

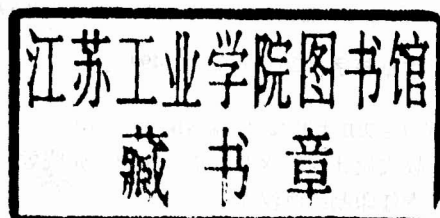
加工中心实用技术

许祥泰 刘艳芳 编著



加工中心实用技术

许祥泰 刘艳芳 编著



机械工业出版社

本书共分 11 章。分别讲述加工中心的概况、分类；加工中心的组成与典型结构；加工中心主机配套及其特点；加工中心的数控系统；机床进给系统与伺服驱动装置；工件的定位与安装；加工中心的刀具系统；加工中心的操作；加工中心的应用与编程；CAD/CAM 交互式自动编程系统；加工中心的安装调试与验收。

本书内容丰富，为加工中心的应用提供了全面的知识，并涉及数控机床及其相关配套诸多方面的内容，是一本实用性较强、应用面较广的教材。适合于数控技术人员使用，也可作为大专院校、高职、中职相关专业课程或有关数控技术职业培训的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

加工中心实用技术/许祥泰, 刘艳芳编著. —北京: 机械工业出版社, 2007. 10

ISBN 978-7-111-22455-6

I. 加… II. ①许…②刘… III. 加工中心-技术 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 152494 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 周国萍 版式设计: 霍永明 责任校对: 张晓蓉

封面设计: 王奕文 责任印制: 洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷 (三河市明辉装订厂装订)

2008 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·11.25 印张·435 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-22455-6

定价: 35.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379782

封面无防伪标均为盗版

前言

数控机床是有信息存储功能的机床，是金属加工工业中最重要的生产手段，是先进制造技术不可缺少的工艺装备。没有数控机床的发展与广泛应用，各工业化国家目前所达到的制造水平和高生活标准将是不可想象的。

先进制造技术是传统产业改造、提升、创新的技术支撑和必不可少的手段。数控技术是先进制造技术的基础技术与共性技术。它是信息技术与机械制造技术相结合的产物，它的出现使国民经济的基础装备——工作母机行业发生了巨大的变革。这不仅仅是由于数控机床具有高精度、高效率、高自动化和高柔性化的特点，使机械加工的效率和加工水平跃上了一个新的台阶，更重要的是数控技术和数控机床作为柔性制造系统（FMS）和计算机集成制造系统（CIMS）的基础，促进了机械制造的集成化、智能化，使传统制造业进入了一个新的时代。

加工中心是数控机床中技术含量最高的机电一体化高新技术产品。它综合了微电子、计算机、信息、自动控制、精密测量、机床制造等方面的技术及相关配套的最新成就，集数控铣床、数控镗床、数控钻床等众多数控机床的功能于一体，增加了刀具自动交换装置和刀库，可以对一次装夹中的工件进行铣、镗、钻、扩、铰、攻螺纹、车螺纹、车内槽等工序的加工，构成了以工件为中心的多工序复合加工，成为数控机床中生产效率和自动化程度最高的综合性机床。

随着电子技术的高速发展，元器件功能的不断提高和完善，数控系统与伺服驱动不断创新，进一步促进了数控机床、加工中心的不断创新与发展。按照工艺方法，加工中心已不再是“自动换刀镗铣床”的专有名词，它已涉及其他金属切削机床、锻压机械、电化学成形机床、激光以及焊接设备，出现了车削中心、磨削中心、冲压中心、激光中心、焊接中心等。

网络数控、远程诊断技术的问世，解决了从前不可设想的控制技术上的难题，实现了对远距离的数控机床、加工中心的监测、遥控，拉近了机床生产厂家与用户的距离。传统制造业实现“无图样生产”和“全球制造”都有赖于信息技术和数控技术的发展。

笔者亲身经历了我国机床变革，数控机床、加工中心的发展过程，每想到1981年赴日本参加加工中心联合设计时，在大阪国际机床博览会上参观加工中

心时的惊讶心情,再看看我国数控机床、加工中心发展的现状,作为长期从事数控机床设计、开发与制造的科技工作者,深感 20 余年来我国数控机床、加工中心发展的重大意义。

面对“入世”后激烈的市场竞争,加大数控机床、加工中心应用推广和普及的力度,是迅速提高我国机械制造业的整体制造能力和水平的有效途径。

为适应初、中级数控人才培养的需要,满足大专、高职、技校相关专业学生学习先进制造技术的需要,配合数控人才的培训工作,笔者应邀编写了本书。由于水平有限,书中难免存在错误之处,恳请读者不吝赐教。

编 著

目 录

前言

第1章 加工中心	1
1.1 加工中心的概述	1
1.2 加工中心的分类	2
第2章 加工中心的组成与典型结构	14
2.1 加工中心的组成	14
2.2 加工中心的基础件与基础部件	15
2.2.1 床身与床身部件	15
2.2.2 立柱及立柱部件	17
2.2.3 工作台及工作台部件	18
2.3 加工中心的主轴箱	24
2.3.1 主传动系统应满足的要求	24
2.3.2 主轴箱的典型结构及特点	24
2.4 刀具自动交换系统	27
2.4.1 有机械手的刀具交换系统	27
2.4.2 无机械手的刀具交换系统	29
2.4.3 刀具的交换方式及特点	30
2.5 加工中心的外围设备	32
2.5.1 液压装置	32
2.5.2 气动装置与气液装置	35
2.5.3 切削液装置	35
2.5.4 集中润滑装置	37
2.5.5 排屑装置	39
第3章 加工中心主机的配套及其特点	41
3.1 主轴电动机	41
3.1.1 直流 (DC) 主轴电动机	41
3.1.2 交流 (AC) 主轴电动机	42
3.1.3 主轴电动机的定向功能	42
3.2 进给伺服电动机	44
3.2.1 永磁 (宽调速) 直流伺服电动机	44

3.2.2 交流伺服电动机	45
3.2.3 永磁交流伺服电动机	46
3.3 滚珠丝杠副	47
3.3.1 滚珠丝杠副的分类	47
3.3.2 滚珠丝杠副的优点	48
3.4 塑料导轨与直线滚动导轨	49
3.4.1 塑料导轨	50
3.4.2 直线滚动导轨	50
3.5 定位端齿盘	53
3.5.1 端齿盘分度装置的组成	53
3.5.2 端齿盘分度装置的特点	54
3.6 高速多楔带和同步带	55
3.6.1 高速多楔带	55
3.6.2 同步带	56
3.7 弹性锥形夹紧环	56
3.7.1 弹性锥形夹紧环结构和紧固原理	57
3.7.2 弹性锥形夹紧环特点	57
3.8 膜片弹性联轴器	58
第4章 加工中心的数控系统	59
4.1 概述	59
4.1.1 CNC 系统的概述	59
4.1.2 CNC 装置的组成与工作过程	60
4.1.3 CNC 装置的功能	63
4.2 数控装置的硬件结构	68
4.2.1 单微处理机结构	68
4.2.2 多微处理机结构	79
4.3 CNC 装置的软件结构	80
4.3.1 CNC 装置的软件组成及软件界面	80
4.3.2 多任务并行处理与多重实时中断的特点	82
4.3.3 典型 CNC 装置的软件结构	83
4.4 CNC 装置的数据处理	86
4.4.1 CNC 装置的数据转换流程	87
4.4.2 输入数据的处理	87
第5章 机床的进给伺服驱动系统	92
5.1 概述	92

5.2 数控机床伺服系统的类型	94
5.2.1 液压和电气伺服系统	94
5.2.2 点位、直线和轮廓控制的伺服系统	94
5.2.3 开环、闭环与半闭环控制系统	95
5.3 伺服系统的驱动单元	97
5.3.1 步进电动机的驱动单元	98
5.3.2 直流伺服驱动单元	101
5.3.3 交流伺服驱动单元	109
5.4 伺服系统的位置检测装置	112
5.5 数控机床的位置测量装置	117
第6章 工件的定位与安装	119
6.1 定位基准的选择	119
6.1.1 定位基准	119
6.1.2 基准重合的调整	126
6.2 工件的装夹与夹紧	128
6.2.1 工件的装夹	128
6.2.2 工件的夹紧	132
第7章 加工中心的刀具系统	135
7.1 切削的基础知识	135
7.2 加工中心的刀具	138
7.2.1 铣削刀具系列	138
7.2.2 钻削刀具系统	150
7.2.3 镗削(孔)刀具系统	153
7.2.4 螺纹加工刀具	156
7.3 数控机床的工具(刀辅助)系统	159
7.3.1 工具系统刀柄的结构形式	160
7.3.2 TSC82 数控工具系统	160
7.3.3 TMG—21 模块式工具系统	162
7.3.4 HSK 中空刀柄系统	166
第8章 加工中心的操作	170
8.1 立式加工中心的操作	170
8.1.1 XH713 型立式加工中心的外观	171
8.1.2 XH713 型立式加工中心的操作面板	171
8.1.3 数控系统控制面板(MDI/CRT 面板)介绍	173
8.1.4 机床操作面板介绍	174

8.1.5 机床的操作	174
8.2 卧式加工中心的操作	196
第9章 加工中心的应用与编程	197
9.1 加工中心的应用范围	197
9.1.1 概述	197
9.1.2 适合加工中心加工的零件	199
9.2 零件加工程序的编制	200
9.2.1 手工编程与计算机辅助编程	200
9.2.2 程序的指令代码	202
9.3 加工中心的应用实例	211
9.3.1 G 功能指令在程序设计中的具体应用	211
9.3.2 固定循环 G 功能指令在程序设计中的应用	216
9.3.3 综合应用实例	219
第10章 CAD/CAM 交互式自动编程系统	230
10.1 Cimatron CAD/CAM	230
10.1.1 功能概述	230
10.1.2 高速加工的对策	231
10.1.3 智能化加工软件的特点	232
10.2 Cimatron 的工作环境	233
10.2.1 软、硬件的必备要求	233
10.2.2 数据输入方式	234
10.2.3 区域划分与功能介绍	234
10.3 Cimatron CAD 的功能	237
10.3.1 构建图形	237
10.3.2 构成曲面和曲线	246
10.4 Cimatron CAM 的功能	264
10.4.1 如何进入 NC 加工	264
10.4.2 加工管理环境	267
10.4.3 刀具路径的共同参数设定	276
10.5 模具的 NC 加工方法	279
10.5.1 口袋加工	279
10.5.2 外形加工	280
10.5.3 钻孔加工	281
10.5.4 环绕等高加工	282
10.5.5 口袋投影	288

10.5.6	沿面投影	289
10.5.7	沿面切削	291
10.5.8	外形投影	292
10.5.9	沿面多轴	293
10.5.10	平面等高	294
10.5.11	自动清角	296
10.5.12	沿线多轴	301
10.5.13	素材	301
10.5.14	加工范例	302
10.5.15	AutoCAD 与 Cimatron 图档转换	327
第 11 章	加工中心的安装调试与验收	330
11.1	加工中心的安装	330
11.1.1	加工中心对工作环境和安装基础的基本要求	330
11.1.2	机床的初始就位	330
11.1.3	机床各部件的连接	331
11.1.4	数控系统的连接和调整	331
11.2	机床几何精度的调试	333
11.2.1	通电试车	333
11.2.2	精调机床水平及功能部件的调试	335
11.3	机床的运转试验	336
11.3.1	机床的空运转试验	336
11.3.2	机床的负荷试验	339
11.4	加工中心的检测与验收	340
11.4.1	外观的检查	340
11.4.2	几何精度的检查	341
11.4.3	机床位置精度的检验	342
11.4.4	工作精度的检验	342
11.4.5	机床性能及数控系统性能的检查	345
参考文献		348

第1章 加工中心

加工中心是数控机床中典型的机电一体化高技术产品,同时又是先进制造技术不可缺少的工艺设备。它综合了微电子、计算机、自动控制、精密测量、机床制造等方面的技术及相关配套的最新成就,是当代机床工业发展方向和先进生产力的一种标志,多坐标(5坐标以上)联动的加工中心还是重要的战略物资。

1.1 加工中心的概述

加工中心是一种工序集中、工艺复合的数控机床。它集铣床、钻床和镗床的加工功能于一体,在加工过程中,能够自动更换刀具,对一次装夹中的工件,完成铣、钻、镗、扩、铰、攻螺纹和车螺纹等加工工序。

1958年美国柯·特雷克(KT)公司在数控铣床上,增加了一套刀具存储和交换装置,开发了世界上第一台自动换刀数控铣床,成功地把铣、钻、镗、扩、铰、攻螺纹和车内槽等多种工序集合在一台机床上,通过刀具的自动交换,实现了多工序的连续加工。在这种机床上加工零件,不管加工要素如何,机床都能够按照程序指令,对一次装夹好的工件完成过去必须分别采用不同机床才能完成的各种工序,构成了以被加工工件为中心的多工序复合加工。这种复合数控机床被KT公司称之为Machining Center。加工中心一词是Machining Center一词的直译名。

加工中心的出现,改变了一台机床、一个工人、一把刀具加工一道工序的传统加工方法,避开了操作工人的技能和思想情绪等因素对加工效率和质量的影响,改变了传统制造业的生产管理模式,揭开了先进制造技术发展的序幕,这是制造业的一次重大革命。

20世纪60年代中期,工业化国家在专业化生产过程中,生产效率的提高一直受机床操作工人的技能的制约,不能实现理想的专业化生产。数控机床和加工中心的商品化,改变了传统的专业生产方式,经编程人员将熟练操作工人的技能转变为数控纸带信息,输入机床的控制系统,在充分准备好加工刀辅具的条件下,数控机床、加工中心就能够充分发挥其高速、高效、高精度的特点,从而降低了生产成本,提高了零件加工质量。

加工中心与专用机床和组合机床的区别是:用加工中心加工零件时,当需要更换加工零件时,只需改变加工程序和刀辅具即可进行生产,用这种设备加工零件,是属于柔性化生产方式,它最适于多品种小批量的生产和新产品的试制;而专

用机床和组合机床加工零件,更换加工零件几乎是要更新全部工艺装备,是属于刚性生产方式,只适于大批量的生产方式,不能实现多品种小批量的柔性化生产。

由于加工中心具有高效率、高质量、高柔性、低劳动强度等优点,因此深受机械制造业的欢迎,销路十分惊人,并引起工业化国家的高度重视,纷纷出台有关政策,鼓励和扶持数控机床、加工中心产业的发展。随着以铣床为基础的加工中心的出现,以卧式镗床和坐标镗床为基础的加工中心也得到迅速地发展。

近 20 多年来,随着电子技术、信息技术的飞速发展,数控系统所使用的元器件不断更新,高性能的微处理器大量使用,不断完善和扩展的机床功能,使加工中心不断创新。过去,加工中心是泛指铣镗类“自动换刀数控镗铣床”,现在已出现按其加工主要内容来划分加工中心的类型,如车床类的“车削中心”、磨床类的“磨削中心”、锻压机床类的“冲压中心”、“激光加工中心”以及“复合加工中心”等。进入 20 世纪 90 年代末期,网络技术也成功地运用到数控机床领域,出现了网络数控,人们通过网络即可控制现场的数控机床、加工中心的运行。

1.2 加工中心的分类

加工中心发展至今已有 40 年的历史,通过生产厂家不断改进、完善和创新,其品种规格已非常齐全。据不完全统计,世界上生产的各类加工中心约有 1000 多个规格和品种。但目前尚无统一的分类方法,习惯分类方法大致有两种,一种是按工艺用途进行分类;另一种是结合工艺用途,按机床结构和总体布局进行分类。现将这两种分类方法介绍如下。

1. 按工艺用途分类

按工艺用途进行分类,大致可分为镗铣加工中心、钻削加工中心、车削加工中心、激光加工中心、复合加工中心和钣金加工中心 6 大类。

(1) 镗铣(铣镗)加工中心

镗铣(铣镗)加工中心,是以铣床(如床身铣床)或镗床(如坐标镗床)为基础发展起来的加工中心。这类加工中心是以铣削加工和镗削加工为主,同时还可以完成钻削和攻螺纹、车内槽等工序的加工。主要适合箱体零件、壳体、盖板以及复杂零件的曲线和曲面加工。如图 1-1 所示的 XH714 型立式加工中心,它就是以 X714 型立式床身铣床为基型发展起来的,类似的还有 XH754 型卧式加工中心、从



图 1-1 XH714 型立式加工中心

镗床系列发展起来的 TH6363 型卧式加工中心，如图 1-2 和图 1-3 所示。

(2) 钻削加工中心

钻削加工中心是由数控钻床演变过来的，其结构较镗铣类加工中心简单，刀库多为转塔式，刀库容量通常在 7 ~ 10 把之间。这类加工中心最适于点位加工，主要用于薄壁零件、盖板、板材件的钻孔、扩孔、攻螺纹等加工工序，也可以进行连续轮廓铣削加工。一般钻削加工中心的主轴多采用变频调速，主轴功率小、转速高，电动机与主轴多采用带连接。代表产品有日本 FANUC 公司生产的钻削加工中心，北京第三机床厂生产的 ZH5120 型立式钻削加工中心（见图 1-4）。

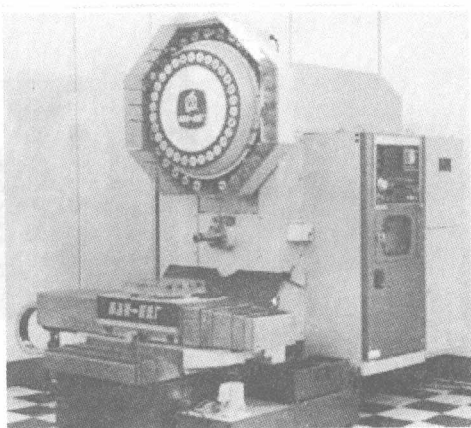


图 1-2 XH754 型卧式加工中心

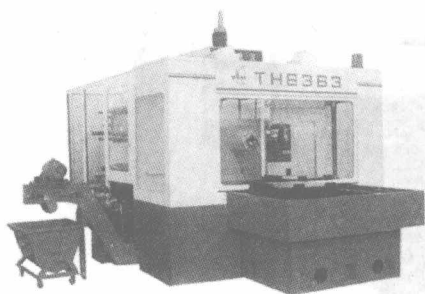


图 1-3 TH6363 型卧式加工中心

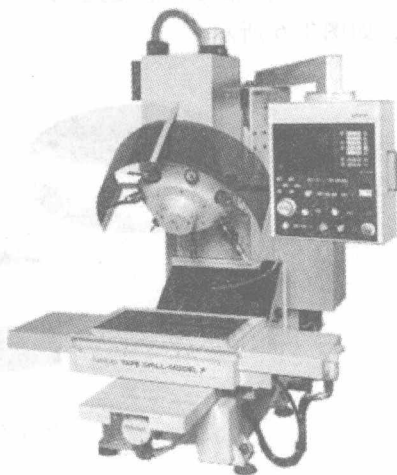


图 1-4 ZH5120 型立式钻削加工中心

(3) 车削加工中心

车削加工中心是以轴类零件和回转体零件为加工对象，在数控车床的基础上发展起来的。机床配有刀库，一般还配有 C 轴，除能完成轴类零件和回转体零件的车、钻、镗、车螺纹和攻螺纹之外，还能完成铣削加工和对零件的周边孔进行钻孔和攻螺纹等多工序的复合加工。这类车削加工中心多数是采用转塔式动力刀库作为刀库，还有的是采用链式刀库，通过机械手进行刀具交换，如图 1-5 所示。

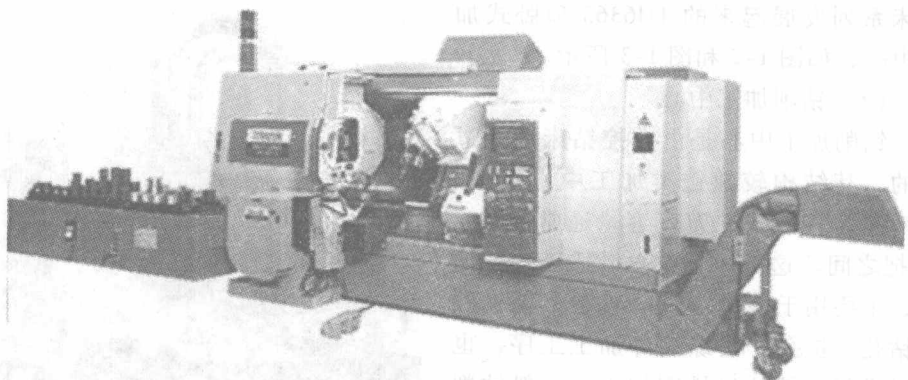


图 1-5 车削加工中心

(4) 激光加工中心

激光加工中心是一种多功能的钣金加工机床，除了能进行激光切割之外，还能进行成形加工及攻螺纹。其激光切割速度在切割 1.2mm 厚的中碳钢板时，可达 5m/min，轮廓切削精度达到 0.05mm，无需去毛刺，也不会在工作中造成伤痕，如图 1-6 所示。

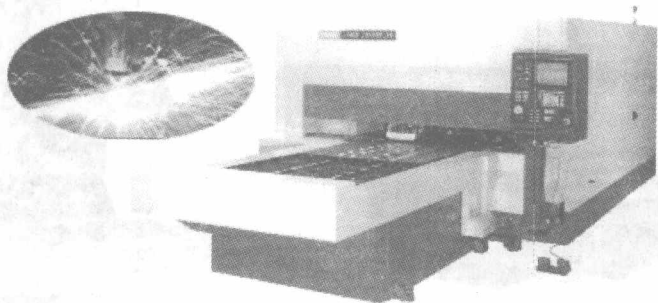


图 1-6 激光加工中心

(5) 复合加工中心

复合加工中心是指具有立式加工中心和卧式加工中心功能的立卧两用加工中心。通常称这类加工中心为 5 面加工中心，它能在一次装夹好的工件上，完成除安装基面以外的其余 5 个面上的多种工序的加工。这类加工中心有两种形式，一种是主轴头可以从立轴转成卧轴，实现 5 面加工；另一种是工作台从卧轴转成立轴，实现 5 面加工。图 1-7 和图 1-8 分别为主轴头可以立卧两用和工作台可以呈水平或垂直的 5 面加工中心。

图 1-9 为多轴组合加工中心。它是从组合机床发展起来的加工中心。这类加工中心配有若干个多轴主轴箱（组合机床称为分配箱），在加工过程中，机床根

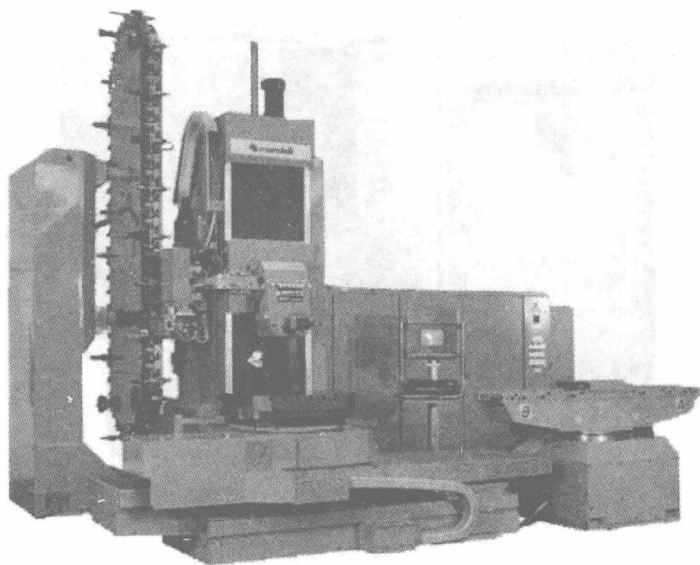


图 1-7 5 面加工中心（主轴头变换式）

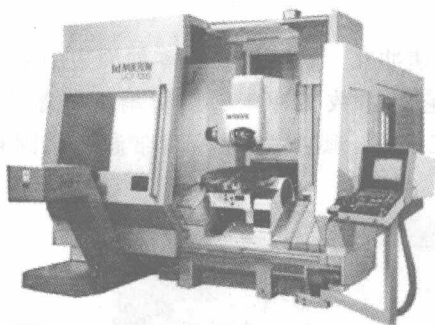


图 1-8 5 面加工中心（工作台变换式）

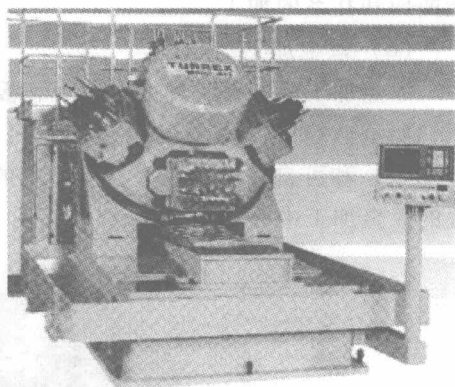


图 1-9 多轴组合加工中心

据程序指令会自动更换多轴箱，实现多工序的复合加工。最常见的有转塔式钻镗加工中心，由于主轴箱是多轴箱，一次可以对加工面完成多孔或孔系的加工，更换工件时，可以更换多轴箱，具有一定的柔性，适合大批量的生产方式。

图 1-10 为 5 轴（5 面）联动加工中心。5 轴联动加工中心是指 3 个坐标轴、2 个旋转轴可以联动的加工中心，这种加工中心可以加工任意曲面，如加工船螺旋桨、汽轮机的叶片。典型的 5 轴加工中心是在 4 轴加工中心的基础上，增加一卧式回转工作台构成的。而图 1-10 所示的 5 轴（5 面）联动加工中心，它除具

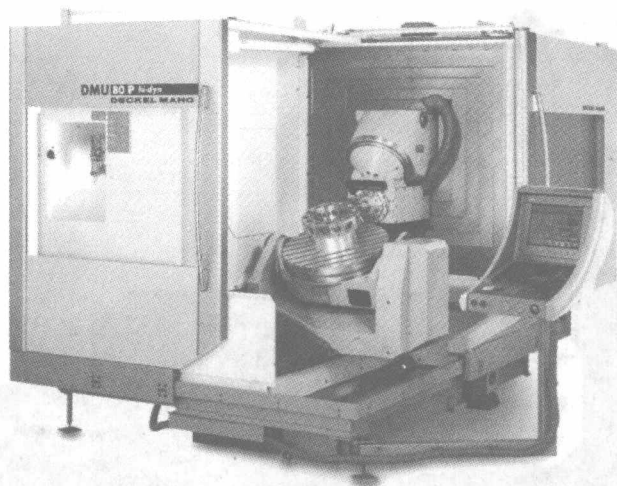


图 1-10 5 轴联动加工中心

有一般 5 轴联动加工中心的功能之外，其主轴头还具有立卧两用功能。主轴头与回转工作台相互配合，工作台可以将工件运动至所期望的任何位置，完成各种复杂曲面和孔系的加工。

(6) 钣金加工中心

钣金加工中心是一种能对薄板和板材快速冲孔、切割大孔和零件周边的集冲压、切割功能于一体的工艺复合型机床。它是由数控冲床、热切割机（激光、等离子）和可自动更换冲头装置组成的加工中心。图 1-11 是一台带激光切割装置的钣金加工中心。

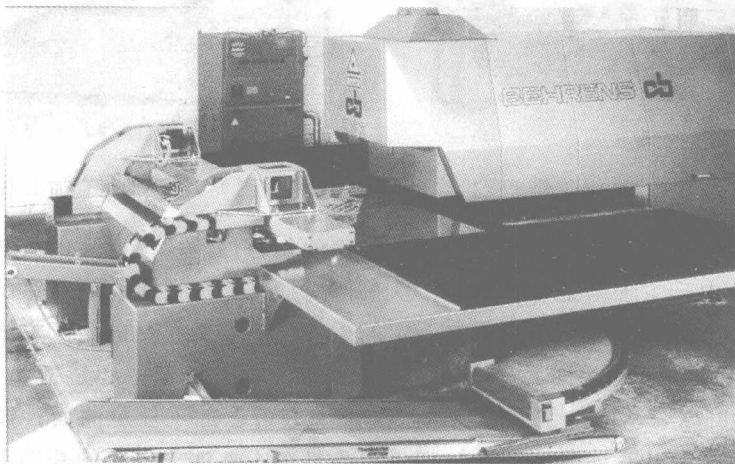


图 1-11 带激光切割装置的钣金加工中心

2. 按机床结构布局进行分类

按机床结构布局对加工中心进行分类,大致可以分为立式加工中心、卧式加工中心、大型加工中心、车削加工中心、柔性加工单元、柔性生产线和柔性加工系统 6 大类。

(1) 立式加工中心

立式加工中心是指机床主轴沿铅垂方向布置的加工中心。这类加工中心多从立式铣床或立式坐标镗床演变过来的,它的加工范围基本与立式铣床相同,它可以用来加工零件的顶部和四周侧面。对顶部加工时,可以完成各种复杂工序的复合加工,对工件四周只能完成轮廓铣削加工,如图 1-12 所示。

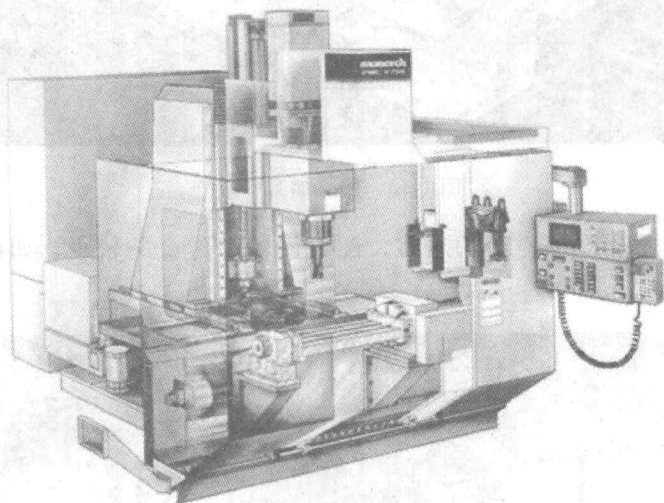


图 1-12 立式加工中心

(2) 卧式加工中心

卧式加工中心是指机床主轴成水平布置的加工中心。这类加工中心是从卧式铣床或卧式铣镗床演变和发展而来的,它的加工范围基本上与卧铣(或卧镗)相同。卧式加工中心通常都配有回转工作台或分度转台,所以它可以用来完成箱体零件的四周或圆周面上的各种复杂的加工工序,对于箱体顶部只能用圆柱铣刀进行侧铣。回转工作台称为第 4 轴或 C 轴,通常配有第 4 轴的卧式加工中心都可以实现 4 轴联动,加工复杂曲面,如图 1-13 所示。

(3) 大型加工中心

大型加工中心是指从卧式落地镗铣床或大型龙门铣床演变和发展而来的加工中心。由卧式落地镗铣为基型的大型卧式加工中心,其回转工作台或固定工作台都是独立的大型部件,安装在加工中心正面,机床完成 3 个方向的运动,回转工作台完成回转运动。这类加工中心的特点是工件大而笨重,机床运动行程长,配