

中等职业学校规划教材

数控编程与操作

曾晓彤 主编



化学工业出版社

应用数学
语文
语文
物理
物理 第二版
物理习题集

周志新 主编
赵振红 主编
刘德银 主编
韩春兰 主编
毕 玉 主编
曲梅丽 主编
曲梅丽 主编

计算机绘图——AutoCAD 2008
机械制图
机械制图习题集
机械识图
机械识图习题集
机械基础
机械基础
机械基础(机械类专业适用)
机械基础(近机类专业适用)

焦守家 主编
任晓耕 主编
任晓耕 主编
周 红 主编
周 红 主编
江 潮 主编
栾 祥 主编
谷京云 主编
黄汉军 赵少贞 主编

工程材料
电工学基础
电工与电气控制基础
极限配合与测量技术基础
液压与气动
机械工种实训

刘海东 主编
曾晓彤 陈爱群 主编
郭 辉 主编
任玉珠 赵宏立 主编
宋连龙 主编
李允志 主编

化工识图
化工识图与制图
化工机械基础 第二版
化工机械基础 第二版
化工机械基础习题册
化工腐蚀与防护 第三版

董月芬 主编
赵少贞 主编
罗世烈 主编
焦守家 楼 影 主编
焦守家 主编
段林峰 张志宇 主编

数控铣床编程与技能训练
数控车床编程与操作
车工艺及加工技能——普通车·模拟数控车·数控车

黄 昊 卢向民 主编
刘蔡保 主编
韩英树 主编
曾晓彤 主编
陈 为 黄元勤 主编
陈 为 陶 勇 主编
李允志 主编
赵世友 李铁军 主编
黄元盛 主编

◆ 数控编程与操作
塑料模具结构与制造
冲压模具结构与制造
汽车电气设备构造与维修
机械设备控制技术
电镀与化学镀技术

ISBN 978-7-122-05096-0



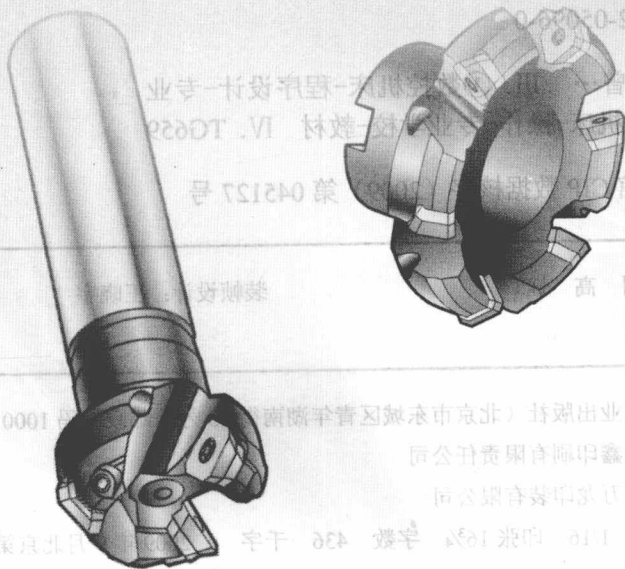
9 787122 050960 >

定价：26.80 元

中等职业学校规划教材

数控编程与操作

曾晓彤 主编



定价：28.00元



化学工业出版社

·北京·

ISBN 978-7-122-07122-0

本书重点介绍了数控机床的编程与操作技术。书中以国家劳动和社会保障部颁布的职业技能鉴定标准中级内容为主,按照“必需、够用”的原则,突出技能操作,以图解的形式,配以简要的文字说明具体的操作过程与操作步骤。本书首先简要介绍了数控操作基础、编程的内容与方法以及数控加工工艺,然后分章节详细介绍了 FANUC 数控车床、SIEMENS802S/c 数控车床、华中世纪星 HNC-21/22T 数控车床、FANUC 数控铣床、SIEMENS802S/c 数控铣床、SIEMENS802D 数控铣床的编程与操作,以及各种机床在编程、操作中的相同点和不同点。

本书选用了技术先进、占市场份额最大的 FANUC、SIEMENS、华中数控系统作为典型进行具体讲解。在课程结构上打破原有课程体系,突出了实践操作和具体编程技能,按机床型号具体实例编程,用图解的方式操作,突出中职教育的目标,具有很强的针对性和适用性。

本书适合中等职业技术学校数控、模具、机电类专业学生使用,也可作为数控加工技术工人的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控编程与操作 / 曾晓彤主编. —北京: 化学工业出版社, 2009.5

中等职业学校规划教材

ISBN 978-7-122-05096-0

I. 数… II. 曾… III. ①数控机床-程序设计-专业学校-教材②数控机床-操作-专业学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 045127 号

责任编辑: 韩庆利 高 钰

装帧设计: 王晓宇

责任校对: 凌亚男

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 16³/₄ 字数 436 千字 2009 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 26.80 元

版权所有 违者必究

前 言

世界已经进入数字化时代，先进的生产技术正在各行各业被广泛地应用，为提高生产质量、降低成本、减轻劳动强度发挥着巨大作用，数控技术的应用就是一个典型的代表。数控技术的发展很快，在生产企业中数控设备已经成为生产的关键，占有越来越大的份额，许多工厂都规划了数控车间，将数控设备集中起来，以便发挥数控设备的主力作用。但数控技术人才的水平和数量却远远跟不上需求，急需进行培养。各个学校都在努力为此做大量的工作，并不断为企业输送大批的数控人才。

本书坚持以服务为宗旨，以就业为导向的办学思想，突出了职业技能教育。

本书以国家劳动和社会保障部颁布的职业技能鉴定标准中级内容为主。

在内容上选用了技术先进、占市场份额最大的 FANUC、SIEMENS、华中数控系统作为典型进行具体讲解。在课程结构上打破原有课程体系，突出了实践操作和具体编程技能，按机床型号具体实例编程，用图解的方式操作，突出了以能力为本位的要求。在基础知识选择上，以“必需、够用”为原则，具有很强的针对性和适用性。

本书特别适合中等职业技术学校数控、模具、机电类专业学生使用，也可作为数控加工技术工人的培训教材。

本书由曾晓彤主编，具体参与编写的有杨胜先（第一章）、陈爱群（第二章）、曾晓彤（第三、八、九、十章）、张俊玲（第四章第一节）、顾文波（第四章第二节）、刘彦（第五章第一节）、赵亮（第五章第二节）、高珊（第六章第一节）、陈洪霞（第六章第二节）、张建坡（第七章第一节）、徐建跃（第七章第二节）。

本书编写时参阅了有关院校、工厂、科研院所的一些教材、资料和文献，并得到许多同行专家的支持和帮助，在此致以衷心的感谢。

由于时间仓促，编者水平有限，书中缺陷在所难免，望广大读者给予批评指正。

编者
2009年5月

目 录

第一章 数控机床编程与操作基础	1
第一节 认识数控机床.....	1
第二节 数控加工常用术语.....	6
第三节 数控加工系统的工艺装备.....	7
第四节 安全操作规程.....	19
同步练习题.....	20
第二章 数控编程的基本内容与方法	22
第一节 数控编程的作用与目的.....	22
第二节 数控编程的内容与步骤.....	22
第三节 数控编程的方法.....	24
第四节 零件加工程序的结构与格式.....	25
第五节 数控编程所涉及的坐标系统.....	34
要点提问.....	43
同步练习题.....	44
第三章 数控加工工艺	45
第一节 准备.....	46
第二节 数控加工工艺性分析.....	47
第三节 数控加工零件的工艺性分析.....	48
第四节 数控加工工序.....	49
第五节 数控加工工艺路线设计.....	52
第六节 对刀点、换刀点的设置.....	56
第七节 切削用量的确定.....	58
第八节 数控加工专用技术文件的编制.....	61
同步练习题.....	65
第四章 FANUC 数控车床	66
第一节 FANUC 数控车床编程.....	66
第二节 FANUC 数控车床操作.....	90
要点提问.....	103
同步练习题.....	103
第五章 SIEMENS 802S/c 数控车床	106
第一节 SIEMENS 802S/c 数控车床编程.....	106

第二节 SIEMENS 802S/c 数控车床操作	122
要点提问	131
同步练习题	131
第六章 华中世纪星 HNC-21/22T 数控车床	133
第一节 华中世纪星 HNC-21/22T 数控车床编程	133
第二节 华中世纪星 HNC-21T 数控车床操作	150
要点提问	163
同步练习题	164
第七章 FANUC 数控铣床	166
第一节 FANUC 数控铣床编程	166
第二节 FANUC 数控铣床操作	185
要点提问	196
同步练习题	197
第八章 SIEMENS 802S/c 数控铣床	199
第一节 SIEMENS 802S/c 数控铣床编程	199
第二节 SIEMENS 802S/c 数控铣床操作	220
同步练习题	228
第九章 SIEMENS 802D 数控铣床	230
第一节 SIEMENS 802D 数控铣床编程	230
第二节 SIEMENS 802D 数控铣床操作	243
同步练习题	244
第十章 数控编程加工中的区别及应注意事项	247
第一节 数控编程中的区别及应注意事项	247
第二节 数控加工中注意事项	256
同步练习题	259
参考文献	260

第一章 数控机床编程与操作基础

单元导读:

本章内容是重要实践教学环节。认识数控机床,了解一般数控机床的加工操作过程。学习数控机床的安全操作规程,树立安全意识,做到安全文明生产。

学习目标:

1. 认识数控机床的结构原理、加工操作过程。
2. 了解一般数控机床的加工操作过程与普通机床的区别和联系。
3. 培养学生良好的职业道德、独立工作能力和规范标准的操作习惯。

学习重点:

1. 认识数控机床,了解一般数控机床的加工操作过程。
2. 掌握数控机床的安全操作过程。

第一节 认识数控机床

数字控制: 是以数字化信号对机构的运动过程进行控制的一种方法,简称为数控(NC)。

数控机床: 指应用数控技术对加工过程进行控制的机床。

数控加工: 泛指在数控机床上进行零件加工的工艺过程。

数控机床与普通机床比较: 数控机床在普通机床基础上增加了对机床运动和动作自动控制的功能部件,使数控机床能够自动完成对零件加工的全过程。不同加工方式如图 1.1 所示。

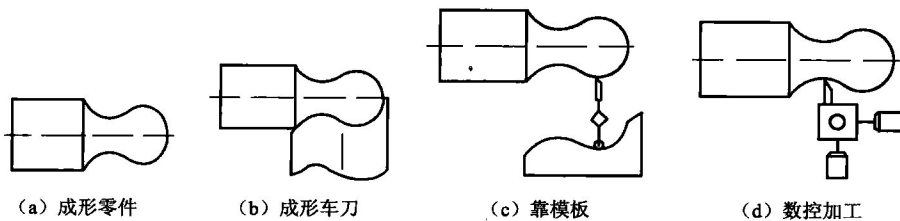


图 1.1 不同加工方式

一、数控机床的组成

- (1) 数控车床的组成 如图 1.2 所示。
- (2) 数控铣床的组成 如图 1.3 所示。
- (3) 数控机床的基本结构 如图 1.4 所示。

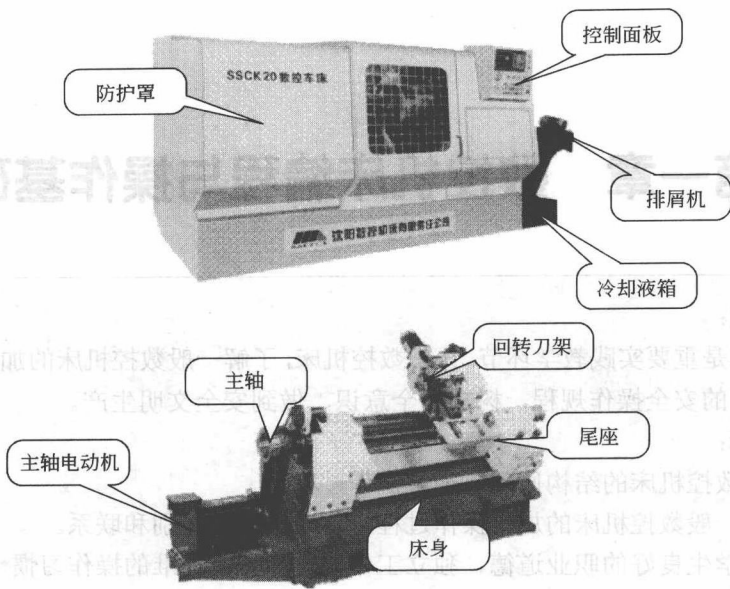


图 1.2 数控车床的组成

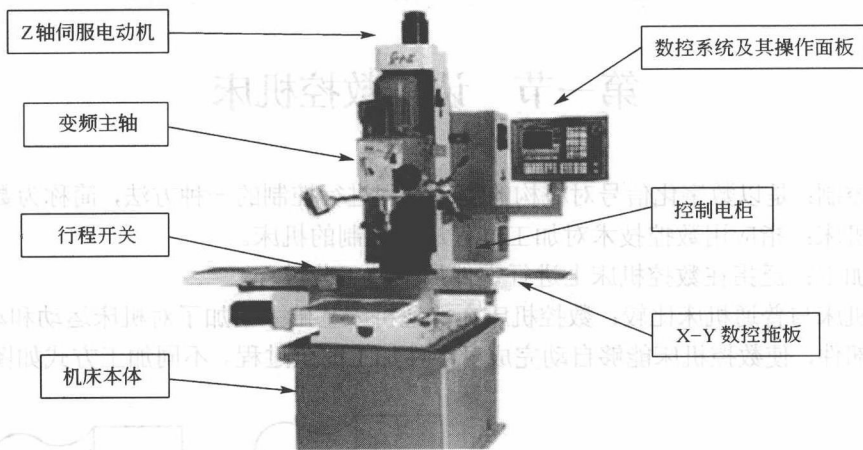


图 1.3 数控铣床的组成

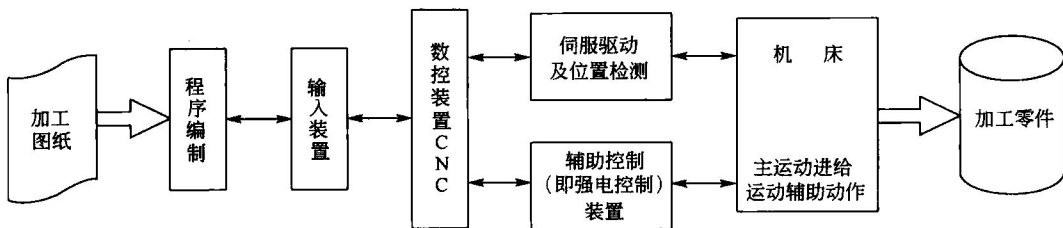


图 1.4 数控机床的基本结构

数控机床的核心问题是如何用数字代码的方式记载加工信息、输入数控装置并控制机床运动部件移动的距离、方向、轨迹和速度的。数控机床一般由控制介质、数控装置、伺服系统、位置测量反馈装置等组成。在计算机数控（CNC）和微处理机数控（MNC）系统中，其数控装置的功能由一台计算机（或微机）来实现。

二、数控机床各部分作用，加工过程及控制信息流程

数控机床各部分的作用，如图 1.5 所示。数控加工过程，如图 1.6 所示。控制信息流程如图 1.7 所示。

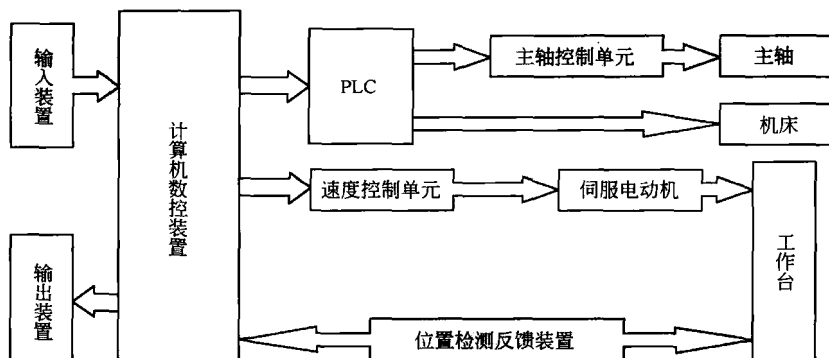


图 1.5 数控机床各部分的作用

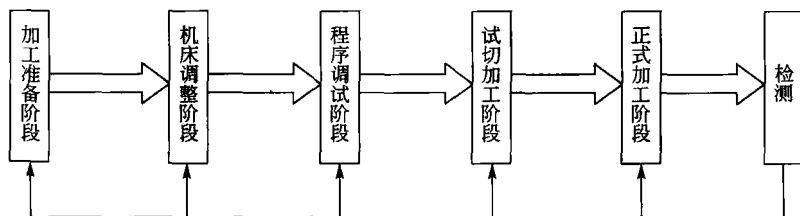


图 1.6 数控加工过程

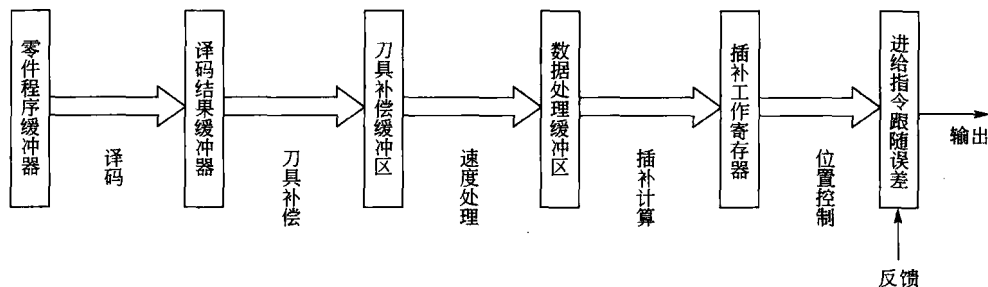


图 1.7 控制信息流程

三、数控机床的分类

1. 按工艺用途分类

(1) 一般数控机床 这类机床和传统的通用机床种类一样，有数控车、铣、镗、钻、磨

床等等，而且每一种又有很多品种，例如数控铣床中就有立铣、卧铣、工具铣、龙门铣等。这类机床的工艺性和通用机床相似，所不同的是它能加工复杂形状的零件。如图 1.8 所示数控车床，图 1.9 所示为数控铣床。

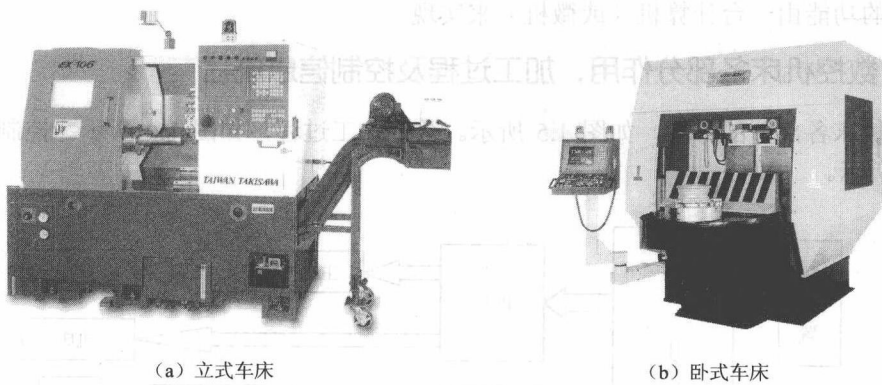


图 1.8 数控车床

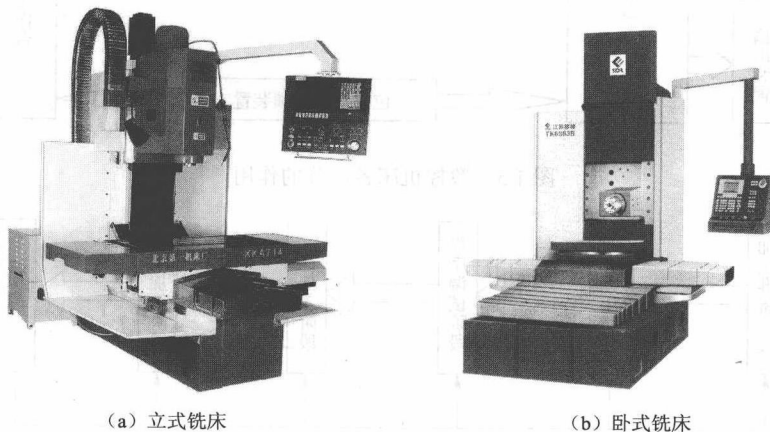


图 1.9 数控铣床

(2) 数控加工中心机床 这类机床是在一般数控机床的基础上发展起来的。它是在一般数控机床上加装一个刀库（可容纳 10~100 多把刀具）和自动换刀装置而构成的一种带自动换刀装置的数控机床（又称多工序数控机床或镗铣类加工中心，习惯上简称为加工中心——Machining Center），这使数控机床更进一步地向自动化和高效化方向发展。

2. 按加工路线分类

(1) 点位控制机床 如图 1.10 所示，只控制刀具从一点向另一点移动，而不管其中间行走轨迹的控制方式。在从点到点的移动过程中，只作快速空程的定位运动，因此不能用于加工过程的控制。

(2) 直线控制机床 如图 1.11 所示，可控制刀具相对于工件以适当的进给速度，沿着平行于某一坐标轴方向或与坐标轴成 45° 的斜线方向作直线轨迹的加工。

(3) 轮廓控制的数控机床 如图 1.12 所示，可控制刀具相对于工件作连续轨迹的运动，能加工任意斜率的直线，任意大小的圆弧，配以自动编程计算，可加工任意形状的曲线和曲面。

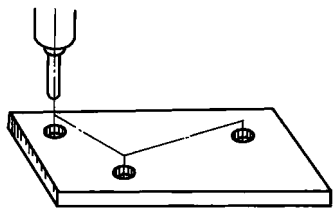


图 1.10 点位控制加工示意图

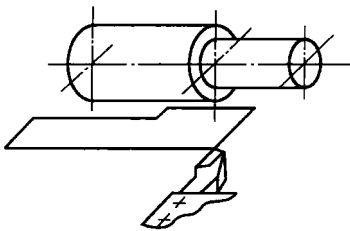


图 1.11 直线控制加工示意图

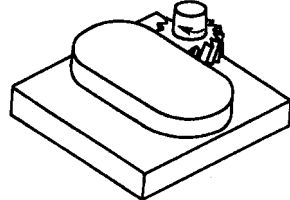


图 1.12 轮廓控制加工示意图

3. 按测量反馈装置的有无以及位置分类

可分为开环、闭环和半闭环等系统，如图 1.13~图 1.15 所示。

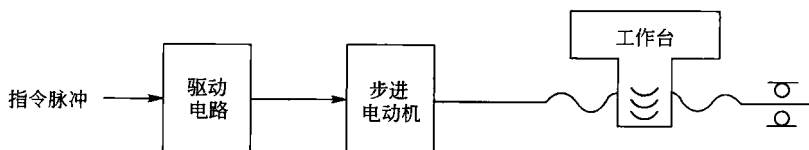


图 1.13 开环控制系统

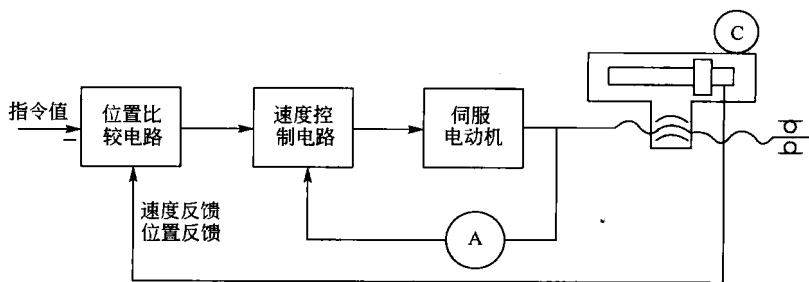


图 1.14 闭环控制系统

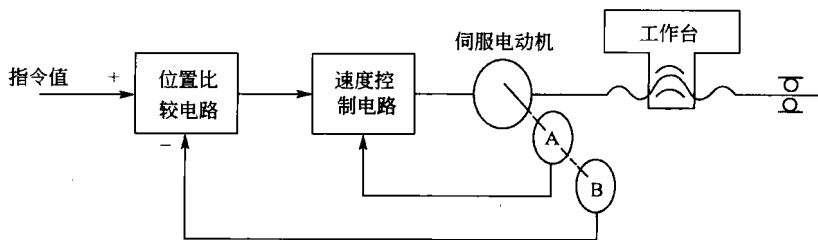


图 1.15 半闭环控制系统

4. 按数控装置分类

将其分为普通数控 (NC) 机床、计算机数控 (CNC) 机床和微处理机数控 (MNC) 机床等。

四、数控机床的适用范围

- ① 批量小而又多次重复生产的零件；
- ② 几何形状复杂的零件；

- ③ 贵重零件加工；
- ④ 需要全部检验的零件；
- ⑤ 试制件。

五、数控机床发展方向

- ① 高速、高效；
- ② 多功能；
- ③ 智能化；
- ④ 高精度；
- ⑤ 高可靠性；
- ⑥ 柔性化。

第二节 数控加工常用术语

为使用户方便和统一，国际标准化组织对数控机床的输入纸带格式、指令的定义、机床坐标系等制定了统一的标准（参看第二章有关内容）。主要有：两种 8 单位纸带编码标准，即 EIA 码和 ISO 码；G、M、T、S、F 等功能字的规定；机床坐标轴的确定方法。

1. 坐标联动加工

数控机床加工时的横向、纵向等进给量都是以轴坐标数据控制的，如两坐标车床、三坐标铣床、五轴加工中心等。

坐标联动：坐标轴的非独立运动，即一个轴的运动要受到其他轴运动的制约。

2. 脉冲当量

脉冲当量：单位脉冲作用下进给轴移动的距离，单位为毫米/脉冲（mm/P），如 0.001mm/P。脉冲当量的大小与数控系统的水平有关，一般为 0.05~0.001 mm/P。

脉冲产生：运动控制指令（自动）、按键触发或手摇脉冲发生器（手动操作）。

3. 进给速度与速度修调

进给速度：单位时间内坐标轴移动的距离（加工时刀具相对于工件的移动速度）。单位为 mm/min、mm/r。

速度修调：通过修调倍率对速度进行适量修调。

数控机床在加工过程中能通过速度修调实时调整进给速度和主轴转速，便于加工。

4. 插补运算

数控装置在控制刀具沿零件轮廓加工时，需要在规定的加工轮廓起点和终点之间计算出多个中间点的坐标值，以控制机床各坐标轴的运动，这种计算中间值的过程称为插补运算。分为脉冲增量插补和数据采样插补。

插补运算的任务就是把这种实时计算出的各个轴的位移指令输入伺服系统，实现成形运动。

5. 刀补运算

零件的加工程序一般是按零件轮廓和工艺要求的进给路线编制的，而数控机床在加工过程中所控制的是刀具中心的运动轨迹。不同的刀具，其几何参数也不相同。加工前必须将编程轨迹变换成刀具中心的轨迹，这样才能加工出符合要求的零件。刀补运算就是完成这种转换的程序。

第三节 数控加工系统的工艺装备

一、了解刀具

数控机床刀具有几千种规格。数控机床对刀具的要求是：

适应高速切削要求，具有良好的切削性能；高的可靠性；较高的尺寸耐用度；高精度；可靠的断屑及排屑措施；精确而迅速的调整；自动且快速的换刀；刀具工作状态监测装置；刀具标准化、模块化、通用化。

数控机床所用刀具材料的类型及选择见表 1.1。

表 1.1 不同材料的刀具性能比较

刀具材料	优点	缺点	典型应用
高速钢	抗冲击能力强，通用性好	切削速度低，耐磨性差	低速小功率和断续切削
硬质合金	通用性最好，抗冲击能力强	切削速度有限	钢、铸铁、特殊材料和塑料的粗精加工
涂层硬质合金	通用性很好，抗冲击能力强，中速切削性能好	切削速度限制在中速范围内	除速度比硬质合金高，其余与硬质合金一样
金属陶瓷	通用性很好，中速切削性能好	抗冲击能力差，切削速度限制在中速范围内	钢、铸铁、不锈钢和铝合金
陶瓷（热冷压成形）	耐磨性好，中速切削性能好	抗冲击性差，抗热冲击性也差	钢和铸铁的精加工，钢的滚压加工
陶瓷（氮化硅）	抗冲击性好，耐磨性好	非常有限的应用	铸铁的粗精加工
陶瓷（晶须强化）	抗冲击性好，抗热冲击性也好	有限的通用性	可高速精加工硬钢、淬火铸铁和高镍合金
立方氮化硼（CBN）	高热硬性，高强度，高抗热冲击性能	不能切削硬度小于 45HRC 的材料，有限的应用，成本高	切削硬度在 45~70HRC 之间的材料
聚晶金刚石(PCD)	耐磨性，高速性好	抗热冲击性差，切削铁质金属化学稳定性差，应用有限	高速粗精加工有色金属和非金属材料

（一）数控车刀

数控车刀广泛采用不重磨机夹可转位车刀。其特点如下：

- ① 刀片各刃可转位轮流使用，减少换刀时间；
- ② 刀刃不重磨，有利于采用涂层刀片；
- ③ 断削槽型压制而成，尺寸稳定，节省硬质合金；
- ④ 刀杆刀槽的制造精度高。

图 1.16 所示数控车刀，主要由刀体、刀片和刀片紧固系统 3 部分组成。机夹式车刀按刀片紧固方法的差异可分为杠杆式、契块式、螺钉式、上压式。图 1.17 是上压式紧固系统结构图，它由楔块式夹具、销、刀垫和螺丝钉组成。

车刀刀片的材料主要有高速钢、硬质合金、涂层硬质合金、陶瓷和金刚石等，其中应用最多的是硬质合金和涂层硬质合金刀片。刀片可分为正型和负型两种基本类型。对于内轮廓加工，小型机床加工，工艺系统刚性较差和工件结构形状较复杂应优先选择正型刀片；对于外圆加工，金属切除率高和加工条件较差时应优先选择负型刀片。图 1.18 所示为常用机夹可转位车刀刀片形状及形状代码。

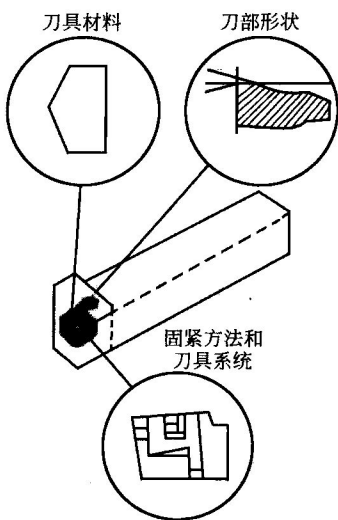


图 1.16 现代数控车刀的主要构成部件

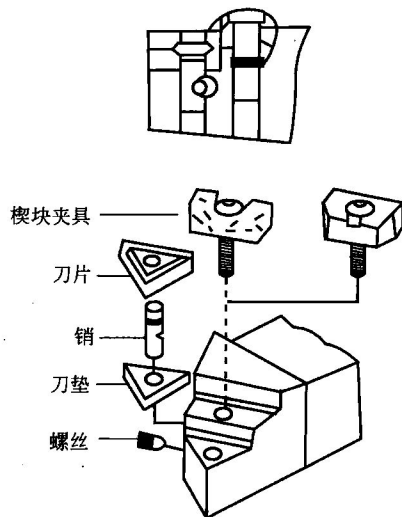


图 1.17 上压式紧固系统结构图

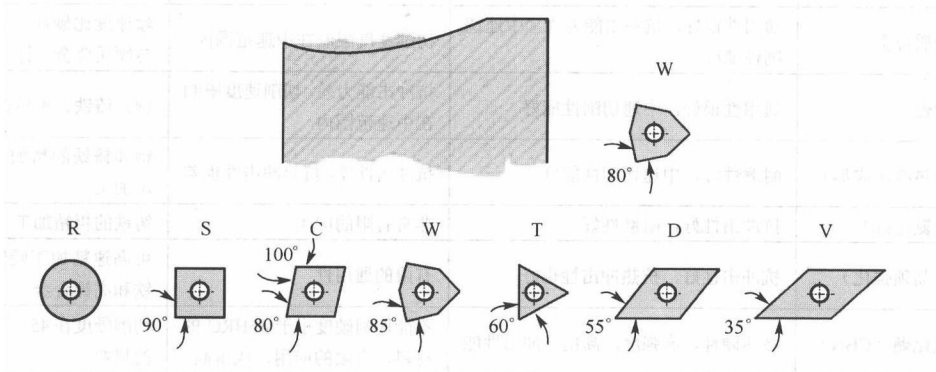


图 1.18 常用机夹可转位车刀刀片形状及形状代码

常用车刀的种类、形状和用途如图 1.19 所示，具体种类有外圆车刀、内圆车刀、螺纹车刀、切断（槽）车刀等，如图 1.20~图 1.23 所示。数控车床刀架的基本结构形式，如图 1.24 所示。

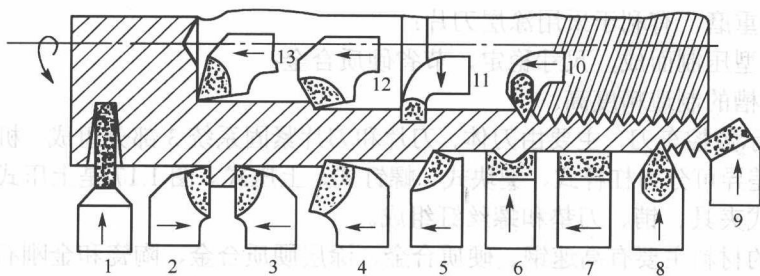


图 1.19 常用车刀的种类、形状和用途

- 1—切断刀；2—90°左偏刀；3—90°右偏刀；4—弯头车刀；5—直头车刀；6—成形车刀；7—宽刃精车刀；
8—外螺纹车刀；9—端面车刀；10—内螺纹车刀；11—内槽车刀；12—通孔车刀；13—盲孔车刀

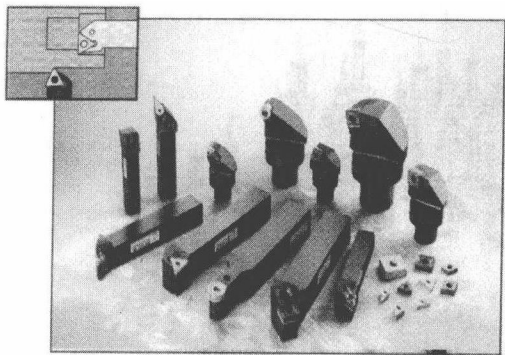


图 1.20 外圆车刀

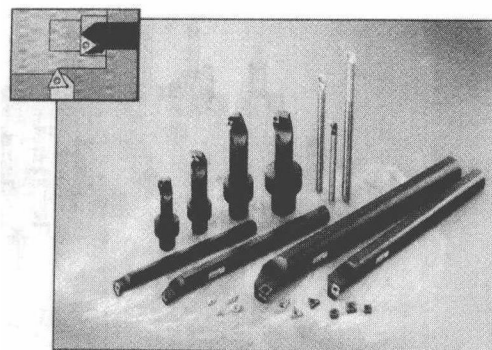


图 1.21 内圆车刀

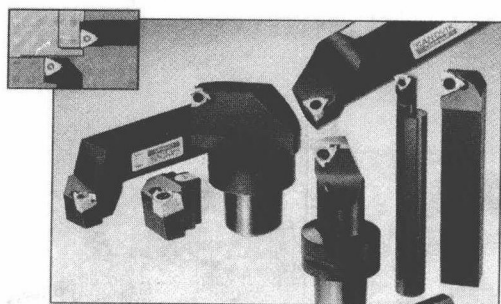


图 1.22 螺纹车刀

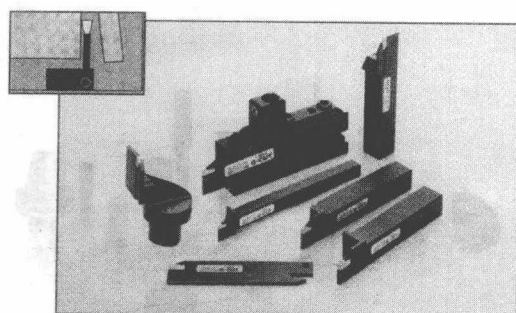
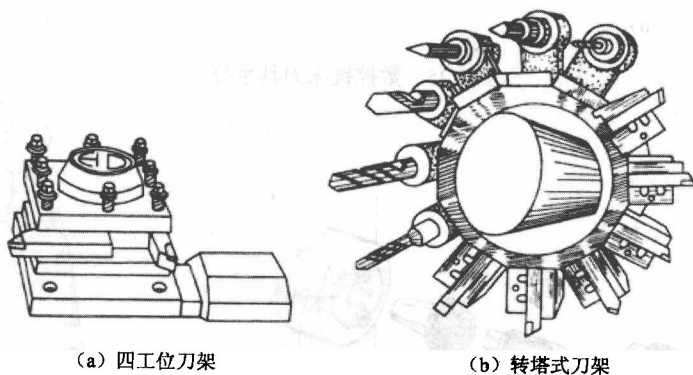


图 1.23 切断(槽)车刀



(a) 四工位刀架

(b) 转塔式刀架

图 1.24 数控机床刀架的基本结构形式

(二) 数控铣刀

(1) 数控铣床刀具系统 如图 1.25 所示。

(2) 刀柄

① 数控铣床刀具的组成如图 1.26 所示。

② 数控铣床使用的刀具通过刀柄与主轴相连, 刀柄通过拉钉紧固在主轴上, 由刀柄夹持铣刀传递转速、扭矩。刀柄与主轴的配合锥面一般采用 $7:24$ 的锥度。如图 1.27 所示。

③ 各式刀柄, 如图 1.28 所示。

④ 常用弹簧夹头刀柄, 如图 1.29 所示, 使用步骤如下:

a. 将刀柄放入卸刀座并锁紧;