



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

数控铣削(加工中心) 加工技术与综合实训

(华中、SIEMENS系统)

◎ 主编 郎一民



配教学资源



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

数控铣削（加工中心） 加工技术与综合实训 （华中、SIEMENS系统）

主 编 郎一民
副主编 杜海清 黄医博 马红军
参 编 邢德赞 张 苑 郭聿荃 张利梅
孙亚男 于晓昂 杜巍
主 审 任国兴

本书是经全国职业教育教材审定委员会审定的“十二五”职业教育国家规划教材,是根据教育部于2014年公布的《中等职业学校数控技术应用专业教学标准》,同时参考数控铣工职业资格标准编写的。本书包含了华中HNC-22M及SIEMENS 802D两个系统的数控机床理论基础及实践操作。全书共四个单元:单元一主要介绍数控铣床的加工特点、功能、刀具、工量夹具、机床坐标系、基本指令、各系统的基本操作、对刀、机械结构、机床的维护维修等;单元二中含五个项目,主要有平面、槽、内外轮廓、岛屿、孔系及螺纹类零件的加工,每个项目中涵盖若干任务,在每个任务的讲解过程中,均采用任务驱动教学法,将相关知识、编程技巧、工艺分析、相关计算、加工路线、工序简图、刀具选择、切削用量、参考程序等有机融合在一起,并配备有大量习题以便于教学及实训加工;单元三包括单面、双面及配合综合零件铣削加工三个方面的综合实训;单元四为考核鉴定模拟理论试题库(附答案)及技能考核试题库,以便于培训、考核鉴定和自查。

本书可作为中等职业学校数控应用技术专业实训教材,也可以作为从事数控铣床(加工中心)工作相关人员的实训参考书。

为便于教学,本书配有相关教学资源,选择本书作为教材的老师可登录 www.cmpedu.com 网站,注册、免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

数控铣削(加工中心)加工技术与综合实训:华中、SIEMENS系统/郎一民主编. —北京:机械工业出版社,2015.6

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-111-50790-1

I. ①数… II. ①郎… III. ①数控机床—铣削—中等专业学校—教材
IV. ①TG547

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第150170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:汪光灿 责任编辑:汪光灿 章承林

版式设计:霍永明 责任校对:刘怡丹

封面设计:张静 责任印制:李洋

三河市国英印刷厂印刷

2015年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·17印张·420千字

0001—2000册

标准书号:ISBN 978-7-111-50790-1

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

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前言

本书是根据教育部《关于中等职业教育专业技能课教材选题立项的函》（教职成司〔2012〕95号），由全国机械职业教育教学指导委员会和机械工业出版社联合组合编写的“十二五”职业教育国家规划教材，是根据教育部于2014年公布的《中等职业学校数控技术应用专业教学标准》，并根据数控铣工国家职业标准（中级）技能要求和理实一体化课程改革的需求编写的。本书采用“项目引领，任务驱动，一体化教学”教学模式，内容强调理论与实践相结合，遵循学生的认知规律，以实用够用为原则，突出实践操作与技能训练，充分体现“学、练、做一体化”的教学思想。

本书主要以华中 HNC-22M 及 SIEMENS 802D 两个系统为主，从理论知识到技能操作训练进行了较为系统的讲授。在内容安排上注重理论知识与技能操作的统一，通过理论知识的讲解及大量的实例训练，使学生能够掌握数控铣削加工中最实用的技术内容。

本书理论部分包括：数控铣床（加工中心）工、量具的使用，编程基础，机械结构及数控机床维护保养与故障诊断等；实训技能与操作部分包括：数控系统操作面板的训练、简单平面及沟槽加工、内外轮廓加工及孔系零件加工等，内容由浅入深，由易到难，使学生掌握数控铣削技术。全书共四个单元，各单元项目均由任务描述、任务工单、任务准备、任务实施、零件加工与检测、注意事项及任务扩展等部分组成，每个任务均附有相关训练题，以便于师生参考。最后通过综合实训及考级与提升从而达到数控铣削中级工水平的基本要求。

本书由郎一民任主编，杜海清、黄医博、马红军任副主编。参加本书编写的还有邢德赞、张苑、郭聿荃、张利梅、孙亚男、于晓昂、杜巍。在编写过程中，同时得到一汽集团的多位企业工程技术人员的技术支持与帮助，在此表示衷心感谢。全书由郎一民统稿，由任国兴主审。

由于编者水平有限，加上时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

目 录

前言

单元一 数控铣床（加工中心）加工基础	1
课题一 数控铣床（加工中心）简介	1
知识一 数控铣床简介	1
知识二 加工中心简介	4
知识三 数控铣床（加工中心）的主要功能及加工范围	6
知识四 数控铣床（加工中心）的性能测试与检测验收	8
课题二 数控机床的安全操作、维护保养及故障诊断	11
知识一 数控机床的安全操作规程	11
知识二 数控机床的维护与保养	13
知识三 数控机床的故障分类、诊断及排除方法	16
知识四 数控机床常见故障及排除实例	19
课题三 数控铣床（加工中心）的机械结构	21
知识一 数控铣床（加工中心）的机械结构组成及特点	21
知识二 数控铣床（加工中心）的主传动及变速系统	24
知识三 数控铣床（加工中心）的进给传动系统	25
知识四 数控铣床（加工中心）导轨	29
知识五 数控铣床（加工中心）工作台	31
知识六 加工中心自动换刀装置	32
课题四 数控铣床（加工中心）刀具、夹具及量具的使用	34
知识一 数控铣床（加工中心）常用刀具系统	34
知识二 数控铣床（加工中心）常用夹具	39
知识三 数控铣床（加工中心）常用量具	43
课题五 数控铣床（加工中心）坐标系统及编程基础	48
知识一 数控铣床（加工中心）坐标系统	48
知识二 机床坐标系、工件坐标系及程序格式	50
知识三 华中系统数控铣床（加工中心）编程基础	52
知识四 SIEMENS 系统数控铣床（加工中心）编程基础	59
单元二 数控铣削（加工中心）技能与操作	65
项目一 数控铣床（加工中心）基本操作	65
任务一 认识华中 HNC-22M 数控铣床（加工中心）操作面板	65
任务二 认识 SIEMENS 802D 数控铣床（加工中心）操作面板	77
项目二 平面及沟槽零件铣削加工	95

任务一 开放区域平面铣削加工	95
任务二 矩形通槽加工	106
任务三 封闭十字键槽加工	112
任务四 圆弧放射排列封闭键槽零件加工	121
项目三 零件外轮廓的铣削加工	128
任务一 圆形凸台外轮廓加工	129
任务二 矩形凸台外轮廓加工	138
任务三 不规则曲面凸台外轮廓加工	147
项目四 零件内轮廓的铣削加工	156
任务一 封闭圆形型腔零件加工	156
任务二 封闭内矩形轮廓零件加工	165
项目五 孔系零件铣削加工	175
任务一 钻孔、扩孔、铰孔零件铣削加工	175
任务二 铰孔、镗孔零件铣削加工	189
任务三 螺纹孔零件铣削加工	201
 单元三 数控铣削（加工中心）综合实训	214
实训一 单面综合零件铣削加工	214
实训二 双面零件铣削加工	222
实训三 配合综合零件铣削加工	228
 单元四 数控铣削（加工中心）考级与提升	240
【知识要求试题】	240
模拟一 中级应知考核模拟试题Ⅰ	240
模拟二 中级应知考核模拟试题Ⅱ	245
模拟三 中级应知考核模拟试题Ⅲ	251
【技能要求试题】	257
模拟一 中级技能考核模拟试题Ⅰ	257
模拟二 中级技能考核模拟试题Ⅱ	259
模拟三 中级技能考核模拟试题Ⅲ	261
 附录	263
 参考文献	266



单元一

数控铣床（加工中心） 加工基础

课题一 数控铣床（加工中心）简介

学习目标

- ➔ 了解数控铣床（加工中心）的组成、分类、功能。
- ➔ 掌握数控铣床（加工中心）的加工特点、功能及主要加工范围。
- ➔ 熟悉数控铣床几何精度的检验。

知识一 数控铣床简介

数控铣床是指利用计算机数字化信号控制但需手动换刀的铣床。它可以加工由直线、圆弧及非圆弧曲线等几何要素构成的平面轮廓、立体曲面及空间曲线。

一、数控铣床的基本组成

数控铣床一般由数控机床本体和计算机数控系统两大部分组成。

1. 数控机床本体

数控机床主体由主轴箱、进给伺服系统、控制系统、机床的基础部件及辅助装置等几大部分组成。它不仅要实现由数控装置控制的各种运动，而且还要承受包括切削力在内的各种力，因此机床本体必须保证有良好的几何精度、足够的刚度、小的热变形、低的摩擦阻力，才能有效地保证机床的加工精度。数控铣床的结构外形如图 1-1 所示。

2. 计算机数控系统

计算机数控系统是数控机床的核心，包括硬件装置和数控软件两大部分，其中硬件装置部分由输入/输出设备、数控装置、伺服单元、驱动装置（或执行机构）、可编程序控制器（PLC）及电气控制装置和检测反馈装置等组成，如图 1-2 所示。数控装置内的计算机对以数字和字符编码方式所记录的信息进行一系列处理后，向机床进给等执行机构发出命令，执行机构则按其命令对加工所需各种动作（如刀具相对于工件的运动轨迹、位移量和速度等）实现自动控制，从而完成工件的加工。



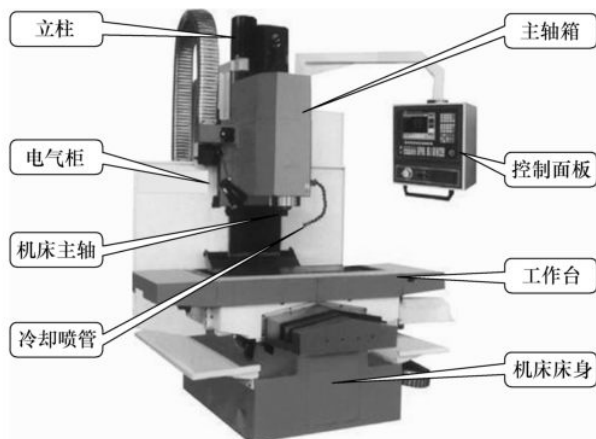


图 1-1 数控铣床的结构外形

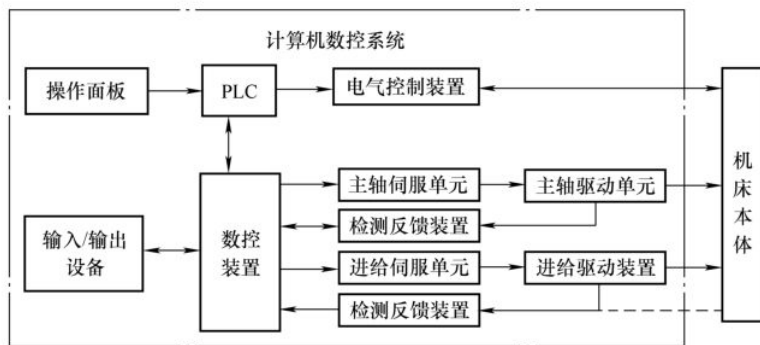


图 1-2 计算机数控系统

二、数控铣床的分类

1. 数控铣床按主轴结构形式分类

(1) 立式数控铣床 立式数控铣床目前是数控铣床中占有量最多的一种，其主轴轴线垂直于水平面，如图 1-3 所示。从机床数控系统控制的坐标数量来看，目前三坐标立式数控铣床占大多数，一般可进行三坐标联动加工，小型立式数控铣床 X 、 Y 方向的移动一般都由工作台完成， Z 方向的移动一般都由主轴箱完成，主运动为主轴旋转。

(2) 卧式数控铣床 如图 1-4 所示，卧式数控铣床的外形结构与普通卧式铣床相似，其主轴呈水平布置。为了扩大机床的加工范围和功能，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，这样不但工件侧面上的连续回转轮廓可以加工出来，而且可以实现一次安装中，通过转盘改变工位，进行四面加工。

(3) 龙门数控铣床 对于大型数控铣床多采用双柱龙门结构，这类数控铣床主轴可以在龙门架的横向与垂直方向作进给运动，而龙门架则沿床身作纵向运动。大型数控铣床因考



图 1-3 立式数控铣床



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。龙门数控铣床如图 1-5 所示。



图 1-4 卧式数控铣床



图 1-5 龙门数控铣床

(4) 立、卧两用数控铣床 其主轴轴线方向可以变换，能达到在一台机床上既可以实现立式加工，又可以实现卧式加工，即同时具备两类机床的功能。这类铣床的适应性更强，适用范围更广，选择加工对象的余地更大，生产成本更低。这类铣床可以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可以任意方向转换的万能数控主轴头，使其可以加工出与水平面成不同角度的工件表面。另外，还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. 按控制功能分类

(1) 经济型数控铣床 经济型数控铣床属于低、中档机床，多采用开环控制，成本低，功能少，主轴转速与进给速度比较低，主要用于精度要求不高的简单平面、曲面加工，如图 1-6 所示。这类数控铣床工作台可以纵向和横向移动，实现 X、Y 方向的进给运动，主轴垂直上下作 Z 向进给运动，主轴头升降式数控铣床在精度保持、承载质量、系统构成等方面具有很多优点，已成为数控铣床的主流。



图 1-6 经济型数控铣床

(2) 全功能型数控铣床 这类数控铣床主轴采用调速直流电动机或交流主轴控制单元来驱动，进给采用伺服电动机，半闭环或全闭环控制，属于高档数控铣床，如图 1-7 所示。其系统功能和加工适用性强，一般可实现四坐标轴或四坐标轴以上的联动。



图 1-7 卧式数控铣床

(3) 高速数控铣床 这类数控铣床的主轴转速可达 $8000 \sim 40000 \text{ r/min}$ ，进给速度可达 $10 \sim 30 \text{ m/min}$ ，采用全新的机床结构、电主轴、直线电动机驱动进给及强大的数控系统，并配以加工性能优越的刀具系统，可实现高速、高效、高质量加工。

三、数控铣床与普通铣床的比较

数控铣床与普通铣床相比，具有以下特点：





1. 柔性好

数控铣床对零件的适应性强，为单件、小批量零件加工及新产品试制提供了极大的便利，也方便了改型设计后零件的加工。

2. 加工精度高

数控机床的加工精度一般可达 $0.005 \sim 0.1\text{mm}$ ，而且机床进给传动链的反向间隙与丝杠螺距平均误差可由数控装置进行补偿，因此其定位精度比较高。

3. 加工质量稳定、可靠

加工同一批零件，在同一机床、相同加工条件下，使用相同刀具和加工程序，刀具的进给轨迹完全相同，数控铣床加工零件的一致性较好，质量稳定。

4. 生产率高

数控铣床可有效地减少零件的加工时间和辅助时间，数控铣床移动部件的快速移动和定位及高速切削加工，极大地提高了生产率，另外配合加工中心的刀库使用，实现了在一台机床上进行多道工序的连续加工。

5. 劳动条件好

操作数控铣床主要是进行程序的输入、编辑、装卸零件、刀具准备、观测加工状态及零件的检验等工作，因此大大降低了操作者的劳动强度。

6. 有利于现代化的生产管理

数控铣床可预先精确估计加工时间，所使用的刀具、夹具可进行规范化、现代化管理。

知识二 加工中心简介

数控加工中心简称加工中心，是指利用计算机数字化信号控制并配有刀库和自动换刀装置，在一次装夹工件后可实现多工序或全部工序加工的数控机床。

一、加工中心的基本组成

与普通数控铣床相比，由于数控加工中心带有自备刀库和自动换刀装置，它能把铣削、镗削、钻削、攻螺纹等功能集中在一台设备上，同时它还具有多种辅助功能，如固定循环、刀具半径和长度补偿、刀具破损报警、刀具寿命管理、过载保护、丝杠螺距误差补偿、丝杠间隙补偿、故障自诊断、加工过程显示、在线检测及自动补偿等功能，使其自动化水平、效率及精度得到提高，因此，它是一种功能较全、加工精度较高的数控机床。加工中心的结构外形如图 1-8 所示。

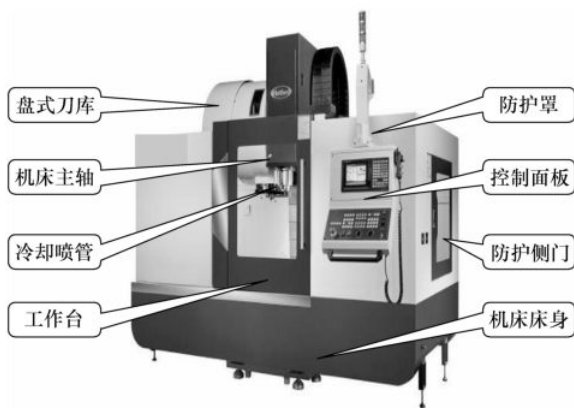


图 1-8 加工中心的结构外形

二、加工中心的分类

加工中心是从数控铣床发展而来的，其自动化程度高于数控铣床。由于工具系统的发展使其工艺范围不断扩展，更大程度地实现了工件一次装夹后多表面、多工位的连续加工。



加工中心按其功能分类,可分为立式加工中心、卧式加工中心和复合式加工中心三种类型。

1. 立式加工中心

其主轴与机床工作台垂直,工件装夹方便,加工时便于观察,但不便于排屑。采用固定式立柱结构,工作台不升降。主轴箱做上下运动,并通过立柱内的重锤平衡主轴箱的自重。由于受机床的结构所限,主轴中心线距立柱导轨面的距离不宜过大,因此,这种结构主要用于中、小尺寸的加工中心。立式加工中心适合加工板材类、壳体类工件,如图 1-8 所示。

2. 卧式加工中心

其主轴与机床工作台面平行,加工时不便于观察,但排屑顺畅。一般配有数控回转工作台,便于加工工件的不同侧面。卧式加工中心适合加工箱体类零件和小型模具型腔,如图 1-9 所示。



图 1-9 卧式加工中心

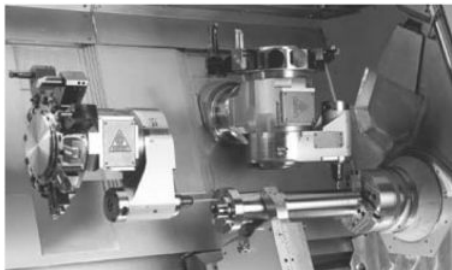


图 1-10 复合式加工中心工件加工部分的结构

3. 复合式加工中心

它主要包括车铣复合加工中心、立式和卧式两轴加工中心。此类设备的出现,为提高复杂异型产品的加工效率和加工精度提供了一种有效解决方案。复合式加工中心一次装夹可加工多个表面,适用于复杂箱体和复杂曲面工件的加工,其工件加工部分的结构如图 1-10 所示。

三、加工中心的特点

随着现代制造技术的发展,为提高加工效率,“工序集中”便成为数控加工的首选,即在一台机床上经过一次装夹,可进行铣削、钻削、镗削、铰削和攻螺纹等多工序的集中加工,为此加工中心在现代制造业中得到了广泛的应用。

1) 加工中心能控制机床按不同工序,自动选择和更换刀具,自动改变机床主轴转速、进给量和刀具相对工件的运动轨迹及其他辅助机能,可依次完成工件多个平面或多个角度位置的多工序加工,加工中心由于具有“工序集中”和“自动换刀”的特点,因而减少了工件的装夹、测量和机床调整的时间,使机床的切削时间达到机床开动时间的 80% 左右(一般机床仅达到 20% 左右),又可避免由重复装夹而带来的定位误差,同时也减少了工序之间的工件周转、搬运和存放时间,缩短了生产周期,从而提高了生产率。

2) 加工中心控制功能较多,机床运动可实现三轴或三轴以上(甚至可达十几个轴)联



动控制，以保证刀具进行复杂表面的加工，加工中心除了具有直线插补和圆弧插补功能以外，还具有各种辅助机能，如加工固定循环、刀具半径及长度自动补偿、刀具破损报警、刀具寿命管理、过载超程自动保护、丝杠螺距误差及间隙的补偿、故障自动诊断、加工过程图形模拟显示、人机对话、离线编程等功能，这些对提高设备的加工效率，保证产品的加工精度和质量等都起到了保证作用。

3) 加工中心既可以单机使用，也可以在计算机辅助控制下多台机同时使用，构成柔性生产线，还可以与工业机器人、立体仓库等组合成无人化工厂。随着现代制造业技术的发展，机械加工的工艺与装备在数字化的基础上正向智能化、信息化、网络化方向迈进。

知识三 数控铣床（加工中心）的主要功能及加工范围

一、数控铣床（加工中心）的主要功能

各种数控铣床（加工中心）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. 点位控制与连续轮廓控制功能

点位控制功能可以实现对相互位置精度要求很高的孔系加工；连续轮廓控制功能可以实现直线、圆弧的插补功能及非圆曲线的加工。

2. 刀具半径补偿与长度补偿功能

半径补偿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；长度补偿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。

3. 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功能来实现。

4. 旋转功能

旋转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。

5. 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。

6. 宏程序功能

宏程序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。

二、数控铣床（加工中心）的加工范围

数控铣床（加工中心）具有多坐标轴联动功能，主要包括平面铣削、轮廓铣削和曲面铣削，也可以对零件进行钻削、扩削、铰削、镗削、铰孔等加工。数控铣床（加工中心）主要适合于加工下述零件。



1. 平面类零件

平面类零件是指加工面平行或垂直于水平面,或加工面与水平面的夹角为固定值的零件,这类加工面可展开为平面,这些平面类零件只需用三轴联动数控铣床或两轴半联动就可将它们直接加工出来。平面类零件是数控铣削加工中最简单的常见零件。

(1) 内腔曲线轮廓面 如图 1-11 所示,该曲线轮廓 A 面展开后为平面,由于它与水平面垂直,因此加工时只需水平放置在工作台上装夹、铣刀垂直安装即可加工。

(2) 斜肋轮廓面 如图 1-12 所示,该斜肋轮廓 B 面,一般可以用专用角度铣刀来加工,省时、易加工且成本低。如采用五轴联动控制摆角数控铣床加工反而不经济。

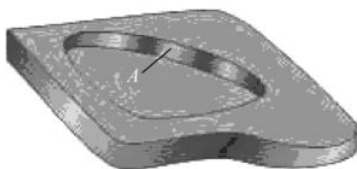


图 1-11 内腔曲线轮廓面

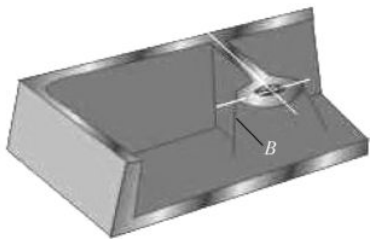


图 1-12 斜肋表面

(3) 平斜面 如图 1-13 所示,当该斜面 C 不大时,可根据零件斜度的大小用垫铁将其垫平后进行加工,若机床主轴可摆动,则将其摆成适当角度进行加工;当零件尺寸很大而其斜度又较小时,常用行切法加工,但会在加工面上留下叠刀峰残痕,需要钳修法加以清除。加工平斜面的最佳方法是在五轴联动摆动铣头式数控机床上利用铣头摆动功能加工。

2. 变斜角类零件

变斜角类零件如图 1-14 所示。该变斜角面 D 与水平面的夹角呈连续变化,此类零件多为飞机零件,如梁、框、肋条、缘条等,另外检验夹具与装配型架也属于变斜角类零件。由于变斜角加工面不能展开为平面。但在加工时,加工面与铣刀圆周接触的瞬间为一条线。因此最好采用四坐标或五坐标数控铣床摆角加工,当工件精度要求不高时,也可以采用三轴数控铣床或两轴半数控铣床近似加工。



图 1-13 平斜面

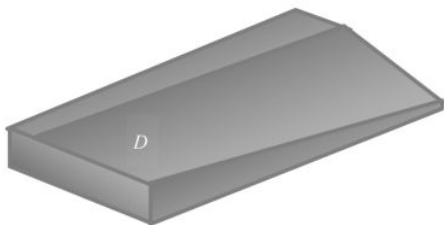


图 1-14 变斜角平面

3. 曲面类零件

加工面为空间曲面的零件称为曲面类零件,如图 1-15 所示。汽轮机芯叶片、螺旋桨等都属于曲面类零件。其加工特点是:加工面不能展成平面,且加工过程中的加工面和铣刀始终保持点接触。常采用球头铣刀利用三轴数控铣床进行加工,当加工曲面较复杂时,要采用四轴或五轴数控铣床加工,以免在加工曲面时产生干涉现象而铣伤邻近表面,还可用于加工螺旋桨、叶片等空间曲面零件。



4. 箱体类零件

箱体类零件一般是指具有一个以上孔系，内部有一定型腔或空腔，在长、宽、高方向有一定比例的零件，如图 1-16 所示。箱体类零件的加工可以采用数控铣床加工，但因为用到的刀具较多，所以一般采用加工中心来加工。当加工工位较多、需工作台多次旋转角度才能完成的零件时，一般选卧式镗铣类加工中心。当加工的工位较少，且跨距不大时，也可选立式加工中心，从一端进行加工。



图 1-15 曲面类零件



图 1-16 箱体类零件

知识四 数控铣床（加工中心）的性能测试与检测验收

一、数控机床的性能测试

数控机床的性能测试是验证数控机床的实际性能是否达到规定的性能指标要求。机床性能测试项目主要包括主轴系统性能、进给系统性能、自动换刀系统性能、机床的噪声、电气装置、数控装置、安全装置、气-液装置、润滑装置、附属装置、连续无载荷运行及程序功能等。

1. 主轴系统性能

用手动方式选择主轴高、中、低三挡速度，连续进行五次正转与反转的起动、停止和准停装置动作，来测试主轴动作的灵活性和可靠性。另外，用数据输入方式，起动主轴从最低速逐级提高到允许最高速度，测试各级转速，允差为设定值的 $\pm 10\%$ ，同时观察机床振动。经过 2h 运行，运转允许升温 15°C 。

2. 进给系统性能

分析对各坐标轴进行手动操作，正反方向的低、中、高速进给，以及快速移动的起动、停止、点动等动作的平稳性和可靠性。

3. 自动换刀系统性能

手动操作和自动运行时，刀库满负荷条件下，运动的平稳性、机械手抓取最大允许自重刀柄的可靠性与灵活性、刀库内刀号选择的准确性，以及测定换刀的交换时间。

4. 机床的噪声

检查主轴电动机的冷却风扇和液压系统液压泵的噪声是否超过标准规定。

5. 电气装置

在运行前后分别进行绝缘检查，检查接地线质量，确认绝缘的可靠性等。

6. 数控装置

检查数控柜的各种指示灯、操作面板、电柜冷却风扇及密封性等动作及功能是否正常。





7. 安全装置

检查对操作者安全性和机床保护功能的可靠性。

8. 气-液装置

检查压缩空气和液压回路的密封、调压性能、液压油箱的正常工作情况。

9. 润滑装置

检查定时定量润滑装置的可靠性，检查润滑油路有无渗漏等。

10. 附属装置

检查机床各附属装置工作的可靠性，如切削液装置、排屑装置、防护门、APC 交换工作台、坐标轴超程、电流过载保护、电动机过热过载自动停机功能、欠压过压保护功能等。

11. 连续无载荷运行

一台加工中心安装调试完毕后，由于其功能繁多，在安装后，可在一定负载下经过长时间的自动运行，比较全面地检查机床的功能是否齐全和稳定。可运用考机程序连续运行 8h、24h 或 36h，若连续运行时不出故障，则表明该机床的可靠性已经达到一定性能要求。

12. 程序功能

程序功能是指按机床配备的数控说明书，用手动或自动编程检查数控系统的程序使用功能，如定位、直线插补、暂停、自动加减速、坐标选择、平面选择、刀具位置补偿、刀具直线补偿、拐角功能选择、固定循环、选择停止、程序结束、切削液起动与停止、单段运行、进给保持、紧急停止、程序号显示、检索、位置显示、镜像功能、间隙补偿及用户宏程序等功能的准确性及可靠性。

二、数控机床精度的检测

数控机床的精度验收是一项复杂的检测技术工作。它包括对机床的机、电、液、气各部分的综合性能检测及机床静、动态精度的检测。在具体的机床验收时，各项验收内容可按照机床厂标准和行业标准进行，主要集中在数控机床几何精度检测、数控机床重复定位精度检测及数控机床切削精度检测三个方面。

1. 数控机床几何精度检测

数控机床的几何精度能综合反映机床的关键机械零部件组装后的几何形状误差，是数控机床验收的重要组成部分，几何精度的高低直接决定了机床安装的优劣。

常用的检测工具有精密水平仪、直角尺、精密方箱、平尺、百分表或测微仪、高精度主轴检验棒，每项几何精度按照加工中心的验收条件的规定进行检测。

注意：检测工具的等级必须比所测的几何精度高一级。同时，必须在机床稍有预热的状态下进行，在机床通电后，主轴按中等转速旋转 15min 以后再进行检验。在检验操作过程中，数控铣床（加工中心）应严格按照国家标准（GB/T 20958.2—2007）的要求进行检验，其检查内容如下：

（1）机床工作台调平 用精密水平仪调整机床工作台面误差 $\leq 0.04\text{mm}/1000\text{mm}$ 。

（2）工作台面的直线度误差 使用百分表、精密方箱测量工作台面的平面度误差，在任意 200mm 测量长度上，其直线度误差 $\leq 0.025\text{mm}$ 。

（3）主轴箱垂直移动对工作台面的垂直误差 使用检验棒、百分表及专用表架测量主





轴箱垂直移动对工作台面的垂直度误差 $\leq 0.05\text{mm}/300\text{mm}$ 。

(4) 主轴检验棒端面的径向圆跳动误差 使用检验棒、百分表及专用表架测量主轴检验棒端面的径向圆跳动误差 $\leq 0.01\text{mm}/100\text{mm}$ 。

(5) 主轴回转轴线对工作台面的垂直度误差 使用检验棒、百分表及专用表架,断电后用手转动主轴,垂直度误差 $\leq 0.01\text{mm}/100\text{mm}$ 。

2. 数控机床重复定位精度检测

数控机床重复定位精度表明所检测的机床各运动部件,在数控装置控制下运动后所能达到的定位精度,它是决定数控机床所加工零件质量的重要因素,在数控机床安装检测验收时,应进行试切试验来检验机床的重复定位精度。因此,根据实测的重复定位精度数值,可以判断出该机床以后在自动加工过程中,所能达到的最好的工件加工精度。

常用的检测工具有精密水平仪、平尺、百分表、精密方箱、等高块及高精度主轴检验棒,每项几何精度均按照加工中心的验收条件规定进行检测,其检测内容如下:

(1) 工作台面沿 X 方向移动对工作台的平行度误差 使用等高块、平尺、百分表检测工作台面沿 X 方向移动对工作台的平行度误差 $\leq 0.056\text{mm}$ 。

(2) 工作台面沿 Y 方向移动对工作台的平行度误差 使用等高块、平尺、百分表检测工作台面沿 Y 方向移动对工作台的平行度误差 $\leq 0.060\text{mm}$ 。

(3) 工作台面沿 X 方向移动对工作台 T 形槽的平行度误差 使用百分表检测工作台面沿 X 方向移动对工作台基准 T 形槽的平行度误差 $\leq 0.050\text{mm}$ 。

(4) 工作台面沿 X 方向移动对 Y 方向的垂直度误差 使用百分表和直角尺检测工作台面沿 X 方向移动对 Y 方向的垂直度误差 $\leq 0.040\text{mm}/300\text{mm}$ 。

(5) X 坐标在线运动的精度 使用激光干涉仪、专用检具检测以下项目: X 坐标在线运动的定位精度 $\leq 0.060\text{mm}$ 、 X 坐标在线运动的重复定位精度 $\leq 0.030\text{mm}$ 、 X 坐标在线运动的反向差值 $\leq 0.025\text{mm}$ 。

3. 数控机床切削加工的精度检测

数控机床切削加工的精度检测实质是对机床的几何精度与定位精度在切削条件下的一项综合考核。一般来说,进行切削加工的精度检测,可以是单项加工或加工一个标准的综合性试件。多以单项加工为主,对于加工中心,其主要单项精度有:

- 1) 镗孔精度。
- 2) 面铣刀铣削平面的精度 (X - Y 平面)。
- 3) 镗孔的孔距精度和孔径分散度。
- 4) 直线铣削精度。
- 5) 斜线铣削精度。
- 6) 圆弧铣削精度。
- 7) 对于卧式铣床包括箱体调头镗孔的同轴度。
- 8) 水平转台回转 90° 铣削四方体的加工精度。

思考练习

1. 数控加工中心可分为哪几类?其主要特点有哪些?
2. 数控铣床(加工中心)适合加工哪些零件?

