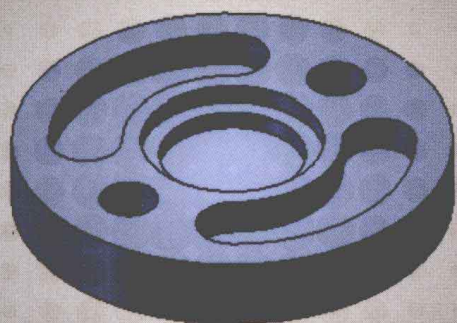


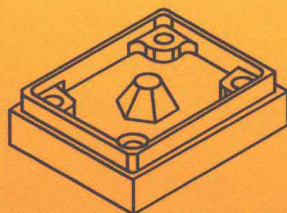
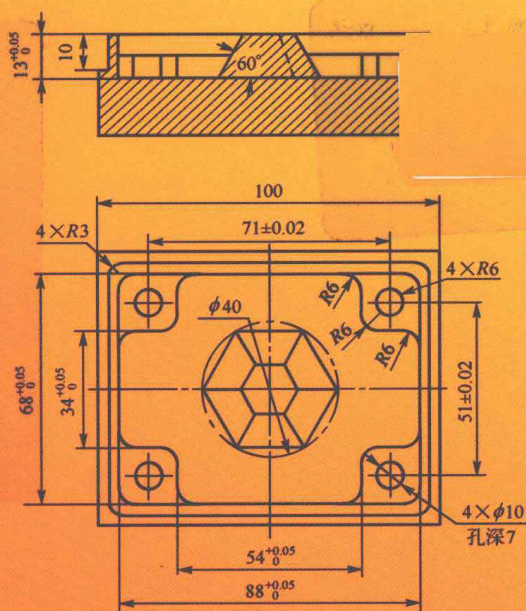
黄云林 高长银 赵 汶 编著



编程实例精粹

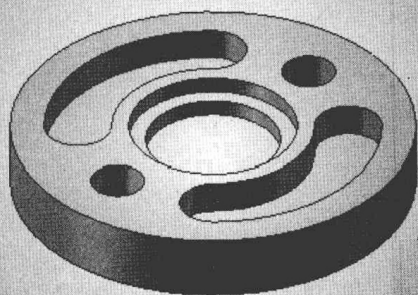
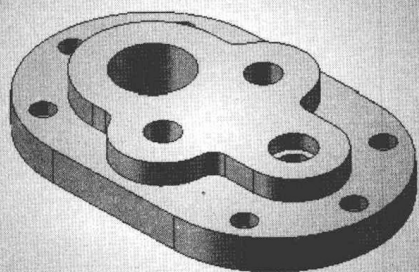
BIANCHENG SHILI JINGCUI

数控铣床 (FANUC、SIEMENS系统)



化学工业出版社

黄云林 高长银 赵 汶 编著

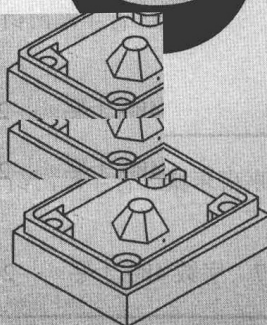
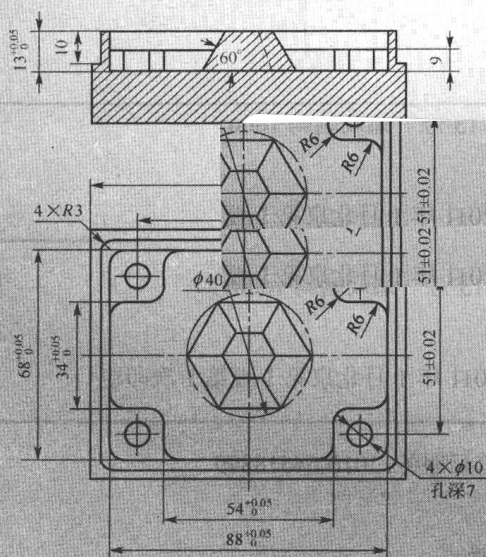


编程实例精粹

BIANCHENG SHILI JINGCUI

数控铣床

(FANUC, SIEMENS 系统)



化学工业出版社
· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

数控铣床 (FANUC、SIEMENS 系统) 编程实例精粹 / 黄云林, 高长银, 赵汶编著. —北京: 化学工业出版社, 2011.1
ISBN 978-7-122-09438-4

I. 数… II. ①黄… ②高… ③赵… III. 数控机床: 铣床-程序设计 IV. TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 172026 号

责任编辑: 王 烨
装帧设计: 刘丽华

责任校对: 周梦华

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 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 17 字数 480 千字 2011 年 1 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: 42.00 元

版权所有 违者必究

前言

数控加工是机械制造业中的先进加工技术,在企业生产中,数控机床的使用已经非常广泛。目前,随着国内数控机床用量的剧增,急需培养一大批能够熟练掌握现代数控机床编程、操作和维护的应用型高级技术人才。

虽然许多职业学校都相继开展了数控技工的培训,但由于课程课时有限、培训内容单一(主要是理论)以及学生实践和提高的机会少,学生们还只是处于初级数控技工的水平,离企业需要的高级数控技工的能力还有一定的差距。编者结合自己多年的实际工作经验编写了本书,在简要介绍操作和指令的基础上,突出对编程技巧和应用实例的讲解,加强了技术性和实用性。

全书共包括3篇,主要内容如下。

第1篇(第1~3章)为数控铣加工基础,概要介绍了数控铣床的主要结构、技术参数、加工工艺,以及程序编程指令与基本编程方法。通过本篇内容的学习,读者可以了解数控铣床的编程指令、工艺分析与辅助工具。

第2篇(第4~9章)为铣加工手动编程实例,针对应用最多的FANUC、SIEMENS数控系统,通过学习目标与要领、工艺分析与实现过程、参考代码与注释的讲授方式,详细介绍了数控铣加工技术以及实际编程应用。学习完本篇内容,读者可以举一反三,掌握各种零件的加工编程流程以及运用技巧。

第3篇(第10、11章)为数控铣床自动加工,介绍了UG自动编程软件特点和实际加工案例,其中设置加工刀具、加工工件以及加工操作管理是读者学习的重点。读者通过学习可熟悉铣床自动加工的一般流程和方法。

本书主要具备以下一些特色。

(1)以应用为核心,技术先进实用。同时总结了许多加工经验与技巧,可帮助读者解决加工中遇见的各种问题,快速入门与提高。

(2)加工实例典型丰富、由简到难、深入浅出,全部取自于一线实践,代表性和指导性强,方便读者学懂学透、举一反三。

(3)书中所有实例的素材文件可在出版社网站(www.cip.com.cn)进行下载,方便读者使用。

本书适合广大初中级数控技工使用,同时也可作为高职高专院校相关专业学生以及社会相关培训班学员的理想教材。

本书由黄云林、高长银、赵汶编著。另外,赵程、赵辉、马龙梅、贺红霞、史丽萍、郭小琴、孙红亮、杨学围、邓力、王乐、袁丽娟、赵普磊、刘汝芳、夏劲松、张秋冬、涂志涛、李晓磊、刘媛媛、闫延超、董延等在本书编写中也曾给予支持和帮助,在此一并向他们表示感谢。

由于时间仓促,编者水平有限,书中难免有不足和疏漏之处,欢迎广大读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 篇 数控铣床基础

第 1 章 数控铣床介绍	2
1.1 数控铣床的分类与功能	2
1.1.1 数控铣床特点	2
1.1.2 数控铣床的分类	2
1.1.3 数控铣床的主要功能	4
1.2 数控铣床加工的主要对象	5
1.2.1 数控铣床加工的特点	5
1.2.2 数控铣床加工的主要对象	5
1.3 数控铣床的组成	7
1.3.1 数控机床的组成	7
1.3.2 数控铣床的组成	8
1.4 数控铣床的工艺装备	9
1.5 数控铣床的技术参数	9
第 2 章 数控铣床加工工艺	10
2.1 数控加工工艺系统概述	10
2.1.1 数控加工原理及加工过程	10
2.1.2 数控加工工艺特点	12
2.2 数控铣床加工工艺分析	13
2.2.1 数控铣床加工工艺特点及主要内容	13
2.2.2 数控铣床加工零件的工艺性分析	13
2.2.3 数控铣床加工工艺路线的拟定	17
2.3 数控铣削加工工序设计	25
2.3.1 夹具的选择	25
2.3.2 刀具的选择	25
2.3.3 切削用量的选择	26
2.3.4 装刀与对刀	27
第 3 章 数控铣床加工编程基础	30
3.1 数控机床加工程序的编制基础	30
3.1.1 数控程序编制的方法	30
3.1.2 字与字的功能	31
3.1.3 机床坐标系	34
3.1.4 工件坐标系	36
3.2 常用的编程指令	37
3.2.1 绝对尺寸指令和增量尺寸指令	37
3.2.2 快速点定位指令	37
3.2.3 直线插补指令	38
3.2.4 坐标平面选择指令	38

3.2.5 圆弧插补指令	39
3.2.6 刀具半径补偿指令	40
3.2.7 刀具长度补偿指令	43
3.3 程序编制中的数学处理	44
3.3.1 选择编程原点	44
3.3.2 基点	44
3.3.3 非圆曲线数学处理的基本过程	44
3.3.4 数控加工误差的组成	45
3.4 FANUC 0i 数控系统的铣程序编制	45
3.4.1 基本指令	45
3.4.2 固定循环指令	47
3.4.3 子程序	52
3.4.4 坐标系旋转功能——G68、G69	53
3.4.5 比例及镜像功能	54
3.4.6 B 类宏程序	55
3.5 SIEMENS 数控系统的铣程序编制	59
3.5.1 常用指令	59
3.5.2 孔加工固定循环	61
3.5.3 钻孔样式循环	66
3.5.4 铣削循环	67
3.5.5 参数编程	69
3.5.6 极坐标编程	71
3.5.7 可编程平移	72
3.5.8 比例缩放	73
3.5.9 可编程镜像	73
3.5.10 坐标系旋转	74

第 2 篇 铣床手工编程加工实例

第 4 章 FANUC 数控系统铣床加工入门实例	76
4.1 基座平板铣削加工	76
4.1.1 学习目标及掌握要领	76
4.1.2 工、量、刀具清单	77
4.1.3 工艺分析与加工方案	77
4.1.4 参考程序与注释	78
4.2 凸台零件铣削加工	79
4.2.1 学习目标及掌握要领	79
4.2.2 工、量、刀具清单	80
4.2.3 工艺分析与加工方案	80
4.2.4 参考程序与注释	82
4.3 槽腔零件铣削加工	83
4.3.1 学习目标及掌握要领	83
4.3.2 工、量、刀具清单	83
4.3.3 工艺分析与加工方案	84
4.3.4 参考程序与注释	85

4.4 六方凸台零件铣削加工	86
4.4.1 学习目标及掌握要领	86
4.4.2 工、量、刀具清单	86
4.4.3 工艺分析与加工方案	87
4.4.4 参考程序与注释	88
4.5 圆弧槽零件铣削加工	89
4.5.1 学习目标及掌握要领	89
4.5.2 工、量、刀具清单	90
4.5.3 工艺分析与加工方案	90
4.5.4 参考程序与注释	91
4.6 四凸台零件铣削加工	92
4.6.1 学习目标及掌握要领	93
4.6.2 工、量、刀具清单	93
4.6.3 工艺分析与加工方案	94
4.6.4 参考程序与注释	95
4.7 盖板零件孔加工	96
4.7.1 学习目标及掌握要领	96
4.7.2 工、量、刀具清单	97
4.7.3 工艺分析与加工方案	97
4.7.4 参考程序与注释	98
4.8 某箱体零件椭圆孔加工	99
4.8.1 学习目标及掌握要领	100
4.8.2 工、量、刀具清单	100
4.8.3 工艺分析与加工方案	100
4.8.4 参考程序与注释	101
本章小结	102
第5章 FANUC 数控系统铣床加工提高实例	103
5.1 底板零件铣削加工	103
5.1.1 学习目标及掌握要领	103
5.1.2 工、量、刀具清单	103
5.1.3 工艺分析与加工方案	104
5.1.4 参考程序与注释	106
5.2 轮毂零件铣削加工	107
5.2.1 学习目标及掌握要领	108
5.2.2 工、量、刀具清单	108
5.2.3 工艺分析与加工方案	109
5.2.4 参考程序与注释	110
5.3 壳体零件铣削加工	113
5.3.1 学习目标及掌握要领	114
5.3.2 工、量、刀具清单	114
5.3.3 工艺分析与加工方案	114
5.3.4 参考程序与注释	116
5.4 盖板零件铣削孔面加工	117
5.4.1 学习目标及掌握要领	118

5.4.2 工、量、刀具清单	118
5.4.3 工艺分析与加工方案	119
5.4.4 参考程序与注释	120
本章小结	123
第6章 FANUC 数控系统铣床加工经典实例	124
6.1 泵盖零件铣削加工	124
6.1.1 学习目标及掌握要领	125
6.1.2 工、量、刀具清单	125
6.1.3 工艺分析与加工方案	126
6.1.4 参考程序与注释	129
6.2 凸轮零件铣削加工	133
6.2.1 学习目标及掌握要领	133
6.2.2 工、量、刀具清单	134
6.2.3 工艺分析与加工方案	134
6.2.4 参考程序与注释	137
6.3 模具零件铣削加工	139
6.3.1 学习目标及掌握要领	140
6.3.2 工、量、刀具清单	140
6.3.3 工艺分析与加工方案	141
6.3.4 参考程序与注释	143
本章小结	147
第7章 SIEMENS 数控系统铣床加工入门实例	148
7.1 五边形凸台铣削加工	148
7.1.1 学习目标与注意事项	148
7.1.2 工艺分析	149
7.1.3 工、量、刀具清单	149
7.1.4 程序清单与注释	150
7.2 方圆凸台外轮廓铣削加工	153
7.2.1 学习目标与注意事项	153
7.2.2 工艺分析	154
7.2.3 工、量、刀具清单	156
7.2.4 程序清单与注释	156
7.3 薄壁件铣削加工	156
7.3.1 学习目标与注意事项	157
7.3.2 工艺分析	157
7.3.3 工、量、刀具清单	158
7.3.4 程序清单与注释	158
7.4 圆形型腔铣削加工	161
7.4.1 学习目标与注意事项	161
7.4.2 工艺分析	162
7.4.3 工、量、刀具清单	162
7.4.4 程序清单与注释	163
7.5 孔的铣削加工	163
7.5.1 学习目标与注意事项	164

7.5.2 工艺分析	164
7.5.3 工、量、刀具清单	165
7.5.4 程序清单与注释	165
7.6 十字型腔铣削加工	167
7.6.1 学习目标与注意事项	167
7.6.2 工艺分析	168
7.6.3 工、量、刀具清单	169
7.6.4 程序清单与注释	169
7.7 Y形槽底板铣削加工	172
7.7.1 学习目标与注意事项	172
7.7.2 工艺分析	173
7.7.3 工、量、刀具清单	173
7.7.4 程序清单与注释	174
7.8 机件底座铣削加工	175
7.8.1 学习目标与注意事项	175
7.8.2 工艺分析	176
7.8.3 工、量、刀具清单	176
7.8.4 程序清单与注释	177
本章小结	179
第8章 SIEMENS 数控系统铣床加工提高实例	180
8.1 圆周均匀排列的径向长形孔加工	180
8.1.1 学习目标与注意事项	180
8.1.2 工艺分析	181
8.1.3 工、量、刀具清单	182
8.1.4 程序清单与注释	182
8.2 方形环状槽及圆槽加工	183
8.2.1 学习目标与注意事项	183
8.2.2 工艺分析	184
8.2.3 工、量、刀具清单	184
8.2.4 程序清单与注释	185
8.3 四方凸台倒圆角加工	188
8.3.1 学习目标与注意事项	188
8.3.2 工艺分析	189
8.3.3 工、量、刀具清单	190
8.3.4 程序清单与注释	190
8.4 底板零件加工	191
8.4.1 学习目标与注意事项	191
8.4.2 工艺分析	192
8.4.3 工、量、刀具清单	192
8.4.4 程序清单与注释	193
本章小结	197
第9章 SIEMENS 数控系统铣床加工经典实例	198
9.1 轴承座零件加工	198
9.1.1 学习目标与注意事项	198
9.1.2 工艺分析	199

9.1.3 工、量、刀具清单	199
9.1.4 程序清单与注释	200
9.2 月牙盘零件加工	203
9.2.1 学习目标与注意事项	204
9.2.2 工艺分析	204
9.2.3 工、量、刀具清单	205
9.2.4 程序清单与注释	205
9.3 凸轮板零件加工	208
9.3.1 学习目标与注意事项	208
9.3.2 工艺分析	209
9.3.3 工、量、刀具清单	209
9.3.4 程序清单与注释	210
本章小结	212

第3篇 铣床自动加工基础与实例

第10章 CAM自动编程基础	214
10.1 自动编程的特点与发展	214
10.1.1 自动编程的特点	214
10.1.2 自动编程的应用发展	214
10.2 自动编程的工作原理	215
10.3 自动编程的环境要求	216
10.4 自动编程的分类	217
10.5 CAM编程软件简介	218
本章小结	221
第11章 UG NX 铣床自动编程实例	222
11.1 UG NX6.0 数控加工模块介绍	222
11.1.1 UG NX6.0 数控加工方式和特点	222
11.1.2 进入UG NX6.0 加工模块	224
11.1.3 UG NX6.0 加工环境的设置	224
11.1.4 UG NX6.0 数控加工主要工具条	224
11.1.5 加工环境中的操作导航器的应用	227
11.2 UG NX 6.0 数控加工的一般流程	229
11.2.1 生成数控程序的一般步骤	229
11.2.2 加工前的准备工作	231
11.2.3 创建几何体	232
11.2.4 创建刀具	235
11.2.5 创建加工方法	239
11.2.6 创建程序组	242
11.2.7 创建操作	242
11.3 UG NX6.0 铣床自动加工实例——航空发动机叶轮数控加工	243
11.3.1 实例描述	243
11.3.2 加工方法分析	243
11.3.3 加工流程与所用知识点	244
11.3.4 具体操作步骤	245
11.3.5 实例小结	260
参考文献	261

- 第1章 数控铣床基础
- 第2章 数控铣床加工工艺
- 第3章 数控铣床加工编程基础

第1篇

数控铣床基础

第 1 章

数控铣床介绍

用于完成铣削加工的数控机床称为数控铣床。它具有进行外形轮廓铣削，平面、曲面型铣削以及孔加工的功能，通过特定的功能指令可完成一系列铣加工操作。作为本书第 1 章，将首先对数控铣床进行简单的介绍。

1.1 数控铣床的分类与功能

1.1.1 数控铣床特点

数控铣床是主要采用铣削方式加工工件的数控机床，能完成各种平面、沟槽、螺旋槽、成形表面、平面曲线和空间曲线等复杂型面的加工。

与普通铣床相比，数控铣床具有以下特点。

① 半封闭或全封闭式防护 经济型数控铣床多采用半封闭式；全功能型数控铣床会采用全封闭式防护，防止冷却液、切屑溅出，保证安全。

② 主轴无级变速且变速范围宽 主传动系统采用伺服电机（高速时采用无传动方式——电主轴）实现无级变速，且调速范围较宽，这既保证了良好的加工适应性，同时也为小直径铣刀工作形成了必要的切削速度。

③ 采用手动换刀，刀具装夹方便 数控铣床没有配备刀库，采用手动换刀，刀具安装方便。

④ 一般为三坐标联动 数控铣床多为三坐标（即 X 、 Y 、 Z 三个直线运动坐标）、三轴联动的机床，以完成平面轮廓及曲面的加工。

⑤ 应用广泛 与数控车削相比，数控铣床有着更为广泛的应用范围，能够进行外形轮廓铣削、平面或曲面型腔铣削及三维复杂型面的铣削，如各种凸轮、模具等，若再添加圆工作台等附件（此时变为四坐标），则应用范围将更广，可用于加工螺旋桨、叶片等空间曲面零件。此外，随着高速铣削技术的发展，数控铣床可以加工形状更为复杂的零件，精度也更高。

1.1.2 数控铣床的分类

数控铣床种类很多，按其体积大小可分为小型、中型和大型数控铣床。一般数控铣床是指规格较小的升降台式数控铣床，其工作台宽度一般在 400mm 以下，规格较大的数控铣床，其功能已向加工中心靠近，进而演变成柔性加工单元。按其控制坐标的联动轴数可分为两轴半联动、三轴联动和多轴联动的数控铣床等。如对于有特殊要求的数控铣床，可以加进一个回转的 A 坐标或 C 坐标，即增加一个数控分度头或数控回转工作台，这时机床数控系统为四轴联动控制的数控系统，可用来加工螺旋

槽、叶片等空间曲面零件。常用的分类方法是按其主轴的布局形式分为立式数控铣床、卧式数控铣床和立卧两用数控铣床。

(1) 按主轴布置形式分类

① 立式数控铣床 立式数控铣床的主轴轴线垂直于水平面，是数控铣床中最常见的一种布局形式，应用范围也最广泛。立式数控铣床中又以三坐标（ X ， Y ， Z ）联动铣床居多，其各坐标的控制方式主要有以下几种。

- a. 工作台纵、横向移动并升降，主轴不动方式。目前小型数控铣床一般应用这种方式。
- b. 工作台纵、横向移动，主轴升降方式。这种方式一般运用在中型数控铣床中，如图 1-1 所示。
- c. 龙门架移动式，即主轴可在龙门架的横向与垂直导轨上移动，而龙门架则沿床身作纵向移动。许多大型数控铣床都采用这种结构，又称为数控龙门铣床，如图 1-2 所示。

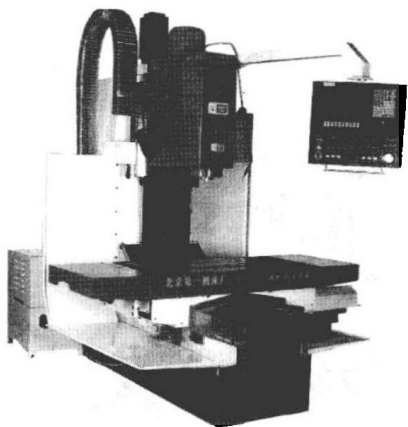


图 1-1 立式升降台铣床

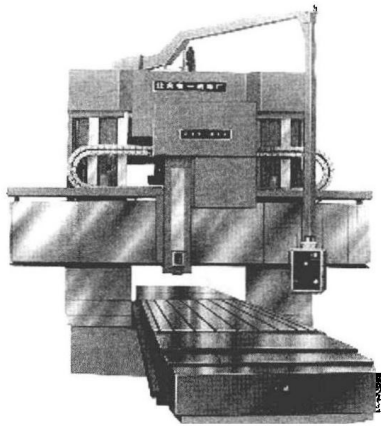


图 1-2 数控龙门铣床

② 卧式数控铣床 卧式数控铣床的主轴轴线平行于水平面，主要用来加工箱体类零件，如图 1-3 所示。为了扩大功能和加工范围，通常采用增加数控转盘来实现四轴或五轴加工。这样，工件在一次加工中可以通过转盘改变工位，进行多方位加工，使配有数控转盘的卧式数控铣床加工箱体类零件比需要在一次安装中改变工位的零件具有明显的优势。

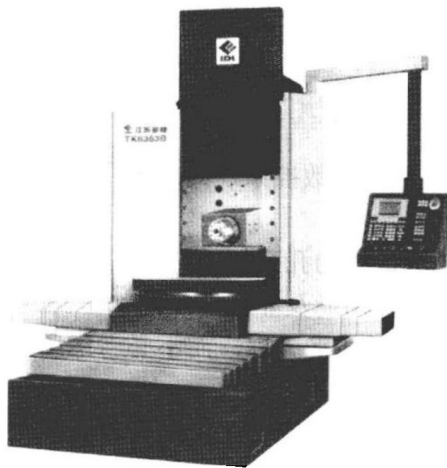


图 1-3 卧式数控铣床

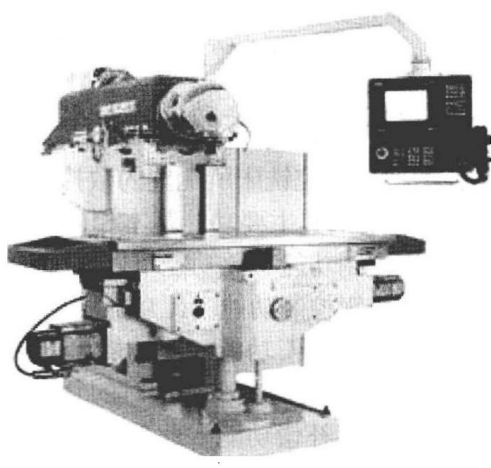


图 1-4 立卧两用数控铣床

③ 立卧两用数控铣床 立卧两用数控铣床的主轴轴线方向可以变换，使一台铣床具备立式数控铣床和卧式数控铣床的功能，如图 1-4 所示，这类铣床适应性更强，使用范围更广，生产成

本低。所以,目前立卧两用数控铣床的数量正在逐渐增多。

立卧两用数控铣床靠手动和自动两种方式更换主轴方向。有些立卧两用数控铣床采用主轴头,使其可以加工出与水平面呈不同角度的工件表面。可以在这类铣床的工作台上增设数控转盘,以实现零件的五面加工。

(2) 按数控系统的功能分类

① 经济型数控铣床 经济型数控铣床一般是在普通立式铣床或卧式铣床的基础上改造而来的,采用经济型数控系统,成本低,机床功能较少,主轴转速和进给速度不高,主要用于精度要求不高的简单平面或曲面零件加工,如图 1-5 所示。

② 全功能数控铣床 全功能数控铣床一般采用半封闭或闭环控制,控制系统功能较强,数控系统功能丰富,一般可实现四坐标或以上的联动,加工适应性强,应用最为广泛,如图 1-6 所示。

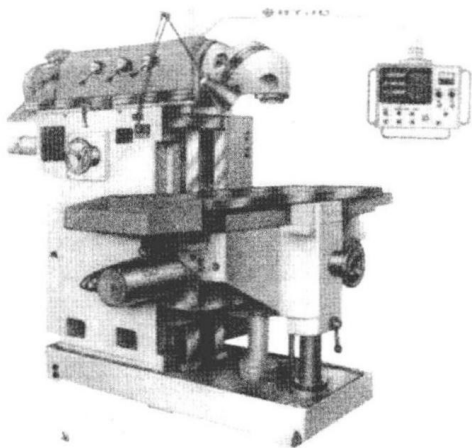


图 1-5 经济型数控铣床

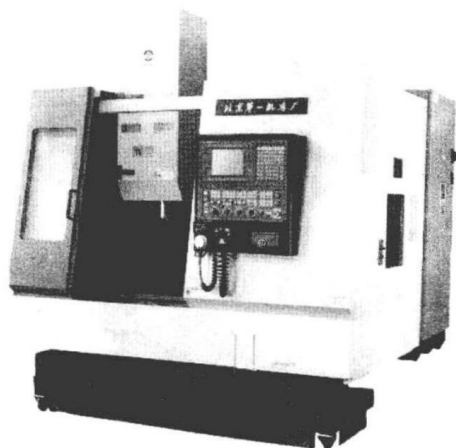


图 1-6 全功能数控铣床

③ 高速铣削数控铣床 一般把主轴转速在 $8000\sim 40000\text{r/min}$ 的数控铣床称为高速铣削数控铣床,其进给速度可达 $10\sim 30\text{m/min}$ 。这种数控铣床采用全新的机床结构(主体结构及材料变化)、功能部件(电主轴、直线电机驱动进给)和功能强大的数控系统,并配以加工性能优越的刀具系统,可对大面积的曲面进行高效率、高质量的加工。

高速铣削是数控加工的一个发展方向,目前,其技术正日趋成熟,并逐渐得到广泛应用,但机床价格昂贵,使用成本较高。

1.1.3 数控铣床的主要功能

各种类型的数控铣床所配置的数控系统虽然各有不同,但各种数控系统的功能,除一些特殊功能不尽相同外,其主要功能基本相同。

① 点位控制功能 此功能可以实现对相互位置精度要求很高的孔系加工。

② 连续轮廓控制功能 此功能可以实现直线、圆弧的插补功能及非圆曲线的加工。

③ 刀具半径补偿功能 此功能可以根据零件图样的标注尺寸来编程,而不必考虑所用刀具的实际半径尺寸,从而减少编程时的复杂数值计算。

④ 刀具长度补偿功能 此功能可以自动补偿刀具的长短,以适应加工中对刀具长度尺寸调整的要求。

⑤ 比例及镜像加工功能 比例功能可将编好的加工程序按指定比例改变坐标值来执行。镜像加工又称轴对称加工,如果一个零件的形状关于坐标轴对称,那么只要编出一个或两个象限的程序,而其余象限的轮廓就可以通过镜像加工来实现。

⑥ 旋转功能 该功能可将编好的加工程序在加工平面内旋转任意角度来执行。

⑦ 子程序调用功能 有些零件需要在不同的位置上重复加工同样的轮廓形状,将这一轮廓形状的加工程序作为子程序,在需要的位置上重复调用,就可以完成对该零件的加工。

⑧ 宏程序功能 该功能可用一个总指令代表实现某一功能的一系列指令,并能对变量进行运算,使程序更具灵活性和方便性。

1.2 数控铣床加工的主要对象

1.2.1 数控铣床加工的特点

(1) 加工灵活,通用性强

数控铣床的最大特点是高柔性,即灵活性、通用性,可以加工不同形状的工件。在数控铣床上能完成钻孔、铰孔、铣平面、铣斜面、铣槽、铣曲面、攻螺纹等加工,而且在一般情况下,可以一次装夹就能完成多种加工工序。

(2) 工件的加工精度高

目前数控装置的脉冲当量一般为 0.001mm ,高精度的数控系统可达 $0.1\mu\text{m}$,一般情况下,都能保证工件精度。由于数控铣床具有较高的加工精度,能加工很多普通机床难以加工或根本无法加工的复杂型面,所以在加工各种复杂模具时更显出其优越性。

(3) 大大提高了生产效率

在数控铣床上,一般不需要专用夹具和工艺装备。首先在更换工件时,只需调用储存在数控装置中的加工程序、装夹工件和调整刀具数据即可,大大缩短了生产周期;其次,数控铣床具有铣床、镗床和钻床的功能,使工序高度集中,大大提高了生产效率,减少了工件装夹误差。另外,数控铣床的主轴转速和进给速度都是无级变速的,因此,有利于选择最佳切削用量。数控铣床具有快进、快退、快速定位功能,可大大减少机动时间。

(4) 大大减轻了操作者的劳动强度

数控铣床对零件加工是按照事先编制好的加工程序自动完成的,操作人员除了操作操作面板、装卸工件、中间测量和观察机床运行外,不需要进行繁重的重复性手工操作,大大减轻了劳动强度。

1.2.2 数控铣床加工的主要对象

数控铣削是机械加工中最常用和最主要的数控加工方法之一,它除了能铣削普通铣床所能铣削的各种零件表面外,还能铣削普通铣床不能铣削的需要二至五坐标联动的各种平面轮廓和立体轮廓。根据数控铣床的特点,从铣削加工角度考虑,适合数控铣削的主要加工对象有以下几类。

(1) 平面类零件

加工面平行或垂直于定位面,或加工面与水平面的夹角为定角的零件为平面类零件,如图 1-7 所示。目前在数控铣床上加工的大多数零件属于平面类零件,其特点是各个加工面是平面,或者可以展开成平面。

平面类零件是数控铣削加工中最简单的一类零件,一般只需要用三坐标数控铣床的两坐标联动(即两轴半坐标联动)就可以把它们加工出来。

(2) 曲面类零件

加工面为空间的零件称为曲面类零件,如模具、叶片、螺旋桨等,如图 1-8 所示。曲面类零件不能展开为平面。加工时,铣刀与加工面始终为终点接触,一般采用球头刀在三轴数控铣床上

加工。当曲面较复杂、通道较窄、会伤及相邻表面以需要刀具摆动时,要采用四坐标或五坐标数控铣床加工。

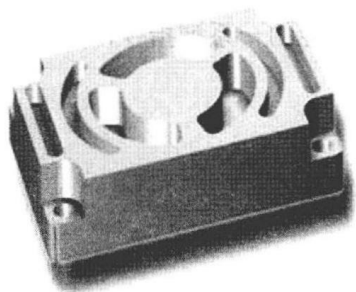


图 1-7 典型的平面零件

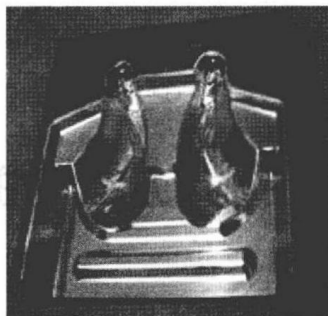


图 1-8 曲面零件

(3) 变斜角类零件

加工面与水平面的平角呈连续变化的零件称为变斜角零件,如图 1-9 所示为飞机变斜角梁缘条。

变斜角类零件的变斜角加工面不能展开为平面,但加工中,加工面与铣刀圆周的瞬时接触为一条线。最好采用四坐标、五坐标数控铣床摆角加工,若没有上述机床,也可以采用三坐标数控铣床进行两轴半近似加工。

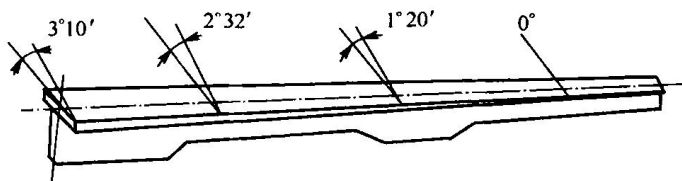


图 1-9 变斜角类零件

(4) 箱体类零件

具有一个以上孔系,内部有一定型腔或空腔,在长、宽、高方向有一定比例的零件称为箱体类零件。

箱体类零件一般都需要进行多工位孔系、轮廓及平面加工,公差要求较高,特别是形位公差要求较为严格,通常要经过铣、钻、扩、镗、铰、镗、攻螺纹等工序,需要刀具较多,在普通机床上加工难度大,工装套数多,费用高,加工周期长,需要多次装夹、找正,手工测量次数多,加工时必须频繁地更换刀具,工艺难以制定,更重要的是精度难以保证。这类零件在加工中心上加工,一次装夹可完成普通机床 60%~95%的工序内容,零件各项精度一致性好,质量稳定,同时节省费用,缩短生产周期。

加工箱体类零件的加工中心,当加工工位较多,需工作台多次旋转角度才能完成零件的加工时,一般选卧式镗类加工中心。当加工的工位较少,且跨距不大时,可选立式加工中心,从一端进行加工。

箱体类零件的加工方法,主要有以下几种。

① 当既有面又有孔时,应先铣面,后加工孔。

② 所有孔系都先完成全部孔的粗加工,再进行精加工。

③ 一般情况下,直径 $>\phi 30$ 的孔都应铸造出毛坯孔。在普通机床上先完成毛坯的粗加工,给加工中心加工工序的留量为 4~6mm(直径),再上加工中心进行面和孔的粗、精加工。通常分“粗

镗-半精镗-孔端倒角-精镗”4个工步完成。

④ 直径 $<\phi 30$ 的孔可以不铸出毛坯孔,孔和孔的端面全部加工都在加工中心上完成。可分为“镗平端面—(打中心孔)—钻—扩—孔端倒角—铰”等工步。有同轴度要求的小孔($<\phi 30$),需采用“镗平端面—(打中心孔)—钻—半精镗—孔端倒角—精镗(或铰)”工步来完成,其中打中心孔需视具体情况而定。

⑤ 在孔系加工中,先加工大孔,再加工小孔,特别是在大小孔相距很近的情况下,更要采取这一措施。

⑥ 对于跨距较大的箱体的同轴孔加工,尽量采取调头加工的方法,以缩短刀具辅具的长径比,增加刀具刚性,提高加工质量。

⑦ 螺纹加工,一般情况下,M6以上、M20以下的螺纹孔可以在加工中心上完成。M6以下,M20以上的螺纹可在加工中心上完成底孔加工,攻螺纹可通过其他手段加工。因为加工中心的自动加工方式在攻小螺纹时,不能随机控制加工状态,小丝锥容易折断,从而产生废品,由于刀具、辅具等因素影响,在加工中心上攻M20以上大螺纹有一定的困难。但这也不是绝对的,可视具体情况而定,在某些机床上可用镗刀片完成螺纹切削(用G33代码)。

1.3 数控铣床的组成

1.3.1 数控机床的组成

数控机床主要由输入装置、数控装置、机床本体、驱动装置和检测装置五个部分组成,如图1-10所示。

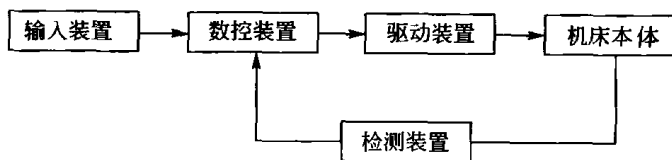


图 1-10 数控机床的组成

(1) 输入装置

数控加工程序可通过键盘,用手工方式直接输入数控系统。还可由编程计算机用RS232C或采用网络通信方式传送到数控系统中。

零件加工程序输入过程有两种不同的方式:一种是边读入边加工,另一种是一次将零件加工程序全部读入数控装置内部的存储器,加工时再从存储器中逐段调出进行加工。

(2) 数控装置

数控装置是数控机床的中枢。数控装置从内部存储器中取出或接收输入装置送来的一段或几段数控加工程序,经过数控装置的逻辑电路或系统软件进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种控制信息和指令,控制机床各部分的工作,使其进行规定的有序运动和动作。

零件的轮廓图形往往由直线、圆弧或其他非圆弧曲线组成,刀具在加工过程中必须按零件形状和尺寸的要求进行运动,即按图形轨迹移动。但输入的零件加工程序只能是各线段轨迹的起点和终点坐标值等数据,不能满足要求。因此要进行轨迹插补,也就是在线段的起点和终点坐标值之间进行“数据点的密化”,求出一系列中间点的坐标值,并向相应坐标输出脉冲信号,控制各坐标轴(即进给运动各执行部件)的进给速度、进给方向和进给位移量等。