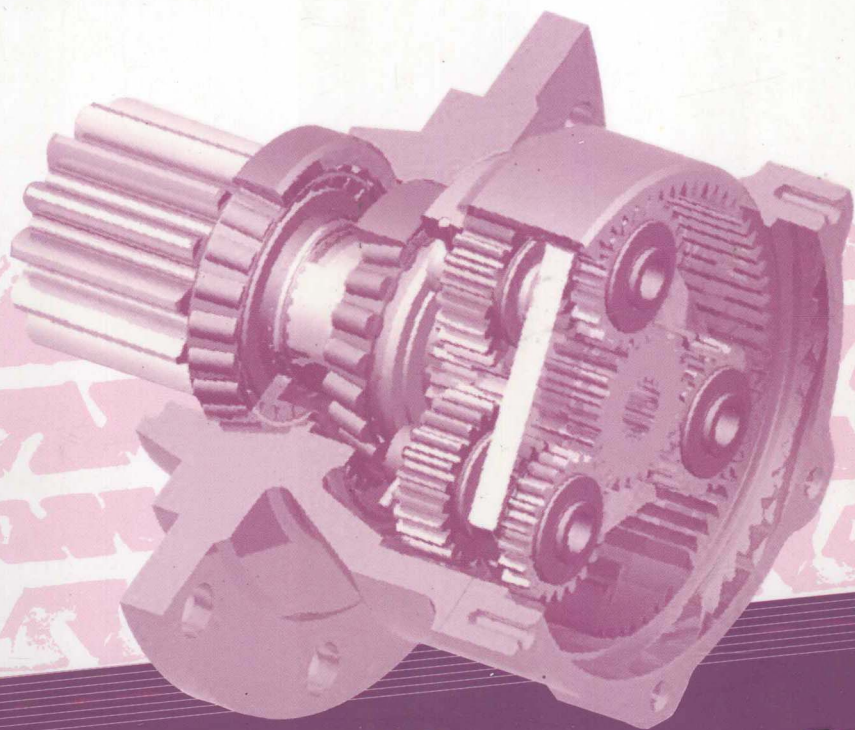


21世纪全国高职高专机电系列技能型规划教材
国家示范性高职院校重点建设专业配套教材



机械加工工艺编制

主 编 于爱武
副主编 赵菲菲 杨雪青
主 审 刘和山



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



TG506
54

21 世纪全国高职高专机电系列技能型规划教材

机械加工工艺编制

主 编	于爱武	
副主编	赵菲菲	杨雪青
参 编	庞 红	高淑娟
主 审	刘和山	

昆明理工大学图书馆
呈贡校区
中文藏书章



03002097530



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书以新的课程体系对机电类专业所必需的切削机理、机床设备、加工方法及制造工艺等方面的知识,重新进行了科学的解构与重构。本书结合企业生产实际,通过典型的轴类零件、套筒类零件、箱体类零件、齿轮类零件、叉架类零件的加工及减速器的装配等工作任务,以机械加工工艺规程编制为主线,全面介绍了机械制造过程中的相关制造技术以及典型零部件的机械加工工艺规程、装配工艺规程的制定原则与方法。主要内容包括:机械加工工艺及规程基础,零件典型表面(外圆、内孔、平面、齿形等)的加工工艺系统(机床、工件、刀具、夹具),常用机械装配方法及装配尺寸链的计算等知识。各项目后均附有思考练习题。此外,根据生产实际情况,本书还介绍了部分现代加工工艺及工艺装备等知识。

本书适合作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校机电类专业的教材,也可作为教改力度较大的数控技术及相关专业用教材,还可供专业技术人员、社会从业人士参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械加工工艺编制/于爱武主编. —北京:北京大学出版社, 2010.8

(21世纪全国高职高专机电系列技能型规划教材)

ISBN 978-7-301-17608-5

I. ①机… II. ①于… III. ①机械加工—工艺—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 151585 号

书 名: 机械加工工艺编制

著作责任者: 于爱武 主编

策划编辑: 赖 青

责任编辑: 张永见

标准书号: ISBN 978-7-301-17608-5/TH·0211

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京中科印刷有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787mm×1092mm 16开本 24.75印张 580千字

2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷

定 价: 45.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

结合职业教育理论的发展和职业教育的特征,本书编写时本着以培养学生综合职业能力为宗旨,努力贯彻以职业实践活动为导向,以项目教学为主线,以工业产品为载体的编写方针,突出职业教育的特点,结合提高高职学生就业竞争力和发展潜力的培养目标,对理论知识和生产实践进行了有机整合,着重培养学生机械加工工艺编制能力、专业知识综合应用能力及解决生产实际问题的能力。

本书是在高职机电类专业教学改革实践的基础上,将金属切削原理与刀具、金属切削机床、机床夹具设计、机械制造工艺学、材料成形工艺等课程进行了解构和重构,实现了多门课程内容的有机结合。

根据行业企业发展需要和完成职业实践活动所需要的知识、能力、素质要求,本书制造理论知识内容力求贴近零件制造和产品装配的生产实际,突出知识的实用性、综合性和先进性,以职业能力培养为核心,不断提高学生专业知识的综合应用能力,促进学生职业素养的养成,使学生具有较强就业竞争力和发展潜力。

本书共分七个项目:机械加工工艺及规程、轴类零件机械加工工艺流程编制、套筒类零件机械加工工艺流程编制、箱体零件机械加工工艺流程编制、圆柱齿轮零件机械加工工艺流程编制、叉架类零件机械加工工艺流程编制、减速器机械装配工艺流程编制等。各项目内容以强化学生机械加工工艺编制能力为主线,依据机械制造中的工艺系统,详细介绍机械制造所需的机床、刀具、夹具、制造工艺等相关知识,并将国家标准、行业标准和职业资格标准贯穿其中。根据内容需要,每个项目下设一个或几个工作任务,通过运用相关知识,按照实际生产中机械加工工艺流程编制工作流程,实施、完成工作任务并进行小结。同时,增加了部分与项目有关的拓展知识,以满足学生、实际生产的不同需求。

本书授课参考学时(含针对各项目的单项实训课时)如下:

序 号	教 学 内 容	建 议 学 时
	前言、概述	1
项目 1	机械加工工艺及规程	7
项目 2	轴类零件机械加工工艺流程编制	34
项目 3	套筒类零件机械加工工艺流程编制	16
项目 4	箱体零件机械加工工艺流程编制	16
项目 5	圆柱齿轮零件机械加工工艺流程编制	20
项目 6	叉架类零件机械加工工艺流程编制	8
项目 7	减速器机械装配工艺流程编制	8
合计学时		110

本书由淄博职业学院于爱武任主编，赵菲菲、杨雪青任副主编，山东大学刘和山教授任主审。具体编写分工如下：项目 1、3、5 由于爱武编写；项目 2 由杨雪青编写；项目 4 由庞红编写；项目 6 由赵菲菲编写；项目 7 由高淑娟编写。此外，参加本书编写工作的还有孙传兵、王晶、王振、陈哲及多名具有丰富实践经验的合作企业工作人员。

本书编写过程中，北京大学出版社、淄博职业学院各级领导及同仁们给予了诸多支持和热情帮助，在此一并表示衷心感谢！

作为课程解构和重构以及教材改革的一次探索，更限于编者的水平，书中难免有错误和不当之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2010年5月

章节名称	编写名称	页码
1	项目 1 车削加工	1
2	项目 2 铣削加工	15
3	项目 3 刨削加工	34
4	项目 4 磨削加工	16
5	项目 5 钳工	10
6	项目 6 装配	50
7	项目 7 涂装	8
8	项目 8 焊接	8
9	附录	111

目 录

概述.....	1
项目 1 机械加工工艺及规程.....	13
任务 1.1 生产过程和工艺过程认知.....	14
任务 1.2 机械加工工艺过程的组成认知.....	23
任务 1.3 机械加工工艺规程的格式认知.....	28
项目小结.....	46
思考练习.....	46
项目 2 轴类零件机械加工工艺规程编制.....	48
任务 2.1 编制台阶轴零件机械加工工艺规程.....	49
任务 2.2 编制传动轴零件机械加工工艺规程.....	112
任务 2.3 编制车床主轴零件机械加工工艺规程.....	133
项目小结.....	160
思考练习.....	161
项目 3 套筒类零件机械加工工艺规程编制.....	164
任务 3.1 编制轴承套零件机械加工工艺规程.....	165
任务 3.2 编制液压缸机械加工工艺规程.....	210
项目小结.....	222
思考练习.....	222
项目 4 箱体零件机械加工工艺规程编制.....	224
任务 4.1 编制坐标镗床变速箱壳体零件机械加工工艺规程.....	225
任务 4.2 编制分离式齿轮箱体机械加工工艺规程.....	261
项目小结.....	265
思考练习.....	265
项目 5 圆柱齿轮零件机械加工工艺规程编制.....	267
任务 5.1 编制直齿圆柱齿轮零件机械加工工艺规程.....	268
任务 5.2 编制双联圆柱齿轮零件机械加工工艺规程.....	306
任务 5.3 编制高精度圆柱齿轮零件机械加工工艺规程.....	309
项目小结.....	314
思考练习.....	314

项目 6 叉架类零件机械加工工艺规程编制	316
任务 6.1 编制拨叉零件机械加工工艺规程	317
任务 6.2 编制连杆零件机械加工工艺规程	335
项目小结	348
思考练习	348
项目 7 减速器机械装配工艺规程编制	350
任务 7.1 机械装配方法选择	351
任务 7.2 编制减速器机械装配工艺规程	368
项目小结	381
思考练习	381
附录	383
附录 1 机械加工余量	383
附录 2 其他	386
参考文献	388



概 述

制造业为人类创造着辉煌的物质文明。世界经济发展的趋势表明，制造业是一个国家经济发展的基石。据统计，1990年20个工业化国家制造业所创造的财富占国民生产总值(GDP)的比例平均为22.15%，制造业是一个国家的立国之本。

制造技术是使原材料变成产品的技术的总称，是国民经济得以发展，也是制造业本身赖以生存的关键基础技术。先进的制造技术使一个国家的制造业乃至国民经济处于有竞争力的地位。

新中国成立以来，我国的制造技术与制造业得到了长足的发展，一个自立的机械工业体系基本形成。中国的制造业主要分三类：

(1) 轻纺工业。包括食品、饮料、烟草加工、服装、纺织、皮革、木材加工、家具、印刷等，占我国制造业比重为30.2%。

(2) 资源加工工业。包括石油化工、化学纤维、医药制造业、橡胶、塑料、黑色金属等，占我国制造业比重为33%。

(3) 机械、电子制造业。其中包括机床、专用设备、交通运输工具、机械设备、电子通信设备、仪器等，约占我国制造业比重为35.5%。

改革开放以来，开放与引进在一定程度上促进了我国制造业的发展及制造技术的提高。但与工业发达国家相比，我们还存在着明显的差距。因此必须加强对制造技术领域研究，大胆进行技术创新，同时积极引进和消化国外的先进制造技术和理念，尽快形成我国自主创新和跨越式发展的先进制造技术体系，使我国制造业在国内、国外市场竞争中立于不败之地。

机械制造与制造系统

机械制造业是一个历史悠久的产业，主要是通过对金属原材料物理形状的改变、组装，成为产品，使其增值。它主要包括机械、机床等加工、组装性行业。按照企业组织生产的特点，可以把机械行业企业的生产类型划分为备货型生产(MTS)，订货型生产(MTO)，订货装配型生产(ATO)和订单设计型生产(ETO)。而传统的机械过程亦是一个离散的生产过程，是一个以制造技术为核心的狭义的制造过程。随着科学技术的发展，特别是微电子技术和计算机技术的发展，机械制造业焕发了新的活力，充实了新的内涵。无论是在生产组织的系统性方面，还是制造装备的先进性、制造方法的多样性、制造加工的自动化及制造精度的日益提高等方面均发生了巨大的变化，迅速改变着传统机械制造业的面貌。

1. 生产系统

一种符合市场需求的合格的机械产品的问世，要经过从市场调查研究、产品功能定位、结构设计、生产制造、销售服务到信息反馈、改进功能的一个复杂的过程。这个过程包含了一个企业全部的活动。从系统观点出发，这些活动形成了一个将生产要素转变为生产财富，并创造效益的输入/输出系统，即生产系统，如图 1 所示。

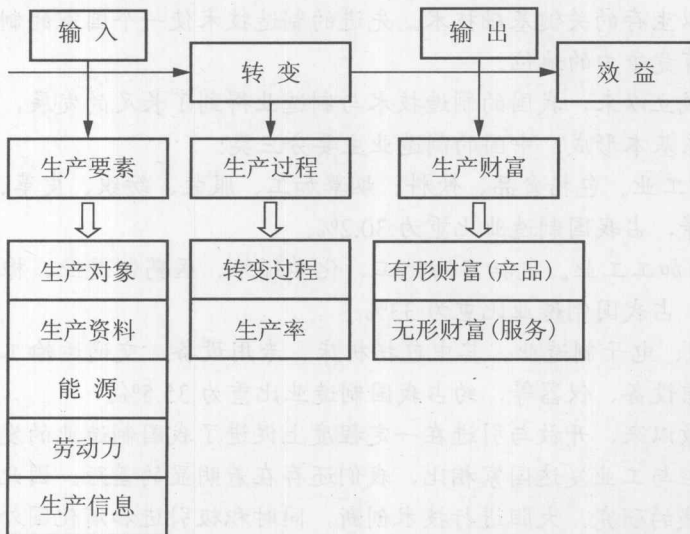


图 1 生产系统示意图

1) 生产要素

生产系统输入的是生产要素。生产要素根据其基本作用可分为五类。

(1) 生产对象：指完成生产活动所需的原材料，包括主要材料和辅助材料。主要材料是指构成产品的材料(如减速器产品的主要材料是各种牌号的钢材和铸铁)；辅助材料是指加于主要材料上的材料(如减速器产品外表涂的油漆)，也指生产过程中消耗的辅助材料(如加工机床使用的润滑油、冷却液等)。

(2) 生产资料：指生产过程所需的各种手段(硬件)。生产资料可分为直接生产资料和间



接生产资料两类。直接生产资料指生产过程直接使用的手段,例如设备、工具等。间接生产资料在生产过程中不直接使用,但其构成对生产过程必不可少的辅助和支持,如厂房、道路等。

(3) 能源:指生产过程中所需的各种动力来源。

(4) 劳动力:是指生产过程中生产者所付出的脑力劳动和体力劳动。

(5) 生产信息:指有效进行生产活动所需的知识、技能、情报、资料等。在科学技术高度发展的今天,生产信息在生产活动中所起的作用越来越大。

在上述五类生产要素中,前三类要素属于硬件范畴,生产信息要素属于软件范畴,而劳动力要素既有硬件特性,又有软件特性。在诸生产要素中,人的要素是最重要的,处于主导地位,其他要素都要通过人来起作用。

2) 生产财富

生产系统输出的是生产财富,包括有形的财富(产品)和无形的财富(服务)。

在创造生产财富的同时,必然伴随着一定的经济效益和社会效益的产生。效益有“正效益”和“负效益”之分:正效益指生产的财富能够满足人们物质生活和精神生活的需要,生产活动本身能够促进社会健康发展;而负效益则指生产活动给社会带来的负面影响,如对于自然生态环境的破坏,各种各样的污染(其中也包括精神污染)等。对于生产活动中的负效益,必须加以严格的限制。

3) 生产过程

有效地将生产要素转变成生产财富是十分重要的。转变过程效率的度量标准是生产率,生产率可以被定义为系统输出与输入之比。获得尽可能高的生产率,始终是生产企业经营者追求的目标,也是企业在激烈的市场竞争中得以生存和发展的重要条件。

2. 制造系统

1) 制造

对于生产有形产品的企业,根据其生产过程的特点,可分为三种生产类型,即连续型生产、离散型生产和混合型生产。

(1) 连续性生产:如石油、化工、冶金等企业,其生产方式为连续型,即从原材料到成品的转变过程呈流水方式,连续不断,工序之间通常没有在制品存储,生产的产品、工艺流程及生产设备均相对固定不变,生产设备 24h 不间断运行。

(2) 离散型生产:如机械、电子、轻工等企业,其生产的产品由离散的、相互联系的零部件组装而成。此类生产的转变过程较复杂,生产工序及中间环节较多,工序之间有在制品存储,产品生产周期较长,生产管理难度较大。

(3) 混合型生产:如食品、造纸等企业,兼有上述两种生产类型的特点。

离散型的生产企业,通常称为“制造企业”。制造可以理解为离散型生产,即制造也是一个输入/输出系统,其输入也是生产要素,输出是具有离散特征的产品。这是一个“大制造”的概念,是对“制造”的广义理解。按照这样的理解,制造应包括从市场分析、经营决策、工程设计、加工装配、质量控制、销售运输直至售后服务的全过程,如图 2 所示。在当今的信息时代,广义制造的概念已为越来越多的人所接受。

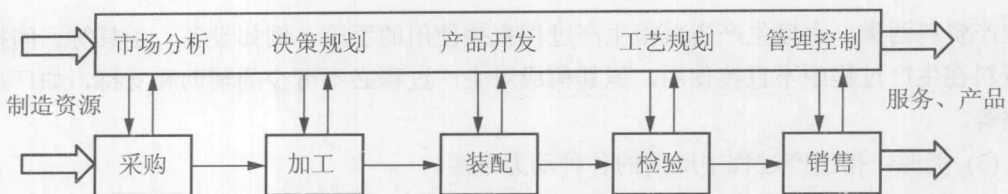


图2 广义制造示意图

2) 制造系统

制造系统是生产系统的一个重要组成部分。为有效完成机械产品、零件的制造任务，机械制造企业必须将人力、设备等组合成一个系统，而这个系统受到制造材料流(物料流)和信息流的约束，因此，制造系统是将毛坯、刀具、夹具、量具和其他辅助物料作为原材料输入，经过存储、运输、加工、检验等环节，最后输出机械制造成品或半成品的系统，系统的运作又离不开能源、制造理论、工艺技术及制造信息的利用。即制造系统是一个通过物料、设备、工装、能源等制造硬件与制造理论、工艺、信息等制造软件的集成，将制造资源转化为产品的系统。从结构上看，机械制造系统是一个制造硬件、软件及制造人员所组成的具有一定功能的统一整体；从功能上看，机械制造系统是一个输入各种制造资源、输出市场所需产品的输入/输出系统；从运作过程看，制造系统可看成是产品的生命周期全过程，包括市场分析、产品设计、工艺规划、制造装配、检验、产品销售及售后服务等各环节的制造全过程。制造系统通过整体的计划、协调使系统内容各环节有序运作，以获得最佳的生产效果。

3) 制造系统基本组成

(1) 功能组成。制造作为一个系统，由若干个具有独立功能的子系统构成，其主要子系统及其功能如下。

- ① 经营管理子系统：确定企业经营方针和发展方向，进行战略规划、决策。
- ② 市场与销售子系统：市场研究与预测，销售计划，销售与售后服务。
- ③ 研究与开发子系统：开发计划，基础研究与应用研究，产品开发。
- ④ 工程设计子系统：产品设计，工艺设计，工程分析，样机试制，试验与评价，质量保证计划。
- ⑤ 生产管理子系统：生产计划，作业计划，库存管理，生产过程控制，质量控制，成本管理。
- ⑥ 采购供应子系统：原材料及外购件的采购，验收，存储。
- ⑦ 资源管理子系统：设备管理与维护，工具管理，能源管理，环境管理。
- ⑧ 质量控制子系统：收集用户需求与反馈信息，质量监控，统计过程控制。
- ⑨ 财务子系统：财务计划，企业预算，成本核算，财务会计。
- ⑩ 人事子系统：人事安排，招工与裁员。
- ⑪ 车间制造子系统：零件加工，部件及产品装配，检验，物料存储与输送，废料存放与处理。

上述各功能子系统既相互联系又相互制约，形成一个有机的整体，如图3所示，从而实现从用户订货到产品发送和售后服务的生产全过程。

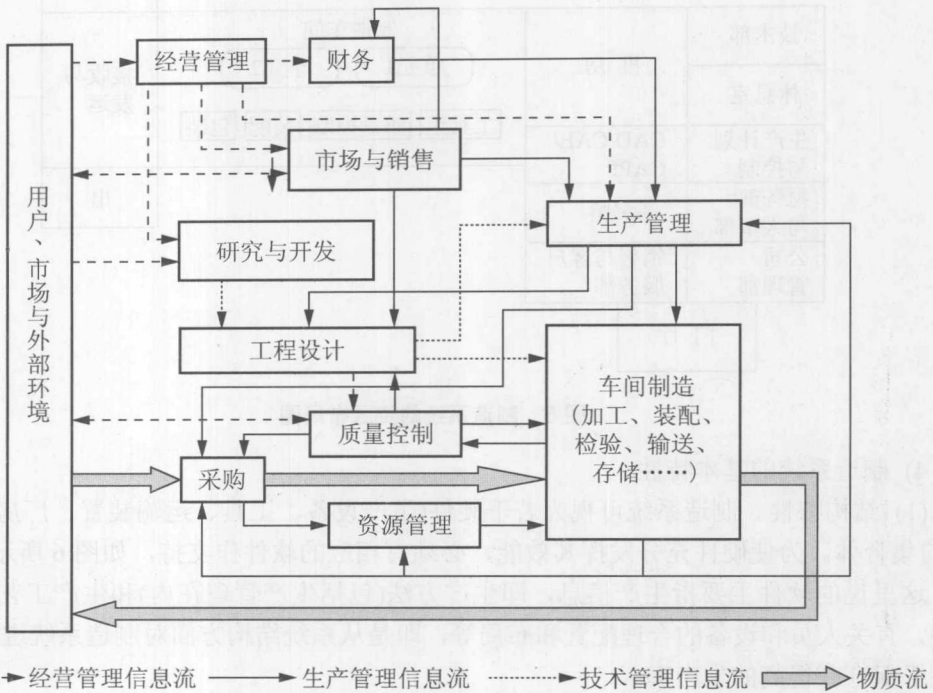


图3 制造系统功能结构

(2) 组织组成。组织指责任人和工作的联系，流程—人—技术三角形是制造系统运行管理中的三个基本方面，项目管理、人力资源管理和技术资源管理三方面的密切合作支撑制造系统中各功能的正常运行。图4所示为一个典型制造系统的组织组成，该图反映出制造系统的层次性。

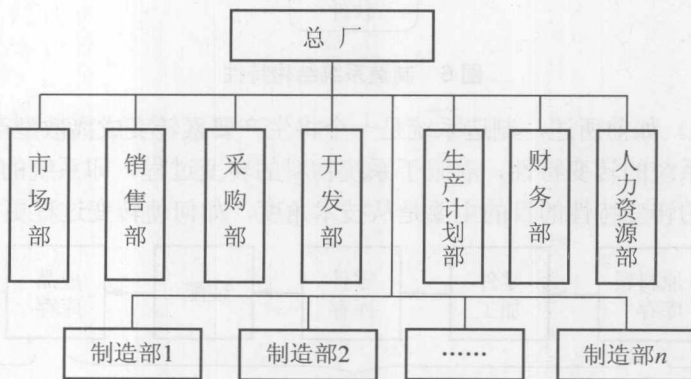


图4 制造系统组织组成

(3) 资源组成。制造资源是为完成特定任务而需要的内容，主要包括材料、人、技术、设备、信息、资金、能源和时间。图5为一个制造企业的资源布局图。

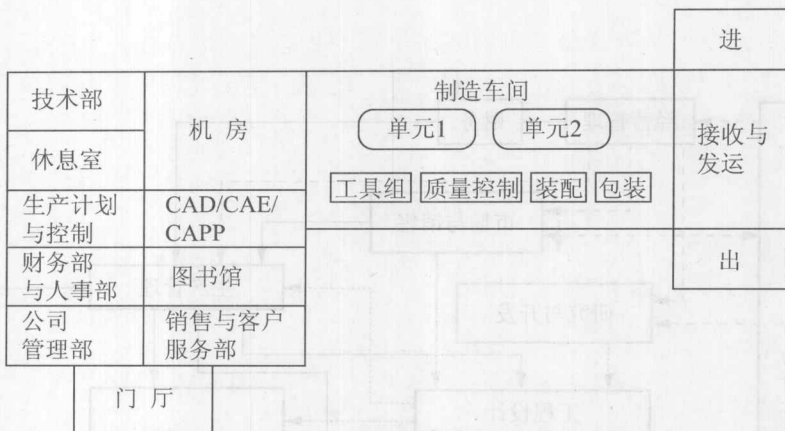


图5 制造系统的资源布局图

4) 制造系统的基本特性

(1) 结构特性。制造系统可视为若干硬件(生产设备、工具、运输装置、厂房、劳动力等)的集合体。为使硬件充分发挥其效能,必须有相应的软件作支持,如图6所示。

这里说的软件主要指生产信息,即生产方法(包括生产管理在内)和生产工艺。工厂设计中,有关人员和设备的合理配置和布局等,即是从系统结构方面对制造系统进行研究,目的在于保证获得高的生产率。

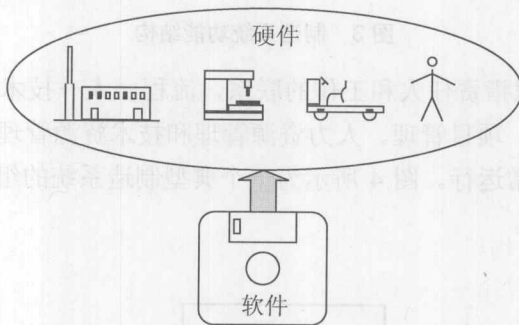


图6 制造系统结构特性

(2) 转变特性。如前所述,制造系统是一个将生产要素转变成离散型产品的输入/输出系统,研究制造系统的转变特性,着眼于系统物料的转变过程,即系统的物质流,如图7所示。研究系统的转变特性的目的主要是从技术角度,如何使转变过程更有效地进行。

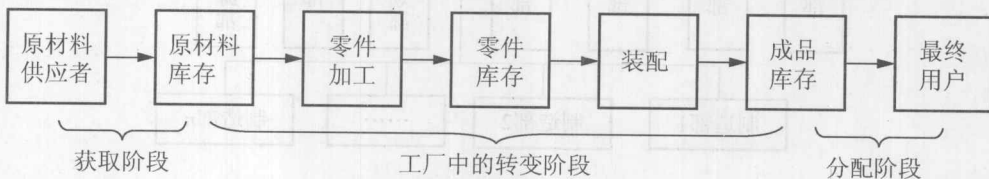
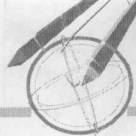


图7 制造系统的物质流

(3) 程序特性。所谓“程序”系指一系列按时间和逻辑安排的步骤。从这个意义出发,制造系统可视为是一个生产离散型产品的工作程序。研究制造系统的程序特性,着眼于制



造系统的信息流，主要从管理角度研究如何使生产活动达到最佳化。

生产程序主要包括两个方面：一是全局生产规划，用于处理生产系统及生产系统与外部环境之间关系的全局性的问题，如确定生产目标，规划生产资源，确定企业经营方针和发展战略等；二是具体生产管理(运行管理)，用于对具体的生产活动进行管理和控制，如图 8 所示。

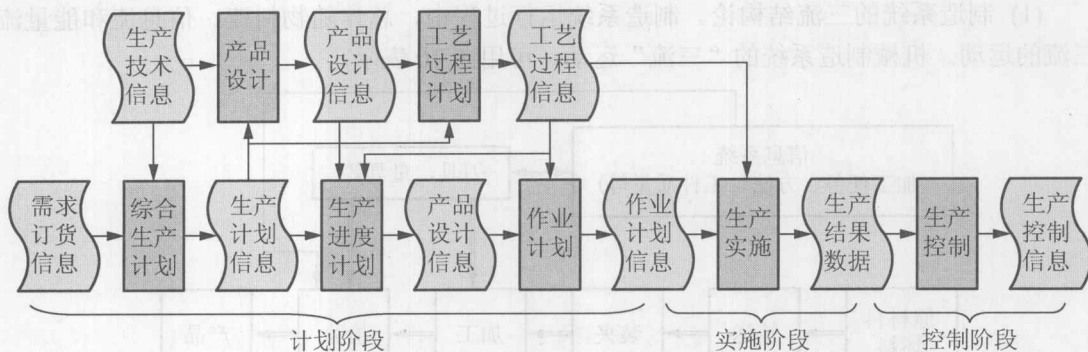


图 8 制造系统的程序特性

运行管理通常包括以下五个阶段。

① 综合生产计划：确定产品的种类和一定时间内的产量。

② 生产进度计划：又可细分为主控进度计划和物料需求计划。主控进度计划根据综合生产计划和市场(用户需求，确定最终产品的进度计划，物料需求计划则根据主控进度计划、产品构成以及生产周期，确定零部件的生产进度计划和原材料及外购件的订货计划。

③ 作业计划：根据物料需求计划、零件加工和机器装配工艺过程以及原材料和毛坯的供应情况，进行具体的任务分配和顺序的安排。

④ 生产实施：按作业计划进行实际生产作业活动。

⑤ 生产控制：对生产实施过程中的偏差进行测定与调整。

综合考虑技术与管理两个方面的信息，常常将物料生产过程划分为产品设计、生产准备和生产实施三个阶段，如图 9 所示。

产品设计阶段	研究与开发
	确定产品技术规格
	功能设计
	产品设计
	样机试制
	产品修改设计与定型
生产准备阶段	工艺过程设计
	工艺过程优化
	工艺装备设计
	工艺装备制造(购买)
	工艺装备调整
生产实施	生产计划制定
	原材料与毛坯准备
	零件加工
	部件与产品装配
	检验
	包装与运输

图 9 产品生产过程的三个阶段

5) 制造系统的分类

针对不同的特定制造任务，需要有不同的制造系统，因此，亦有许多方法对制造系统进行分类。如：按生产批量大小分，有小批量制造系统(产品品种多、生产量小，柔性好，但生产效率低)、中批量制造系统、大批量制造系统(按流水线方式组织生产)；按生产策略不同分，有按订货设计、按订货制造、按订货装配、按库存的制造；按生产布局不同分，有功能布局、项目布局、流水线、成组布局；按生产计划模式分，有 MRP II 系统(将库存管理和生产进度计划综合考虑，按需求下达指令至各工序，工序间由库存作缓存以应

付突发事件)、JIT 系统(实现无库存的生产)。

6) 现代制造观

与传统的制造观念以机械技术为核心,只注重生产中物料流与能量流,技术与管理分离相比,现代制造除融入不断发展的新技术外,更提升了信息在制造中的重要作用和地位,形成了由系统论、信息论、控制论角度系统分析制造过程的现代制造观。

(1) 制造系统的三流结构论。制造系统运行过程中,总伴随物料流、信息流和能量流三流的运动。机械制造系统的“三流”运动,可用图 10 表示。

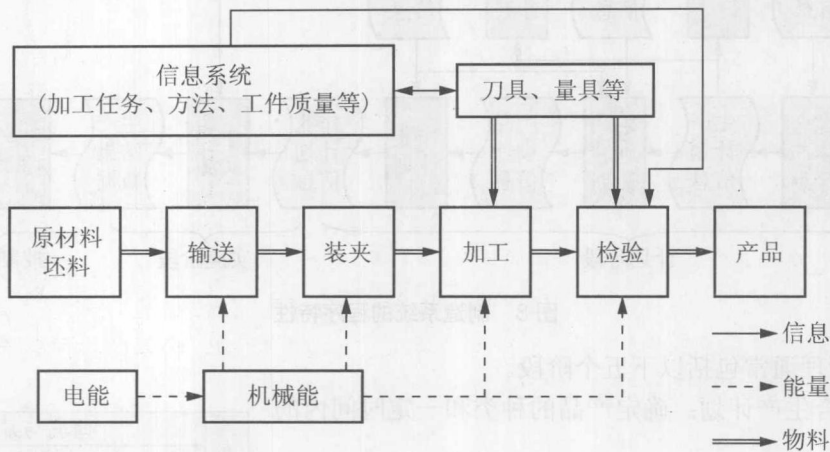


图 10 制造中的“三流”运动

① 物料流：系统输入原材料或坯料，以及相应的刀具等工装、润滑油、冷却液及其他辅料等，经输送、装夹、加工、检验等过程输出半成品或成品，这种制造中物料的输入、输出的动态过程便是物料流。

② 信息流：制造中所集成的加工任务、加工工序、加工方法、刀具状态、零件要求、质量指标、切削参数等所有静态与动态信息的交换和处理过程构成制造中的信息系统，信息系统通过与制造中各状态进行信息交换，有效控制制造中的效率与质量。该信息在制造中的作用过程便是信息流。

③ 能量流：能量流是一切运动的基础，制造中维持各运动时，能量的传递、转换、消耗等能量运动便是能量流。

任何制造中均存在这基本“三流”，“三流”之间互相联系、影响，形成不可分割的有机整体。

(2) 现代制造的信息制造观。现代制造中，信息的作用越来越重要。首先，信息是连接各系统要素使系统形成一定生产组织结构的纽带；其次，制造中信息投入已成为决定产品价值的主要因素；再者，信息已成为制造系统中与设备同样重要的资源；现代制造也要求不断提高信息处理能力。因此，制造过程的实质是对制造中各种信息资源的采集、输入和处理的过程，而最终所形成的产品可看成是信息的物质表现。由信息角度看，制造过程是一个使原材料的价格降低，使产品信息含量提高的过程。

(3) 制造系统的人机一体化。人在制造自动化系统中有着机器不可替代的作用，尤其是对信息与知识的处理及对生产方面的控制等。而发挥人的核心作用，将人作为系统结构



中的有机组成部分,采用人机一体化的技术路线,使人与机器处于优化合作的地位,实现制造系统中人机一体化的人机集成决策机制,使人与机器协作工作,取得制造系统的最佳效益。

(4) 制造系统的集成决策观。制造系统是复杂的大系统,其决策优化必须通过集成途径解决。集成决策观的思想主要有如下体现:

① 时间、成本、质量、柔性和环境性是系统总体优化目标,进行系统这些目标的总体决策时应用集成思想加以考虑。

② 制造中人(或组织)、技术和经营管理三大要素应在集成基础上互相协调,共同发挥主要作用。

③ 通过信息集成提高制造系统的信息处理能力。

④ 通过功能集成使系统内各功能更加完善合理。

⑤ 通过过程集成优化制造系统运行。

⑥ 通过企业间集成,实现资源共享、优势互补、提高企业市场竞争力。

研究制造系统的功能结构和系统特性,其目的都是为了使制造系统中的物质流与信息流有机地结合起来,使系统的硬件和软件有机地结合起来,使制造工艺和生产管理有机地结合起来,以达到系统的最佳配置,最佳组合和最佳运行状态,获得整体最优效果。这便是从系统的观点研究制造和制造技术的基本出发点。

机械制造业的发展及其在国民经济中的地位

1. 机械制造业的发展

(1) 人类文明的发展与制造业的进步密切相关。早在石器时代,人类就开始利用天然石料制作工具,用其猎取自然资源为生。到了青铜器和铁器时代,人们开始采矿、冶炼、铸锻工具,并开始制作纺织机械、水利机械、运输车辆等,以满足以农业为主的自然经济的需要。此时,采用的是作坊式的以手工劳动为主的生产方式。

(2) 直至 18 世纪 70 年代,以瓦特改进蒸汽机为代表,引发了第一次工业革命,产生了近代工业化的生产方式,手工劳动逐渐被机器生产所代替,机械制造业逐渐形成规模。到 19 世纪中叶,电磁场理论的建立为发电机和电动机的产生奠定了基础,从而迎来了电气化时代。以电力作为动力源,使机械结构发生了重大的变化。与此同时,互换性原理和公差制度应运而生。所有这些使机械制造业发生了重大变革,并进入了快速发展时期。

(3) 20 世纪初,内燃机的发明,使汽车开始进入欧美家庭,引发了机械制造业的又一次革命。流水生产线的出现和泰勒科学管理理论的产生,标志机械制造业进入了“大批量生产”(Mass Production)的时代。以汽车工业为代表的大批量自动化生产方式使得生产率有了很大提高,从而使机械制造业有了更迅速的发展,并开始成为国民经济的支柱产业。

(4) 第二次世界大战后,电子计算机和集成电路的出现,以及运筹学、现代控制论、系统工程等软科学的产生和发展,使机械制造业产生了一次新的飞跃。传统的自动化生产方式只有在大批量生产的条件下才能实现,而数控机床的出现则使中小批量生产自动化成为可能。科学技术的高速发展,促进了生产力的极大提高。传统的大批量生产方式已难以

满足市场多变的需要，多品种、中小批量生产日渐成为制造业的主流生产方式。

(5) 20 世纪 80 年代以来，信息产业的崛起和通信技术的发展加速了市场的全球化进程，市场竞争更加激烈。为了适应新的形势，在机械制造领域提出了许多新的制造哲理和生产模式，如计算机集成制造(CIM)、精良生产(LP)、并行工程(CE)、敏捷制造(AM)等。

① 计算机集成制造是信息技术和传统制造技术相结合的产物，其宗旨是提高制造企业生产率和对市场的响应能力，其核心在于利用信息技术使企业的各个“自动化孤岛”和生产全过程集成起来，以取得更大的效益。

② 精良生产是对日本丰田公司生产方式的一种描述，其实质是除掉生产活动中的一切“冗余”，实行准时生产(Just In Time, JIT)。

③ 并行工程是对产品及相关过程(制造过程和支持过程)进行并行、一体化设计的一种系统化的工作模式。这种工作模式力图使设计者从一开始就考虑到产品全生命周期中所有因素，以最大限度地缩短产品开发周期，减少设计失误。

④ 敏捷制造提出“虚拟企业”的概念，意在建立柔性化、模块化的设计方法和制造系统的基础上，实现企业内部与外部更广泛的集成，以进一步增强快速响应市场能力和形成竞争优势。

(6) 进入 21 世纪，机械制造业正向自动化、柔性化、集成化、智能化和清洁化的方向发展。

2. 机械制造业在国民经济中的地位

(1) 如前所述，制造业是生产离散型产品的企业，而离散型产品又是具有直接使用价值的产品，与生产活动和人民生活息息相关。当今制造业不仅是科学发现和技术发明转换为现实规模生产力的关键环节，并已成为为人类提供生活所需物质财富和精神财富的重要基础。良好的人居环境，充分的能源供给，便捷的交通和通信设施，丰富多彩的印刷出版、广播影视和网络媒体，优良的医疗保健手段，可靠的国家和社区安全以及抵抗自然灾害的能力等，均需要制造业的支持。图 11 所示显示了当今制造业的社会功能。

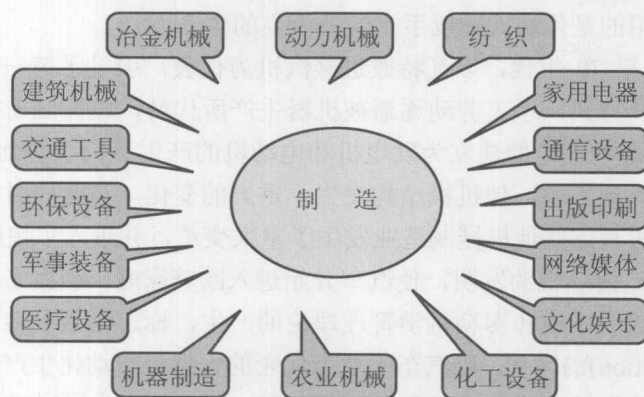


图 11 当今制造业的社会功能

(2) 制造业在国民经济中的地位可以用以下几个简单的数字来进行说明：美国 68% 的财富来源于制造业；日本，国民经济总产值的约 49% 由制造业提供。在先进的工业化国家中，约有 1/4 的人口从业于制造业，在非制造业部门中，又有约半数人员的工作性质与制