



中等职业教育改革创新示范教材

数控车床 编程与操作

孙继山 主编

SHUKONG CHECHUANG BIANCHENG YU CAOZUO



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



中等职业教育改革创新示范教材

数控车床编程与操作

主 编 孙继山

副主编 李 红 魏国军

参 编 张晓华 田伟广 胡长旺

支 勉 葛志彬



机械工业出版社

本书根据数控车工（中级）岗位的知识 and 技能要求，围绕数控专业核心工作岗位的典型工作任务，按照学生的学习规律，从易到难精选了六个项目，每个项目下又分解若干个任务，每个任务包含了完成该任务的知识、技能和职业素养要求。在任务的引领下，介绍完成该任务（读图、工艺分析、程序编制、零件的加工等）所需的知识和技能，使学生在工作过程中学习知识和技能。本书项目包括：认识数控车床编程与操作、橡胶垫模具模芯的加工、莫氏4号锥柄的加工、工艺品葫芦的加工、螺钉的加工和电动刀架大螺母的加工。

本书适合中等职业学校和技校的数控技术应用专业、模具制造技术专业及机电一体化专业作为教材使用，也可供数控相关技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

数控车床编程与操作/孙继山主编. —北京：机械工业出版社，2013.9

中等职业教育改革创新示范教材

ISBN 978-7-111-43567-9

I. ①数… II. ①孙… III. ①数控机床—车床—程序设计—中等专业学校—教材②数控机床—车床—操作—中等专业学校—教材
IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 178367 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：齐志刚 责任编辑：齐志刚 王海霞

版式设计：常天培 责任校对：陈 越

封面设计：陈 沛 责任印制：杨 曦

北京富生印刷厂印刷

2013 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·8.5 印张·197 千字

0 001—2 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-43567-9

定价：27.00 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

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010)68326294

机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010)88379649

机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

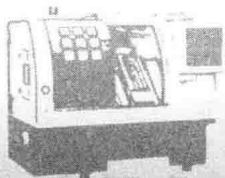
中等职业教育改革创新示范教材编审委员会

主 任：李国瑞

副主任：张艳旭

委 员：王伏子 葛永国 卜少利 王树平 孙继山
路进乐 赵志成 张利强

总主编：张艳旭



前 言

2010年,国家实施中等职业教育改革发展示范学校建设项目,其重点内容之一就是以人才培养对接用人需求、专业对接产业、课程对接岗位、教材对接技能为切入点,深化教学内容改革。因此在项目建设中以工学结合、校企合作人才培养模式改革为重点,以课程体系建设为核心,打破传统的课程体系和教学模式,根据职业资格标准和岗位任职要求,对岗位工作任务、工作过程和职业能力进行分析,构建基于“工作过程”的课程体系。同时,学校与企业合作开发专业核心课程,引入企业、行业工作规范和技术标准,以典型任务、真实产品、真实生产过程等为载体,设计学习情境,改革教学内容、教学方法、教学手段和课程评价方式。基于此,我们组织骨干教师,并吸收行业企业专家参与开发出机电技术应用、数控技术应用、汽车运用与维修、会计电算化、计算机应用、果树花卉生产技术等专业24门核心课程。

每种教材本着“行动导向、任务引领、学做结合、理实一体”的原则编写。在编写教材的前期,我们通过召开有行业企业专家参与的研讨会,鼓励骨干教师到企业调研,并分析提炼典型职业活动;在编写过程中,我们要求教材内容重点突出学生基础知识学习、基本技能训练、职业素养培养。

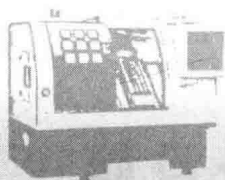
《数控车床编程与操作》围绕数控技术应用专业核心工作岗位的典型工作任务选取教学内容,按照学生的学习规律,从易到难精选了多个“项目”,每个“项目”又分解为若干个任务,每个任务包含了完成任务所需的知识、技能和职业素养要求。主要包括零件图样的识读与分析、零件数控车削工艺的制订、零件数控车削程序的编写、数控加工刀具与夹具的选择、机床的操作和零件的加工、零件的检测与总结、项目实训等。在编写过程中,我们以工作过程为导向,紧密结合生产实践,力求简明扼要、深入浅出,同时力争图文并茂。

本书由孙继山主编,李红、魏国军任副主编,参编人员有:张晓华、田伟广、胡长旺(保定向阳航空精密机械有限公司)、支勉(保定标正机床有限责任公司)、葛志彬(保定兰格恒流泵有限公司)。本书适合技校和中等职业学校的机电技术应用专业、数控技术应用及模具专业作为教材使用,也可供数控相关技术人员参考。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

教材编审委员会

2013年6月



目 录

前言

项目一 认识数控车床编程与操作 1

任务一 认识数控车削加工 1

任务二 认识数控车床 7

任务三 认识数控车床常用夹具、刀具
和量具 12

任务四 认识数控车床的操作面板 17

任务五 掌握数控车床编程基础知识 20

任务六 熟悉数控车床基本操作 26

思考与练习 29

项目二 橡胶垫模具模芯的加工 32

任务一 读图 33

任务二 工艺分析 34

任务三 程序编制 36

任务四 零件的加工 41

任务五 零件检测 48

任务六 项目实训 49

思考与练习 50

项目三 莫氏 4 号锥柄的加工 53

任务一 读图 54

任务二 工艺分析 55

任务三 程序编制 56

任务四 零件的加工 63

任务五 零件检测 65

任务六 项目实训 67

思考与练习 68

项目四 工艺品葫芦的加工 70

任务一 读图 71

任务二 工艺分析 72

任务三 程序编制 73

任务四 零件的加工 77

任务五 零件检测 78

任务六 项目实训 78

思考与练习 79

项目五 螺钉的加工 83

任务一 读图 84

任务二 工艺分析 85

任务三 程序编制 86

任务四 零件的加工 93

任务五 零件检测 96

任务六 项目实训 96

思考与练习 97

项目六 电动刀架大螺母的加工 99

任务一 读图 100

任务二 工艺分析 101

任务三 程序编制 103

任务四 零件的加工 106

任务五 零件检测 110

任务六 项目实训 110

思考与练习 111

附录 113

附录 A 硬质合金车刀切削用量
参考值 113

附录 B 数控车工（中级）国家职业技能
鉴定标准 115

附录 C 数控车工（中级）考级理论知识
模拟试卷 118

附录 D 数控车工（中级）考级技能
练习题 128

参考文献 130

项目一 认识数控车床编程与操作



知识目标

- 了解数控车削的加工过程和特点。
- 了解数控车床的基本组成。
- 了解数控车床常用的夹具、刀具和量具。
- 熟悉 FANUC Oi 数控系统操作面板及基本操作。
- 掌握数控机床坐标系相关知识和数控程序的结构。



能力目标

- 能根据零件图，选择合适的夹具、刀具和量具。
- 具有数控车床操作中基本的自我保护意识与能力。
- 能进行数控车床的日常及定期的基本维护保养工作。
- 能完成数控车床的手动操作。
- 能认真执行 6S 管理制度。

任务一 认识数控车削加工

数控机床是集机械、电气、液压、气动、微电子和信息等多项技术为一体的机电一体化产品，具有高精度、高效率、高自动化和高柔性等优点。数控车床（图 1-1）是数控机床的主要品种之一，也是目前国内数量最多、覆盖面最广的一种数控机床，约占数控机床总数的 25%。目前，人们提到的数控车床一般是指 CNC 车床（计算机数控车床）。

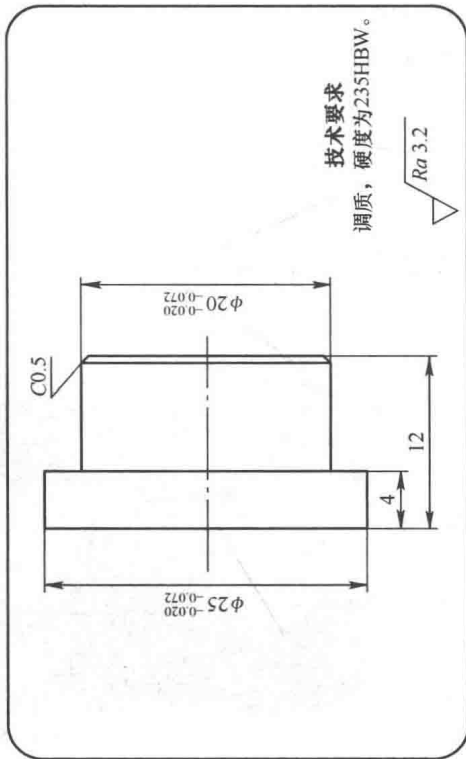


图 1-1 数控车床

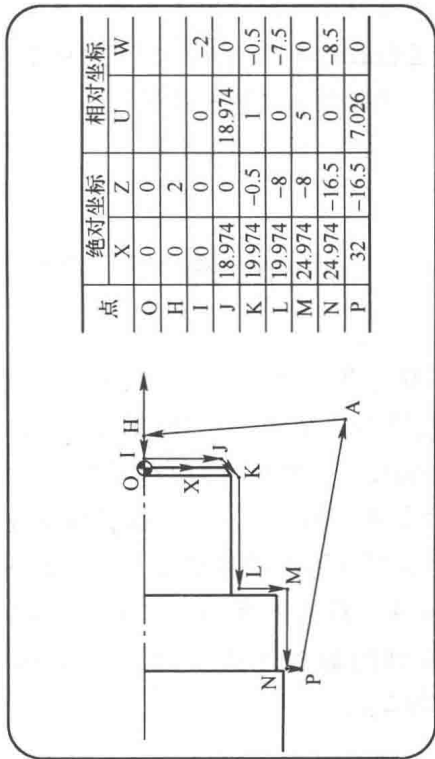


一、数控车削加工过程

数控车削加工过程如图 1-2 所示。



a)



c)

图 1-2 数控车削加工过程

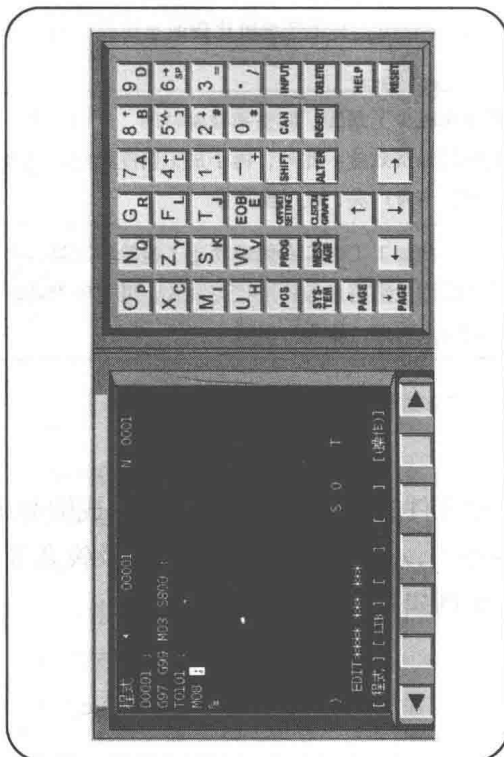
a) 分析图样 b) 分析工艺 c) 计算坐标 d) 编辑程序

工序	工步号	工步内容	刀具	量具	夹具
工序一	1	平端面 (手动加工)	90°外圆粗车刀 (T01)		自定心卡盘
	2	粗车外圆表面, 留 0.5mm 余量	90°外圆粗车刀 (T01)	游标卡尺	自定心卡盘
	3	精车外圆至尺寸要求	90°外圆精车刀 (T02)	千分尺	自定心卡盘
	4	切断, 长度留 0.5mm 余量	4mm 切刀 (T03)		自定心卡盘
工序二	1	掉头平断面, 保证总长	90°外圆粗车刀 (T01)	游标卡尺	自定心卡盘

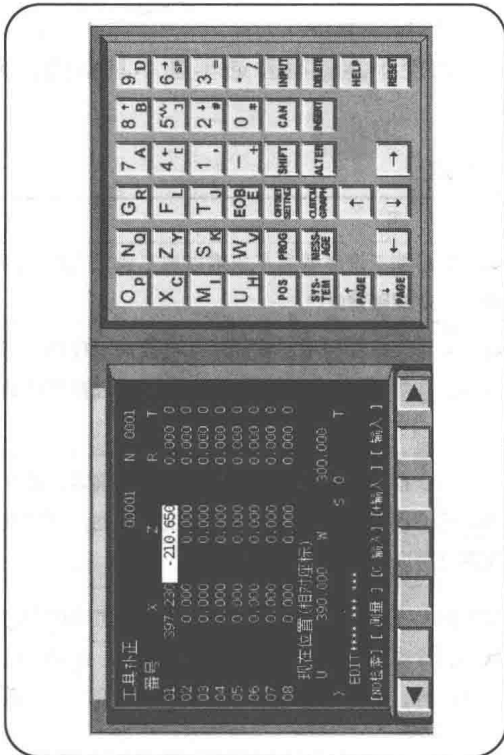
b)

程序段号	程序内容	说明
N10	G99 G97 M03 S800;	主轴正转, 转速为 800r/min
N20	T0101;	调刀
N30	M08;	切削液开
N40	G00 X32 Z2;	快速进刀到循环起点
N50	G90 X25.474 Z-16.5 F0.3;	粗车 $\phi 25\text{mm}$ 的外圆, 留 0.5mm 余量
N60	X20.474 Z-8;	粗车 $\phi 20\text{mm}$ 的外圆, 留 0.5mm 余量
N70	G00 X100 Z100;	快速退刀至换刀点
N80	T0100;	取消刀补
N90	M03 S1380 T0202;	提高转速到 1380r/min, 调 2 号车刀
N100		
N110		
N120		
N130		
N140		
N150		
N160	T0300;	取消刀补
N170	M05;	主轴停止
N180	M30;	程序结束

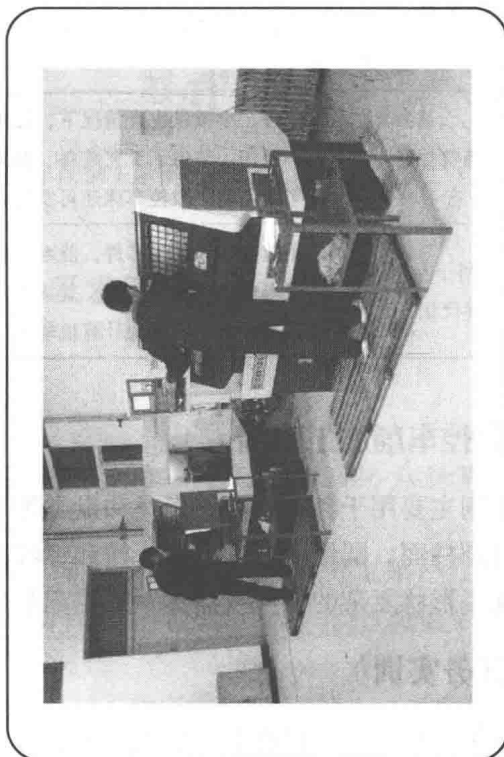
d)



e)



f)



g)



h)

图 1-2 数控车削加工过程 (续)
e) 输入程序 f) 对刀, 输入刀补 g) 自动加工, 零件测量并补正 h) 零件

二、数控车削加工的特点

数控车削加工和普通车削加工相比有很大的不同，数控车削具有普通车削不具备的许多优点，其加工特点见表 1-1。

表 1-1 数控车削加工特点

序号	特点	说 明
1	加工复杂型面	数控车床因能实现两坐标轴联动，所以容易加工许多普通车床难以加工或无法加工的由曲线、曲面构成的回转体及非标准螺纹、变螺距螺纹
2	具有高度柔性	使用数控车床，当加工的零件改变时，只需要重新编写（或修改）数控加工程序即可实现新零件的加工，不需要重新设计模具、夹具等工艺装备，对多品种、小批量零件的生产适应性强
3	加工精度高、质量稳定	数控车床按加工程序自动加工工件，加工过程中消除了操作者的人为操作误差，能保证零件加工质量的一致性，而且可以利用反馈系统校正及补偿加工精度。因此，可以获得比机床本身精度还要高的加工精度及重复精度
4	自动化程度高、工人劳动强度低	用数控车床上加工零件时，操作者除了输入程序、装卸工件、对刀、关键工序的中间检测等，不需要进行其他复杂的手工操作，劳动强度和紧张程度均大为减轻。此外，机床一般都配备了较好的安全防护、自动排屑、自动冷却等装置，操作者的劳动条件也大为改善
5	生产率高	数控车床结构刚性好，主轴转速高，可以进行大切削用量的强力切削。此外，机床移动部件的空行程运动速度快，加工时所需的切削时间和辅助时间均比普通机床少，生产率比普通机床高 2~3 倍；加工形状复杂的零件时，其生产率可比普通车床高十几倍甚至几十倍
6	经济效益好	单件、小批量生产情况下，使用数控车床减少了划线、调整和检验时间，从而减少了生产费用，节省了工艺装备，获得了良好的经济效益。此外，由于加工精度稳定，也降低了废品率。数控车床还可实现一机多用，节省厂房、建厂投资等
7	有利于生产管理的现代化	用数控车床加工零件，能准确地计算零件的加工工时，有效地简化了检验和工具、夹具及半成品的管理工作。其加工及操作均使用数字信息与标准代码输入，最适于与计算机联系，目前已成为计算机辅助设计、制造及管理一体化的基础

三、数控车削加工范围

数控车削主要用于各种轴类、套类和盘类等回转体零件的加工。数控车削能完成轴类或盘类的内外圆柱面、圆锥面、圆弧面、槽和螺纹等的加工，并能进行钻孔、扩孔及镗孔等，特别适合加工形状复杂的零件或器具。数控车削加工示例如图 1-3 所示。

四、任务实训

讨论数控车削加工与普通车削加工的区别。

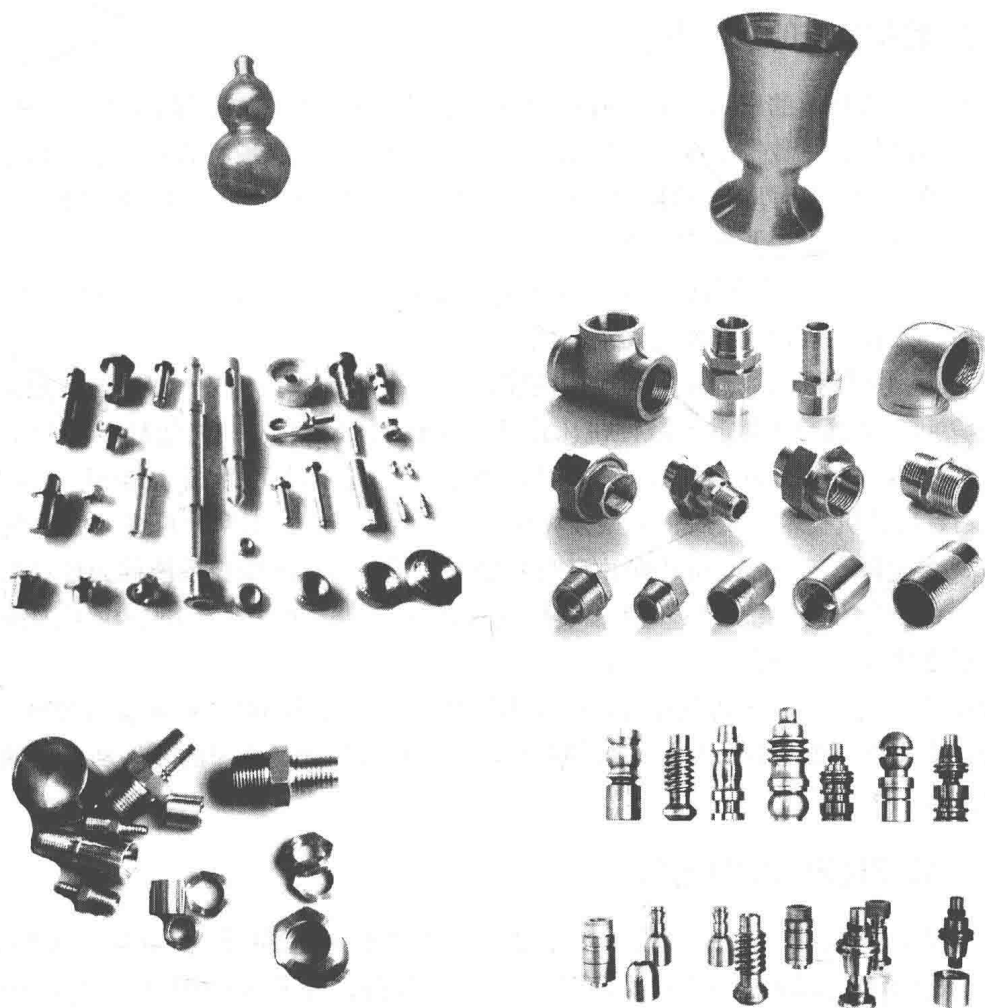


图 1-3 数控车削加工示例



知识阅读

数控机床的产生及发展

一、数控机床的产生

在机械制造业中，人们一直在探索如何实现机械加工自动化。1946 年计算机的出现，为人类提供了实现机械加工自动化的理想手段。

1952 年，美国的 PARSONS 公司与麻省理工学院成功研制出了世界上第一台三坐标数控铣床，使机械制造业的发展进入了一个崭新的阶段。当时用的电子元器件是电子管，这是第一代数控机床。

1958 年，北京第一机床厂与清华大学合作试制了我国第一台 X53K1 三坐标数控机床。

1975 年 6 月，沈阳第一机床厂研制成功了我国第一台数控车床——CSK6163 型数控车床。



二、数控机床的发展史

随着计算机技术的发展,数控机床也得到了迅速的发展和广泛的应用。1959年,电子行业研制出晶体管,数控系统中广泛采用了晶体管和印制电路板,数控机床从而跨入了第二代;1959年3月出现了带自动换刀装置的“加工中心”;从1960年开始,德国、日本等工业国家陆续开发、生产及使用了数控机床。

1965年出现了小规模集成电路。由于它的体积小、功耗低,使数控系统的可靠性得到了进一步的提高,数控机床发展到第三代。

以上三代数控机床,都是采用专用数控计算机的逻辑数控系统,即硬件数控系统。

1967年,英国首先将几台数控机床连接成柔性的加工系统,这就是最初的柔性制造系统(FMS, Flexible Manufacturing System),随后,美国、日本等国也相继开发和应用了FMS。随着计算机技术的发展,小型计算机的价格急剧下降,小型计算机开始取代专用数控计算机,数控机床的许多功能逐渐由软件程序来实现,这样的数控系统称为计算机数控系统(CNC),即软件数控系统。1970年,美国芝加哥国际机床展览会首次展出了这种系统,数控机床随之进入了第四代。

1974年,美国、日本等国家首次研制出以微处理器为核心的数控系统(MNC)。近几十年以来,应用以微处理器为核心的数控系统的数控机床得到了飞速的发展和广泛的应用,这就是第五代数控机床。

三、数控机床的发展趋势

为了满足制造业向更高层次发展的需要,为柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)及计算机集成制造系统(CIMS)提供基础设备,要求数控机床向更高水平的方向发展。目前,数控设备正朝着高速度、高精度、高可靠性、智能化、多功能化和网络化方面发展。

1. 高速度与高精度

速度和精度是数控机床的两个重要指标。现代数控机床配备了高性能的数控系统及伺服系统,其位移分辨率可达 $0.1\mu\text{m}$,进给速度可达 $400\sim 800\text{m/min}$,主轴转速可达近 100000r/min 。

2. 高可靠性

数控机床的可靠性一直是用户最关心的主要指标,它取决于数控系统和各伺服驱动单元的可靠性。现代数控系统的平均无故障时间(MTBF, Mean Time Between Failures)可达到 $10000\sim 36000\text{h}$ 。

3. 智能化

现代数控机床的数控系统都具有很好的故障自诊断功能、保护功能、软件限位功能和自动返回功能,一旦出现故障,数控系统将立即采取停机措施,并通过显示器(CRT)进行故障报警,提示发生故障的部位、原因等,避免了加工过程中出现特殊情况而造成工件的报废和事故。有的数控机床上装有工件尺寸检测装置,可对工件加工尺寸进行定



期检测,发现超差将及时发出报警或补偿信号,以便及时调整,从而保证了产品的加工质量。

数控机床通过自适应控制功能自动调节加工过程中所测得工作状态和特性,按照给定的评价指标自动校正自身的工作参数,以达到最佳工作状态;增加了刀具寿命自动检测和自动换刀功能,利用红外线、激光等检测手段对刀具和工件进行检测,若发现工件超差、刀具磨损、破坏等,将及时进行报警、自动补偿或更换备用刀具,以保证产品质量;引进模式识别技术,应用图像识别和声控技术,使机器能够自动辨识图样,按照操作者的语言命令进行加工。

数控装置内设有与该机床加工工艺相关的小型工艺数据库或具有人工智能的专家系统,可以自动选择最佳的工艺参数,从而提高了编程效率,大大缩短了生产准备时间,降低了对操作人员技术水平的要求。

4. 多功能化

数控加工中心(MC, Machining Center)配有一机多功能的数控系统和自动换刀系统(机械手和刀具库)。工件装夹后,数控系统能控制机床自动更换刀具,连续对工件的各个加工表面进行多工序加工。这种采用工序集中方式的加工设备,可以避免工件因多次装夹而造成的定位误差,确保了工件的加工精度。同时,还能减少工件的装夹辅助时间,减少设备数量,节省占地面积。此外,多主轴、多面体加工及多轴联动数控机床已在提高数控加工效率方面起了很大的作用,如五面体加工中心,其数控系统的控制轴数已达15轴,联动轴数已达6轴。

5. 网络化

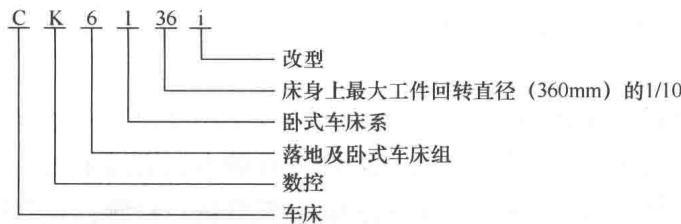
为了适应柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)及集成制造系统(CIMS)的要求,数控系统要具有联网能力。现代数控系统一般都具有RS-232C和RS-422高速远距离串行接口,可以按照要求与上一级计算机进行多种数据交换。不同厂家生产的不同数控机床可以采用MAP工业控制网,从工厂自动化上层(设计信息、生产计划信息)到下层(控制信息、生产管理信息),通过信息交流建立能够有效利用全部信息资源的计算机网络。

任务二 认识数控车床

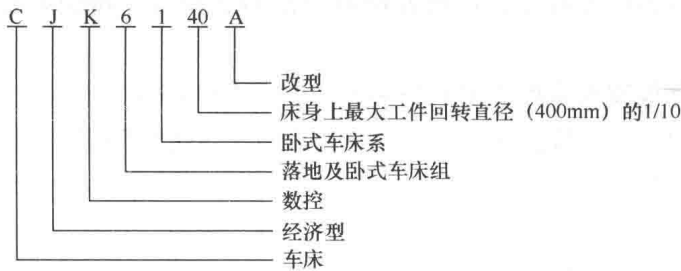
本书所讲到的数控车床都是由济南第一机床厂生产的CK6136i数控车床,数控系统为FANUC Oi Mate-TC,此系统目前在企业里应用比较广泛。下面我们来了解一下数控车床的结构组成及技术参数。

一、数控车床的型号

数控车床CK6136i型号中各代号的含义如下:



数控车床 CJK6140A 型号中各代号的含义如下：



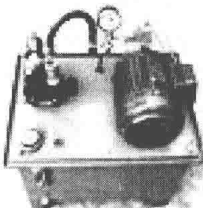
二、数控车床的基本组成

数控车床由车床主体、数控系统、驱动系统、辅助装置等组成，见表 1-2。

表 1-2 数控车床的组成

序号	组成部分	说明	图 例
1	车床主体	目前大部分数控车床均已专门设计并定型生产，包括主轴箱、床身、导轨、刀架、尾座、进给机构等	
2	数控系统	它是数控车床的控制核心，由各种数控系统完成对数控车床的控制	
3	驱动系统	驱动部分是数控车床执行机构的驱动部件，包括主轴电动机和进给伺服电动机	主轴变频电动机 伺服电动机

(续)

序号	组成部分	说明	图 例
4	辅助装置	它是数控车床的一些配套部件，包括液压装置、气动装置、冷却系统、润滑系统等	 冷却系统  润滑系统

三、CK6136i 数控车床的主要指标

机床的加工能力和加工精度主要与机床的规格及系统配置有关。CK6136i 主轴变速采用机械与变频相结合的变速技术，保证低速状态下主轴有足够的转矩，配有 FANUC Oi Mate-TC 系统，采用四工位电动刀架。CK6136i 数控车床的主要技术参数见表 1-3。

表 1-3 CK6136i 数控车床的主要技术参数

最大零件规格/mm	φ360 × 570	
最大加工直径/mm	床身上	φ360
	刀架上	φ160
	主轴孔上允许棒料的最大直径	φ40
最大加工长度/mm	570	
主轴锥孔	莫氏 5 号	
主轴转速/（r/min）	低挡	35 ~ 400
	高档	215 ~ 2500
快速移动速度/（m/min）	Z 轴	8
	X 轴	6
定位精度/mm	Z 轴	0.04
	X 轴	0.03
重复定位精度/mm	Z 轴	0.016
	X 轴	0.012
刀位数	4	
刀具规格尺寸/mm	车刀 20 × 20，镗刀 φ25	

四、数控车床的日常保养

做好数控车床的日常维护和保养工作，可以降低数控车床的故障率，充分发挥数控车床的功效。一般情况下，维护保养是由操作人员完成的。及时有效地进行预防性维护，能防止意外事故的发生。数控车床的维护与保养内容见表 1-4。



表 1-4 数控车床的维护与保养内容

保养部位	内容和要求
外观部分	1. 擦清机床表面，下班后给所有加工表面上油防锈 2. 清除切屑（内、外） 3. 检查机床内外有无磕、碰、拉伤现象
主轴部分	1. 检查夹具运转情况 2. 检查主轴运转情况
润滑部分	1. 检查各润滑油箱的油量 2. 各手动加油点按规定加油，并旋转过滤器
尾座部分	1. 移动尾座清理底面、导轨（每周一次） 2. 拿下顶尖清理锥孔（每周一次）
电气部分	1. 检查三色灯、开关 2. 检查面板各旋钮是否有松动、脱落现象
其他部分	1. 检查液压系统有无滴油、发热现象 2. 检查切削液系统工作是否正常 3. 将工具摆放到指定位置 4. 清理机床周围，达到清洁 5. 认真填写交接班记录及其他记录

五、任务实训

- 1) 指出数控车床的各组成部分及其功能
- 2) 按要求完成数控车床的日常保养。



知识阅读 数控车床的分类

数控车床的品种、规格繁多，按照不同的分类标准，有不同的分类方法。

一、按数控系统分类

目前，工厂常用的数控系统有 FANUC（法那克）数控系统、SIEMENS（西门子）数控系统、华中数控系统、广州数控系统、三菱数控系统等。其中，FANUC 数控系统具有高质量、低成本、高性能等特点，适用于各种数控机床，在我国数控系统的占有率为第一，主要有 0 系列和 Oi 系列；SIEMENS 数控系统在我国数控机床中的应用也较普遍，主要有 802、810 和 840 等系列；华中数控系统以世纪星系列为典型产品；广州数控系统主要有 GSK928、GSK980 和 GSK990 系列。

二、按主轴位置分类

数控车床按主轴位置，可分为立式数控车床和卧式数控车床两种。



1. 立式数控车床

立式数控车床的主轴处于垂直位置，它有一个直径很大的圆形工作台，供装夹工件用，如图1-4所示。立式数控车床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件。

2. 卧式数控车床

卧式数控车床的主轴与水平面平行，又可分为水平床身数控车床和斜床身的数控车床，如图1-5所示。卧式数控车床常用于加工径向尺寸较小的轴类、盘类、套类复杂零件。斜床身结构可以使车床具有较大的刚性，且易于排除切屑，用于档次较高的数控车床及车削中心（图1-6）。

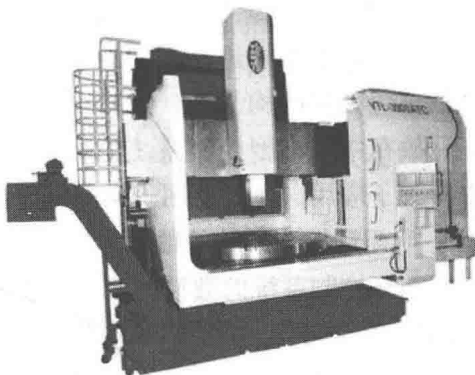
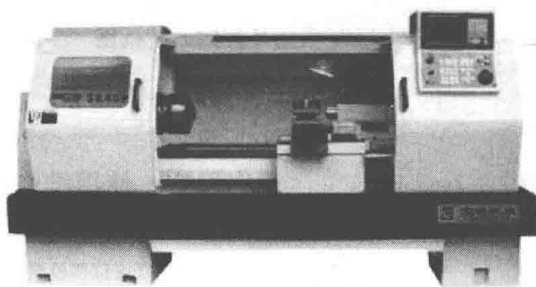
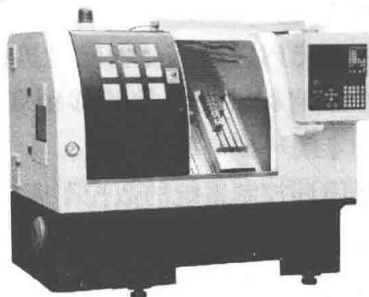


图 1-4 立式数控车床



a)



b)

图 1-5 卧式数控车床

a) 水平床身数控车床 b) 斜床身数控车床

三、按控制方式分类

按控制方式不同，数控车床可分为开环控制系统、半闭环控制系统和闭环控制系统的数控车床三大类。

1. 开环控制系统的数控车床

开环控制系统的数控车床是指不带反馈装置的数控车床。其进给伺服系统采用步进电动机，数控系统每发出一个脉冲指令，经驱动电路功率放大后，驱动步进电动机旋转一个角度，然后经过减速齿轮和丝杠螺母机构，转换为刀架的直线移动，系统信息流是单向的。图1-7所示为开环控制系统框图。



图 1-6 车削中心