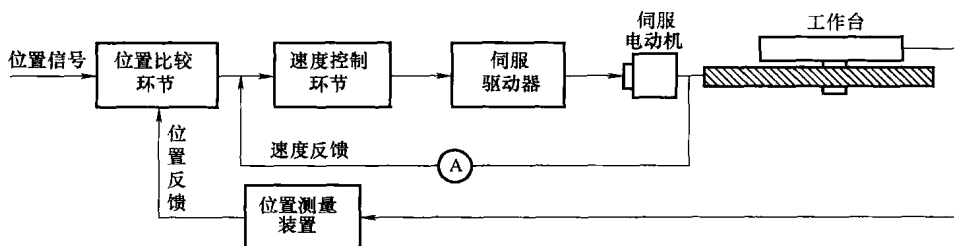


图 1-13 闭环控制系统

闭环控制的特点是加工精度高，移动快。这类数控机床采用直流伺服电动机或交流伺服电动机作为驱动元件，电动机的控制电路比较复杂，检测元件价格昂贵，因而调试和维修比较复杂，成本高。

(3) 半闭环控制数控机床 半闭环控制系统框图如图 1-14 所示，它不是直接检测工作台的位移量，而是采用转角位移检测元件（如光电编码器），测出伺服电动机或丝杠的转角，推算出工作台的实际位移量，反馈到计算机中进行位置比较，用比较的差值进行控制。由于反馈环内没有包含工作台，故称半闭环控制。

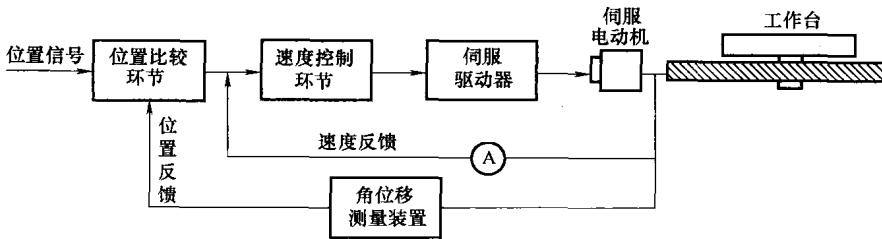


图 1-14 半闭环控制系统

半闭环控制精度较闭环控制差，但稳定性好，成本较低，调试维修也较容易，兼顾了开环控制和闭环控制两者的特点，因此应用比较普遍。

4. 按数控系统功能水平分类

数控机床按数控系统的功能水平可分为低、中、高三档。这种分类方式，在我国用得很多。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大体可以从以下几个方面区分：

(1) 伺服进给类型 采用开环、步进电动机进给系统的为低档；中、高档的则采用半闭环或闭环的直流伺服系统或交流伺服系统。

(2) 联动轴数 低档数控机床联动轴数一般不超过 2 轴；中、高档的则为 3~5 轴。

(3) 主 CPU 低档数控系统一般采用 8bit CPU，中、高档的已经逐步由 16bit CPU 向 32bit CPU 过渡，国外一些新的数控系统甚至已选取 64bit CPU。

(4) 内装 PLC 低档数控系统一般无 PLC，中、高档的都有内装 PLC。

(5) 分辨率和进给速度 分辨率为 $10\mu\text{m}$ 、进给速度在 $8\sim 15\text{m}/\text{min}$ 的为低档，分辨率为 $1\mu\text{m}$ 、进给速度在 $15\sim 24\text{m}/\text{min}$ 的为中档，分辨率为 $0.1\mu\text{m}$ 、进给速度在 $15\sim 100\text{m}/\text{min}$ 的为高档。

(6) 通信能力 低档数控系统一般无通信能力；中档的可能有 RS-232C 或直接数控（简称 DNC）接口；高档的还可能有制造自动化协议（简称 MAP）通信接口，具有联网功能。

(7) 显示功能 低档数控系统一般只有简单的数码管显示或单色 CRT 字符显示；中档的则具有较齐全的 CRT 显示，不仅有字符，而且有二维图形、人机对话、状态和自诊断功能等；高档的还可以有三维图形显示、图形编程等功能。

三、数控机床的应用

数控机床的性能特点决定了它的应用范围。对数控加工，可按适应程度将加工对象大致分为三类：

1. 最适应类

1) 加工精度要求高，形状、结构复杂，尤其是具有复杂曲线、曲面轮廓的零件，或具有不开敞内腔的盒型或壳体零件。这些零件用通用机床很难加工，很难检测，质量也难保证。

2) 必须在一次装夹中完成铣、钻、铰、镗或攻螺纹等多道工序的零件。

2. 较适应类

1) 价格昂贵，毛坯获得困难，不允许报废的零件。这类零件在普通机床上加工时，有一定难度，受机床的调整、操作人员的精神、工作状态等多种因素影响，容易产生次品或废品。为可靠起见，可选择在数控机床上进行加工。

2) 在通用机床上加工生产率低，劳动强度大，质量难稳定控制的零件。

3) 用于改型比较、性能或功能测试的零件（它们要求尺寸一致性好）；多品种、多规格、单件小批量生产的零件。

图 1-15 所示为适合数控机床加工的零件。

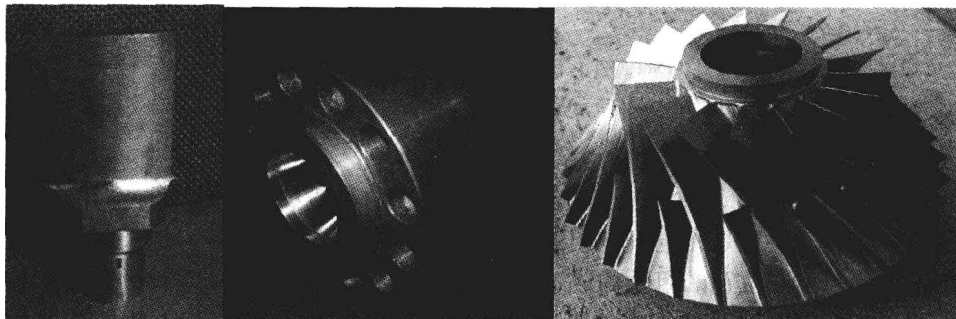


图 1-15 适合数控机床加工的零件

3. 不适应类

1) 利用毛坯面作为粗基准定位进行加工或定位完全需靠人工找正的零件。必须依靠无在线检测系统来自动检测调整零件位置坐标，才能保证加工余量稳定的零件。

2) 必须用特定的工艺装备，或依据样板、样件加工的零件或加工的内容。

3) 需大批量生产的零件。但随着数控机床性能的提高、功能的完善和成本的降低，随着数控加工用的刀具、辅具的性能不断改善和数控加工工艺的不断改进，利用数控机床高自动化、高精度、工艺集中的特性，将数控机床用于大批量生产的情况逐渐多了起来。因此，适应性是相对的，会随着科技的发展而发生变化。

数控机床是实现柔性自动加工的重要设备，是发展 FMS (Flexible Manufacture System) 和 CAM (Computer Aided Manufacturing) 的基础。

数控机床的使用、维修技术要求较高，操作及维修人员应有较高的专业素质。

第二节 数控机床的组成及工作原理

一、数控机床的组成

数控机床大体由输入装置、数控装置、伺服系统（包括检测装置）和机床本体组成，如图 1-16 所示。

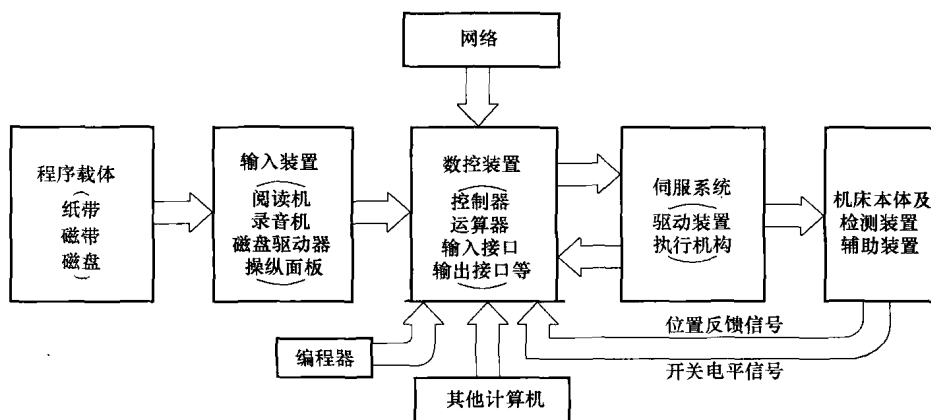


图 1-16 数控机床的组成

1. 输入装置

输入装置与输入方法有关，输入方法有以下三种。

(1) 控制介质输入 所谓控制介质就是数控信息的物质载体，通常有穿孔纸带、磁带、磁盘等；相应的输入装置是光电纸带阅读机、录音机、磁盘驱动器等。穿孔纸带是在特别的纸带上穿孔，孔的不同位置的组合构成不同的数字或数控代码。加工零件的程序，按规定的格式穿孔记录在纸带上，通过光电纸带阅读机将纸带上的加工程序读入数控装置的存储器中。

(2) 手工输入 利用键盘和显示屏，输入控制机床运动和刀具运动的指令。具体说来有三种情况，一种是手动数据输入（Manual Date Input, MDI），即通过机床面板上的键盘，把数控程序指令逐条输入存储器中，这种方法一般只适用一些较为简短的程序。另一种是在数控显示装置的程序编辑界面，用软键或键盘输入程序指令，存于内存中，手工编程主要就是采用这种输入方法。用这种方法还可以调出已存入数控系统的程序并对其进行编辑修改。还有一种方法，就是在具有对话功能软件的数控装置（微型计算机）上，根据软件的逻辑格式和显示屏上的对话提示，选择不同的菜单，输入有关的数字和信息后，可自动生成控制程序存入内存，这种方法虽然是手工输入，但却是自动编程。图形交互自动编程是现在广泛采用的另一种自动编程方式。利用 CAD 软件的图形编辑功能将零件的几何图形绘制到计算机上，形成零件的图形文件，然后调用数控编程模块，采用人机交互的方式在计算机屏幕上指定被加工的部位，通过键盘手工输入相应的加工参数后，计算机自动编制出数控加工程序。

(3) 直接输入存储器 从自动编程机上、其他计算机上或网络上,将编制好的加工程序通过通信接口直接输入数控装置的存储器,这是现代数控机床的发展趋势。

2. 数控装置

数控装置由硬件和软件两大部分组成。硬件包括 I/O 接口、CPU、存储器、可编程序控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 及数字通信接口等。采用单微处理机数控装置的硬件结构如图 1-17 所示。软件包括管理软件和控制软件。管理软件用来管理零件程序的输入、输出;显示零件程序、刀具位置、系统参数及报警;诊断数控装置是否正常并检查故障原因。控制软件则完成译码、刀具补偿、插补运算、位置控制等。

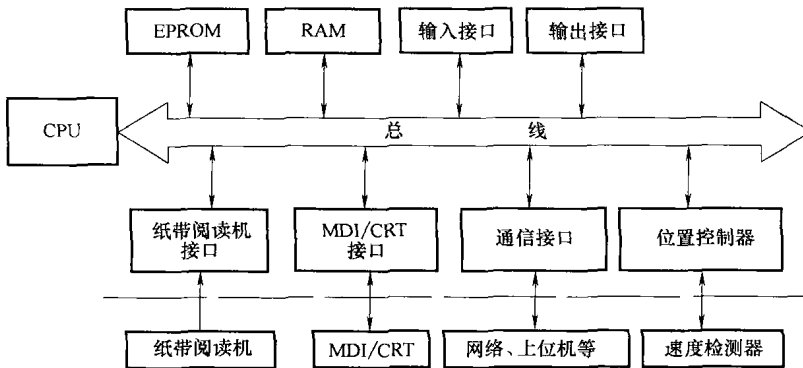


图 1-17 数控装置硬件结构

数控装置的主要功能为读入数值、存储、运算处理,产生控制信息控制机床运动,按确定的顺序和设定的条件规则实行程序控制。

纸带阅读机接口及通用输入接口接受纸带阅读机及手工输入或上位机传来的加工程序,经过识别和译码后分送到相应的存储器,作为控制与运算的依据。控制器接受这些输入的指令,控制运行和运算。如果控制与运算依靠专用计算机固定硬件结构来完成,则这种数控装置称为硬件数控或硬联结数控。现在数控装置几乎都采用了微型计算机。计算机的 CPU 把运算器、控制器集成在芯片中,运算器最基本的工作就是进行插补运算和刀具轨迹运算。系统将位置检测器测得的实际位置与插补运算后的坐标位置进行比较,产生控制指令。计算机拥有大容量存储器,只读存储器 (ROM) 存放系统控制程序,随机存储器 (RAM) 存放系统运行时的工作参数及用户的零件加工程序;控制运行和运算都是通过软件来实现的,这种数控装置称为软件数控或软联结数控。输入输出 I/O 接口也都采用集成电路,可实现数字与电量信号之间的转换。根据控制器的指令通过输出接口,把控制信号输送到伺服系统。机床输入接口接收检测装置反馈信号并输送到数控装置;另外还接受操作面板上的各种开关、按钮及机床各种限位开关的电平信号。

对数控机床的控制除了对坐标轴运动进行位置控制外,还要对诸如主轴的正、反转及停止,刀具交换,工件的夹紧、松开,切削液的开关及润滑系统的运动等进行顺序控制。顺序控制的信息主要是开关量信号,完成这一控制任务的装置为可编程序控制器 (PLC)。PLC 实质上是一种工业控制用的专用计算机,由硬件系统和软件系统两大部分组成。

3. 伺服系统

伺服系统包括驱动装置、执行机构及位置、速度检测反馈装置。伺服电动机是伺服系统的执行机构，驱动装置则是伺服电动机的动力源。来自数控装置的指令信号经功率放大，驱动伺服电动机，进而通过机械传动系统驱动机床主轴、工作台架等机床运动部件。伺服系统按控制原理可分为开环系统、半闭环系统、闭环系统和混合环系统。

(1) 驱动装置 驱动装置接受数控系统输出的速度控制信号，输出电能驱动电动机。表 1-1 为数控机床中各类驱动电动机的驱动装置。

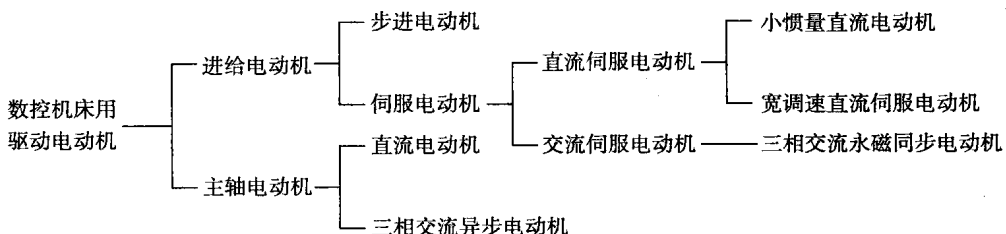
表 1-1 数控机床中各类驱动电动机的驱动装置

	驱动电动机	驱动装置
进给	步进电动机	高低压切换、恒流斩波等
	直流伺服电动机	脉宽调制 (PWM)
		晶闸管控制 (SCR)
	交流伺服电动机	他控变频控制
自控变频控制		
主轴	直流主轴电动机	晶闸管控制 (SCR)
	交流主轴电动机	通用变频器控制
		矢量变频控制

由于驱动装置用于控制驱动电动机的速度，故有时也称驱动装置为速度控制单元；又因为驱动装置是伺服系统中的功率放大部分，故又可称驱动装置为伺服驱动单元。

驱动装置中功率器件的作用就是将控制信号进行功率放大，以达到驱动电动机的目的。功率器件是开关元件，常用的有大功率晶体管、功率场效应晶体管、绝缘门极晶体管、普通晶闸管和门极关断晶闸管等。

(2) 执行机构 驱动电动机是数控机床伺服系统的执行元件。用于驱动数控机床各坐标轴进给运动的称为进给电动机；用于驱动机床主运动的称为主轴电动机。数控机床驱动电动机的常用种类如下：



(3) 位置、速度检测反馈装置 采用闭环控制的数控机床需要利用检测元件进行位置与速度检测，然后反馈给伺服控制系统。

4. 机床本体

数控机床是在普通机床的基础上发展起来的，但传动系统操作机构、刀具装置、外观造型及布局方面都有很大的变化和进步。

5. 附加装置

为了提高生产率、加工精度和更进一步实现自动化,数控机床还有许多附加装置,如对刀仪、在线检测装置、刀具自动交换装置、工作台自动交换装置、切屑处理装置等。

二、数控机床的工作原理

数控机床的工作原理如图 1-18 所示。在数控机床上加工零件时,要事先根据零件加工图样的要求确定零件加工的工艺过程、工艺参数和刀具,再按编程手册的有关规定编写零件数控加工程序,然后通过 MDI 方式或 DNC 方式将数控加工程序送到数控系统,在数控系统控制软件的支持下,经过处理与计算后,发出相应的指令,通过伺服系统使机床按预定的轨迹运动,从而进行零件的切削加工。

数控系统除了计算机以外,其外围设备主要包括键盘、CRT、操作面板、机床接口等。键盘主要用于输入操作命令及编辑、修改程序,亦可以输入零件加工程序。CRT 供显示及监控用。操作面板可供操作员改变操作方式、输入数据、起停加工等。机床接口是计算机和机床之间联系的桥梁,包括伺服驱动接口及 DNC 输入/输出接口。

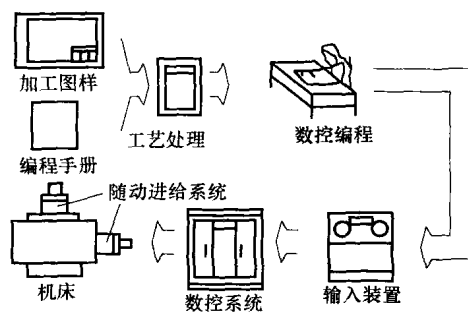


图 1-18 数控机床的工作原理

系统程序储存于计算机内存中。所有的数控功能基本上都依靠该程序完成,例如输入、译码、数据处理、插补、伺服输出等。整个数控系统的活动均由系统程序来指挥。下面简单介绍一下数控系统的工作过程。

1. 输入

大量的零件加工程序一般通过 DNC 从上一级计算机输入而来。数控系统一般有两种不同的输入工作方式:一种是边输入边加工,DNC 即属于此类工作方式;另一种是一次将零件加工程序输入计算机内部的存储器,加工时再由存储器一段一段地往外读出。

2. 译码

输入的程序段包含零件的轮廓信息(起点、直线、圆弧等)、要求的加工速度以及其他的辅助信息(换刀、进给速度、切削液等)。计算机依靠译码程序来识别这些指令符号,译码程序将零件加工程序翻译成计算机内部能识别的语言。

3. 数据处理

数据处理程序一般包括刀具半径补偿、速度计算以及辅助功能的处理。刀具半径补偿是根据刀具半径值把零件轮廓轨迹转化为刀具中心轨迹。速度计算是解决该加工程序段以什么样的速度运动的问题。加工速度的确定是一个工艺问题,数控系统仅仅是保证这个编程速度的可靠实现。另外,辅助功能如换刀、切削液等亦在这个程序中处理。

4. 插补

在机床的实际加工中,被加工工件的轮廓形状千差万别。严格说来,为了满足几何和尺寸精度的要求,刀具中心轨迹应该准确地依照工件的轮廓形状生成。对于简单的曲线,数控系统易于实现,但对于较复杂的形状,若直接生成刀具中心轨迹,势必会使计算方法变得很复杂,计算工作量也相应大大增加。因此,在实际应用中,常常采用一小段直线或圆弧去逼