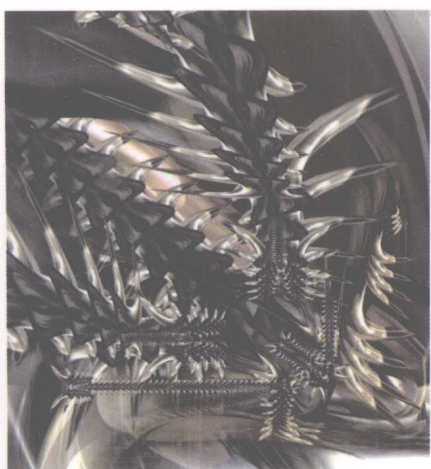


中国职业技术教育学会科研项目优秀成果

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



数控加工工艺 与编程

高等职业技术教育研究会 审定

吴新佳 主编

NC Machining Process
and Programming

- ◆ 精心筛选组织内容
- ◆ 严格把握深度广度
- ◆ 突出实际应用技能



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



数控加工工艺 与编程

高等职业技术教育研究会 审定

吴新佳 主编

NC Machining Process
and Programming

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

数控加工工艺与编程 / 吴新佳主编. —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
ISBN 978-7-115-19815-0

I. 数… II. 吴… III. ①数控机床—加工工艺—职业教育—教材②数控机床—程序设计—职业教育—教材
IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第035642号

内 容 提 要

本书以 FANUC 数控系统为主、SIEMENS 数控系统为辅, 详细介绍了数控加工工艺、数控车床及铣床的编程方法。全书共分为 6 章, 包括概论、数控加工编程基础、数控车床加工及程序编制、数控铣床和加工中心加工及程序编制、变量编程和电火花线切割加工编程。

本书简明扼要、浅显易懂, 所选实例具有较强的实用性和代表性, 可作为高等职业技术学院数控技术、模具设计与制造、机械制造及自动化等机械类专业的教材, 也可供数控机床编程与操作人员参考、学习、培训之用。

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

数控加工工艺与编程

-
- ◆ 审 定 高等职业技术教育研究会
主 编 吴新佳
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>
北京艺辉印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15
字数: 369 千字
印数: 1—3 000 册
 - 2009 年 5 月第 1 版
2009 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-19815-0/TN

定价: 25.00 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
	董小金	戴晓东	牛荣华	冯锦春	刘 岩	赵仕元	张雪梅
	任成高	余慰荔	周旭光	苏 伟	刘 宏	吕永峰	王雁彬
	郭宏彦	何全陆	张念淮	姜庆华			邵 萍

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
	印成清	李加升	李锐敏	姬红旭	徐国洪	张国锋	陈孝先
	李燕林	刘一兵	田培成	刘 勇	冯光林	魏仕华	曹淑联
	山 颖	白福民	吕修海	王达斌	周 林	王军红	邓剑锋
	周信安	叶立清	雷云进	谷长峰	向 东	葛序风	李建平
	肖允鑫	李 丹	张光跃	陈玉平	林长青	王玉梅	戴晓光
	刘晓军	张秀玲	袁小平	李 宏	张凤军	孙建香	陈晓罗
	何 谦	周 玮	张瑞林	潘爱民			肖 龙

本书主审：熊 江

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。

本书是根据教育部教高[2006]16号《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》的精神及有关国家职业标准和相关职业技能鉴定规范,结合企业岗位需求编写而成的。

数控加工工艺是数控编程的基础,合理的工艺是保证数控加工质量、发挥数控机床效能的前提条件。

本书根据数控技术人才的目标,对数控编程知识体系进行了整体优化,选取数控加工程序中最基本的概念及大量编程实例,通过典型数控机床加工编程,将各部分教学内容有机联系、互相渗透和贯通。使书中内容既满足理论教学要求,又满足职业技能鉴定要求,体现教学与职业鉴定的有机结合,使学生通过对本书的学习,不仅能够掌握数控编程知识,而且能够掌握零件数控加工程序编制的方法,达到高级数控车工、数控铣工、加工中心操作工数控手工编程的水平。

本书的参考学时为84学时,各章的参考学时见下面的学时分配表。

章 节	课 程 内 容	学 时
第1章	概论	4
第2章	数控加工编程基础	8
第3章	数控车床加工及程序编制	24
第4章	数控铣床和加工中心加工及程序编制	28
第5章	变量编程	8
第6章	电火花线切割加工编程	12
课 时 总 计		84

本书由郑州铁路职业技术学院吴新佳担任主编,潘卫彬、田喜荣担任副主编。参加本书编写的有吴新佳(第5章,第3章3.5节)许栋刚(第4章4.5节),潘卫彬(第3章3.1、3.2、3.3、3.4节),田喜荣(第2章),魏冠义(第4章4.1、4.2、4.3、4.4节),岳丽敏(第1章),王宏(第6章)。全书由吴新佳统稿。此外,本书在编写过程中,得到了张勤、王浩刚、涂勇、张淑贤、魏保利、刘艳宾、文辉的大力支持和帮助,在此深表感谢。

由于时间仓促,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

第 1 章 概论	1	3.1 数控车床概述	35
1.1 数控技术的产生与发展趋势	1	3.1.1 数控车床分类	35
1.1.1 数控机床的产生和发展	1	3.1.2 数控车削加工的特点	36
1.1.2 数控技术的发展趋势	2	3.2 数控车削用刀具	36
1.2 数控机床的组成及加工原理	3	3.2.1 数控车刀特点	36
1.3 数控机床加工的特点及应用	6	3.2.2 可转位硬质合金刀片的 标志	37
1.3.1 数控机床加工的特点	6	3.2.3 可转位车刀的选用	39
1.3.2 数控机床的适用范围	7	3.3 数控车削加工工艺	43
小结	7	3.3.1 编程原点的选择	43
习题	8	3.3.2 数控车床的定位及装夹 要求	44
第 2 章 数控加工编程基础	9	3.3.3 数控车削加工的工艺路线的 制定	44
2.1 数控机床坐标系	9	3.3.4 数控车削加工的切削用量 选择	47
2.1.1 机床坐标系	9	3.4 数控车床程序编制	49
2.1.2 工件坐标系	12	3.4.1 直径编程与半径编程	49
2.1.3 坐标原点与参考点	12	3.4.2 数控系统功能	50
2.1.4 绝对坐标编程及增量坐标 编程	14	3.4.3 常用基本指令	54
2.2 数控编程的步骤与方法	15	3.4.4 单一循环指令	64
2.2.1 数控编程的步骤	15	3.4.5 复合固定循环指令	67
2.2.2 数控编程的方法	16	3.4.6 螺纹车削加工编程	72
2.3 数控编程格式	17	3.4.7 子程序	79
2.4 数控加工工艺基础	20	3.4.8 车削编程综合实例	80
2.4.1 数控加工工艺内容及特点	20	3.5 SINUMERIK 802D 数控系统 编程简介	82
2.4.2 数控机床的合理选用	21	3.5.1 尺寸系统	82
2.4.3 数控加工工艺设计	22	3.5.2 坐标轴运动	84
2.4.4 数控加工程序中的数值 计算	25	3.5.3 其他 G 指令	88
2.4.5 数控加工常用刀具	27	3.5.4 循环编程指令	89
2.4.6 数控加工工艺文件的编制	31	3.5.5 SINUMERIK 802D 常用 G 代 码指令	93
小结	33	小结	93
习题	33	习题	94
第 3 章 数控车床加工及程序编制	35		

第 4 章 数控铣床和加工中心加工及程序编制

4.1 数控铣削加工概述	98
4.1.1 数控铣床及加工中心的分类	98
4.1.2 数控铣削加工的特点	101
4.2 数控铣削用刀具	102
4.2.1 数控铣刀的种类和工艺特点	102
4.2.2 孔加工刀具的种类和工艺特点	106
4.2.3 数控铣削刀具的选用特点	108
4.2.4 刀柄的种类及选用	109
4.2.5 刀具的管理	110
4.2.6 机外对刀仪	111
4.3 数控铣削加工工艺	113
4.3.1 数控铣削加工工艺性分析	113
4.3.2 工件的装夹与定位	115
4.3.3 编程尺寸的确定	116
4.3.4 进刀与退刀	116
4.3.5 加工路线的确定	118
4.3.6 切削方式的确定	121
4.3.7 工艺参数的选择	123
4.4 数控铣床和加工中心编程	126
4.4.1 准备功能 G 代码	127
4.4.2 辅助功能 M 代码	128
4.4.3 F、S、T 功能	129
4.4.4 常用基本指令	131
4.4.5 固定循环功能	146
4.4.6 等导程螺纹切削	154
4.4.7 转角的速度控制	155
4.4.8 子程序	156
4.4.9 缩放与旋转编程	158
4.5 SINUMERIK 802D 系统简介	161
4.5.1 尺寸系统	161
4.5.2 几个特殊坐标轴运动指令	164
4.5.3 循环加工指令	166
4.5.4 SINUMERIK 802D 系统常用指令	173
4.6 数控铣床和加工中心典型零件	

加工	175
小结	177
习题	177

第 5 章 变量编程

5.1 用户宏程序在数控编程中的应用	181
5.1.1 宏程序的概念	181
5.1.2 变量	183
5.1.3 宏程序调用	184
5.1.4 变量的运算和控制指令	185
5.1.5 用户宏程序应用	188
5.2 计算参数和程序跳转	191
5.2.1 计算参数 R	192
5.2.2 程序的跳转	193
5.2.3 计算参数 R 和程序跳转指令的应用	195
小结	196
习题	196

第 6 章 电火花线切割加工编程

6.1 电火花线切割的工艺与工装	198
6.1.1 电火花线切割加工原理	198
6.1.2 电火花线切割加工工艺路线确定	200
6.1.3 加工条件的选择	203
6.1.4 工件的装夹	206
6.2 电火花线切割加工的编程方法	213
6.2.1 3B 格式程序编制	213
6.2.2 4B 代码编程	217
6.2.3 ISO 代码数控程序编程	219
6.3 电火花线切割加工综合编程实例	221
小结	229
习题	229

参考文献

参考文献	230
------	-----

第1章

概论

【学习目标】

1. 了解数控技术的发展趋势
2. 了解数控机床的加工特点
3. 掌握数控机床的组成以及加工原理

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) 是指用计算机, 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。

数控加工是指在数控机床上根据设定的程序对零件切削加工的整个过程, 这种控制零件加工过程的程序称为数控加工程序。数控程序由一系列的标准指令代码组成, 每一个指令对应于工艺系统的一种动作状态。数控程序的编制称为数控编程。

1.1

数控技术的产生与发展趋势

1.1.1 数控机床的产生和发展

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, 因此称之为硬件式数控系统, 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, 称之

为现代数控系统,也称为计算机数控或 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。软件或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了 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-I 数控系统,辽宁精密仪器厂引进了美国 Bendix 公司的 Dynapth 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。

1.1.2 数控技术的发展趋势

1. 数控系统的发展趋势

(1) 开放式数控系统

开放式体系结构可以大量采用通用微机的先进技术,实现声控自动编程、图形扫描自动编程等。数控系统继续向高集成度方向发展,芯片上可以集成更多的晶体管,使系统更加小型化、微型化,可靠性大大提高。利用多 CPU 的优势,实现故障自动排除;增强通信功能,提高进线、联网能力。开放式体系结构的新一代数控系统,其硬件、软件和总线规范都是对外开放的,由于有充足的软、硬件资源可供利用,不仅使数控系统制造商和用户进行的系统集成得到有力的支持,而且也为用户的二次开发带来极大方便,促进了数控系统多档次、多品种的开发和应用,既可通过升级或组合构成各种档次的数控系统,又可通过扩展构成不同类型数控机床的数控系统。

(2) 数控系统控制性能

数控系统在控制性能上向智能化方向发展。随着人工智能在计算机领域的应用,数控系统引入了自适应控制、模糊系统和神经网络的控制机理,使新一代数控系统具有自动编程、前馈控制、模糊控制、学习控制、自适应控制、工艺参数自动生成、三维刀具补偿、运动参数动态补偿等功能,而且人机界面极为友好,并具有故障诊断专家系统,使自诊断和故障监控功能更趋完善。伺服系统智能化的主轴交流驱动和智能化进给伺服装置,能自动识别负载并自动优化、调整参数。直线电动机驱动系统已进入实用阶段。

2. 数控机床的发展趋势

(1) 高速、高效化

数控机床向高速化方向发展,可充分发挥现代刀具材料的性能,大幅度提高加工效率,降低加工成本,提高零件的表面加工质量和精度。超高速加工技术对制造业实现高效、优质、低

成本生产有广泛的适用性。

(2) 高精度化

随着高新技术的发展和对机电产品性能与质量要求的提高,机床用户对机床加工精度的要求也越来越高。随着现代科学技术的发展,对超精密加工技术不断提出了新的要求。新材料及新零件的出现、更高精度要求的提出等都需要超精密加工工艺,发展新型超精密加工机床、完善现代超精密加工技术,是适应现代科技发展的必由之路。

(3) 高可靠性

数控机床要发挥其高性能、高精度、高效率,并获得良好的效益,必然取决于其可靠性。

(4) 模块化、专门化与个性化

为了适应数控机床多品种、小批量加工零件的特点,数控机床结构模块化,数控功能专门化,可使机床性能价格比显著提高。个性化也是近几年来数控机床特别明显的发展趋势。

(5) 高柔性化

数控机床在提高单机柔性化的同时,正朝着单元柔性化和系统柔性化方向发展。

(6) 复合化

复合化包含工序复合化和功能复合化。数控机床的发展已模糊了粗精加工工序的概念。加工中心的出现,又把车、铣、镗等工序集中到一台机床来完成,打破了传统的工序界限和分开加工的工艺规程。近年来,又相继出现了许多跨度更大的功能集中的超复合化数控机床。

(7) 出现新一代数控加工工艺与装备

为适应制造自动化的发展,向 FMC、FMS 和 CIMS 提供基础设备,要求数字控制制造系统不仅能完成通常的加工功能,而且还要具备自动测量、自动上下料、自动换刀、自动更换主轴头(有时带坐标变换)、自动误差补偿、自动诊断、网络通信等功能,广泛地应用机器人、物流系统;围绕数控技术,制造过程技术在快速成型、并联机构机床、机器人化机床、多功能机床等整机方面已有所突破。近年来出现了所谓六条腿结构的并联加工中心。这种新颖的加工中心是采用以可伸缩的 6 条“腿”(伺服轴)支撑并连接上平台(装有主轴头)与下平台(装有工作台)的构架结构形式,取代传统的床身、立柱等支撑结构,而没有任何导轨与滑板的所谓“虚轴机床”。其最显著的优点是机床基本性能高,精度、刚度和加工效率均可比传统加工中心高出许多倍。随着这种结构技术的成熟和发展,数控机床技术将进入一个有重大变革和创新的新时代。并联杆系结构的新型数控机床的出现,开拓了数控机床发展的新领域。

1.2

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 1-1 所示。

(1) 控制介质与程序输入输出设备

数控加工程序记录在控制介质上,而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。程序输入输出设备将记录在控制介质上的数控加工程序传递并存入数控系统内，或将调试好的数控加工程序通过输出设备存放或记录在相适应的介质上。常用输入装置有软盘驱动器、RS-232 串行通信接口、MDI 方式等。

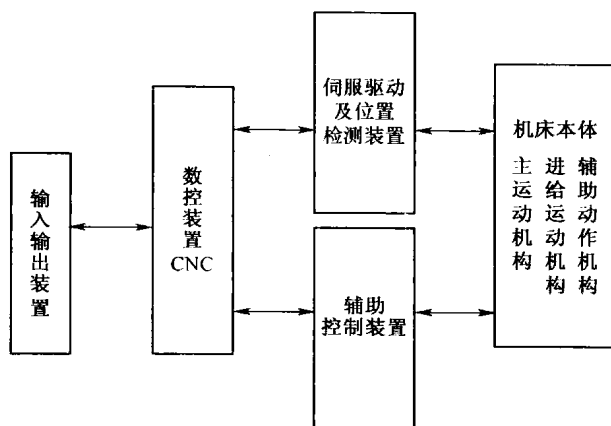


图 1-1 数控机床的组成

(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。其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。其包括进给伺服驱动装置和主轴伺服驱动装置。进给伺服驱动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。它的作用是接受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 mm/脉冲、0.005 mm/脉冲、0.001 mm/脉冲等。

(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量动作。这些控制包括主轴运动部件的变速、换向和启动停止指令，刀具的选择和交换指令，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。此外行程开关和监控检测等开关信号也要经过辅助控制装置送到数控装置进行处理。

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。其主要由主运动部件、进给运动部件、支撑部件，此外还有冷却、润滑、转位部件（刀具自动交换系统、工件自动交换系统）等辅助装置（如排屑装置等）组成。

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 1-2 所示。

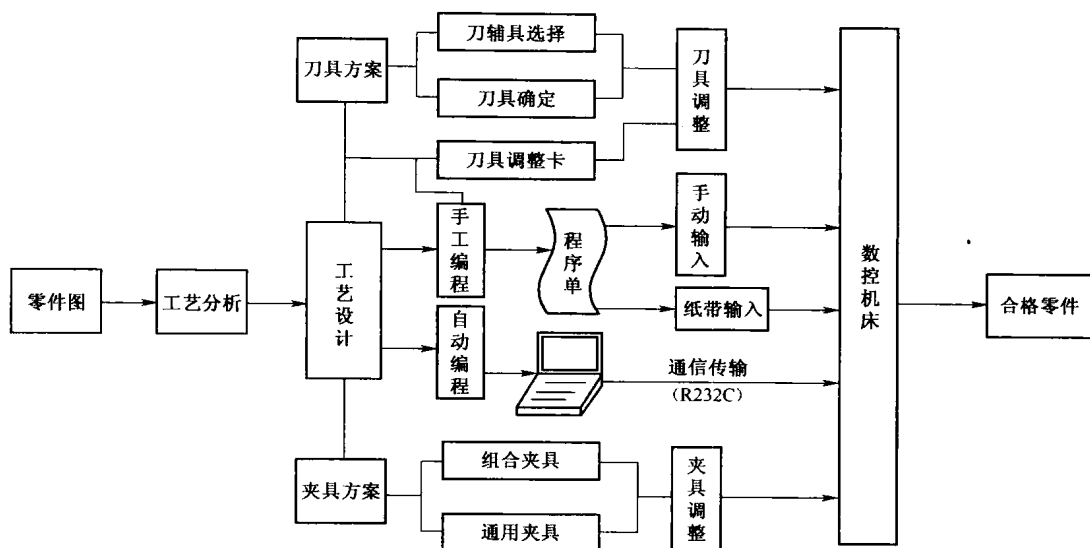


图 1-2 数控加工过程

① 根据加工零件的图纸，进行工艺分析，确定加工方案、工艺参数和位移参数，用机床数控系统规定的代码和格式编写数控加工程序，或用自动编程软件直接生成数控加工程序。

② 程序输入或传输：可以通过数控机床的操作面板输入程序，或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，进行刀具路径模拟、试运行；正确安装工件，完成对刀操作，实施首件试切。

④ 通过机床的正确操作，运行程序，自动完成对工件的加工。

(2) 数据转换与译码过程

CNC 系统的数据转换过程如图 1-3 所示。

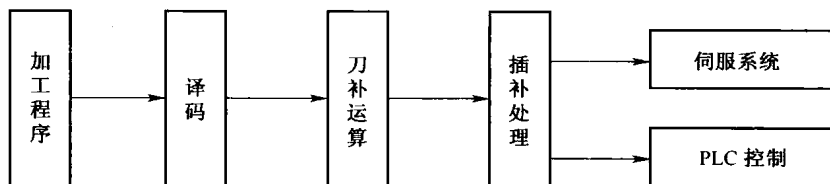


图 1-3 CNC 系统的数据转换过程

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等。

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，实现成型运动。

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、刀补运算、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。

1.3

数控机床加工的特点及应用

1.3.1 数控机床加工的特点

1. 适应性强，用于单件小批量和具有复杂型面的工件的加工

在数控机床上加工零件的形状主要取决于加工程序，加工不同的零件只要重新编制或修改加工程序就可以迅速达到加工要求，为复杂零件的单件、小批量生产以及试制新产品提供了极大的方便。数控机床随生产对象变化具有很强的适应性。

2. 加工精度高，加工零件质量稳定

数控机床的机械传动系统和结构都有较高的精度、刚度和热稳定性；数控机床是按数字形式给出的指令来控制机床进行加工的，在加工过程中消除了操作人员的人为误差；数控机床工作台的移动当量普遍达到了 $0.01 \sim 0.000\,1\text{ mm}$ ，而且进给传动链的反向间隙与丝杠螺距误差等均可由数控装置进行补偿；数控机床的加工精度由过去的 0.01 mm 提高到 $\pm 0.005\text{ mm}$ ；又因为数控机床切削加工中采用工序集中方式，减少了多次装夹对加工精度的影响，所以，提高了同一批次零件尺寸的一致性，使产品质量稳定性得到提高。

3. 生产效率高

数控机床加工可以有效地减少零件的加工时间和辅助时间。由于数控机床的主轴转速和进给速

度的变化范围大，每一道工序加工时可以选用最佳切削速度和进给速度，使切削参数优化，减少了切削加工时间。此外，数控机床加工一般采用通用或组合夹具，数控车床和加工中心加工过程中能进行自动换刀，实现了多工序加工；数控系统的刀具补偿功能节省了刀具补偿的调整时间等，减少了辅助加工时间。综合上述各个方面可知，数控机床提高了加工生产效率，降低了加工成本。

4. 能实现复杂的运动

普通机床难以实现或无法实现的曲线和曲面的运动轨迹，如螺旋桨、气轮机叶片等空间曲面，数控机床则可以实现几乎是任意轨迹的运动和加工任意形状的空间曲线，因此，适用于复杂异形零件的加工。

5. 减轻劳动强度，改善劳动条件

数控机床加工时，除了装卸零件，操作键盘、观察机床运行外，其他的机床动作都是按照加工程序要求自动连续地进行切削加工，操作者不需要进行频繁的重复手工操作。所以，数控机床加工能减轻劳动强度，改善劳动条件。

6. 有利于生产管理

数控机床加工，可预先准确估计零件的加工工时，所使用的刀具、夹具、量具可进行规范化管理。加工程序是用数字信息的标准代码输入，易于实现加工信息的标准化。目前，加工程序已与计算机辅助制造（CAD/CAM）有机结合，是现代集成制造技术的基础。

1.3.2 数控机床的适用范围

从数控机床加工的特点可以看出，适合数控机床加工的零件特点如下。

- ① 批量小而又多次生产的零件。
- ② 几何形状复杂的零件。
- ③ 在加工过程中必须多种工步加工的零件。
- ④ 必须严格控制公差的零件。
- ⑤ 加工过程中如果发生错误将会造成严重浪费的贵重零件。
- ⑥ 需要全部检验的零件。
- ⑦ 工艺设计可能经常变化的零件。



小结

本章重点是数控机床的组成以及加工原理。数控机床主要由控制介质与程序输入输出设备、数控装置、伺服系统、辅助控制装置和机床本体组成。数控机床加工原理，是要掌握数控机床加工过程和数据转换与译码过程。对于没有学习数控系统的学员，在学习数据转换与译码过程时，会感到概念的理解有一定的难度，因此教师要重点解释刀补运算和插补运算。