

高等职业教育
模具设计与制造专业教学资源库



高等职业教育专业教学资源库建设项目规划教材



模具零件 数控加工技术

主 编 滕宏春
副主编 朱桂林



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

高等职业教育
模具设计与制造专业教学资源库



高等职业教育专业教学资源库建设项目规划教材

模具零件 数控加工技术

Moju Lingjian Shukong Jiagong Jishu

主 编 滕宏春
副主编 朱桂林



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是针对模具制造技术对人才需求质量不断提高的要求,依据《模具设计与制造专业教学标准》,按照高等职业教育的教学要求编写的。全书共分八个项目,内容包括认识模具数控加工技术、螺纹芯轴数控车编程、挤压凸模数控车加工、凸台模数控铣编程、固定模座零件数控铣加工、深窄型腔数控电火花加工、齿轮落料凹模线切割加工、制动器防尘罩曲面凸模加工。组织企业高级技术人员、教育专家和骨干教师共同研讨来源于企业的项目,进行教学设计,以项目实施贯穿始终,支撑项目化教学模式改革。体例形式按一级和二级能力目标分章和节。一级为项目,对应工作岗位的实际任务,每个项目的知识目标、能力目标清晰,项目要求明确,便于实施项目化教学。二级为任务,对应基本知识、基本技能目标,解决的是职业迁移能力的基本素质要求,知识学习中嵌入大量的案例,图文并茂、通俗易懂。以一级目标为模块,按照二级目标进行教学实施,并进行知识、能力的测评,配备完整的教学资源和测试系统,并开发出网上考试系统,以实现知识学习、技能训练和评价的统一性、可持续性。

本书可以作为高职院校模具设计与制造专业、数控技术专业、机电一体化专业和机械制造与自动化专业的教材,也可作为大专、职大、电大师生及工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

模具零件数控加工技术/滕宏春主编. —北京:高等教育出版社, 2013. 8

ISBN 978-7-04-037703-3

I. ①模… II. ①滕… III. ①模具-数控机床-加工-高等职业教育-教材 IV. ①TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 133133 号

策划编辑 查成东
插图绘制 尹 莉

责任编辑 查成东
责任校对 孟 玲

封面设计 于 涛
责任印制 韩 刚

版式设计 范晓红

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 河北新华第一印刷有限责任公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 20.5
字 数 480 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2013 年 8 月第 1 版
印 次 2013 年 8 月第 1 次印刷
定 价 35.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 37703-00

高等职业教育模具设计与制造专业教学资源库建设项目 规划教材编写委员会

顾问：中国航天科技集团公司总工程师 杨海成 教授

主任委员：成都航空职业技术学院 刘建超 教授

委员：

成都航空职业技术学院	李学锋	教授
成都工业学院	成虹	教授
南京工业职业技术学院	滕宏春	教授
河南机电高等专科学校	杨占尧	教授
浙江机电职业技术学院	范建蓓	教授
承德石油高等专科学校	王冰	副教授
深圳职业技术学院	王红英	教授
成都航空职业技术学院	王晓霞	教授
辽宁交通高等专科学校	高显宏	教授
无锡职业技术学院	曹秀中	副教授
成都航空职业技术学院	袁忠	副教授
宁波职业技术学院	柯春松	讲师
苏州工业园区职业技术学院	江育波	工程师
成都航空职业技术学院	高新红	副教授
武汉职业技术学院	艾小玲	副教授
金华职业技术学院	王志明	讲师
重庆工业职业技术学院	赵平	高级工程师
深圳职业技术学院	周建安	副教授



序

为贯彻落实《国家中长期教育改革和规划纲要(2010—2020年)》，深化高职教育教学改革，加强专业与课程建设，推动优质教学资源共建共享，提高人才培养质量，在国家示范性高等职业院校建设计划的基础上，教育部于2010年5月启动高等职业教育专业教学资源库建设项目(教高司函[2010]129号)，旨在运用信息技术手段，采取校企合作模式，整合社会资源，在集成全国优质课程建设成果的基础上，采用整体顶层设计、先进技术支持、开放式管理、网络运行的方式进行建设专业教学资源库，带动全国高职院校专业教学模式和教学方法改革，整体提升高等职业教育人才培养质量和社会服务能力。

成都航空职业技术学院牵头联合以国家示范性高职院校为主的22所优质高职高专院校和以+GF+阿奇夏米尔集团(瑞士)等为代表的14家模具行业产业链上最具代表性的优质企业，竞标成功国家高等职业教育模具设计与制造专业教学资源库建设项目，并成为首批高等职业教育专业教学资源库建设项目(教高函[2010]9号)。项目聘请中国航天科技集团公司总工程师杨海成教授担任首席顾问，建设团队由4名国家教学名师领衔，通过三年多的建设，建成了一个集多样性、完整性于一体，满足不同受众学习需要的模具设计与制造专业教学资源库(http://www.cchve.com.cn/hep/portal/schoolld_6)，资源库主要由三大资源中心组成：(1)课程教学资源中心：集成了模具设计与制造专业公共基础课、专业技术课及专业拓展课等19门范例课程的优质教学资源，为模具设计与制造专业提供了一个整体的课程教学解决方案；(2)职业培训资源中心：集成了与模具设计与制造专业关联度最大的模具设计师、模具制造工、工具钳工三个国家职业工种的应知应会培训资源；(3)企业资源中心：集成了模具产业链上模具设计与制造软件企业、模具加工设备制造企业和模具生产企业三类高端企业资源，涉及模具三维数字化设计技术、模具协同设计技术、模具高速加工技术、模具精密电加工技术、模具零件加工快速装夹技术、模具加工自动化技术等的应用。本项目已于2013年1月通过国家验收(教职成司函[2013]17号)。

为推广应用模具设计与制造专业教学资源库建设成果，扩大建设成果辐射效应，更好服务全国高职模具设计与制造专业教育教学及模具同行的学习培训，必须多形式物化模具设计与制造专业教学资源库建设成果。在高等教育出版社的大力支持和配合下，基于模具设计与制造专业教学资源库建设成果和部分普通高等教育“十一五”国家级规划教材成果，我们策划成套出版高职模具设计与制造专业系列教材和相关模具职业培训教材，并申报成为职业教育“十二五”国家级规划教材。希望这套教材的出版能为全国高职模具设计与制造专业提供一套完整的、理念和技术先进的、可学习借鉴的课程教学解决方案和资源。

教材是体现教学内容和教学方法的知识载体,进行教学的具体工具,也是深化教育教学改革、全面推进素质教育、培养创新人才的重要保证。为保证教材的高品质,教材编委会确定了以下编写原则:

1. 国家精品。本系列教材为国家高等职业教育专业教学资源库建设项目规划教材,采用最新课程体系,与资源库内容对接,形成教材、资源库互为补充。

2. 系统严谨。打破传统学科教学体系,全套书为一个系统的整体,各门课程学习领域之间知识点的衔接与配合考虑周全。

3. 经典普适。考虑到平台为全国高职院校相关专业教学服务,课程体系有普适性、经典性,课程实施简单易行。

4. 先进推新。采用最新国家规范、标准,体现新技术、新材料、新工艺、新设备。

5. 工学结合。体现校企合作,企业人员参与教材编写,深度参与教学环节,使人才培养目标更加准确有效。

6. 博采众长。广泛吸收国内外教学改革的经验及优秀教材之精华。

教材中与资源库的素材有关联的地方用特殊设计表达出来,便于学习者有针对性地上网检索。学习者能够针对该知识点方便地浏览相关图片、视频、动画和文档,增加学习的趣味性和学习效果。我们设计了不同形式的标识(表示文本资源,表示图片资源,表示动画资源,表示视频资源)用于关联。学习者可登录高等职业教育教学资源中心网站(www.cchve.com.cn),自行注册,浏览课程大纲、教学设计等相关课程资源,也可登录高等职业教育学习资源网(hve.hep.com.cn),自行注册,然后用书后的防伪码进行充值,即可浏览、获取书中的教材辅助资源等。

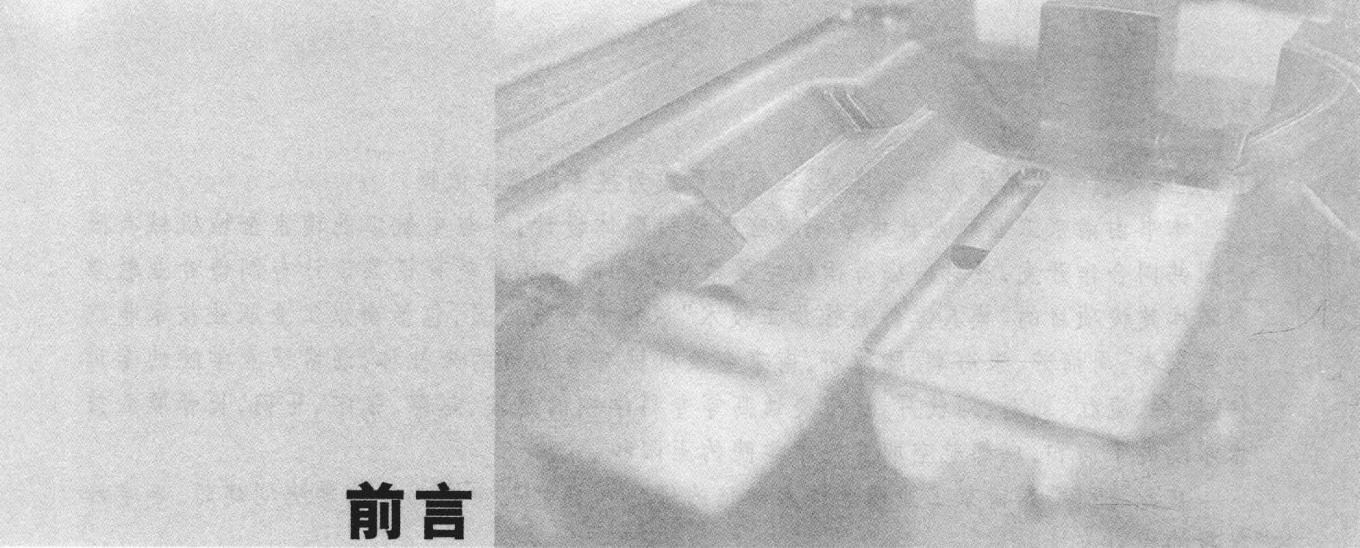
本套教材自成体系,搭建了完整的内容框架,脱离资源库也可以正常使用。本套教材凝聚了资源库所有参与建设的广大教师和许多企业专家的心血,体现了现代高职教育的内涵,是模具设计与制造专业教学资源库建设的重要成果,必将对推进我国模具类高等职业教育的发展与改革产生深远影响。

欢迎全国高职院校和企业培训机构同行使用,教材建设是一个不断吐故纳新的过程,衷心希望学习者反馈教材使用信息,提出宝贵意见,为本套教材的长期建设、持续改进提供支持。

衷心祝愿我国的高职教育事业欣欣向荣,蒸蒸日上。

高等职业教育模具设计与制造专业教学资源库建设项目主持人 刘建超

2013年8月



前言

现代模具制造技术改变了传统的模具制造流程,基于模具 CAD/CAE/CAM/PDM 一体化,并以数控加工技术为基础,尤其是在经济转型期,数控加工技术水平整体的提高关乎制造行业转型的成败。高职教育肩负着培养掌握模具零件数控加工工艺编制能力,手工编程和计算机辅助编程能力,数控车床、数控铣床、多轴加工中心操作技能的高端技能型人才的历史使命。根据国家《模具设计与制造专业教学标准》对人才培养的要求,结合专业教学标准中“模具零件数控加工与编程”、“数控机床操作实训”、“模具电加工实训”课程和实训资源的需要,通过模具典型零件项目的引领,贯穿数控加工工艺、程序编制、机床操作和零件加工整个工作过程,实现“学做合一”教学模式改革,并在已经建立的高等职业教育模具设计与制造专业教学资源库的支撑下,编写《模具零件数控加工技术》教材,构成完整的立体化学习资源。

现有的数控加工教材,普遍适合数控技术专业配套使用,是按照数控加工装备的类型、功能,通过细化不同结构和复杂程度按工种编写的。随着模具制造技术的发展,对数控技术的要求也越来越高,模具零件制造工艺流程与模具结构和装配流程有密切联系,模具零件对数控加工技术的要求也具有特殊性。既保证数控加工技术学习又兼顾以模具典型零件为载体的工艺设计的学习是本书特色之一。

“模具零件数控加工技术”是模具设计与制造专业重要的主干核心课程,从课程名称就反映出两个鲜明的特征。一是数控加工技术特征,表现在包含数控车、数控铣、电火花线切割、电火花、多轴曲面加工等现代制造技术手段和方法;二是模具制造技术特征,表现在包含冲模、塑料模、压铸模、挤压模、覆盖件模具等各类模具中复杂形状的零件及其特殊的制造工艺要求。

“模具零件数控加工技术”课程要实现培养目标的两种特征,一是要以数控加工技术基础,以结构要素为重点序化知识点、技能点,形成典型的教学任务,培养学生掌握先进模具制造领域中相关职业岗位的基本知识和基本技能;二是按照模具的类型和复杂程度不同,从模具制造企业岗位综合能力培养的角度,序化来源于模具企业、衔接教学与企业生产的教学项目。

本书是基于项目化的教材。一级目录是实现教学目标的主线,每个教学项目都对应着岗位能力的核心指标,项目载体是来源于企业的真实产品,经过一定的教学设计改造,包含着更加丰富的教学内涵;围绕教学项目所涉及的知识 and 能力目标,分解成教学任务作为二级目录,二级目录承载着基本能力和素质的培养;围绕教学任务所涉及的知识点和技能点目

标,分解成教学单元作为三级目录,三级目录成为授课的基本依据。

本书由南京工业职业技术学院滕宏春教授整体设计,并与中航工业南京金城机械有限公司共同合作开发,教材的编写团队主要依托参加高等职业教育模具设计与制造专业教学资源库建设项目的“模具零件数控加工技术”课程的开发人员,包括南京工业职业技术学院的滕宏春、周梅芳、宋海潮、滕冰妍,南京金城机械有限公司的朱桂林,淄博职业学院的李世伟、沈梅、庞红、刘莉、刘秋月,辽宁交通高等专科学校的赵波、赵萍、张宇、马钢,长春职业技术学院的于向和,成都航空职业技术学院的王阳和。

在此特别感谢南京工业职业技术学院的领导和成都航空职业技术学院刘建超、李学峰教授的大力支持。

编者

2013年8月



目录

项目一 认识模具数控加工技术	1
【知识目标】	1
【能力目标】	1
【项目导入】	1
任务 1-1 认识模具加工中使用的数控机床	2
一、数控机床工作原理、组成、应用	2
(一) 数控机床的组成	2
(二) 数控机床应用	6
二、数控加工技术现状和发展趋势	10
(一) 数控技术现状	10
(二) 数控加工技术的发展趋势	11
任务 1-2 认识模具制造技术	12
一、模具制造技术现状	12
二、模具技术的发展趋势	16
任务 1-3 课程特点与课程内容	18
一、课程特点	18
二、教学内容	18
三、课程学习要求	18
【知识和能力测试】	20
项目二 螺纹芯轴数控车编程	23
【知识目标】	23
【能力目标】	23
【项目导入】	23
任务 2-1 台阶短光轴数控车编程	24
一、数控机床坐标系	24
二、程序结构与常用功能指令	26
三、基本功能指令编程	30
四、任务单编制及仿真加工	36
任务 2-2 螺纹轴数控车编程	38

一、建立工件坐标系·····	38
二、螺纹指令编程·····	39
三、任务单编制及仿真加工·····	43
任务2-3 精密轴数控车编程·····	45
一、循环指令·····	45
二、刀尖圆弧半径补偿·····	50
三、任务单编制及仿真加工·····	52
任务2-4 反射镜椭圆面数控车编程·····	53
一、宏程序编程基础·····	54
二、宏程序应用·····	55
三、任务单编制及仿真加工·····	59
任务2-5 成形型芯数控车编程·····	59
一、加工工艺的制定·····	60
二、程序编制及仿真加工·····	61
【项目实施】·····	64
一、加工工艺的制定·····	64
二、程序编制及仿真加工·····	65
【知识和能力测试】·····	68
项目三 挤压凸模数控车加工·····	73
【知识目标】·····	73
【能力目标】·····	73
【项目导入】·····	73
任务3-1 工艺方案制定·····	74
一、数控车加工方案的确定·····	74
二、数控车加工路线的确定·····	75
任务3-2 刀具和切削用量选择·····	79
一、数控车刀具选择·····	79
二、切削用量的选择·····	81
任务3-3 数控车床加工·····	85
一、数控车床结构·····	85
二、数控车床操作面板及参数·····	86
三、数控车床参数·····	88
【项目实施】·····	88
【知识和能力测试】·····	89
项目四 凸台模数控铣编程·····	93
【知识目标】·····	93
【能力目标】·····	93
【项目导入】·····	93
任务4-1 轮廓板数控铣编程·····	94

一、机床参考系指令·····	94
二、坐标轴运动指令·····	97
三、主轴运动和进给速度功能代码·····	101
四、任务单编制及仿真加工·····	101
任务4-2 底板座数控铣编程·····	103
一、固定循环组成·····	103
二、钻孔循环指令·····	105
三、攻螺纹循环指令·····	110
四、镗孔循环指令·····	111
五、任务单编制及仿真加工·····	115
任务4-3 成形模板数控铣编程·····	116
一、功能指令代码·····	116
二、刀具指令·····	121
三、任务单编制及仿真加工·····	126
任务4-4 椭圆旋钮型腔模数控编程·····	128
一、子程序调用·····	128
二、图形变换指令·····	130
三、宏程序·····	132
四、任务单编制及仿真加工·····	136
【项目实施】·····	138
一、工艺方案设计·····	138
二、程序编制·····	141
【知识和能力测试】·····	147
项目五 固定模座零件数控铣加工·····	153
【知识目标】·····	153
【能力目标】·····	153
【项目导入】·····	153
任务5-1 工艺路线拟定·····	154
一、对刀点的选择·····	154
二、确定走刀路线·····	155
任务5-2 工艺方案确定·····	159
一、工艺规程编制·····	159
二、数控铣削用量选择·····	161
三、数控铣床刀具选择·····	171
【项目实施】·····	194
一、FANUC 0i-MB 系统数控铣床操作·····	194
二、程序编制·····	200
【知识和能力测试】·····	208
项目六 深窄型腔模数控电火花加工·····	213
【知识目标】·····	213

【能力目标】	213
【项目导入】	213
任务 6-1 方孔落料凹模电火花加工	214
一、电火花成形原理	214
二、电火花加工工艺	218
三、电极设计	221
四、电规准选择与转换	224
五、任务单编制及加工	225
任务 6-2 锁片型腔模电火花加工	226
一、电火花加工工艺方法	226
二、电火花机床操作	227
三、电极的装夹和调整	232
四、任务单编制及加工	233
【项目实施】	235
一、预制半成品	235
二、电极设计	235
三、电规准确定	235
【知识和能力测试】	236
项目七 齿轮落料凹模线切割加工	241
【知识目标】	241
【能力目标】	241
【项目导入】	241
任务 7-1 拉环凸模线切割 3B 程序编写	242
一、线切割编程	242
二、任务单编制及仿真加工	252
任务 7-2 垫片凸模线切割加工	253
一、线切割机床操作	254
二、线切割机床操作	258
三、任务单编制及仿真加工	260
任务 7-3 量板凹模线切割加工 ISO 代码程序编制	262
一、ISO 代码程序编制	262
二、线切割加工前准备	266
三、任务单编制及仿真加工	271
任务 7-4 锥台零件线切割	272
一、电火花加工常见故障及排除知识	272
二、主要工艺指标	272
三、电参数对工艺指标的影响	273
四、非电参数对工艺指标的影响	274
五、电火花线切割加工工艺准备	277
六、任务单编制及仿真加工	280

【项目实施】.....	281
一、工艺设计	281
二、程序编制(一个齿程序)	281
【知识和能力测试】	282
项目八 制动器防尘罩曲面凸模加工	285
【知识目标】.....	285
【能力目标】.....	285
【项目导入】.....	285
【项目实施】.....	285
一、加工中心类型、结构、应用	285
二、自动换刀系统	288
三、曲面凸模数控加工	292
【知识和能力测试】	305
参考文献	311

项目一 认识模具数控加工技术

【知识目标】

了解数控机床的工作原理、组成、功能和应用范围；
了解数控加工技术的现状、特点及其发展趋势；
了解模具零件数控加工技术的现状、特点及其发展趋势。

【能力目标】

具有说明零件技术分析、工序及装备的能力。

【项目导入】

典型后壳注塑模具如图 1-1 所示,其中斜滑块零件如图 1-2 所示,材料 45 钢,热处理 38 ~ 42HRC,零件技术要求比较高,数控加工制造难度较大。以此为例,了解模具零件的制造工艺和模具数控加工装备,能完成该零件的技术分析、工序及装备的说明。

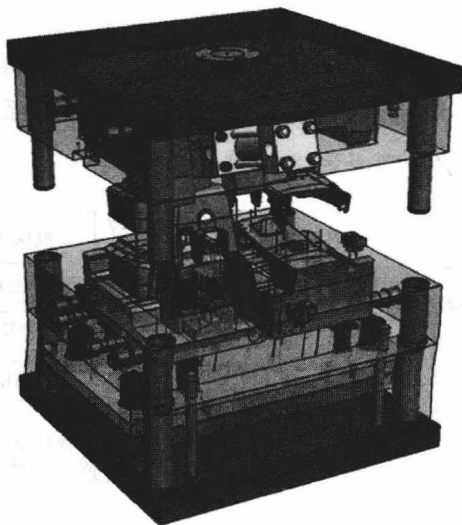


图 1-1 后壳注塑模

【 后壳注塑模具结构的三维爆炸图】

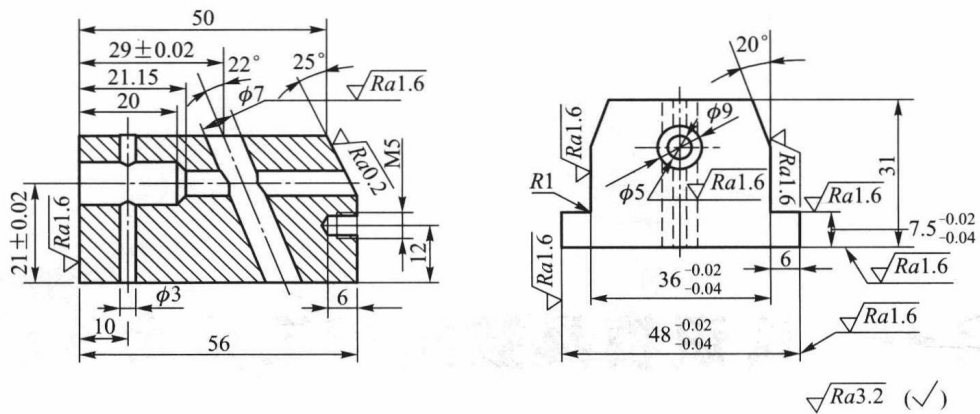


图 1-2 斜滑块

【斜滑块的三维图】

任务 1-1 认识模具加工中使用的数控机床

一、数控机床工作原理、组成、应用

数控机床是数字控制机床(Numerical Control Machine Tool)的简称,它采用数字化信号对数控设备进行控制,使其产生各种规定的运动和动作。利用数控技术可以把生产过程用某种语言编写的程序来描述,将程序以数字形式送入计算机或专用数字计算装置进行处理、输出,并控制机床主运动的变速、起停,进给运动的方向、速度和位移大小,以及其他诸如刀具选择交换、工件夹紧松开和冷却润滑的起停等动作,使刀具和工件及其他辅助装置严格地按照数控加工程序规定的顺序、路径和参数进行工作,从而加工出形状、尺寸与精度符合要求的零件。

(一) 数控机床的组成【数控机床的工作原理】

数控机床一般由机床本体、输入装置、数控装置伺服驱动系统、检测反馈装置、辅助控制装置等部分组成,如图 1-3 所示。

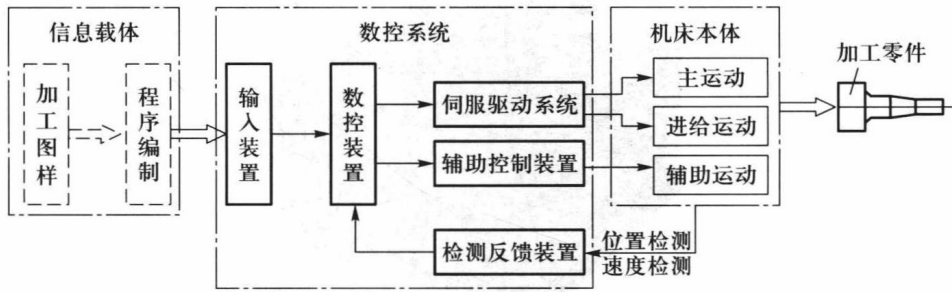


图 1-3 数控机床的基本组成

1. 机床本体【国内外典型的加工中心图片】

机床本体是数控机床的主体,是用于完成各种切削加工的机械部分,包括床身、立柱、主轴、进给机构等机械部件。机床本体是被控对象,其运动的位移和速度以及各种开关量是被

控制的。如图 1-4 所示是一台铣削加工中心。

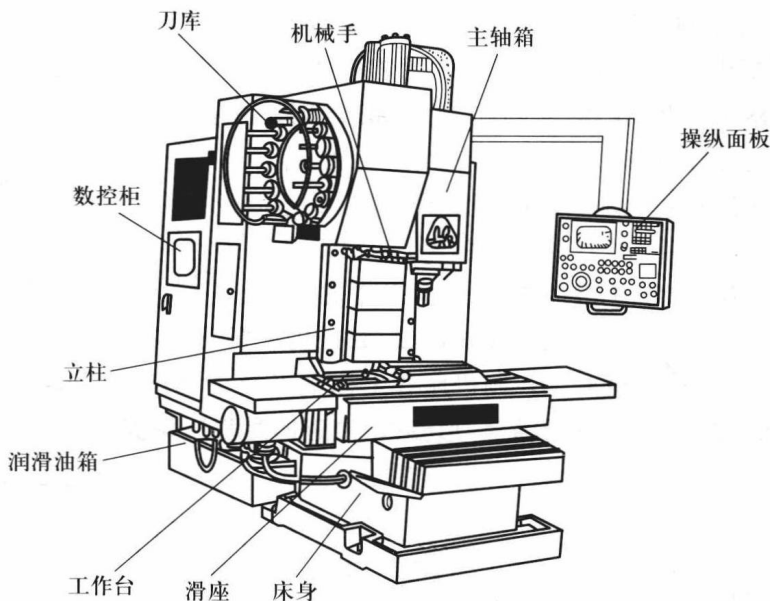


图 1-4 铣削加工中心

数控机床由于切削用量大、连续加工发热量大等因素对加工精度有一定影响,加之在加工中自动控制,不能像在普通机床上那样由人工进行调整、补偿,所以其设计要求比普通机床更严格,制造要求更精密,在机床结构上采用了加强刚性、减小热变性、提高精度等方面的措施。

2. 数控(CNC)装置

数控系统的核心是 CNC 装置,由硬件和软件两大部分组成,软件在硬件支持下运行,离开软件,硬件将无法工作。

1) 硬件及作用【● CNC 硬件的工作原理】

硬件一般由中央处理单元(CPU)、存储器、I/O 接口、MDI/CRT 接口、位置控制、可编程控制器(PLC)接口、位置控制、电源模块组成,硬件组成如图 1-5 所示。

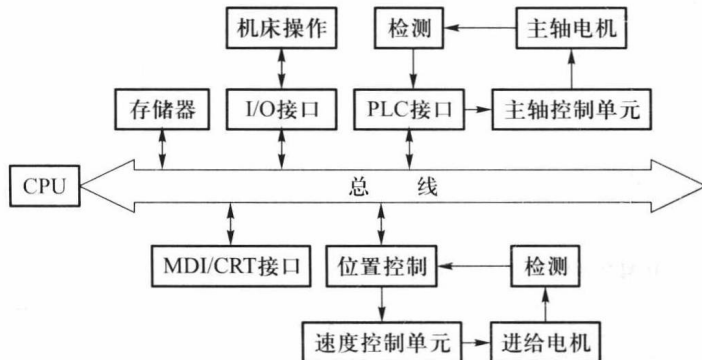


图 1-5 CNC 装置硬件组成

2) 系统软件及作用【● CNC 工作过程演示】

为实现 CNC 系统各项功能而编制的专用软件,称为系统软件。在系统软件的控制下,

CNC 装置对输入的加工程序自动进行处理并发出相应的控制指令及进给控制信号。系统软件由管理软件和控制软件组成,如图 1-6 所示。管理软件承担零件加工程序的输入/输出、I/O 处理、系统的显示和故障诊断。控制软件则承担译码处理、刀具补偿、速度处理、插补运算、位置控制等工作,其工作过程如图 1-7 所示。

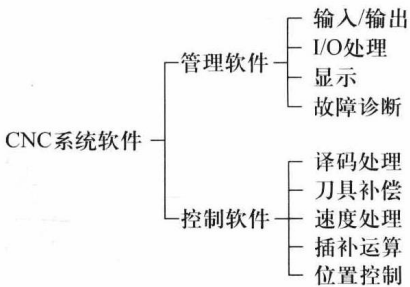


图 1-6 CNC 装置系统软件组成

插补处理是 CNC 系统中最重要、最复杂的计算工作之一。零件的外形轮廓通常由直线、圆弧或曲线构成,数控机床要通过数控加工程序以最小的允许误差精确加工出零件轮廓,就必须控制机床各坐标轴以最小量化单位的合成运动去逼近零件轮廓,数控系统按照一定的方法确定刀具运动轨迹的过程叫做插补,能完成插补功能的模块或装置称为插补器。

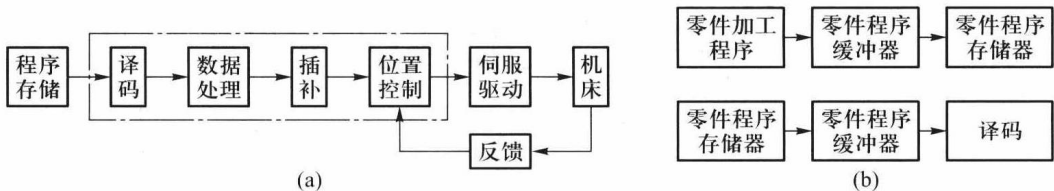


图 1-7 CNC 工作过程

CNC 装置每输出一个脉冲,机床执行部件的最小位移量称为脉冲当量。插补就是根据零件加工程序中有关几何形状、轮廓尺寸的原始数据及其指令,通过相应的插补运算,计算出轮廓起点与终点之间各中间点的坐标值,通过驱动控制装置向机床各个坐标轴进行脉冲分配,控制伺服电机驱动刀具相对于工件的运动轨迹,以一定的精度要求逼近工件的外形轮廓尺寸。图 1-8 所示为直线和圆弧的插补过程。【● 插补原理演示】

对于平面曲线的运动轨迹需要二个坐标轴联动,对于空间曲线或立体曲面则要求三个或三个以上坐标轴联动,才能形成其轨迹。

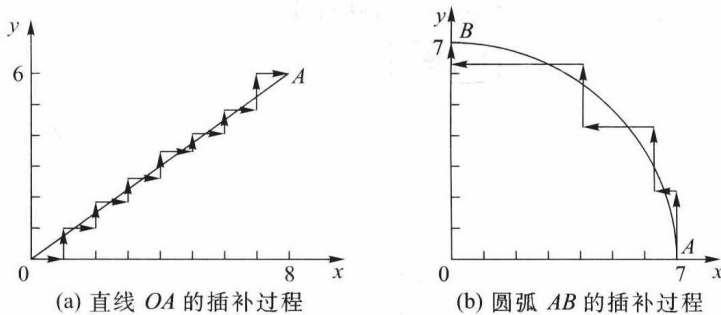


图 1-8 直线和圆弧的插补过程

CNC 系统在插补计算过程中不断地向各个坐标轴发出互相协调的进给脉冲,驱动各坐标轴进给电机的运动。其特点是每插补运算一次,最多给每一轴进给一个脉冲,产生一个基本长度单位的移动量,即脉冲当量。输出脉冲的最大速度取决于执行一次插补运算所需的时间。