

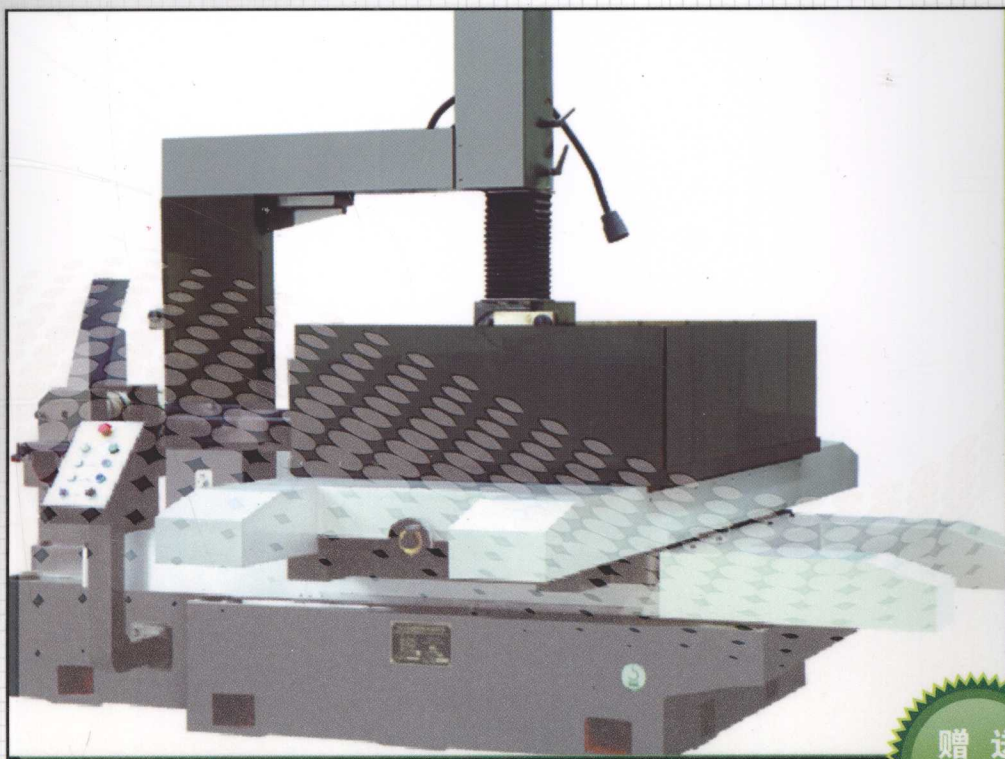


高职高专数控技术应用专业规划教材

数控加工编程与操作

SHUKONG JIAGONG BIANCHENG YU CAOZUO

朱秀梅 张丽萍 郭洋 朱崇高 主编
穆林娟 赵庆松 张兆明 副主编
魏峰 主审



赠送
电子课件

本书特色

- 基于工作过程化的课程方案设计，以工作任务重构教材内容。
- 岗位典型工作任务系统转化为学习领域课程的整体改革。
- 教学内容与企业实际工作任务有机结合，学习过程转化为工作过程。
- 紧密结合数控核心职业技能鉴定标准，以典型技能鉴定实例讲解为主，理论知识够用为度，注重核心技能的培养。



清华大学出版社

高职高专数控技术应用专业规划教材

数控加工编程与操作

张丽萍	郭 洋	朱崇高	主 编
朱秀梅	穆林娟	赵庆松	张兆明
		魏 峥	副主编
			主 审

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在内容上是根据数控机床的实际操作过程进行编写的,依次介绍数控加工技术基础、数控车床编程与操作、数控铣床(加工中心)编程与操作、数控电火花线切割编程与操作、UG NX 数控自动编程、综合实例,并在最后一章以典型技能鉴定实例综合回顾前面几章的知识。在介绍方法上,本书避免了普通工具书中知识点与实例脱离的现象,将重要的知识点融入实际加工中,使学生可以循序渐进、随学随用,轻松掌握数控机床的编程与基本操作,并学会利用 UG NX5 软件来进行自动编程。本书特点是每章前均配有本章要点和技能目标,让读者有明确的学习目标,了解学习过程中应该重点掌握以及比较难以理解和容易混淆的知识点;每章的最后均有习题,供读者课后练习、自测和巩固所学知识之用。

本书可作为高职高专院校数控技术专业、模具技术专业及机电相关专业数控课程的教材,也可作为企业数控技术人员自学及培训教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数控加工编程与操作/张丽萍,郭洋,朱崇高主编;朱秀梅,穆林娟,赵庆松,张兆明副主编;魏峥主审.
—北京:清华大学出版社,2010.9

(高职高专数控技术应用专业规划教材)

ISBN 978-7-302-23331-2

I. ①机… II. ①张… ②郭… ③朱… ④朱… ⑤穆… ⑥赵… ⑦张… ⑧魏… III. ①数控机床—程序设计—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 145951 号

责任编辑:孙兴芳

装帧设计:杨玉兰

责任校对:王 晖

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:17.75 字 数:422 千字

版 次:2010 年 9 月第 1 版 印 次:2010 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:30.00 元

产品编号:032190-01

前 言

数控加工作为一种新兴技术，已在机械制造业得到广泛应用。社会需要大批既具备数控编程技能，又具有数控机床操作技能的人才。为了适应现代化生产的需要，编者在教学实践的基础上，以培养和提高学生在数控加工过程中的工艺分析能力，即实际加工的操作技能为目标，采用最新的“基于工作过程化”的教材模式编写了本书。

本书的特点是：

(1) **基于工作过程化的课程方案设计，以工作任务重构教材内容。**根据数控岗位的核心技能来组织本书的内容，并针对每个工作环节组织相关的课程内容，实现实践技能与理论知识相结合，有机结合工作环境与学习环境。

(2) **岗位典型工作任务系统地转化为学习领域课程的整体改革。**根据与数控操作工主要相关的《数控车工职业资格标准》、《数控铣工职业资格标准》、《加工中心操作工职业资格标准》，按照完整的工作过程，以典型的综合任务为主线重构课程，将自动编程、相关国家技术标准等学科知识通过任务载体实施应用。

(3) **教学内容与企业实际工作任务有机结合，学习过程转化为工作过程。**注重立体化资源开发，内容丰富，体现了“教、学、做”一体化的教学特色，实施“行动导向”，做中学，做中教，学生在完成一个个具体的工作任务中学习，实现掌握知识、发展能力与提高素质的统一。

(4) **紧密结合数控核心职业技能鉴定标准，以典型数控职业技能鉴定实例讲解为主，理论知识够用为度，注重核心技能的培养。**

本书由潍坊教育学院张丽萍、山东工业技师学院郭洋、南京志翔科技有限公司朱崇高担任主编；烟台工程职业技术学院朱秀梅、中国计量学院穆林娟、潍坊教育学院赵庆松、滨州技师学院张兆明担任副主编。

在本书的编写过程中，我们得到了各方面的支持，特别是山东理工大学魏峥教授担任了本书的主审，魏力教授在本书编写过程中给予了大力支持，在此表示衷心地感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不足，望广大专家、读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 数控加工技术基础 1

1.1 数控加工设备及工具 1

1.1.1 常用数控机床 1

1.1.2 数控机床的组成部分 5

1.1.3 数控切削加工刀具 6

1.2 数控加工工艺 8

1.2.1 数控加工过程 8

1.2.2 数控加工工艺系统 9

1.2.3 数控加工工艺的特点 10

1.2.4 数控加工工艺的主要内容 11

1.3 数控加工工艺文件制定 12

1.3.1 数控加工程序卡 12

1.3.2 数控加工刀具卡 12

1.3.3 数控加工走刀路线图 13

1.4 数控机床安全操作规程 13

1.4.1 数控车床及数控铣床 (加工中心)的安全操作规程 13

1.4.2 特种加工机床的安全操作 规程 14

本章小结 15

思考与练习 15

第 2 章 数控车床编程与操作 17

2.1 数控车床基础 17

2.1.1 数控车床的功能及结构特点 ... 17

2.1.2 数控车床的布局 18

2.1.3 数控车床的分类 19

2.2 数控车床刀具及对刀 22

2.2.1 数控车刀的类型与选择 22

2.2.2 数控车床刀具的安装 24

2.2.3 数控车床对刀 27

2.3 数控车床编程指令 29

2.3.1 基本编程指令 30

2.3.2 基本编程指令的应用 31

2.4 轴类零件加工工艺及程序编制 44

2.4.1 制定零件的加工工艺 44

2.4.2 编写数控加工程序 45

2.4.3 零件的检验 46

2.5 套类零件加工工艺及程序编制 47

2.5.1 制定零件的加工工艺 47

2.5.2 编写数控加工程序 48

2.5.3 零件的检验 49

本章小结 49

思考与习题 49

第 3 章 数控铣床(加工中心)编程 与操作 51

3.1 数控铣床(加工中心)编程基础 51

3.1.1 数控铣床(加工中心)的概述 51

3.1.2 数控铣床(加工中心)的分类 51

3.2 数控铣床(加工中心)的编程指令 52

3.2.1 数控机床程序功能字 52

3.2.2 基本编程指令的应用 55

3.2.3 加工中心的刀具功能 65

3.2.4 子程序 66

3.2.5 固定循环功能 70

3.2.6 坐标变换指令 81

3.3 简单外轮廓零件的加工 87

3.3.1 加工工艺分析 88

3.3.2 数学处理 89

3.3.3 参考程序编制 90

3.3.4 零件加工 91

3.4 复杂外轮廓零件的加工 91

3.4.1 加工工艺分析 92

3.4.2 数学处理 93



3.4.3	参考程序编制	93
3.4.4	零件加工	94
3.5	型腔内轮廓零件的加工	94
3.5.1	加工工艺分析	95
3.5.2	数学处理	96
3.5.3	参考程序编制	96
3.5.4	零件加工	98
3.6	孔系零件的加工	99
3.6.1	加工工艺分析	99
3.6.2	数学处理	100
3.6.3	参考程序编制	100
3.6.4	零件加工	102
	本章小结	102
	思考与练习	103

第4章 数控电火花线切割编程

与操作

4.1	数控电火花线切割加工的程序 编制	107
4.1.1	数控电火花线切割加工的 手工编程	107
4.1.2	数控电火花线切割加工的 自动编程	117
4.2	数控电火花线切割机床的 基本操作	133
4.2.1	数控电火花线切割加工 操作流程	133
4.2.2	加工前的准备工作	134
4.2.3	数控电火花线切割加工的 控制器操作	137
4.2.4	加工过程中特殊情况的 处理	139
4.3	典型零件加工	140
4.3.1	外轮廓零件实例	140
4.3.2	圆弧零件实例	142
4.4	有锥度的零件加工	143
4.4.1	锥度加工的实现机理	143
4.4.2	锥度加工的编程	144
4.4.3	锥度加工编程实例	145

本章小结	146
思考与练习	146

第5章 UG NX 数控自动编程

5.1	UG NX 5 编程基础	148
5.1.1	创建文件	149
5.1.2	进入加工环境并选择加工 模板	150
5.1.3	创建刀具	153
5.1.4	创建操作	155
5.1.5	刀轨设置并生产刀轨	157
5.1.6	生成 NC 代码	158
5.1.7	生成车间技术文档	159
5.2	平面铣	160
5.2.1	边界	162
5.2.2	多层切削和切削深度	162
5.2.3	实例 1: 使用毛坯边界	165
5.2.4	实例 2: 创建操作时选择一个 边界	168
5.3	型腔铣	172
5.3.1	型腔铣加工生成刀具轨迹	173
5.3.2	切削层	173
5.3.3	实例 1: 型腔铣	177
5.3.4	实例 2: 型腔铣加工	180
5.4	多轴加工	186
5.4.1	变轴轮廓铣	186
5.4.2	实例 1: 变轴轮廓铣	194
5.4.3	实例 2: 变轴轮廓铣	196
5.4.4	实例 3: 变轴轮廓铣	199
5.4.5	五轴等高切削	202
5.4.6	实例 1: 建立五轴等高切削 刀轨(远离部件)	204
5.4.7	实例 2: 改变最大壁高度	206
5.4.8	实例 3: 远离点的刀轴 倾斜方式	208
5.4.9	实例 4: 远离曲线的刀轴 倾斜方式	210
5.4.10	优化切削层	212
5.5	粗车加工实例	215
5.6	弯管接头模芯综合实例	221



5.6.1 任务描述.....	221	6.2.2 任务实施过程	248
5.6.2 具体操作步骤.....	221	第 7 章 数控职业技能鉴定实例	253
本章小结.....	238	7.1 职业技能鉴定实例(一).....	253
思考与练习.....	238	7.2 职业技能鉴定实例(二).....	255
第 6 章 综合实例	240	7.3 职业技能鉴定实例(三).....	258
6.1 数控铣削项目化实例	240	7.4 职业技能鉴定实例(四).....	261
6.1.1 任务描述.....	240	7.5 职业技能鉴定实例(五).....	265
6.1.2 任务实施过程.....	240	本章小结	269
6.2 数控车削企业项目化实例	248	思考与练习	270
6.2.1 任务描述.....	248	参考文献.....	272

第 1 章 数控加工技术基础



本章要点

随着科学技术的飞速发展,产品的更新换代越来越快、生产批量越来越小、生产周期也变得越来越短,但是对产品精度的要求越来越高。为了满足以上要求,数控加工设备在当今的各种机械制造、模具生产等行业企业中得到了广泛应用。本章结合数控加工的一般过程,主要介绍 4 个部分:数控加工设备及工具、数控加工工艺过程、数控技术文件的制定以及数控机床安全操作规程,为后续学习打好基础。



技能目标

- 掌握数控机床的基本组成。
- 掌握数控加工工艺过程。
- 认识常用的数控加工刀具。
- 掌握数控加工技术文件的编制方法。
- 了解数控加工的一般步骤。

1.1 数控加工设备及工具

1.1.1 常用数控机床

数控机床的品种很多,根据其控制原理、功能和组成,可以从几个不同的角度进行分类。

1. 按工艺用途分类

数控机床是从普通机床的基础上发展起来的,各种类型的数控机床基本起源于同类型的普通机床,按工艺用途可分为:数控车床(NC Lathe)、数控铣床(NC Milling Machine)、加工中心(Machine Center)、数控钻床(NC Drilling Machine)、数控镗床(NC Boring Machine)、数控平面磨床(NC Surface Grinding Machine)、数控外圆磨床(NC External Grinding Machine)、数控轮廓磨床(NC Contour Grinding Machine)、数控坐标磨床(NC Jig Grinding Machine)、数控工具磨床(NC Tool Grinding Machine)、数控电火花加工机床(NC Diesinking Electric Discharge Machine, NC DEDM)、数控线切割机床(NC Wire Electric Discharge Machine)、数控激光加工机床(NC Laser Beam Machine)、数控工具磨床(NC Punching Machine 或 Punching Press)、数控超声波加工机床(NC Ultrasonic Machine)和数控齿轮加工机床(NC Gear Holling Machine)。



此外,还有数控等离子切割机、数控火焰切割机、数控折弯机、数控弯管机、数控水切割机等。

2. 按运动方式分类

1) 点位控制系统

点位控制系统(Positioning Control)只控制刀具从一点移到另一点的位置,而在移动过程中不进行切削加工,如坐标镗床、钻床和冲床等。要求坐标位置有较高的定位精度。为提高生产效率,采用机床设定的最高进给速度进行定位运动,在接近定位点前要进行分级或连续降速,以便低速趋近终点,从而减少运动部件的惯性过冲以及因此引起的定位误差。由于在定位移动过程中不进行切削加工,因此对运动轨迹没有任何要求。

2) 直线控制系统

直线控制系统(Straight-Line Control)是控制刀具或基础工作台以一定速度,沿平行于某一坐标轴方向,由一个位置到另一位置的精确移动,也称为点位直线移动控制系统。

3) 轮廓控制系统

轮廓控制系统(Contour Control),又称连续控制或多坐标联动控制,是对两个或两个以上的坐标轴同时进行控制(二轴、二轴半、三轴、四轴、五轴联动),它不仅控制机床移动部件的起点和终点坐标,而且控制整个加工过程的每一点的速度、方向和位移量,即要控制加工的轨迹,加工出要求的轮廓。运动轨迹是任意斜率的直线、圆弧、螺旋线等。这类机床的数控装置的功能是最齐全的,能够进行两坐标甚至多坐标联动的控制,也能够进行点位和直线控制。

除了少数专用的数控机床(如数控钻床、冲床等)以外,现代的数控机床都具有轮廓控制功能。

3. 按控制方式分类

按控制方式分类实际上是按有无反馈及反馈的位置来分类的。

1) 开环数控机床

开环数控机床(Open Loop Control)是指不带反馈的控制系统,系统内没有位置反馈元件,通常采用步进电机作为执行机构。输入的数据经过数控系统的运算,发出指令脉冲,通过环形分配器和驱动电路,使步进电机转过一个步距角,再经过传动机构带动工作台移动一个脉冲当量的距离。其中,脉冲当量是指每个脉冲信号使机床移动部件移动的位移量,常用的脉冲当量为 $0.001\text{mm}/\text{脉冲}$,移动部件的移动速度和位移由输入脉冲的频率和脉冲个数决定。

2) 半闭环数控机床

半闭环数控机床(Semi-closed Loop Control),在驱动电机端部或在传动丝杠端部安装角位移检测装置(光电编码器或感应同步器),通过检测电机或丝杠的转角间接测量执行部件的实际位置或位移,然后反馈到数控系统中。半闭环数控机床能够获得比开环数控机床更高的位移精度,但它的位移精度比闭环数控机床的要低。与闭环数控相比,易于实现系统的稳定性。现在大多数数控机床都广泛采用这种半闭环进给伺服系统。惯性较大的机床移动部件不包括在检测范围内。



3) 闭环数控机床

闭环数控机床(Closed Loop Control), 在机床移动部件上直接接有检测装置, 将测得的结果直接反馈到数控系统中。实际上是将位移指令值与位置检测装置测得的实际位置反馈信号进行实时比较, 根据其差值进行控制, 使移动部件按照实际的要求运动, 最终实现精确定位。

4. 数控机床的应用范围

1) 数控车床

数控车床包括主轴、溜板、刀架等。数控系统包括显示器、控制面板、强电控制等。数控车床一般具有两轴联动功能, Z 轴是与主轴平行的运动轴, X 轴是在水平面内与主轴垂直的运动轴, 其中远离工件方向为轴的正向。另外, 在最新的车铣加工中心还增加了一个 C 轴, 用于工件的分度功能, 在刀架中安放铣刀, 对工件进行铣加工。刀具超过 12 把称为加工中心。数控车床主要用来加工轴类零件的内外圆柱面、圆锥面、螺纹表面、成形回转体面等, 对于盘类零件可以进行钻孔、扩孔、绞孔、镗孔等加工, 另外, 还可以完成车端面、切槽、倒角等加工。数控车床如图 1.1 所示。

2) 数控铣床

数控铣床适用于加工三维复杂曲面, 在汽车、航空航天、模具等行业被广泛采用, 如图 1.2 所示。其可分为数控立式铣床、数控卧式铣床、数控仿形铣床等。

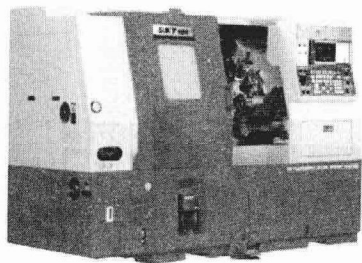


图 1.1 数控车床

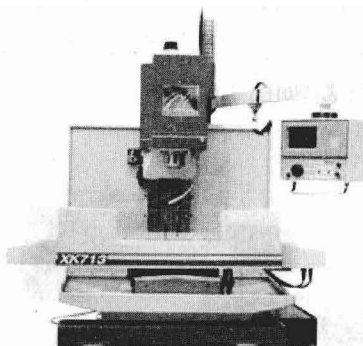


图 1.2 数控铣床

3) 加工中心

一般把带有自动换刀装置(Automatic Tool Changer, ATC)的数控铣床称为加工中心, 如图 1.3 所示。加工中心可以进行铣、镗、钻、扩、铰、攻丝等多种工序加工, 但它不包括磨削功能, 因为微细的磨粒可能会进入机床导轨, 从而破坏机床的精度(注: 磨床上有特殊的保护措施)。加工中心可分为立式加工中心和卧式加工中心, 其中, 立式加工中心的主轴是垂直方向的, 卧式加工中心的主轴是水平方向的。

4) 数控钻床

数控钻床分为立式钻床和卧式钻床, 既能够进行钻孔、攻丝, 也可以进行简单的铣削。另外, 刀库可以存放多种刀具, 如图 1.4 所示。



图 1.3 加工中心

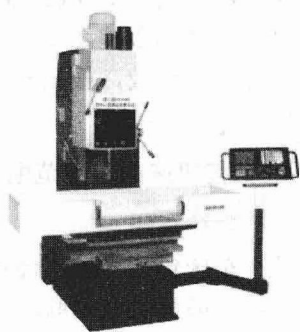


图 1.4 数控钻床

5) 数控磨床

数控磨床用于加工高硬度、高精度的表面，可分为平面磨床、内圆磨床、轮廓磨床等，如图 1.5 所示。随着自动砂轮补偿技术、自动砂轮修整技术和磨削固定循环技术的发展，数控磨床的功能也越来越强大。

6) 数控电火花成形机床(EDM Machine)

数控电火花成形机床是特种加工方法中常用的机床之一，其基本原理是利用两个不同极性的电极在绝缘体中产生放电现象，去除材料进而完成加工，适用于形状复杂的模具以及难加工的材料，如图 1.6 所示。

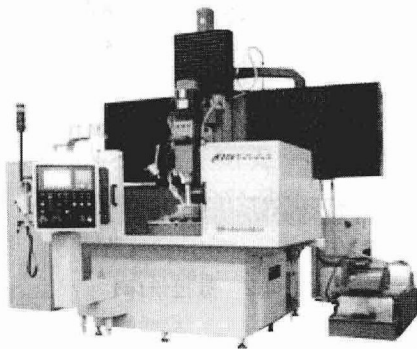


图 1.5 数控磨床

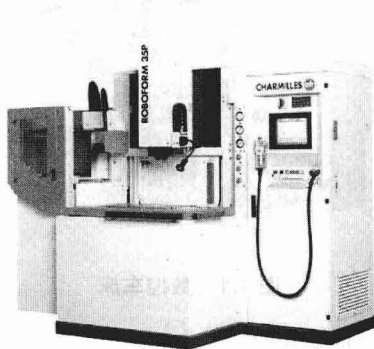


图 1.6 数控电火花成形机床

7) 数控电火花线切割机床

数控电火花线切割机床的原理与数控电火花成形机床一样，即电极是电机丝，加工液一般是去离子水。机床主体包括 X、Y 轴向工作台、卷丝筒支架、电极丝等，数控系统包括显示器(CRT)、控制面板、强电控制系统。该机床适合于小批量、多品种零件的加工，广泛应用于加工各种模具，可以减少模具制作费用，缩短生产周期。数控线切割机床如图 1.7 所示。

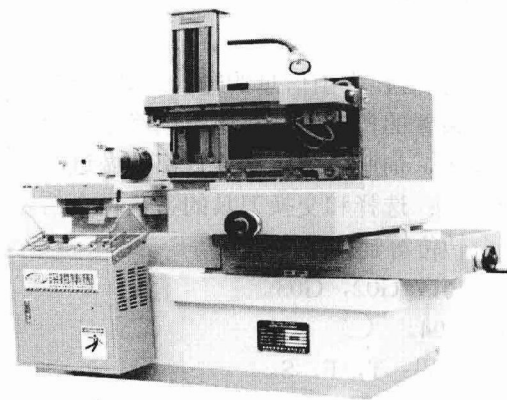


图 1.7 数控线切割机床

5. 先进制造系统简介

先进制造系统的核心是生产加工设备的数控化、柔性化和精密化，主要分为两类，即柔性制造系统和计算机集成制造系统，具体如下。

1) 柔性制造系统

柔性制造系统(Flexible Manufacture System, FMS)根据自动化程度及功能可分为以下三类。

(1) 单机数控加工：是用一台数控机床或加工中心加工机械零件。

(2) 柔性加工单元(Flexible Machining Cell)：是一种人的参与减到最小时，能连续地对同一零件族内不同的零件进行自动化加工(包括工件、刀具、废屑等在单元内部的运输和交换)的最小加工单元。

(3) 柔性制造系统(Flexible Manufacturing System)：是一种由加工系统(包括一组数控机床和其他自动化工艺设备(如清洗机、成品实验机、喷漆机等)、物料自动储运系统和信息控制系统三者相结合，由中央计算机管理使之自动运转的制造系统。

2) 计算机集成制造系统

计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)的构成可以分为4部分：设计过程、加工制造过程、计算机辅助生产管理、集成方法及技术。

1.1.2 数控机床的组成部分

数控机床由程序、输入/输出装置、CNC 单元、伺服系统、位置反馈系统和机床本体组成。

1) 程序

程序的存储介质称为程序载体，主要有5种，即穿孔纸带、软盘、磁盘、U 盘和通信。

2) 输入/输出装置

常用输入输出装置有以下几种。

(1) 对于软磁盘，配用软盘驱动器和驱动卡。

(2) 对于现代数控机床，可以通过手动方式(MDI 方式)输出。



(3) DNC 网络通信、RS-232 串口通信。

3) CNC 单元

CNC 单元是数控机床的核心,它由信息的输入、处理和输出三部分组成。CNC 单元接收数字化信息,经过数控装置的控制软件和逻辑电路进行译码、插补、逻辑处理后,将各种指令信息输出给伺服系统,伺服系统驱动执行部件做进给运动。它还可以接收主运动部件的变速、换向和启停信号;选择和交换刀具的刀具指令信号;冷却的启停,工件和机床部件松开与夹紧,分度台转位等辅助指令信号等。

准备功能代码: G00, G01, G02, G03。

辅助功能代码: M03, M04。

刀具、进给速度、主轴代码: T, F, S。

4) 伺服系统

伺服系统由驱动器和驱动电机组成,并与机床上的执行部件和机械传动部件组成数控机床的进给系统。它的作用是把来自数控装置的脉冲信号转换成机床移动部件的运动。对于步进电机来说,每一个脉冲信号都使电机转过一个角度,进而带动机床移动部件移动一个微小距离。每个进给运动的执行部件都有相应的伺服驱动系统,如三轴联动的机床就有三套驱动系统。整个机床的性能主要取决于伺服系统。

5) 位置反馈系统

位置反馈系统,又称检测反馈系统,包括光栅、旋转编码器、激光测距仪和磁栅等。反馈装置把检测结果转化为电信号反馈给数控装置,通过比较,计算实际位置与指令位置之间的偏差,并发出偏差指令控制执行部件的进给运动。其中,反馈系统包括半闭环系统和闭环系统。

6) 机床本体

机床的机械部件包括:主运动部件;进给部件,如工作台和刀架;基础支承件,如床身和立柱等;辅助部分,如液压、气动、冷却和润滑部分等;储备刀具的刀库;自动换刀装置(ATC)。对于加工中心类的数控机床,还具有存放刀具的刀库、交换刀具的机械手等部件。

数控机床机械部件的组成与普通机床相似,但传动结构要求更为简单,在精度、刚度、抗震性等方面要求更高,而且其传动和变速系统更便于实现自动化扩展。

1.1.3 数控切削加工刀具

数控刀具必须适应数控机床高速、高效和自动化程度高的特点,一般应包括通用刀具、通用连接刀柄及少量专用刀柄。刀柄要连接刀具并装在机床动力头上,目前已逐渐标准化和系列化。

1. 数控刀具的分类

数控刀具种类繁多,如图 1.8 和图 1.9 所示可按照以下几种方法进行分类。

(1) 按照刀具结构分类,可分为整体式、镶嵌式(采用焊接或机夹式联接。其中,机夹式又可分为不转位和可转位两种)、特殊型式(如复合式刀具、减震式刀具等)。

(2) 按照制造刀具所用的材料分类,可分为高速钢刀具、硬质合金刀具、金刚石刀

具、其他材料刀具(如立方氮化硼刀具、陶瓷刀具等)。

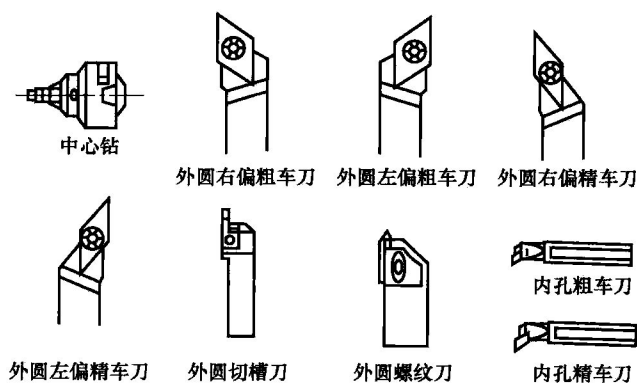


图 1.8 数控车削常用刀具

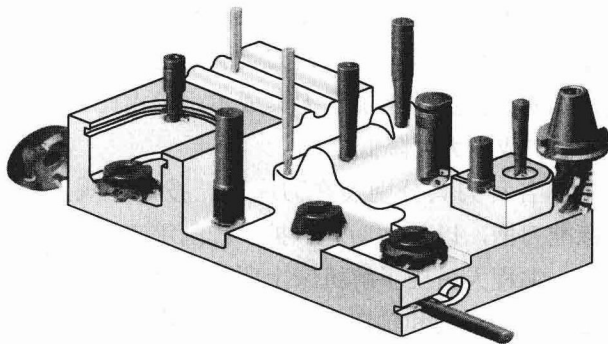


图 1.9 数控铣削常用刀具

(3) 按照切削工艺分类,可分为车削刀具(其又可分外圆、内孔、螺纹、切割等多种刀具)、铣削刀具、钻削刀具(包括钻头、铰刀、丝锥等)、镗削刀具。

为了适应数控机床对刀具耐用度、稳定、易调、可换等的要求,近几年机夹式可转位刀具得到广泛的应用,在数量上占数控刀具总数的 30%~40%,金属切除量占总数的 80%~90%。

2. 数控刀具的特点

数控刀具与普通机床上所用的刀具相比,主要具有以下特点。

(1) 刚性好(尤其是粗加工刀具)、精度高、抗振及热变形小;互换性好,便于快速换刀。

(2) 寿命高,切削性能稳定、可靠。

(3) 刀具的尺寸便于调整,减少了换刀调整时间。

(4) 刀具能够可靠地断屑或卷屑,利于切屑的排除。

(5) 系列化、标准化利于编程和刀具管理。



3. 数控加工刀具的选择

刀具的选择是在数控编程的人机交互状态下进行的,应根据机床的加工能力、工件材料的性能、加工工序切削用量以及其他相关因素来正确选用刀具及刀柄。刀具选择的总原则是:安装调整方便、刚性好、耐用度和精度高。在满足加工要求的前提下,尽量选择较短的刀柄,以提高刀具加工的刚性。具体选用方法有以下4点。

(1) 选取刀具时,要使刀具的尺寸与被加工工件的表面尺寸相适应。生产中,加工平面零件周边轮廓常采用立铣刀;铣削平面时,应选硬质合金刀片铣刀;加工凸台、凹槽时,选用高速钢立铣刀;加工毛坯表面或粗加工孔时,可选取镶硬质合金刀片的玉米铣刀;加工一些立体型面和变斜角轮廓外形时,常采用球头铣刀、环形铣刀、锥形铣刀和盘形铣刀。

(2) 在进行自由曲面(模具)加工时,为保证加工精度,切削行距一般采用顶端密距,而球头刀具的端部切削速度为零,所以其常用于曲面的精加工。平头刀具在表面加工质量和切削效率方面都优于球头刀具,因此,只要在保证不过切的前提下,无论是曲面粗加工还是精加工,都应优先选择平头刀具。另外,刀具的耐用度和精度与刀具价格关系极大。在大多数情况下,选择好的刀具虽然增加了刀具成本,但由此带来的加工质量和加工效率的提高,则可以使整个加工成本大大降低。

(3) 在加工中心上,各种刀具分别装在刀库上,按程序规定随时进行选刀和安刀动作,因此,必须采用标准刀柄,以使钻、镗、扩、铣削等工序用的标准刀具迅速、准确地装到机床主轴或刀库上。编程人员应了解机床上所用刀柄的结构尺寸、调整方法和调整范围,以便在编程时确定刀具的径向和轴向尺寸。目前,我国的加工中心采用 TSG 工具系统,其刀柄有直柄(3种规格)和锥柄(4种规格)两种,共包括16种不同用途的刀柄。

(4) 在经济型数控机床的加工过程中,由于刀具的刃磨、测量和更换多为人工手动进行,占用辅助时间较长,因此,必须合理安排刀具的排列顺序。一般应遵循以下原则:①尽量减少刀具数量;②一把刀具装夹后,应完成其所能进行的所有加工步骤;③粗精加工的刀具应分开使用,即使是相同尺寸规格的刀具;④先铣后钻;⑤先进行曲面精加工,后进行二维轮廓精加工;⑥在可能的情况下,应尽可能利用数控机床的自动换刀功能,以提高生产效率等。

1.2 数控加工工艺

1.2.1 数控加工过程

数控加工就是根据零件图样及工艺技术要求等原始条件,编制零件数控加工程序,输入数控机床的数控系统,以控制数控机床中刀具相对工件的运动轨迹,从而完成零件的加工。利用数控机床完成零件的数控加工过程,如图1.10所示。

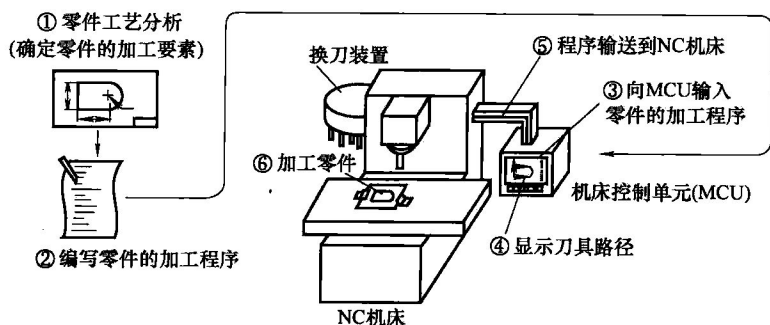


图 1.10 数控加工过程示意图

由图 1.10 可以看出，数控加工过程的主要工作内容如下。

- (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 NC 加工程序文件。
- (3) 程序的输入或传输。手工编程时，可以通过数控机床的操作面板输入程序；由自动编程软件生成的 NC 加工程序，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) 将输入或传输到数控装置的 NC 加工程序进行试运行与刀具路径模拟等。
- (5) 通过对机床的正确操作，运行程序，完成零件的加工。

1.2.2 数控加工工艺系统

由图 1.10 可以看出，数控加工过程是在一个由数控机床、刀具、夹具和工件构成的数控加工工艺系统中完成的，NC 加工程序是控制刀具相对工件的运动轨迹。因此，由数控机床、夹具、刀具和工件等组成的统一体，称为数控加工工艺系统。图 1.11 所示为数控加工工艺系统构成及其相互关系。数控加工工艺系统性能的好坏将直接影响零件的加工精度和表面质量。

(1) 数控机床。采用数控技术或者装备了数控系统的机床，称为数控机床。数控机床是一种技术密集度和自动化程度都比较高的机电一体化加工装备，是实现数控加工的主体，是零件加工的工作机械。

(2) 夹具。在机械制造中，用以装夹工件和引导刀具的装置统称为夹具。在机械制造过程中，夹具的使用十分广泛，从毛坯制造到产品装配以及检测的各个生产环节，都有许多不同种类的夹具。夹具用来固定工件并使之保持正确的位置，是实现数控加工的纽带。

(3) 刀具。金属切削刀具是现代机械加工中的重要工具，无论是普通机床还是数控机床，都必须依靠刀具才能完成切削工作。刀具是实现数控加工的桥梁。

(4) 工件。工件是数控加工的对象。

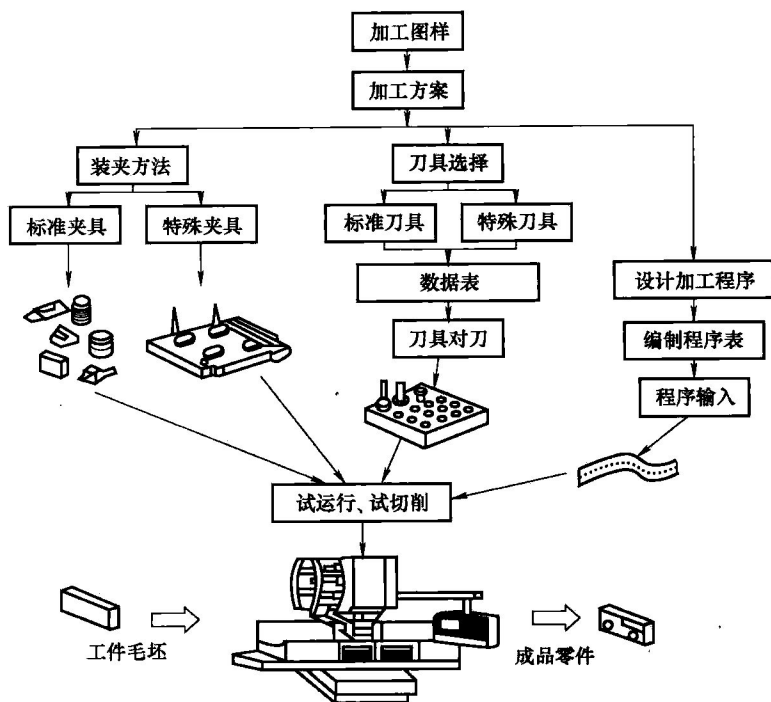


图 1.11 数控加工工艺系统

1.2.3 数控加工工艺的特点

数控机床加工工艺与普通机床加工工艺相比，具有如下特点。

1. 数控加工工艺内容要求十分具体、详细

所有工艺问题必须事先设计和安排好，并编入加工程序中。数控加工工艺不仅包括详细的切削加工步骤和所用工装夹具的装夹方案，而且包括刀具的型号、规格、切削用量、其他特殊要求以及标有数控加工坐标位置的工序图等。另外，在自动编程中还需要确定各种详细的加工工艺参数。

2. 数控加工工艺要求更严密、精确

数控加工过程中可能遇到的所有问题必须事先精心考虑到，否则会导致严重的后果。如攻螺纹时，数控机床不知道孔中是否已挤满铁屑，是否需要退刀清理铁屑再继续加工。遇到这种情况，通常需要在工艺中提前考虑到，采取一系列工艺措施加以解决。又如普通机床加工时，可以多次“试切”来满足零件的精度要求；而数控机床加工，严格按照规定尺寸进给，要求准确无误。因此，数控加工工艺设计要求更加严密、精确。

3. 制定数控加工工艺要进行零件图形的数学处理和计算编程尺寸设定值

编程尺寸并不是零件图上设计尺寸的简单再现，而是需要对零件图进行数学处理和计算。此时，编程尺寸设定值要根据零件尺寸公差要求和零件的形状几何关系重新调整计算，才能确定合理的编程尺寸。