

职业教育机电类技能人才培养规划教材  
ZHIYE JIAOYU JIDIANLEI JINENG RENCAI PEIYANG GUIHUA JIAOCAI

 数控技术应用专业系列

# Fanuc系统数控铣/加工中心 加工工艺与技能训练

□ 崔元刚 主编

- ▶ 理论知识与实践操作有机结合
- ▶ 实用够用为原则突出技能训练
- ▶ 体现“学以致用、能力为本”



 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

  
中级

职业教育机电类技能人才培养规划教材  
ZHIYE JIADU MEIJIANLEI JIRENG RENCAI PEIYANG GUIHUA JIAOCAI

● 数控技术应用专业系列

# Fanuc系统数控铣/加工中心 加工工艺与技能训练

□ 崔元刚 主编



人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目(CIP)数据

Fanuc系统数控铣/加工中心加工工艺与技能训练 /  
崔元刚主编. — 北京: 人民邮电出版社, 2010.10  
职业教育机电类技能人才培养规划教材. 数控技术应用专业系列  
ISBN 978-7-115-21747-9

I. ①F… II. ①崔… III. ①数控机床: 铣床—生产工艺—职业教育—教材②数控机床加工中心—生产工艺—职业教育—教材 IV. ①TG547②TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第164645号

## 内 容 提 要

本书将教学内容分为若干模块教材,采用理实一体化教学思路,将数控铣床和加工中心的工艺系统基本知识、典型结构零件的工艺设计、数控编程基本方法、机床操作与维护技能等内容,划分组织为若干课题逐一介绍。书中包括中级职业技能综合训练模块,内容与中级职业技能考核要求相对应。

本书可作为中等职业学校、高职高专院校、技师学院、社会培训机构相关专业的教材,也可供数控专业技术人员参考。

职业教育机电类技能人才培养规划教材

数控技术应用专业系列

### Fanuc 系统数控铣/加工中心加工工艺与技能训练

- ◆ 主 编 崔元刚  
责任编辑 李海涛
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 18.25 2010年10月第1版  
字数: 468千字 2010年10月河北第1次印刷

ISBN 978-7-115-21747-9

定价: 30.00元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

# 职业教育机电类技能人才培养规划教材

## 专家指导委员会

陈德兴 陈玉堂 李春明 李献坤 邵佳明 俞勋良

## 编写委员会

### 主任委员

黄志 刘钧杰 毛祥永 秦伟 孙义宝

### 委员

蔡 菘	曹 琪	陈海舟	陈长浩	陈建国	陈移新	成百辆	成振洋	崔元刚	邓万国
丁向阳	董国成	董伟平	董扬德	范继宁	封贵牙	冯高头	冯光明	高恒星	高永伟
葛小平	宫宪惠	顾颂虞	管林东	胡 林	黄汉军	贾利敏	姜爱国	金伟群	孔凡宝
李乃夫	李 煜	梁志彪	刘水平	柳 杨	陆 龙	吕 燕	罗 军	骆富昌	穆士华
钱 锋	秦红文	单连生	沈式曙	施梅仙	孙海锋	孙义宝	汤国泰	汤伟文	唐监怀
汪 华	王德斌	王立刚	王树东	王以勤	吴琰琨	解晨宁	许志刚	杨寿智	叶光胜
于书兴	于万成	袁 岗	张 骛	张璐青	张明续	张启友	张祥宏	张 燊	赵 真
仲小敏	周成统	周恩兵	周晓宏	祝国磊					

## 审稿委员会

鲍 勇	蔡文泉	曹淑联	曹 勇	陈海波	陈洁训	陈林生	陈伟明	陈煜明	程显吉
崔 刚	但汉玲	邓德红	丁 辉	窦晓宇	冯广慧	付化举	龚林荣	何世勇	洪 杰
黄 波	黄建明	蒋咏民	康建青	李春光	李天亮	李铁光	梁海利	梁红卫	梁锦青
廖 建	廖圣洁	林志冲	刘建军	刘 立	刘 霞	柳胜雄	卢艾祥	吕爱华	罗谷清
罗 恺	罗茗华	罗晓霞	孟庆东	聂辉文	彭向阳	乔 宾	孙名楷	谭剑超	腾克勇
万小林	王大山	王 峰	王来运	王灵珠	王 茜	王为建	王为民	王学清	王屹立
王 勇	王玉明	王定勇	伍金浩	肖友才	谢 科	徐丽春	许建华	许启高	鄢光辉
严大华	严 军	杨小林	姚小强	姚雅君	叶桂容	袁成华	翟 勇	詹贵印	张 彬
张东勇	张旭征	张志明	钟建明	周朝辉	周凤顺	周青山	邹 江		

## 本书编委

崔元刚 黄 健 张 艳 姜爱国



随着我国制造业的发展，高素质技术工人的数量与层次结构远远不能满足劳动力市场的需求，技术工人的培养培训工作已经成为国家大力发展职业教育的重要任务。为此，中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于进一步加强高技能人才工作的意见》的通知（中办发[2006]15号）的通知。目前，各类职业院校主动适应经济社会发展要求，主动开展教学研讨，探索更加适合当前技能人才需求的教育培养模式，在中高级技能人才的培养和培训工作起到了积极推动的作用。

职业教育要根据行业的发展和人才的需求，来设定人才的培养目标。当前各行业对技能人才的要求越来越高，而激烈的社会竞争和复杂多变的就业环境也使得职业教育学生只有确实地掌握一技之长才能实现就业。但是，加强技能培养并不意味着弱化或放弃基础知识的学习；只有扎实地掌握相关理论知识，才能自如地运用各种技能，甚至进行技术创新。所以，如何解决理论与实践相结合的问题，走出一条理实一体化的教学新路，是摆在职业教育工作者面前的一个重要课题。

我们本着为职业教育教学改革尽一份社会责任之目的，依靠职业教育专家的研究成果，依靠技工学校教师和企业等一线工作人员，共同参与“职业教育机电类技能人才教学方案研究与开发”课题研究工作。在对职业教育机电类专业教学进行规划的基础上，我们的课题研究以职业活动为导向、以职业能力为核心，根据理论知识够用、强化技能训练的原则，将理论和实践有机结合，开发出机电类技能人才培养专业教学方案，并制定出每门课程的教学大纲，然后组织教学一线骨干教师进行教材的编写。

本套教材针对不同课程的教学要求采用“理实相结合”或“理实一体化”两种形式组织教学内容，首批55本教材涵盖2个层次（中级工、高级工），3个专业（数控技术应用、模具设计与制造、机电一体化）。教材内容统筹规划，合理安排知识点与技能训练点，教学内涵生动活泼，尽可能使教材体系与编写结构满足职业教育机电类技能人才培养教学的要求。

我们衷心希望本套教材的出版能够对目前职业院校的教学工作有所帮助，并希望能得到职业教育专家和广大师生的批评与指正，以期通过逐步调整、完善和补充，使之更符合机电类技能人才培养的实际。

“职业教育机电类技能人才教学方案研究与开发”课题专家指导委员会

2009年2月



# 前言

## PREFACE

机械加工企业已广泛使用先进的数控加工技术，数控加工前景广阔。目前，机械制造行业需要在数控加工工艺设计、程序编制、数控机床操作、数控机床维护与维修、数控加工生产组织与管理、数控机床营销与技术服务等方面有扎实功底的高素质技能人才。我们参照《数控机床操作工》和《数控加工中心操作工》职业标准对“中级工”的要求，结合多年的教学和实践经验编写本书。

“Fanuc 系统数控铣/加工中心加工工艺与技能训练”的学习目标是：了解数控铣床和加工中心，具有合理选用数控机床铣床和加工中心、夹具、刀具的能力。熟悉典型工件和结构的数控加工工艺，熟练掌握 Fanuc 数控铣/加工中心加工程序编制。熟练使用操作 Fanuc 数控铣/加工中心进行生产加工。进一步培养学生具备分析、解决生产中实际问题的初步能力，具有维护和使用好机床的能力，最终具有数控铣/加工中心中级工应知应会的知识、技能。

本书编写广泛吸收教学一线理论和实习教师经验、智慧，听取企业意见，努力体现了以下特点：

### 1. 本教材适合理实一体化教学

本教材的编写，根据职业标准，按实用性、针对性、一体化原则，突出理论与实践相结合，力求做到所教、所学、所用的衔接，便于实现“教、学、做”一体化教学，有利于提高学生的学习积极性。

### 2. 本教材内容实现模块化

教材对教学内容进行模块化划分和整合，将教学内容划分为五大模块，每个模块由若干子模块和课程组成，一个模块完成一种技术能力的培养和训练。各个模块具有层次性，符合学生由少到多，从简单到复杂的认知规律，知识和技能不断延伸。又可通过模块重组、优化组合，以适应变化的教学要求和对象。

### 3. 本教材力求实现“知识基础”与“实用为先、够用为度”的统一

本教材在确定学习内容时，一方面考虑到内容“实用为先、够用为度”，有利于能力培养效率，应知、就会学习内容力求精练；另一方面考虑到知识基础对拓宽学生就业面和岗位适应能力是必要的，因此提供了适当的拓展阅读材料和参考资料。

本书可作为高职高专、技师学院、高级技术学校、社会培训机构相关专业的教材，也可供数控专业技术人员参考。

本书由崔元刚任主编，朱月娥任副主编，参加编写工作的还有黄健和张艳。姜爱国对本书的编写提供了指导和协助，在此表示感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2010年7月



# 目录

## CONTENTS

### 模块一 认识数控铣削加工工艺系统..... 1

#### 单元一 认识数控铣削加工机床.....2

课题 1 从加工实例认识数控铣削加工.....2

课题 2 认识数控铣床和加工中心, 了解安全操作常识.....7

课题 3 认识数控系统及操作面板.....16

课题 4 认识数控铣床主运动、进给运动及手动操作.....23

课题 5 熟悉数控机床坐标系及对刀操作.....33

总结.....39

综合练习.....40

#### 单元二 认识数控加工程序.....41

课题 1 Fanuc 数控铣削系统指令及 MDE 操作.....42

课题 2 学习刀具补偿指令, 熟悉程序编写、输入、编辑.....55

总结.....63

综合练习.....64

#### 单元三 熟悉数控铣削工件装夹.....65

课题 1 熟悉工件定位、夹紧的知识.....65

课题 2 熟悉数控铣、加工中心常用夹具及选用.....74

总结.....79

综合练习.....79

#### 单元四 认识数控铣削刀具.....80

课题 1 熟悉铣削刀具的选用知识.....80

课题 2 认识数控铣削可转位刀具及刀具系统.....89

课题 3 学会加工中心自动换刀.....98

总结.....108

综合练习.....108

### 模块二 典型结构工艺、编程、加工操作.....110

课题 1 学会平面铣削工艺、编程、

加工.....111

课题 2 学会轮廓铣削工艺、编程、操作.....118

课题 3 学习槽铣削工艺、编程、操作.....129

课题 4 学习型腔铣削工艺、编程、操作.....138

课题 5 学会钻孔、扩孔、镗孔加工及固定循环.....143

课题 6 学习攻丝工艺、编程、操作.....161

课题 7 学习铰孔工艺、编程、操作.....169

课题 8 学习镗孔工艺、编程、操作.....177

总结.....186

综合练习.....186

### 模块三 典型零件加工工艺设计及编程操作.....189

#### 单元一 学习数控工艺设计基础知识.....190

课题 1 熟悉数控加工工艺设计过程.....190

课题 2 学会数控铣削刀具路径拟定方法.....198

课题 3 学会数控铣削用量选用一般方法.....204

总结.....208

综合练习.....208

#### 单元二 数控铣削加工工艺综合应用.....209

课题 1 平面轮盘零件加工工艺及编程.....210

课题 2 端盖零件的铣削工艺及编程.....215

课题 3 壳体零件的铣削工艺及编程.....222

总结.....228

综合练习.....228



<b>模块四 高级编程</b> .....	230	课题 2 中级职业技能综合训练二	259
课题 1 应用宏程序编程	231	课题 3 中级职业技能综合训练三	262
课题 2 了解自动编程	241	课题 4 中级职业技能综合训练四	266
总结	254	课题 5 中级职业技能综合训练五	269
综合练习	254	课题 6 中级职业技能综合训练六	272
<b>模块五 中级职业技能综合训练</b> .....	255	总结	274
课题 1 中级职业技能综合训练一	256	综合练习	275
		<b>附录</b> .....	278



## 学习目标

- ◎ 认识数控铣削加工机床
- ◎ 认识数控加工程序
- ◎ 熟悉数控铣削零件装夹
- ◎ 认识数控铣削刀具

数控机床的切削加工，是在机床上正确安装好刀具与零件，使机床、刀具、装夹好的零件间形成切削加工的工艺系统，在机床计算机的控制下，由机床提供运动动力，按加工程序指定的规律，让刀具与零件之间产生相互运动、相互作用，从而使刀具从零件表面上切去多余金属，最终使零件符合零件图样的要求。

我们可以把数控铣、加工中心应用的学习任务归纳为生产加工对象分析、生产加工设备选用、生产加工工艺制定、加工程序编制和生产加工操作 5 个部分。

模块一将学习目标定位于认识数控铣削加工工艺系统，学习内容包括熟悉数控铣床和加工中心的功能、结构、特点及使用方法，熟悉加工程序的基本知识，熟悉零件装夹方法，熟悉刀具选用和调整方法。

模块一分为 4 个知识单元。

- 单元一：认识数控铣削加工机床
- 单元二：认识数控加工程序
- 单元三：熟悉数控铣削工件装夹
- 单元四：认识数控铣削刀具

# 单元一 认识数控铣削加工机床

## 课题1

## 从加工实例认识数控铣削加工

数控机床是一种能高质、高效、自动化切削加工工具。在单元一中将学习作为数控加工主要装备的数控机床知识，主要从数控系统、主运动、进给运动控制几个方面熟悉数控铣床、加工中心的功能、结构、特点和使用方法。

本课题通过观察数控机床加工零件的实例，初步建立数控、数控机床、数控加工程序和数控加工的概念，了解数控加工的一般过程。实例零件如图 1-1 所示。

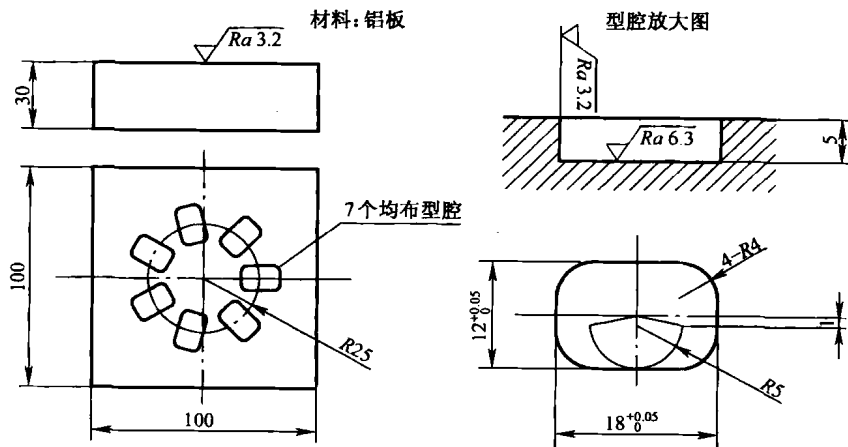


图 1-1 数控铣削加工实例零件图

### 基础知识

#### 一、机床切削加工概述

机床切削加工是机械制造的主要手段，机床是机械制造业的主要加工设备，是制造机械零件的机器，它用刀具切削的方法将毛坯加工成机械零件。

机床切削加工的一般方法是：加工人员依据工程图样的要求，选择适合加工的机床，并在机床上正确安装好刀具与零件，使机床、刀具、零件形成一个切削加工的工艺系统，由机床提供加工运动的动力，同时控制刀具与零件之间产生恰当的相对运动、相互作用，切去零件表面上的多余金属，使被加工零件符合图样的要求。

##### 1. 用于切削加工机床

用于切削加工机床有普通机床和数控机床。普通机床包括普通车床、普通铣床、普通镗床、

普通钻床等传统普通机床；数控机床包括数控车床、数控铣床、数控镗床、数控钻床等。

## 2. 刀具切削零件的运动

刀具相对零件的切削运动包括主运动和进给运动。

图 1-2 所示为刀具铣削零件时的切削运动示意图。

① 主运动：零件与刀具的相对运动中，提供切削力的运动，提供的切削力用于刀具切除（克服）零件上的多余金属，使之成为切屑。

② 进给运动：不断地把被切削层（多余金属）投入切削，以逐渐切削出零件加工表面的运动——形成零件形状轮廓的运动，称为进给运动。

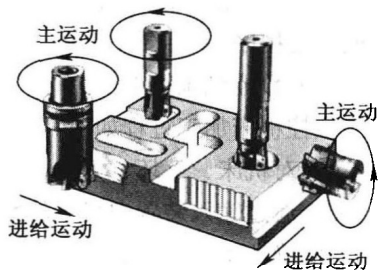


图 1-2 主运动、进给运动示意图

## 3. 机床加工的工艺分析及加工的一般步骤

机床切削加工的工艺过程基本相同，一般都包括如下步骤。

- ① 分析研究零件图。
- ② 确定合适毛坯。
- ③ 确定恰当的加工方法、加工过程。
- ④ 选择合适的加工机床。
- ⑤ 确定零件的装夹方法。
- ⑥ 选择合适的切削刀具。
- ⑦ 确定刀具进给路线和选择合适的主运动和进给运动用量。
- ⑧ 加工零件。

## 二、数控机床加工概述

### 1. 数控机床简介

为了满足多品种、小批量，特别是复杂型面零件加工的生产要求，人们一直在寻找更通用、更灵活、高精度、高效率的自动化加工工具。用数控技术控制机械加工的数控机床就是这样的生产工具。数控机床（Numerical Control Machine Tools）是采用了数字控制技术的机床。

现代数控机床是一种具有高质、高效、高度自动化、高度灵活性，适合精度要求高、复杂形状零件加工的工具；它是将电子、计算机等技术与传统机床技术相融合，将精密机械技术、计算机技术、微电子技术、检测传感技术、自动控制技术、接口技术等系统工程的基础上有机综合应用、优化的机电一体化产品，具有良好的零件加工功能和性能。

### 2. 数控机床加工简介

数控机床的加工大致可分为两个阶段，一是加工工艺设计和加工程序的填写，实质是制定指令机床加工运动的规律；二是机床的数字控制装置处理、执行加工程序，控制机床按指定的规律进行自动加工。

#### (1) 数控加工工艺及编程

由于数控机床是计算机控制的自动加工，因此，运用数控机床加工，人的主要工作是数控加工工艺设计及加工程序的编制。

- ① 分析零件图样，明确加工内容、要求，分析加工条件。
- ② 选择确定毛坯。

③ 加工工艺设计。设计加工方法, 选用工艺设备, 设计过程, 设计加工路线, 确定加工数据。

④ 编写加工程序。将加工工艺思想和确定的加工数据, 用数字控制装置能处理的格式语言编写成加工程序。

## (2) 数控机床加工

数控机床加工过程如下。

① 对机床、毛坯、刀具、零件装夹等进行加工准备。

② 通过输入装置向机床的数字控制装置输入加工程序。

③ 确认由机床、刀具、零件组成的工艺系统准备和调整完毕, 加工程序校验正确。

④ 启动自动加工, 数控装置控制机床加工的进给运动、主运动、辅助运动, 实现准确的、预定的加工运动。

## 数控铣削加工工艺、编程实例

### 一、加工任务分析

图 1-1 所示零件的材料为铝板。设四方轮廓及底平面已加工完毕, 现要求对上表面加工, 对 7 个圆周均布的型腔进行粗、精加工。

分析零件图样零件的加工内容要求如下。

① 上表面有表面粗糙度值  $Ra$  为  $3.2\mu\text{m}$  的表面质量要求。

② 7 个长 18、宽 12、深 5 的型腔, 型腔的圆角为  $R4$ , 圆周均布, 水平方向基准点在其对称中心, 定位尺寸为  $R25$ , 内轮廓尺寸有 IT9 尺寸公差等级要求, 表面粗糙度值  $Ra$  为  $3.2\mu\text{m}$ , 底面有表面粗糙度值  $Ra$  为  $6.3\mu\text{m}$  的要求。

### 二、加工工艺分析

#### 1. 确定毛坯

选择  $100 \times 100$  侧面已经加工过的一块  $100 \times 100 \times 30.5$  的铝块, 上表面有 0.5 的余量。

#### 2. 选用工艺设备

机床: 选用立式数控铣床或立式加工中心。

刀具两把:  $\phi 125\text{mm}$  的面铣刀及  $\phi 6\text{mm}$  的键槽刀。

夹具: 平口钳。

量具: 游标卡尺。

#### 3. 单个型腔加工工艺设计

加工方法如下。

① 上表面用  $\phi 125\text{mm}$  的面铣刀具铣削, 设面铣刀的刀具号是 T01。

② 型腔分粗、精加工。粗加工用  $\phi 6\text{mm}$  的键槽铣刀, 当它沿轮廓一周时, 留侧面 1mm 的余量; 精加工用同一刀具, 切削到轮廓尺寸。

③ 设型腔粗、精加工用同一把直径为 6mm 的键槽铣刀, 刀具号是 T02。粗加工的半径补偿值 4mm 存在 D21 补偿地址, 相当于在侧面预留 1mm 余量; 精加工的半径补偿值 3mm 存在 D22。粗、精加工可用同一刀具路线, 图 1-1 所示的圆弧引入和切出的路线, 其半径补偿值不同。

④ 型腔深 5mm, 设键槽铣刀粗加工时最大切削深度为 2mm, 粗加工分两层切削时, Z 向留 1mm 的精加工余量。

把加工工艺总结成工艺卡片, 如表 1-1 所示。

表 1-1 数控铣削加工实例工艺卡片

零件号	0001	零件	均布型腔示例零件	材料	铝	
程序号	O1111	机床		制表	年 月 日	
顺序	加工内容	刀具号	刀具规格	进给速度 (mm/min)	主轴转速 (r/min)	长度半径补偿
1	铣平面	T1	φ125mm 端铣刀	200	500	H01
2	型腔粗加工	T2	φ6mm 键槽铣刀	100	1000	H02/D21
3	型腔精加工	T2	φ6mm 键槽铣刀	100	1200	H02/D22
备注	含有子程序号 O1112、O1113					

### 三、编写加工程序

根据零件的多个型腔结构圆周分布特点, 设 0° 位置为第 1 个型腔, 重点编写好第 1 个型腔程序, 其他型腔可用坐标系旋转指令功能简化编程。因此, 编程的主要工作是对某一个型腔粗、精加工编程。

用 Fanuc 系统数控程序指令编程如下。

```
O1111
平面粗铣
G21 G90 G54;
G28
N10 T01 M06
N20 S500 M03;
N30 G00 X75 .0Y-10.0
N40 G43 Z20.0 H01;
N50 G00 Z0;
N60 G01 X-75 F200;
N70 G00 Z20;
N80 G49 G28 Z20.0 M05 M09;
N90 M00;
型腔铣削
G21 G17 G40 G80 G69;
T02 M06;
G90 G54 G00 X25.0 Y0.0 S1500 M03;
G43 Z20.0 H02 M08;
G01 Z0 F300;
M98 P1112 L7;
G69;
G90 G00 Z20.0 M09;
G49 G28 M05;
M30;
O1112
G90 G01 Z-2 F50;
M98 P1113 D21 F100;
```

```
主程序
公制、绝对值、零件坐标系
回参考点换刀
刀库选 T01, 装 T01 到主轴
主运动
X、Y 向起始位置
设置 Z 向安全高度; 冷却
到零件上表面的 Z0 高度位置
面铣削
Z 轴方向退刀
回参考点, 冷却液关
程序停止

公制单位; 坐标旋转无效等
刀库选 T02, 机械手安装 T02 到主轴上
轮廓铣削的第 1 个型腔中心的 XY 起始位置
长度补偿; 设置 Z 向安全高度; 冷却
进给到零件上表面 Z0 位置
对 7 个型腔进行粗加工和精加工
坐标旋转有效则取消
Z 轴方向退刀; 冷却液关
回参考点
程序结束
型腔铣削子程序
Z 向进给到 Z-2 深度
型腔轮廓粗加工
```

G90 G01 Z-4 F50;	Z向进给到 Z-4 深度
M98 P1113 D21 F100;	型腔轮廓粗加工
G90 G01 Z-5 F50;	Z 向进给到最终绝对深度 Z-5
M98 P1113 D22 F80;	调用 1113 精加工型腔轮廓到最终深度
G90 G00 Z20.0;	返回绝对模式及 Z 轴安全位置
G91 G68 X0 Y0 R51.429;	按型腔角度增量旋转坐标系
G90 X25.0 Y0.0;	运动到旋转后下一型腔的起始位置
G01 Z0 F200;	进给到零件上表面 Z0 位置
M99;	子程序 1112 结束
O1113	第 1 个型腔的刀具路径
G01 G41 X-5.0 Y-1.0;	直线运动, 建立半径补偿
G03 X5 Y-5 R5;	圆弧导入运动
G01 X5;	切削轮廓右侧的底部侧壁
G03 X4.0 Y4.0 R4.0;	切削轮廓右下角的圆角
G01 Y4.0;	切削轮廓右侧侧壁
G03 X-4.0 Y4.0 R4.0;	切削轮廓右上角的圆角
G01 X-10.0 ;	切削轮廓上边的侧壁
G03 X-4.0 Y-4.0 R4.0;	切削轮廓左上角的圆角
G01 Y-4.0;	切削轮廓左侧侧壁
G03 X4.0 Y-4.0 R4.0;	切削轮廓左下角的圆角
G01 X5	切削轮廓左侧的底部侧壁
G03 X5.0 Y5.0 R5.0	圆弧导出运动
G40 G01 X-5.0Y1.0	直线运动, 取消半径补偿
M99;	O1113 子程序结束

#### 四、加工准备

- ① 详阅零件图, 检查坯料尺寸。
- ② 开机回机床参考点, 使机床对其后的操作有一个基准位置。
- ③ 用平口钳装夹零件, 露出加工的部位, 避免刀头可能碰到夹具; 拉表校检零件基准面的水平误差和垂直度误差, 并确保夹紧好后的定位精度。

④ 确定零件零点, 设定零点偏置。用光电式或机械式碰数头测量零件的零点偏置值, 填写 G54~G59 零点偏置表, 认真检查零点偏置数据的正确性。

⑤ 根据工序卡准备刀具, 装刀并进行长度补偿的设置, 检查长度补偿数据的正确性。

⑥ 输入程序程序。

⑦ 图形模拟加工检测程序。

#### 五、零件加工过程示例

① 执行每一个程序前检查其所用的刀具, 检查切削参数是否合适。

② 启动加工程序。开始加工时宜把进给速度调到最小, 密切观察加工状态, 有异常现象及时停机检查。

③ 在加工过程中不断优化加工参数, 以达到最佳的加工效果。粗加工后检查零件是否有松动, 检查位置、形状尺寸。

④ 精加工后检查位置、形状尺寸, 调整加工参数, 直到零件与图纸及工艺要求相符。

⑤ 零件拆下后及时清洁机床工作台。

## 课题小结

本课题的主要学习内容如下。

① 数控机床是一种高质、高效、自动化,适合形状复杂零件切削加工工具。

② 数控机床的加工大致可分为两个阶段,一是加工工艺设计和加工程序的填写,二计算机按加工程序自动控制加工。

③ 数控机床与普通机床在基本的金属切削原理上相同,与普通机床工艺可行性能相似,与同类的普通机床在机械结构上也相似。它是在普通机床的基础上发展起来的机床,它在一定程度上沿袭了普通机床加工的工艺分析和加工方法。

对数控机床与普通机床的相似性认识,对我们理解数控机床和学好数控机床的技术应用将会有很大的帮助。

## 知识拓展

采用数控技术进行机械加工的思想,最早在 20 世纪 40 年代初提出。1952 年美国 PARSONS 公司与麻省理工学院(MIT)合作研制了第一台三坐标数控铣床,它采用专用计算机对机床加工过程进行运算与控制,完成了直升飞机叶片轮廓检查用样板的加工。经过 3 年的试用、改进与提高,数控机床于 1955 年进入到实用化阶段,在复杂的曲面和轮廓加工中发挥了重要作用。

从第一台数控机床问世到现在,数控技术的发展非常迅速,几乎所有品种的机床都实现了数控化,数控机床的应用领域也从航空工业部门逐步扩大到汽车、造船、机床、建筑等民用机械制造行业,机械制造业的发展进入了一个新的阶段——数控机床制造阶段。

# 课题 2 认识数控铣床和加工中心,了解安全操作常识

本课题的学习目标是熟悉数控铣/加工中心的基本组成,了解基本结构特点、主要类型、主要规格,熟悉机床安全操作常识。

## 基础知识

### 一、数控铣/加工中心的基本组成

数控机床之所以能自动控制加工运动并具备优良的性能,与其各组成部分有组织的协调动作是分不开的。

数控机床是在普通机床的基础上发展起来的机床,与同类的普通机床在机械结构上有相似性,具有主运动装置,进给运动的装置,辅助运动装置;数控机床又是由计算机自动控制的机床,相对普通机床,数控机床多了数字控制部分和伺服执行部分。

如图 1-3 所示,数控机床一般由数控系统、伺服系统、辅助装置、强电控制柜和机床本体的机械执行部件组成。

#### 1. 数控系统

数控系统是机床实现自动加工的核心,它主要由程序输入装置、显示器、计算机数控装置、



可编程控制器、各类输入/输出接口等组成。

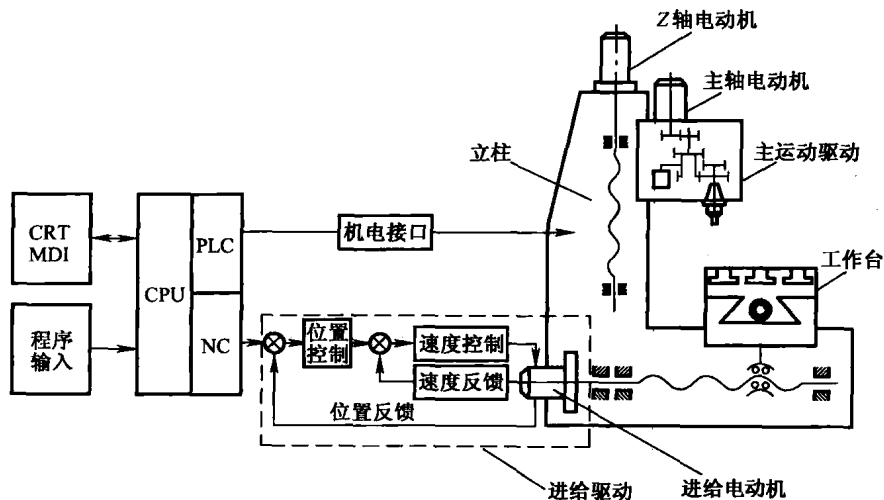


图 1-3 数控机床的组成

### (1) 程序输入装置及人机交互设备

要将编写好的数控加工程序输入到数控装置的方法很多，常见的有通过使用 MDI 键盘输入；或在个人计算机上编辑好程序后输入到数控装置；或把加工程序以数字代码的形式记录在控制介质上，再通过某些输入设备输入到计算机。记录加工程序的介质包括移动硬盘、磁盘、磁带、穿孔纸带等。

数控机床正式加工前需要对输入的加工程序进行编辑、修改和调试；加工运行时，操作人员需要对数控系统加工状态监控观察，他可以干预机床加工输入操作指令。在数控机床上，这些实现人机联系的功能设备统称为人机交互设备。

如同计算机一样，键盘和显示器是数控系统不可缺少的人机交互设备。

### (2) 计算机数控装置

计算机数控装置（CNC）是整个数控系统的核心部分，它控制接收输入信息，并对接收到的数据进行编译、运算和逻辑处理后，输出各种信息指令控制主运动、进给运动和辅助运动设备按规定进行精确有序的加工动作。

### (3) 可编程控制器

可编程控制器（PLC）接收计算机送来的辅助控制指令，经可编程控制器处理，通过辅助接口电路转换成强电信号，用来控制数控机床辅助动作。可编程控制器与数控装置共同完成对数控机床的控制。

## 2. 伺服系统

伺服系统是数控系统和机床本体之间的电驱动联系环节。伺服系统主要有两种：一种是进给伺服系统，它控制机床各坐标轴的进给运动，以沿导轨的直线运动为主；另一种是主轴伺服系统，它控制主轴的旋转运动，提供切削动力。

### (1) 进给伺服系统

数控机床的进给伺服系统是指以数控机床移动部件（如工作台）的位置和速度作为控制量的自动控制系统，也就是位置随动系统。它的作用是接收来自数控装置中插补器或计算机插补软件生成的进给脉冲，经变换、放大将其转化为数控机床移动部件的位移，并保证动作的快速和准确。

机床一般有多个进给方向的运动控制，如前后、左右、上下方向的运动。各方向进给运动的