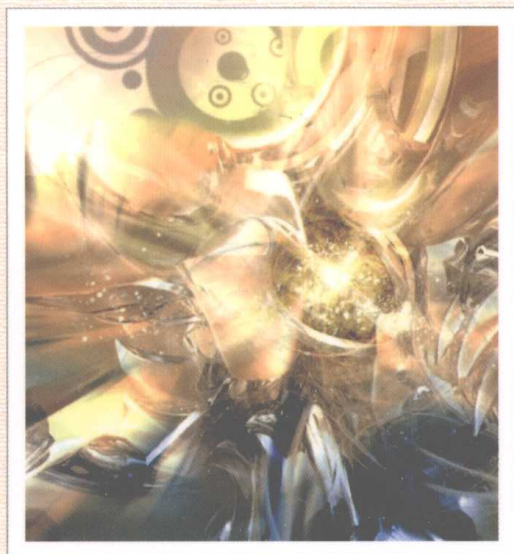


中国职业技术教育学会科研项目优秀成果

The Excellent Achievements in Scientific Research Project of The Chinese Society Vocational and Technical Education

高等职业教育数控技术专业“双证课程”培养方案规划教材



数控车削加工工艺 编程与操作

高等职业技术教育研究会 审定

霍苏萍 主编

Machining Process, Programming
and Operation of NC Turning

- ◆ 提炼典型生产案例
- ◆ 强调工作过程导向
- ◆ 体现理论实训一体

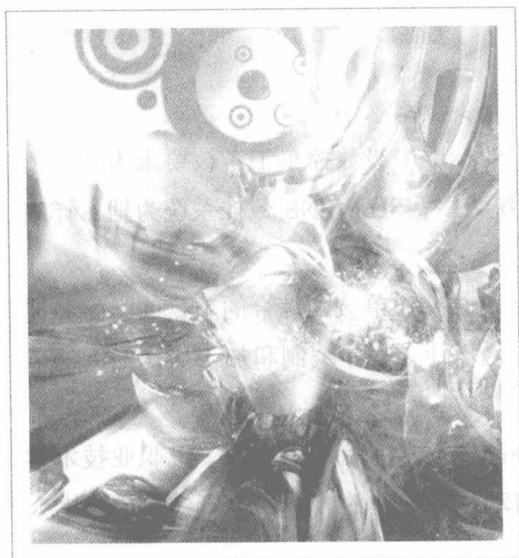


人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果

The Excellent Achievements in Scientific Research Project of The Chinese Society Vocational and Technical Education

高等职业教育数控技术专业“双证课程”培养方案规划教材



数控车削加工工艺 编程与操作

高等职业技术教育研究会 审定

霍苏萍 主编

Machining Process, Programming
and Operation of NC Turning

人民邮电出版社

样书

专用章

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

数控车削加工工艺、编程与操作 / 霍苏萍主编. —北京:
人民邮电出版社, 2009.5

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果. 高等职业
教育数控技术专业“双证课程”培养方案规划教材

ISBN 978-7-115-20465-3

I. 数… II. 霍… III. ①数控机床: 车床—车削—生产
工艺—高等学校: 技术学校—教材②数控机床: 车床—
车削—程序设计—高等学校: 技术学校—教材 IV.
TG519.1

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第037251号

内 容 提 要

本书以培养学生的数控车削零件加工技能为核心, 以国家职业标准中级数控车工考核要求为基本依据, 以工作过程为导向, 以典型零件为载体, 以 FANUC 数控系统为主、SIEMENS 数控系统为辅, 详细介绍了数控车削加工工艺设计、程序编制、加工操作等内容。

本书按照项目教学的方式组织内容, 学生通过 7 个由简单到复杂、由单一到综合的项目的学习和训练, 不仅能够掌握数控编程知识, 而且能够掌握零件数控加工工艺设计、程序编制和加工操作的方法, 达到中级数控车工的水平。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校、民办高校及本科院校举办的二级职业技术学院数控技术、模具设计与制造、机电一体化技术、机械制造及自动化等专业的教材, 也可供有关技术人员、数控机床编程与操作人员参考。

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果

高等职业教育数控技术专业“双证课程”培养方案规划教材

数控车削加工工艺 编程与操作

-
- ◆ 审 定 高等职业技术教育研究会
主 编 霍苏萍
责任编辑 李育民
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1 092 1/16
印张: 13.75
字数: 337 千字
印数: 1—3 000 册
 - 2009 年 5 月第 1 版
2009 年 5 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-20465-3/TN

定价: 24.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

职业教育与职业资格证书推进策略与
“双证课程”的研究与实践课题组

组 长：

俞克新

副组长：

李维利 张宝忠 许 远 潘春燕

成 员：

林 平 周 虹 钟 健 赵 宇 李秀忠 冯建东 散晓燕 安宗权
黄军辉 赵 波 邓晓阳 牛宝林 吴新佳 韩志国 周明虎 顾 晔
吴晓苏 赵慧君 潘新文 李育民

课题鉴定专家：

李怀康 邓泽民 吕景泉 陈 敏 于洪文

高等职业教育数控技术专业“双证课程”
培养方案规划教材编委会

主 任：周 虹

副主任：牛宝林 吴新佳

委 员：	朱 强	霍苏萍	周 玮	周 兰	贾俊良	陈万利	杨占尧
郑 金	李 辉	赵宏立	华满香	周建安	林宗良	金英姬	黄义俊
董小金	戴晓东	牛荣华	冯锦春	刘 岩	赵仕元	张雪梅	申晓龙
任成高	余慰荔	周旭光	苏 伟	刘 宏	吕永峰	王雁彬	邵 萍
郭宏彦	何全陆	张念淮	姜庆华				

审稿委员会

主 任：魏东坡

副主任：张 鑫 王德发 熊 江

委 员：	米久贵	卜燕萍	徐立娟	陈忠平	庄 军	谭 毅	谢响明
汤长清	高荣林	卜新民	罗澄清	王德山	栾 敏	谢伟东	李 学
印成清	李加升	李锐敏	姬红旭	徐国洪	张国锋	陈孝先	夏光蔚
李燕林	刘一兵	田培成	刘 勇	冯光林	魏仕华	曹淑联	孙振强
山 颖	白福民	吕修海	王达斌	周 林	王军红	邓剑锋	杨国生
周信安	叶立清	雷云进	谷长峰	向 东	葛序风	李建平	刘战术
肖允鑫	李 丹	张光跃	陈玉平	林长青	王玉梅	戴晓光	罗正斌
刘晓军	张秀玲	袁小平	李 宏	张凤军	孙建香	陈晓罗	肖 龙
何 谦	周 玮	张瑞林	潘爱民				

丛书出版前言

职业教育是现代国民教育体系的重要组成部分,在实施科教兴国战略和人才强国战略中具有特殊的重要地位。党中央、国务院高度重视发展职业教育,提出要全面贯彻党的教育方针,以服务为宗旨,以就业为导向,走产学结合的发展道路,为社会主义现代化建设培养千百万高素质技能型专门人才。因此,以就业为导向是我国职业教育今后发展的主旋律。推行“双证制度”是落实职业教育“就业导向”的一个重要措施,教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高〔2006〕16号)中也明确提出,要推行“双证书”制度,强化学生职业能力的培养,使有职业资格证书专业的毕业生取得“双证书”。但是,由于基于“双证书”的专业解决方案、课程资源匮乏,“双证课程”不能融入教学计划,或者现有的教学计划还不能按照职业能力形成系统化的课程,因此,“双证书”制度的推行遇到了一定的困难。

为配合各高职院校积极实施“双证书”制度工作,推进示范校建设,中国高等职业技术教育研究会和人民邮电出版社在广泛调研的基础上,联合向中国职业技术教育学会申报了职业教育与职业资格证书推进策略与“双证课程”的研究与实践课题(中国职业技术教育学会科研规划项目,立项编号 225753)。此课题拟将职业教育的专业人才培养方案与职业资格认证紧密结合起来,使每个专业课程设置嵌入一个对应的证书,拟为一般高职院校提供一个可以参照的“双证课程”专业人才培养方案。该课题研究的对象包括数控加工操作、数控设备维修、模具设计与制造、机电一体化技术、汽车制造与装配技术、汽车检测与维修技术等多个专业。

该课题由教育部的权威专家牵头,邀请了中国职教界、人力资源和社会保障部及有关行业的专家,以及全国 50 多所高职高专机电类专业教学改革领先的学校,一起进行课题研究,目前已召开多次研讨会,将课题涉及的每个专业的人才培养方案按照“专业人才定位—对应职业资格证书—职业标准解读与工作过程分析—专业核心技能—专业人才培养方案—课程开发方案”的过程开发。即首先对各专业的工作岗位进行分析和分类,按照相应岗位职业资格证书的要求提取典型工作任务、典型产品或服务,进而分析得出专业核心技能、岗位核心技能,再将这些核心技能进行分解,进而推出各专业的专业核心课程与双证课程,最后开发出各专业的人才培养方案。

根据以上研究成果,课题组对专业课程对应的教材也做了全面系统的研究,拟开发的教材具有以下鲜明特色。

1. 注重专业整体策划。本套教材是根据课题的研究成果——专业人才培养方案开发的,每个专业各门课程的教材内容既相互独立,又有机衔接,整套教材具有一定的系统性与完整性。
2. 融通学历证书与职业资格证书。本套教材将各专业对应的职业资格证书的知识和能力要求都嵌入到各双证教材中,使学生在获得学历文凭的同时获得相关的国家职业资格证书。
3. 紧密结合当前教学改革趋势。本套教材紧扣教学改革的最新趋势,专业核心课程、“双

证课程”按照工作过程导向及项目教学的思路编写，较好地满足了当前各高职高专院校的需求。

为方便教学，我们免费为选用本套教材的老师提供相关专业的整体教学方案及相关教学资源。

经过近两年的课题研究与探索，本套教材终于正式出版了，我们希望通过本套教材，为各高职高专院校提供一个可实施的基于“双证书”的专业教学方案，同时也热切盼望各位关心高等职业教育的读者能够对本套教材的不当之处给予批评指正，提出修改意见，并积极与我们联系，共同探讨教学改革和教材编写等相关问题。来信请发至 panchunyan@ptpress.com.cn。

数控车削零件加工工艺设计、编程与操作,是数控工艺员、程序员、数控加工设备操作工的典型工作任务,是数控技术高技能人才必须掌握的技能。

本书以培养学生的数控车削零件加工技能为核心,以国家职业标准中级数控车工考核要求为基本依据,以工作过程为导向,以典型零件为载体,以 FANUC 数控系统为主、SIEMENS 数控系统为辅,采用项目教学的方式组织内容,详细介绍了数控车削加工工艺设计、程序编制、加工操作等内容。

书中项目主要来源于企业的典型案例,共包含 7 个项目,每个项目都由项目导入、相关知识、项目实施、拓展知识、习题等 5 部分组成。项目一以轴承座零件为例,学习数控车削加工工艺分析的基本知识和方法;项目二到项目六分别以阶台轴、螺纹轴、摇手柄、盘套类零件、含曲面类零件等典型零件为例,学习零件数控车削加工的工艺设计、程序编制与零件加工的方法;项目七主要学习配合套件的数控车削加工工艺设计、编程与基本操作方法。通过 7 个项目由简单到复杂、由单一到综合的学习和训练,学生不仅能够掌握数控编程知识,而且能够掌握零件数控加工工艺设计、程序编制和加工操作的方法,达到中级数控车工的水平。

本书的参考学时为 50 学时,建议采用理论实践一体化教学模式,各项目的参考学时见下表。

项 目	课 程 内 容	学 时
绪论	数控车削加工技术基础	6
项目一	数控车削加工工艺分析	4
项目二	阶台轴的工艺设计、编程与加工	12
项目三	螺纹轴的工艺设计、编程与加工	8
项目四	含圆弧面零件的工艺设计、编程与加工	6
项目五	盘套零件的工艺设计、编程与加工	6
项目六	含曲面类零件的工艺设计、编程与加工	4
项目七	配合套件的工艺设计、编程与加工	4
课 时 总 计		50

本书由霍苏萍担任主编并负责统稿和定稿,任安忠、权欢欢担任副主编。霍苏萍编写绪论、项目一、项目三、项目五,田子欣编写项目四,权欢欢编写项目二,任安忠编写项目六、项目七。本书在编写过程中,得到了解金榜、孙云浩、张竖勋、赵丽娟、秦冲和孙贵华的大力支持和帮助,在此表示诚挚的谢意!

由于编写时间仓促,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
2009 年 3 月

目 录

绪论 数控车削加工技术基础	1	一、项目导入	31
一、数控机床概述	1	二、相关知识	32
(一) 数控机床的产生与发展	1	(一) 数控车削加工工艺内容的	
(二) 数控机床的组成及加工原理	3	选择	32
二、认识数控车床	6	(二) 数控加工零件图的工艺性	
(一) 数控车床的分类	6	分析	33
(二) 数控车床的加工对象及加工		(三) 数控车削加工工艺路线的	
特点	9	拟定	33
(三) 数控车床的主要技术参数及		(四) 零件的定位与夹具的选择	36
系统功能	11	(五) 数控车削加工刀具及其	
三、数控车削加工坐标系	13	选择	38
(一) 标准坐标系及运动方向命名		(六) 数控车削加工的切削用量	
规则	13	选择	43
(二) 机床原点与机床参考点	14	(七) 对刀点与换刀点的确定	45
(三) 工件坐标系的建立	15	(八) 数控编程中的数值计算	46
四、数控车削编程基本知识	16	(九) 数控加工的工艺文件编制	47
(一) 数控编程的内容及方法	16	三、项目实施	49
(二) 数控程序的结构与格式	18	(一) 零件图工艺分析	49
五、数控车床操作基础	20	(二) 确定装夹方案	49
(一) 数控车床的操作步骤与操作		(三) 确定加工顺序及走刀路线	50
规程	20	(四) 刀具选择	50
(二) 数控车床的操作面板	22	(五) 切削用量选择	50
(三) CAK6150DJ 数控车床的		(六) 数控加工工艺卡的拟订	51
基本操作	26	习题	51
(四) 数控车床的程序编辑	27		
(五) 对刀和刀具补偿值设定	28	项目二 阶台轴的工艺设计、编程与	
(六) 试运行与自动加工	29	加工	53
(七) 安全操作	30	一、项目导入	53
习题	30	二、相关知识	54
项目一 数控车削加工工艺分析	31	(一) 阶台轴车削工艺	54
		(二) 数控车床的编程特点	59

(三) 数控系统的功能.....	59	习题.....	106
(四) 轴类零件加工编程基本 指令.....	63	项目四 含圆弧面零件的工艺设计、 编程与加工	108
(五) 轴类零件加工编程单一循环 指令.....	66	一、项目导入.....	108
(六) 轴类零件编程实例.....	67	二、相关知识.....	109
三、项目实施.....	68	(一) 含圆弧面零件的车削工艺 知识.....	109
(一) 加工工艺分析.....	68	(二) 圆弧插补指令 G02/G03.....	112
(二) 编制加工程序.....	70	(三) 刀尖圆弧自动补偿指令.....	114
(三) 零件的仿真加工.....	72	(四) 封闭切削循环指令 G73.....	118
(四) 零件的实操加工.....	77	三、项目实施.....	120
(五) 零件检验.....	78	(一) 加工工艺分析.....	120
四、拓展知识——SIEMENS 系统编程 简介.....	78	(二) 编制加工程序.....	121
(一) NC 编程基本原理.....	78	(三) 零件的仿真加工.....	123
(二) SIEMENS 系统 G 功能代码.....	80	(四) 零件的实操加工.....	124
(三) SIEMENS 系统支持的 M 代码.....	82	(五) 零件检验.....	125
(四) 部分指令详解.....	82	四、拓展知识——SIEMENS 系统编程 中部分指令详解.....	125
习题.....	85	(一) 圆弧插补指令 G2/G3.....	125
项目三 螺纹轴的工艺设计、编程与 加工	87	(二) 通过中间点进行圆弧插补 指令 G5.....	126
一、项目导入.....	87	习题.....	126
二、相关知识.....	88	项目五 盘套类零件的工艺设计、 编程与加工	129
(一) 螺纹数控车削加工工艺.....	88	一、项目导入.....	129
(二) 螺纹加工基本指令.....	92	二、相关知识.....	130
(三) 复合循环指令 G71、G70.....	97	(一) 盘套类零件的加工工艺.....	130
三、项目实施.....	99	(二) 端面车削循环指令 G94.....	136
(一) 加工工艺分析.....	99	(三) 端面粗车固定循环 指令 G72.....	138
(二) 编制加工程序.....	101	(四) 端面深孔加工循环 指令 G74.....	138
(三) 零件的仿真加工.....	103	(五) 外径/内径钻孔、切槽循环 指令 G75.....	139
(四) 零件的实操加工.....	104	三、项目实施.....	140
(五) 零件检验.....	104	任务一 套筒零件的加工.....	140
四、拓展知识——西门子 802S/C 系统相关指令.....	104	(一) 加工工艺分析.....	140
(一) 恒螺距螺纹切削指令 G33.....	104		
(二) 螺纹切削循环指令 CYCLE97.....	105		

(二) 编制加工程序	143
(三) 零件的仿真加工	144
(四) 零件的实操加工	145
(五) 零件检验	145
任务二 盘类零件的加工	145
(一) 加工工艺分析	145
(二) 编制加工程序	148
(三) 零件的仿真加工	149
(四) 零件的实操加工	149
(五) 零件检验	150
四、拓展知识——SIEMENS 系统循环指令简介	150
(一) 毛坯切削循环指令 LCYC95	150
(二) 切槽循环指令 LCYC93	151
习题	152

项目六 含曲面类零件的工艺设计、编程与加工	154
一、项目导入	154
二、相关知识	155
(一) 用户宏程序	155
(二) 用户宏程序功能 B	158
三、项目实施	160
(一) 加工工艺分析	160
(二) 编制加工程序	162
(三) 零件的仿真加工	164
(四) 零件的实操加工	164
(五) 零件检验	164
四、拓展知识——SIEMENS 系统宏程序的应用	164
(一) 计算参数	164

(二) 赋值方式	165
(三) 控制指令	165
习题	165

项目七 配合套件的工艺设计、编程与加工	167
一、项目导入	167
二、项目实施	169
(一) 加工工艺分析	169
(二) 编制加工程序	172
(三) 零件的仿真加工	176
(四) 零件的实操加工	176
(五) 配合套件的检验	177
习题	177

附录 A 数控车床操作工 (中级) 理论知识及机床实操考核部分	178
第一部分 理论知识考核 部分 (I)	178
第二部分 机床实操考核 部分 (I)	184
第三部分 理论知识考核 部分 (II)	186
第四部分 机床实操考核 部分 (II)	192
附录 B 数控车床操作工 (高级) 理论知识及机床实操考核部分	195
第一部分 理论知识考核部分	195
第二部分 机床操作考核部分	201

附录 C 数控车工国家职业标准	204
参考文献	210

绪论

数控车削加工技术基础

一、数控机床概述

(一) 数控机床的产生与发展

1. 数控技术与数控机床

数控即数字控制 (Numerical Control, NC), 数控技术即 NC 技术, 是用数字化信号发出指令并控制机械执行预定动作的技术。计算机数控 (Computer Numerical Control, CNC) 是指计算机按照存储在计算机内读写存储器中的控制程序去执行并实现数控装置的一部分或全部数控功能。采用数控技术实现数字控制的一整套装置和设备, 称为数控系统。

数控机床就是装备有数控系统, 采用数字信息对机床运动及其加工过程进行自动控制的机床。它用输入专用或通用计算机中的数字信息来控制机床的运动, 自动将零件加工出来。

采用数控机床加工零件时, 只需要将零件图形和工艺参数、加工步骤等以数字信息的形式, 编成程序代码并输入到机床控制系统中, 再由数控装置对输入的程序代码进行运算处理后转换成驱动伺服机构的指令信号, 从而控制机床各部件协调动作, 自动完成零件的加工。

2. 数控机床的产生和发展

数控机床主要是为了实现复杂多变零件的自动化加工而产生的, 数控机床的发展, 依赖于电子技术、计算机技术、自动控制和精密测量技术的发展。自 1952 年美国麻省理工学院研制成功第一台数控铣床以来, 先后经历了第一代电子管 NC、第二代晶体管 NC、第三代小规模集成电路 NC、第四代小型计算机 CNC 和第五代微型机 MNC 数控系统等五个发展阶段。前三代系统是 20 世纪 70 年代以前的早期数控系统, 它们都是采用专用电子电路实现的硬接线数控系统, 因此称为硬件式数控系统, 也称为普通数控系统或 NC 数控系统。第四代和第五代系统是 20 世纪 70 年代中期开始发展起来的软件式数控系统, 称为现代数控系统, 也称为计算机数控系统或 CNC 系统。软件式数控是采用微处理器及大规模或超大规模集成电路组成的数控系统, 它具有很强的程序存储能力和控制功能, 这些控制功能是由一系列控制程序 (驻留系统) 内来实现的。软件式数控系统通用性很强, 几乎只需要改变软件, 就可以适

应不同类型机床的控制要求，具有很大的柔性。目前微型机数控系统几乎完全取代了以往的普通数控系统。

我国早在 1958 年就开始研制数控机床，但没有取得实质性的成果。20 世纪 70 年代初期，我国曾掀起研制数控机床的热潮，但当时的控制系统主要是采用分立电子元器件，性能不稳定，可靠性差，不能在生产中稳定可靠地使用。从 1980 年开始，北京机床研究所从日本引进 FANUC5、7、3、6 数控系统，上海机床研究所引进了美国 GE 公司的 MTC-1 数控系统，辽宁精密仪器厂引进了美国 Bendix 公司的 Dynaph LTD10 数控系统。在引进、消化、吸收国外先进技术的基础上，北京机床研究所又开发出 BS03 经济型数控系统和 BS04 全功能数控系统，航天部 706 所研制出 MNC864 数控系统。目前我国已能批量生产和供应各类数控系统，并掌握了 3~5 轴联动、螺距误差补偿、图形显示和高精度伺服系统等多项关键技术，基本上能满足全国各机床厂的生产需要。

如今，数控机床已经在机械加工中占据非常重要的地位。随着新材料和新工艺的出现，对数控机床的要求越来越高，数控机床的发展趋势是高速化、高精度、工序集约化、机床智能化和微型化等。下面就柔性制造系统和计算机集成制造系统 CIMS 做简要介绍。

(1) 柔性制造系统。柔性制造系统 (Flexible Manufacturing System, FMS) 是由数控加工设备、物料运储装置和计算机控制系统等组成的自动化制造系统，它包括多个柔性制造单元，能根据制造任务或生产环境的变化迅速进行调整，适用于多品种、中小批量生产。目前常见的组成通常包括 4 台或更多台全自动数控机床 (加工中心与车削中心等)，由集中的控制系统及物料搬运系统连接起来，可在不停机的情况下实现多品种、中小批量的加工及管理。

从硬件的形式看，柔性制造系统由 3 部分组成：两台以上数控机床或加工中心以及其他的加工设备，包括测量机、清洗机、动平衡机、各种特种加工设备等；一套能自动装卸的运储系统，包括刀具的运储和工件原材料的运储，具体结构可采用传送带、有轨小车、无轨小车、搬运机器人、上下料托盘、交换工作站等；一套计算机控制系统。

从软件内容看，柔性制造系统主要包括 3 部分：FMS 的运行控制；FMS 的质量保证；FMS 的数据管理和通信网络。

柔性制造系统 FMS 的功能：能自动进行零件的批量生产；简单地改变软件，便能制造出某一零件族的任何零件；物料的运输和储存必须是自动的 (包括刀具、工装和工件)；解决多机条件下零件的混合比，且无须增加费用。

如图 0-1 所示，是一个典型的柔性制造系统的示意图。在装卸站将毛坯安装在早已固定在托盘上的夹具中。然后物料传送系统把毛坯连同夹具和托盘输送到进行第一道加工工序的加工中心旁边排队等候，一旦加工中心空闲，零件就立即送上加工中心进行加工。每道工序加工完毕以后，物料传送系统还要将该加工中心完成的半成品取出并送至执行下一工序的加工中心旁边排队等候。如此不停地进行至最后一道加工工序。在完成零件的整个加工过程中，除进行加工工序外，若有必要还要进行清洗、检验以及压套组装工序。

(2) 计算机集成制造系统。计算机集成制造系统 (CIMS)。是在计算机技术、信息处理技术、自动控制技术、现代管理技术、柔性制造技术基础上，将企业的全部生产、经营活动所需的各种分散的自动化系统，经过新的生产管理模式，把企业生产全部生产过程中有关的人、技术、经营管理三要素及其信息流与物料流有机地集成起来，以获得适用于多品种、中小批量生产的高效益、高柔性、高质量的制造系统。

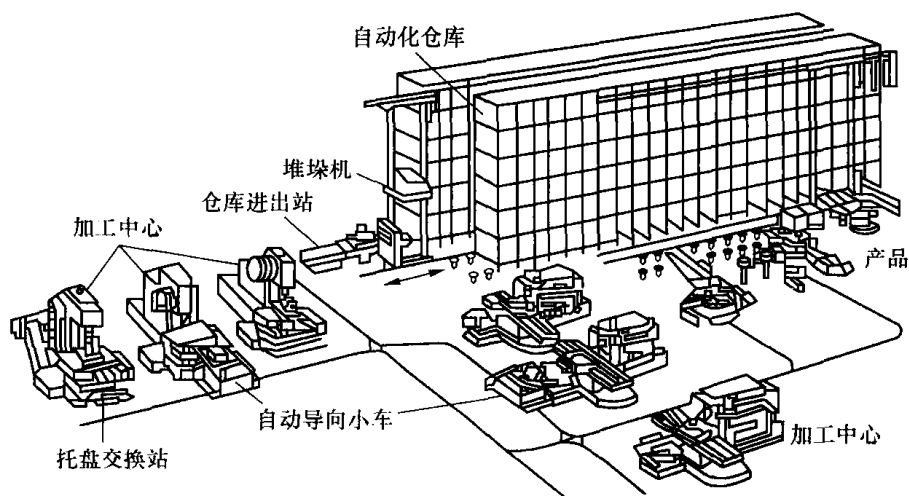


图 0-1 典型的柔性制造系统

CIMS 是以计算机为工具，以集成为主要特征的自动化系统。通常认为，CIMS 由管理信息系统 (MIS)、工程设计自动化系统 (CAD/CAM)、柔性制造系统 (FMS)、质量保证系统 (CAQ) 以及计算机网络 (NET) 和数据库 (DB) 系统 6 个部分有机集成起来的，其中，MIS、CAD/CAM、FMS 和 CAQ 称为功能分系统，NET 和 DB 称为支撑分系统。图 0-2 所示为 CIMS 组成框图。CIMS 代表着当今先进制造技术的发展趋势，它以实现企业信息集成为主要标志，以增强企业生产、经营能力为目标，最终达到提高企业参与市场竞争的综合实力。

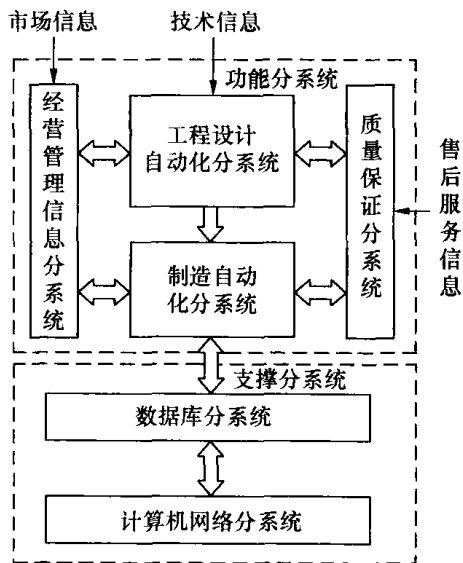


图 0-2 CIMS 组成框图

(二) 数控机床的组成及加工原理

1. 数控机床的组成

数控机床主要由以下几部分组成，如图 0-3 所示。

(1) 控制介质与程序输入输出设备。控制介质是记录零件加工程序的载体，是人与机床建立联系的介质。程序输入输出设备是数控装置与外部设备进行信息交换的装置，作用是将记录在控制介质上的零件加工程序传递并存入数控系统内，或将调试好的零件加工程序通过输出设

备存放或记录在相适应的介质上。目前采用较多的输入方法有软盘通信接口和 MDI 方式。MDI 即手动输入方式，它是利用数控机床控制面板上的键盘，将编写好的程序直接输入到数控系统中，并可通过显示器显示有关内容。

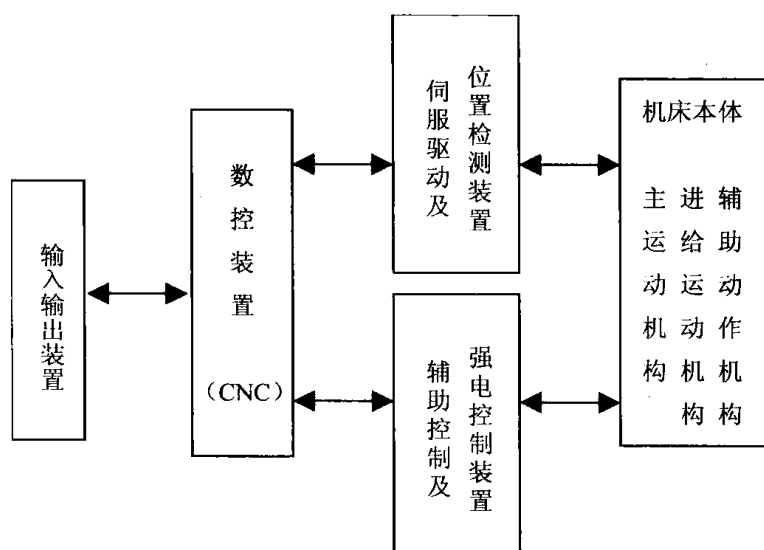


图 0-3 数控机床的组成

现代的数控系统一般都具有用通信手段进行信息交换的能力。通信手段是实现 CAD/ CAM 的集成、FMS 和 CIMS 的基本技术。

(2) 数控装置。数控装置是数控机床的核心，包括微型计算机、各种接口电路、显示器等硬件及相应的软件。数控装置的作用是接受由输入设备输入的各种加工信息，经过编译、运算和逻辑处理后，输出各种控制信息和指令，控制机床各部分，使其按程序要求实现规定的有序运动和动作。

(3) 伺服系统。伺服系统是数控装置和机床的联系环节，包括进给伺服驱动装置和主轴伺服驱动装置。进给伺服装置由进给控制单元、进给电动机和位置检测装置组成，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。伺服系统的作用是接收数控装置输出的指令脉冲信号，驱动机床的移动部件（刀架或工作台）按规定的轨迹和速度移动或精确定位，加工出符合图样要求的工件。每一个指令脉冲信号使机床移动部件产生的位移量称为脉冲当量，常用的脉冲当量有 0.01 毫米/脉冲、0.005 毫米/脉冲、0.001 毫米/脉冲等。

主轴伺服装置由主轴驱动单元（主要是速度控制）和主轴电动机组成。

目前，常用的伺服驱动电动机有功率步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机等，后两种都带有感应同步器、光电编码器等位置测量元件。伺服系统是数控机床的最后控制环节，它的性能直接影响数控机床的加工精度、表面质量和生产效率。

(4) 辅助控制装置。辅助控制装置的主要作用是接受数控装置输出的开关量指令信号，经过编译、逻辑判别和运动，再经功率放大后驱动相应的电器，带动机床的机械、液压、气动等辅助装置完成指令规定的开关动作。这些控制包括主轴运动部件的变速、换向和启动停止，刀具的选择和交换，冷却、润滑装置的启动停止，工件和机床部件的松开、夹紧，分度工作台转位分度等开关辅助动作。

由于可编程逻辑控制器（PLC）具有响应快，性能可靠，易于使用、可编程和修改程序并

可直接启动机床开关等特点，现已广泛用作数控机床的辅助控制装置。

(5) 机床本体。机床本体是数控系统的控制对象，是实现零件加工的执行部件。机床本体主要由主运动部件（主轴、主运动传动机构）、进给运动部件（工作台、拖板以及相应的传动机构）、支承件（立柱、床身等）以及特殊装置（刀具自动交换系统、工件自动交换系统）和辅助装置（如排屑装置等）组成。

与传统的普通机床相比，数控机床机械部件具有以下几个优点。

- ① 采用了高性能的主轴及进给伺服驱动装置，机械传动装置得到简化，传动链较短。
- ② 数控机床的机械结构具有较高的动态特性、动态刚性、阻尼精度、耐磨性以及抗热变性。
- ③ 较多地采用高效传动件，如滚珠丝杠螺母副、直线滚动导轨等。

2. 数控机床的加工原理

(1) 数控机床的加工过程。数控机床的加工过程如图 0-4 所示。

- ① 根据加工零件的图纸，确定加工工艺，根据加工工艺信息，用机床数控系统规定的代码和格式编写数控加工程序（对加工工艺过程的描述）。
- ② 将加工程序存储在控制介质（穿孔带、磁带、磁盘等）上，通过信息载体将全部加工信息传给数控系统。若数控加工机床与计算机联网时，可直接将信息载入数控系统。
- ③ 数控装置将加工程序语句译码、运算，转换成驱动各运动部件的动作指令，在系统的统一协调下驱动各运动部件的实时运动，自动完成对工件的加工。

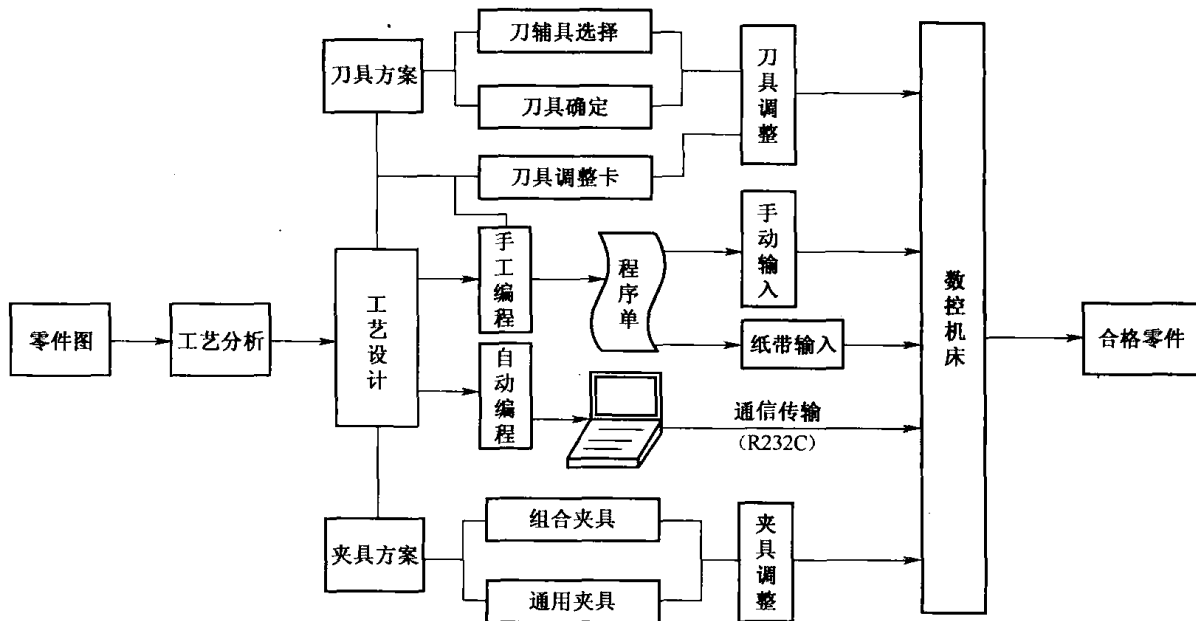


图 0-4 数控加工过程

总之，数控机床就是将与加工零件有关的信息，用规定的文字、数字和符号组成的代码，按一定的格式编写成加工程序单，将加工程序通过控制介质输入到数控装置中，由数控装置经过分析处理后，发出各种与加工程序相对应的信号和指令控制机床进行自动加工。

(2) 数控转换与译码过程。CNC 系统的数据转换过程如图 0-5 所示。

① 译码：译码程序的主要功能是将用文本格式编写的零件加工程序，以程序段为单位转换成机器运算所要求的数据结构，该数据结构用来描述一个程序段解释后的数据信息。它主要包括：X、Y、Z 等坐标值、进给速度、主轴转速、G 代码、M 代码、刀具号、字程序处理和循环

调用处理等数据或标志的存放顺序和格式。

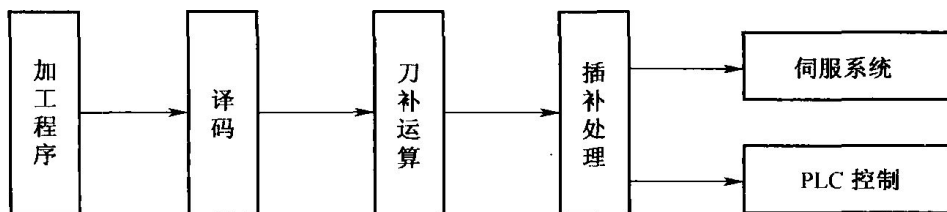


图 0-5 CNC 系统的数据转换过程

② 刀补运算：零件的加工程序一般是按零件轮廓和工艺要求的进给路线编制的，而数控机床在加工过程中所控制的是刀具中心的运动轨迹。不同的刀具，其几何参数也不相同。因此，在加工前必须将编程轨迹变换成刀具中心的轨迹，这样才能加工出符合要求的零件。刀补运算就是完成这种转换的处理程序。

③ 插补计算：数控程序提供了刀具运动的起点、终点和运动轨迹，而刀具怎么从起点沿运动轨迹走向终点，则由数控系统的插补计算装置或插补计算程序来控制。插补计算的任务就是要根据进给的要求，在轮廓起点和终点之间计算出中间点的坐标值，把这种实时计算出的各个进给轴的位移指令输入伺服系统，实现成形运动。

④ PLC 控制：CNC 系统对机床的控制分为“轨迹控制”和“逻辑控制”。前者是对各坐标轴的位置和速度的控制，后者是对主轴的起停、换向，刀具的更换，工件的夹紧与松开，冷却、润滑系统的运行等进行的控制。这种逻辑控制通常以 CNC 内部和机床各行程开关、传感器、继电器、按钮等开关信号为条件，由可编程序控制器（PLC）来实现。

由此可见，数控加工原理就是将数控加工程序以数据的形式输入数控系统，通过译码、刀补计算、插补计算来控制各坐标轴的运动，通过 PLC 的协调控制，实现零件的自动加工。

二、认识数控车床

（一）数控车床的分类

1. 按车床主轴的配置形式分类

（1）卧式数控车床。机床主轴轴线处于水平位置的数控车床为卧式数控车床，如图 0-6 所示。卧式数控车床又分为数控水平床身卧式车床和数控倾斜床身卧式车床。倾斜导轨结构可以使车床具有更大的刚性，并易于排除切屑。

（2）立式数控车床。机床主轴轴线垂直于水平面的数控车床为立式数控车床，如图 0-7 所示。立式数控车床有单柱和双柱立式车床两种。主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸相对较小的大型盘类零件。



图 0-6 卧式数控车床