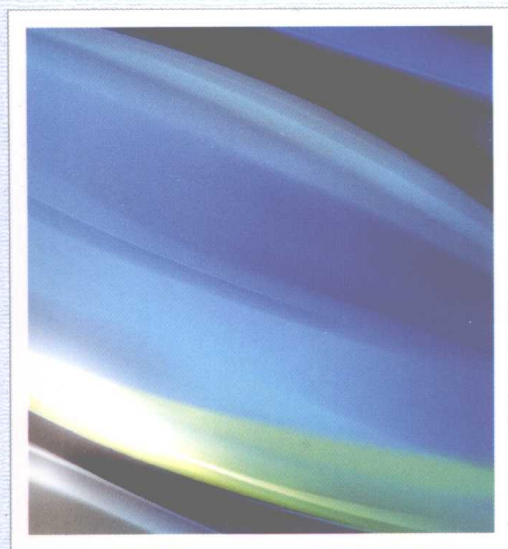


中国职业技术教育学会科研项目优秀成果

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

高等职业教育机电一体化技术专业“双证课程”培养方案规划教材



数控机床及 应用技术

高等职业技术教育研究会 审定

李艳霞 主编

CNC Machine Application

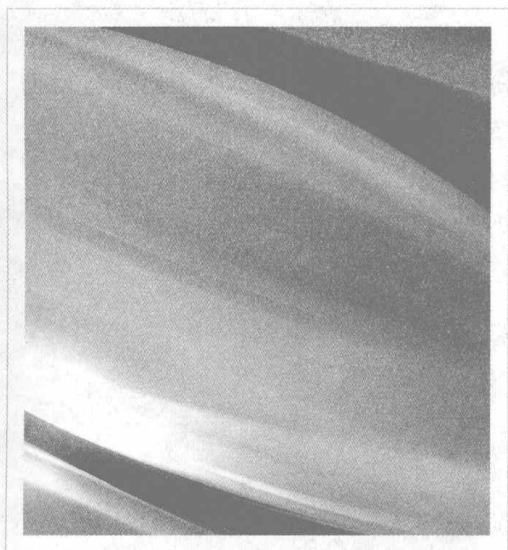
- ◆ 突出职业教育应用型特点
- ◆ 与国家职业标准紧密衔接
- ◆ 配套电子课件和习题答案

 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 Chinese Society of Technical and Vocational Education

高等职业教育机电一体化技术专业“双证课程”培养方案规划教材

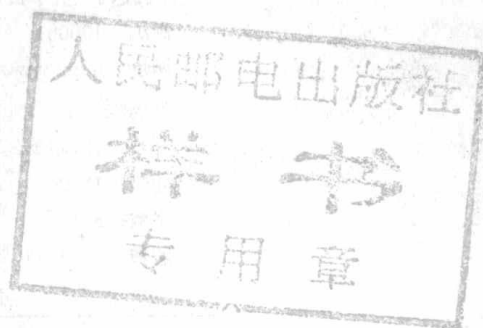


数控机床及 应用技术

高等职业技术教育研究会 审定

李艳霞 主编

CNC Machine Application



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床及应用技术 / 李艳霞主编. —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 978-7-115-19774-0

I. 数… II. 李… III. 数控机床—高等学校: 技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第030859号

内 容 提 要

本书是结合中国职业技术教育学会职业教育与职业资格证书推进策略与“双证课程”的研究与实践课题的研究成果, 在广泛吸纳了新一轮高职院校课程教学改革实践经验的基础上编写而成。全书共分 8 章, 系统地介绍了数控机床的 3 大组成, 即计算机数控系统、伺服系统、机械结构, 以及数控车床、数控铣床和加工中心的编程等内容。本书在内容编排上, 结合工作过程为导向的教学模式, 穿插项目教学内容, 可有效提高教学效果。

本书可作为高职高专院校机电一体化、数控技术、模具设计与制造、机械制造及自动化等专业的教材, 也可供相关工程技术人员学习参考。

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果
高等职业教育机电一体化技术专业“双证课程”培养方案规划教材
数控机床及应用技术

-
- ◆ 审 定 高等职业技术教育研究会
主 编 李艳霞
责任编辑 潘春燕
执行编辑 潘新文
 - ◆ 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: 15.25
字数: 371 千字 2009 年 5 月第 1 版
印数: 1—3 000 册 2009 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-19774-0/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：

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

高等职业教育机电一体化技术专业“双证课程”

培养方案规划教材编委会

主任：李秀忠

副主任：吴晓苏 孙慧平

委员：	徐小增	郭建尊	王诗军	李艳霞	王金花	蔡冬根	林党养
刘树青	娄琳	金文兵	朱强	霍苏平	周玮	周兰	孙小捞
张伟林	贾俊良	陈万利	杨占尧	郑金	黄中玉	李辉	赵宏立
华满香	周建安	孙卫锋	林宗良	金英姬	黄义俊	董小金	戴晓东
牛荣华	丁如春	冯锦春	刘岩	赵仕元	张雪梅	申晓龙	文学红
毛好喜	李本红	任成高	余慰荔	周旭光	苏伟华	刘宏城	吕永峰
王雁彬	邵萍	郭宏彦	何全陆	张念淮	姜庆良	张江城	冯宁
吴灏	阮予明	李振杰	李英	燕居怀	谢海	王浩	张中
陈桂芳	宋雪臣	楚忠	王双林	王广业	刘慧	孟庆平	

审稿委员会

主任：彭跃湘

副主任：胡进德

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	王德发	王德山	栾敏	谢伟东
李学鑫	张鑫	吕修海	王达斌	周林峰	熊江东	王军红	邓剑锋
杨国生	周信安	叶立清	雷云进	谷长峰	陈玉平	葛序风	李建平
刘战术	魏东坡	肖允鑫	李丹玲	张光跃	陈李周	林长青	王玉梅
戴晓光	罗正斌	刘晓军	张秀玮	袁瑞林	周培成	张凤民	孙建香
陈晓罗	肖龙	何光谦	周燕林	张一兵	田燕萍	潘爱民	徐国洪
张国锋	陈孝先	夏光蔚	李燕伦	刘晶	卜燕萍	刘少岩	冯光林
魏仕华	曹淑联	孙振强	罗京霞	田海筹	张森林	王恒彦	山颖生
温钢云	蔡超强	刘建华	吴恒彦	张海林	张亚辉	范加彬	朱庚民
丁明成	李华楹	孙岩	范跃湘	高荣明	杨春玉	吴崇	白福忠
宋丽华	王世桥	孙佳海	彭川林	李孟平	吴杨强	麦崇	张华德
牟志平	申凤毅	王观海	黎川相	王朝红	杨红旭	吕品	胡进凡
李江	赵红毅						李

本书主审：周明虎 牟志华

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，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。

前 言

本书是结合中国职业技术教育学会职业教育与职业资格证书推进策略与“双证课程”的研究与实践课题的研究成果，并总结编者多年在数控机床应用领域的教学和工作实践经验编写而成的。

本书在传统的知识体系的基础上融入项目训练内容，以便教师在组织教学的过程中通过项目训练增强教学效果，也有利于学生在项目训练过程中加深对本课程的知识理解，从而提高学习的积极性和主动性。

本书在编写的过程中主要突出以下特色。

1. 每章的开始首先引入本章所要讲授的主题线索，让学生做到有的放矢地学习，然后按此线索展开教学内容，每章的最后都设有项目训练，并有案例进行示范，以综合运用本章知识，进一步培养学生的工作能力。

2. 教材的编写形式新颖。教材的编写形式图文并茂、深入浅出、重点突出、详略得当，既注重数控技术的先进性，又注重其实用性；文字论述通俗易懂。

3. 教学资源丰富。有与教材配套的教学课件，课件图文并茂、生动形象；有配套的习题参考答案，做到每题都有详细解答。

各章的参考学时参见下面的学时分配表。

序 号	课 程 内 容	学 时 数			
		合 计	讲 授	实 践	备 注
1	绪论	4	3	1	
2	计算机数控系统	6	4	2	
3	数控机床的伺服系统	8	6	2	
4	数控机床的机械结构	8	6	2	
5	数控加工编程基础	8	6	2	
6	数控车床的编程	16	10	6	
7	数控铣床及加工中心的编程	20	12	8	
8	数控机床的选用与维护	2	1	1	
总 计		72	48	24	

本书由李艳霞担任主编，并编写第1、4、6、7章；第2、3章由潘红恩编写，第5、8章由任建清编写。本书由周明虎、牟志华主审。

由于时间仓促，加之编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2009年2月

目 录

第 1 章 绪论	1	2.3.5 软件型开放式结构的数控 系统	27
1.1 认识数控机床	1	2.4 CNC 系统的软件结构	27
1.2 数控机床的组成和特点	2	2.4.1 CNC 系统的软硬件界面	27
1.2.1 数控机床的组成	2	2.4.2 CNC 系统 2 种典型的软件 结构	28
1.2.2 数控机床的加工特点	3	2.5 数控系统的插补原理	30
1.2.3 数控加工的主要对象	4	2.5.1 概述	30
1.3 数控机床的分类	5	2.5.2 逐点比较法	30
1.3.1 按工艺用途分类	5	2.6 辅助功能与 PLC	37
1.3.2 按控制运动的轨迹分类	7	2.6.1 PLC 在数控机床中的应用	38
1.3.3 按伺服驱动系统的控制方式 分类	8	2.6.2 M、S、T 功能的实现	38
1.4 数控机床的发展趋势	9	2.7 项目训练: 熟悉计算机数控系统的 工作过程	39
1.5 项目训练: 熟悉数控机床的 组成、类型和特点	11	本章小结	41
本章小结	12	习题	41
习题	12	第 3 章 数控机床的伺服系统	42
第 2 章 计算机数控系统	13	3.1 认识伺服系统的工作过程	42
2.1 认识计算机数控系统的工作 过程	13	3.2 伺服系统的组成及分类	44
2.2 计算机数控系统的基本组成 及其功能	14	3.2.1 伺服系统的组成	44
2.2.1 计算机数控系统的组成	14	3.2.2 对伺服系统的要求	44
2.2.2 计算机数控系统的工作过程	15	3.2.3 伺服系统的分类	44
2.2.3 CNC 数控系统的功能	17	3.3 伺服电动机	46
2.3 CNC 系统的硬件结构	19	3.3.1 步进电动机及其控制系统	46
2.3.1 单微处理器与多微处理结构	19	3.3.2 直流伺服电动机及其速度 控制	51
2.3.2 CNC 结构	24	3.3.3 交流伺服电动机及其速度 控制	53
2.3.3 个人计算机式结构的数控 系统	26	3.4 位置检测装置	55
2.3.4 NC 嵌入 PC 式结构的数控 系统	27	3.4.1 概述	55

3.4.2 旋转变压器	57	5.2.2 程序的结构与格式	113
3.4.3 感应同步器	59	5.2.3 数控机床的坐标系	115
3.4.4 光栅	62	5.3 数控加工工艺基础	117
3.4.5 磁栅	64	5.3.1 数控加工内容的确定	118
3.4.6 光电编码器	68	5.3.2 数控加工零件的工艺性分析	118
3.5 项目训练:熟悉伺服驱动系统的工作过程	71	5.3.3 数控加工工艺设计	120
本章小结	73	5.3.4 数控机床刀具及切削用量的选择	124
习题	73	5.4 数控编程中的数学处理	133
第4章 数控机床的机械结构	74	5.4.1 基点坐标的计算	133
4.1 认识数控机床的机械结构	74	5.4.2 节点坐标的计算	134
4.2 数控机床机械结构的特点	75	5.5 数控加工技术文件	134
4.3 数控机床的主传动系统	76	5.6 项目训练:熟悉数控加工工艺路线	136
4.3.1 数控机床主传动的特点	76	本章小结	138
4.3.2 数控机床主轴的变速方式	76	习题	139
4.3.3 主轴部件	77	第6章 数控车床的编程	140
4.4 数控机床进给传动系统	81	6.1 认识数控车床的编程与加工	140
4.4.1 数控机床进给传动的特点	81	6.2 数控车床编程基础	141
4.4.2 滚珠丝杠螺母副	81	6.2.1 数控车床的坐标系	141
4.4.3 传动齿轮间隙调整机构	84	6.2.2 数控车床的编程特点	142
4.4.4 数控机床的导轨	88	6.2.3 数控车床的功能	143
4.5 自动换刀装置	94	6.3 数控车床编程技术	146
4.5.1 数控车床的回转刀架	94	6.3.1 常用基本指令	146
4.5.2 加工中心自动换刀装置	96	6.3.2 单一固定循环指令	150
4.6 数控机床的回转工作台	103	6.3.3 复合固定循环指令	152
4.6.1 数控回转工作台	103	6.3.4 螺纹车削加工指令	158
4.6.2 分度工作台	105	6.3.5 刀具补偿功能	163
4.7 项目训练:熟悉数控机床的机械结构	108	6.4 数控车床其他系统简介	165
本章小结	109	6.4.1 SIMENS 802S/C 系统编程基础	165
习题	109	6.4.2 SIMENS 802S/C 系统应用举例	166
第5章 数控加工编程基础	110	6.5 项目训练:数控车床编程与加工	167
5.1 认识数控编程的工作过程	110	本章小结	170
5.2 数控编程的基本知识	111	习题	170
5.2.1 数控程序编制的概念	111		

第7章 数控铣床及加工中心的编程	172	基本要求	213
7.1 认识数控铣削的编程与加工	172	8.2 数控机床的选用	214
7.2 数控铣床编程基础	173	8.2.1 确定被加工工件	214
7.2.1 数控铣床的坐标系	173	8.2.2 数控机床规格的选择	214
7.2.2 数控铣床的编程指令	174	8.2.3 机床精度的选择	216
7.3 数控铣削编程技术	175	8.2.4 数控系统的选择	218
7.3.1 常用基本指令	175	8.2.5 生产能力的估算	219
7.3.2 刀具半径补偿功能	181	8.2.6 机床选择功能及附件的选择	219
7.3.3 刀具长度补偿功能	185	8.3 数控机床的安装、调试与验收	220
7.3.4 简化编程指令	185	8.3.1 数控机床的安装	220
7.3.5 孔加工固定循环功能	190	8.3.2 数控机床的调试	221
7.3.6 加工中心的数控编程	195	8.3.3 数控机床的验收	223
7.4 其他数控铣床系统简介	197	8.4 数控机床的使用与维护	224
7.5 项目训练：数控铣床编程与加工	199	8.4.1 数控机床的使用	225
7.6 项目训练：加工中心编程与加工	203	8.4.2 数控机床的日常维护	227
本章小结	209	8.5 项目训练：机床切削精度检测	227
习题	210	本章小结	230
第8章 数控机床的选用与维护	213	习题	230
8.1 数控机床的使用与维护的		参考文献	231

第1章

绪论

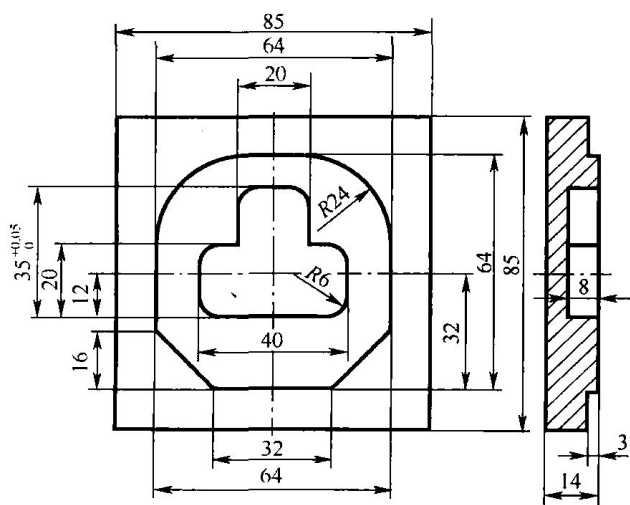
随着微电子计算机技术的发展，数控系统的性能日臻完善，数控技术的应用领域日益扩大，世界先进制造技术日趋成熟，数控加工技术在我国已进入普及阶段。数控加工使用的设备——数控机床在数量上遍及制造业的绝大多数企业，在品种上除了所有的通用机床都实现数控化之外，还有数控成型类机床、数控特种加工类机床及快速成型机床等。

1.1

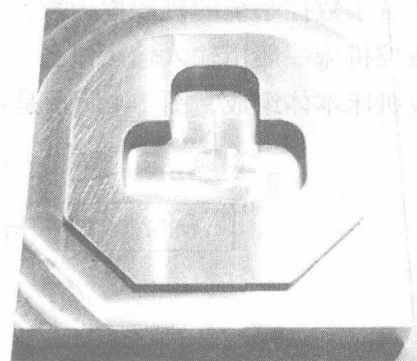
认识数控机床

1. 了解数控机床的组成和特点

在数控机床上加工如图 1-1 所示的零件，通过观察数控机床的工作过程，了解数控机床的组成和特点。



(a) 零件图



(b) 零件

图 1-1 加工零件

2. 了解数控机床的分类

在数控机床上加工如图 1-2 所示的零件，通过观察，了解应选用哪一种类型的数控机床，通过选择数控机床了解数控机床的分类。

3. 了解数控机床的发展趋势

在数控机床上加工如图 1-3 所示的零件，观察思考采用什么机床才能完成，以进一步了解数控机床的发展趋势。

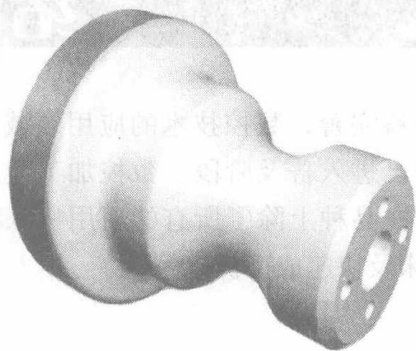


图 1-2 加工零件

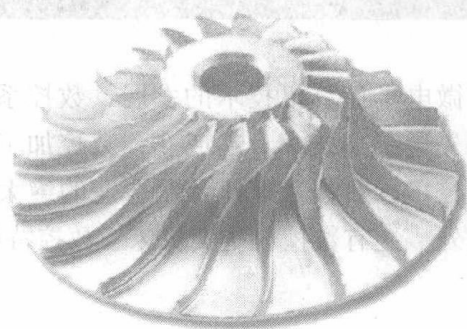


图 1-3 加工零件

1.2

数控机床的组成和特点

1.2.1 数控机床的组成

数控（NC）是数字控制（Numerical Control）的简称，即采用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制的一种方法。

装备了数控系统的机床称为数控机床，也称为 NC 机床。

数控机床一般由输入输出设备、计算机数控装置、伺服驱动系统、辅助控制装置、反馈系统以及机床本体组成，图 1-4 所示是数控机床的组成框图。

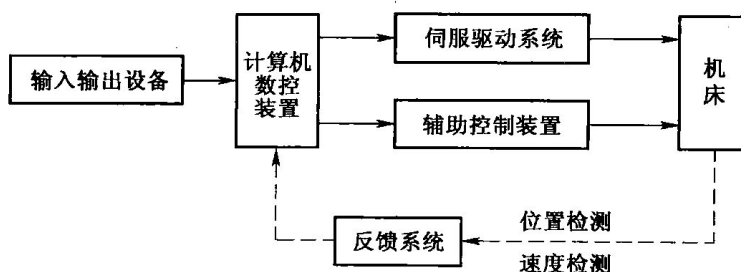


图 1-4 数控机床的组成框图

1. 输入输出设备

输入输出设备的作用是实现数控加工程序及相关数据的输入、显示、存储以及打印等。常用的输入设备有软盘驱动器、RS232C 串行通信以及 MDI 方式等；输出设备有显示器、打印机等。

2. 计算机数控装置

数控装置是数控机床的核心，它的功能是根据输入的程序和数据，完成数值计算、逻辑判断、输入输出控制、轨迹插补等功能。

数控装置一般由专用计算机、输入输出接口以及可编程控制器等部分组成。

3. 伺服驱动系统

伺服驱动系统的作用是把来自数控装置的运动指令转变成机床移动部件的运动，使工作台按规定轨迹移动或精确定位，加工出符合图样要求的工件。伺服系统是决定数控机床性能的主要因素之一。

伺服系统由伺服控制电路、功率放大电路和伺服电机等组成。

4. 辅助控制装置

辅助控制装置的作用是把计算机送来的辅助控制指令经机床接口电路转换成强电信号，用来控制主轴电机的启动、停止，主轴转速调整，冷却泵启停以及转位换刀等动作。

5. 反馈系统

反馈系统的作用是将机床移动的实际位置、速度参数检测出来，转换成电信号，并反馈到计算机中，使计算机能随时判断机床的实际位置、速度是否与指令一致，并发出相应指令，纠正所产生的误差。

6. 机床本体

机床本体是数控系统的控制对象，是实现加工零件的执行部件。它主要由主运动部件、进给运动部件、支承件以及特殊装置、自动换刀系统和辅助装置组成。与传统机床相比，数控机床具有传动结构简单、运动部件的运动精度高、结构刚性好、可靠性高、传动效率高等特点。

1.2.2 数控机床的加工特点

1. 适应范围广

在数控机床上改变加工工件时，只需要重新编制新工件的加工程序，就能实现新工件的加工；数控机床加工工件时，只需要简单的夹具，所以改变加工工件后，也不需要制作特别的工装夹具，更不需要重新调整机床。因此，数控机床适合单件、小批量及试制新产品的工件加工。

2. 加工精度高, 产品质量稳定

数控机床的脉冲当量普遍可达 0.001 mm/脉冲, 传动系统和机床结构具有很高的刚度和热稳定性, 工件加工精度高, 进给系统采用消除间隙措施, 并对反向间隙与丝杠螺距误差等由计算机实现自动补偿, 所以加工精度高。特别是因为数控机床加工完全是自动进行的, 这就消除了操作者人为产生的误差, 使同一批工件的尺寸一致性好, 加工质量十分稳定。

3. 生产效率高

工件加工所需时间包括机动时间和辅助时间。数控机床能有效地减少这 2 部分时间。

数控机床主轴转速和进给量的调速范围都比普通机床的范围大, 机床刚性好, 快速移动和停止采用了加速、减速措施, 因而既能提高空行程运动速度, 又能保证定位精度, 有效地缩短了加工时间。

数控机床更换工件时, 不需要调整机床, 同一批工件加工质量稳定, 无需停机检验, 故辅助时间大大缩短。特别是使用自动换刀装置的数控加工中心机床, 可以在一台机床上实现多工序连续加工, 生产效率的提高更加明显。

4. 自动化程度高, 劳动强度低

数控机床的加工是按事先编好的程序自动完成的, 工件加工过程中不需要人的干预, 加工完毕后自动停车, 使操作者的劳动强度与紧张程度大为减轻, 加上数控机床一般都具有较好的安全防护、自动排屑、冷却和自动润滑, 操作者的劳动条件也大为改善。

5. 良好的经济效益

虽然数控机床价格昂贵, 分摊到每个工件上的设备费用较大, 但使用数控机床可节省许多其他费用。例如, 工件加工前不用划线工序, 工件安装、调整、加工和检验所花费的时间少, 特别是不要设计制造专用工装夹具, 加工精度稳定, 废品率低, 减少了调度环节等, 所以总体成本下降, 可获得良好的经济效益。

6. 有利于生产管理的现代化

数控机床加工工件, 能够准确地计算零件加工工时和费用, 有效地简化了检验工装夹具和半成品的管理; 同时, 数控机床使用了数字信息控制, 为计算机辅助设计、制造及实现生产过程的计算机管理与控制奠定了良好的基础。

1.2.3 数控加工的主要对象

由数控加工的特点可以看出, 适于数控加工的零件包括以下几种。

- ① 多品种、单件小批量生产的零件或新产品试制中的零件。
- ② 几何形状复杂的零件。
- ③ 精度及表面粗糙度要求高的零件。
- ④ 加工过程中需要进行多工序加工的零件。

- ⑤ 用普通机床加工时，需要昂贵工装设备（工具、夹具和模具）的零件。

1.3

数控机床的分类

数控机床是在普通机床的基础上发展起来的，它们和传统的通用机床工艺用途相似，所不同的是它们能自动地加工精度更高、形状更复杂的零件。因此，按工艺用途对数控机床进行分类，是最基本的分类方法，还可以按控制运动的轨迹或按伺服驱动系统的控制方式对数控机床进行分类。

1.3.1 按工艺用途分类

1. 金属切削类数控机床

指采用车、铣、刨、磨、镗、钻等各种切削加工的数控机床，它又分为以下2类。

(1) 普通数控机床

这类数控机床与普通机床工艺一样，分为数控车床（见图 1-5）、数控铣床（见图 1-6）、数控刨床、数控磨床、数控镗床、数控钻床等。

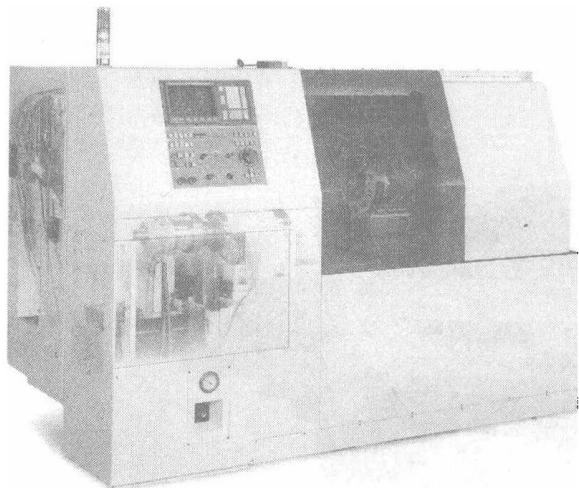


图 1-5 数控车床

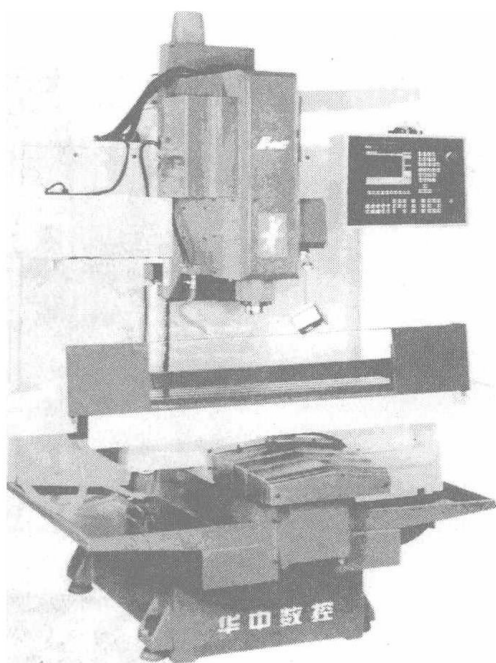


图 1-6 数控铣床

(2) 数控加工中心

这类数控机床是在普通数控机床的基础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 1-7 所示是立式加工中心，图 1-8 所示是卧式加工中心。

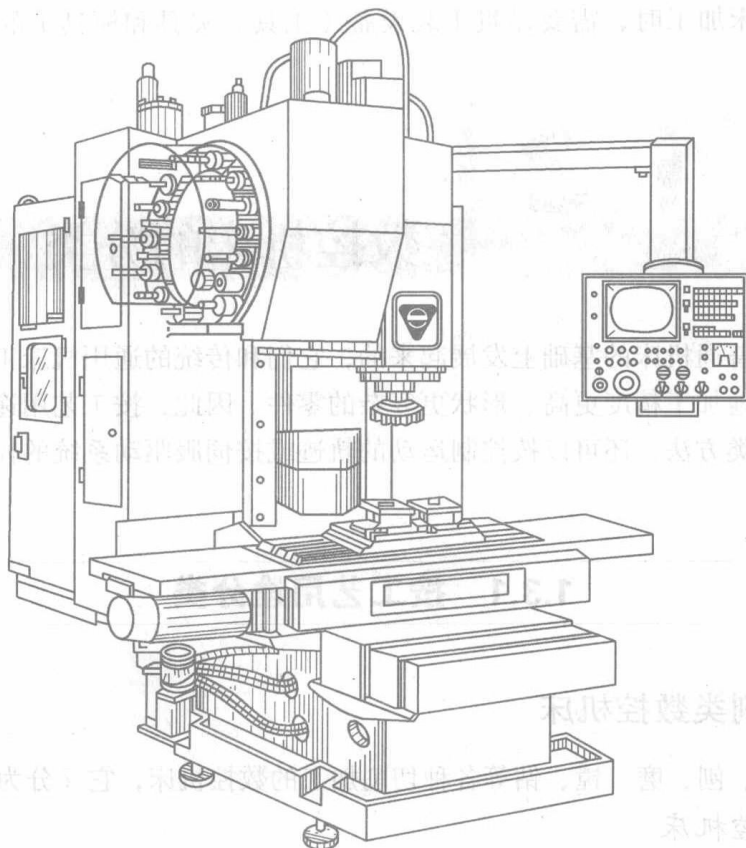


图 1-7 立式加工中心

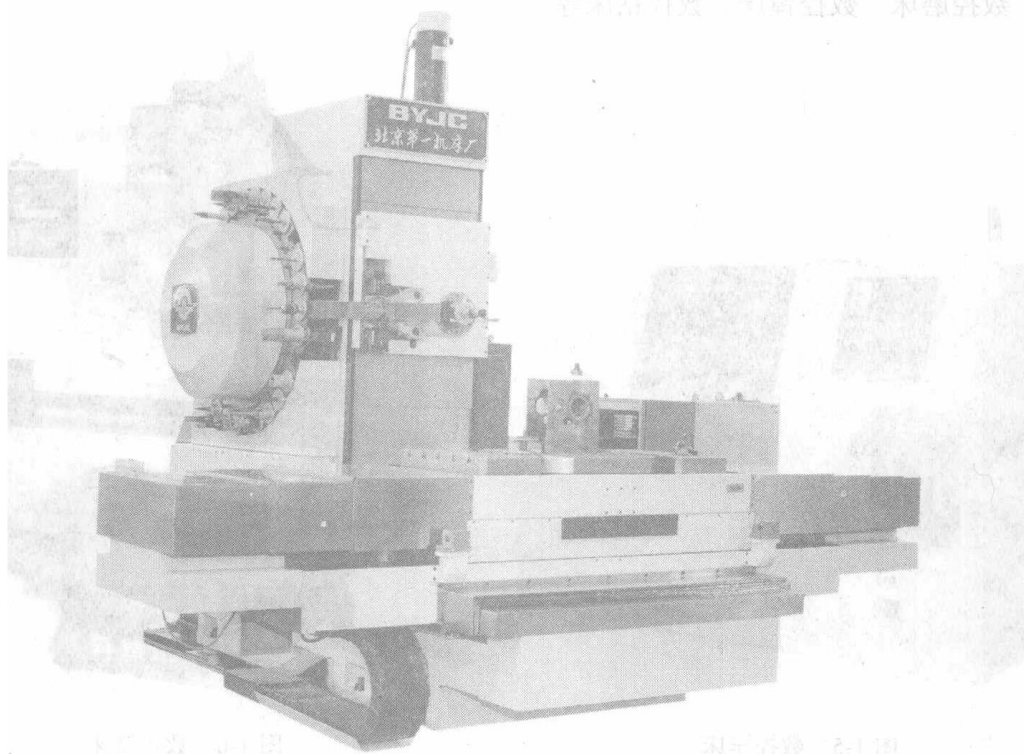


图 1-8 卧式加工中心

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，避免了因多次安装造成的误差。