

SHUKONG XIXUE JIAGONG SHIYONG JISHU



数控铣削加工 实用技术

李立 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

数控铣削加工实用技术

李 立 编著



机械工业出版社

本书共有4篇10章,分为加工基础篇、加工实训篇、加工方法详解、加工异常的原因与处理。详细介绍了最新控制器的操作、编程技术和基础数控铣削原理,包括日本沙迪克机床LN2X系统及发那科18i系统。编程软件以最为常用的Mastercam及UG为例。书中还附有安全操作规程、维护点检项目表、数控铣削试题和数控铣削工人等级实用标准。

本书全面而系统地讲述了数控铣削加工的实用技术,可供从事制造行业的工程技术人员参考学习,也可供高职、中职院校相关专业的教师、学生参考学习。

图书在版编目(CIP)数据

数控铣削加工实用技术/李立编著. —北京:机械工业出版社, 2009.1

ISBN 978-7-111-25492-8

I. 数… II. 李… III. 数控机床: 铣床—金属切削—加工 IV. TG547

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第173528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:周国萍 责任编辑:周国萍 宋娜

版式设计:张世琴 责任校对:刘志文

封面设计:陈沛 责任印制:洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2009年1月第1版第1次印刷

169mm×239mm·16.5印张·319千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-25492-8

定价:29.00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)88379733

封面无防伪标均为盗版

前言

目前,数控铣削加工设备已经大量进入制造业,作为模具及零部件生产的重要机械,它与数控电火花加工同为模具及零部件制造的“双刃剑”。特别是近年来高速加工的普及,更是让数控铣削加工跨上了一个新的台阶。

笔者一直在沿海地区各大模具公司或数控公司从事生产一线的数控加工工作,对数控机床操作、数控机床编程与数控培训均有独到的见解。在实际工作中,笔者深深地感到,现有的数控加工的著作或教材,从内容上可以分为学科性教育和职业性教育两大类。学科性教育类侧重于理论、知识和学术的严谨和完整;而职业性教育类侧重于生产和工作的实际需要。但在目前的图书市场上,职业性教育类的著作或教材实在太少了,很少有以实用为主题的教材。有一些以实用为主题的教材,对普通铣削加工讲得太多,对高速铣削加工讲得太少。为了培养既懂基本数控加工理论又能独立操作数控加工机床,具有创新能力和实践动手能力,并能掌握实用加工技巧,成为基本理论与实用技能并重的复合型全面人才,本书努力将学科性教育基础理论知识和职业性教育的实训技能内容进行糅合,并力求突出“实用”二字。使读者处于数控铣削加工技术的发展前沿,拉近读者与国外数控铣削加工技术应用的距离。

本书的重要特点是内容丰富新颖,语言通俗易懂,知识实用,讲解了最新控制器的操作、编程技术和基础数控铣削原理,包括日本沙迪克机床 LN2X 系统及发那科 18i 系统。编程软件以最为常用的 Mastercam 及 UG 为例。

本书在编写过程中得到了机械工业出版社、上海沙迪克公司、上海南部塑料制品有限公司的大力支持和帮助,并得到了上海市数控技师王可东、朱秀清等众多专家的指导和鼎力相助;同时,参考了大量的图书出版资料以及网络资料,在此表示衷心的感谢和崇高敬意!

由于笔者的知识水平和经验有限,不足之处,恳请广大专家和读者批评指正。笔者的电子邮件是: lili790104@sina.com.cn。



编者

目 录

前言

第1篇 加工基础篇

第1章 数控铣削行业简介与发展

前景 1

1.1 数控铣削行业简介 1

1.1.1 数控加工概述 1

1.1.2 数控铣削概述 2

1.2 数控铣削行业的发展

前景 3

1.2.1 高速铣削的产生与 发展 3

1.2.2 数控铣削加工技术的 发展目标 4

1.2.3 国外与国内数控系统的 发展及比较 6

第2章 数控铣削机床的分类

及其结构特点 8

2.1 数控铣削机床的分类 8

2.1.1 数控铣削机床的型号及 技术参数 8

2.1.2 数控铣削机床的具体分类 9

2.2 数控铣削机床的结构

特点 13

2.2.1 数控普通铣削机床的结构 特点 13

2.2.2 数控高速铣削机床的结构 特点 15

2.3 数控铣削机床的加工

功能 17

2.3.1 数控铣削机床的常用

功能 17

2.3.2 数控铣削机床的特殊

功能 18

第3章 数控铣削机床的操作 20

3.1 铣削加工的加工原理 20

3.1.1 铣削加工的组成及基本

原理 20

3.1.2 铣削加工的加工过程 23

3.2 铣削加工中的参数 25

3.2.1 不同机床对数控铣削加工

的影响 25

3.2.2 不同刀具对铣削加工的

影响 31

3.2.3 不同加工工艺参数对铣削

加工的影响 39

3.3 数控铣削机床的操作 41

3.3.1 数控铣削机床的加工

流程及操作步骤 41

3.3.2 加工分析与毛坯准备 42

3.3.3 工件的装夹 44

第4章 数控铣削机床的

编程 49

4.1 数控铣削编程概述 49

4.1.1 数控铣床编程工序 49

4.1.2 数控加工中心编程的

特点 49

4.2 数控铣削加工编程技巧 50

4.2.1 加工中心编程技巧 50

4.2.2 加工中心编程相关的

安全操作	52	软件	71
4.2.3 数控铣削加工编程常用的 G、M、T代码	53	4.3.3 Cimatron E 软件	79
4.2.4 数控铣削加工编程格式 实例	62	4.3.4 UG NX 软件	85
4.3 数控铣削加工的编程 软件	68	4.3.5 Pro/ENGINEER 软件	90
4.3.1 国产的数控铣削加工编程 软件	68	4.4 数控铣削加工编程实例	91
4.3.2 Mastercam X 通用编程		4.4.1 加工综述	91
		4.4.2 曲面特点及技术要求	92
		4.4.3 加工工艺分析	93
		4.4.4 加工难点分析	94
		4.4.5 编制刀具路径	95

第 2 篇 加工实训篇

第 5 章 加工实训	96	使用	155
5.1 实训 1——数控铣削机床的 操作	96	5.6 实训 6——手工对刀及 自动对刀的方法	163
5.1.1 Sodick 机床 LN2X 控制器	96	5.6.1 手工对刀	163
5.1.2 FANUC18i 控制器	112	5.6.2 自动对刀	165
5.2 实训 2——NC 程式中 代码的运用	128	5.7 实训 7——数控铣削的 加工准备	166
5.2.1 固定循环代码	128	5.7.1 装夹	166
5.2.2 高速高精代码	137	5.7.2 找正及校表	170
5.2.3 其他代码	138	5.7.3 找边与分中	171
5.3 实训 3——NC 程式手工 编程	142	5.7.4 刀柄的分类及选择	173
5.3.1 通用代码的手工编程 实例	142	5.7.5 Z 方向对刀	177
5.3.2 宏程序手工编程实例	144	5.8 实训 8——数控铣削 全程操作实例	180
5.4 实训 4——MasterCAM X 软件的使用	146	5.8.1 加工准备	180
5.5 实训 5——UG 软件的		5.8.2 编程	180
		5.8.3 加工	181
		5.8.4 保养	181

第 3 篇 加工方法详解

第 6 章 塑料模具加工方法 详解	182	6.2 型芯的数控铣削加工	187
6.1 型腔的数控铣削加工	182	6.2.1 型芯加工概述	187
6.1.1 型腔加工概述	182	6.2.2 型芯加工相关技术	188
6.1.2 型腔加工相关技术	182	6.3 电极的数控铣削加工	189
		6.3.1 电极加工概述	189

6.3.2 电极加工相关技术	190
6.4 零配件的铣削加工	196
6.4.1 零配件加工概述	196
6.4.2 零配件加工相关技术	197
6.5 模架的数控铣削加工	200
6.5.1 模架的相关知识	200
6.5.2 模架的数控铣削加工相关技术	201
6.6 流道及浇口的数控铣削加工	202
6.6.1 流道系统相关知识	202
6.6.2 流道及浇口的数控铣削加工相关技术	203

第7章 冲压模具加工方法

第4篇 加工异常的原因与处理

第8章 与刀具相关的加工

异常

8.1 断刀异常	216
8.1.1 数控铣床铣削时断刀	216
8.1.2 钛合金铣削断刀	217
8.1.3 断刀后的处理	217
8.2 刀具号错乱异常	218
8.2.1 刀具管理的相关知识	218
8.2.2 刀具号错乱的处理	219
8.3 刀长及刀径补正异常	222
8.3.1 刀补的相关知识	222
8.3.2 刀补引起的错误及处理	222

第9章 工件加工过切异常

9.1 过切概述	226
9.2 过切的原因	226
9.3 过切的处理方法	226
9.4 过切的分析探讨	227

第10章 其他加工不良

详解

7.1 冲头的数控铣削加工	206
7.1.1 概要	206
7.1.2 冲头加工的相关技术	206
7.2 模板的数控铣削加工	207
7.2.1 概要	207
7.2.2 模板加工的相关技术	207
7.3 多件加工的方法	210
7.3.1 加工方法概述	210
7.3.2 加工图示	211
7.4 精密配合孔的加工方法	213
7.4.1 概要	213
7.4.2 加工方法与图示	213

10.1 尺寸精度不良	233
10.1.1 与机床相关的原因	233
10.1.2 与刀具相关的原因	235
10.2 表面精度不良	236
10.2.1 主轴的原因	236
10.2.2 刀具方面的原因	237
10.2.3 冷却的原因	237
10.3 加工速度不良	237
10.3.1 铣削参数的正确选择	237
10.3.2 控制系统的处理方法	238

附录

附录A 安全操作规程	240
附录B 维护点检项目表	242
附录C 数控铣削试题	243
附录D 数控铣削工人等级实用标准	246

参考文献

参考文献	254
------	-----

第 1 篇 加工基础篇

第 1 章 数控铣削行业简介与发展前景

1.1 数控铣削行业简介

1.1.1 数控加工概述

机械制造业是国民经济的支柱产业,没有发达的制造业,就不可能有国家的真正繁荣和富强。制造业的发展规模和水平,则是国民经济实力和科学技术水平的重要标志之一。如今我国的制造业得到了迅猛的发展,并将逐步成为世界的制造业中心。数控机床以其精度高、效率高和能适应小批量、多品种复杂零件加工等优势,在机械加工中得到日益广泛的应用。概括起来,数控机床加工有以下几方面的优势:

(1) 适应性强 适应性即所谓的柔性,是指数控机床随生产对象变化而变化的适应能力。在数控机床上改变加工零件时,只需重新编制程序,输入新的程序后就能实现对新零件的加工,而不需改变机械部分和控制部分的硬件,且生产过程是自动完成的。这就为复杂结构零件的单件、小批量生产,以及试制新产品提供了极大的方便。适应性强是数控机床最突出的优点,也是数控机床得以生产和迅速发展的主要原因。

(2) 精度高、质量稳定 数控机床是按数字形式给出的指令进行加工的,一般情况下,工作过程不需要人工干预,这就消除了操作者人为产生的误差。在设计制造数控机床时,采取了许多措施,使数控机床的机械部分达到了较高的精度和刚度。数控机床工作台的移动当量普遍达到了 $0.0001\text{mm} \sim 0.01\text{mm}$,而且进给传动链的反向间隙与丝杆螺距误差等均可由数控装置进行补偿。高档数控机床采用光栅尺进行工作台移动的闭环控制。数控机床的加工精度由过去的 $\pm 0.01\text{mm}$ 提高到了 $\pm 0.005\text{mm}$,甚至更高。定位精度在 20 世纪 90 年代初中期已达到了 $\pm 0.002\text{mm} \sim \pm 0.005\text{mm}$ 。此外,数控机床的传动系统与机床结构都具

有很高的刚度和热稳定性。通过补偿技术,数控机床可获得比本身精度更高的加工精度,尤其提高了同一批零件生产的一致性,产品合格率高、加工质量稳定。

(3) 生产效率高 数控机床的移动部件空行程运动速度快,工件装夹时间短,工具一般均可自动更换,辅助时间比一般机床大为减少。数控机床加工质量稳定,一般只作首件检验和工序间关键尺寸的抽样检验,因此节省了停机检验时间。

(4) 能实现复杂的加工 能加工普通机床难以实现或无法实现轨迹为三维以上的曲线或曲面的加工,如螺旋桨、汽轮机叶片之类的空间曲面加工。

(5) 良好的经济效益 数控机床设备昂贵,加工时分摊到每个零件上的设备折旧费较高。但是,在单件、小批量生产的情况下,使用数控机床加工可减少调整、加工和检验时间,节省直接生产费用;数控机床加工零件一般不需制作专用夹具,节省了工艺装备费用;数控机床加工精度稳定,减少了废品率,使生产成本进一步下降;此外,数控机床可实现一机多用,节省厂房面积和建厂投资。因此综合起来,使用数控机床可获得良好的经济效益。

(6) 有利于生产管理的现代化 数控机床使用数字信息与标准代码处理、传递信息,特别是在数控机床上使用计算机控制,为计算机辅助设计、制造以及管理一体化奠定了基础。

1.1.2 数控铣削概述

数控(Numerical Control, NC)是指用电子控制系统,控制机床运动和开关指令表示的其他功能的控制方式。控制系统使用内部计算机的数控系统,称为计算机数控(Computerized Numerical Control, CNC)。使用计算机数控的铣床称为数控铣床。在数控铣床上装上刀具对工件进行铣削加工称为数控铣削加工。所以,数控铣削加工在沿海地区常被称为“CNC 加工”。

近年来高速铣削的出现,更是给数控铣削加工带来了铣削技术的革新。高速铣削(HSM 或 HSC)是 20 世纪 90 年代迅速走向实际应用的先进加工技术,通常指高主轴转速和高进给速度下的立铣。现在国际上,在航空航天制造业、模具加工业、汽车零件加工以及精密零件加工等方面得到了广泛的应用。高速铣削可用于铝合金、铜等易切削金属和淬火钢、钛合金、高温合金等难加工材料,以及碳纤维塑料等非金属材料的加工。高速铣削加工一般采用非常高的铣刀转速,较大的进给量,非常小的径向与轴向铣削深度,对模具进行铣削加工。在铣削时,大量的铣削热被切屑带走,因此工件的表面温度较低,工件变形小,可切削较硬的表面,给现代模具加工带来了新的加工技术。其特点主要体现在如下几方面:

(1) 改善了工件的加工精度和表面粗糙度 高速铣床必须具备高刚性、高精度等性能,同时由于铣削力低,工件热变形减少,高速铣削的加工精度很高。

铣削深度较小,而进给较快,加工表面粗糙度很小,铣削铝合金时可达 $R_a = 0.4 \sim 0.6 \mu\text{m}$,铣削钢件时可达 $R_a = 0.2 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 。

(2) 有利于加工薄壁模具和整体结构式零件 高速铣削的铣削力小,有较高的稳定性,可高质量地加工出薄壁模具和整体结构式零件,如高速切削可使飞机大量采用整体结构零件,明显减轻部件重量,提高零件可靠性,减少装配工时。在数码产品或继电器产品中,薄壁模具加工困难;但采用高速铣削技术后,可以得到大大改善,能加工出壁厚 0.2mm ,壁高 20mm 的薄壁零件。

(3) 可加工高硬度、高强度的脆性材料,代替部分电火花加工 目前高速铣削已可加工硬度达 60HRC 的零件可进行硬切削。高速铣削允许在热处理以后再进行切削加工,改变了模具的制造工艺,不再是硬材料非得用电火花加工的单一模式了。

(4) 提高了模具的生产率 铣削速度和进给速度的提高,提高了材料的去除率,使加工速度得到了一定的提高。同时,可加工淬硬材料,表面粗糙度达到加工要求,无需抛光或电加工,缩短了工艺路线,大大提高了生产率。

1.2 数控铣削行业的发展前景

1.2.1 高速铣削的产生与发展

自从德国 Carl Salomon 博士首次提出高速铣削概念以来,经过几十年的机理与可行性研究、工艺技术研究,到20世纪90年代初,高速铣削技术开始进入实用化。现代模具制造中,商品化高速切削机床大量涌现,高速铣削技术在工业发达国家以及中国沿海地区得到普遍应用,现已成为切削加工的主流技术。

根据1992年国际生产工程研究会(CIRP)年会主题报告的定义,高速切削通常指切削速度超过传统切削速度 $5 \sim 10$ 倍的切削加工。根据加工材料的不同和加工方式的不同,高速切削的切削速度范围也不同。高速切削包括高速铣削、高速车削、高速钻孔与高速车铣等,但绝大部分是采用高速铣削加工。数控高速铣削加工是模具制造中一项重要的先进制造技术。相对于传统的切削加工,其切削速度、进给速度有了很大的提高,而且切削原理也不完全相同。

目前,高速铣削加工铝合金已达到 $2000 \sim 7500\text{m/min}$;铸铁为 $900 \sim 5000\text{m/min}$;钢为 $600 \sim 3000\text{m/min}$;耐热镍基合金达 500m/min ;钛合金达 $150 \sim 1000\text{m/min}$;纤维增强塑料为 $2000 \sim 9000\text{m/min}$ 。高速切削使切削加工发生了本质性的飞跃,其单位功率的金属切除率提高了 $30\% \sim 40\%$,切削力降低了 30% ,刀具的切削寿命提高了 70% ,留于工件的切削热大幅度降低,切削振动几乎消失。随着切削速度的提高,单位时间毛坯材料的去除率增加了,切削时间减少

了,加工效率提高了,从而缩短了产品的制造周期,提高了产品的市场竞争力。同时,高速加工中的小量快速进给使切削力减少了,切屑的高速排出减少了工件的切削力和热应力变形,提高了刚性差和薄壁零件切削加工的可能性。由于切削力的降低、转速的提高,使切削系统的工作频率远离机床的低阶固有频率,而工件的表面粗糙度对低阶频率最为敏感,由此降低了表面粗糙度。在模具的高淬硬钢件 45~65HRC 的加工过程中,采用高速切削可以取代部分电加工和磨削抛光的工序,从而避免了电极的制造和费时的电加工,大幅度减少了钳工的打磨与抛光量。对于一些市场上越来越需要的薄壁模具工件,高速铣削也可顺利完成,而且在高速铣削 CNC 加工中心上,模具一次装夹可完成多工步加工。国外高速加工机床主轴最高转速已超过 100000r/min,快速进给速度可达 120m/min,加速度可达 1~2g,换刀时间可提高到 1~2s。日本东芝公司的 F-MACH442 型高速铣削机床为龙门式结构,采用东芝 888 数控系统,具有工艺数据库,主轴采用空气静压轴承,最大转速为 60000r/min,主轴回转精度达 0.07 μ m。由于振动小,刀具寿命可延长 10 倍。

随着对高速加工技术研究的不断深入,尤其在加工机床、数控系统、刀具系统和 CAD/CAM 软件等相关技术不断发展的推动下,高速加工技术已越来越多地应用于模具型腔的加工与制造中。

现代模具制造的发展方向是高速铣削与电加工两者结合,取长补短。高速铣削是一项系统技术,企业必须根据产品的材料和结构特点,购置合适的高速切削机床,选择合适的切削刀具,采用最佳的切削工艺,以达到理想的高速模具加工效果。电火花加工是高速铣削加工的有力补充和坚强后盾,在高速铣削无法加工的微小区域或复杂区域,电加工机床发挥着极其重要的作用。如国外将高速铣削中心与电火花机床并在一起制造,由同一系统控制,称为模具制造中心。该模具制造中心可实现模具制造的无人化、智能化加工。总之,模具企业必须充分发挥两种数控技术的各自优势,并进行优化结合,才能发挥出模具数控机床的最高效率。

1.2.2 数控铣削加工技术的发展目标

数控铣削加工的发展方向是高速铣削。高速铣削是一项新技术,有很多的优点,应用也越来越广泛,但也存在以下一些不足:

- 1) 高速铣削机床较昂贵,对刀具的切削性能、精度和动平衡等要求较高,固定资产投资较大,刀具费用也会提高。
- 2) 加速减速时,加速度较大,主轴的起动和停止加剧了导轨、滚珠丝杆和主轴轴承磨损,引起维修费用的增加。
- 3) 需要特别的工艺知识,专门的编程设备,快速数据传输接口。

- 4) 需要高级的操作人员。
- 5) 测试周期较长。
- 6) 紧急停止实际上是不可能实现。人工错误、硬件或软件错误会导致严重的后果。
- 7) 安全要求很高。机床必须具有防弹功能的防护板和防弹玻璃。必须控制刀具伸出量,同时不要使用“重的”刀具和刀杆。要定期检查刀具、刀杆和螺钉的疲劳裂缝。选择刀具时必须注意可用的最大转速,不使用整体高速钢刀具。

数控高速铣削加工必须解决的关键问题如下:

(1) 重视高速切削机理的研究 高速切削技术的应用和发展是以高速切削机理为理论基础的。通过对高速加工中切屑形成机理、切削力、切削热、刀具磨损和表面粗糙度等技术的研究,为开发高速机床、高速加工刀具提供了理论指导。因此,高速切削机理和相关理论至今还远远没有完善,高速切削数据库尚未真正建立起来。我国高速切削机理研究工作和美国、德国、日本等先进工业国家相比还有相当大的差距,基础理论的落后也极大地制约了高速切削技术在我国的发展和应用。

(2) 重视高速切削刀具的生产研发 高速切削刀具技术是实现高速加工的关键技术之一。生产实践证明,阻碍切削速度提高的关键因素,是切削刀具是否能承受越来越高的切削温度。随着现代高速切削机理研究和高速切削试验的不断深入,证明了高速切削的最关键技术之一就是高速切削所用的刀具。切削刀具的性能在很大程度上制约着高速切削技术的应用和推广。实现高速切削刀具的国产化是机械制造行业急需解决的问题。高速切削刀具与普通加工的刀具有很大的不同。目前在高速切削中,使用的刀具有硬质合金、聚晶金刚石(PCD)、聚晶立方氮化硼(PCBN)和陶瓷等材料。在我国,一些高校和研究单位也在进行这些新刀具材料的研究,但规模很小,距实用化还有相当大的距离。

(3) 重视高速切削机床的生产制造 高速机床是实现高速加工的前提和基本条件。一个国家高速加工的技术水平,很大程度反映在高速机床的设计制造技术上。在现代机床制造中,机床的高速化是一个必然的发展趋势。在要求机床高速的同时,还要求机床具有精度和高的静、动刚度。高速机床技术主要包括高速主轴单元技术(或称功能部件)和机床整机技术。单元技术包括高速主轴、高速进给系统和高速 CNC 控制系统等。机床的整机技术包括机床床身、冷却系统、安全设施和加工环境等。

(4) 重视高速切削的工艺技术 高速切削的工艺技术也是成功进行高速加工的关键技术之一。切削方法选择不当,会使刀具加剧磨损,完全达不到高速加工的目的。高速切削的工艺技术包括切削方法和切削参数的选择优化;对各种不同材料的切削方法、刀具材料和刀具几何参数的选择等。

(5) 重视高速加工的测试技术 高速加工是在密封的机床工作间里进行,在零件加工过程中,操作人员很难直接进行观察、操作和控制。因此机床本身有必要对加工情况、刀具的磨损状态等进行监控,实时地对加工过程在线监测,这样才能保证产品质量,提高加工效率,延长刀具使用寿命,确保人员和设备的安全。高速加工的测试技术包括传感技术、信号分析和处理等技术。近年来,在线测试技术在高速机床中使用得越来越多。现在已经在机床上使用的有:主轴发热情况测试、滚珠丝杆发热测试、刀具磨损状态测试和工件加工状态监测等。智能技术已经应用于测试信号的分析 and 处理中,如神经网络技术被应用于刀具磨损状态的识别。

1.2.3 国外与国内数控系统的发展及比较

数控机床的控制器或数控系统是数控机床的核心部件,它决定着一台数控机床的工作性能。控制器的操作界面或操作面板是决定机床操作实用性的重要指标。数控机床的控制器与操作面板或操作界面,一直是机床生产商和最终用户最为关注的核心问题。

目前国外数控机床控制器中发那科(FANUC)和西门子(SIEMENS)仍占领中高档控制器的主导地位。这两家公司在世界市场的占有率超过了80%,其早期的传统式控制器(如FANUC O系列)占领了大部分市场,但近年来逐步被开放式控制器(如FANUC18i、16i, Siemens840D)取代。这类控制器结构复杂,功能强大,但价格也非常昂贵。

另外数控机床生产商自行开发的专用控制器,如美国的哈斯、赫克,日本的沙迪克,他们大多开发出自己的数控系统软件,移植到通过OEM贴牌定制的其他品牌数控系统上,甚至直接兼并一些小的数控品牌,从而拥有自主知识产权的专利技术,在一些特殊加工领域有其独到之处,适用于专业规模化生产中的整条流水线的集中装备。

国产系统主要有广州系统、航天系统、华中系统、辽宁蓝天系统、南京大方系统、北方凯奇系统、清华系统和KND系统等,每家公司都有一系列各种规格的产品。

国内中高端数控系统被德、日垄断。据了解,长期以来,国产数控机床始终处于低档迅速膨胀,中档进展缓慢,高档依靠进口的局面。特别是国家重点工程需要的关键设备,主要依靠进口,技术受制于人。究其原因,国内本土数控机床企业大多处于“粗放型”阶段,在产品设计水平、质量、精度和性能等方面与国外先进水平相比,落后了5~10年;在高、精、尖技术方面的差距,则达到了10~15年。同时我国在应用技术及技术集成方面的能力也比较低,相关的技术规范和研究制定相对滞后,国产的数控机床还没有形成品牌效应。我国的

第2章 数控铣削机床的分类及其结构特点

2.1 数控铣削机床的分类

2.1.1 数控铣削机床的型号及技术参数

数控铣削机床编号没有统一，由机床生产商自行决定，但一般均遵循主要功能加机床基本尺寸的原则。如 MC430，表示是数控加工中心铣床，其 X 轴及 Y 轴的行程约为 400mm × 300mm。如 V33 则表示此机床为立式加工中心，其工作行程或外观尺寸为 300mm 左右。当然，也有一些机床厂商为了区别其他机床，做一些特殊的编号，而不遵循尺寸规则，如 V8。

数控铣床的主要技术参数包括工作台面积、各坐标轴行程、主轴转速范围、切削进给速度范围、定位精度和重复定位精度等，其具体内容及作用见表 2-1。

表 2-1 数控铣床的主要技术参数

类 别	主 要 内 容	作 用
尺寸参数	工作台面积(长×宽)、承重	影响加工工件的尺寸范围(重量)、编程范围及刀具、工件、机床之间干涉
	主轴端面到工作台距离	
	交换工作台尺寸、数量及交换时间	
接口参数	工作台 T 形槽数、槽宽、槽间距	影响工件、刀具安装及加工适应性和效率
	主轴孔锥度、直径	
	最大刀具尺寸及重量	
	刀库容量、换刀时间	
运动参数	各坐标行程及摆角范围	影响加工性能及编程参数
	主轴转速范围	
	各坐标快进速度、切削进给速度范围	
动力参数	主轴电动机功率	影响切削负荷
	伺服电动机额定转矩	
精度参数	定位精度、重复定位精度	影响加工精度及其一致性
	分度精度(回转工作台)	
其他参数	外形尺寸、重量	影响使用环境

2.1.2 数控铣削机床的具体分类

1. 按主轴的位置分类

(1) 立式数控铣床 立式数控铣床在数量上一直占据数控铣床的大多数,应用范围也最广(见图 2-1)。从机床数控系统控制的坐标数量来看,目前三坐标数控立铣仍占大多数;一般可进行三坐标联动加工。

(2) 卧式数控铣床 通用卧式铣床其主轴轴线平行于水平面(见图 2-2)。为了扩大加工范围和扩充功能,卧式数控铣床通常采用增加数控转盘或万能数控转盘来实现四、五坐标加工。这样,不但工件侧面的连续回转轮廓可以加工出来,而且可以实现在一次安装中,通过转盘改变工位,进行“四面加工”。

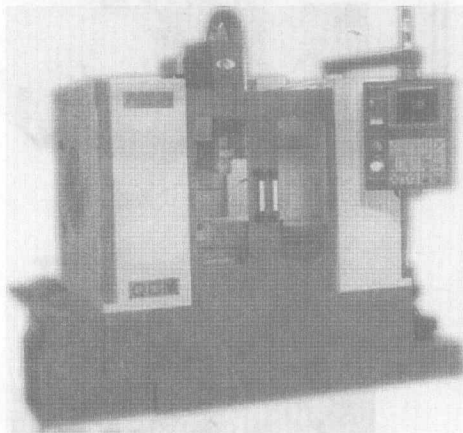


图 2-1 立式数控铣床

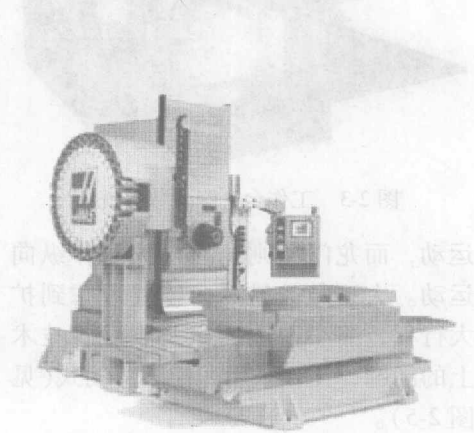


图 2-2 卧式数控铣床

(3) 立卧两用数控铣床 这类铣床的主轴方向可以倾斜,能达到在一台机床上既可以进行立式加工,又可以进行卧式加工,从而同时具备上述两类机床的功能,其使用范围更广,功能更全,选择加工对象的余地更大,且给用户带来不少方便。特别是生产批量小,品种较多,又需要立、卧两种方式加工时,用户只需买一台这样的机床就行了。

2. 数控铣床按构造分类

(1) 工作台升降式数控铣床 这类数控铣床采用工作台移动、升降,而主轴不动的方式。小型数控铣床一般采用此种方式(见图 2-3)。

(2) 主轴头升降式数控铣床 这类数控铣床采用工作台纵向和横向移动,且主轴沿垂向溜板上下运动;主轴头升降式数控铣床在精度保持、承载重量和系统构成等方面具有很多优点,已成为数控铣床的主流(见图 2-4)。

(3) 龙门式数控铣床 这类数控铣床主轴可以在龙门架的横向与垂向溜板上

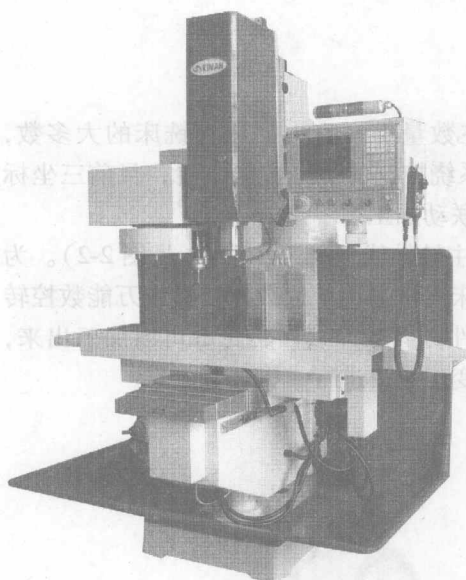


图 2-3 工作台升降式数控铣床



图 2-4 主轴头升降式数控铣床

运动,而龙门架则相对沿床身作纵向运动。大型数控铣床,因要考虑到扩大行程,缩小占地面积及刚性等技术上的问题,往往采用龙门架移动式(见图 2-5)。

3. 按加工方式和工艺用途分类

(1) 普通数控机床 普通数控机床一般指在加工工艺过程中的一个工序上实现数字控制的自动化机床,如数控铣床、数控车床、数控钻床、数控磨床与数控齿轮加工机床等。普通数控机床在自动化程度上还不够完善,刀具的更换与零件的装夹仍需人工来完成(见图 2-6)。

(2) 加工中心 加工中心是带有刀库和自动换刀装置的数控机床(见图 2-7)。它将数控铣床、数控镗床和数控钻床的功能组合在一起,零件在一次装夹后,可以将其大部分加工面进行铣、镗、钻、扩、铰及攻螺纹等多工序加工。由于加工中心能有效地避免由于多次安装造成的定位误差,所以它适用于产品更换频繁、零件形状复杂、精度要求高和生产批量不大而生产周期短的产品。

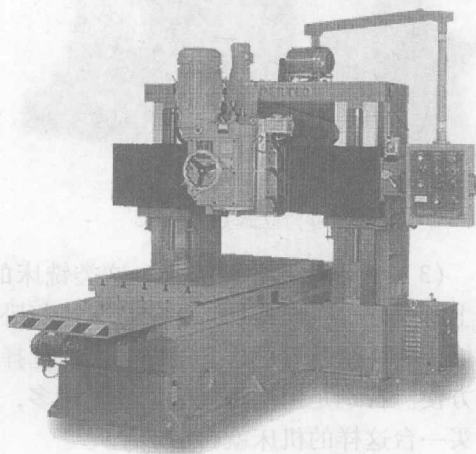


图 2-5 龙门式数控铣床