



無錫職業技術學院

国家示范性高职院校建设项目成果

数控技术专业

行动导向的数控加工 工作指导

曹旺萍 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

国家示范性高职院校建设项目成果

要緊容的

行动导向的数控加工 工作指导

曹旺萍 主编

沈永 (112) 目錄或註釋

開辦升費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費

開辦費



高等教育出版社

地址：北京市西城区德胜门内大街2号

電話：010-58581000

傳真：010-58581000

内容提要

本书是根据《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)文件的要求,并结合无锡职业技术学院国家示范性高职院校课程建设工作而编写的。

本书在课程教学设计上,采用四阶段教学法,即了解资讯—制订计划—组织实施—检查评价的行动导向的教学模式;在结构上,以能力为本位,按照由简到难的顺序,通过数控车削和铣削六个典型零件编程与操作全过程的学习,掌握数控加工基本技能。

本书可作为高职高专、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院数控技术专业的实训教材,也可作为数控从业人员的业务参考书及培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

行动导向的数控加工工作指导 / 曹旺萍主编. —北京:
高等教育出版社, 2008.12
ISBN 978-7-04-025634-5

I. 行… II. 曹… 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 (2008) 第 176494 号

策划编辑	徐 进	责任编辑	杜惠萍	封面设计	赵 阳	责任绘图	尹 莉
版式设计	陆瑞红	责任校对	金 辉	责任印制	韩 刚		

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landracom.com
印 刷	北京中科印刷有限公司		http://www.landracom.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×1092 1/16	版 次	2008 年 12 月第 1 版
印 张	9	印 次	2008 年 12 月第 1 次印刷
字 数	210 000	定 价	13.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 25634-00

前 言

本书是无锡职业技术学院国家示范性高职院校建设项目成果之一。

本书是根据《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）文件中提出的“课程建设与改革是提高教学质量的核心”、“加大课程建设与改革的力度，增强学生的职业能力”的要求，结合无锡职业技术学院多年来借鉴德国“双元制”和澳大利亚“TAFE”课程开发模式而逐步创立的“一条主线、三个层面”实践能力培养模式，进行学习领域课程体系系统化设计，开发融“教、学、做”为一体的任务驱动与项目导向课程而编写的。

本书具有以下特点：

1. 在课程教学设计上，采用四阶段教学法，即了解资讯—制订计划—组织实施—检查评价的行动导向的教学模式，使学生在完整、综合性的行动中进行思考和学习，达到学会学习、学会工作，培养方法能力的目的。

2. 在结构上，以能力为本位，由简到难，通过数控车削三个零件和数控铣削三个零件的编程与操作进行全过程的学习，从而掌握数控加工基本技能。

本书由无锡职业技术学院曹旺萍任主编，王振宇参编，鹰普（中国）有限公司江晓村审阅。在编写过程中得到了无锡职业技术学院顾京老师、孙燕华老师和张铮老师的大力指导和支持，在此表示衷心的感谢。

国家示范性高职院校建设项目教材的编写是一项全新的工作，限于编者水平、时间仓促等原因，书中不妥之处，敬请读者指正。

编者

2008年9月

目 录

情境一 台阶轴类零件数控车削加工	1
1-1 了解资讯	2
1-1-1 FANUC oi 系统机床操作面板相关知识	2
1-1-2 数控车床的坐标系相关知识	4
1-1-3 切削液的选用	5
1-2 制订计划	6
1-2-1 制订台阶轴类零件加工工作流程	6
1-2-2 台阶轴类零件加工的预期成果	6
1-2-3 加工台阶轴类零件的工艺分析	6
1-3 组织实施	9
1-3-1 领用工具	9
1-3-2 零件的加工	9
1-3-3 完成任务	18
1-4 检查评价	18
[思考与练习]	18
情境二 典型轴类零件数控车削加工	20
2-1 了解资讯	21
2-1-1 数控车削刀具半径补偿知识	21
2-1-2 外螺纹车削相关知识	21
2-1-3 数控车削刀具知识	22
2-2 制订计划	26
2-2-1 制订典型轴类零件加工工作流程	26
2-2-2 典型轴类零件加工的预期成果	27
2-2-3 典型轴类零件的工艺分析	27
2-3 组织实施	30
2-3-1 领用工具	30
2-3-2 零件的加工	31
2-3-3 完成任务	37
2-4 检查评价	37
[思考与练习]	38

情境三 典型套类零件数控车削加工	39
3-1 了解资讯	40
3-1-1 内轮廓加工相关知识	40
3-1-2 内孔加工相关知识	41
3-1-3 内螺纹车削相关知识	44
3-2 制订计划	45
3-2-1 制订套类零件加工工作流程	45
3-2-2 典型套类零件加工的预期成果	45
3-2-3 典型套类零件的工艺设施及编程	45
3-3 组织实施	49
3-3-1 领用工具	49
3-3-2 零件的加工	50
3-3-3 完成任务	55
3-4 检查评价	55
[思考与练习]	55
情境四 薄壁类零件数控铣削加工	57
4-1 了解资讯	58
4-1-1 FANUC oi 数控系统数控铣床操作面板介绍	58
4-1-2 数控铣床的坐标系相关知识	61
4-1-3 相关编程指令介绍	61
4-1-4 切削液的选用	64
4-2 制订计划	64
4-2-1 薄壁类零件数控铣削加工工作流程	64
4-2-2 薄壁类零件数控铣削加工的预期成果	65
4-2-3 薄壁类零件的工艺分析	65
4-3 组织实施	68
4-3-1 领用工具	68
4-3-2 零件的加工	69
4-3-3 完成任务	77
4-4 检查评价	77
[思考与练习]	78
情境五 孔类零件数控铣削加工	79
5-1 了解资讯	80
5-1-1 数控铣削加工刀具系统及切削用量	80
5-1-2 数控铣削孔类零件的加工工艺相关知识	83

5-2 制订计划	86
5-2-1 孔类零件数控铣削加工的工作流程	86
5-2-2 孔类零件数控铣削加工的预期成果	87
5-2-3 孔类零件的工艺分析	87
5-3 组织实施	92
5-3-1 领用工具	92
5-3-2 零件的加工	92
5-3-3 完成任务	99
5-4 检查评价	99
[思考与练习]	99
情境六 综合类零件数控铣削加工	101
6-1 了解资讯	102
6-2 制订计划	103
6-2-1 数控铣削加工综合类零件的工作流程	103
6-2-2 综合类零件数控铣削加工的预期成果	104
6-2-3 综合类零件加工的工艺分析	104
6-3 组织实施	110
6-3-1 领用工具	110
6-3-2 零件的加工	111
6-3-3 完成任务	115
6-4 检查评价	115
[思考与练习]	116
附录	117
附录一 HNC-21 华中系统数控铣床的基本操作	117
附录二 数控机床操作与维护相关知识	127
附录三 FANUC 系统报警说明	130
参考文献	134

情境一 台阶轴类零件数控车削加工



工作任务 台阶轴类零件数控车削加工

本情境介绍在数控车床上，采用三爪自定心卡盘对零件装夹定位，用车刀加工如图 1-1 所示的台阶轴类零件。对台阶轴类零件工艺编制、程序编写及数控车削加工全过程进行详解。

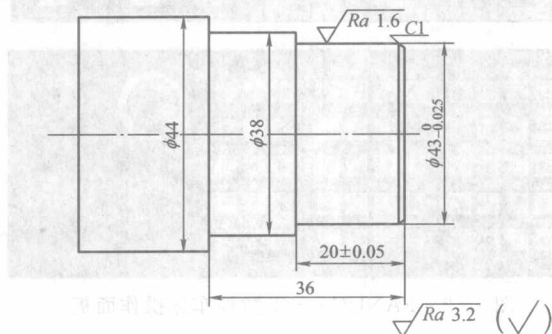


图 1-1 台阶轴类零件



工作条件

1. 机床设备：FANUC 系统或 HNC-21M 系统数控车床数台。
2. 刀具类：数控车床用普通焊接式外圆车刀、切槽刀等。
3. 量具类：游标卡尺、深度尺、内径千分尺、外径千分尺、百分表等。
4. 工艺装备类：各类扳手、通用夹紧元件等。
5. 手册类：各类刀具手册、各类数控系统手册、相关机床操作手册、工艺手册等。
6. 模拟软件类：南京宇航仿真模拟软件、上海宇龙仿真模拟软件等。
7. 辅助工具：通用计算机。
8. 工件材料：45 钢棒料。

1-1 了解资讯

1-1-1 FANUC oi 系统机床操作面板相关知识

FANUC oi-T 数控车床操作面板如图 1-2 所示, FANUC oi-T 数控车床操作面板按键功能如表 1-1 所示。

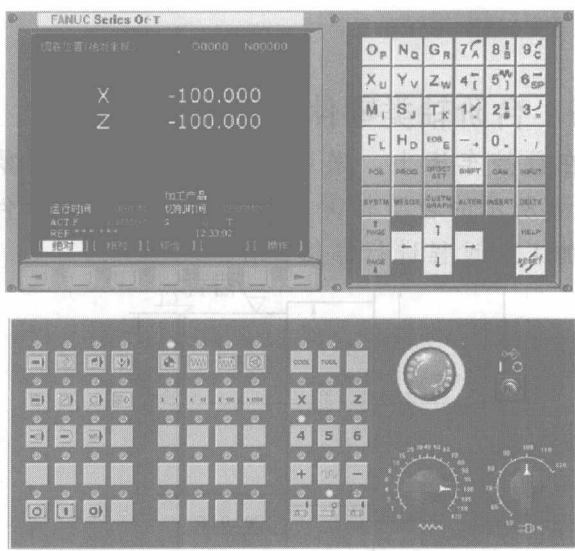
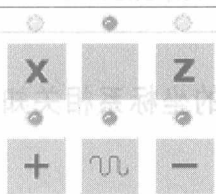
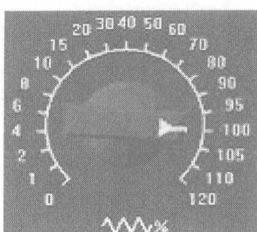
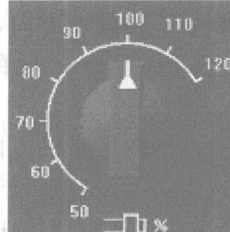


图 1-2 FANUC oi-T 数控车床操作面板

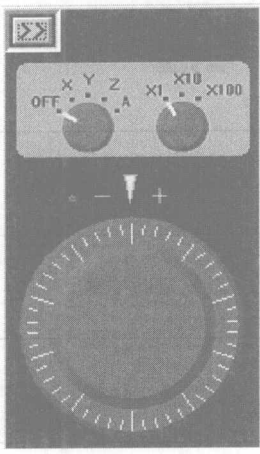
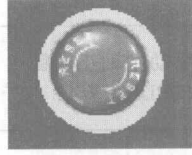
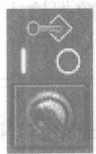
表 1-1 FANUC oi-T 数控车床操作面板按键功能表

按 键	功 能	按 键	功 能
O_PN_QG_R X_CZ_YF_L M_IS_KT_J U_HW_VEOB_E	地址键	ALTER	替换键
		DELETE	删除键
		INSERT	插入键
		EOB _E	回车换行键
7_A8_B9_D 4_T5_M6_{SP} 1_.2_#3₌ -₊0_./	数字键	SHIFT	上挡键
		PROG	程序显示与编辑按键
		OFFSET SETTING	参数输入按键
← ↑ ↓ →	光标移动键		

续表

按 键	功 能	按 键	功 能
	翻页键		系统参数按键
			
	图形参数设置按键		信息按键, 如报警
	系统帮助按键		复位键
	位置显示按键		取消键
	自动加工模式 (AUTO)		程序运行开始键 (CYCLE START)
	编辑程序模式 (EDIT)		程序运行停止键 (PRG STOP)
	手动数据输入方式 (MDI)		手动主轴正转键 (SPDL CW)
	增量进给 (INC)		手动主轴反转键 (SPDL CCW)
	手轮模式 (HND)		手动停止主轴键 (SPDL STOP)
	手动模式 (JOG)		
	DNC 方式		
	进给率 (F) 调节旋钮		主轴转速倍率调节 旋钮

续表

按 键	功 能	按 键	功 能
	回参考点 (REF)		
	程序段跳读键		
	单步执行开关		
	程序停止键		冷却液开关
	机床空运行键		在刀库中选刀
	紧急停止旋钮		程序编辑锁定开关
	程序重启键		
	机床锁定开关		M00 程序停止键

1-1-2 数控车床的坐标系相关知识

1. 机床坐标系

数控机床上的坐标系采用右手直角笛卡儿坐标系,如图 1-3 所示。右手的大拇指、食指和中指保持相互垂直,食指为 Y 轴的正方向,拇指的方向为 X 轴的正方向,中指为 Z 轴的正方向。

数控车床的 Z 轴为主轴,指向尾座的方向为正。X 轴的方向是在工件的径向上,且平行于横向滑座,刀具远离主轴中心的方向为 X 轴的正向。图 1-4 所示为数控车床坐标系。

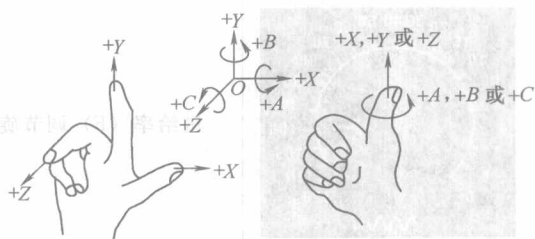


图 1-3 右手笛卡儿直角坐标系

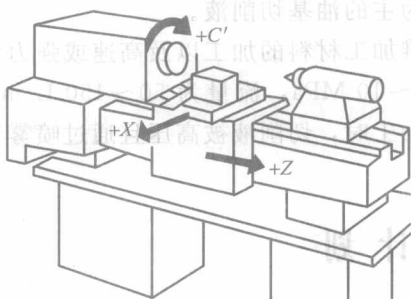


图 1-4 数控车床坐标系

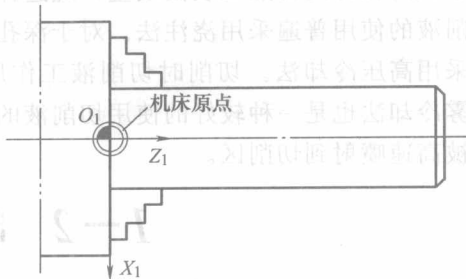


图 1-5 数控车床机床原点

2. 机床原点

机床原点是指在机床上设置的一个固定点。在数控车床上，机床原点一般取在卡盘端面与主轴中心线的交点处，如图 1-5 所示。通过设置参数的方法，也可将机床原点设定在 X 、 Z 坐标的正方向极限位置（极限位置是由行程开关控制）上。

3. 机床参考点

机床参考点的位置是由机床制造厂家在每个进给轴上用限位开关精确调整好的，坐标值已输入数控系统中。因此，参考点对机床原点的坐标是一个已知数。数控机床开机时，必须先确定机床原点，而确定机床原点的运动就是刀架返回参考点的操作，这样通过确认参考点，就确定了机床原点。通常在数控车床上机床参考点是离机床原点最远的极限点，如图 1-6 所示。

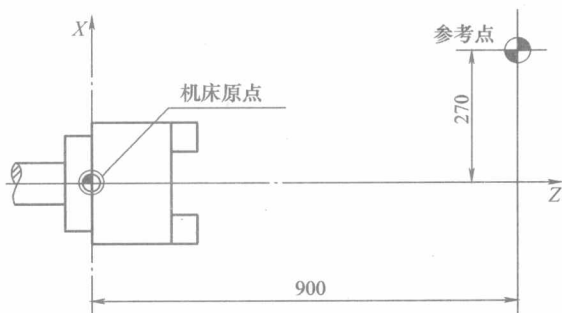


图 1-6 数控车床参考点

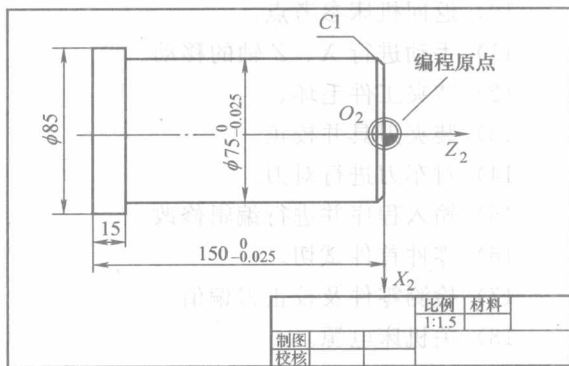


图 1-7 数控车床的编程原点

4. 编程原点

编程原点（即工件原点）是根据加工零件图样及加工工艺要求选定的编程坐标系的原点。

编程原点应尽量选择在零件的设计基准或工艺基准上，编程坐标系（即工件坐标系）中各坐标轴的方向应该与所使用的数控机床坐标系相应的坐标轴方向一致。图 1-7 所示为车削零件的编程原点。

1-1-3 切削液的选用

切削液主要分为水基切削液和油基切削液两类。在切削加工过程中，主要起润滑作用、冷却作用、清洗作用和防锈作用。

粗加工或半精加工时，切削热量大。因此，应选择以冷却散热为主的水基切削液。精加工

时,为了获得良好的已加工表面质量,应选择以润滑为主的油基切削液。

切削液的使用普遍采用浇注法。对于深孔加工、难加工材料的加工以及高速或强力切削加工,应采用高压冷却法。切削时切削液工作压力为 $1\sim 10\text{ MPa}$,流量为 $50\sim 150\text{ L/min}$ 。此外,喷雾冷却法也是一种较好的使用切削液的方法,加工时,切削液被高压且通过喷雾装置雾化,并被高速喷射到切削区。

1-2 制订计划

1-2-1 制订台阶轴类零件加工工作流程

- 1) 零件图工艺分析。
- 2) 确定装夹方案和定位基准。
- 3) 选择刀具及切削用量。
- 4) 确定加工顺序及进给路线。
- 5) 计算坐标点。
- 6) 确定编程路线及过程。
- 7) 编写数控加工程序。
- 8) 领用工具。
- 9) 打开机床电源。
- 10) 返回机床参考点。
- 11) 手动进行 X、Z 轴的移动。
- 12) 装夹工件毛坯。
- 13) 装夹刀具并校正。
- 14) 对车刀进行对刀。
- 15) 输入程序并进行编辑修改。
- 16) 零件首件试切。
- 17) 检测零件及校正刀偏值。
- 18) 关机床电源。
- 19) 检查与评价。

1-2-2 台阶轴类零件加工的预期成果

- 1) 掌握台阶轴类零件加工的工艺编制。
- 2) 选择适合台阶轴类零件加工的刀具和切削参数(即切削用量)。
- 3) 编制台阶轴类零件加工的粗、精加工程序。
- 4) 掌握数控车床的操作,加工出合格的零件。
- 5) 掌握正确的测量方法。

1-2-3 加工台阶轴类零件的工艺分析

1. 零件图工艺分析

图 1-1 所示为台阶轴,毛坯是直径为 $\phi 44\text{ mm}$ 的 45 钢棒材,无热处理和硬度要求,有足

够的夹持长度，单件生产。

该零件外形较简单，需要加工端面、倒角、台阶外圆并切断。毛坯直径为 $\phi 44$ mm，对 $\phi 34$ mm 外圆的直径尺寸和长度尺寸有一定的精度要求。工艺处理与普通车床加工工艺相似。

2. 确定装夹方案和定位基准

毛坯是一个 $\phi 44$ mm 的棒材，且有足够的夹持长度和加工余量，便于装夹。采用三爪自定心卡盘夹紧，能自动定心，工件伸出卡盘 65~75 mm，能保证 36 mm 车削长度，同时便于切断刀进行切断加工。

3. 选择刀具及切削用量

选择刀具时需要根据零件结构特征确定刀具类型，如切槽需用切槽刀，车螺纹需用螺纹刀等，安排该刀具在刀架上的刀具号，以便对刀、编程时对应。此零件只需加工端面及外圆，选用普通焊接式外圆车刀即可，装在 1 号刀位。根据零件精度要求和工序安排确定刀具几何参数及切削参数，见表 1-2。

表 1-2 刀具及切削参数表

工 步	工 步 内 容	刀 具 号	刀 具 类 型	主轴转速 / (r/min)	进给量 / (mm/r)	备 注
1	平端面	T01	普通外圆车刀	800	0.2	
2	粗车外圆台阶	T01	普通外圆车刀	800	0.2	
3	精车外圆台阶	T01	普通外圆车刀	1 000	0.1	
4	切断	T02	刀宽 3 mm	600	0.05	手动

4. 确定加工顺序及进给路线

该零件单件生产，端面为设计基准，也是长度方向测量基准，选用普通外圆刀进行粗、精加工，刀号为 T0101，工件坐标系原点在右端。加工前刀架从任意位置回参考点，进行换刀动作（确保 1 号刀在当前刀位），建立 1 号刀工件坐标系。再回到程序起始点，同时起动主轴，准备加工。

5. 坐标点计算

在手工编程时，坐标值计算要根据图样尺寸和设定的编程原点，按确定的加工路线，对刀尖从加工开始到结束过程中每条运动轨迹的起点或终点的坐标数值进行仔细计算。对于较简单的零件不需特别数学处理的，一般可在编程过程中确定各点坐标值。

6. 确定编程路线及过程

1) 先平端面：在端面余量不大的情况下，一般采用自外向内的切削路线，注意刀尖中心与轴线等高，避免崩刀尖，要过轴线以免留下尖角。启用机床恒线速度功能保证端面质量。端面加工完成后刀具移动到粗车外圆第一刀的起点。

2) 毛坯粗车：毛坯总余量有 10 mm，分三刀粗加工 $\phi 38$ mm 和 $\phi 34$ mm 两个台阶外圆面，径向留精车余量 0.5 mm。为控制长度 20 ± 0.05 mm 的精度和台阶光整需一次切削出来，轴向台阶留车削余量 0.1~0.2 mm 精加工，再进行自右向左精车一次成形，精加工完成后手动切断。

7. 编写数控加工程序

加工程序单如表 1-3 所示。

表 1-3 加工程序单

(FANUC 程序)	(FANUC 程序)	说 明
G01 指令编程程序	G90 指令编程程序	
O1001	O1001	程序名
G28 U0 W0;	G28 U0 W0;	返回参考点
T0101;	T0101;	换刀, 建立工件坐标系
M03 S800	M03 S800	主轴转速
G00 X100 Z50 M08;	G00 X100 Z50 M08;	退刀
X46 Z0;	X46 Z0;	车端面的起点
G50 S1000 G1 X-1 F0.2;	G50 S1000 G1 X-1 F0.2;	平端面过轴线
G00 X41 Z2;	G00 X46 Z2;	快速回加工起点
G97 S800 G01 Z-35.8 F0.2	G97 S800;	粗车第一刀
X43;	G90 X41 Z-35.8 F0.2;	
G00 Z2;		
X38.5;	X38.5;	粗车第二刀
G01 Z-35.8 F0.2;		
X40;		
G00 Z2;		
X34.5;		
G01 Z-19.8 F0.2;	X34.5 Z-19.8;	粗车第三刀
X40;		
G00 Z2		
X30 Z1 S1200;	X30 Z1 S1200;	精车路线
G01 X33.987 Z-1 F0.1	G01 X33.987 Z-1 F0.1	
Z-20;	Z-20;	
X38	X38	
Z-36	Z-36	
X46;	X46;	程序结束
G00 X100 Z50;	G00 X100 Z50;	
M05;	M05;	
M30;	M30;	

如条件允许, 可在机房先用南京宇航仿真模拟软件或上海宇龙仿真模拟软件进行仿真操作练习, 先掌握了数控车床的操作及零件加工的过程再上数控车床进行操作加工。

1-3 组织实施

1-3-1 领用工具

数控车削加工零件的工、刃、量具如 1-4 所示。

表 1-4 数控车削加工零件的工、刃、量具清单

序 号	名 称	规 格	数 量	备 注
1	游标卡尺	0~150 mm 0.02 mm	1	
2	千分尺	0~25 mm, 25~50 mm, 50~75 mm 0.01 mm	各 1	
3	百分表	0~10 mm 0.01 mm	1	
4	外圆车刀	普通外圆车刀	1	
5	切断刀	刀宽为 3 mm	1	
6	辅具	莫氏钻套、钻夹头, 活络顶尖	各 1	
7	材料	φ44 mm 的 45 钢棒料	1	
8	其他	铜棒、铜皮、毛刷等常用工具; 计算机、计算器、编程用书等		选用

1-3-2 零件的加工

1. 打开机床电源

步骤 1: 按下紧急停止旋钮;

步骤 2: 接通机床电源;

步骤 3: 接通系统电源, 检查 CRT 画面内容;

步骤 4: 检查面板上的指示灯是否正常;

步骤 5: 检查风扇电机是否正常。

注意:

接通数控系统电源后, 系统软件自动运行。启动完毕后, CRT 画面显示“EMG”报警, 此时应松开紧急停止旋钮, 再按面板上的复位键, 机床将复位。

2. 返回机床参考点

步骤 1: 选择  方式;

步骤 2: 选择“+Z”或“+X”轴, 单击  键, 进行+Z、+X 两轴的回零。

注意:

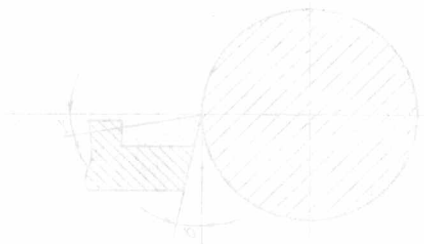
1) 返回参考点时应确保安全, 不能发生碰撞;

2) 返回参考点时坐标轴不能离参考点太近, 否则会超程报警;

3) 若发生超程报警, 按住超程解除按键, 向轴的相反方向运动, 解除报警。

3. 手动进行 X、Z 轴的移动

步骤 1: 选择  模式;



步骤2: 选择各轴, 单击方向键 , 机床各轴移动, 松开后停止移动;

步骤3: 按  键, 各轴快速移动。

4. 装夹工件毛坯

将工件毛坯装夹在三爪自定心卡盘上。三爪自定心卡盘具有自动定心功能, 对于较短工件不需校正。

5. 装夹刀具并校正

在1号刀位装上普通外圆车刀, 在2号刀位装上切断刀。

刀杆安装时应注意的问题:

1) 车刀安装时其底面应清洁、无粘着物。若使用垫片调整刀尖高度, 垫片应平直, 最多不能超过3块。如果内侧和外侧需作安装的定位面, 则也应擦净。

2) 刀杆伸出长度在满足加工要求下应尽可能短, 一般伸出长度是刀杆高度的1.5倍。如确要伸出较长才能满足加工需要, 也不能超过刀杆高度的3倍。

3) 车刀刀杆中心线应与进给方向垂直。车刀刀尖应与工件中心等高, 刀尖不对中心, 会留有凸头或崩刃, 如图1-8所示。

为使车刀刀尖对准工件中心, 可根据机床尾座顶尖的高低装刀, 如图1-9所示。

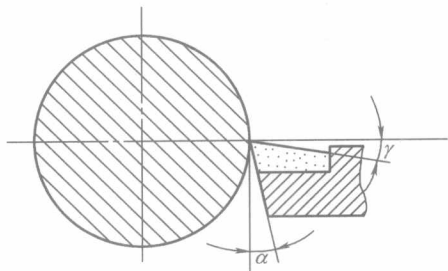


图1-8 车刀刀尖应与工件中心等高

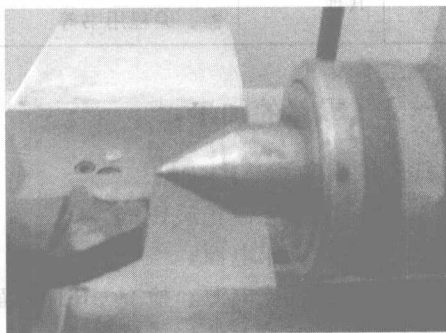


图1-9 用机床尾座顶尖的高低装刀

6. 采用试切法对外圆车刀进行对刀

通过手动方式对工件试车削, 通过系统自动计算, 将刀偏值(工件原点与机床原点的距离)计入参数从而获得工件坐标系。可为每一把刀建立单独的工件坐标系。这种方法操作简单, 可靠性好。工件坐标系通过刀偏与机床坐标系紧密联系在一起, 只要不断电、不改变刀偏值, 工件坐标系就会存在且不会变, 即使断电, 重启后回参考点, 工件坐标系还在原来的位置。

对外圆车刀进行对刀操作, 并设置刀偏值。

Z向对刀:

步骤1: 选择  方式;

步骤2: 按下程序显示与编辑键, 输入“M03 S1000”, 按  键, 主轴正转;

步骤3: 以手动方式选择刀具, 如T01;

步骤4: 以手动方式移动刀具, 使刀尖在X方向上, 车削工件端面(基准面), 以-Z方向退出, 如图1-10所示。