



国家职业教育技能实训系列教材（项目式教学）
职业教育机械类专业规划教材

数控车床编程与 操作项目教程

Shukong Chechuang Biancheng Yu Caozuo Xiangmu Jiaocheng

南京市职业教育教学研究室◎组编
朱明松◎主编

项目引领 任务驱动
体验成功 快乐学习



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国家职业教育技能实训系列教材（项目式教学）
职业教育机械类专业规划教材

普通机械加工技能实训

王增强

钳工基本技能项目教程

温上樵 杨冰

数控铣床编程与操作项目教程

朱明松 王翔

数控车床编程与操作项目教程

朱明松



地址：北京市百万庄大街22号 邮政编码：100037
联系电话：(010)68326294 网址：http://www.cmpedu.com(机工教材网)
(010)68993821 E-mail: cmp@cmpedu.com
购书热线：(010)68379639 网址：http://www.cmpbook.com(机工门户网)
(010)68379641 E-mail: cmp@cmpbook.com
(010)68379643

- ISBN 978-7-111-24784-5
- 策划：崔占军/封面设计：张静

定价：25.00元

ISBN 978-7-111-24784-5



9 787111 247845 >

国家职业教育技能实训系列教材（项目式教学）
职业教育机械类专业规划教材

数控车床编程与操作项目教程

南京市职业教育教学研究室 组编

主编 朱明松

参编 王立云 潘世毅 陈飞飞

陈 炳 斯 桃

主审 杨清林 陶建东



机械工业出版社

本书是南京职业教育课程改革的系列理论研究和实践成果之一。本书以就业为导向,以国家职业标准中级数控车工考核要求为基本依据,讲述了数控车床基本操作、轴类零件加工、套类零件加工、成形面类零件加工、三角形螺纹加工等内容。

本书在内容上,将目前使用广泛的法那克系统和西门子系统同时对比介绍,有利于学生理解和记忆,提高学习效率。在结构上,从职业院校学生基础能力出发,遵循专业理论的学习规律和技能的形成规律,根据数控车床加工元素的特征分教学模块,按照由简到难的顺序,设计一系列课题(项目),使学生在课题引领下学习数控车床编程与操作的相关理论和技能,避免理论教学与实践相脱节。在形式上,通过[学习目标]、[知识学习]、[技能训练]、[资料链接]、[操作注意事项]等形式,引导学生明确各课题的学习目标,学习与课题相关的知识和技能,并适当拓展相关知识,强调在操作过程中应注意的问题。

本书可作为高职高专机械类专业教材,也可作为中职学校相关专业教材,还可作为培训机构和企业的培训教材,以及相关技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控车床编程与操作项目教程/朱明松主编. —北京:机械工业出版社, 2008.8

(国家职业教育技能实训系列教材. 项目式教学. 职业教育机械类专业规划教材)

ISBN 978-7-111-24784-5

I. 数… II. 朱… III. ①数控机床: 车床—程序设计—职业教育—教材 ②数控机床: 车床—操作—职业教育—教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 118779 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 崔占军 责任校对: 李秋荣

封面设计: 张 静 责任印制: 杨 曦

北京机工印刷厂印刷 (北京樱花印刷厂装订)

2008 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 15 印张 · 368 千字

0 001—5 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-24784-5

定价: 25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379182

封面无防伪标均为盗版

前言

《国务院关于大力发展职业教育的决定》中提出：“职业教育要坚持以就业为导向，深化职业教育教学改革”。我国产业结构调整、生产技术进步和社会经济的快速发展，为职业教育事业发展提供了巨大的推动力量和广袤的发展空间，同时也对职业教育教学改革提出了新的要求和挑战。作为职业教育教学改革和职业教育内涵发展核心内容的课程改革迫在眉睫。

2005年12月南京市全面启动了职业教育课程改革，成立了以教育行政部门为领导，职业教育教研部门为主导，以骨干教师为主体，行业企业专家深度参与的课程开发与实施团队。按照“边研究、边实践、边推广”的思路，在部分重点学校的重点专业开展了系统的理论研究与实践探索，并不断总结和完善，初步建立了以能力为本位，以项目课程为主体，以职业实践为主线，具有鲜明地方特色的模块化课程体系。本书是南京职业教育课程改革的系列理论研究和实践成果之一。

本书具有以下特点：

1. 本书以就业为导向，以国家职业标准中级数控车工考核要求为基本依据。
2. 在结构上，从职业院校学生基础能力出发，遵循专业理论的学习规律和技能的形成规律，根据数控车床加工元素的特征分教学模块，按照由简到难的顺序，设计一系列课题（项目），使学生在课题引领下学习数控车床编程与操作的相关理论和技能，避免理论教学与实践相脱节。
3. 在内容上，将目前广泛使用的法那克系统和西门子系统同时对比介绍，有利于学生理解和记忆，提高学习效率。
4. 在形式上，通过[学习目标]、[知识学习]、[技能训练]、[资料链接]、[操作注意事项]等形式，引导学生明确各课题的学习目标，学习与课题相关的知识和技能，并适当拓展相关知识，强调在操作过程中应注意的问题。

本书由江苏省六合职业教育中心校朱明松任主编。参编有江苏省六合职业教育中心校王立云、潘世毅、陈飞飞，南京市江宁职业技术教育中心陈炳，江苏省江浦职业教育中心校斯桃。本书由南京工程学院杨清林和南京市职业教育教学研究室陶建东主审。陶建东负责组织和指导本书的编写。

职业教育课程改革系列教学用书的编写是一项全新的工作。由于没有成熟经验借鉴，也没有现成模式套用，尽管我们尽心竭力，遗憾在所难免，敬请读者指正。

南京市职业教育教学研究室

2008年3月

目 录

前言	1
模块一 数控车床基本操作	1
课题一 数控车床基础知识	7
课题二 数控车床面板功能	16
课题三 数控车床手动操作与试切削	22
课题四 数控车床程序输入与编辑	28
课题五 数控车床 MDI (MDA) 操作及对刀	41
模块二 轴类零件加工	41
课题一 简单阶梯轴加工	51
课题二 槽加工及切断	62
课题三 外圆锥面加工	73
课题四 多阶梯轴加工	88
模块三 套类零件加工	88
课题一 通孔类零件加工	97
课题二 阶梯孔、不通孔类零件加工	106
课题三 内轮廓综合加工	114
模块四 成形面类零件加工	114
课题一 凹圆弧面零件加工	123
课题二 凸圆弧面零件加工	133
课题三 内圆弧面零件加工	140
课题四 综合成形面类零件加工	148
模块五 三角形螺纹加工	148
课题一 三角形圆柱外螺纹加工	158
课题二 三角形圆锥外螺纹加工	167
课题三 三角形圆柱内螺纹加工	175
模块六 零件综合加工训练	175
课题一 零件综合加工训练一	183
课题二 零件综合加工训练二	192
课题三 零件综合加工训练三	201
课题四 零件综合加工训练四	216
课题五 零件综合加工训练五	224
课题六 零件综合加工训练六	226
课题七 零件综合加工训练七	228
课题八 零件综合加工训练八	229
课题九 零件综合加工训练九	231
课题十 零件综合加工训练十	234
参考文献	

模块一 数控车床基本操作

课题一 数控车床基础知识

【学习目标】

- ① 了解数控车床型号标记、种类。
- ② 了解数控车床组成。
- ③ 了解数控车床加工的特点。
- ④ 了解数控车床的加工范围。

【知识学习】

一、数控车床概述

数控车床是用计算机数字化信号控制的机床。操作时将编制好的加工程序输入到机床专用的计算机中，再由计算机指挥机床各坐标轴的伺服电动机去控制车床各部件运动的先后顺序、速度和移动量，并与选定的主轴转速相配合，车削出形状不同的工件。数控车床上零件的加工过程如图 1-1 所示。

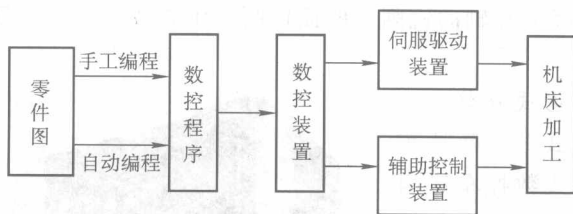
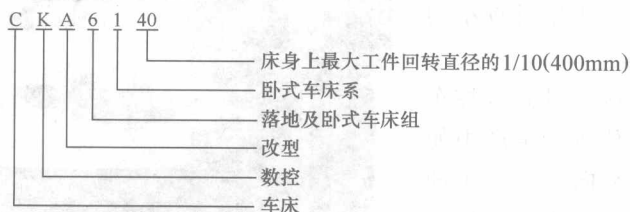


图 1-1 数控车床上零件加工过程

二、数控车床的型号标记

数控车床采用与卧式车床相类似的型号表示方法，由字母及一组数字组成。例如，数控车床 CKA6140 各代号含义如下：



三、数控车床种类

数控车床按不同方式分有不同的种类。现按所配置的数控系统、数控车床功能、主轴配置形式、控制方式分别介绍。

1. 按数控系统分类

目前工厂常用数控系统有 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。每一种数控系统又有多种型号，如 FANUC（法那克）系统从 0i 到 23i、SIEMENS（西门子）系统从 SINUMERIK 802S、802C 到 802D、810D、840D 等。各种数控系统指令各不相同。即使同一系统不同型号，其数控指令也略有差别，使用时应以数控系统说明书指令为准。本书以 FANUC（法那克）0i Mate-TC 系统和 SINUMERIK（西门子）802S/C 系统为例。

2. 按数控车床的功能分类

按数控车床的功能分，数控车床可分为经济型数控车床、普通数控车床和车削加工中心三大类。

（1）经济型数控车床 经济型数控车床是在卧式车床基础上进行改进设计的，一般采用步进电动机驱动的开环伺服系统，其控制部分通常采用单板机或单片机。经济型数控车床成本较低，自动化程度和功能都比较差，车削加工精度也不高，适用于要求不高的回转类零件的车削加工。

（2）普通数控车床 根据车削加工要求，在结构上进行专门设计并配备通用数控系统而形成的数控车床。其数控系统功能强，自动化程度和加工精度也比较高，可同时控制两个坐标轴，即 X 轴和 Z 轴，应用较广，适用于一般回转类零件的车削加工。

（3）车削加工中心 在普通数控车床的基础上，增加了 C 轴和铣削动力头，更高级的数控车床带有刀库，可控制 X、Z 和 C 三个坐标轴，联动控制轴可以是（X、Z）、（X、C）或（Z、C）。由于增加了 C 轴和铣削动力头，这种数控车床的加工功能大大增强，除可以进行一般车削还可以进行径向和轴向铣削、曲面铣削、中心线不在零件回转中心的孔和径向孔的钻削等加工。

3. 按车床主轴配置形式分类

按车床主轴配置形式分，数控车床有立式数控车床、卧式数控车床两种。

（1）立式数控车床 立式数控车床主轴处于垂直位置，有一个直径很大的圆形工作台，供装夹工件，如图 1-2 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 卧式数控车床主轴轴线处于水平位置，生产中使用较多，常用于加工径向尺寸较小的轴类、盘类、套类复杂零件。它的导轨有水平导轨式和倾斜导轨式两种。水平导轨结构用于普通数控车床、经济型数控车床。水平导轨式数控车床的外形如图 1-3 所示。

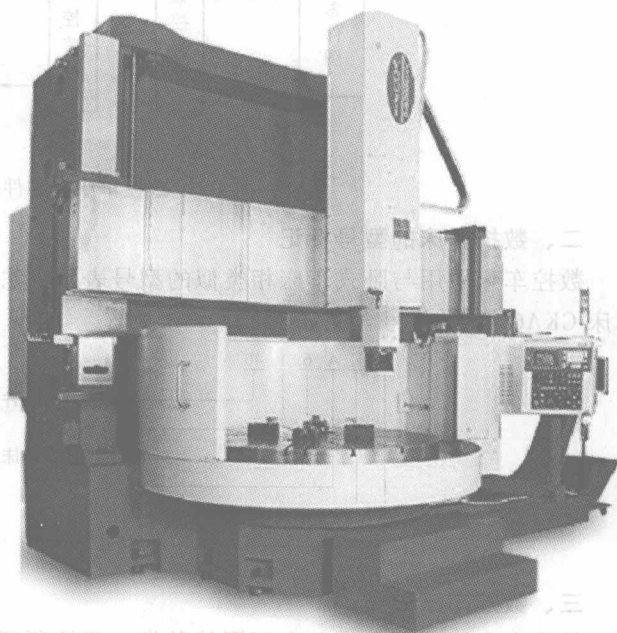


图 1-2 立式数控车床

倾斜导轨结构可以使车床具有较大刚性，且易于排除切屑，用于档次较高的数控车床及

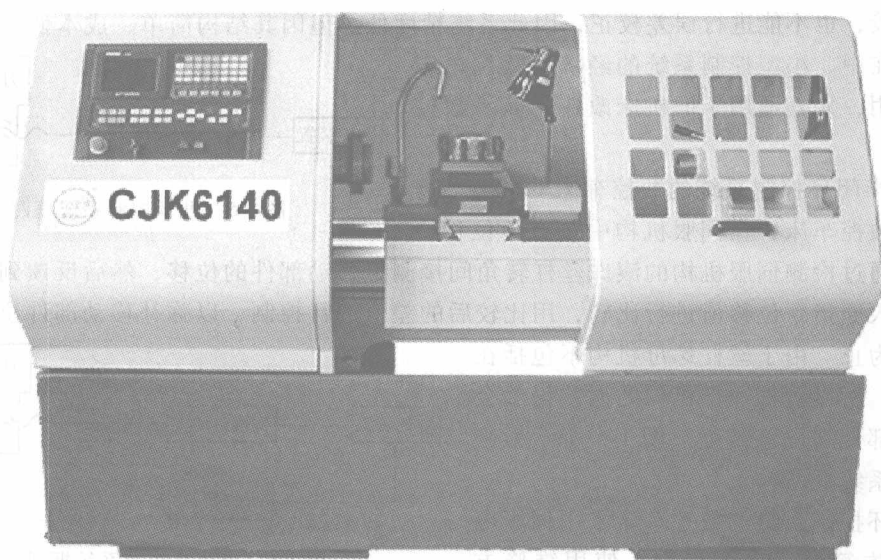


图 1-3 水平导轨式数控车床

车削加工中心。倾斜导轨式数控车床的外形如图 1-4 所示。



图 1-4 倾斜导轨式数控车床

4. 按控制方式分类

按控制方式分，数控车床可分为开环控制、半闭环控制和闭环控制的数控车床三大类。

(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。进给伺服系统采用步进电动机，数控系统每发出一个指令脉冲，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 1-5 为开环控制系统框图。

开环控制系统的数控车床不具有反馈装置，对移动部件实际位移量的测量不能与原指令

值进行比较，也不能进行误差校正，因此系统精度低。但因其结构简单、成本低、技术容易掌握，故在中、小型控制系统的经济型数控车床中得到应用，尤其适用于旧机床改造的简易数控车床。

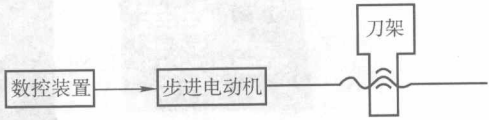


图 1-5 开环控制系统框图

(2) 半闭环控制系统的数控车床 半闭环控制系统的数控车床，在伺服机构中装有角位移检测装置，通过检测伺服机构的滚珠丝杠转角间接测量移动部件的位移，然后反馈到数控装置中，与输入原指令位移值进行比较，用比较后的差值进行控制，以弥补移动部件位移，直至差值消除为止。由于丝杠螺母机构不包括在闭环之内，所以丝杠螺母机构的误差仍然会影响移动部件的位移精度。图 1-6 所示为半闭环控制系统框图。

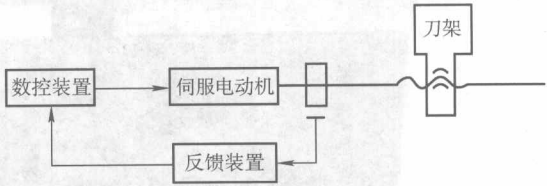


图 1-6 半闭环控制系统框图

半闭环控制系统的数控车床采用伺服电动机，结构简单，工作稳定，使用维修方便，目前应用比较广泛。

(3) 闭环控制系统的数控车床 闭环控制系统的数控车床在车床移动部件位置上直接装有直线位置检测装置，将检测到的实际位移反馈到数控装置中，与输入的原指令位移值进行比较，用比较后的差值控制移动部件作补充位移，直至差值消除为止，达到精度要求。图 1-7 所示为闭环控制系统框图。

闭环控制系统数控车床的优点是精度高（一般可达 0.01mm，最高可达 0.001mm），但结构复杂，维修困难，成本高，用于加工精度要求很高的场合。

除此之外，数控车床还可按刀架数量分为单刀架数控车床和双刀架数控车床；按加工零件基本类型分为卡盘式夹紧数控车床和顶尖式夹紧数控车床；按控制轴数可分为两轴控制的数控车床、四轴控制的数控车床等。

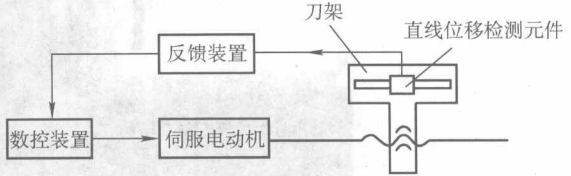


图 1-7 闭环控制系统框图

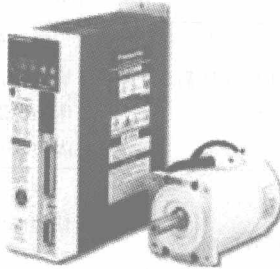
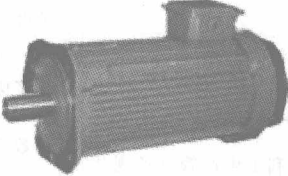
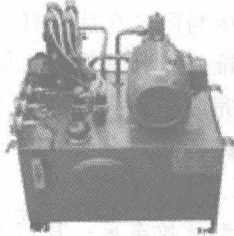
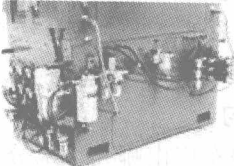
四、数控车床组成

数控车床由车床主体、控制部分、驱动部分、辅助部分组成，见表 1-1。

表 1-1 数控车床的组成部分

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	

(续)

序号	组成部分	说 明	图 例
2	控制部分	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	 数控系统
3	驱动部分	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
4	辅助部分	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、自动清屑器等	 冷却系统  润滑系统

五、数控车床加工特点（见表 1-2）

表 1-2 数控车床加工特点		
序号	特 点	说 明
1	能加工复杂型面	数控车床因能实现两坐标轴联动，所以容易实现许多卧式车床难以完成或无法加工的曲线、曲面构成的回转体加工及非标准螺距螺纹、变螺距螺纹加工
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对新零件的加工；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	数控车床按照预定的加工程序自动加工工件，加工过程中消除了操作者人为的操作误差，能保证零件加工质量的一致性，而且还可以利用反馈系统进行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	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，不需要进行其它复杂手工操作，劳动强度和紧张程度均大为减轻。此外，机床上一般都具有较好的安全防护、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	生产效率高	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，生产效率比普通机床高 2~3 倍；加工形状复杂的零件，生产效率可高达十几倍到几十倍
6	经济效益高	单件、小批生产情况下，使用数控车床可以减少划线、调整、检验时间而减少生产费用。节省工艺装备，减少装备费用等而获得良好的经济效益。此外，加工精度稳定减少了废品率。数控机床还可实现一机多用，节省厂房、节省建厂投资等
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作业时，有效地简化了检验和工夹具、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

六、数控车床的加工范围

数控车床与卧式车床一样主要用于轴类、盘类等回转体零件的加工，如完成各种内、外圆柱面、圆锥面、圆柱螺纹、圆锥螺纹、切槽、钻扩、铰孔等工序的加工；还可以完成卧式车床上不能完成的圆弧、各种非圆曲面构成的回转面、非标准螺纹、变螺距螺纹等表面加工。数控车床特别适合于复杂形状的零件或中、小批量零件的加工。

【资料链接】

全功能型数控车床：目前市场上还有全功能型数控车床说法，它属于普通数控车床中功能配置较完善的一种数控车床；一般采用闭环或半闭环控制，倾斜导轨，配置有伺服刀塔或液压刀塔；采用液压卡盘自动夹紧工件；主轴电动机为变频电动机，有的配置有液压变速机构，有的配置有液压尾座等。

【思考与练习】

- 1. 数控车床由哪几个部分组成？
- 2. 目前工厂中常用的数控系统有哪些？
- 3. 数控车床加工特点有哪些？

4. 数控车床加工内容有哪些?

课题二 数控车床面板功能

【学习目标】

- ① 掌握 FANUC (法那克) Oi Mate-TC 系统数控车床面板功能。
- ② 掌握 SINUMERIK (西门子) 802S/C 系统数控车床面板功能。
- ③ 掌握数控车床安全操作规程。
- ④ 熟悉数控车床日常维护及保养。

【知识学习】

一、FANUC (法那克) Oi Mate 系统数控车床面板功能

1. CRT/MDI 数控操作面板

图 1-8 所示为 FANUC (法那克) Oi Mate 数控操作面板。

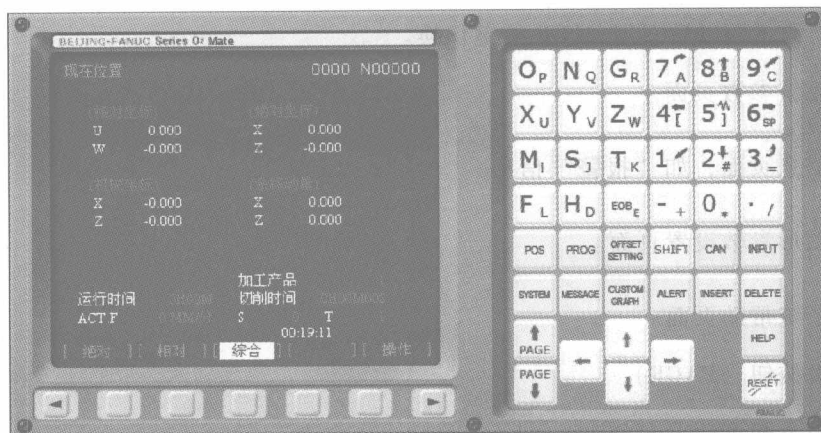
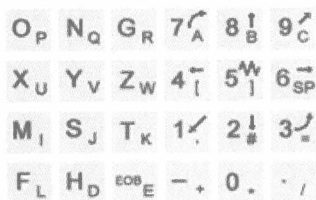


图 1-8 FANUC (法那克) Oi Mate 数控操作面板

各键的符号及用途如下:

(1) 数字/字母键



数字/字母键用于输入数据到输入区域, 系统自动判别取字母还是取数字。字母和数字键通过 **SHIFT** (上档) 键切换输入, 如 O—P、7—A。

(2) 编辑键

ALTER 替换键 用输入的数据替换光标所在的数据。

DELETE 删除键 删除光标所在的数据; 删除一个程序或者删除全部程序。

INSERT 插入键 把输入区之中的数据插入到当前光标之后的位置。

CAN 取消键 消除输入区内的数据。

EOB_E 回车换行键 结束一行程序的输入并且换行。

SHIFT 上档键。

(3) 页面切换键

PROG 程序显示与编辑页面。

POS 位置显示页面。位置显示有三种方式，用 **PAGE** 按键选择。

OFFSET SETTING 参数输入页面。按第一次进入坐标系设置页面，按第二次进入刀具补偿参数页

面。进入不同的页面以后，用 **PAGE** 按键切换。

SYSTEM 系统参数页面。

MESSAGE 信息页面，如“报警”信息。

CUSTOM GRAPH 图形参数设置页面。

HELP 系统帮助页面。

(4) 翻页按钮 (**PAGE**)

↑ PAGE 向上翻页。

PAGE ↓ 向下翻页。

(5) 光标移动 (**CURSOR**)

↑ 向上移动光标。

↓ 向下移动光标。

← 向左移动光标。

→ 向右移动光标。

(6) 输入键

INPUT 输入键 把输入区内的数据输入参数页面。

RESET 复位键。

2. 机床操作面板（以北京 FANUC Oi Mate 标准操作面板为例）

北京 FANUC Oi Mate 机床标准操作面板如图 1-9 所示，主要用于控制机床的运动和选择机床运行状态，由模式选择旋钮、数控程序运行控制开关等多个部分组成。各按键功能见表 1-3。

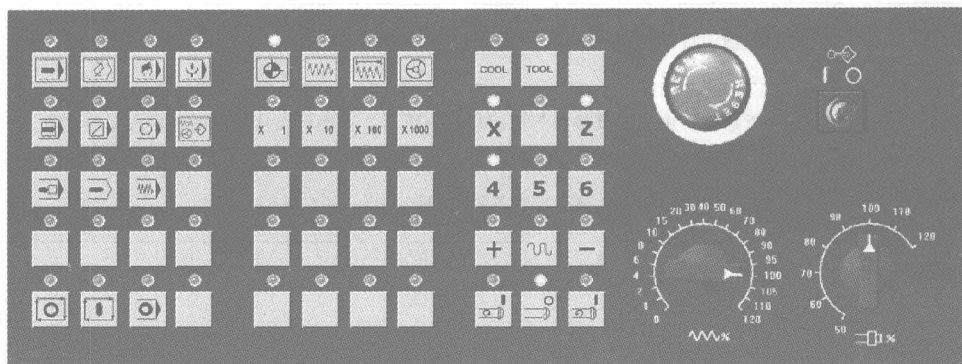


图 1-9 北京 FANUC Oi Mate 标准操作面板

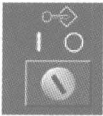
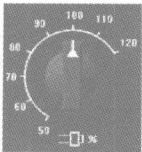
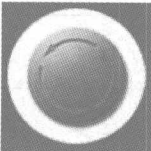
表 1-3 FANUC Oi Mate 机床操作面板按键功能

按 键	功 能
	AUTO (MEM) 键（自动模式键）：进入自动加工模式
	EDIT 键（编辑键）：用于直接通过操作面板输入数控程序和编辑程序
	MDI 键（手动数据输入键）：用于直接通过操作面板输入数控程序和编辑程序
	文件传输键：通过 RS232 接口把数控系统与计算机相联并传输文件
	REF 键（回参考点键）：通过手动回机床参考点
	JOG 键（手动模式键）：通过手动连续移动各轴
	INC 键（增量进给键）：手动脉冲方式进给
	HNDL 键（手轮进给键）：按此键切换成手摇轮移动各坐标轴
	切削液开关键：按下此键，切削液开
	刀具选择键：按下此键在刀具库中选刀
	SINGL 键（单段执行键）：自动加工模式和 MDI 模式中，单段运行

(续)

按 键	功 能
	程序段跳键：在自动模式下按此键，跳过程序段开头带有“/”的程序
	程序停键：自动模式下，遇有 M00 指令程序停止
	程序重启键：由于刀具破损等原因自动停止后，程序可以从指定的程序段重新启动
	程序锁开关键：按下此键，机床各轴被锁住
	空运行键：按下此键，各轴以固定的速度运动
	机床主轴手动控制开关：手动模式下按此键，主轴正转
	机床主轴手动控制开关：手动模式下按此键，主轴停
	机床主轴手动控制开关：手动模式下按此键，主轴反转
	循环（数控）停止键：数控程序运行中，按下此键停止程序运行
	循环（数控）启动键：在“AUTO”或“MDI”工作模式下按此键自动加工程序，其余时间按下无效
	X 轴方向手动进给键
	Z 轴方向手动进给键
	正方向进给键
	快速进给键，手动方式下，同时按住此键和一个坐标轴点动方向键，坐标轴以快速进给速度移动
	负方向进给键
	选择手动移动（步进增量方式）时每一步的距离。X1 为 0.001mm
	选择手动移动（步进增量方式）时每一步的距离。X10 为 0.01mm
	选择手动移动（步进增量方式）时每一步的距离。X100 为 0.1mm
	选择手动移动（步进增量方式）时每一步的距离。X1000 为 1mm

(续)

按 键	功 能
	程序编辑开关：置于“ON”位置，可编辑程序
	进给速度（F）调节旋钮：调节进给速度，调节范围为0~120%
	主轴转速调节旋钮：调节主轴转速，调节范围为50%~120%
	紧急停止按钮：按下此按钮，可使机床和数控系统紧急停止，旋转可释放紧急停止

二、SINUMERIK（西门子）802S/C 数控车床面板功能

1. 数控操作面板

SINUMERIK（西门子）802S/C 数控操作面板如图 1-10 所示。

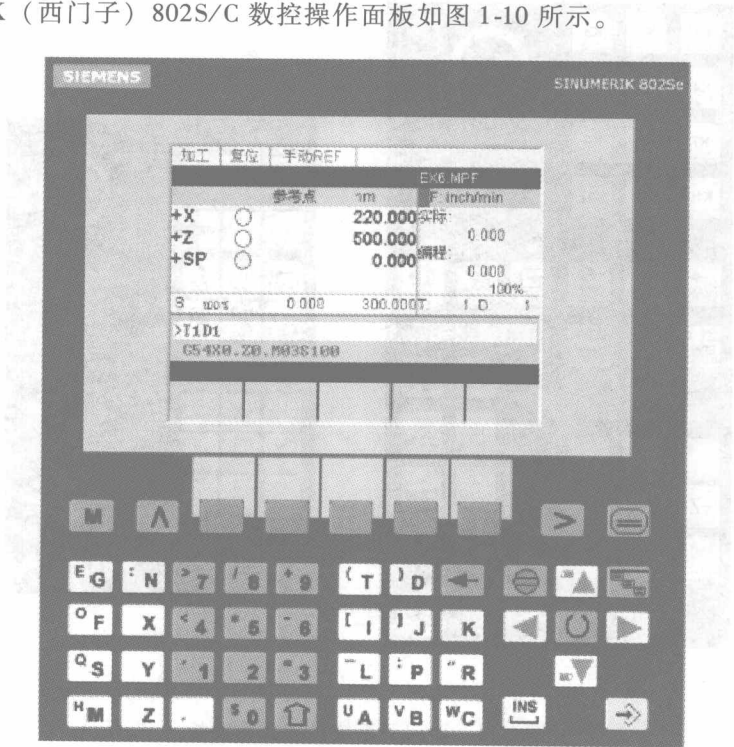


图 1-10 SINUMERIK（西门子）802S/C 数控操作面板