

职业教育专业技能规划教材

机电类理实一体化系列

数控操作与编程技能训练

主编 高晓东

中 级

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

职业教育专业技能规划教材

机电类理实一体化系列

数控操作与编程技能训练 (中级)

主	编	高晓东		
编	委	高晓东	汪立俊	柴鹏清
		王世敏	王 华	
主	审	徐国权		

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书以数控车工国家职业技能鉴定中级考工的标准为主线、为重点,将工艺分析、刀具选择、节点基数值计算和程序编制等专业知识融合到实训操作中,充分体现“做中学”、“学中做”的职业教学特色,具有“参照国家标准、贴近职业规范;坚持实践为主,力求学以致用;技能培训考核,专职业余兼顾;突显最新技艺,满足社会需求”的特点。

本书为中等、高等职业技术学院数控车床培训教材,亦可作为成人职业学校、广播电视大学、本科院校下属的二级职业技术学院和民办高校的数控车床培训教材,还可作为企业职工自学考级指导用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控操作与编程技能训练:中级/高晓东主编. —徐州:
中国矿业大学出版社,2008.8
职业教育专业技能规划教材
ISBN 978-7-5646-0041-9

I. 数… II. 高… III. 数控机床;车床—车削—职业教
育—教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 126118 号

书 名 数控操作与编程技能训练(中级)
主 编 高晓东
责任编辑 何 戈 孙建波
责任校对 周俊平
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 江苏淮阴新华印刷厂
经 销 新华书店
开 本 787×1092 1/16 印张 16.5 字数 408 千字
版次印次 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷
定 价 29.50 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前言

为贯彻落实《国务院关于大力发展职业教育的决定》精神，坚持以就业为导向的职业教育办学方针，确立以培养高技能人才为目标，结合我国职业资格准入制度的需要，我们以项目训练为载体，以传授项目所需的知识为目的，以任务驱动教学法为手段来实施一体化、模块化技能实训教学。我们组织了一批经验丰富、实践能力强的知名教师和企业、行业一线专家开发了各类理实一体化系列的技能培训教材，内容涉及电子、电工、数控、车工、钳工、焊工、汽车构造与维修、市场营销、计算机 Photoshop 图像处理等方面。

在系列教材的编写过程中，我们贯彻了以下原则：

1. **参照国家标准，贴近职业规范。**每个专业包含“初级、中级、高级、技师”中的不同模块，在每一模块内精选典型性、针对性强的训练项目，切实落实“是什么，怎么做”的教学指导思想。做到“管用、够用、适用”。

2. **坚持实践为主，力求学以致用。**教材体现以技能训练为主线、相关知识为支撑的编写思路，较好地处理了理论教学与技能训练的关系。既有利于帮助学生掌握知识、形成技能、提高能力；也可帮助广大职业学校理论教师训练技能、实习老师进修专业理论，加速向一体化教师过渡，满足当前职业学校“双师型”教师需求。

3. **技能培训考核，专职业余兼顾。**本系列教材是一套技术等级考核的培训教程。全书每一技术等级模块中的训练项目严格按国家职业标准划分。既可供在校学生参加技术资格鉴定和等级工培训考核使用，也可作为企业在职职工考试晋级的必备教材。

4. **突显最新技艺，满足社会需求。**本系列教材以新技术、新设备、新材料、新工艺为依托，缩短学校教育与企业需求之间的距离，能更好地满足企业的用人需求。

上述教材在编写过程中，得到了有关企业及高等职业技术学院的大力支持，教材的诸位主编、参编、主审等做了大量的工作，在此我们表示衷心的感谢！同时，恳切希望广大读者对教材提出宝贵的意见和建议，以便修订时加以完善。

系列教材之《数控操作与编程技能训练》，主要内容包括：中级、高级所需的应知应会，本教材以数控车工国家职业技能鉴定中高级考工的标准为主线 and 重点，将工艺分析、刀具选择、节点基点数值计算和程序编制等专业技术知识融合到实训操作中，充分体现“做中学”、“学中做”的职业教学特色。

本书为中职、中专、技校、高职机电类专业学生数控操作与编程技能训练与考核的教材，也可作为其他性质的学校及企业职工训练考级的专业教材。

本书由高晓东主编并统稿，参加编写的有高晓东、汪立俊、柴鹏清、王世敏、王华等。由徐国权主审。

系列教材编委会

E-mail: wfjyts@163.com

目 录

项目一 入门知识	1
任务一 参观数控车床、刀具及历届同学的实习工件和生产产品	1
任务二 数控车床简介.....	3
任务三 数控车工加工过程.....	6
任务四 数控车工典型产品及加工过程.....	8
项目二 数控车床的基本操作	11
任务一 FANUCOiMate—TB 车床的基本操作	11
任务二 华中世纪星(HNC—21T)车床的基本操作	16
任务三 SIEMENS—802D 车床的基本操作	23
项目三 简单零件的编程与加工	29
任务一 下料	29
任务二 圆柱的加工	35
项目四 外圆、圆锥零件的加工	42
任务一 轮廓粗车、精车循环指令编程.....	42
任务二 外圆、端面的加工.....	47
任务三 圆锥的数值计算	53
任务四 圆锥零件的加工	56
项目五 圆弧零件的加工	86
任务一 圆弧指令(G02、G03)的编程	86
任务二 圆弧零件的加工	91
任务三 过象限圆弧零件的加工	97
项目六 综合练习(一)	107
项目七 综合练习(二)	114
项目八 槽类零件的加工	122
任务一 简单切槽加工实例.....	122
任务二 多槽零件加工实例.....	130
任务三 中间轴车削加工实例.....	137
项目九 含孔零件的加工	144
任务一 含直孔零件的加工.....	144
任务二 含锥孔零件的加工.....	150
任务三 含内沟槽零件的加工.....	156

项目十 螺纹零件的加工.....	163
任务一 圆柱螺纹加工实例.....	163
任务二 圆锥螺纹加工实例.....	171
任务三 内螺纹加工实例.....	178
项目十一 综合练习(三).....	187
项目十二 综合练习(四).....	203
项目十三 中级工模拟考试(一).....	216
项目十四 中级工模拟考试(二).....	237
附录一 数控车工中级工题库.....	244
附录二 数控车工等级工应试技巧.....	246
附录三 数控维修和故障诊断技术简介.....	248
附录四 数控机床常用术语.....	252
参考文献.....	255

项目一 入门知识

本项目主要介绍常见的数控车床种类,数控车床刀具种类;数控车床的坐标系;数控车削加工工艺的主要内容;数控车工典型产品的加工过程及文明生产与安全操作规程等内容。本项目的训练任务如下。

任务一 参观数控车床、刀具及历届同学的实习工件和生产产品

知识目标

- 了解数控车床刀具的种类。
- 了解数控车床擅长加工零件的形状。

技能目标

- 了解数控车床加工零件所用刀具。

任务引入

练习 数控车床刀具的常用种类

❓ 问题:如图 1-1-1 所示,根据该零件切削表面应如何选用车刀。

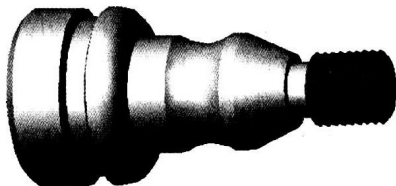


图 1-1-1 刀具的选用

必备知识

1. 数控车床

数控车床分为经济型数控车床、全功能数控车床和车削中心三类,其外形示意图如图 1-1-2 所示。

2. 数控车床常用刀具的种类

刀具的选择是数控车削加工最重要的内容之一,数控车削过程中使用的刀具不同于传统车削加工的普通车刀,对刀具提出了更高的要求,不仅要求其刚性好、切削性能好、耐用度高,而且要求安装、调整、刃磨方便,断屑及排屑性能好。因此,数控车床加工中常使用标准的机夹式可转位车刀。其主要目的是对刀便捷,缩短辅助时间,有利于加工的规范性。

根据零件被加工表面的不同,常用的机夹式可转位车刀可分为外圆车刀、内孔车刀、端面车刀、切槽车刀和螺纹车刀等。如图 1-1-3 所示。

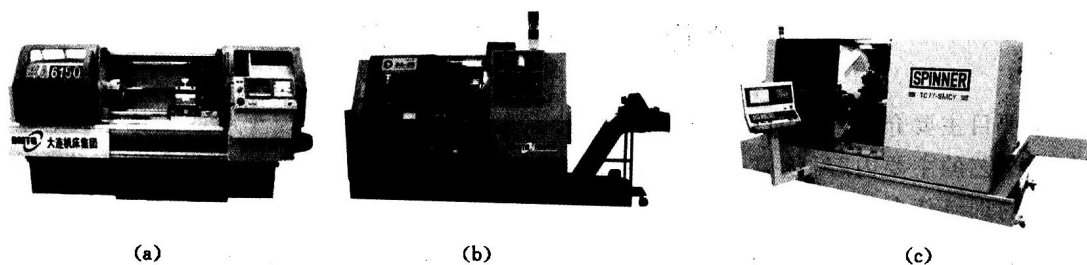


图 1-1-2 数控车床

(a) 经济型数控车床;(b) 全功能数控车床;(c) 车削中心

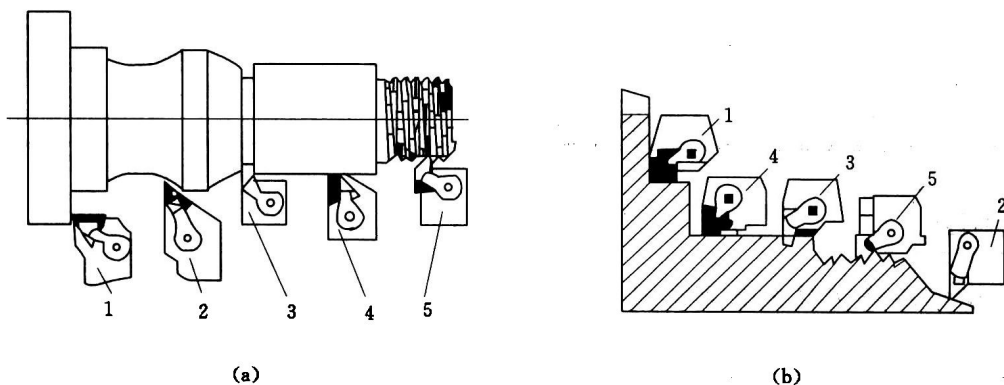


图 1-1-3 常用机夹式可转位数控车刀的类型

(a) 外形加工;(b) 内形加工

1——外(内)端面车刀;2——外(内)轮廓粗车刀;3——外(内)切槽车刀;
4——外(内)轮廓精车刀;5——外(内)螺纹车刀

3. 历届同学的实习工件和生产产品(如图 1-1-4 所示)

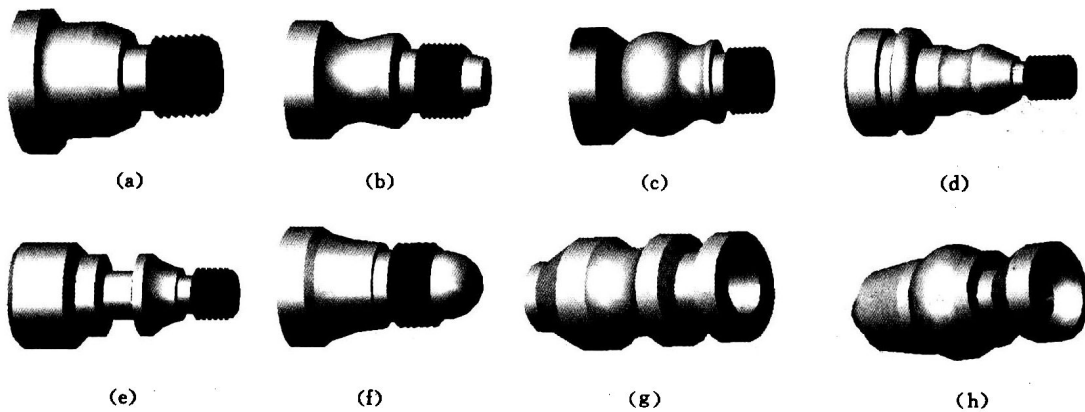


图 1-1-4 历届同学的实习工件和生产产品

任务实施

练习 数控车床刀具的常用种类

? 问题:如图 1-1-1 所示,根据该零件切削表面应如何选用车刀?

图 参考答案

分别使用的刀具有:90°粗、精右偏外圆刀,切槽刀以及 60°外螺纹车刀。

延伸拓展



思考:(1) 数控车床所用刀具与普通车床所用刀具有何区别?
(2) 说说数控车床刀具的特点和刀具的选择。

任务二 数控车床简介

知识目标

- 了解数控车床的种类。
- 掌握数控车床坐标系的确定方法。

技能目标

- 能合理建立工件坐标系。

任务引入

练习 工件坐标系的建立

? 问题:建立图 1-2-1 所示工件的坐标系。

必备知识

1. 数控车床的分类与组成

数控是数字控制(Numerical Control, NC),是指用数字、文字和符号组成的数字指令来实现一台或多台机械设备动作控制的技术。数控技术也叫计算机数控技术(Computer Numerical Control),简称 CNC,是一种装有程序控制系统的自动化机床,该控制系统能够逻辑地处理具有控制编码或其他符号指令规定的程序,并将其译码,从而使机床动作并加工零件。具有 CNC 系统的车床称为 CNC 车床。

(1) 数控车床的分类

① 按加工性能分类:可分为卧式数控车床、立式数控车床、车削加工中心。

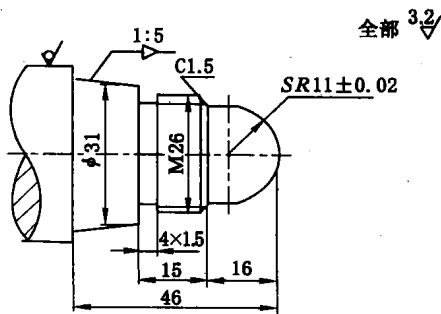


图 1-2-1

② 按系统控制原理分类:可分为开环、半闭环、闭环、混合环控制型数控车床。

③ 按控制系统功能水平分类:可分为经济型、普及型和全功能型数控车床。

(2) 数控车床的组成及其作用

数控车床主要由数控系统、机床主机(包括床身、主轴箱、刀架进给传动系统、液压系统、冷却系统、润滑系统等)组成。

① 数控系统:用于对机床的各种动作进行自动化控制。

② 床身:数控车床的床身和导轨有多种形式,主要有水平床身、倾斜床身、水平床身斜滑板等,它构成机床主机的基本骨架。

③ 传动系统及主轴部件:其主传动系统一般采用直流或交流无级调速电动机,通过皮带传动或通过联轴器与主轴直联,带动主轴旋转,实现自动无级调速及恒切削速度控制。主轴组件是机床实现旋转运动(主运动)的执行部件。

④ 进给传动系统:一般采用滚珠丝杠螺母副,由安装在各轴上的伺服电机,通过齿形同步带传动或通过联轴器与滚珠丝杠直联,实现刀架的纵向和横向移动。

⑤ 自动回转刀架:用于安装各种切削加工刀具,加工过程中能实现自动换刀,以实现多种切削方式的需要。它具有较高的回转精度。

⑥ 液压系统:它可使机床实现夹盘的自动松开与夹紧以及机床尾座顶尖自动伸缩。

⑦ 冷却系统:在机床工作过程中,可通过手动或自动方式为机床提供冷却液对工件和刀具进行冷却。

⑧ 润滑系统:集中供油润滑装置,能定时定量地为机床各润滑部件提供合理润滑。



思考:普及型和全功能型数控车床的组成有哪些区别?

2. 坐标系

数控机床坐标系是为了确定工件在机床中的位置、机床运动部件的特殊位置(如换刀点、参考点等)以及运动范围(如行程范围)等而建立的几何坐标系。目前我国执行的行业数控标准 JB/T 3051—1999《数控机床——坐标和运动方向的命名》,与国际标准 ISO841 等效。

标准的坐标系为右手笛卡儿直角坐标系,如图 1-2-2 所示。

数控车床坐标系统分为机床坐标系和工件坐标系(编程坐标系)。无论哪种坐标系都规定与车床主轴轴线平行的方向为 Z 轴,且规定从卡盘中心至尾座顶尖中心的方向为正,在水平面内与车床主轴轴线垂直的方向为 X 轴,且规定刀具远离主轴旋转中心的方向为正方向,如图 1-2-3 所示。

(1) 机床坐标系

机床坐标系是机床固有的坐标系,是用来确定工件坐标的基本坐标系。机床坐标系的原点称为机床原点或机床零点。在机床经过设计、制造和调整,这个原点便被确定下来,它是机床上固定的一个点。数控车床一般将机床原点定义在卡盘后端面与主轴旋转中心的交点上。

(2) 机床参考点

数控装置通电时并不知道机床零点位置,为了正确地在机床工作时建立机床坐标系,通常在每个坐标轴的移动范围内(一般在 X 轴和 Z 轴方向的最大行程处)设置一个机床参考

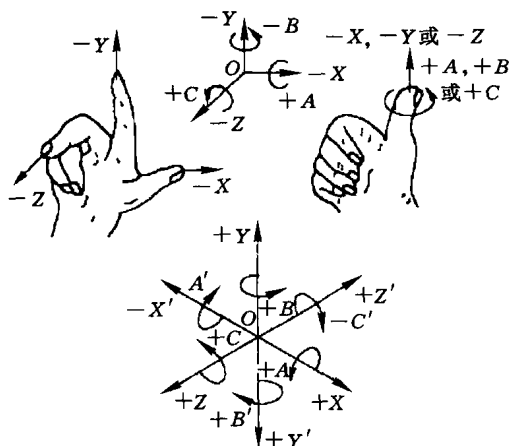


图 1-2-2 右手笛卡儿直角坐标系

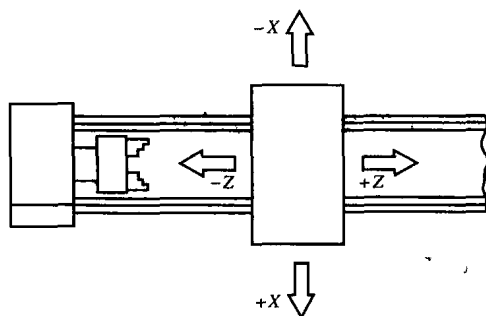


图 1-2-3 数控车床坐标系及刀具运动方向

点。机床启动时,通常要进行自动或手动回参考点,以建立机床坐标系。机床参考点可以与机床零点重合,也可以不重合,通过参数设定机床参考点到机床零点的距离。机床回到了参考点位置,也就知道了该坐标轴的零点位置。找到所有坐标轴的参考点,CNC 就建立起了机床坐标系。

(3) 工件坐标系

编制数控程序时,首先要建立一个工件坐标系,程序中的坐标值均以此坐标系为依据。工件坐标系是编程人员在编程时使用的,编程人员选择工件上的某一已知点为原点,建立一个新的坐标系,称为工件坐标系(也称编程坐标系)。工件坐标系一旦建立便一直有效,直到被新的工件坐标系所取代。

工件坐标系的原点选择要尽量满足编程简单、尺寸换算少、引起的加工误差小等条件。为了编程方便,将工件坐标系设在工件上,并将坐标原点设在图样的设计基准和工艺基准处,其坐标原点称为工件原点(或加工原点),如图 1-2-4 所示。数控车床的工件原点也称程序原点。

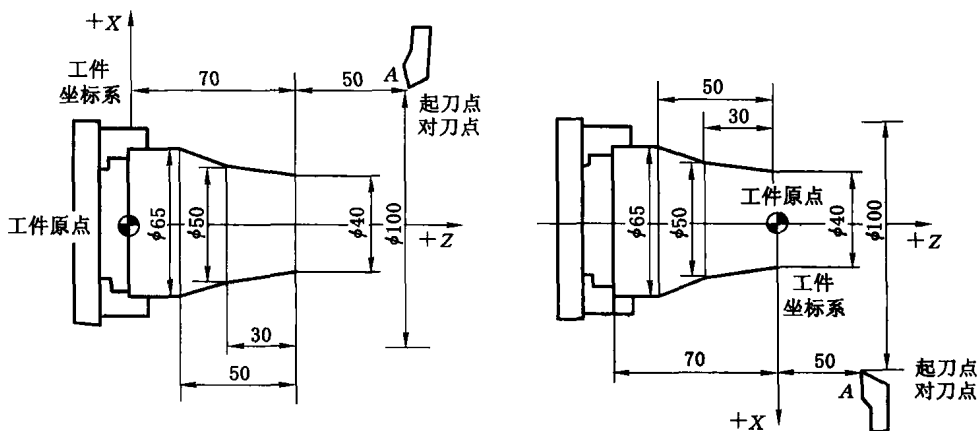


图 1-2-4 工件坐标系



注意:工件原点是人为设定的,从理论上讲,工件原点选在任何位置都是可以的,但实际上为编程方便以及使各尺寸较为直观,数控车床工件原点一般都设在主轴中心线与工件左端面或右端面的交点处。

任务实施

练习 工件坐标系的建立



问题:建立图 1-2-1 所示工件的坐标系。

巩固与提高



思考: (1) 机床参考点有什么作用?
(2) 机床坐标系和工件坐标系有什么区别?

任务三 数控车工加工过程

知识目标

- ☞ 学会分析工件图样并制定加工工序和加工路线。
- ☞ 掌握数控车削加工中的数值计算方法。

技能目标

- ☞ 能正确安装工件。
- ☞ 能正确安装数控车床刀具。

任务引入

练习 数控车工加工的准备工作的



问题:加工如图 1-3-1 所示工件需要做哪些准备工作?

必备知识

1. 数控车削加工工艺的内容
 - (1) 确定零件坯料的装夹方式与加工方案。
 - (2) 刀具的选择。
 - (3) 切削用量的选择。
 - (4) 数控车削加工中对刀点与换刀点的确定。
 - (5) 数控车削加工工艺技术文件的编写。
2. 数控车工加工的准备

数控车工加工准备工作不仅应保证加工出符合

图样要求的合格零件,同时应能使数控机床的功能得到合理的利用与充分的发挥,以使数控

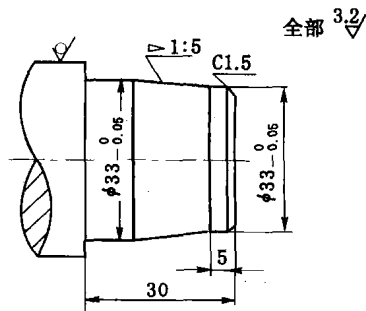


图 1-3-1

机床能安全可靠及高效地工作。其内容是多方面的,包括分析工件图样、确定工件的装夹方法和选择夹具、合理选择工件原点和工件坐标系、安装刀具和确定切削用量、确定加工工序和加工路线、数学处理和编写零件加工程序单等。由于数控车工加工的准备工作涉及的问题很多,编程人员需要注意以下几点:

(1) 分析工件图样

根据零件图分析工件的材料、形状、尺寸、精度、表面粗糙度以及毛坯形状和热处理要求等,以便制定出最佳的加工方案来保证达到工件图样的要求。

(2) 确定工件的装夹方法和选择夹具的原则

① 尽量选择已有的通用夹具并减少装夹次数,尽量做到一次装夹就把零件的所有加工面都加工出来。尽量使零件的定位基准与设计基准重合,以减少定位误差对尺寸精度的影响。

② 应考虑装卸工件是否方便可靠,以减少辅助时间。

③ 夹具的定位、夹紧机构的元件及装夹完毕的工件必须保证较高的安全性。

(3) 合理选择工件原点和工件坐标系

在编写程序前,合理选择工件原点和工件坐标系是很重要的。工件坐标系是指编程人员在工件上确定的某一点为原点所建立的坐标系,工件坐标系原点就是数控加工的对刀点。其选择原则有以下几点:

① 尽可能使数值计算方便,程序段少,程序编写简单。

② 工件原点应选在容易找正且便于检查的位置。

(4) 安装刀具和确定切削用量

安装车刀是加工零件前非常重要的一项工作。数控车床上常用的有转塔刀架和四方刀架,车刀安装得正确与否,将直接影响加工的质量和效率。应做到以下几点:

① 车刀刀尖应与主轴轴线等高,防止刀具的前角和后角数值发生变化。

② 刀头部分的伸出量不宜过长,一般为刀杆厚度的 1.5 倍,防止刀具切削时产生振动,影响工件尺寸精度和表面粗糙度。

③ 车刀的安装角度与工作角度应保持一致,防止刀具的主偏角和副偏角数值发生变化。

④ 车刀垫铁使用的数量要尽可能少,尽量选用平整的垫铁,并应与刀架侧面对齐。

⑤ 车刀要用两个螺钉压紧在刀架上,并逐个轮流拧紧。

在确定切削用量时,一定要根据机床、刀具、工件材料、冷却条件等各方面因素来选用数值,即不影响刀具寿命,又兼顾加工的效率不下降或下降不明显。

(5) 确定加工工序和加工路线的原则

① 保证零件的加工精度和表面粗糙度。

② 尽量缩短加工路线,减少空行程时间和换刀次数,以提高生产率。

③ 尽量使数值计算方便,程序段少,以减少编程工作量。

(6) 数学处理和编写零件加工程序单

数学处理是在编写零件加工程序单之前,要计算出零件轮廓上各几何元素间的坐标,得出刀具中心运动轨迹,获得刀位数据。

在完成上述各步骤之后,程序员便可根据各数控系统的程序指令,按照规定的程序格式,编写出零件加工程序单,并对程序进行校验。

任务实施

练习 数控车床加工的准备工作

? 问题:加工如图 1-3-1 所示工件需要做哪些准备工作?

延伸拓展

👉 思考:数控车床加工前的准备工作起什么作用?

任务四 数控车工典型产品及加工过程

知识目标

- ☞ 了解数控车削加工的全过程。
- ☞ 掌握文明生产与安全操作规程的要求。

技能目标

- ☞ 根据不同的加工表面选择不同的刀具。
- ☞ 遵守数控车床文明生产与安全操作规程。

任务引入

练习 数控车工典型产品的加工过程

? 问题:观察典型零件的加工过程,写出数控车工加工过程的特点。

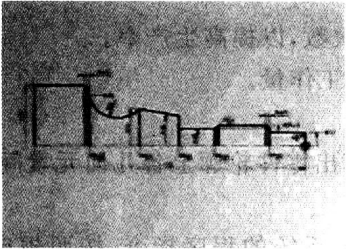
必备知识

1. 数控车工典型产品的加工过程

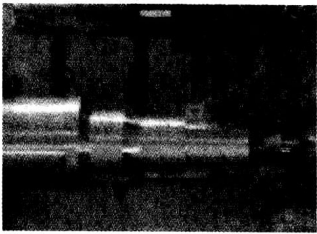
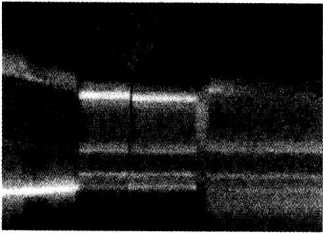
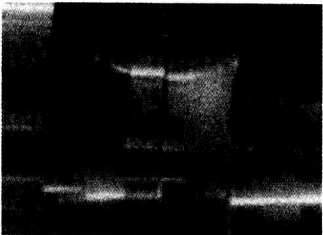
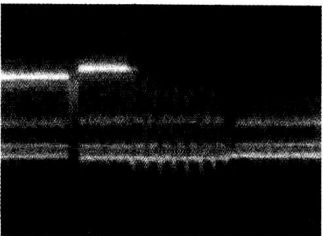
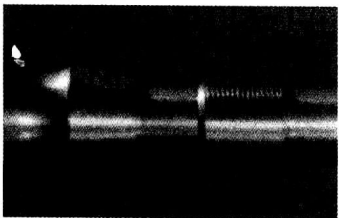
为了使操作人员对数控车工加工零件有进一步的了解,本节例举一个数控最常加工到的产品,帮助初学者理解数控车工加工零件的全过程,如表 1-4-1 所示。

表 1-4-1

典型产品的加工过程

序号	数控车工加工零件实况示意	数控车工加工零件过程简述
1		分析零件图样,充分做好加工前期准备工作

续表 1-4-1

序号	数控车工加工零件实况示意	数控车工加工零件过程简述
2		粗加工外轮廓
3		粗加工凹槽
4		粗加工根切凹圆弧槽
5		精加工外轮廓
6		粗、精加工螺纹
7		成品零件展示

2. 文明生产与安全操作规程

做到安全文明生产,严格遵守数控车床的安全操作规程,养成良好的工作习惯和严谨的工作作风,是提高产品质量和延长设备使用寿命的前提。因此,要求数控车床操作者在操作时必须做到以下几点:

- (1) 进入数控实训场地后,应服从安排,不得擅自启动或操作车床数控系统。
- (2) 按规定穿戴好劳动防护用品。
- (3) 不准穿高跟鞋、拖鞋上岗,不允许戴手套和围巾进行操作。
- (4) 开机床前,应该仔细检查车床各部分机构是否完好,各传动手柄、变速手柄的位置是否正确,还应按要求认真对数控机床进行润滑保养。
- (5) 操作数控系统面板时,对各按键及开关的操作不得用力过猛,更不允许用扳手或其他工具进行操作。
- (6) 完成对刀后,要做模拟换刀试验,以防正式操作时发生撞坏刀具、工件或设备等事故。
- (7) 在数控车床车削的过程中,由于观察加工过程的时间多于操作时间,所以一定要选择好操作者的观察位置,不允许随意离开实训岗位,以确保安全。
- (8) 操作数控系统面板及操作数控机床时,严禁两人同时操作。
- (9) 自动运行加工时,操作者应集中思想,左手手指应放在程序停止按钮上,眼睛观察刀尖运动情况,发现问题及时按下程序停止按钮,以确保刀具和数控机床安全,防止各类事故发生。
- (10) 实训结束时,除了按规定保养数控机床外,还应认真做好交接班工作,必要时应做好文字记录。

任务实施

练习 数控车工典型产品的加工过程

 问题:观察典型零件的加工过程,写出数控车工加工过程的特点。

延伸拓展

 思考:数控车床加工过程与普通车床加工过程有什么区别?

项目二 数控车床的基本操作

本项目主要介绍 FANUCOiMate—TB、华中世纪星(HNC—21T)、SIEMENS—802D 三类典型设备的控制面板、操作面板主要功能键的功能及作用。本项目的训练任务如下。

任务一 FANUCOiMate—TB 车床的基本操作

知识目标

根据不同的操作要求,能正确使用各功能键。

技能目标

掌握 FANUCOiMate—TB 数控车床的基本操作方法。

任务引入

练习 根据实际操作要求,正确使用各功能键。

问题:如何分别精确移动 $-X$ 方向 2.222 mm 和 $+Z$ 方向 1.111 mm 的距离。

FANUC 是较早进入中国市场的数控系统品牌,我国在 20 世纪 70 年代后期,即“六五”期间就开始引进。通过近三十年的消化、吸收、合作及生产,大大推动了我国数控机床的发展,并得到了推广和应用,在我国数控系统市场占有很大比例。由于其编程及维护技术支持保障较好,因此已经被社会所普遍接受。此外,FANUC 系统的指令系统与国际标准的兼容性较好,学习更为简捷。

FANUCOiMate—TB 的操作面板由系统操作面板和机床控制操作面板两部分组成。

1. FANUCOiMate—TB 的系统操作面板

FANUCOiMate—TB 的系统操作面板由 7.2 英寸单色 LCD 液晶显示器和 MDI 键盘按横形方式排列,如图 2-1-1 所示。

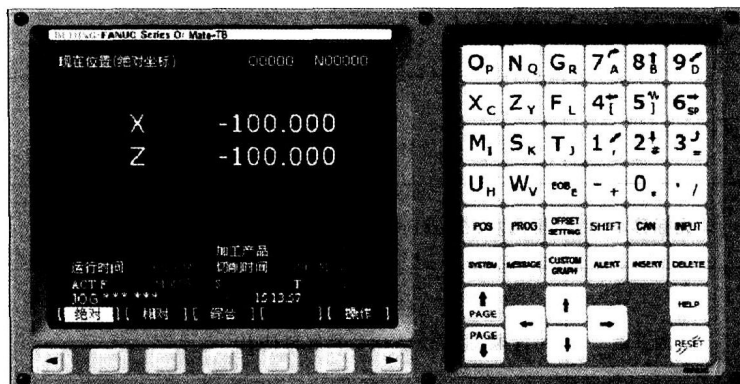


图 2-1-1 FANUCOiMate—TB 的系统操作面板