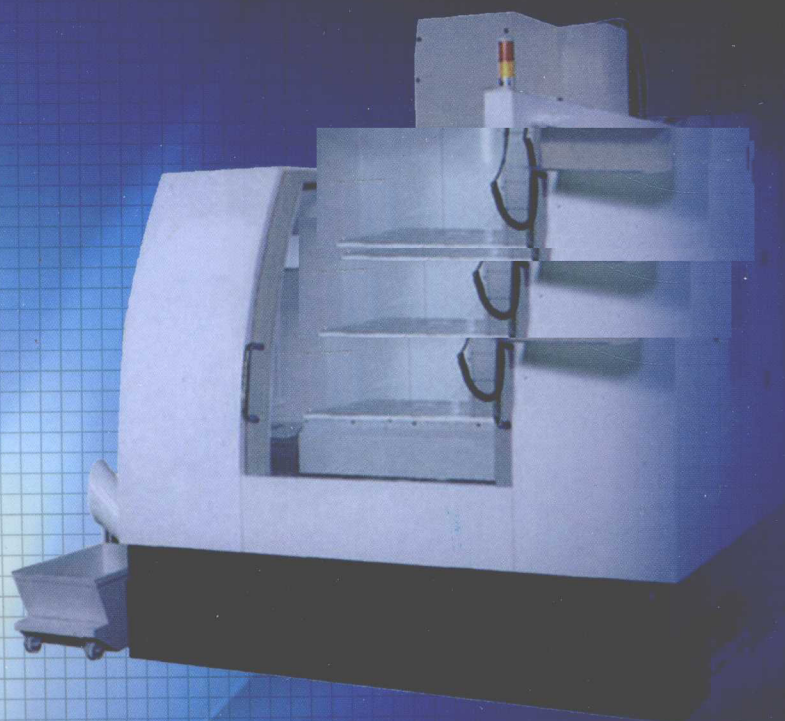


机电专业新技术普及丛书

加工中心加工技术

JIAGONG ZHONGXIN JIAGONG JISHU (华中系统)

王岩 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



五洲科煤, 是内容内要主, 并因根定例外对工加中工成限个是许本
五, 工加加海海并内, 立数系科坐及讲议器作具自中工成, 讲是者
机代看未时 机电专业新技术普及丛书
等, 日学行出西学合学海编与等, 基因用美文等典典又新件本, 并
在等, 立地五册又等, 于时原容内章新中讲, 对对要本式的有本益益者

机电专业新技术普及丛书

加工中心加工技术 (华中系统)

主 编 王 岩
副主编 王 建 何宏伟 伊洪彬 梁保然
参 编 张 桦 王继文 吴长有
何丽丽 李红波
主 审 李 明



机械工业出版社

北京机械工业出版社
地址: 北京市西城区百万庄大街24号
邮编: 100037
电话: (010) 68993821
网址: www.cmpbook.com

本书是介绍加工中心加工技术的实用图书，主要内容包括：数控机床操作基础，加工中心刀具补偿功能及坐标系建立，内外轮廓铣削加工，孔和螺纹加工，三维轮廓加工，综合实例，以及蓝图编程及数控机床维护保养。本书每章安排典型的实用例题，使学员能够结合实例进行学习，掌握操作数控机床的方法及技巧，书中每章内容既相互联系又相互独立，学员可以根据自己需要选择地学习。

本书既可供中、高级加工中心操作工自学和培训之用，也可作为企业培训部门、职业技能培训机构的培训教材，还可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

加工中心加工技术：华中系统/王岩主编. —北京：机械工业出版社，2010. 8

(机电专业新技术普及丛书)

ISBN 978 - 7 - 111 - 31419 - 6

I. ②加… II. ①王… III. ①加工中心 - 加工工艺 - 教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 148195 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：朱 华 责任编辑：邓振飞 章承林

版式设计：霍永明 责任校对：李锦莉

封面设计：路恩中 责任印制：杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2010 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 13 印张 · 317 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978 - 7 - 111 - 31419 - 6

定价：28.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010)68326294

销售二部：(010)88379649

教材网：<http://www.cmpedu.com>

读者服务部：(010)68993821

封面防伪标均为盗版



丛书编委会



主任：王 建

副主任：楼一光 雷云涛 李 伟 王小绢

委员：张 宏 王智广 李 明 王 灿 伊洪彬 徐洪亮

施利春 杜艳丽 李华雄 焦立卓 吴长有 李红波

何宏伟 张 桦

前

言

会委编丛

FOREWORD

随着经济全球化进程的不断深入,发达国家的制造产业加速向发展中国家转移,我国已成为全球的加工制造基地,这就凸显了我国高技能型人才严重短缺的现实问题,特别是对掌握数控加工技术以及自动化新技术人才的需求越来越大;而很多工人碍于条件,无法到学校接受系统的数控加工技术以及自动化新技术的职业教育,所以对于离开校园数年的有一定工作经验的人员,还需要进行“充电”,以适应新技术的发展需要。

为解决上述矛盾,丛书编委会组织一批学术水平高、经验丰富、实践能力强的企业、行业一线专家在充分调研的基础上,结合企业实际需要,共同研究培训目标,编写了这套机电专业新技术普及丛书。

本套丛书的编写特色有:

1. 本丛书坚持以“以技能为核心,面向技术工人的继续充电、继续提高”为培养方针,普及并推广企业和技术工人急需的高新技术,加快高技能人才的培养,更好地满足企业的用人需求。

2. 本丛书更注重实际工作能力和动手技能的培养,内容贴近生产岗位,注重实用,力图实现培训的“短、平、快”,使学员经过培训后,即能胜任本岗位的工作。

3. 编写内容上充分体现一个“新”字,即充分反映新知识、新技术、新工艺和新设备,紧跟科技发展的潮流,具有先进性和前瞻性。

4. 编写内容上以解决实际问题为切入点,尽量采用以图代文、以表代文的编写形式,最大限度降低学员的学习难度,提高读者的学习兴趣。

本套丛书涉及数控技术和电气技术两大领域,是面向有志于学习数控加工、机电一体化以及自动控制实用技术,并从事过相关工作的技术工人的培训用书,也适合有一定经验的工人进行自学或转岗培训之用。

我们希望这套丛书能成为读者的良师益友,能为读者提供有益的帮助!

由于时间和水平有限,书中难免存在不足之处,敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

CONTENT

	前言	1
1	第一章 数控机床操作基础	1
1	第一节 认识数控机床	1
14	第二节 HNC—21M 系统机床面板操作	14
23	第三节 数控编程数学运算	23
27	思考题	27
29	第二章 加工中心刀具补偿功能及坐标系建立	29
29	第一节 刀具补偿功能及其用法	29
41	第二节 坐标系建立	41
46	第三节 加工工艺分析	46
67	思考题	67
71	第三章 内外轮廓铣削加工	71
71	第一节 零件外形加工及子程序调用	71
82	第二节 槽类零件加工及简化编程	82
93	思考题	93
98	第四章 孔和螺纹加工	98
98	第一节 钻削和镗削	98
110	第二节 螺纹加工	110
113	思考题	113
116	第五章 三维轮廓加工	116

116	第一节	三维轮廓手工编程
123	第二节	三维轮廓自动编程 (CAXA 2006 制造工程师)
150		思考题
154	第六章	综合加工实例
154	第一节	综合加工实例 (一)
169	第二节	综合加工实例 (二)
184	第七章	蓝图编程及数控机床维护保养
184	第一节	华中世纪星 HNC—21M 数控系统蓝图编程
195	第二节	数控机床安全操作规程和日常维护及保养
198		思考题
199		参考文献

第一章

数控机床操作基础

第一节 认识数控机床

学习目标

1. 熟悉数控机床的概念及组成。
2. 熟悉数控机床的种类和应用。
3. 熟悉数控机床刀具的种类与特点。
4. 掌握加工中心特点及选择原则。

一、数控机床的概念及组成

1. 数控机床的基本概念

(1) 数控 (Numerical Control, 简称 NC) 数控是采用数字化信息对机床的运动及其加工过程进行控制的方法。

(2) 计算机数控机床 (Computerized Numerical Control Machine) 数控机床是指装备了计算机数控系统的机床, 简称 CNC 机床。

2. 数控机床加工零件的过程

数控机床加工零件的过程如图 1-1 所示。

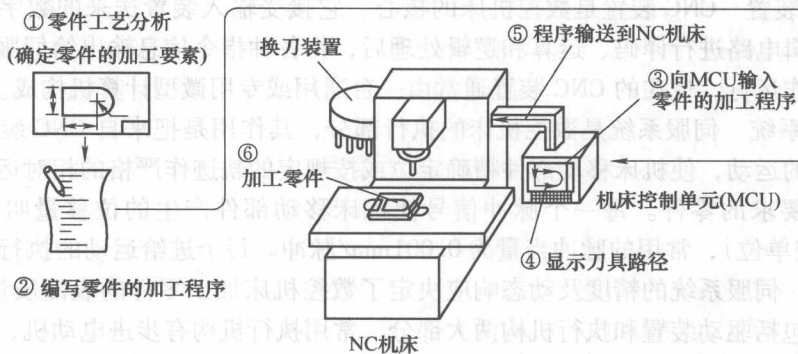


图 1-1 数控机床加工零件的过程

- 1) 根据零件加工图样进行工艺分析, 确定加工方案、工艺参数和位移数据。
- 2) 用规定的程序代码和格式编写零件的加工程序, 或用自动编程软件直接生成零件的加工程序文件。
- 3) 程序的输入或传输。由手工编写的程序可以通过数控机床的操作面板输入程序; 由编程软件生成的程序, 通过计算机的串行通信接口直接传输到数控机床的数控单元 (MCU)。
- 4) 将输入或传输到数控单元的加工程序进行刀具路径模拟、试运行等。
- 5) 通过对机床的正确操作, 运行程序。
- 6) 完成零件的加工。

3. 数控机床的组成

数控机床由输入/输出装置、计算机数控装置 (简称 CNC 装置)、伺服系统和机床本体等部分组成, 其组成框图如图 1-2 所示, 其中输入/输出装置、CNC 装置、伺服系统合起来就是计算机数控系统。

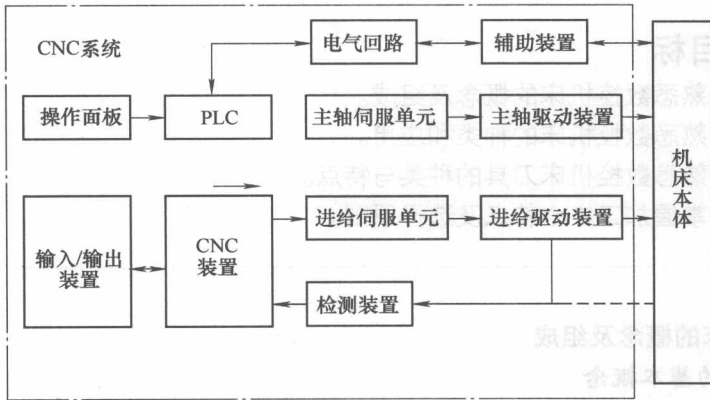


图 1-2 计算机数控系统组成框图

(1) 输入/输出装置 在数控机床上加工零件时, 首先根据零件图样上的零件形状、尺寸和技术条件确定加工工艺, 然后编制出加工程序, 程序通过输入装置输送给机床数控系统, 机床内存中的零件加工程序可以通过输出装置传出。输入/输出装置是机床与外部设备的接口, 常用输入装置有软盘驱动器、RS232C 串行通信口、键盘等。

(2) CNC 装置 CNC 装置是数控机床的核心, 它接受输入装置送来的数字信息, 经过控制软件和逻辑电路进行译码、运算和逻辑处理后, 将各种指令信息输出给伺服系统, 使设备按规定的动作运行。现在的 CNC 装置通常由一台通用或专用微型计算机构成。

(3) 伺服系统 伺服系统是数控机床的执行部分, 其作用是把来自 CNC 装置的脉冲信号转换成机床的运动, 使机床移动部件精确定位或按规定的轨迹作严格的相对运动, 最后加工出符合图样要求的零件。每一个脉冲信号使机床移动部件产生的位移量叫做脉冲当量 (也叫最小设定单位), 常用的脉冲当量为 $0.001\text{mm}/\text{脉冲}$ 。每个进给运动的执行部件都有相应的伺服系统, 伺服系统的精度及动态响应决定了数控机床加工零件的表面质量和生产率。伺服系统一般包括驱动装置和执行机构两大部分, 常用执行机构有步进电动机、直流伺服电动机、交流伺服电动机等。

(4) 机床本体 机床本体是数控机床的机械结构实体, 主要包括主运动部件、进给运动部件(如工作台、刀架)、支承部件(如床身、立柱等), 还有冷却、润滑、转位部件, 如夹紧、换刀机械手等辅助装置。与普通机床相比, 数控机床的整体布局、外观造型、传动机构、工具系统及操作机构等方面都发生了很大的变化。为了满足数控技术的要求和充分发挥数控机床的特点, 归纳起来, 包括以下几个方面的变化:

- 1) 采用高性能主传动及主轴部件。具有传递功率大、刚度高、抗振性好及热变形小等优点。
- 2) 进给传动采用高效传动件。具有传动链短、结构简单、传动精度高等特点, 一般采用滚珠丝杠副、直线滚动导轨副等。
- 3) 具有完善的刀具自动交换和管理系统, 如图 1-3 所示。

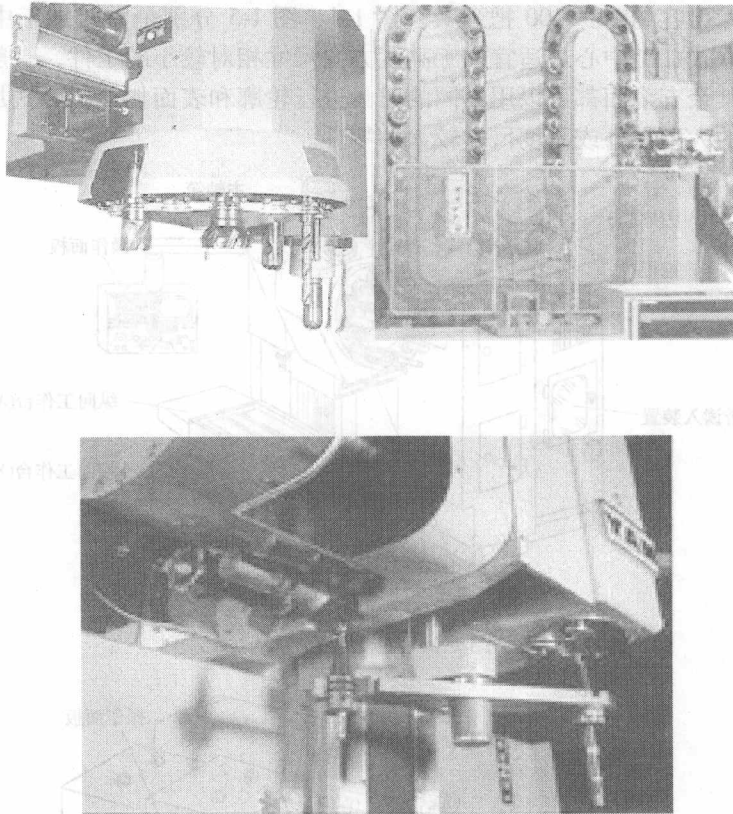


图 1-3 刀具自动交换和管理系统

- 4) 在加工中心上一般具有工件自动交换、夹紧和放松机构。
- 5) 机床本身具有很高的动、静刚度。

6) 采用全封闭罩壳。由于数控机床是自动完成加工的, 为了操作安全等, 一般采用移动门结构的全封闭罩壳, 对机床的加工部件进行全封闭。对于半闭环、闭环数控机床, 还带有检测反馈装置, 其作用是对机床的实际运动速度、方向、位移量以及加工状态加以检测, 把检测结果转化为电信号反馈给 CNC 装置。检测反馈装置主要有感应同步器、光栅、编码

器、磁栅、激光测距仪等。

二、数控机床的种类与应用

数控机床的分类方法很多，大致有以下几种：

1. 按工艺用途分类

数控机床是在普通机床的基础上发展起来的，各种类型的数控机床基本上起源于同类型的普通机床，按工艺用途分类，大致如下：

(1) 金属切削类数控机床 金属切削类数控机床是指采用车、铣、镗、铰、钻、磨、刨等各种切削工艺的数控机床，包括数控车床、数控钻床、数控铣床、数控磨床、数控镗床以及加工中心。金属切削类数控机床发展最早，目前种类繁多，功能差异也较大。这里需要特别强调的是加工中心，也称为可自动换刀的数控机床，这类数控机床都带有一个刀库和自动换刀系统，刀库可容纳 16~100 把刀具。图 1-4、图 1-5 分别是立式加工中心、卧式加工中心的外观图。立式加工中心最适宜加工高度方向尺寸相对较小的工件，一般情况下，除底部不能加工外，其余五个面都可以用不同的刀具进行轮廓和表面加工。卧式加工中心适宜加工有多个加工面的大型零件或高度尺寸较大的零件。

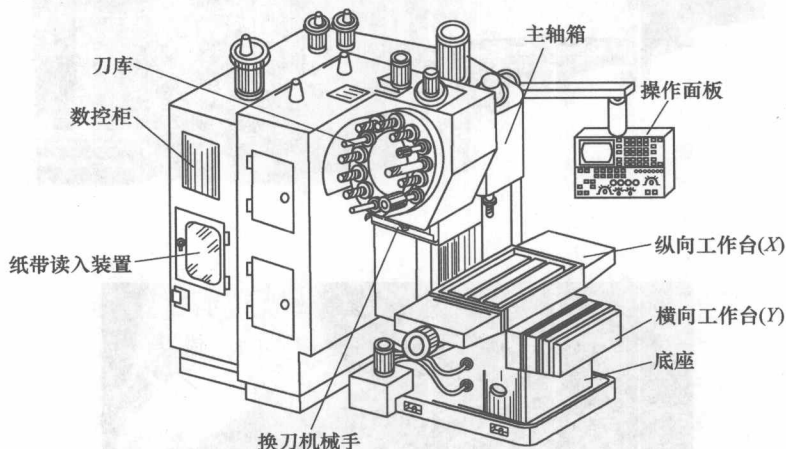


图 1-4 立式加工中心

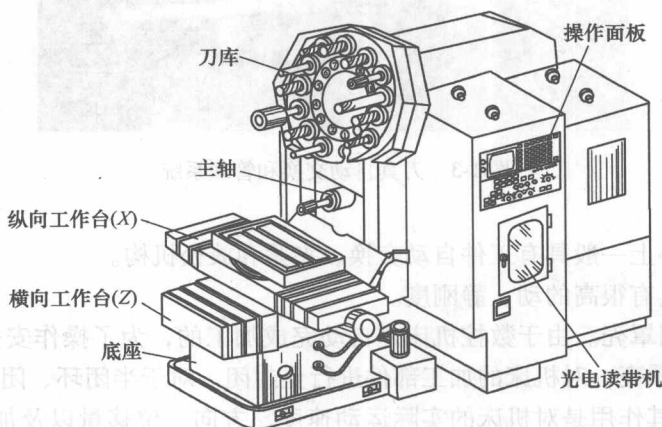


图 1-5 卧式加工中心

(2) 金属成形类数控机床 金属成形类数控机床是指采用挤、冲、压、拉等成形工艺的数控机床,包括数控折弯机、数控组合冲床、数控弯管机、数控压力机等。这类机床起步晚,但目前发展速度很快。

(3) 数控特种加工机床 如数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控火焰切割机床、数控激光切割机床等。

(4) 其他类型的数控机床 如数控三坐标测量仪、数控对刀仪、数控绘图仪等。

2. 按机床运动的控制轨迹分类

(1) 点位控制数控机床 点位控制数控机床只要求控制机床的移动部件从某一位置移动到另一位置的准确定位,对于两位置之间的运动轨迹不作严格要求,在移动过程中刀具不进行切削加工,如图 1-6 所示。为了实现既快又准的定位,常采用先快速移动,然后慢速趋近定位点的方法来保证定位精度。具有点位控制功能的数控机床有数控钻床、数控冲床、数控镗床、数控点焊机

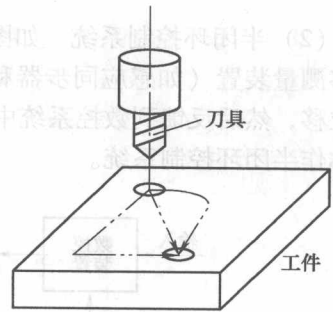


图 1-6 点位控制数控机床加工示意图

(2) 直线控制数控机床 直线控制数控机床的特点是除了控制点与点之间的准确定位外,还要保证两点之间移动的轨迹是一条与机床坐标轴平行的直线,而且对移动的速度也要进行控制,因为这类数控机床在两点之间移动时要进行切削加工,如图 1-7 所示。具有直线控制功能的数控机床有比较简单的数控车床、数控铣床、数控磨床等。单纯用于直线控制的数控机床并不多见。

(3) 轮廓控制数控机床 轮廓控制又称连续轨迹控制,这类数控机床能够对两个或两个以上的运动坐标的位移及速度进行连续相关的控制,因而可以进行曲线或曲面的加工,如图 1-8 所示。具有轮廓控制功能的数控机床有数控车床、数控铣床、加工中心等。

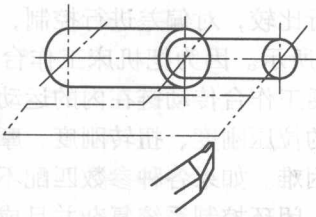


图 1-7 直线控制数控机床加工示意图

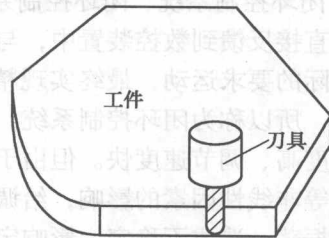


图 1-8 轮廓控制数控机床加工示意图

3. 按伺服控制的方式分类

(1) 开环控制系统 开环控制系统是指不带反馈的控制系统,即系统没有位置反馈元件,通常用功率步进电动机或电液伺服电动机作为执行机构。输入的数据经过数控系统的运算,发出指令脉冲,通过环形分配器和驱动电路,使步进电动机或电液伺服电动机转过一个步距角,再经过减速齿轮带动丝杠旋转,最后转换为工作台的直线移动,如图 1-9 所示。移动部件的移动速度和位移量是由输入脉冲的频率和脉冲数所决定的。

开环控制系统具有结构简单、系统稳定、调试容易、成本低等优点。但是系统对移动部件的误差没有补偿和校正,所以精度低。一般适用于经济型数控机床和旧机床数控化改造。

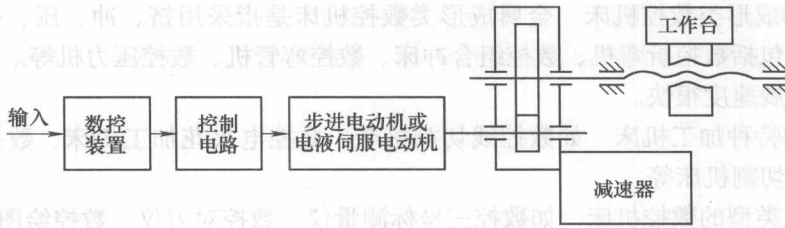


图 1-9 开环控制系统

(2) 半闭环控制系统 如图 1-10 所示, 半闭环控制系统是在开环系统的丝杠上装有角位移测量装置 (如感应同步器和光电编码器等), 通过检测丝杠的转角间接地检测移动部件的位移, 然后反馈到数控系统中, 由于惯性较大的机床移动部件不包括在检测范围之内, 因而称作半闭环控制系统。

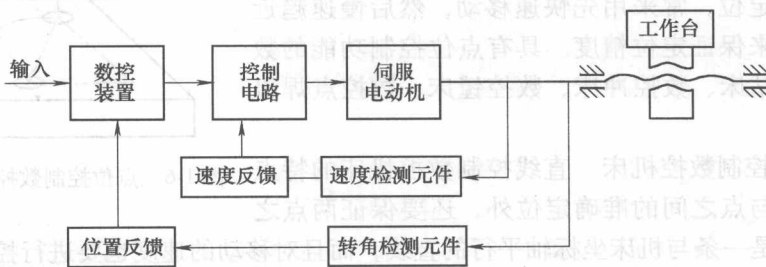


图 1-10 半闭环控制系统

在这种系统中, 闭环回路内不包括机械传动环节, 因此可获得稳定的控制特性。而机械传动环节的误差, 可用补偿的办法消除, 因此仍可获得满意的精度。中档数控机床广泛采用半闭环数控系统。

(3) 闭环控制系统 闭环控制系统是在机床移动部件上直接装有位置检测装置, 将测量的结果直接反馈到数控装置中, 与输入的指令位移进行比较, 对偏差进行控制, 使移动部件按照实际的要求运动, 最终实现精确定位, 如图 1-11 所示。因为把机床工作台纳入了位置控制环, 所以称为闭环控制系统。该系统可以消除包括工作台传动链在内的运动误差, 因而定位精度高、调节速度快。但由于该系统受进给丝杠的拉压刚度、扭转刚度、摩擦阻尼特性和间隙等非线性因素的影响, 给调试工作造成较大的困难。如果各种参数匹配不当, 将会引起系统振荡, 造成不稳定, 影响定位精度。由此可见, 闭环控制系统复杂并且成本高, 故适用于精度要求很高的数控机床, 如精密数控镗铣床、超精密数控车床等。

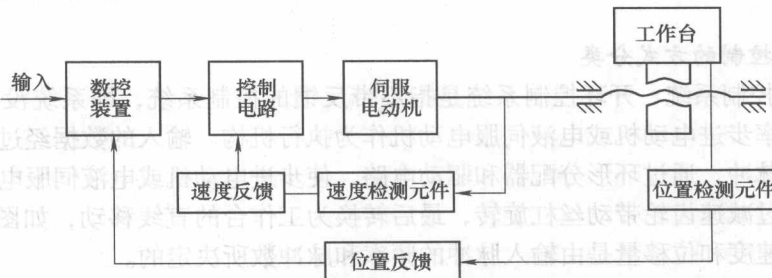


图 1-11 闭环控制系统

三、数控加工刀具的种类与特点

数控加工刀具可分为常规刀具和模块化刀具两大类，其中模块化刀具是发展方向。模块化刀具的主要优点有：减少换刀停机时间，提高生产加工时间；加快换刀及安装时间，提高小批量生产的经济性；提高刀具的标准化和合理化程度；提高刀具的管理及柔性加工的水平；扩大刀具利用率，充分发挥刀具的性能；有效地消除刀具测量工作中断现象，可采用线外预调。事实上，由于模块化刀具的发展，数控刀具已形成了三大系统，即车削刀具系统、钻削刀具系统（图 1-12a）和镗削刀具系统（图 1-12b、c）。

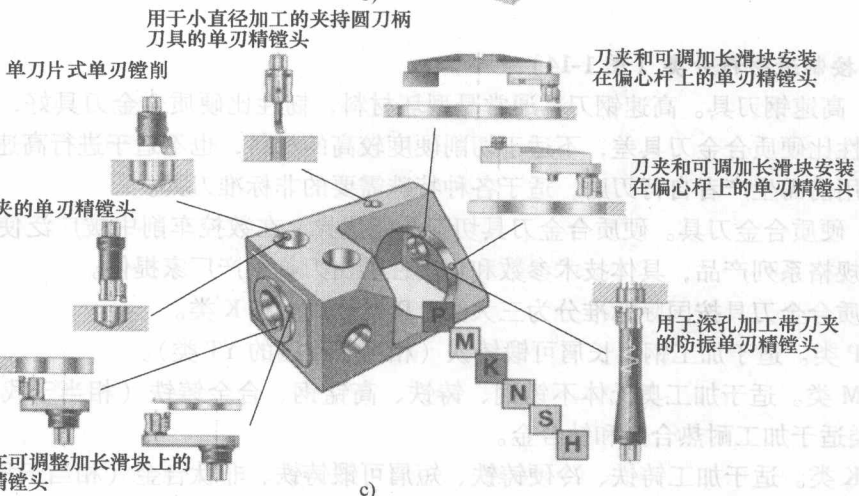
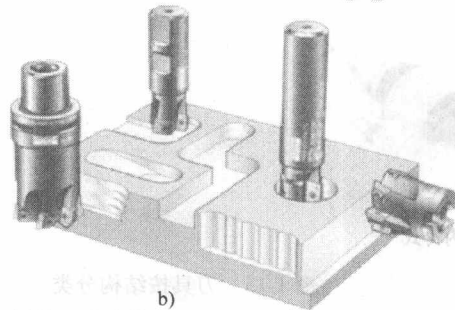
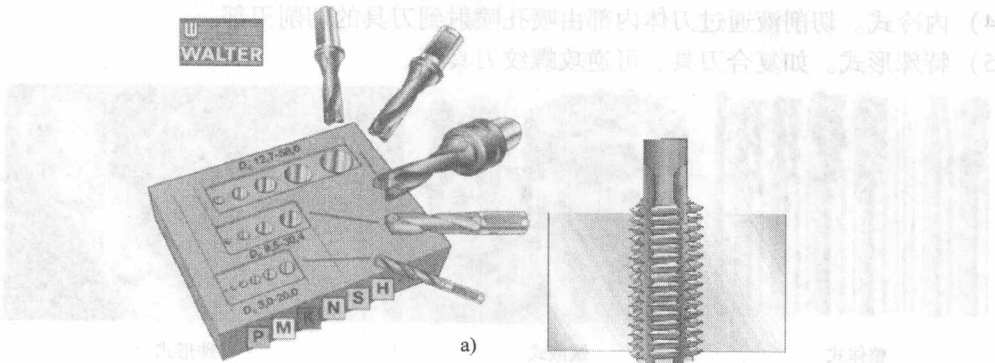


图 1-12 刀具系统

a) 钻削刀具及螺纹刀具 b) 铣削刀具 c) 镗削刀具

数控加工刀具还可按下列方式进行分类：

1. 按结构分类 (图 1-13)

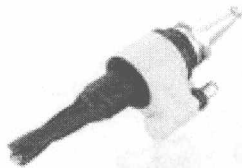
- 1) 整体式。
- 2) 镶嵌式。可分为焊接式和机夹式。机夹式根据刀体结构不同,分为可转位和不转位。
- 3) 减振式。当刀具的工作臂长与直径之比较大时,为了减少刀具的振动,提高加工精度,多采用此类刀具。
- 4) 内冷式。切削液通过刀体内部由喷孔喷射到刀具的切削刃部。
- 5) 特殊形式。如复合刀具、可逆攻螺纹刀具等。



整体式

镶嵌式

特殊形式



内冷式

图 1-13 刀具按结构分类

2. 按制造材料分类 (图 1-14)

1) 高速钢刀具。高速钢刀具通常是型坯材料,韧性比硬质合金刀具好,硬度、耐磨性和热硬性比硬质合金刀具差,不适于切削硬度较高的材料,也不适于进行高速切削。高速钢刀具使用前需生产者自行刃磨,适于各种特殊需要的非标准刀具。

2) 硬质合金刀具。硬质合金刀具切削性能优异,在数控车削中被广泛使用。硬质合金刀具具有规格系列产品,具体技术参数和切削性能由刀具生产厂家提供。

硬质合金刀具按国际标准分为三大类: P 类、M 类和 K 类。

①P 类。适于加工钢、长屑可锻铸铁(相当于我国的 YT 类)。

②M 类。适于加工奥氏体不锈钢、铸铁、高锰钢、合金铸铁(相当于我国的 YW 类)。M—S 类适于加工耐热合金和钛合金。

③K 类。适于加工铸铁、冷硬铸铁、短屑可锻铸铁、非钛合金(相当于我国的 YG 类)。K—N 类适于加工铝、非铁合金; K—H 类适于加工淬硬材料。

3) 陶瓷刀具。

4) 立方氮化硼刀具。

5) 金刚石刀具。



图 1-14 刀具按制造材料分类

3. 按切削工艺分类

(1) 车削刀具 分为外圆车刀、内孔车刀、外螺纹车刀、内螺纹车刀、切断刀、端面车刀、切端面环槽车刀等。

(2) 钻削刀具 分为小孔钻、短孔钻、深孔钻、攻螺纹钻、铰孔钻等。

(3) 镗削刀具 分为粗镗刀、精镗刀等。

(4) 铣削刀具 分为面铣刀、立铣刀、三面刃铣刀等。

1) 面铣刀。面铣刀的圆周表面和端面上都有切削刃，端部切削刃为副切削刃。面铣刀多制成套式镶齿结构和刀片机夹可转位结构，刀齿材料为高速钢和硬质合金，刀体材料为40Cr。

2) 立铣刀。立铣刀是数控机床上用得最多的一种刀具。立铣刀的圆柱表面和端面上都有切削刃，它们可同时进行切削，也可单独进行切削；结构有整体式和机夹式等，高速钢和硬质合金是立铣刀工作部分的常用材料。

3) 模具铣刀。模具铣刀由立铣刀发展而成，可分为圆锥形立铣刀、圆柱形球头立铣刀和圆锥形球头立铣刀三种，其柄部有直柄、削平型直柄和莫氏锥柄。它的机构特点是球头或端面上布满切削刃，圆周刃与球头刃圆弧连接，可以作径向或轴向进给。此类铣刀的工作部分用高速钢和硬质合金制造。

4) 键槽铣刀。

5) 鼓形铣刀。

6) 成形铣刀。

4. 特殊形刀具

特殊形刀具具有带柄自紧夹头、强力弹簧夹头刀柄、可逆式（自动反转）攻螺纹夹头刀柄、增速夹头刀柄、复合刀具和接杆类等，如图 1-15 所示。

四、加工中心特点

加工中心作为一种高效多功能的数控机床，在现代生产中扮演着重要的角色。它可以自动连续地完成

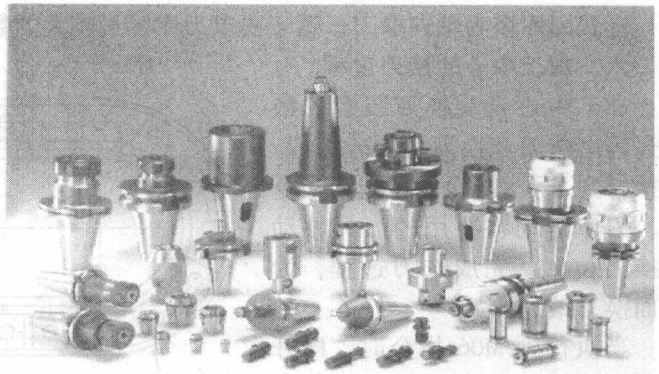


图 1-15 特殊形刀具

成铣、钻、扩、铰、镗、攻螺纹等多种加工工序，适应于小型板类、盘类、壳体类模具等零件的多种品种小批量加工。它除了具有数控机床的共同特点外，还具有以独特的特点：

- 1) 工序集中。
- 2) 强力切削。
- 3) 对加工对象的实用性强。
- 4) 加工生产率高。
- 5) 高速定位。
- 6) 减轻操作者的劳动强度。
- 7) 随机换刀。
- 8) 经济效益高。
- 9) 有利于生产管理的现代化。

五、加工中心刀库形式

刀库的形式很多，结构各异。加工中心常用的刀库有鼓轮式刀库和链式刀库两种。鼓轮式刀库结构简单、紧凑，应用较多，一般存放刀具不超过 32 把，如图 1-16 所示。

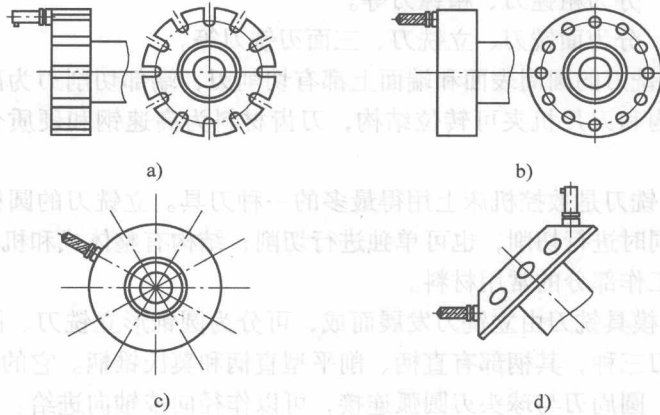


图 1-16 鼓轮式刀库

a) 径向取刀形式 b) 轴向取刀形式 c) 径向布置形式 d) 角度布置形式

链式刀库多为轴向取刀，适于要求刀库容量较大的数控机床，如图 1-17 所示。

六、加工中心的换刀过程

加工中心自动换刀装置的换刀过程由选刀和换刀两部分组成。当执行到 T×× 指令，即选刀指令后，刀库自动将要用的刀具移动到换刀位置，完成选刀过程，为下面换刀做好准备。

当执行到 M06 指令时，即开始自动换刀，把主轴上用过的刀具取下，将选好的刀具安装在主

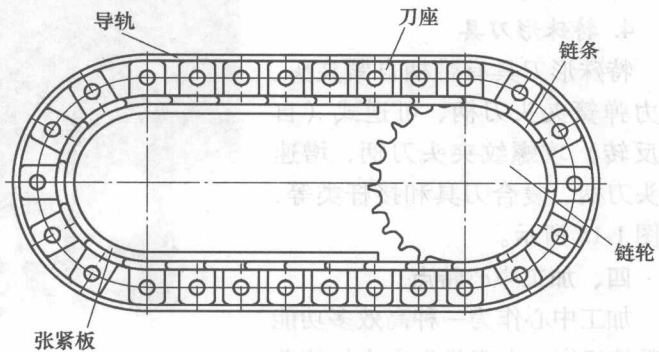


图 1-17 链式刀库