

现代制造技术系列教材

制摇造摇系摇统

郑力摇陈恳摇张伯鹏摇编著

清 华 大 学 出 版 社

(京)新登字 158 号

内容简介

本书分为三个部分,在制造系统基础部分,着重介绍制造业和制造系统的基本概念,并从系统的角度介绍制造系统的性能评价指标;在制造生产系统部分,系统地介绍生产系统,即材料流系统的分析方法,如:规划论方法、排队论方法等。以此为基础,介绍几类常见的生产系统设计问题的求解方法;在制造信息系统部分,则着重介绍信息系统的基本组成、分析手段,并给出基本的设计步骤。本书围绕制造系统,以系统的视角,从材料流和信息流两个角度介绍制造系统的基本分析和设计方法。本书主要供机械、汽车、电子、航空航天等专业的本科生作为制造技术的专业基础课教材,也可供制造工程师和相关技术人员参考。

书名:制造系统

作者:郑力 等编著

出版者:清华大学出版社(北京清华大学学研大厦 邮编 100084)

发行:新华书店总店北京发行所

印刷者:北京环球印刷厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开本:16开 印张:15.5 字数:350千字

版次:1994年 1月第 1版 1994年 1月第 1次印刷

书号:ISBN 7-302-01584-1

印数:1000~2000

定价:10.00元

《现代制造技术》系列教材

出版说明

近半个世纪以来,制造技术的发展日新月异。特别是近 20 年来,随着科学技术的迅猛发展,尤其是以计算机、信息技术为代表的高新技术的发展,使制造技术的内涵和外延发生了革命性的变化,传统制造技术不断吸收信息、材料、能源及管理等领域现代成果,综合应用于产品的设计、制造、检测、生产管理和售后服务。在生产技术和生产模式等方面,许多新的思想和概念不断涌现,而且,不同学科之间相互渗透、交叉融合,衍生新的研究领域,迅速改变着传统制造业的面貌。

在实际工作中,我们迫切感觉到需要一套系列教材,既能反映现代制造技术的进展,又有反映制造技术的基本原理。因此,围绕着教学改革,清华大学制造工程研究所将陆续编写和出版一套制造技术教材,以满足机械制造及其自动化专业的教学需要,尤其是满足我校“本硕贯通培养”教学改革的需要。

由于教育改革的步伐很快,组编和出版这套教材是一次尝试,我们热忱欢迎选用本系列教材的老师、学生和科技工作者提出批评和建议。

《现代制造技术》系列教材

编辑委员会

2000年1月

现代制造技术系列教材丛书编辑委员会

主任：金国藩

副主任：汪劲松 王先逵

委员：（按姓氏笔划）

叶蓓华 冯之敬 成晔 陈恩

郑力 郁鼎文 徐家球 张昆

潘尚峰 赵广木 冯平法

前摇摇言

1998年清华大学精密仪器系制造工程研究所根据制造科学与技术的新发展,提出了新设制造系统课程,同年张伯鹏、郑力等教师开始在清华大学对研究生开设制造系统课程。1999年则开始面向清华大学本科生开设该课程。与传统的制造类课程不同,制造系统着重以系统的视角,介绍制造的基本分析和设计方法,其基本体系是一个基础和三个系统:制造系统基础与制造工艺系统、制造生产系统和制造信息系统。考虑到制造工艺系统已在其他教材中讲述,所以在本书中只包含了制造系统基础、制造生产系统和制造信息系统三个部分。

本书不同于工业工程类的制造系统教材,它是一本针对技术类学生的制造系统教材,因此,它强调对基本概念的论述、对基本方法的系统介绍和实用的设计步骤。

本书的第1章介绍制造系统的基本概念,第2章介绍制造系统的组成,这两章是全书的基础。第3章到第5章讲述制造生产系统。第3章系统地介绍生产系统的基本分析方法,包括规划论方法、排队论方法和仿真方法等;第4章基于典型的生产系统设计问题,介绍它们的求解步骤和方法;第5章则介绍生产系统运行中的典型问题及其求解方法。第6章到第8章讲述制造信息与控制系统。第6章介绍制造信息和控制系统的运行平台;第7章讲述制造信息和控制系统的模型;第8章重点介绍信息系统的集成;第9章讲述制造信息和控制系统的理论和分析方法;第10章则讲述实际的工程实施。

本书主要供机械、汽车、电子、航空航天等专业的本科生作为制造技术的专业基础课教材,也可供制造工程师和相关技术人员参考。

本书的第1章到第5章由郑力编著,第6章到第10章及附录由陈恩编著,张伯鹏参与了所有章节的讨论与写作。作者在此特别感谢清华大学经济管理学院赵晓波副教授,他提供了本书中的许多实际例子。

写作一本提供给技术类本科学生的制造系统教材对我们来说是一个尝试,更是一个挑战,由于作者能力有限,本书距离预期要求还相差很远,书中谬误之处在所难免,恳请读者不吝赐教。

作摇者

1999年 9月于清华园

目摇摇录

第 员章 摇概论	员
员.1 摇制造的历史及其重要性	员
员.2 摇制造的定义与分类	源
员.3 摇制造的要素	苑
员.4 摇制造中的材料	员
员.5 摇制造的工艺	员
员.6 摇生产设备与工具	圆
员.7 摇制造系统	圆
第 圆章 摇制造装备	猿
圆.1 摇机床	猿
圆.2 摇物流系统	猿
圆.3 摇工具系统	缘
圆.4 摇其他设备	远
第 猿章 摇生产系统的分析方法	苑
猿.1 摇规划论方法	苑
猿.2 摇排队论方法	员
猿.3 摇启发式搜索方法	员
猿.4 摇仿真方法	员
第 源章 摇生产系统设计	员
源.1 摇设计方法	员
源.2 摇生产系统的资源规划	员
源.3 摇生产系统的布局设计	员
源.4 摇流水线的工序平衡设计	员
源.5 摇生产系统的缓存容量设计	员
第 缘章 摇生产系统的运行	员
缘.1 摇主生产计划	员
缘.2 摇库存控制	员
缘.3 摇材料与能力需求计划	员
缘.4 摇生产运行模式	员
缘.5 摇车间层控制与调度	员
第 远章 摇制造信息管理与控制系统的运行平台	员
远.1 摇基本概念和术语	员
远.2 摇系统的硬件平台	员

远缘摇系统的软件平台	员员
远源摇制造信息系统中的人员因素	员猿
第 苑章摇制造信息和控制系统模型	员缘
苑缘摇制造信息系统的信息流模型	员缘
苑源摇制造信息系统的功能模型	员远
苑猿摇制造信息系统的体系结构	员苑
苑源摇制造信息系统的控制模型	员怨
第 愿章摇制造信息系统集成	员圆
愿缘摇系统集成的基本概念	员圆
愿源摇制造系统集成结构	员猿
愿猿摇产品数据管理(孕酝云)集成技术	员愿
愿源摇制造系统集成基础环境	员猿
第 怨章摇制造信息和控制系统的理论和技术	员圆
怨缘摇离散事件动态系统和人工智能理论	员圆
怨源摇信息系统的建模方法	员源
怨猿摇信息系统常用开发方法	圆苑
怨源摇制造信息和控制系统的分类编码	圆猿
怨缘摇制造系统数据库的设计	圆缘
怨源摇网络系统的设计	圆愿
怨缘摇制造自动控制技术	圆源
第 员园章摇制造信息和控制系统的开发和工程实施	圆远
员园缘摇概述	圆远
员园源摇系统分析和开发软件工程	圆苑
员园猿摇系统的工程开发实例分析	圆猿
参考文献	圆猿
附录摇常用术语及缩写词表	圆缘

概 论

制造业的历史及其重要性

传统制造业及其技术

从 18 世纪中叶开始,传统制造业及其技术经历了工场手工加工制造业、19 世纪的工业革命及其机器蒸汽机技术时代、20 世纪至 21 世纪初的电气技术时代等三个阶段的发展和完善过程。在各阶段,生产力的发展和科学技术的进步,以及社会需求的提高,都为传统制造业的发展及其技术的提高创造了必要的条件和科学技术基础。

18 世纪中叶西方工场手工加工制造业的兴起

在 18 世纪中叶,工场手工加工制造业的兴起,具备机器三要素(工作机、传动机、动力机)的钟表、水磨机等传统机械雏形的出现,奠定了传统制造业的发展基础和技术,而殖民扩张和世界贸易的增长,为提供廉价竞争产品,使手工业者联合生产同一产品,形成以分工为基础的协作工场手工制造业,为大机器生产提供了工艺前提。

19 世纪的西方工业革命(机器蒸汽时代)

1769 年瓦特发明了蒸汽机,标志着机器蒸汽动力时代的到来,工场手工制造业向传统的大机器制造业发展。在这一阶段,1791 年莫兹利发明了有移动刀架和导轨的机床,为制造提供了机械加工基础装备,并制造出满足加工、纺织、矿山、农业、化工、机械制造、原材料、交通运输、通讯和建筑等不同行业需求的各种机器。这些技术和大机器的产生,促使早期传统制造工业以及以机器和蒸汽动力技术为核心的各类技术相互联结和依存的工业技术体系的形成。

20 世纪至 21 世纪初传统制造业和技术的革命性全面发展(电气时代)

蒸汽机在 19 世纪给制造业提供了动力,使各种非自然或人力的大机械的产生成为可能,并初步形成了传统制造业及其制造技术体系,为 19 世纪至 21 世纪初传统制造业的全面发展和完善建立了技术基础。到 20 世纪,工业革命继续发展,生产规模逐渐扩大,产品需求对制造材料的质量要求提高,使早期的传统制造技术体系与社会发展和需求产生矛盾。这些矛盾随着 20 世纪新型冶炼技术(大型冶炼技术、合金冶炼技术)、内燃机技术(戴姆勒-奔驰的四冲程煤气内燃机、瓦特具有高热效率)、电气技术(电机、电报和电话、电能

及其传输)的发明和完善,随着亨利·福特的大规模生产方式和技术的出现(汽车装配生产线、零件互换技术),产生了工业技术的全面革命和创新,传统制造业及其大工业体系也随之建立和逐渐成熟,近代传统制造工业技术体系的形成,其特点是以机械、原电力技术为核心的各类技术相互联结和依存的制造工业技术体系。

源传统制造业及其技术的特点

由于传统制造是以机械、原电力技术为核心的各类技术相互联结和依存的制造工业技术体系,其支撑技术的发展,决定了传统制造业的生产和技术特点:

(员) 单件小作坊式生产加高度的个人制造技巧,大量的机械化刚性规模生产加一体化的组织生产模式,再加细化的专业分工;

(圆) 制造技术的界限分明及其专业的相互独立;

(猿) 制造技术一般仅指加工制造的工艺方法,即制造全过程中某一段环节的技术方法;

(源) 制造技术一般只能控制生产过程中的物质流和能量流(原材料到产品的物质流过程、能量的投入、转换和消耗过程);

(缘) 制造技术和制造生产管理的分离。

现代制造及其技术的发展

现代制造及其技术的产生

19世纪末,自然科学和工业技术进入了鼎盛发展时期,出现了许多划时代的科学发现和新技术发明,并相应建立了新的自然科学理论和新的学科体系,为能量驱动型的传统制造向信息驱动型的现代制造发展奠定了理论基础,创造了技术条件。这些科学和技术进展可归纳如下:

(员) 19世纪末自然科学的全面发展:19世纪末,自然科学领域进入了一个全面发展的时期,不断产生新的重大发现和创立新的科学理论体系。如:1895年 亨利·贝克勒发现放射性,1897年 詹姆斯·汤姆逊发现电子,1903年 居里夫人发现镭,1905年 爱因斯坦提出狭义相对论,1925年 量子力学建立,人们对原子结构的认识,核裂变的发现,固体电子理论建立,高温和低温物理研究,超导发现等。在此基础上,本世纪兴起了粒子物理学、现代宇宙学、量子化学、分子生物学、环境科学和脑科学等新学科,现代数学也得到发展(数理逻辑和集合论、非标准分析、突变论、模糊数学等),并且贝塔朗菲于1955年提出系统论,1956年 申农创造并在 20世纪60年代后全面发展了信息论,1958年 维纳创造控制论。

(圆) 新技术的产生:自然科学的全面进步,促进了新技术的发明和创造,老技术的革新、发展及完善,产生了新兴材料技术(新冶炼技术、新合金材料、高分子材料、无机非金属材料、复合材料等),新切削加工技术(数控机床、新刀具、超高速和精密加工),大型发电和传输技术,核能技术,微电子技术(集成电路、计算机、电视、广播和雷达),自动化技

术、激光技术、生物技术和系统工程技术。

(獾) 社会发展对制造技术提出了需求:人类社会跨入 20 世纪后,物质需求不断提高,在科学和技术进步的同时,受到地球有限资源和环境条件约束,随着全球市场的逐渐形成,世界范围的竞争日益加剧,日益提高的生活质量要求与世界能源的减少和人口增长的矛盾更加突出。因此,社会发展对其经济支撑行业——制造业及其技术体系提出了更高的要求,要求制造业具有更加快速和灵活的市场响应、更高的产品质量、更低的成本和能源消耗以及良好的环保特性,这一需求促使传统制造在 20 世纪开始了又一次新的革命性的变化和进步,传统制造开始向现代制造发展。

圆爱现代制造及其技术的形成和发展特点

社会发展和市场发展以及生活质量的提高向制造业提出了新的需求,而科学和技术的进步为制造业的革命提供了理论和技术条件。特别是现代数学、系统论、控制论和信息论等理论和学科的创建和进展,新材料技术、数控技术、微电子技术和自动化技术的提出和发展,使传统制造及其技术体系,在 20 世纪开始向现代制造及其技术体系发展。其过程呈现如下特点:

(员) 在制造的生产规模上,从单件小批量→少品种大批量→多品种变批量的发展;

(圆) 在生产方式上,呈现出从劳动密集型→设备密集型→信息密集型→知识密集型变化:

(猿) 制造装备的发展过程是手工→机械化→单机自动化→刚性自动线→柔性自动线→智能自动化；

(源)在制造技术和工艺方法上,现代制造在发展中,其特征表现为:重视必不可少的辅助工序,如加工前后处理;重视工艺装备,使制造技术成为集工艺方法、工艺装备和工艺材料为一体的成套技术;重视物流、检验、包装及储藏,使制造技术成为覆盖加工全过程的综合技术;不断发展优质高效低耗的工艺及加工方法,以取代落后工艺;不断吸收微电子、计算机和自动化等高新技术成果,形成悦阅悦尊悦智孕悦戥悦尊晕说悦量说配朵西杂悦圆杂隔裁隔奈等一系列现代制造技术,并实现上述技术的局部或系统集成,形成从单机到自动生产线等不同档次的自动化制造系统;

(缘) 引入工业工程和并行工程概念, 强调系统化及其技术和管理的集成, 将技术和管理的有机结合在一起, 引入先进的管理模式, 使制造技术及制造过程成为覆盖整个产品生命周期, 包含物质流、能量流和信息流的系统工程;

(远) 覆盖全生产过程(设计、生产准备、加工制造、销售和维修,甚至再生回收)。

员对制造的重要性

不论从技术角度、经济角度还是历史角度,制造都是极为重要的。

从技术角度

我们定义技术是应用科学提供社会所需的东西,大量有关技术的例子,如表 1.1 所示。

表 1 体现了各种技术的产品, 这些产品几乎影响着每一个人。

运动鞋	圆珠笔	移动电话	悦阅播放机
隐形眼镜	计算器	白炽灯	大屏幕彩电
易拉罐	微波炉	汽车	集成电路
工业机器人	微型计算机	不干胶纸	子午线轮胎
超音速飞机	合成材料	照片冲洗机	核磁共振扫描仪

制造是国家和民族创造财富的重要工具。以美国为例:制造业产值大约占其国民生产总值(即GDP)的 1/3 左右;自然资源业,像农业、矿业和石油业也创造财富,其产值略小于 1/3 左右;建筑业和公共事业(如水、电和煤气)的产值占全美 GDP 的 1/3 左右,比例略大于 1/3 左右;其余约 1/3 左右的份额是服务业(如零售业、运输业、银行业、教育和政府),其中政府服务产值与制造业产值接近,都占了 GDP 的 1/3 左右,但不同点是政府服务并不能创造财富。因此,在现代国际经济中,一个国家或民族想要有强大的经济和提供给她的人们较高的生活水平,一个强大的制造业(或有大量重要的自然资源)是必不可少的。

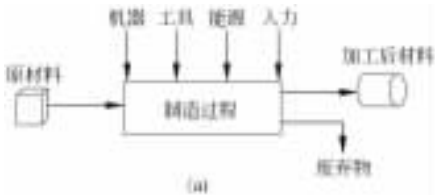
制造对人类文明的发展具有极为重要的影响。纵观历史,较为擅长制造物品的人类文化总是较为成功的。通过制造较好的工具,他们有更好的生活物品和武器,较好的生活物品使他们生活得更好,而较好的武器使他们在与别的文化发生冲突的时候战胜别人。从某种意义上,人类文明的发展历史就是人类制造物品能力的历史。

员因谣制造的定义

摇摇制造在英文中是 *manufacture*, 这个英文字起源于两个拉丁字 *manu* (译: 手) 和 *factum* (译: 做), 它的起源准确地反映了几百年来人们对制造的理解, 即用手来做。从那时起, 制造技术历经多次的革新, 如: 18 世纪 60 年代 *James Watt* (译: 瓦特) 提出的公差与可交换性概念; 19 世纪 40 年代 *Henry Ford* (译: 福特) 发明装配线; 在 20 世纪则有更多的发明 (数控、机器人、云计算)。“制造”从现代的意义有两个层面的定义, 一个是技术层面的, 另一个是经济层面的。

员舜技术定义

制造是运用物理或化学的方法改变毛坯(初始材料)的几何形状、特性和轱外观 ,最后制成零件或产品。制造包含将多个零件装配成产品的操作。完成制造过程必须结合机器、工具、能源和人力四个因素 ,如图 员舜 员舜所示。制造通常是一个操作序列 ,每一步都使得原材料更接近于所希望的状态。



圆舜经济定义

制造是通过一个或一组工艺操作(加工、装配等)将材料转变成具有更大价值的材料 ,如图 员舜 圆舜所示。经济定义的核心是通过改变材料的形状、性质或与别的零件结合 ,“制造”增加了材料的价值 ,即 :材料通过作用在它身上的制造操作而增值。如 :铁变成钢而增值 ,砂变成玻璃而增值 ,石油变成塑料而增值 ,塑料压成钢琴椅则进一步增值。

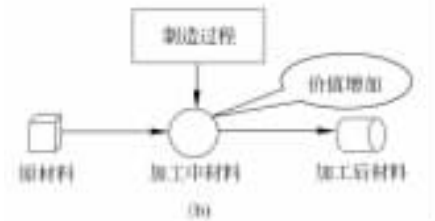


图 员舜 摇制造的定义
(舜 技术过程 ;舜 经济过程)

员舜 员舜 制造业及其产品

通常制造是由公司进行操作的商业活动 ,公司制造产品并销售给它的顾客。公司采用什么类型的制造取决于公司生产的产品。为了探索这种关系 ,首先考察以下制造业的类型和这些制造业所生产的产品。产业由能生产和提供产品与服务的企业和组织组成 ,产业常被分为第一、第二和第三产业 ,第一产业指那些开采自然资源的产业 ,如农业和矿业 ;第二产业利用第一产业的输出 ,并将其转化为消费品(生活资料)和生产资料 ,在第二产业中制造业占了很大的份额 ,但有些产业(建筑业)不属于制造业 ,第三产业又称服务业。

表 员舜 摇三个产业中的主要工业

第一产业	第二产业		第三产业	
农业	航空	装备	银行	修理
森林业	服装	金属装配	通讯	餐厅
渔业	汽车	食品加工	教育	零售
牧业	金属制造	玻璃和陶瓷	娱乐	旅游
矿业	饮料	重型机器	金融服务	交通
石油开采业	建筑材料	造纸	政府	批发
	化工	石油化工	医疗	
	计算机	制药	旅馆	
	建筑	塑料	信息	
	耐用电器	动力	保险	
	电子	印刷	法律	
	木材与家具	橡胶	房地产	

摇摇在本书中,制造意味着硬件的生产,范围从螺钉到计算机和军用装备。我们主要讨论离散型的制造,对于连续型的制造,不作仔细讨论,当然软件的生产在本书中也不涉及。

表 员缘列出了典型制造业及其产品。制造的产品通常分为两类:生活资料(消费品)和生产资料。消费品(电视)直接由消费者购买,而生产资料(机床)则由公司购买来制造别的产品,此外还有大量的非最终产品(螺钉),它们被用来装配成最终产品。因此,制造业有着非常复杂的结构,它包含多种门类和多层中间供应商。

两个产品特性(批量和品种)对产品制造中人员、设备和工艺的组织有着非常重要的影响,产品批量指企业在单位时间里生产特定产品的数量,通常产品批量被分为三类:小批量:每年生产小于 员万件;中批量:每年生产 员万件~ 员万件;大批量:每年生产大于 员万件。这种分类有一定的模糊性,它还与生产的产品品种有关。

产品品种指企业生产不同产品的种类数,一个企业每年生产很多种产品,它被认为是多品种生产。尽管产品品种可以被定量的定义,但其内涵远不如产品批量确切,原因在于很难确切地定量定义其不同。如汽车和空调的不同与不同颜色的汽车之间的不同在程度上有很大区别。因此我们必须区分小的不同和大的不同,为此我们定义软产品品种和硬产品品种。软产品品种指的是产品之间有较小的不同,而这种不同的产品可以在同一条生产线上生产,如不同颜色的汽车;硬产品品种指的是产品之间有较大的不同,如小卧车和卡车。企业进行多品种生产的能力很大程度上取决于企业最小化产品品种之间不同的能力。

表 员缘 典型制造业及其产品

工摇业	产品举例	工摇业	产品举例
汽车工业	小轿车、卡车	冶金工业	钢铁
航空工业	飞机	金属制品	加工零件
计算机工业	工作站	重型机械	机床
耐用消费品	洗衣机	橡胶工业	轮胎
消费电子	电视机		

摇摇不同的企业有着不同的特点,有的企业生产许多种类的产品,但每种产品的批量却不大,而有的企业只生产一种产品,但生产的批量相当大。大量的调查发现产品品种和批量之间存在反比关系,当一个企业生产较多品种的产品时,其产品批量往往较小,而企业从事单一产品的制造时,其产品批量通常较大。

员缘 摇摇制造能力

制造企业不可能是全能的,它只能制造某些产品,这是由于企业制造能力的限制。制造能力指的是企业或工厂在技术和物理上的限制。制造能力通常有以下几个方面。

员援 工艺能力

工艺能力是指企业拥有的制造工艺的集合。如:有的企业从事切削加工,另一些企业

则从事压力加工,而汽车厂则装配汽车。没有一个车间可以完成所有的制造工作。工艺能力还与被加工的材料有关,因为材料与工艺密切相关。工艺能力不仅指所具有的物理工艺,而且指完成工艺所需要的工艺经验。企业受限于它的工艺能力,它必须将精力集中于具有竞争力的工艺能力所能制造出的产品上。

物理产品限制

制造设备对它的加工对象有几何尺寸和重量的限制,车间本身也会限制产品的物理特性,如重的产品很难移动,车间需要天车,大批量生产的小件产品通常需要传输带。设备、物流系统和车间大小会对产品的物理特性产生限制。

生产能力

生产能力指在给定的条件下单位时间能够生产产品的最大数量,对于单一产品,可以用件/时或吨/时等来表示,而对于多元产品往往用可用的劳力数来表示。

制造的要素

制造被认为是一个系统,它的输入是产品的设计,而它的输出则为送到市场的产品,制造领域综合了工程和管理多个方面,通常我们将制造问题分为三个方面:制造工艺、制造设备和制造系统。

制造系统是由材料流和信息流约束的人和设备的结合体,设计和操作制造系统需要工程和管理多方面的知识和经验,通常在决策时要考虑四类因素,我们称之为制造的四要素。它们是:成本、时间、柔性和质量。由四个要素组成的四面体的四个顶点(如图 1-1 所示)反映了对制造的基本要求,而它们之间的联接则反映了要求之间的相互关系。对于一个制造系统来说,使四个要素同时达到最优是不可能的,只能折中选择。在不同年代,对四个要素的折中选择是不同的。在 20 世纪初,以美国汽车工业为代表的大批量生产,其选择的重点是成本和时间(生产率),到了 20 世纪 70 年代,日本和德国进入世界市场的法宝是质量,而从 80 年代起柔性成为制造工业竞争的武器。为了精确可靠地评价不同的制造方案,需要对制造的四个要素进行准确的定义和建模。

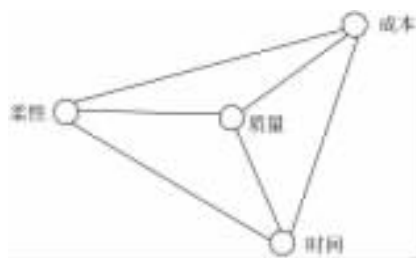


图 1-1 制造四面体

成本

广义地讲产品的成本包含制造商成本、用户成本和社会成本,见表 1-1,产品成本发生在从产品构思到制造、使用和回收的每一阶段。成本估计的方法有三大类。

参数模型法

建立成本和产品关键参数的关系,如产品关键性能和关键制造方法的关系,通过回归分析历史数据获得成本估计方程(模型)。通常关键参数包括:制造复杂性、设计相似性、产品重量和性能。车间面积和车间建造费用的关系就是一个简单的成本估计方程。参数模型法是一种自上而下的方法,须建立产品的成本分解结构树(产品建造成本分解树),将产品分解成一组部件,再运用成本估计方程建立整个成本和关键参数的关系。参数模型法的优点是简单和快速,并有一些商业应用系统(如:针对航空工业的 MRP 系统),它的缺点是很难应付应用新技术的产品成本估计问题。

表 1 产品的全生命周期及其成本

	制造商成本	用户成本	社会成本
设计	市场调研 开发		
生产	材料 能源 装备 人工:包括操作、维护和管理人员的工资 等直接费用与培训等间接费用 资金费用		废弃物 污染 健康损伤
使用	运输 存储 废弃 损坏 保修服务	运输 存储 能源 材料 维护	包装 废弃物 污染 健康损伤
处理和回收		垃圾处理 回收月费	废弃物 处理 污染 健康损伤

相似模型法

找到相似产品或零件,并辨识它与相似零件的不同,从而通过调整相似零件的成本而获得它的估计成本,这种方法主要取决于估计者的经验和他对产品的熟悉程度。

详细模型法

一个详细模型通过估计工时和工时费率、材料用量和材料价格来计算直接成本,再通过某种分配方式来估计间接成本。与其他模型不同,这种方法在任务和作业层次上进行成本估计,它是一种最费时和高成本的方法,因为它要求具有对产品和过程的非常详细的知识,但同时它也是最精确的成本估计方法。详细模型方法是一种自下而上的方法,它的最大难点是间接成本的计算,特别在今天产品间接成本的比例越来越高的情况下,有些学

往往意味着低的生产成本和质量,如果我们用一个刚性的自动线方案来满足高生产率的要求,这又意味着低的柔性。

理论生产率又被称为机器周期,即单位时间里加工的件数。实际上由于整个制造系统的种种随机性(如机床故障),实际的生产率只能接近于理论生产率,通常我们还用系统产量来表征实际生产率。实际生产率主要取决于系统内设备的可靠性和系统的结构。如一条串联的流水线,如果每台机床的机器周期是 $\frac{1}{n}$,可靠性是 $\frac{1}{n}$ 且机床间无缓冲区,那么单台机床的生产率是 $\frac{1}{n}$,两台机床组成的生产线的线生产率是 $\frac{1}{n}$,三台机床组成的生产线的线生产率是 $\frac{1}{n}$,四台机床组成的生产线的线生产率是 $\frac{1}{n}$,五台机床组成的生产线的线生产率是 $\frac{1}{n}$,六台机床组成的生产线的线生产率是 $\frac{1}{n}$,七台机床组成的生产线的线生产率是 $\frac{1}{n}$,八台机床组成的生产线的线生产率是 $\frac{1}{n}$,九台机床组成的生产线的线生产率是 $\frac{1}{n}$,十台机床组成的生产线的线生产率是 $\frac{1}{n}$,如果改变流水线结构,在每两台机床间增加足够缓存,则线生产率将等于单台机床的生产率。

柔性

从本世纪初,成本和生产率一直是制造最重要的目标。然而近几十年来,一方面随着生活水平的提高,人们对产品个性化提出越来越高的要求,这使得新的制造系统不得不应付多品种小批量的生产,而另一方面市场的快速变化,使生产对象的不确定性大为增加,这些都对制造系统提出了新的要求,即柔性。柔性要素一方面对制造系统的竞争力有着极为重要的影响,是20世纪80年代制造系统研究中最活跃的要素,如:可重组制造、精良生产和敏捷制造的概念都与柔性要素有着密切关系,但另一方面,却缺少一个一致而明确的定义,不同的人从不同的角度有着不同的定义。柔性的定义有着两类不同的思路,一些人从柔性这个词的本意出发,另一些研究者则从别的学科进行衍生定义。

Stevenson从控制论的角度给出了柔性的定义:在外部状态发生改变时,系统保持现有状态的能力,这时柔性可被理解成一种适应能力。Stevenson进一步发展了这种定义,他认为柔性可被看作是一个二维概念。第一,柔性看作是一个管理任务,目标是应付环境改变的控制能力的可扩展性,即系统组织是控制对象,而环境被看作是目标,因此柔性意味着成功控制环境的能力;第二,柔性看作是一个组织设计任务,目标是组织的可控性,即环境是控制对象,组织是目标,这时高柔性就是针对环境的低可控性。这种二维的概念产生了一悖论,前者要求组织具有柔性,适应环境的改变,而后者则要求组织保持某种稳定不会产生混沌,这个悖论意味着组织柔性必须混合保持和改变两个方面。

Stevenson等认为柔性是系统具有的一种通用的适应和改变能力,它所关心的是可达状态的范围、到达状态的时间和要求的不确定性。他们进一步将柔性分为范围柔性和响应柔性,前者反映柔性的静态方面,后者则反映柔性的动态方面。

Stevenson等则从经济学的角度提出柔性与短期成本曲线有着密切关系,成本曲线(成本随着状态改变的曲线)越平缓,则柔性越好。

Stevenson等定义柔性是制造系统适应环境和过程改变的能力,在这个定义中提出了柔