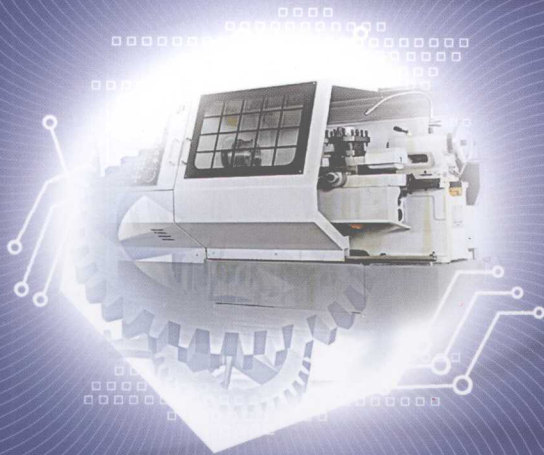




21世纪高职高专规划教材·机电类

数控车床编程与强化实训

主编 崔树伟 孙丽丽 主审 徐保国



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内容简介

21 世纪高职高专规划教材·机电类

数控车床编程与强化实训

主 编 崔树伟 孙丽丽
主 审 徐保国

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本教材主要内容以 CAK6150 - FANUC - 0i 系统车床为基础编写, 共分 6 章。从入门知识入手分别介绍了数控车床的基本操作、数控车床程序编制的基本方法、外轮廓的加工实例、内轮廓的加工实例以及综合练习题等内容, 全书从编程原理→编程举例→数控加工为主线使读者容易掌握。

本书可作为高职高专院校和中等职业学校数控技术、机电一体化、机械制造等专业教材, 也可作为工程技术人员以及自学者的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

数控车床编程与强化实训/崔树伟, 孙丽丽主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2008. 4

21 世纪高职高专规划教材·机电类

ISBN 978 - 7 - 5640 - 1463 - 6

I. 数… II. ①崔… ②孙… III. 数控机床: 车床 - 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 (2008) 第 035065 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地质印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 8

字 数 / 159 千字

版 次 / 2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 4000 册

定 价 / 13.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 吴皓云

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前 言

当前我国高等职业教育正在迅速发展,高等职业的培养目标是理论知识以够用为度,有较强的动手能力,为了实现这一目标我院有针对性地提出“进来的是学生,走出去的是能手”的办学理念,尽快培养出社会所需要的高级技术应用型人才。而发展高职教育需要与之相适应的教材。

本书共分6章,从入门知识开始,介绍了数控车床的基本操作、数控车床程序编制的基本方法、外轮廓的加工实例、内轮廓的加工实例等。

本教材的主要内容是以CAK6150-FANUC-0i系统车床为基础编写,内容上突出以下特点:

- (1) 高职特点明显,内容以职业技能教学大纲为依据,突出实践的原则。
- (2) 强调普通车床的加工工艺与数控车床的编程有机结合。
- (3) 从编程到加工列举了很多的实例供读者学习与实践,实用性强。
- (4) 教材以编程原理→编程举例→数控加工为主线使读者容易掌握。

本书由天津现代职业技术学院崔树伟、孙丽丽主编,徐保国主审。在编写过程中参考了兄弟院校的教材和资料,得到了有关教师和工程技术人员的大力支持和技术指导,特此表示感谢。

本书可作为高职高专院校和中等职业学校数控技术、机电一体化、机械制造等专业教学用书,也可作为工程技术人员以及自学者的参考用书。

由于编者水平有限加之时间仓促,缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 入门知识	1
§ 1.1 文明生产和安全教育操作技术	1
§ 1.2 FANUC -0i 数控车床简介	3
§ 1.3 数控车床的维护与保养	5
第2章 数控车床的基本操作	8
§ 2.1 数控车床的面板操作	8
§ 2.2 数控车床的对刀方法	17
第3章 程序编制的基本方法	23
§ 3.1 数控车床程序的结构组成	23
§ 3.2 数控车床程序编制的基本方法	27
第4章 外轮廓的加工实例	51
§ 4.1 外圆端面加工实例	51
§ 4.2 切槽与切断加工实例	54
§ 4.3 锥面加工实例	57
§ 4.4 螺纹加工实例	60
§ 4.5 复合循环加工成形面实例	67
§ 4.6 子程序加工实例	76
§ 4.7 综合加工编程实例	78
第5章 内轮廓加工及编程	84
§ 5.1 阶梯孔的加工方法	84
§ 5.2 内沟槽的加工方法	87
§ 5.3 内螺纹的加工方法	90
§ 5.4 内曲面的加工方法	93

第6章 综合练习题	99
练习题一	99
练习题二	99
练习题三	99
练习题四	100
练习题五	100
练习题六	101
练习题七	101
练习题八	101
练习题九	102
练习题十	102
练习题十一	102
练习题十二	102
练习题十三	105
练习题十四	105
练习题十五	106
练习题十六	106
练习题十七	107
练习题十八	108

附录	109
----------	-----

数控车床（中级）考核练习题1	109
数控车床（中级）考核练习题2	112
数控车床（中级）考核练习题3	115

参考文献	120
------------	-----

第1章

入门知识

§ 1.1 文明生产和安全教育操作技术

一、实训教学要求

- (1) 了解数控实训课的教学特点，在教师的指导下完成好实训任务。
- (2) 了解文明生产和安全操作技术知识。
- (3) 了解本校的实训状况。

二、实训教学重点难点

- (1) 严格遵守安全操作规程，培养学生的安全意识。
- (2) 遵守规章制度提高执行纪律的自觉性，养成文明操作的好习惯。
- (3) 逐步培养学生独立作业的能力，为今后走向工作岗位打下坚实基础。

三、实训教学内容

学生在操作数控车床之前，首先要进行有关安全文明生产和车床安全操作规程与设备维护的教育，以保证车床操作者的人身安全和设备安全。

学生在数控实训车间从事相关数控加工等实训课程学习中，要遵守如下规程：

1. 数控车床文明生产规定

- (1) 各班次实习课结束后应做好设备清洁、润滑保养工作以及车间清洁工作。核实刀具、工卡量具等公用物品是否完好齐全，并放之在合理位置。
- (2) 应爱护公共财物，管理好个人财物。
- (3) 实习学生必须穿工作服，女同学应带工作帽，头发或辫子应塞入帽内。
- (4) 带防护眼镜，注意头部与工件不能靠得太近。

- (5) 未经教师允许,不得擅自动用电器设备,操作时必须脚踩安全踏板。
- (6) 装夹较长工件时必须在教师指导下严格按照操作步骤操作。
- (7) 必须按单人操作,不可两人同时操作一台车床。
- (8) 必须在完全清楚操作步骤时进行操作,有问题可询问教师,不可进行尝试性操作。

2. 数控车床基本操作规程

- (1) 学生在使用数控车床时,必须在教师指导下严格按照操作步骤操作。
- (2) 车床有异常要立即报告,不可随意擅自拆卸零部件。
- (3) 用手动或机动移动各轴时,必须看清各轴正负向。
- (4) 工具、量具等禁止放在车床床身的导轨上。
- (5) 必须在教师检查完程序无误后方可试运行。
- (6) 运行程序必须由教师监督。不可远离已经开启的数控设备。
- (7) 程序启动前刀具应离工件端面 $+X$ 、 $+Z$ 向 200 mm 以上。
- (8) 运行程序时光标必须放在程序头,且机械坐标原点与绝对坐标原点数值相同,否则可使用上、下电方法或采用全轴解决。
- (9) 启动自动加工循环按钮后,右手应始终不离开急停按钮,如有情况立即按下。
- (10) 运行程序时必须关防护门。
- (11) 测量工件时,必须等车床完全停止、主轴停转,此时千万不要触及开始按钮,以防伤人。
- (12) 加工完毕后,清扫车床,主轴停转 3 min 后方可关机。

四、相关工艺知识

在学习数控车床编程与操作之前,学员要学好初、高中数学知识,机械制图和公差与配合知识,金属材料与热处理知识,普通车床的工艺与操作技能,切削原理与刀具知识。

五、容易出现的问题及注意事项

- (1) 电器柜和操作台有中压、高压终端,不得随意打开电器柜与操作台。
- (2) 检查润滑油箱的液位是否在规定的液位线上,不够时应及时补充。并对手动润滑部位进行润滑,要用指定的润滑油和液压油。
- (3) 对于车床出现的电器和机械故障,应及时停机并报告专业技术人员处理,不得使车床带故障工作或自行处理。
- (4) 加工前必须认真校验程序,以防止因编程不当而造成破坏性事故。
- (5) 车床上电后及解除急停或超程后,必须执行各轴回参考点,应 X 轴先回零后 Z 轴再回零。
- (6) 有关车床参数出厂前已设好,不要随意改动修改。
- (7) 数控车床上下电一定要按操作说明书中的先后顺序进行。

§ 1.2 FANUC -0i 数控车床简介

一、实训教学要求

- (1) 要求学生在教师的指导下了解车床的规格及功能。
- (2) 了解数控车床的组成及分类。

二、实训教学重点难点

- (1) 要求学生掌握数控车床的基本性能。
- (2) 掌握 FANUC 数控车床的基本结构。

三、实训教学内容

1. 数控车床的技术规格 (见表 1-1 所示)

表 1-1 CAK6150—FANUC -0i -mate 车床技术规格

项目内容		规定参数	项目内容		规定参数
床身最大回转直径/mm		500	X 轴	最大移动速度 /(mm·min ⁻¹)	4 000
横拖板最大回转直径/mm		250		最大移动单位/mm	0.000 5
主 轴 箱	主轴锥度	莫氏 7 号		最大静力矩/(N·m)	4
	转速范围/(r·min ⁻¹)	22 ~ 22 000	尾 座	最大行程/mm	120
	主轴锥孔直径/mm	φ70		锥孔的锥度	莫氏 5#
Z 轴	最大移动距离/mm	750		套筒直径/mm	φ70
	最大移动速度 /(mm·min ⁻¹)	8 000	四方位刀架装刀数		每次 4 把刀
	最小移动单位/mm	0.001	和刀方尺寸/mm		刀方 25 × 25
	伺服电机/(N·m)	6	刀架重复定位精度/mm		<0.004
X 轴	最大移动距离/mm	185	车床静重/kg		主电机功率/7.5W
			外形尺寸/mm		2 500 × 1 250 × 1 600

注: CAK——代表数控车床; 61——代表卧式车床;
 50——代表主轴回转直径 1/10;
 FANUC——代表日本法那克系统;
 0i——代表主轴是变频无级变速共有四挡;
 M40——空挡位;
 M41——S22 ~ 246 r/min;
 M42——S66 ~ 725 r/min;
 M43——S203 ~ 2 200 r/min。

2. 数控车床的组成

数控车床的组成方框图如图 1-1 所示。

3. 数控车床的基本功能

数控车床的功能可以分为两大类，第一种功能是车床必有功能；第二种功能是可供选择的功能。

(1) 控制功能——能同时控制两轴同时移动；

(2) 插补功能——主要进行直线、斜线、圆弧插补；

(3) 进给功能——快速移动功能、程序进给功能、手动进给功能、自动进给加减速功能；

(4) 主轴功能——主轴速度选择功能、恒线速功能、主轴的限速功能；

(5) 刀具功能——刀具选择功能、刀具补偿功能（刀具半径补偿、长度补偿、刀尖磨损补偿）；

(6) 编程功能——坐标系设定功能、编辑存储功能、数据显示功能、诊断功能、误差补偿功能；

(7) 诊断功能——能及时显示车床或程序加工中的故障；

(8) 校验功能——能检验刀具的运行轨迹。

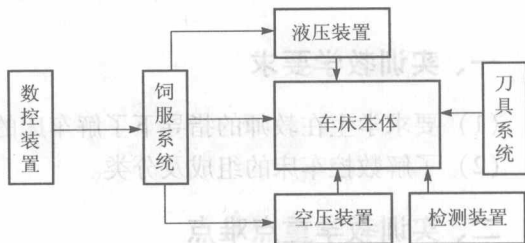


图 1-1 数控车床的组成方框图

四、相关工艺知识

1. 数控车床的分类

数控车床的分类方法与普通车床分类方法相同，按车床的配置方法分为卧式数控车床和立式数控车床。

(1) 卧式数控车床。车床主轴是水平配置的，主轴上装有卡盘，它是装夹工件用的，在水平导轨上配置四方刀架，用来装夹刀具。还有一个尾座，它的锥孔中可以装钻头用来钻孔，或装顶尖用来定位和支撑较长的轴类零件。

(2) 立式数控车床。立式数控车床的主轴是垂直配置的，其上装有一个较大的卡盘是装夹工件的，车床的横梁和立柱上配置有垂直刀架和侧刀架。

2. 数控车床坐标系建立原则

根据卧式数控车床的结构，车床运动部件有主轴的旋转运动和刀架沿水平导轨的纵向和横向移动。所以数控车床的坐标系是由一个回转坐标和两个直线坐标组成的。

(1) Z 轴：车床的主轴是传递切削功率的，所以将主轴的轴线命名为 Z 坐标轴。

(2) X 轴：以刀架平行于工件装夹面的水平横向移动命名为 X 坐标轴，它的方向是沿着工件径向并远离工件方向为正方向。

3. 数控车床坐标系中的各原点

(1) 车床原点 M 。车床原点也叫作车床零点，也就是车床坐标系的原点。它的位置是由车床制造厂确定的，通常设置在主轴的轴心线与装配卡盘的法兰端面的交点。

(2) 车床参考点 R 。车床参考点又称为车床固定原点或机械原点。车床设在 X 轴和 Z 轴距车床坐标系原点最大的位置处。这个点是车床上电或按急停按钮时必须返回的点。

(3) 刀架基准点 F 。数控车床上无论是四方刀架还是转轮刀架，其上都有基准点 F ，它安装在刀架上，刀具刀尖相对 F 点补偿值的测量基准，也是车床控制系统计算刀尖在程序加工所在位置坐标尺寸的基准点。

(4) 工件编程原点 W 。在数控车床上对零件进行程序加工时，首先要在被加工的工件上建立工件坐标系，该坐标系的原点就是工件编程原点，也叫编程零点。零件的加工程序中各刀位点的坐标值计算和正负符号都是以工件零点来决定的，数控车床的各原点位置如图 1-2 所示。

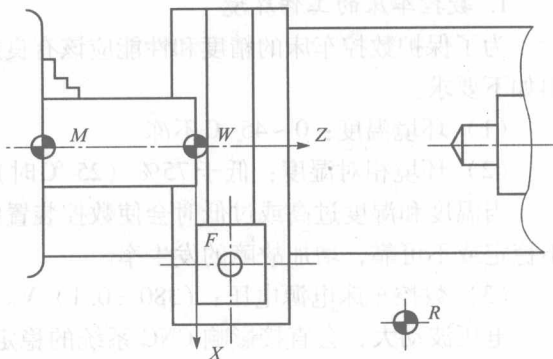


图 1-2 数控车床各原点位置

五、容易出现的问题及注意事项

- (1) 工件的加工长度应小于主轴和尾座两顶尖之间的距离。
- (2) 工件的毛坯尺寸应小于规定的回转直径。
- (3) 对于符合车床加工范围的较长零件如果超出 Z 轴移动范围，根据情况可分段编程。
- (4) 编程时要考虑分进给与转进给，公制与英制的设置要与车床的设置一致。
- (5) 车床的软限位已由专业人员提前设置完成，操作者不可随意变动。

§ 1.3 数控车床的维护与保养

一、实训教学要求

- (1) 要求学生在教师的指导下掌握数控车床的日常维护与保养知识。
- (2) 养成定期对数控车床进行一级保养的好习惯。

二、实训教学重点难点

- (1) 掌握对数控车床的维护及保养方法。

(2) 在教师的指导下定期对数控车床进行一级保养。

三、实训教学内容

数控车床是一种高度机电一体化产品,维护与保养方面与传统车床有很大区别。因此,在学习和掌握数控车床编程和操作的同时,也应学会数控车床的维护与保养知识。

1. 数控车床的工作环境

为了保护数控车床的精度和性能应该有良好的工作环境:因此对数控车床的工作环境提出如下要求。

(1) 环境温度: $0 \sim 45^{\circ}\text{C}$ 不冻。

(2) 环境相对湿度: 低于 75% (25°C 时)。

当温度和湿度过高或过低时会使数控装置的电子元件的技术性能发生较大变化,使工作不稳定或不可靠,增加故障的发生率。

(3) 数控车床电源电压: $(380 \pm 0.1) \text{ V}$ 。允许电压频率: $(50 \pm 2) \text{ Hz}$ 。

电压波动大,会直接影响 CNC 系统的稳定,加速电子元器件的损坏,影响车床的正常运行。如果电网波动大,应在车床前安装稳压电源。

(4) 室内要求: 空气清洁,防尘、防腐、防晒、防震。

数控车床附近不能安装有砂轮机、冲床、锻压机等可引起粉尘和振动的设备,不要加工铸铁类产生粉尘较大的材料。

(5) 数控车床附近应避开强电场和强磁场区域,如电焊、磁力探伤等,防止干扰系统正常工作。

(6) 数控车床应该严格按照制造厂的安装要求进行安装和验收。

2. 数控车床的维护与保养

数控车床是一种高精度、高效率、高价值的机电一体化设备。为了充分发挥数控车床的作用,应做好日常维护和保养工作。具体内容如下:

(1) 保证车床主体有良好的润滑状态。

(2) 定期检查、清洗自动润滑系统,添加或更换规定的润滑油,保证导轨、滑板、主轴、丝杠副等运动部位始终保持良好的润滑状态,以降低机械磨损,延长其使用寿命。

(3) 定期对车床的主轴、换刀系统、螺旋传动机构的反向间隙等进行精度检查和调整,以保证车床的加工精度。

(4) 对数控系统、自动输入装置及交流伺服电动机等重要部件,应定期进行必要的检查和清扫,及时消除其隐患。

(5) 注意更换存储器所用电池,以免在停机或瞬间断电产生程序及各种参数的丢失。

(6) 长期不用的数控车床,应经常通电。否则车床长期不用会因受潮等原因使电子元器件变质或损坏,较长时间不用时应定期通电,最好每周通电 1~2 次,每次 1 h 左右。

四、相关工艺知识

在学习和掌握数控车床编程和操作的同时,也应学习数控车床的维护和保养的有关知识,对数控车床生产中出现故障能够正确判断,以便进行正确的日常维护和及时的排出故障。属于机械设备和电子电器方面的故障,绝不能自行处理或让车床带病工作,必须由专业技术人员及时诊断和排除,使数控车床能够保持高精度和高效率的运转。

五、容易出现的问题及注意事项

- (1) 操作者使用后要做好设备的使用记录,交接班时要做好相应的检查。
- (2) 维修人员维修前,应仔细阅读数控车床的维修说明书。
- (3) 在电路电源及操作面板上断开电源之前,绝对不能进行各种维修操作。
- (4) 机械设备方面的故障由机械专业维修人员负责维修。
- (5) 电子电器方面的故障由专业维修人员负责维修。
- (6) 维修时超程开关和挡铁位置不许随意变动,否则会带来故障。
- (7) 维修内容应该有记录卡,详细记录故障情况。例如产生的原因,维修结果,采取什么防范措施或改进意见。

第2章

数控车床的基本操作

§ 2.1 数控车床的面板操作

一、实训教学要求

- (1) 要求学生掌握数控车床面板上的每一个按键和旋钮的作用及其使用方法。
- (2) 对面板操作熟练。

二、实训教学重点难点

- (1) 了解数控车床面板上每一个按键和旋钮的名称和用途。
- (2) 掌握数控车床面板上每一个按键和旋钮的使用方法。

三、实训教学内容

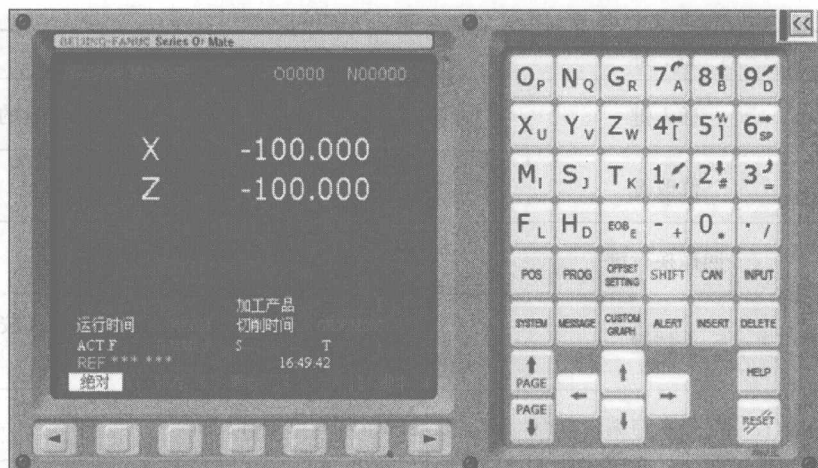
(一) 数控车床操作面板的组成

数控车床的操作面板是由两部分组成,如图 2-1 所示为沈阳第一车床厂 FANUC-0i-TB 数控系统的操作面板。图 2-1(a) 为 CRT/MDI 操作面板,由数控系统厂家设置。图 2-1(b) 是车床控制面板,由车床制造厂家设置。

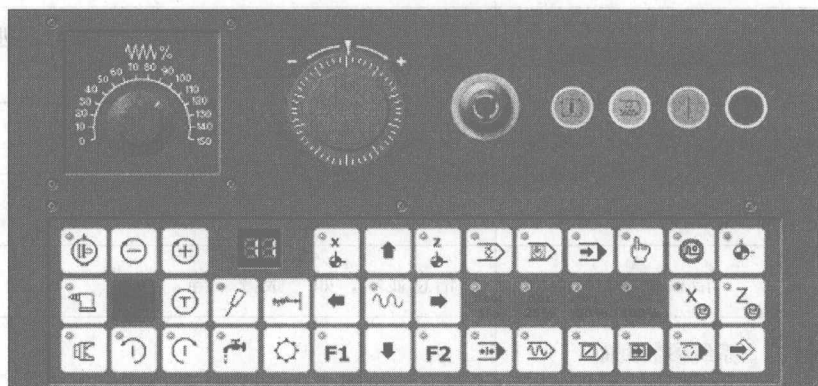
1. CRT/MDI 操作面板

CRT/MDI 操作面板如图 2-1(a) 所示。用操作键盘结合显示屏可以进行数控系统操作。

系统操作面板上各功能键的作用见表 2-1。



(a)



(b)

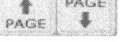
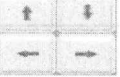
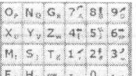
图 2-1 沈阳第一车床厂 FUNAC Oi-TB 数控系统的操作面板

(a) CRT/MDI 操作面板; (b) 车床控制面板

表 2-1 系统操作面板功能键的主要作用

按 键	名 称	按 键 功 能
	替代键	用输入的数据替代光标所在的数据
	删除键	删除光标所在的数据; 或者删除一个数控程序或者删除全部数控程序

续表

按 键	名 称	按 键 功 能
	插入键	把输入域之中的数据插入到当前光标之后的位置
	修改键	消除输入域内的数据
	回撤换行键	结束一行程序的输入并且换行
	上挡键	先按此键, 再按双字符键, 则系统输入按键右下角的字符
	数控程序显示与编辑页面	数控程序显示与编辑页面
	位置显示页面	位置显示有三种方式, 用 PAGE 按钮或软键选择
	刀具参数设置页面	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
	帮助键	显示系统帮助页面
	图形参数设置页面	图形参数设置或图形模拟显示
	信息页面	信息显示, 如“报警”等
	系统参数页面	
	复位键	
	翻页按钮	向上翻页/向下翻页
	光标移动	向上/向下/向左/向右移动光标
	输入键	把输入域内的数据输入参数页面或者输入一个外部的数控程序
	数字/字母键	输入数字/字母, 系统自动判别取字母还是取数字。与上挡键配合输入右下角对应字符

2. 车床控制面板

车床控制面板如图 2-1 (b) 所示。

车床操作面板功能介绍如下：

-  编辑方式（在此方式下可进行程序的输入、删除、修改等）
-  手动数据输入方式（执行 MDI 程序运行）
-  存储程序自动方式（自动运行程序加工操作按键）
-  手动进给方式（手动运行操作按键）
-  手摇脉冲方式（脉冲手轮进给运行按键）
-  返回参考点方式（每天上、下班车床必须返回参考点）
-  X 轴手摇脉冲进给（X 向脉冲进给配合手轮使用）
-  Z 轴手摇脉冲进给（Z 向脉冲进给配合手轮使用）
-  手摇脉冲最小单位 0.001 mm/G00 速度 F0
-  手摇脉冲单位 0.01 mm/G00 速度倍率 25%
-  手摇脉冲单位 0.1 mm/G00 速度倍率 50%
-  G00 速度倍率 100%
-  X 轴参考点指示（灯亮 X 轴返回参考点）
-  Z 轴参考点指示（灯亮 Z 轴返回参考点）
-  单程序段（按程序段执行加工程序一般用于首件加工）
-  任选程序段跳过（程序中有程序跳跃符使用该键才有效）
-  空运转（使用该键可快速校验程序）
-  车床锁住（程序校验时车床锁住而程序在运行）
-  X 轴负向点动（刀具运行速度由进给倍率控制）
-  X 轴正向点动（刀具运行速度由进给倍率控制）
-  Z 轴负向点动（刀具运行速度由进给倍率控制）
-  Z 轴正向点动（刀具运行速度由进给倍率控制）