

机械制造装备设计

东北大学 王启义 主 编
王仁德 副主编

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2002

内 容 提 要

本书介绍机械制造装备设计的基础理论、基本知识和基本方法,内容包括总论、金属切削机床设计、机床夹具设计、工业机器人设计、物料储运装备设计、机械加工生产线总体设计,各章附有复习题与作业题。本书以机械制造装备设计方法为主线,以总体设计、运动设计和结构设计为重点,注意学生分析问题和解决问题能力的培养。本书采用科技新成果和新标准,理论联系实际,注意分析规律,突出重点,总结要点,增强系统性,便于教学和自学,并能指导设计工作。

本书可作为高等院校“机械制造及其自动化”专业方向的教学用书,也可供从事机械制造装备设计与研究工作的工程技术人员和研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造装备设计/王启义主编. —北京:冶金工业出版社,2002.4

ISBN 7-5024-2951-4

I. 机… II. 王… III. 机械制造-工艺装备-设计 IV. TH162

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 004813 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 宋 良 美术编辑 王耀忠 责任校对 王贺兰 责任印制 李玉山

利森达印务有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2002 年 4 月第 1 版,2002 年 4 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;20.25 印张;487 千字;313 页;1-3000 册

35.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

本书是根据1998年“机械设计制造及其自动化”专业教学指导委员会推荐的指导性教学计划组织编写的,是“机械制造及其自动化”专业方向的一门主要设计类专业教材。根据《高等教育法》要求,通过本课程教学,应使学生比较系统地掌握机械制造装备设计的基础理论、基本知识和基本方法,具有从事机械制造装备设计工作的初步能力。本课程一般要在相关技术基础课、实践性教学、机械设计基本训练及计算机应用初步技能等前导教学环节的基础上讲授。

本书内容共6章,包括总论、金属切削机床设计、机床夹具设计、工业机器人设计、物料储运装备设计及机械加工生产线总体设计,各章附有复习题与习题。本书以机械制造装备设计方法为主线,以总体设计、运动设计和结构设计为重点,注意学生分析问题和解决问题能力的培养。

新世纪的到来标志着即将进入知识经济时代,知识创新、技术创新成果不断涌现,教材应给出更新的知识 and 较大的信息量,使学生掌握新知识并增强工作能力。

本课程是一门新设的专业课。编者按课程目的要求重新组织编写,突出教材特点,体现教材内容的基础性、系统性、条理性和启发性;未对各种结构一一介绍,仅重点介绍设计思路、原理和方法,避免偏专、偏窄、偏乱的弊端;采用科技新成果和新标准,力争做到理论联系实际,注意分析规律,突出重点,总结要点,增强系统性,便于教学和自学,并能指导设计工作。

东北大学王启义、王仁德任本书主编、副主编,负责全书的组织与统稿工作。王启义编写1.1、1.4.1~1.4.3、2.3.1~2.3.4、2.9,王仁德编写第1章其余内容、2.1、2.2、2.4,东北大学李华编写2.3.5~2.3.7、2.5,沈阳工业大学张新敏编写2.6、2.7,大连铁道学院赵永成编写2.8,沈阳建工学院穆存远编写第3章,东北大学蔡光启编写第4章,沈阳工业学院黄树涛和张志军编写第5、6章,华东冶金学院余晓流参加部分编写工作。

本书可供高等院校“机械制造及其自动化”专业方向的教学用书,也可供从事机械制造装备设计与研究工作的工程技术人员和研究生参考。

本书是新设课程教材,书中欠妥之处敬请读者批评指正。

编 者

目 录

1 总论	1	2.1 机床产品评价指标	35
1.1 机械制造业概述	1	2.1.1 机床工艺范围	35
1.1.1 制造业形势与发展	1	2.1.2 机床精度和精度保持性	35
1.1.2 加工制造技术发展趋势	5	2.1.3 机床生产率	36
1.2 机械制造装备类型	7	2.1.4 自动化程度	36
1.2.1 加工装备	7	2.1.5 机床性能	36
1.2.2 工艺装备	8	2.1.6 机床宜人性	38
1.2.3 储运装备	9	2.1.7 机床成本	38
1.2.4 辅助装备	10	2.2 机床初步设计	38
1.3 机械制造装备设计要求	10	2.2.1 机床工艺方案拟定	38
1.4 机械制造装备设计方法	13	2.2.2 机床运动方案拟定	39
1.4.1 机械制造装备产品		2.2.3 机床技术参数确定	40
设计类型	13	2.2.4 机床总体布局设计	46
1.4.2 机械制造装备新产品开发		2.2.5 并联机床设计创新	47
设计内容与步骤	13	2.3 机床主传动系统设计	48
1.4.3 机械制造装备新产品设计		2.3.1 主传动系统功用及设计	48
评审与文件	14	设计要求	48
1.4.4 系列化产品设计	16	2.3.2 主传动系统方案确定	49
1.4.5 模块化产品设计	17	2.3.3 主传动有级变速系统	52
1.4.6 现代设计方法特点	21	2.3.4 具有某些特点的主传动有级	
1.5 机械制造装备的造型、色彩与人机		变速系统	65
工程设计	22	2.3.5 主传动无级变速系统	69
1.5.1 产品造型与色彩设计	22	2.3.6 主传动系统计算转速	72
1.5.2 产品人机工程设计	24	2.3.7 主传动系统结构设计	75
1.6 机械制造装备设计评价方法	26	2.4 机床进给传动系统设计	78
1.6.1 评价目标与评分	26	2.4.1 进给传动系统类型及	
1.6.2 技术经济评价方法	28	设计要点	78
1.6.3 产品成本估算方法	29	2.4.2 进给传动系统传动精度	80
1.6.4 降低产品成本途径	32	2.4.3 数控机床伺服进给传动系	
复习题与习题	33	统类型	81
2 金属切削机床设计	35	2.4.4 进给伺服电动机选择	83
		2.4.5 滚珠丝杠副设计	84

2.4.6 伺服进给系统降速 传动设计	89	3.1 夹具概述	160
2.4.7 伺服进给系统性能分析	91	3.1.1 夹具分类	160
2.5 机床主轴组件设计	95	3.1.2 夹具组成	160
2.5.1 主轴组件基本要求	95	3.2 定位机构设计	162
2.5.2 主轴	96	3.2.1 六点定位原理	162
2.5.3 主轴传动件	97	3.2.2 平面定位元件设计	164
2.5.4 主轴滚动支承	99	3.2.3 圆柱孔表面定位元 件设计	166
2.5.5 主轴组件结构尺寸	110	3.2.4 圆锥孔表面定位元 件设计	168
2.5.6 主轴滑动轴承	113	3.2.5 外圆表面定位元件设计	169
2.5.7 主轴电磁轴承	115	3.2.6 定位误差分析	170
2.6 机床支承件设计	116	3.3 夹紧装置设计	175
2.6.1 支承件功用及其基本 设计要求	116	3.3.1 夹紧装置的组成及 设计要求	175
2.6.2 支承件刚度	116	3.3.2 夹紧力确定	175
2.6.3 支承件动态特性和热 变形特性	118	3.3.3 夹紧机构设计	178
2.6.4 支承件结构设计	119	3.3.4 夹紧动力装置设计	183
2.7 机床导轨设计	124	3.4 导向和对刀机构设计	185
2.7.1 导轨功用及其基本 要求	124	3.4.1 夹具在机床上的定位	185
2.7.2 普通滑动导轨	125	3.4.2 夹具与机床连接	185
2.7.3 爬行现象及其防止措施	129	3.4.3 元件定位面对夹具定位面 的位置要求	187
2.7.4 滚动导轨	131	3.4.4 夹具对刀装置	187
2.7.5 液体动压导轨和静 压导轨	132	3.4.5 孔加工刀具的导向装置	188
2.8 机床刀架装置设计	133	3.5 夹具分度	190
2.8.1 刀架装置的功能及其 基本要求	133	3.5.1 机械式分度装置	190
2.8.2 刀架装置类型	134	3.5.2 高精度机械式分度装置	191
2.8.3 刀架结构	136	3.5.3 光栅、电子分度装置	192
2.8.4 自动换刀装置	139	3.6 夹具设计步骤	193
2.8.5 自动选刀方式	142	3.6.1 设计准备工作	193
2.8.6 换刀机械手	145	3.6.2 夹具总体方案确定	193
2.9 机床控制系统设计	147	3.6.3 绘制夹具装配图	194
2.9.1 手动与机动控制系统	147	3.6.4 绘制零件图	194
2.9.2 自动控制系统	154	3.7 典型夹具设计	194
复习题与习题	156	3.7.1 车床及圆磨床夹具	194
3 机床夹具设计	160	3.7.2 钻床夹具	195
		3.7.3 镗床夹具	196
		3.7.4 铣床夹具	196

3.7.5 随行夹具·····	197	传递机构·····	229
3.8 可调夹具设计·····	199	4.4.3 工业机器人关节结构·····	231
3.8.1 可调夹具特点及其 基本要求·····	199	4.4.4 工业机器人平衡系统·····	232
3.8.2 可调夹具设计步骤·····	200	4.5 工业机器人控制系统设计·····	236
3.8.3 可调夹具结构设计·····	202	4.5.1 工业机器人控制功能 及其要求·····	236
复习题与习题 ·····	202	4.5.2 工业机器人运动 控制算法·····	237
4 工业机器人设计·····	205	4.5.3 工业机器人关节伺服 驱动控制·····	239
4.1 工业机器人设计概述·····	205	4.5.4 工业机器人计算机 控制系统·····	242
4.1.1 工业机器人基本概念·····	205	复习题与习题 ·····	244
4.1.2 工业机器人机械结 构类型·····	206	5 物料储运装备设计·····	245
4.1.3 工业机器人分类·····	209	5.1 物料储运装备概述·····	245
4.1.4 工业机器人特性·····	211	5.2 机床上料装置设计·····	246
4.1.5 工业机器人设计步骤·····	211	5.2.1 机床上料装置类型 及特点·····	246
4.2 工业机器人总体方案设计·····	213	5.2.2 料仓式上料装置·····	246
4.2.1 工业机器人运动方 案设计·····	213	5.2.3 料斗式上料装置·····	250
4.2.2 工业机器人主要 参数确定·····	213	5.2.4 工件姿势概率·····	253
4.2.3 工业机器人驱动 方式确定·····	214	5.2.5 装卸料机械手·····	256
4.2.4 工业机器人关节驱动 功率确定·····	216	5.3 物料运输装置设计·····	258
4.3 工业机器人机械系统设计·····	216	5.3.1 输料槽和输料道·····	258
4.3.1 工业机器人位姿描述·····	216	5.3.2 输送机·····	261
4.3.2 工业机器人运动学的正问 题和逆问题·····	219	5.3.3 步伐式输送装置·····	263
4.3.3 机械系统结构参数确定 ···	220	5.3.4 自动运输小车·····	264
4.3.4 工业机器人速度 参数确定·····	221	5.3.5 辅助装置·····	267
4.3.5 机械系统静力学分析·····	222	5.4 自动化立体仓库设计·····	271
4.3.6 机械系统动力学分析·····	223	5.4.1 自动化立体仓库构成·····	271
4.3.7 机械系统误差分析·····	225	5.4.2 自动化立体仓库分类·····	273
4.4 工业机器人机械结构设计·····	227	5.4.3 巷道式堆垛起重机·····	273
4.4.1 工业机器人驱动系统 减速机构·····	227	5.4.4 自动化立体仓库计算 机控制·····	274
4.4.2 工业机器人运动		复习题与习题 ·····	275
		6 机械加工生产线总体设计·····	276
		6.1 机械加工生产线概述·····	276

6.1.1 机械加工生产线及其组成.....	276	布局设计.....	296
6.1.2 机械加工生产线类型及特征.....	276	6.4.1 机械加工生产线总体布局方式.....	296
6.1.3 机械加工生产线设计原则.....	278	6.4.2 机械加工生产线总联系尺寸图.....	299
6.1.4 机械加工生产线设计步骤.....	278	6.5 生产线工作循环周期表.....	301
6.2 机械加工生产线工艺方案设计.....	279	6.5.1 工作循环周期表绘制方法.....	301
6.2.1 工艺方案制定.....	279	6.5.2 生产线主要机构互锁要求.....	301
6.2.2 加工设备选择.....	283	6.5.3 生产线基本工艺时间和辅助时间计算.....	302
6.2.3 生产线的生产率和经济性.....	284	6.5.4 工作循环周期表实例.....	303
6.3 机械加工生产线专用机床总体设计.....	285	6.6 柔性加工生产线.....	303
6.3.1 工件工序图.....	285	6.6.1 柔性加工生产线概况.....	303
6.3.2 加工示意图.....	286	6.6.2 柔性制造系统的组成、类型及功能.....	307
6.3.3 机床联系尺寸图.....	290	6.6.3 柔性制造系统的柔性.....	308
6.3.4 机床生产率计算卡.....	294	6.6.4 柔性制造系统效益.....	310
6.4 机械加工生产线总体		复习题与习题	311
		参考文献	312

1 总 论

1.1 机械制造业概述

我们正处于一个前所未有的变革时代,科学技术的迅猛发展,促使制造业发生了巨大变化。新世纪的到来,经济竞争必将成为世界各国竞争的焦点和社会发展的主要动力,竞争核心将是新产品和制造技术的竞争。人类进入知识经济时代,以知识经济为基础、以高新技术产业为主体的知识经济(Knowledge Economy)正在日益广泛和深刻地影响着经济增长方式、产业结构、市场结构、就业结构以至人们生活和社会变化的各个方面。与工业经济相比,知识经济有许多根本性变化,必将影响到制造业今后的发展。

1.1.1 制造业形势与发展

1.1.1.1 新时期对制造业的挑战

制造(Manufacturing)是人类所有经济活动的基石,是人类历史发展和文明进步的动力。随着人类工业文明的不断进步,制造业已发展成为一个国家经济发展的基础产业,成为社会财富的主要制造者和国民经济的重要来源;同时,它还为国民经济各部门包括国防和科学技术的进步与发展,提供先进的手段和装备。当今世界工业发达国家和新兴工业化国家都拥有发达的制造业。1990年20个发达国家和地区制造业占其国内生产总值(GDP)比例平均为22.15%,其中日本和德国为29%、31%;1994年美国为22%,1995年新加坡为25%。

历史进入新世纪,国际形势的变化、人们消费观念的改变、贸易全球化、科技进步、信息社会和知识经济的到来,以及环境保护与可持续发展思想的深入,使全球制造业再次进入一个巨大变革的时代。

随着经济发展和市场日趋饱和,产品消费节奏明显加快,消费行为更具选择性,批量生产的产品逐渐为个性化和多样化的产品所取代,产品的生产与服务的界限变得模糊,制造业正在成为“服务”行业。消费特点的转变促使生产需求发生变化,“客户化、小批量、快速交货”的需求不断增加。市场的动态多变性促使制造业改变策略,时间因素被提到首要地位,如图1-1所示。

当今任何一个企图以高科技含量、高质量产品和市场快速响应能力来赢得竞争的制造企业,必须具备时间、质量、价格和创新四方面的竞争能力。因此,不断地改进产品功能、提高产品质量、缩短生产周期和新产品研制开发周期、降低生产成本、完善营销及售后服务,已成为制造企业面临的共同任务。

随着世界“自由”贸易体制的逐渐完善,制造业、制造产品和制造技术必然走向国际化,不可能离开全球一体化市场而独立求得发展。这已成为当今面向市场经济、集约化生产的

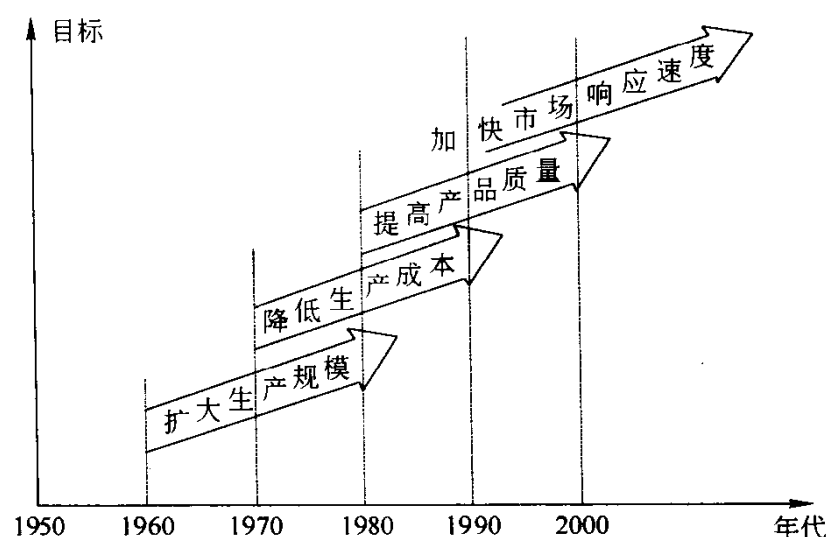


图 1-1 制造业经营策略的变迁

制造业的显著特征。

人类正迈向信息时代,以微电子、信息(计算机与通信、控制理论、人工智能等)、新材料和系统科学为代表的新一代工程科学技术的迅猛发展,急剧地改变了现代制造业的设计方法、产品结构、生产方式、生产工艺和设备以及生产组织结构,产生了一批新的制造技术和制造模式。现代制造业已成为发展速度快,技术创新能力强,技术密集和知识密集的部门,众多产品的技术含量和附加值增大,进入高科技产品的行列。同时,各种高新技术的综合使用,促进了制造技术在宏观(制造系统的集成)和微观(精密、超精密和微细加工与检测)两个方面的蓬勃发展,成为涵盖整个生产过程的各个环节(包括市场分析、产品设计、工艺规划、加工准备、制造装配、监控检测、质量保证、生产管理、售后服务及回收再利用等),包括人、机器、能源和信息等多种资源的组织、控制与管理,横跨多个学科的集成技术。

当前靠大量消耗资源和破坏环境为代价的工业发展模式和工艺技术系统,与可持续发展的矛盾日益尖锐。随着环境保护意识的增强与可持续发展思想的深入,制造业及其产品越来越受到环境方面的制约。一个企业的环境适应性如何,直接关系其竞争能力、应变能力甚至生存能力。因此,面向可持续发展的生态安全型和资源节约型制造技术及产品,将是制造业亟待解决的重要问题。

在 20 世纪末,各工业发达国家和新兴工业化国家都将先进制造技术的研究与开发,列为国家关键技术和优先发展领域。一场在制造领域围绕市场需求、以提高制造质量和生产效益为中心的高科技竞争正在全球范围内展开,其中最具代表性的是美国的先进制造技术计划、关键制造技术计划和敏捷制造智能技术计划(TEAM),日本的智能制造技术(IMS)国际合作计划,韩国的高级先进制造技术计划(G-7)和德国的 2000 制造计划等。

先进制造技术(Advanced Manufacturing Technology ,AMT)是制造技术的最新发展动向。AMT 是以人为主体的,以计算机为重要工具,不断汲取机械、光电子、信息、材料、环保、生物以及现代系统管理等领域的最新科技成果,涵盖产品整个生命周期的各个环节的先进工程技术的总称,它以提高对动态多变的产品市场的适应能力和竞争能力为中心,以实现优质、高效、灵活、洁净生产和提供优质、快捷服务,取得理想经济效益为目标。

新时期制造技术的发展必将沿着 20 世纪末开拓的道路进一步向系统化、信息化、智能化和全球化的方向发展,一场以现代制造技术为重点的工业革命即将到来。

1.1.1.2 制造业发展趋势

A 制造模式演变

20 世纪是制造业空前发展的重要时期,以精密和微细加工技术为目标,各种制造工艺和装备层出不穷;另外,制造系统的集成也异常活跃,制造模式不断更新。在不到百年的发展历程中,经历了六个重要发展阶段,如表 1-1 所示。

20 世纪 20 年代,美国福特汽车公司开创了“少品种大批量”的生产模式,又称福特生产模式,制造系统第一次显示出强大威力。

表 1-1 制造业各主要发展阶段的生产模式和经营策略

发展阶段	年 代	生产模式	制造策略	制造装备和技术特点	生产组织和管理特点
1	1910~1940 年	福特生产模式	制定合理工序和科学工时定额(泰勒管理方式)	机械化制造装备	建立设计、工艺和生产等功能专业化部门
2	1940~1950 年	大批量生产自动化	生产过程动态统计	组合机床和刚性自动线	以质量为核心的部门间协调
3	1950~1960 年	中、小批量生产自动化	柔性自动化生产	数控机床和加工中心	成组技术应用
4	1960~1980 年	多品种小批量生产自动化	以计算机辅助为特征的制造技术的开发和应用	DNC、工业机器人、CAD/CAPP/CAM 和 CAE 技术	按用户订单组织生产
5	1980~1990 年	计算机集成制造系统	设计、制造和管理集成信息系统支持下的自动化生产	FMC/FMS、FA、CAD/CAPP/CAM 集成设计与制造技术	准时化生产(JIT)、控制库存、设计制造信息一体化
6	1990 年以后	快速响应的智能化制造系统	智能制造、并行工程、精益生产、敏捷制造、与环保协调发展的制造	柔性制造设备和柔性自动线、计算机辅助产品开发(CADE)	将技术、管理和人员资源集成为一个协调的、相互联系的系统

二战结束后,电子技术、计算机技术和信息技术的发展,为生产领域中的自动控制创造了条件,制造技术朝着全面自动化方向快速迈进。数控机床加工与计算机控制相结合,以计算机为辅助工具的自动化技术逐步得以实现,出现了计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD),计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM),计算机辅助工艺(Computer Aided Process Planning, CAPP)、加工和装配及检验自动化、物料储运自动化等单元技术,并形成综合性自动化生产工艺系统。

在生产管理中采用计算机进行信息处理也取得巨大进展,如生产预测、工艺过程的计划与调度,采购与库存控制、生产控制、销售控制与成本控制等,进而形成了管理信息系统(Management Information System, MIS),进行最优决策,以便实时有效地进行生产控制。

生产工艺自动化与生产管理自动化相结合,就形成了计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS),以计算机为工具的信息集成得以实现。这样,制造自动化水平由 20 世纪 70 年代之前的单机自动化、刚性生产线,经 70 年代的柔性生产线,发展到 80 年代出现了以 CIMS 为代表的生产与管理的全面自动化。进入 90 年代,制造企业活动转向以满足用户需求为核心,不断提高快速响应市场的能力。但复杂而不易维护、庞大而不灵活、昂贵而不经济的 CIMS,不能适应市场需求快节奏变化而受冷落,这时快速可重组制造系统、并行工程(Concurrent Engineering, CE)、精益生产(Lean Production, LP)、敏捷制造(Agile Manufacturing, AM)等新的制造技术和制造模式应运而生,成为新生力量。

B 设计与工艺紧密结合

当今多品种单件小批量生产所占比重在不断加大,产品设计必须考虑结构工艺性,工艺过程牵动产品设计与生产已成为缩短生产周期和降低成本的关键。为使产品设计在制造过程中一次成功,在 20 世纪 80 年代末产生了并行工程。

并行工程是一种系统的集成方法,它将产品开发过程的各个环节(包括制造过程和支持过程)作为一个密切关联的整体,以计算机为核心工具,将其组成闭环反馈系统。通过集成企业生产活动中各阶段和各部门,使之并行、协同地工作,以缩短新产品的开发周期,提高质量、降低成本;从设计开始就考虑从产品概念设计到报废处理的整个生命周期的所有因素,包括质量、成本、进度计划和用户需求,以便及早发现问题,及时加以改进。与串行的计算机集成制造(Computer Integrated Manufacturing, CIM)运作方式相比,CE 在于并行的团队工作方式(Team-work)和强有力的通信支持,是协调人与人、人与机、机与机之间关系的系统工程。

实施 CE 的企业对制造工艺和经济性有不同侧重,又相应出现了面向制造的设计(Design for Manufacturing, DFM)、面向装配的设计(Design for Assembly, DFA)、面向检测的设计(Design for Test-ability)等并行工程的方法与技术,改变了制造企业的组织结构和工作方式。90 年代出现的快速原型技术(Rapid Prototyping, RP)和虚拟制造技术(Virtual Manufacturing, VM)为 CE 发展增加了新动力,成为产品设计开发和制造工艺相连接必不可少的重要环节。

RP 可迅速地将设计思想物化为具有一定结构和功能的产品原型或直接制成零件,以便对产品设计进行早期检验或对产品性能进行早期测试,从而使制造过程的反复大为减少。VM 是仿真技术的扩展,它以计算机支持的数字多媒体技术为基础,对全部制造活动进行统一的数字化建模和仿真,在产品设计阶段实时地、并行地“虚拟”出产品未来的制造全过程及其结果,预测产品性能、产品制造技术、产品质量控制与管理、估计产品成本等,从而更有效、更经济、柔性灵活地组织生产,达到产品的开发周期和成本的最小化,产品设计质量的最优化,生产效率的最高化。因此,VM、RP 与设计过程有机结合,为以人为核心的计算机辅助智能设计创造了前提,也为全球性资源共享和快速响应市场创造了条件。

C 技术与管理协调发展

制造业包括制造技术与制造管理两部分工作,制造技术水平决定着制造管理方式并推动其变革;反之,制造管理方式又影响着制造技术的进步。20 世纪 70 年代信息和自动化技术的发展,特别是超大规模集成电路的出现,使各种工艺技术及装备如 CAD/CAM、机电一体化设备、计算机数控(Computer Numerical Control, CNC)机床、柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)和柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)等得到很快发展,促使产品成本构成发生根本性变化,劳动力消耗已不再是主要因素,降低成本应着眼于采用系统科学、运筹学、系统工程等原理和方法,实现现代化管理,提高企业整体效益。这时,准时化生产(Just In Time, JIT)、精益生产(LP)原则、全面质量管理(Total Quality Management, TQM)开始出现。LP 从管理角度解决企业的竞争需求,以“人”为中心,以“简化”为手段,以“尽善尽美”为目标,把责权利尽量下放到各层次,采取一种分布式管理机制,特别适用于有一定生产批量的自动化生产系统。

D 人、知识和信息关系

CIM 中不仅有数据流、信息流,还有起关键作用的、存在于专家头脑中的制造知识和技

能。20 世纪 90 年代初,以人工神经网络(Artificial Neural Network, ANN)、模糊逻辑(Fuzzy Logic, FL)、遗传算法(Genetic Algorithm, GA)为代表的新一代计算智能技术补充了符号智能的不足,使制造过程各环节中制造知识的获取、表示、存储和推理成为可能,因此体现制造系统化、自动化和智能化综合发展的智能制造技术和智能制造系统(Intelligent Manufacturing Technology and Intelligent Manufacturing System, IMT&IMS)的研究与开发,在世界范围内蓬勃兴起。

1.1.1.3 我国制造业形势

我国当前工业化已进入中期阶段或称“半工业化”阶段,工业化仍是今后经济发展的主题。1993 年我国三大产业(农业、工业和服务业)比重依次为 21.19%、51.77% 和 27.04%,其中制造业在工业生产中的比重为 45%,制造业仍然是我国经济发展的战略重点。

我国加入 WTO 将使经济和科技与世界更紧密地融合,国内与国际市场进一步接轨,制造业进入全球化竞争市场,为制造业发展创造了机遇。但是,我国制造业也承受着国际市场竞争的巨大压力,面临着“挡不住、出不去”的严峻局面,缺乏自主开发能力和国际市场竞争能力。我国制造业也有较大的优势,已建立起门类齐全、相当规模的制造业体系,制造技术已有相当基础。不少企业已掌握一批先进的制造技术和管理方法。制造业科技水平已取得明显进步,不少产品已打入国际市场。众多高等学校和科研院所在制造科学方面取得瞩目成就,在制造技术的基础性研究和先进制造技术领域已达到很高水平。

图 1-2 为一个产品的利润构成及其与时间的关系,一个有竞争力的企业,必须不断推出新产品去引导市场,当一个产品(如产品 1)的利润下降到一定程度时,就要及时推出另一个新产品(如产品 2)才能保持企业的高额利润。图示可见在基于知识的竞争环境下,单纯引进而无创新是没有出路的。一般来讲,工业发达国家转让的产品或技术,大多属于国外市场已近饱和或将要淘汰,继而将推出更新的产品,使你引进而制造的产品又面临市场的丧失,不可能具备市场竞争能力。

面对新世纪世界制造技术的发展趋势,结合我国国情,应着重提高我国制造业的竞争能力。必须提高产品的质量、降低成本及提高快速响应市场的能力,在激烈的竞争环境中求“生存、发展并扩大竞争优势”。

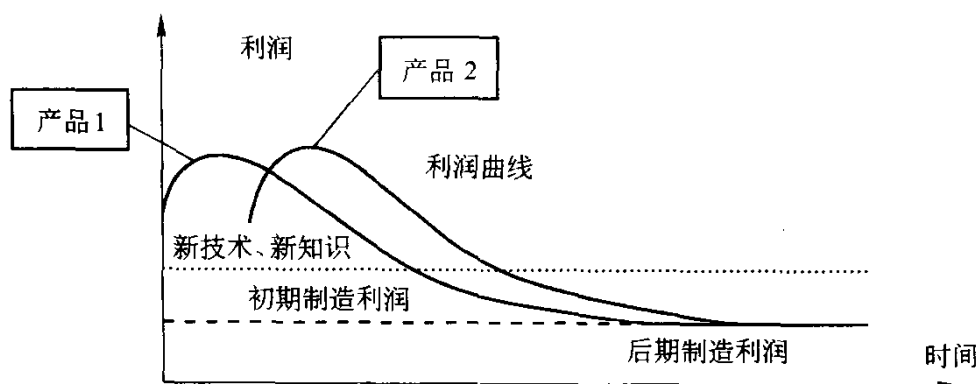


图 1-2 产品利润的构成及其时效

1.1.2 加工制造技术发展趋势

加工制造技术是对被加工对象状态的改形和改性技术的总称。当代加工制造技术的重要特征是与计算机、微电子和信息技术的融合。其主要发展趋势包括新一代机械制造装备

技术、虚拟制造技术、精密和超精密加工技术、特种加工技术、微米/纳米制造技术、超高速切削磨削技术、少无夹具制造技术及制造过程设计技术等。

1.1.2.1 新一代机械制造装备技术

金属切削机床是机械制造装备的主体,也是迄今国内外研究最多的机械制造装备。早在 20 世纪 30 年代西欧就开展了机床精度和切削振动机理的研究工作,60、70 年代国际上的研究工作达到高峰,在机床的静态性能、动态性能、加工性能、振动和噪声、热稳定性、精度保持性、可靠性、性能试验、故障诊断与维修等方面都达到相当高的水平。近年来在新一代制造装备技术上又有了较大的发展和突破。

(1)新型加工设备的研发。已取得不少进展,如多轴联动加工中心、拉削车削高效曲轴加工机床、点磨机床、加工与装配作业集成机床等。近年出现的并联机床(虚轴机床)突破了传统机床结构方案,在国内外有了快速发展。

(2)在数控化基础上朝智能化方向发展。充分利用精度补偿、应用技术软件、传感器和控制技术的最新科技成果,研制新一代高质量、高效率和低消耗的智能加工中心和智能化加工单元。

(3)采用新材料和新结构,提高制造装备的刚度、抗振性、热稳定性,提高精度和精度保持性,减轻重量等。

(4)新型部件的开发应用。如高精度、高速交流电主轴,国外已商品化产品的转速为 20000r/min,最高已达 100000r/min,国内已完成 8000r/min 样机研制。为此要解决高精度大载荷主轴轴承、主轴冷却、刀具配置与夹紧可靠性、电主轴调速可行性等关键技术。再如大功率交流直线电动机技术等。

(5)发展先进的机床和数控系统性能检测、诊断方法与技术。

(6)多品种小批量生产条件下的先进在线加工质量检测技术。

(7)柔性工艺装备和柔性夹具,为快速、低成本工艺准备提供技术。

1.1.2.2 精密和超精密加工技术

精密和超精密加工,一是不断提高极限加工精度,另一是从小批量生产走向大批量产品生产。精密和超精密加工技术包括加工工艺、加工机床、测量技术和作业环境等。

(1)超精密切削。金刚石刀具超精密车削,刃口半径已达纳米级,可实现纳米级厚度的稳定切削。

(2)超精密磨削加工。对于硬脆材料加工,采用新型结合剂的金刚石砂轮,可提高磨削表面质量。近来又发展了弹性发射加工、机械化学抛光、浮动研磨及磁流体精密研磨等实用技术。采用立方氮化硼(CBN)加工铁族材料已得到较快发展。

(3)精密和超精密特种加工。主要指集成电路芯片微细加工,包括电子束和离子束刻蚀加工。

(4)精密加工机床。向超精结构、多功能、机电一体化方向发展,并广泛采用各种测量、控制技术实时补偿误差。美国近年研制的大型光学器件金刚石车床,可加工直径达 1620mm、长度达 508mm、重达 1350kg 的工件,定位精度达 28nm。大型精密加工机床的关键部件是主轴系统,国外已制成高刚度($>200\text{kgf}/\mu\text{m}$)精密气浮主轴系统。

1.1.2.3 少无夹具制造技术

在常规制造系统中,需对大量使用的夹具进行设计、制造和装配调试工作,不仅耗费资

金,还延长了生产准备时间,成为制造过程中的“瓶颈”,是造成制造柔性差、响应速度慢、生产成本低和企业竞争能力弱的主要原因之一。为此要打破传统的“定位—加工”模式,以新的“寻位—加工”为基础,信息、控制与制造工艺及设备相结合,研究开发无需使用夹具或少量通用夹具的新一代少无夹具制造技术。

1.1.2.4 少切削无切削加工

为了贯彻可持续发展战略,节约原材料和能源消耗,必须大力发展少切削无切削加工技术,一方面要提高毛坯制造精度,发展精密铸造和锻造等技术,减少材料切削加工量;另一方面要发展冲压、挤压、滚压等无切削成形技术。这些加工技术不仅具有材料利用率高、生产率高的特点,而且可以改善材料的性能。

1.2 机械制造装备类型

机械制造过程是一个十分复杂的生产过程,所使用装备的类型很多,总体上可划分为加工装备、工艺装备、储运装备和辅助装备四大类。机械制造装备的基本功能是保证加工工艺的实施,节能、降耗、优化工艺过程,并使被加工对象达到预期的功能和质量要求。

1.2.1 加工装备

加工装备是机械制造装备的主体和核心,是采用机械制造方法制作机器零件或毛坯的机器设备,又称为机床或工作母机。机床的类型很多,除了金属切削机床之外,还有锻压机床、冲压机床、注塑机、快速成型机、焊接设备、铸造设备等。

1.2.1.1 金属切削机床

金属切削机床是采用切削、特种加工等方法,主要用于加工金属,使之获得所要求的几何形状、尺寸精度和表面质量的机器。机床可获得较高的精度和表面质量,完成40%~60%以上的加工工作量。金属切削机床品种繁多,为了便于区别、使用和管理,需从不同角度对其进行分类。

A 按机床工作原理和结构性能特点分类

我国把机床划分为:车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、铣床、刨插床、拉床、特种加工机床、切断机床和其他机床等12大类。其中特种加工机床包括电加工机床、超声波加工机床、激光加工机床、电子束和离子束加工机床、水射流加工机床;电加工机床又包括电火花加工、电火花切割和电解加工机床。特种加工机床可解决用常规加工手段难以甚至无法解决的工艺难题,能够满足国防和高新科技领域的需要。

B 按机床使用范围分类

可把机床分为通用机床、专用机床和专门化机床。

(1)通用机床(又称万能机床)。可加工多种工件,完成多种工序,是使用范围较广的机床,如万能卧式车床、万能升降台铣床等。这类机床的通用程度较高,结构较复杂,主要用于单件、小批量生产。

(2)专用机床。用于加工特定工件的特定工序的机床,如主轴箱的专用镗床。这类机床是根据特定工艺要求专门设计、制造与使用的,因此生产率很高,结构简单,适于大批量生产。组合机床是以通用部件为基础,配以少量专用部件组合而成的一种特殊形式的专用机床。

(3)专门化机床(又称专业机床)。用于加工形状相似尺寸不同工件的特定工序的机床。这类机床的特点介于通用机床与专用机床之间,既有加工尺寸的通用性,又有加工工序的专用性,如精密丝杠车床、凸轮轴车床等,生产率较高,适于成批生产。

为了使设计、制造及管理部门对机床品种有计划地发展和管理,便于用户的订货和管理,需要规范机床型号,我国现行的《金属切削机床型号编制方法》,适用于各类通用、专门化及专用机床(组合机床另有规定)。机床型号是由类(12类)代号、组系代号、主参数以及特性代号等组成。其中特性代号包括:高精度(G)、精密(M)、自动(Z)、半自动(B)、数控(K)、加工中心(自动换刀H)、仿型(F)、轻型(Q)、加重型(C)和简式(J)等。

数控机床是计算机技术、微电子技术、先进的机床设计与制造技术相结合的产物,适应产品的精密、复杂和小批量的特点,是一种高效高柔性的自动化机床,代表了金属切削机床的发展方向。加工中心又称自动换刀数控机床,它是具有刀库和自动换刀装置,能够自动更换刀具,对一次装夹的工件进行多工位、多工序加工的数控机床。

C 按机床精度分类

同一种机床按其精度和性能,又可分为普通机床、精密机床和高精度机床。

此外,按照机床质量(习惯称重量)大小又可分为仪表机床、中型机床、大型机床、重型机床和超重型机床等。

1.2.1.2 锻压机床

锻压机床是利用金属塑性变形进行加工的一种无屑加工设备,主要包括锻造机、冲压机、挤压机和轧制机四大类。

锻造机是使坯料在工具的冲击力或静压力作用下成型,并使其性能和金相组织符合一定要求。按成型的方法可分为自由锻造、胎模锻造、模型锻造和特种锻造;按锻造温度不同可分为热锻、温锻和冷锻。

冲压机是借助模具对板料施加外力,迫使材料按模具形状、尺寸进行剪裁或变形。按加工时温度的不同,可分为冷冲压和热冲压。冲压工艺具有省工、省料和生产率高的突出优点。

挤压机是借助于凸模对放在凹模内的金属材料挤压成形,根据挤压时温度不同,可分为冷挤压、温挤压和热挤压。挤压成形有利于低塑性材料成形,与模锻相比,不仅生产率高,节省材料,而且可获得较高的精度。

轧制机是使金属材料在旋转轧辊的作用下变形,根据轧制温度可分为热轧和冷轧,根据轧制方式可分为纵轧、横轧和斜轧。

1.2.2 工艺装备

工艺装备是产品制造过程中所用各种工具的总称,包括刀具、夹具、模具、测量器具和辅具等。它们是贯彻工艺规程、保证产品质量和提高生产率等的重要手段。

1.2.2.1 刀具

能从工件上切除多余材料或切断材料的带刃工具称为刀具,工件的成形是通过刀具与工件之间的相对运动实现的,因此,高效的机床必须同先进的刀具相配合才能充分发挥作用。切削加工技术的发展,与刀具材料的改进以及刀具结构和参数的合理设计有着密切联系。刀具类型很多,每一种机床,都有其代表性的一类刀具,如车刀,钻头,镗刀,砂轮,铣刀,

刨刀、拉刀、螺纹加工刀具,齿轮加工刀具等等。刀具种类虽然繁多,但大体上可分为标准刀具和非标准刀具两大类。标准刀具是按国家或部门制定的有关“标准”或“规范”制造的刀具,由专业化的工具厂集中大批量生产,占所用刀具的绝大部分。非标准刀具是根据工件与具体加工的特殊要求设计制造的,也可将标准刀具加以改制而实现,过去我国的非标准刀具主要由用户厂自行生产,随着专业化生产的发展和服务水平的提高,所谓非标准刀具也应由专业厂根据用户要求提供,以利于提高质量,降低成本。

1.2.2.2 夹具

夹具是机床上用以装夹工件以及引导刀具的装置。对于贯彻工艺规程、保证加工质量和提高生产率有着决定性的作用。夹具一般由定位机构、夹紧机构、导向机构和夹具体等部分构成,按照其应用机床的不同可分为车床夹具、铣床夹具、钻床夹具、刨床夹具、镗床夹具、磨床夹具等;按照其专用化程度又可分为通用夹具、专用夹具、成组夹具和组合夹具等。

通用夹具是已经规格化、标准化的夹具,主要用于单件小批量生产,如车床夹盘,铣床用分度头、台钳等;专用夹具是根据某一工件的特定工序专门设计制造的,主要用于有一定批量的生产中。

1.2.2.3 测量器具

测量器具是以直接或间接方法测出被测对象量值的工具、仪器及仪表等,简称量具和量仪。可分为通用量具、专用量具和组合测量仪等。通用量具是标准化、系列化和商品化的量具,如千分尺、千分表,量块以及光学、气动和电动量仪等。专用量具是专门用于特定零件的特定尺寸而设计的,如量规、样板等,某些专用量规通常会在一定范围内具有通用性。组合测量仪可同时对多个尺寸测量,有时还能进行计算、比较和显示,一般属于专用量具,或在一定范围内通用。数控机床的应用大大简化了生产加工中的测量工作,减少了专用量具的设计、制造与使用;测试技术与计算机技术的发展,使得许多传统量具向数字化和智能化方向发展,适应了现代生产技术的发展。

1.2.2.4 模具

模具是用以限定生产对象的形状和尺寸的装置。按填充方法和填充材料的不同,可分为粉末冶金模具、塑料模具、压铸模具、冲压模具、锻压模具等。数控技术和特种加工技术的发展,促进了模具制造技术的发展,促进了少切削、无切削技术在生产制造中的广泛应用。

1.2.3 储运装备

物料储运装备是生产系统必不可少的装备,对企业生产的布局、运行与管理等有着直接影响。物料储运装备主要包括物料运输装置、机床上下料装置、刀具输送设备以及各级仓库及其设备。

1.2.3.1 物料运输装置

物料运输主要指坯料、半成品及成品在车间内各工作站(或单元)间的输送、满足流水生产线或自动生产线的要求。主要有传送装置和自动运输小车两大类。

传送装置的类型很多,如由辊轴构成流动滑道,靠重力或人工实现物料输送;由刚性推杆推动工件做同步运动的步进式输送带;在两工位间输送工件的输送机械手;链式输送机,带动工件或随行夹具做非同步输送等。用于自动线中的传送装置要求工作可靠、定位精度高、输送速度快、能方便地与自动线的工作协调等。

与传送装置相比,自动运输小车具有较大的柔性,通过计算机控制,可方便地改变输送路线及节拍,主要用于柔性制造系统中。可分为有轨和无轨两大类。前者载重量大,控制方便,定位精度高,但一般用于近距离直线输送;后者一般靠埋入地下的制导电缆等进行电磁制导,也采用激光制导等方式,输送线路控制灵活。

1.2.3.2 机床上下料装置

将坯料送至机床的加工位置的装置称为上料装置;加工完毕后将工件从机床上取走的装置称为下料装置,它们能缩短上下料时间,减轻工人劳动强度。

机床上下料装置类型很多,有料仓式和料斗式上料装置、上下料机械手等。在柔性制造系统中,对于小型工件,常采用上下料机械手或机器人,大型复杂工件采用可交换工作台进行自动上下料。

1.2.3.3 刀具输送设备

在柔性制造系统中,必须有完备的刀具准备与输送系统,完成包括刀具准备、测量、输送及重磨刀具回收等工作,刀具输送常采用传输链、机械手等,也可采用自动运输小车对备用刀库等进行输送。

1.2.3.4 仓储装备

机械制造生产中离不开不同级别的仓库及其装备。仓库是用来存储原材料、外购器材、半成品、成品、工具、夹具等,分别进行厂级或车间级管理。现代化的仓储装备不仅要求布局合理,而且要求有较高的机械化程度,减少劳动强度,采用计算机管理,能与企业生产管理信息系统进行数据交换,能控制合理的库存量等。

自动化立体仓库是一种现代化的仓储设备,具有布置灵活,占地面积小,便于实现机械化和自动化,方便计算机控制与管理等优点,具有良好的发展前景。

1.2.4 辅助装备

辅助装备包括清洗机、排屑设备和测量、包装设备等。

清洗机是用来对工件表面的尘屑油污等进行清洗的机械设备,能保证产品的装配质量和使用寿命,应该给予足够重视,可采用浸洗、喷洗、气相清洗和超声波清洗等方法,在自动装配中应能分步自动完成。

排屑装置用于自动机床、自动加工单元或自动线上,包括切屑清除装置和输送装置。清除装置常采用离心力、压缩空气、冷却液冲刷、电磁或真空清除等方法;输送装置有带式、螺旋式和刮板式等多种类型,保证将铁屑输送至机外或线外的集屑器中,并能与加工过程协调控制。

1.3 机械制造装备设计要求

机械制造装备设计工作是设计人员根据市场需求所进行的构思、计算、试验、选择方案、确定尺寸、绘制图样及编制设计文件等一系列创造性活动的总称,其目的是为新装备的生产、使用和维护提供完整的信息。设计工作是一切产品实现的前提,设计质量的优劣直接影响产品的质量、成本、生产周期及市场竞争能力,产品性能的差距首先是设计差距,据统计,产品成本的60%取决于设计。机械制造装备设计工作要适应科学技术的飞速发展及市场竞争的日趋激烈,要采用先进的设计技术,设计出质优价廉的产品。机械制造装备的类