



高职高专“十二五”规划教材

加工中心加工 与CAD/CAM应用技术

JIAGONGZHONGXIN JIAGONG YU CAD/CAM YINGYONG JISHU

主 编 刘宏军

- 项目引领，任务驱动
- 体现职业能力，突出当代技术
- 开拓视野，促进职业发展

上海科学技术出版社



高职高专“十二五”规划教材

加工中心加工 与CAD/CAM应用技术

JIAGONGZHONGXIN JIAGONG YU CAD/CAM YINGYONG JISHU

主 编 刘宏军

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

加工中心加工与 CAD/CAM 应用技术 / 刘宏军主编.
—上海:上海科学技术出版社,2011.8
高职高专“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5478-0830-6

I. ①加… II. ①刘… III. ①加工中心-加工工艺
- 高等职业教育-教材 ②加工中心-计算机辅助设计
- 高等职业教育-教材 ③加工中心-计算机辅助制造
- 高等职业教育-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 110969 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社
(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)
新华书店上海发行所经销
常熟市兴达印刷有限公司印刷
开本 787×1092 1/16 印张:18.25
字数:410 千字
2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-5478-0830-6/TG·43
定价:39.50 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

本书从高职院校数控加工技术能力培养目标出发,结合具体工作任务,采用项目化教学编写方式介绍加工中心加工技术及应用 UG 软件进行典型零件数控铣(加工中心)CAD/CAM 自动编程的方法和工作过程。

全书分为六个项目,内容包括加工中心加工技术、典型零件 UG-CAD 三维建模、UG-CAM 应用基础、典型零件 UG-CAM 平面铣、典型零件 UG-CAM 型腔铣及典型零件 UG-CAM 曲面轮廓铣。全书突出实用,通过典型零件加工实例,详细、清晰地说明其 CAD/CAM 过程,学生可以自主掌握 UG 软件进行 CAD/CAM 造型设计、加工设置及自动生成加工轨迹。

本书可作为高等职业院校数控、机械制造及自动化、模具、计算机辅助设计与制造等机械类专业的教材,也可作为从事数控加工技术人员的参考书。

作者名单

Authors

加工中心加工与 CAD/CAM 应用技术

主 编 刘宏军

副主编 张海军 黄 杰

参 编 宋中和 魏本建 严 帅

前言

Preface

加工中心加工与 CAD/CAM 应用技术

加工中心加工与 CAD/CAM 应用技术是机械制造类专业先进制造技术应用的核心课程,是国家示范专业建设课程改革成果。目前 CAD/CAM 类课程大多强化 CAD 造型,淡化 CAM 加工,原因是 CAM 对教师和学生都有很高的工艺知识要求。本书编写的目的之一是推进先进制造应用技术知识和技能在高职院校传播,培养 CAD/CAM 数控加工应用人才。以 UG NX6.0 数控铣(加工中心)加工为重点,使读者通过本书学习和训练,掌握 CAM 核心知识和具有使用 UG-CAD/CAM 自动编程的核心技能。

本书由加工中心加工技术、UG-CAD/CAM 两部分组成,其技能体系既相互独立,又相互融合。在编写过程中力求突出以下特色:

1. 围绕 CAD/CAM 数控机床加工技术应用的方法,教材内容和过程以基础知识和基本技能为出发点,以获得加工程序为目的,条理明晰、易学易懂,便于教学实施和学生实践。

2. 以项目引领、任务驱动,以完成具体工作任务引出问题,以工作过程引导工作步骤,以工作步骤编排知识点,工作、学习路线明确清晰,可充分调动读者的积极性和创造性。

3. 在有限的学时内,以典型工作任务驱动,多层面、全方位、采用焕然一新的编排方式清晰介绍 CAD/CAM 工艺设置与自动编程的方法、知识点,核心能力突出,并与计算机辅助制造数控程序员职业能力标准对应,深度适用够用。

4. 强化了 CAD/CAM 技术应用作为职业高层次发展方向,使读者更好地适应我国数字制造等现代制造业对人才的需求。

本书由南京工业职业技术学院刘宏军任主编,淮安信息职业技术学院张海军和南京工业职业技术学院黄杰任副主编,参加编写的还有泰州职业技术学院宋中和,沙洲职业

工学院魏本建,南通航运职业技术学院严帅。具体编写分工为:项目一、项目二由黄杰、宋中和负责;项目三~项目五由张海军、魏本建、黄杰负责;项目六由张海军、严帅负责。全书由刘宏军负责统稿和定稿。

尽管在编写中做了许多努力,但由于编者水平有限,书中难免有一些疏漏和不妥之处,恳请各教学单位及读者多提出宝贵意见,以便以后修订时改进。

编者

目 录

Contents

加工中心加工与 CAD/CAM 应用技术

项目一 加工中心加工技术	1
任务一 加工中心机床知识	1
一、加工中心机床	1
二、常用工具	4
三、加工中心刀库类型及工作原理	5
四、加工中心控制系统	10
五、加工中心加工零件工作过程	13
任务二 加工中心工艺与编程	16
一、加工中心加工工艺	16
二、工艺设计	18
三、加工中心编程指令	19
四、程序结构	25
任务三 加工中心工艺编程实例	31
一、泵盖加工工艺与编程	31
二、阀盖加工工艺与编程	41
项目二 典型零件 UG 三维建模	52
任务一 UG - CAD 加工造型基本操作	52
一、UG - CAD 建模界面的启动	52
二、工具栏	52
任务二 型腔铣加工零件造型	58
一、学习任务	58
二、造型过程	58
任务三 点位加工零件造型	61
一、学习任务	61
二、造型过程	61
任务四 平面铣加工零件造型	64
一、学习任务	64
二、造型过程	65
任务五 修改已创建的零件造型	68

一、学习任务	68
二、造型编辑修改过程	69
项目三 UG - CAM 应用基础	74
任务一 UG - CAM 基本操作	74
一、UG - CAM 的加工设置过程	74
二、编程操作入门示例	81
任务二 UG - CAM 点位加工	89
一、点位加工工艺技术	89
二、点位加工几何体设置	90
三、参数设置	94
任务三 UG - CAM 点位加工孔系实例	99
一、零件分析	99
二、编程步骤	100
项目四 典型零件 UG - CAM 平面铣	128
任务一 UG - CAM 平面铣基本操作	128
一、平面铣概述	128
二、平面铣几何体设置	129
三、平面铣基本参数设置	133
任务二 UG - CAM 平面铣加工实例	155
一、零件分析	155
二、编程步骤	157
项目五 典型零件 UG - CAM 型腔铣	179
任务一 UG - CAM 型腔铣基本操作	179
一、型腔铣几何体设置	181
二、型腔铣基本参数设置	183
任务二 UG - CAM 型腔铣加工实例	190
一、零件分析	190
二、编程步骤	192
项目六 UG - CAM 曲面轮廓铣	222
任务一 UG - CAM 固定轴曲面轮廓铣基本操作	222
一、固定轴曲面轮廓铣几何体设置	223
二、固定轴曲面轮廓铣基本参数设置	225
任务二 UG - CAM 曲面轮廓铣加工实例	237
一、零件图	237
二、UG - CAD 造型	238
三、UG - CAM 加工	242

项目一

加工中心加工技术

随着科学技术的迅速发展,社会对产品多样化的要求愈来愈强烈,从而要求产品更新换代的周期越来越短,使多品种、小批量生产的比重明显增加;同时,随着航空航天、造船、军工、汽车、农业机械等行业对产品性能要求的不断提高,产品中形状复杂的零件越来越多,加工质量要求也不断提高。为适应这种多样化、柔性化及复杂形状零件的高效率高质量加工的要求,一种高精度、高效率的“柔性”自动化生产设备——数控机床就应运而生了,数控铣床与加工中心在数控机床中所占的比重较大,应用也最为广泛。

任务一 加工中心机床知识

【技能要求】

具有加工中心结构分析及加工工艺分析的能力。

【核心知识】

加工中心功能特点、刀库系统、加工中心工作过程。

一、加工中心机床

加工中心(Machining Center)简称 MC,是指由机械设备与数控系统组成的适用于加工复杂工件的高效率自动化机床。加工中心是在数控铣床的基础上发展起来的,它具有自动交换刀具的能力,通过在刀库安装不同用途的刀具,可以在一次装夹中,通过自动换刀具装置改变机床主轴上的刀具,实现钻、铣、镗、攻螺纹、切槽等多种功能的自动加工。

(一) 加工中心构成

1. 加工中心组成

同类型的加工中心与数控铣床的结构布局相似,主要在刀库的结构和位置上有区别,一般由床身、主轴箱、工作台、底座、立柱、横梁、进给机构、自动换刀装置、辅助系统(气液、润滑、冷却)、控制系统等组成,如图 1-1 所示是立式加工中心,如图 1-2 所示是卧式加工中心。

2. 加工中心功能特点

(1) 加工中心与其他数控机床相比结构较复杂,控制系统功能较多,它最少有三个运动轴,多的达十几个,可实现二轴和三轴以上联动控制。

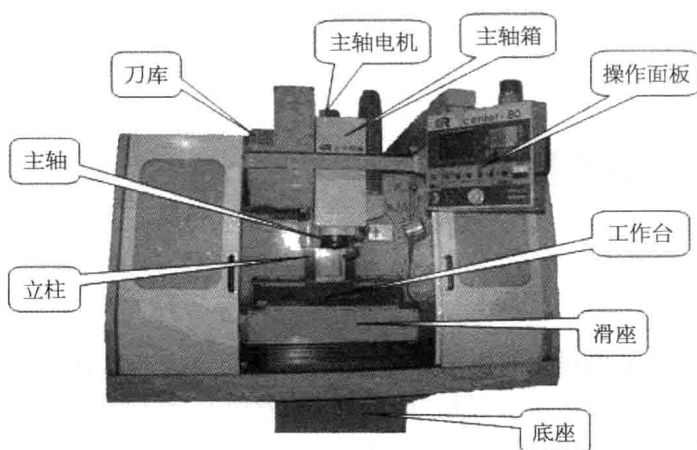


图 1-1 加工中心的组成

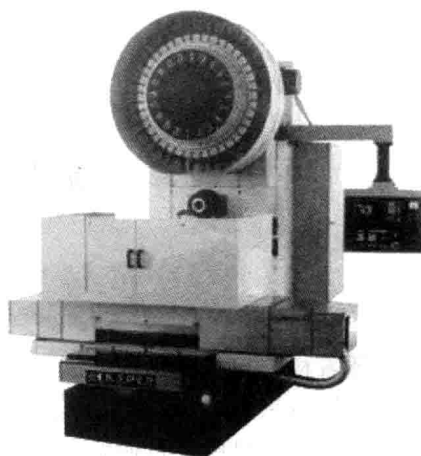


图 1-2 卧式加工中心

(2) 加工中心设置有存放着不同数量的各种刀具或检具的刀库,在加工过程中由程序控制自动选用和更换刀具,实现刀具运行的直线、圆弧和螺旋线等轨迹,从而使刀具进行复杂形状的自动加工。

(3) 加工中心还具有不同的辅助功能,如各种加工固定循环、自动对刀、刀具半径及长度补偿、刀具破损检测报警、刀具寿命管理、过载、超行程自动保护、丝杆螺距误差补偿、丝杆间隙补偿、故障自动诊断、工作加工过程图形显示、工件在线检测和加工自动补偿、离线编程等功能,这些功能对于提高机床的加工效率、保证产品加工精度和质量等都是普通加工设备无法相比的。

(4) 加工中心是一种综合加工能力很强的设备,工件在一次装夹后能够完成较多的加工程序,加工精度高,以中等加工难度的批量工件为例,其加工效率是普通设备的 5~10 倍,特别是它能完成许多普通设备不能完成的加工,对形状较复杂、精度要求高的工件的生产更为适用。

3. 加工中心的型号

目前我国加工中心机床的型号编制方法是按 JB 1838—1976 标准,加工中心型号示例如图 1-3 所示。

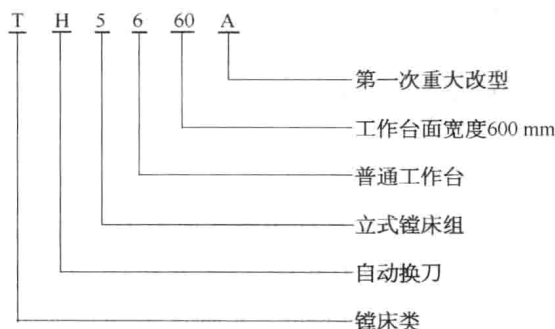


图 1-3 加工中心型号示例

机床的类别用汉语拼音字母表示,“T”表示镗床类等;特性代号在类别代号之后也用汉语拼音字母予以表示,加工中心特征代号一般为 H(自动换刀);组、型别代号用阿拉伯数字组成,位于类别代号或特性代号之后,第一位数字表示组别,第二位数字表示型别;机床主要参数用两位数字表示,加工中心用两位数字表示工作台宽度的 1/10;机床重大改型的顺序号,在原机床型号后用 A、B、C、D 等英文字母表示。

(二) 加工中心分类

加工中心的品种、规格较多,分类的方法也有多种。

1. 根据结构分

1) 立式加工中心 指主轴轴线为垂直状态设置的加工中心。其结构形式多为固定立柱式,工作台为长方形,无分度回转功能,适合加工盘、套、板类零件,如图 1-4 所示。一般具有三个直线运动坐标,并可在工作台上安装一个水平轴的数控回转台,用以加工螺旋线零件。

立式加工中心装夹工件方便,便于操作,易于观察加工情况,但加工时切屑不易排除,且受立柱高度和换刀装置的限制,不能加工太高的零件。

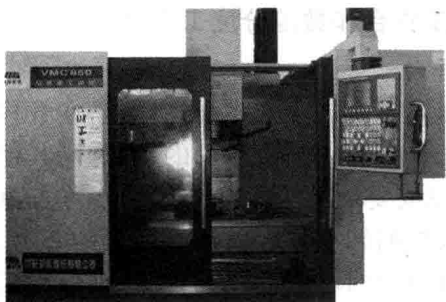


图 1-4 立式加工中心

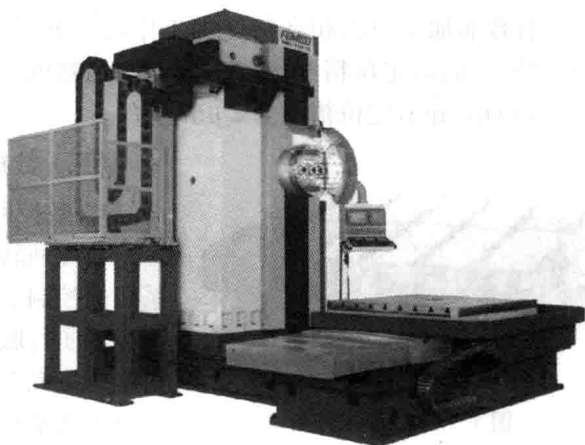


图 1-5 卧式加工中心

2) 卧式加工中心 指主轴轴线为水平状态设置的加工中心,如图 1-5 所示。通常都带有可进行分度回转运动的工作台。卧式加工中心一般都具有三个至五个运动坐标,常见的是三个直线运动坐标加一个回转运动坐标,它能够使工件在一次装夹后完成除安装面和顶面以外的其余四个面的加工,最适合加工箱体类零件。

卧式加工中心调试程序及试切时不便观察,加工时不便监视,零件装夹和测量不方便,但加工时排屑容易,对加工有利。

3) 龙门式加工中心 龙门式加工中心的形状与龙门铣床相似,如图 1-6 所示。主轴多为垂直设置,除自动换刀装置外,还带有可更换的主轴附件,数控装置的功能也较齐全,能够一机多用,尤其适用于加工大型或形状复杂的零件,如飞机上的梁、框、壁板等。

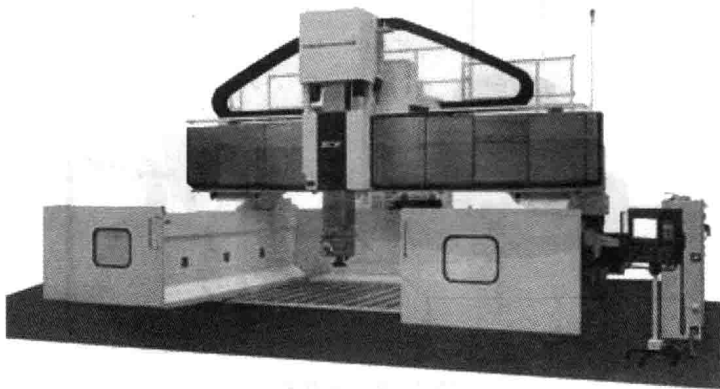


图 1-6 龙门式加工中心

2. 按同时控制的坐标数分

有三轴二联动、三轴三联动、四轴三联动、五轴四联动、六轴五联动等。三轴、四轴是指加工中心具有的运动坐标数,联动是指控制系统可以同时控制运动的坐标数,从而实现刀具相对工件的位置和速度控制。

3. 按工作台的数量和功能分

有单工作台加工中心、双工作台加工中心和多工作台加工中心。

4. 按加工精度分

有普通加工中心和高精度加工中心。普通加工中心分辨率为 $1\ \mu\text{m}$,最大进给速度为 $15\sim 25\ \text{m/min}$,定位精度 $10\ \mu\text{m}$ 左右。高精度加工中心分辨率为 $0.1\ \mu\text{m}$,最大进给速度为 $15\sim 100\ \text{m/min}$,定位精度为 $2\ \mu\text{m}$ 左右。

(三) 数控回转工作台和数控分度工作台

1. 数控回转工作台

数控回转工作台同直线进给工作台一样,是在数控系统的控制下完成工作台圆周进给运动的,并能同其他坐标轴实行联动,以完成复杂零件的加工,还可以作任意角度转位和分度。数控回转工作台使用于加工中心上,可使机床增加一个或两个回转坐标,从而使三轴坐标机床实现四轴、五轴加工功能,典型结构如图 1-7 所示。

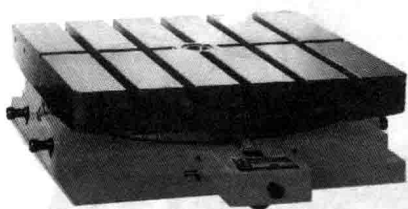


图 1-7 回转工作台

2. 数控分度工作台

数控分度工作台与数控回转工作台不同,它只能完成分度运动。同样也能达到增加机床回转轴的功能,可以扩展机床的加工范围。

二、常用工具

1. 对刀器

对刀器如图 1-8 所示,其功能是测定刀具与工件的相对位置,形式多样,有对刀量块、电子式对刀器等。

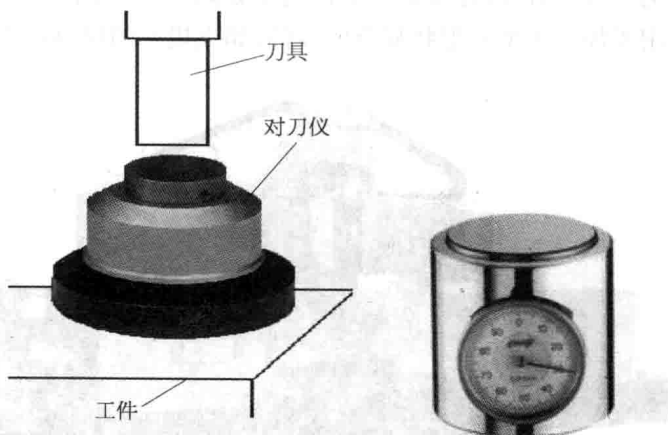


图 1-8 对刀器

2. 找正器

找正器又称寻边器,其作用是确定工件在机床上的位置,即确定工作坐标系,它有机械式及电子式两种。电子式找正器需要内置电池,当其球头接触工件时,发光二极管亮,其重复找正精度在 $2\text{ }\mu\text{m}$ 以内,如图 1-9 所示。

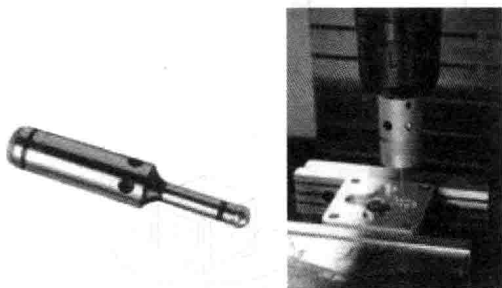


图 1-9 找正器

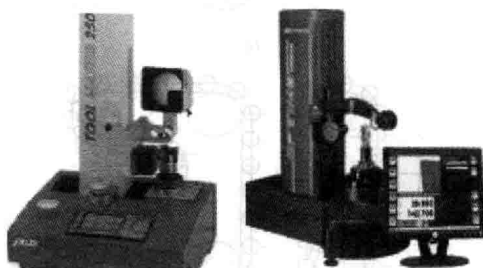


图 1-10 光学数显对刀仪

3. 光学数显对刀仪

如图 1-10 所示为光学数显对刀仪。使用对刀仪,可测量刀具的半径和长度,并进行记录,然后将刀具的测量数据输入机床的刀具补偿表中,供加工中进行刀具补偿时调用。利用对刀仪可以大大提高加工中心的加工效率,也能提高对刀的精度。

三、加工中心刀库类型及工作原理

(一) 刀库类型及其功能

数控加工中心机床一般都带有刀库,刀库用于存放刀具,是自动换刀装置中的主要部件之一。

1. 刀库类型

根据刀库存放刀具的数量和取刀方式,刀库可设计成不同类型,如图 1-11 所示。

1) 直线刀库 如图 1-11a 所示,刀具在刀库中直线排列、结构简单,存放刀具数量有限(一般 8~12 把),较少使用;

2) 鼓轮式刀库 如图 1-11b、g 所示,这种刀库存刀量少则 6~8 把,多则 50~60 把,有多种形式:

图 1-11b 所示刀库,刀具径向布置,占有较大空间,一般置于机床立柱上端;

图 1-11c 所示刀库,刀具轴向布置,常置于主轴侧面,刀库轴线可垂直放置,也可以水平放置,较多使用;

图 1-11d 所示刀库,刀具为伞状布置,多斜放于立柱上端;

图 1-11e 所示为使用多圈分布刀具的圆盘刀库;

图 1-11f 所示为多层圆盘刀库;

图 1-11g 所示为多排圆盘刀库,多排圆盘刀库每排 4 把刀,可整排更换。

后三种刀库形式使用较少。

3) 链式刀库 如图 1-11h、i 所示,这种刀库较常见,图 1-11h 所示为单排链式刀库,图 1-11i 所示为加长链条的链式刀库。

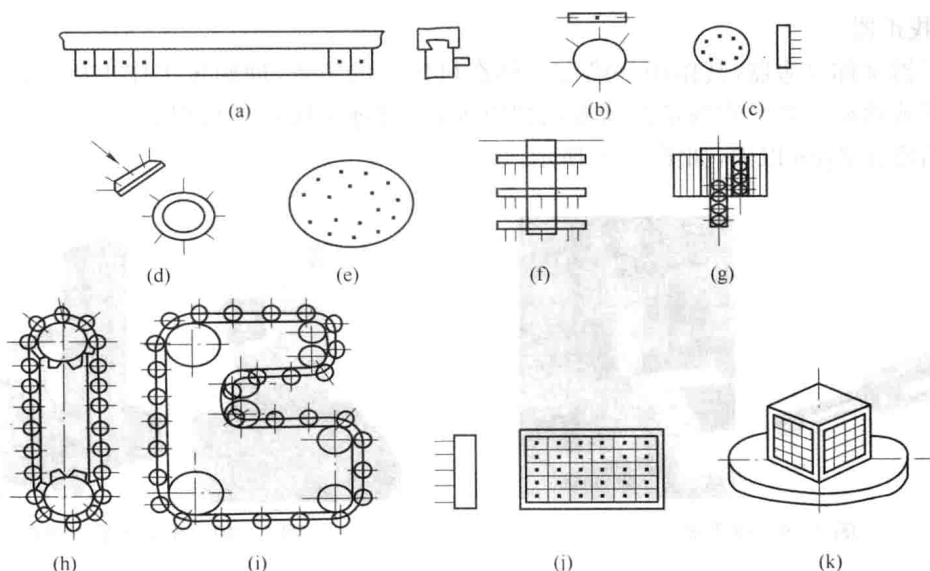


图 1-11 刀库的各种形式

4) 格子盒式刀库 如图 1-11j、k 所示,这种刀库容量较大,图 1-11j 所示为单面式,图 1-11k 所示为多面式。

2. 常用刀库的功能及特点

刀库的结构不同,功能及特点也有所区别。

1) 鼓轮式刀库 鼓轮式刀库结构紧凑、简单,在钻削中心上应用较多。一般存放刀具不超过 32 把。如图 1-12 所示为鼓轮式刀库,它的刀具轴线与鼓轮轴线平行布置,其中如图 1-12a 所示为径向取刀形式,如图 1-12b 所示为轴向取刀形式。

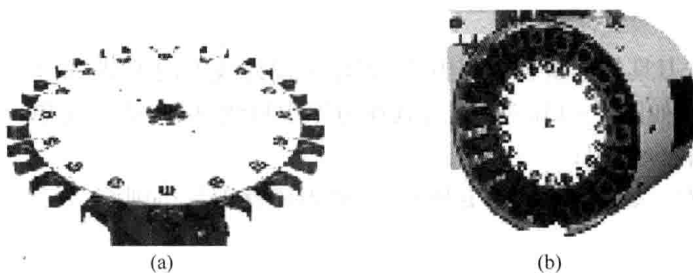


图 1-12 鼓轮式刀库

2) 链式刀库 链式刀库是在传动链条上安置许多刀座,刀座的孔中装夹各种刀具,链条由链轮驱动,其长度取决于刀具的数量。链式刀库适用于刀库容量较大的场合,且多为轴向取刀。链式刀库有单环链式如图 1-13a 所示,为提高空间利用率,可增加链轮的数目,而将链条折叠回绕,如图 1-13b 所示。链式刀库不能设计得太大,否则会使数控设备结构显得庞大。如图 1-13c 所示为水平径向取刀的结构。

3) 格子盒式刀库 如图 1-14 所示为固定格子盒式刀库。刀具分几排直线排列,由纵、横向移动的取刀机械手完成选刀运动,将选取的刀具送到固定换刀位置和刀座上,再由换刀机械手交换刀具。由于刀具排列密集,因此空间利用率高,刀库容量大。

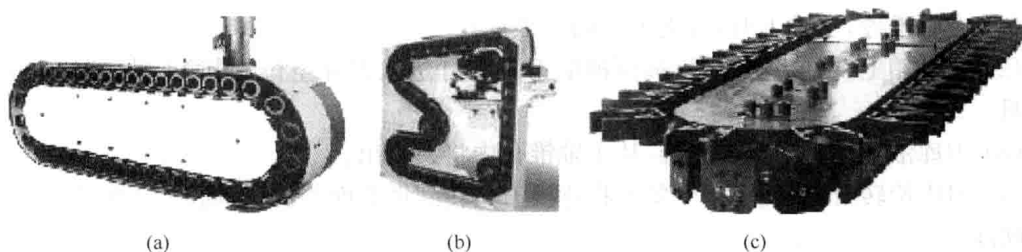


图 1-13 链式刀库

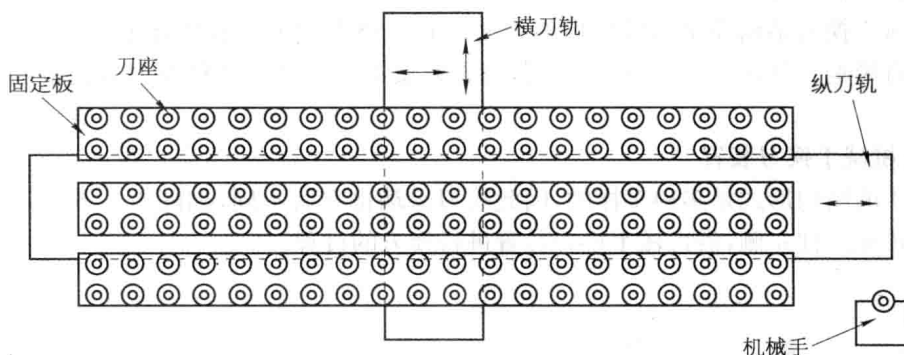


图 1-14 固定型格子盒式刀库

(二) 换刀装置及工作原理

数控加工中心的换刀装置的主要功能是实现刀库与机床主轴之间刀具的传递和装卸。通常应用的有无机械手换刀装置和有机械手换刀装置。

1. 无机械手换刀装置

无机械手换刀是利用刀库与机床主轴的相对运动来实现刀具的交换。当某工步工作结束后执行换刀指令时,换刀过程如图 1-15 所示。

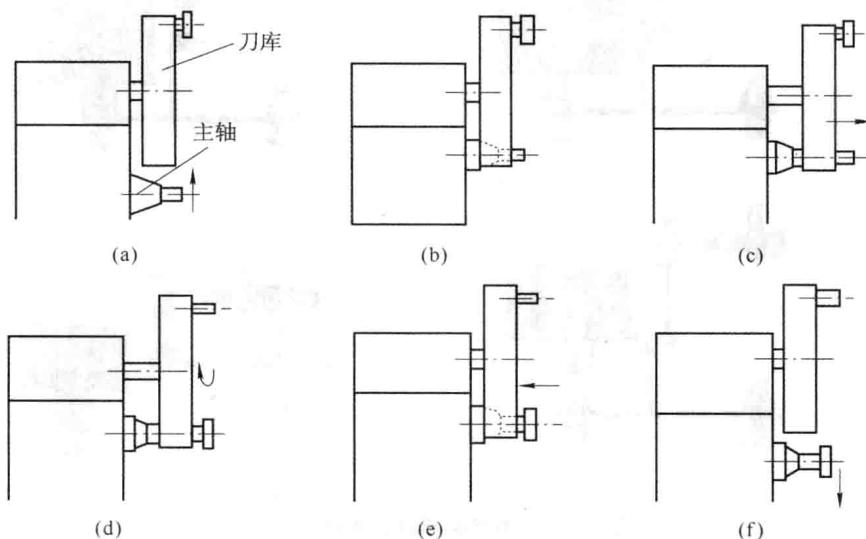


图 1-15 无机械手换刀动作分解图

- (1) 主轴准停, 主轴上升, 装夹刀具的卡爪打开。
- (2) 主轴箱上升到极限位置, 被更换的刀具刀杆进入刀库空位, 同时主轴内拉刀机构放松刀具。
- (3) 刀库液压缸将刀盘向左推, 从主轴锥孔中将刀拔出。
- (4) 刀库旋转, 按照程序指令要求将待换刀具转到最下面的位置, 同时, 压缩空气将主轴锥孔吹净。
- (5) 刀库退回, 同时将新刀插入主轴锥孔。主轴内拉刀机构将刀杆拉紧。
- (6) 主轴下降到加工位置后启动, 开始下一工步的加工。

无机械手换刀结构简单、紧凑, 但换刀时间长。整个换刀过程机床处于不工作状态, 对生产效率有影响。其次, 受刀库尺寸限制, 装刀数量不能太多。这种换刀方式常用于小型加工中心。

2. 有机械手换刀装置

机械手的结构形式是多种多样的, 因此换刀运动也有所不同, 如图 1-16 所示为链式刀库安装于机床立柱左侧, 借机械手换刀装置进行换刀的过程。

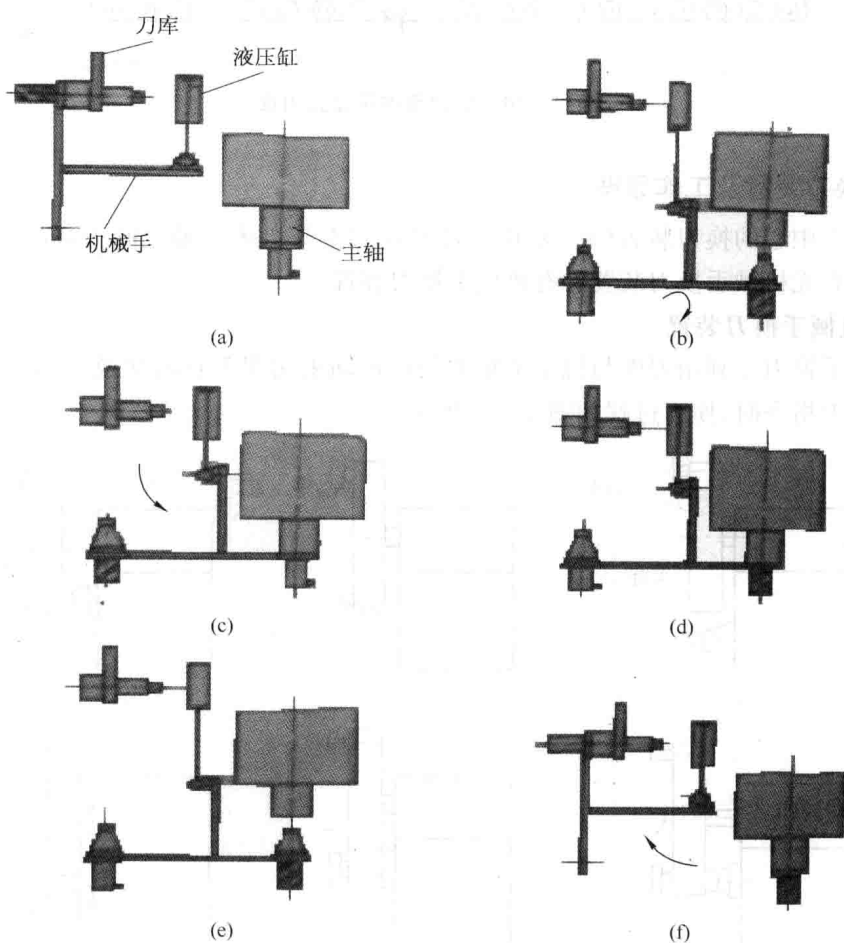


图 1-16 有机械手换刀动作分解图