

摘 要

传统的大批量生产模式已不能适应现代市场的快速变化, 订单制造成为越来越多的制造企业的生产模式, 定制理论也成为众多科技人员的重要研究内容。

本文在现有定制理论研究的基础上, 对定制环境下的订单承接进行了较为系统的研究与探讨; 提出了一种订单承接快速响应的系统结构, 重点研究了订单生产过程的风险分析与评估、快速合理报价以及如何降低样品开发成本等订单承接过程中的三个关键技术问题。

本文描述了订单制造的含义、特点、工作流程、技术支撑及其发展趋势; 分析了作为应对订单制造的主要策略——大批量定制 (MC) 生产方式的研究现状及其在实际应用中的局限性, 同时也分析了非 MC 订单制造现有的研究成果。通过对订单承接在定制企业内外部运作过程中广泛影响的分析, 阐明了订单承接在面向订单制造中的关键作用; 分析了订单承接失败的原因, 提出了定制环境中订单承接快速响应的研究框架体系以及提高承接订单敏捷性和成功率的对策与方法。

本文将风险研究引入订单制造过程, 详细讨论了订单制造过程中的各种风险因素, 定性地研究了订单制造过程中风险的变化规律; 进而建立了订单制造过程的风险损失数学模型, 利用层次分析和网络层次分析法、模糊数学对制造过程的各个阶段以及整个订单的风险水平进行了计算; 通过实例说明了评估模型的使用方法并验证了其正确性。

本文阐述了报价设计在订单制造中的重要意义和面临的困难; 介绍了目前国内外常用的订单产品报价方法并分析了它们各自的不足之处; 在详细地研究订单产品报价的设计过程和报价工艺设计后, 利用现代制造业中 CAD/CAM、数控技术被大量使用的优势, 并结合数控加工工序集中的特点, 提出了一种基于工序单位时间产值的快速报价方法, 并建立了产品定价的数学模型。

鉴于样品的试制与开发是一个无直接经济效益、高报废率的制造过程, 本文提出了一种以最低报废损失为目标的工艺设计方法, 建立了工艺规划优化的数学模型; 并运用遗传算法进行了求解; 通过实例说明了该设计方法降低报废损失的效果。

结合作者开展课题研究所在企业的具体实况, 本文建立了一个定制生产订单承接快速响应系统, 并介绍了系统在企业中的实施方法和取得的成效。

关键词: 订单承接, 风险, 层次分析法, 网络层次分析法, 报价, 样品, 工艺规划, 遗传算法, 快速响应

ABSTRACT

Since the traditional mass production can no longer adapt to the rapid changes of the modern markets, customized production has been adopted by more and more manufacturing enterprises. As a result, theories of customized production have become a research focus for many researchers. On the basis of the already-made theoretic researches into customization, this dissertation makes a systematic study of order acceptance in the context of customization, proposes a system structure of prompt response in order acceptance(OA), and focuses on three key technical issues in order acceptance, namely risk analysis and evaluation, how to make quotations promptly and reasonably to the customers, and how to lower costs in sample development.

The dissertation describes the definition, features, flow of work, technical support and development tendency of made-to-order (MTO) manufacturing. While describing the present researches into non-mass-customization, the paper analyzes the limitations of mass customization (MC), which is a major strategy in dealing with MTO manufacturing, in real practice, and the importance of order acceptance in MTO manufacturing. Then it probes into the underlying causes of failure in order acceptance, proposes a framework system of prompt response in order acceptance in the context of customization production, and the countermeasures to improve the speed and success rate of order acceptance.

The dissertation introduces risk management into the process of MTO manufacturing, elaborates the risk factors in MTO manufacturing, makes a qualitative study of the rule of risk changes in MTO, and then moves on to a mathematical model of risk loss, which can be used to calculate the risk level of different stages or of the whole process of MTO manufacturing by fuzzy mathematics, Analytic Hierarchy Process (AHP) and Analytic Network Process(ANP) . A case is also cited to exemplify how to apply the evaluation method.

The paper then discusses the great significance of quotation in MTO and the

difficulties it encounters, analyzes various quotation methods widely used at home and abroad and their shortcomings. After a careful study of the designing and process planning of quotation, the author proposes a prompt quotation method based on the output value per unit time, and sets up a mathematical model of quotation.

Since the trial-manufacture and development of samples is the process of no directly economic benefit and high rejection rate, this dissertation suggests a process planning method which aims at the lowest rejection loss, and sets up a mathematical model of process planning. In optimized decision-making of multi-procedure process planning, adaptive genetic algorithm is employed to search for the optimum results. An example is given to prove how to reduce the rejection loss using the method.

Combining the reality of the enterprise in which the author carries out his research and using integrated thoughtway of CIMS, the paper develops a system of prompt response in order acceptance of customization production, and describes how this system work in enterprises and the results of applying this system.

Key words: order acceptance; risk; Analytic Hierarchy Process (AHP); Analytic Networks Process(ANP); quotation; sample; process planning; genetic algorithm; prompt response

原创性声明

本人声明：所呈交的论文是本人在导师指导下进行的研究工作。除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已发表或撰写过的研究成果。参与同一工作的其他同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

签名：谭翰星 日期 2008.12.25

本论文使用授权说明

本人完全了解上海大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留论文及送交论文复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部或部分内容。

（保密的论文在解密后应遵守此规定）

签名：谭翰星 导师签名：张永华 日期 2008.12.25

第一章 绪论

1.1 论文研究背景

定制生产 (Customization Production, CP) 已成为本世纪制造业极为重要的生产模式, 国内外众多的企业, 如 Motorola^[1], HP^[2], National^[3], 纷纷将传统的大批量生产模式改革为面向订单生产 (Order-Oriented Production, OOP) 的定制生产模式。拥有客户定制需要的订单是实施定制生产的前提条件, 没有订单, 企业的运营活动根本无法开展, 再先进的生产模式业、制造系统也将是一种装饰和摆设。因此对客户订单的争夺已成为制造企业市场竞争的核心, 只有获得订单的企业才能获得市场份额, 获得生存、发展的机会和空间, 取得竞争的胜利。

1.1.1 制造业面临的挑战与定制生产的兴起

随着全球经济的快速发展和人类物质文明的不断丰富, 消费者对产品的需求日趋个性化、多样化; 随着计算机、通讯、网络技术的飞速发展, 企业的各项活动已突破了时域、地域的限制, 经济全球化迅速膨胀。这些因素使得企业间的竞争愈来愈剧烈, 制造业的环境也发生了根本性的变化。在现代市场环境下, 企业正面临着如下系列的挑战:

(1) 消费者需求个性化、多样化。随着人类文明的发展和水平的提高, 人们越来越注重个性化的要求和发展, 而这种理念往往通过他们的消费来体现。这种消费方式要求市场必须提供越来越多的多品种、小批量、非标准化的产品和服务。

(2) 产品生命周期越来越短。科学技术的高速发展不断地催生出新的产品, 加上客户个性化要求的变化, 使得企业不得不快速地推陈出新来赢得市场和客户。

(3) 市场的不稳定性。随着经济全球化的进一步深化, 传统的相对稳定的市场已变成难以预测、动态多变的市场。产品数量和品种规格的不断丰富, 市场从“我有什么, 你买什么”的供方为主导的卖方市场转变为“我需要什么, 你提供什么”的买方为主导的买方市场。

(4) 交货期越来越短。价格虽然是消费者一直关心的重点, 但及早享受新产品的喜悦已越来越受到人们的追求。因此, 对客户需求的快速响应成了制造企业的重要战略之一。

以上的种种问题，迫使制造企业不得不重视对市场变化的反应速度，努力提高生产柔性和产品质量，降低成本。显然，传统的以库存量为调节的大批量生产模式显然已无法满足现代市场的需求，而以客户为中心，根据客户的要求组织企业运营的定制生产（CP）模式应运而生，并迅速在制造企业中得到广泛的推广和应用。

1.1.2 定制生产基本概念

1、订单（Order Form）

在定制生产中，订单是指客户提供给供应商用书面形式肯定的预先约定购买某种产品、零件的条约、合同。订单一般包括：预购的产品名称、数量、价格、交货时间与地点、客户的付款周期与方式以及双方违约的处罚等内容。作为订单的必需附件是客户对预购产品的技术、性能等要求，这些要求往往以图纸或文字的方式描述。

2、订单承接（Order Acceptance）

订单承接是指供应商对客户订单做出积极响应，并采取一些列措施获得客户订单的过程。

3、订单生产

订单生产也被称为订单制造（Make To Order, MTO）或订货生产，是企业接到客户的订单后，按照客户提供的图纸或要求，经过消化吸收后在规定的时间内加工制造出符合客户订单要求产品的过程，从订单产品形成的全过程来看，订单生产有广义和狭义两种解释。广义的订单生产是指企业在获得客户对产品的具体功能、使用要求的描述信息后，需完成从设计到制造再到装配的整个过程；而狭义的订单生产仅仅是指按照客户提供的图纸进行制造、加工的过程，企业一般不承担产品设计和整机装配调试的工作。本文所研究的是狭义的订单制造。

4、定制（CP）

定制的另一名称为面向订单制造（Order-oriented Production, OOP），是企业组织生产的一种模式，是与面向库存制造（Store-oriented Production, SOP）相对应的一种生产模式。在这种生产模式中，企业的一切生产活动都以客户的订单为中心，由于订单的随机性和阶段性，因此面向订单制造企业的生产是一种非连续、离散型生产。

按照企业是否利用加工工艺相似性对订单产品进行分类而组织生产，面向订单制造可分为大批量定制（Mass Customization, MC）和非大批量定制(Non-Mass

Customization, N-MC)两种模式。无论哪种模式,定制企业的关键就是以合适的价格、更快、更好地将每一份订单产品交付到客户手中,并在这个过程中获得自身的经济利益。

1.1.3 订单制造的优势与特点

1、订单制造优势

对于整机生产企业来说,订单制造不仅能快速地响应市场的变化,同时在以下方面也表现出了明显的优势:

(1)降低制造成本 整机生产(销售)企业在寻找供应商时,可通过竞价的方式在众多的生产厂家中挑选出价格最合理的供应商,从而达到降低成本的目的。

(2)保持核心竞争力 企业通过下发订单的方式,把制造加工的任务分配给供应商后,就能把有限的精力和资金投入使用在自己最擅长的领域,如产品研发、设计、销售等方面;从而使企业产品在市场上持久地保持技术竞争力。

(3)保持企业人员的相对稳定 企业将加工制造剥离后,人员得到精简;经济萧条时,企业被迫裁员会造成很大的负面影响,而通过外发订单则可以缩小核心团队的规模,既避免了裁员的尴尬,同时又保持了人员的稳定。

(4)提高产品质量 对于订单产品质量的提高,可以从如下几方面得到体现:①客户所确定的供应商必然是专业的生产厂家,首先在技术和经验上对产品的质量提供了保证;②供应商为避免因质量不合格而退货或罚款带来的损失,在质量控制上会抓得更加严格;③由于客户没有制造的重担,可将更多的精力投入到质量控制上。

有专家统计,外发订单生产可使企业节约 9%的成本,而产品质量则上升 15%,目前全球定单市场正以每年 30%以上的速度增长。2007 年,订单市场的规模已达 1.2 万亿美元。其中,美国占全球项目签发订单市场的 2 / 3,欧洲和日本约占 1 / 3。承接订单最多的是亚洲,约占全球订单的 45% (数据来源于《环球时报》,1243 期,2006 年 9 月 8 日)。

2、订单制造特点

与传统的大批量规模生产相比,定制生产的产品批量小、品种多;企业要处理的产品信息种类繁多、数量庞大;制造过程中的不确定因素更多;同时,由于客户的“苛刻”要求和同行的竞争,使得订单制造在运作的过程中质量要求更高;响应速度更快;成本要求更低;企业要承担的风险更大。具体表现如下:

(1) 生产计划多变, 组织管理复杂

对于定制企业来说, 由于订单到达的时间和订单的具体内容是随机的, 作业期内的产品数量、产品品种也可能随时发生变化, 企业只能根据订单到达的先后、交货期的长短以及作业现场的具体情况来制定作业计划; 产品品种的增多, 使得工艺路线规划、生产调度变得非常复杂; 这些因素必然导致组织、管理生产上的难度增加。

(2) 准备时间短、准备工作量大

在面向库存的生产方式下, 企业往往是生产某一种固定的产品或零件, 稳定的市场需求以及库存品的缓冲, 允许企业用较长的时间来进行从产品的方案设计到工艺设计, 再到生产制造, 也就是说, 企业有足够的准备时间。而面向订单制造的企业, 其产品的形式、性能要求完全由客户订单技术要求来决定, 不同的客户订单其要求各不相同, 每一个不同的订单, 都必须进行一次从订单意向的洽谈与确认—技术设计(包括产品设计和工艺设计)—物料采购—制造的过程; 同时由于订单的时限性, 所有这些工作都必须在交货期内完成, 因此, 对面向订单制造的企业而言, 其生产准备工作量大, 准备时间短。

(3) 不确定因素多, 风险大

面向库存生产, 由于产品、市场的稳定连续, 突发的、不确定的因素很少, 企业基本上是在一种平稳的状态下运行; 而面向订单制造, 由于订单的多样性, 交货期的紧迫性以及组织管理的复杂性, 必然引入大量的不确定因素和突发事件, 从而使得企业运作的风险性增大。

(4) 对订单、市场的响应敏捷性要求高

面向订单生产企业, 其面对的是瞬息万变的市场和随机的客户订单, 企业要想在市场竞争中立于不败之地, 必须对客户的订单作出快速的响应。目前根据订单的运作过程, 一般地, 供应商在三个工作日内向客户提供订单报价, 报价确认后, 十五天内向客户提供第一批样品, 在如此短的时间内, 企业必须处理原材料的获得、报价、样品工艺的设计、外协单位的沟通以及生产的调度安排,

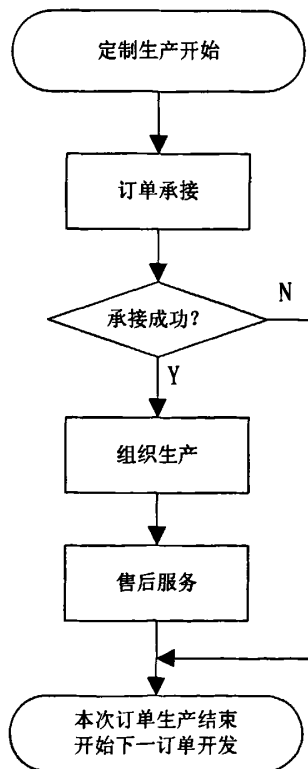


图1-1 定制生产工作流程框图

这些使得企业必须具有一套系统的、科学的、敏捷的订单响应机制。

1.1.4 定制生产工作流程

根据产品订单的生命周期，订单生产可分为订单承接、组织生产和售后服务三个环节。订单承接的目标是安全可靠地获得客户订单，其主要包含订单分析、报价、样品开发等工作；组织生产是企业有效地使用制造资源，按时、定量、定点地向客户提供合格的订单产品的过程，其主要包括生产计划安排、生产调度、产品制造的实施、现场实时控制以及物流管理等；售后服务是企业对客户接受产品后各类反馈信息的处理。定制生产的工作流程框图如图 1-1 所示。

1.1.5 定制生产的科学技术支撑体系

从定制的定义及其特点可看出：定制生产方式是一个以现代制造技术为基础、先进通讯技术为桥梁、现代管理技术为手段的开放性系统，是一个集 CAD/CAM、数控技术、预测决策、系统工程、物流管理、运筹学等多种技术为一体的复杂的系统。其主要技术支撑体系如图 1-2 所示。

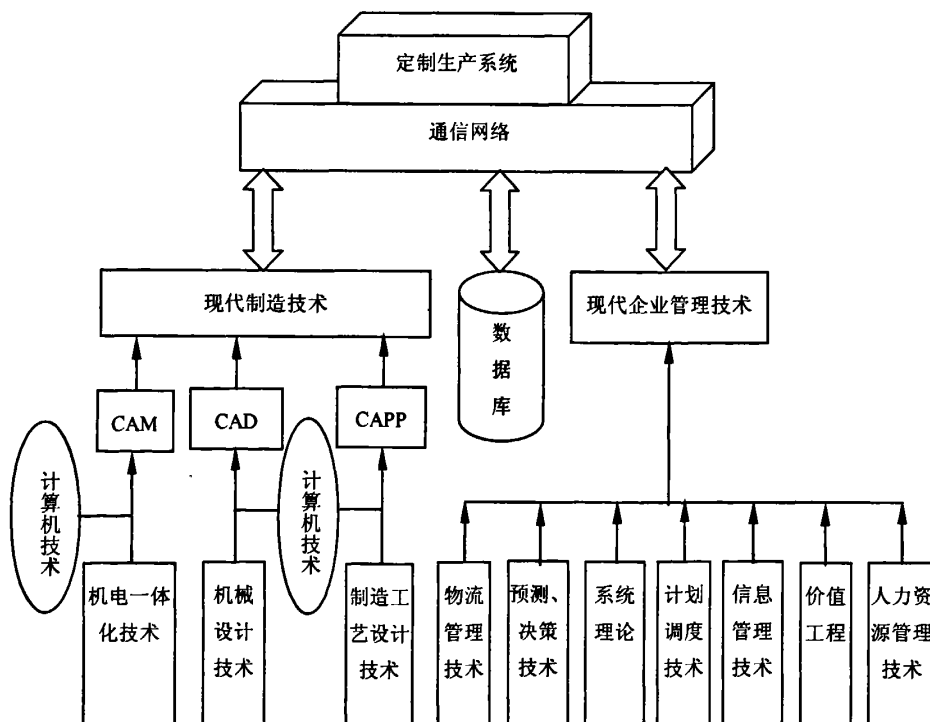


图 1-2 定制生产主要技术支撑体系

1.1.6 面向订单制造的发展趋势

质量、价格和交货期是订单生产永恒的主旋律，从近十年我国机械产品的订单生产变革来看，我国订单生产将呈现如下发展趋势：

①企业规模两极化

随着订单市场的不断扩大，且由于订单制造的门槛较低，因此不断有新的企业加入，但这类新的企业往往只能承接简单的、批量不大的订单生产；同时由于市场竞争的加剧以及高端产品订单份额的增加，使得部分有实力（经济实力和实力）的企业走上高端产品订单制造的行列。

②生产周期紧迫化

由于成品装配企业为了分散风险、降低成本，不断地减少备件和产品的库存数量，乃至于到“零”库存，因此对供应商（OOP 企业）提出了响应速度越来越快的要求，目前已有不少订单的生产周期往往只有 24 小时。

③生产管理、工程设计柔性化、集成化

由于生产周期越来越短，企业必须从各个方面提高对客户响应的敏捷性。为缩短生产周期，企业必须一改传统的生产工艺设计和生产调度计划两者独立进行的管理模式，要将两者统一起来综合考虑，即在工艺设计时考虑到生产调度，在安排生产计划时同时考虑到工艺的集成化模式。

④产品利润公开化

由于竞争的加剧以及信息传递的加速，每份订单所需要的成本和利润是供应商和客户都了如指掌的，企业要想获得更高的利润，必须通过不断提高自己的生产率、降低生产成本来实现。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 大批量定制理论的产生与发展

虽然订单生产方式出现很早，但将订单制造作为一种生产模式进行研究直到上世纪 80 年代才开始，1987 年美国的 Stan M. Davis 在他的《Future Perfect》一书中首次提出“大批量定制生产（Mass Customization，简称 MC）”这一概念^[4]，从此，揭开了对订单制造研究的序幕。1993 年，约瑟夫·派恩二世（Joseph Pine II）对大批量定制的内容进行了完整的描述：大批量定制是一种为了满足面向客户个性化和竞争全球化要求而产生的新型生产方式，通过产品和制造过程的重组，运用现代信息技术、新材料技术、柔性制造等一系列高新技术，把产品的定制问题

全部或部分转化为批量生产,以大规模生产成本和速度,为单个客户或小批量多品种市场定制任意数量的产品^[5]。从此,对 MC 的研究成为订单制造的主要研究对象。

从总体上来看,对大批量定制的研究可概括为如下几方面:

1、对大批量定制的概念和含义的研究

大批量定制的概念有广义和狭义之分^[6]。1989年, Davis 定义了广义的大批量定制的概念^[7];他提倡把大批量定制发展成为一种可以满足顾客对于个性化产品和服务要求的、具有高度的自动化、柔性化和集成化的系统。1993年, Joseph Pine II 对大批量定制的内容进行了完整的描述^[5]。随后,更多的学者和研究人员提出了意思相近但比较狭义的、更实际的关于大批量定制的概念^[7]。他们认为大批量定制系统是一个以信息技术、柔性化生产、组织管理为基础的,以较低的成本来尽可能地满足不同顾客对产品不同要求的生产系统^{[8]-[11]}。概括地说,大批量定制系统是一个以顾客需求为导向的生产系统,它是以顾客的需求为最高原则来组织生产^{[9], [12], [13]}。

2、对大批量定制分类的研究

在大批量定制的概念得到明晰后,如何界定大批量定制的划分标准(分类)成为大批量定制研究中的重要内容之一。国内外学者对此问题提出了多种见解。

Pine 在 1993 年提出了一种五阶段的定制生产方式^[14]: ①定制服务,产品在到达用户之前被定制;②嵌入式定制,产品在使用过程中可以被改装;③定点定制,在销售处为用户增加个性化的功能;④快速供应,在短时间内交付产品;⑤模块化生产,通过标准件的组合来提供多样的产品和服务。Pine 进而在 1997 年又和 J. Gilmore 提出了四种定制类型^[15]: ①合作定制(Collaborative Customization),合作定制是指定制企业通过与客户交流,帮助客户澄清其需要,准确设计并制造出能够满足客户需要的产品;②透明定制(Transparent Customization),透明定制是指企业为客户提供定制化的产品或服务,而客户并没有参与产品的设计过程;③装饰定制(Cosmetic Customization),装饰定制是指企业以不同的包装把同样的产品提供给不同的客户;④适应定制(Adaptive Customization),适应定制是指企业提供标准化的产品,但产品本身是可客户化的(Customizable),客户可以根据自身需要对产品进行调整。

Spira 建立了一个类似的具有四种定制类型的结构,它包括:个性化包装,个性化服务,添加配件和模块化组装^[16]。

Lampel 和 Mintzberg 根据客户对产品制造过程的参与程度定义了大批量定制的四个层次——完全定制、部分定制、定制标准化和部分标准化^[17],并根据

不同的层次提出了不同的定制类型。

祁国宁等根据客户需求对制造企业生产活动的影响程度不同,即客户订单分离点在企业生产过程中位置的不同,将大批量定制分成以下三种类型:①按订单设计(Engineer-to-Order, ETO), ETO是指根据客户订单中的特殊需求,重新设计能满足需求的新零部件或整个产品,并在此基础上向客户提供定制产品的生产方式;在这种生产方式中,定制企业需完成产品从设计到制造、装配、调试等全过程;②按订单装配(Assemble-to-Order, ATO), ATO是指接到客户订单后,企业将自身已有的零部件经过再配置后向客户提供定制产品的生产方式;③按订单制造(Make-to-Order, MTO), MTO是指接到客户订单后,在已有零部件的基础上进行变型设计、制造和装配,最终向客户提供定制产品的生产方式。

3、大批量定制环境下的产品设计技术的研究

面向大批量定制的产品设计是大批量定制研究中的关键问题之一,同时也是研究最活跃的内容,模块化、标准化、规范化以及并行工程是设计的主要手段;通过对定制产品零件的特征分析,使用成组技术组建零件族是目前面向大批量定制产品设计的主要方法。对于大批量定制环境下的产品设计,大部分的研究人员都将注意力集中在产品的模块化设计^{[18]-[23]}和如何建立零件族以及对零件族的描述上^{[24]-[30]}。

4、大批量定制系统成功实施的条件与方法。

大批量定制系统的建立与实施必须具有一定的条件。

Silveira等^[31]认为企业要成功地建立一个大批量定制系统必须依赖于一系列的内、外部因素,他总结了大批量定制系统获得成功的六点要素:

(1) 实际存在的多样性客户需求

客户对产品的多样性需求是大批量定制的前提条件;大批量定制能否成功依赖于客户与生产者在价格和交货时间上能否达成双方满意的协商。

(2) 完整的价值链

大批量定制是一个价值链基础上的概念,它的成功是建立在生产者,运输者和售卖者之间的有机协调的基础上的。Lau^[32]认为供应网络应当与厂家的传送网络紧密结合。最重要的是厂家、零售商、还有其它的经济实体之间应当组成有效的信息网络^{[5], [33]-[36]}。

(3) 有效的技术

众多学者一致认为先进的制造技术(Advanced Manufacturing technologies, AMTs)的应用是大批量定制得以实施的硬件基础;企业只有把一系列的信息系统与柔性制造系统相结合使用后,大批量定制系统才显现出它的强

大优越性。

(4) 可定制的产品

成功的大批量定制的产品应该是模块化、多功能化和可重组的；只有模块化的产品才能通过相似性的原理进行重组，从而达到降低成本的目的；另外，大批量定制的制造过程必须快速响应定制产品生命周期短的特点。

(5) 共享的信息

为达到把客户的需要迅速付诸生产目的，公司必须建立一个包含价值链中各个环节的信息共享平台。

国内学者罗瑞荣^[37]对实施大批量定制提出了如下“忠告”：

(1) 产品定制内容的真实价值

大批量定制的产品必须为顾客提供具有长期价值的产品属性。因为大规模定制要求产品的定制特性为许多客户所接受并愿意为之付出代价；一些形式上的定制顶多只能引起客户一时的兴趣，即使能实现大规模定制，也不可能给企业带来持久的竞争优势。

(2) 有效的信息交流平台的建立

大规模定制生产的第一步就是得到客户的定制要求，这要求在企业与客户之间必须建立一个信息交流平台。然而信息交流是相互的，企业建立了信息平台，企业单方面拥有信息交流的相关设施并不代表具备信息交流的硬性条件，必须同时考虑到目标客户的硬件设备。另外，如何引导客户清晰、有效地表达自己需求的信息必须依照各行业、企业的实际情况来实施。

(3) 生产技术上的突破

生产过程的柔性与对客户需求的快速响应是大批量定制的基本要求之一；为达到这一要求，企业首先必须在技术上满足。这些技术主要包括：a) 配备柔性的、先进的制造设备；b) 具有集成化的 CAD/CAM/CAPP 软件；c) 拥有掌握了先进制造技术的员工；d) 建立能快速响应的管理机制。

(4) 快捷可靠的物流配送

客户与定制企业双方通过现代网络通讯方便地实现交互式信息的交流，但制造产品的原材料以及成品的配送同样影响着定制产品的准时交付与送达。

杨嘉伟从信息技术与电子商务、产品适应程度、生产制造资源、人员及组织形态等四个方面论述了企业实施大批量定制所需的前提条件，并提出了数据采集与知识库建设、产品再设计、可重构制造系统构建、敏捷物流与虚拟集成等方面的实施策略^[38]。

从上述的文献中可看出，实施大批量定制必须具备以下几个条件：

1、产品的相似性

产品具有相似的加工工艺是实施大批量定制的必备条件；从大量的大批量定制环境下对零件族的研究资料^{[18]-[30]}可看出，要建立一个大批量定制系统，首先必须使用成组技术将零件进行分类和限制。

2、生产设备的先进性

先进的制造设备是实施大批量定制生产的物质基础，为了提高生产系统的适应性，大批量定制生产系统基本上都采用高柔性的高档加工中心，有些直接采用柔性制造单元或柔性制造系统，购置这些先进的设备需大量的资金投入。

3、运营机制的灵活性

运营机制是企业运营系统的目标得以实现、运营功能得以发挥的保障。大批量定制面临的是随机到达的生产任务、有限的生产周期以及客户的“苛刻”要求；其目标是在一定的时间内（交货期），以一定的价格（大批量生产的成本）在保证质量的前提下为一定的客户提供一定数量的产品；大批量定制运营系统必须具有创新、质量、柔性、成本、继承性、交货期等特色的功能；为保证这一系统的有效实施，实施大批量定制企业的运行机制必须是系统、高效和灵活的。

4、信息流与物流的畅通性

大批量定制的第一步便是要获得客户的信息，没有定制的信息，根本上就无法组建大批量定制系统；在系统操作过程中与客户的信息交流是产品功能得以完善的保证；另外，与产品价值链其他环节的信息沟通是定制产品获得成功的重要影响要素之一。畅通的物流是保证交货期的必要条件。

5、企业的经济基础与规模性

大批量定制系统的建立与运作需要高额资金的投入、高素质人员的参与、连续的订单以及相适应的管理体制；因此只有经济基础良好、并具有相当规模的企业才可能实施大批量定制的生产模式。

1.2.2 非大批量定制订单制造的研究现状

在生产实际过程中，存在着大量的不具备工艺模块化的中小批量的订单（如各种模具产品订单、某些装备的零配件等）无法使用大批量定制的模式进行生产；同时，大部分面向订单制造的企业不具备实施大批量定制所具备的条件——雄厚的经济实力、高自动化的柔性制造系统、齐备的各类技术人员以及完善的信息系统。因此必须用其他的理论方法来指导非大批量的订单生产。

1、非大批量定制订单制造的特点

非大批量定制订单制造具有现代订单制造同样的特征:

(1) 相同的工作流程 所有的订单制造都要经过意向洽谈、报价商定、样品确认、正式生产的过程。

(2) 严格的交货期 限定的交货期限是订单制造与传统库存生产的根本性区别之一。

(3) 客户满意的价格。

与大批量定制生产模式相比,非大批量定制订单生产模式还具有以下的特点:

(1) 资金投入不大,不需(或不具备)价格昂贵的柔性制造系统;适合中小型制造企业。

(2) 生产模式的适应性更强。

(3) 运作过程中,人的作用极为重要。

(4) 不确定因素更多、难度更大。

2、非大批量定制的研究现状

(1) 面向订单的制造系统及生产管理模式的研究

杨建国等采用协调分布式控制方式,提出了一种面向订单的制造系统模式—广义随机制造系统模式^[39];李随成提出了基于最优订货进入点的面向敏捷化的生产管理模式,并分析了其运行机制与特点^[40];谭翰墨等提出了一套中小型企业面对订单产品快速响应的制造体系^[41];W.J. Zhang 等建立了一个面向订单制造虚拟企业制造系统的信息模型^[42];庞兴元等将项目管理中的工作分解结构(Work Breakdown Structure, WBS)管理方法应用到单件小批量订单制造的管理上,并以钢结构产品制造为例,总结出单件小批钢结构产品 WBS 的构建方法、准则及其包含的各种元素^[43]。

(2) 对面向订单生产的生产计划和调度方法的研究

面向订单生产的一个重要特征是准时地为客户提供服务,而生产计划和生产调度是影响交货期的主要因素,因此对生产计划和调度方法的研究是面向订单制造理论的主要内容。

NICO VANDAELE 等对定制环境下基于多产品多设备的生产计划提出了一个以交货期为目标的开放性的排队网络模型^[44];Linel özdamar 和 Tulin Yazgac 建立了一个以交货期为目标,系统生产能力为基础的生产调度系统^[45];Maria Antónia Carravilla 以鞋业公司为案例提出了一种层次生产调度方法^[46];戴宝纯等提出了利用计算机技术,通过配置控制和规则库的建立,产生订单 BOM,并有效地与标准 MRPII 系统集成,实现按订单生产计划编制的具体解决方法^[47];刘明

周等讨论了在 CIMS 环境下的订单制造生产计划的解决方案^[48]; . A .Haskose 等利用排队论对在不同生产能力控制规则下的面向订单制造系统性能进行了分析; 并将分析结论运用到面向订单生产的调度管理上^[49]; QI-MING HE 等利用马尔可夫 (Markov) 决策法, 讨论了面向订单制造过程中原材料的最优库存数量问题^[50]; Hariharan 和 Zipkin 研究了一个基于目前的库存水平, 以及一些客户订单信息的库存数量的数学模型, 作为补产决策依据^[51]; 黄景平等利用前向神经网络建立了单件小批量订单生产类型企业的生产作业计划数学模型^[52]。

(3) 对定制环境下制造商与客户之间关系的研究

在 OOP 中, 制造商和客户是两个不可缺少的因素, 两者之间既存在着竞争, 又存在着合作。客户对制造商一方面要提出各式各样的要求, 另一方面又必须得到制造商的支持; 而制造商在响应客户要求的同时总是希望在客户那里获得更多的利益。制造商与客户之间的关系虽然表现的形式多种多样, 但总结起来主要表现在两个方面: 关于交货期的协商以及利益分配的协商, 目前的研究主要在交货期的协商上。

Wang 等针对 OOP 企业的交货期协商过程建立了基于模糊理论的模型^[53]。Elhafsi 等建立了考虑机器故障可能性的价格和交货期协商模型^[54]; Moodie 提出了用于评估不同的价格/交货期协商策略的运作性能仿真模型^[55]; ; Calosso 等研究了定制环境下制造企业间的协商支持问题, 提出了一个基于中介者的协商支持系统的设想, 用以支持协商各方达到有效的效用解^[56]; Cakravasias 研究了制造商与为一个订单提供不同部件的多个供应商之间的价格/交货期协商问题^[57]; 并进一步研究了多个供应商提供相同部件情况下的供应商选择和协商的集成模型^[58], 模型能够支持制造商生成多个有效的协商方案, 交互性地辅助制造商的协商过程。聂兰顺等针对订单制造供应链环境下制造商与供应商的多个订单的价格/交货期协商问题, 建立了基于供应链伙伴间竞争合作关系的特点的两阶段协商议程^[59]; Kingsman 详细分析了订单制造过程中客户与供应商之间的关系, 并论述了面向订单制造的企业该如何正确处理客户的各项要求^[60]。

(4) 针对订单制造环境下的供应链、物料、物流管理研究

贺国先等从运输车辆的能力利用角度, 研究了装车策略^[61]; 杜文等认为理想状态下, 运输最优的配送结构要取决于距离和需求点密度^[62]; 舒良友等在分析了用户等待时间和产品运送环节费用组成的基础上, 建立了使产品存储、用户等待时间和产品运输等总费用最低的非线性模型^[63]; 付秋芳建立了订单制造供应链响应时间的概念模型, 并分析了影响订单制造供应链响应时间的因素^[64]; 倪卫涛等从企业生产模式着手, 针对制造业的产品生产特点, 分析了定制环境下对

供应链的个性要求，提出了建立基于核心企业的敏捷供应链思路^[65]。

1.2.3 定制理论研究成果总结

通过上述文献以及其它资料的分析，可看出：

①OOP 正在成为制造业的主要生产模式，订单制造的研究已在全球迅速兴起，国内外对此已经从各个方面进行了大量的研究。

②现有的研究大都集中在：客户订单确定后，企业如何开展面向订单的设计和生组织的研究上。

③对定制企业如何获得客户订单、如何取舍订单，即订单承接的研究还有待于开展和加强。

1.3 课题来源、研究目标和意义

1.3.1 课题来源

本课题来源于南通康平机电有限公司“订单承接快速响应系统开发”项目。

2005年5月，笔者应邀主持了南通康平机电有限公司“订单承接快速响应系统的开发”项目，为其解决在不具备大批量定制条件下的订单制造快速响应问题，笔者结合课题，在该单位实地工作了整整一年时间，进行了对订单的决策、向客户快速报价以及在如何降低样品开发报废损失等方面的研究，建立了一个订单承接快速响应系统，并将研究成果进行了实施，取得了较好的成果。

1.3.2 研究的目标和意义

1、研究目标

本论文将在定制领域现有研究的基础上，结合 OOP 企业的实际情况，研究定制环境下的订单承接过程，指导企业承接客户订单。

(1) 阐述订单承接在订单制造中的地位和意义，论述订单承接的主要内容和 workflows，分析企业承接订单失败的主要原因。

(2) 分析订单制造的全过程的风险因素及其影响；建立订单分析评估体系；采用合理的风险评估方法，建立订单风险评估模型，进行风险评估。

(3) 分析目前订单制造报价方法的不足，提出快速、准确的报价方法，建立产品定价模型。

(4) 阐明样品开发在订单制造过程及定制企业中的作用，分析样品制造的

特点；提出在高报废率环境下降低报废损失的工艺设计方法，建立以最低报废损失为目标的工艺规划模型，确定最佳工艺路线。

(5) 结合企业实际情况，建立订单承接快速响应系统。

2、研究意义

本论文的研究的理论价值和实用意义主要表现在：

(1) 弥补了目前定制理论的不足——缺乏对订单承接的研究，完善了定制生产理论体系。

(2) 建立订单承接系统可提高企业对客户的响应速度，增强了企业的市场竞争力。

(3) 运用订单承接系统对订单产品初步分析的结果为订单制造的实施奠定基础。

(4) 通过订单承接系统的过滤，企业能获得合适的、优质的订单，从而降低风险、获得良好的经济效益。

1.4 研究内容与总体结构

本文根据订单承接的过程(即从订单意向开始报价到样品制造和试订单生产的完成)并结合企业生产中的实际情况，对面向订单制造企业订单承接的几个重要环节——①对客户订单的评判，②订单产品的报价工艺设计以及快速报价方法，③样品开发敏捷性和成本控制进行了研究，并建立了一个订单承接快速响应系统。

本文共分七大部分

第一部分 阐述订单制造的本质和相关的概念，分析定制生产的特点、工作流程以及企业实施定制所需的技术支撑；综述定制生产的国内外研究现状，指出目前研究工作中的不足之处——缺乏对订单承接过程的研究，提出本论文的研究方向和研究内容，说明本课题研究的意义，最后简述论文的体系结构。

第二部分 对订单承接展开论述。给出订单承接的定义，概述订单承接的主要内容和工作流程、订单承接所需的技术支持，详细分析订单承接在面向订单制造企业对外信息交流以及企业内部运行过程中作用，阐明订单承接在定制生产企业中的重要意义，明确订单承接研究的三个具体内容：①定制过程风险分析与评估、②报价设计、③样品制造设计。分析目前企业订单承接失败原因，提出提高订单承接速度和成功率的对策与措施。

第三部分 将风险管理机制引入订单制造，从风险的角度对定制过程进行研

究。分析订单制造存在风险的原因以及引起风险的各种因素；建立订单风险的评估体系；对订单制造过程中不同阶段的风险进行评价；进而对整个订单周期的整体风险水平进行评价；通过实例说明评估方法的使用方法。

第四部分 论述报价的起源与发展，甄别定制报价与工程项目投标报价、与整机产品定价之间的区别，明确定制报价的含义，研究订单产品报价的设计过程，分析国内外常用的定制报价方法，提出一种基于工序单位时间产值的快速报价方法，并建立订单制造报价的数学模型。

第五部分 分析样品开发在定制中的意义和特点；论述目前基于最低制造成本的加工工艺规划研究现状；提出一种基于最低报废损失的工艺设计方法。

第六部分 作为对订单承接研究的总结，结合开展课题研究所在企业的具体实况，建立一个定制生产订单承接快速响应系统。

第七部分 总结全文的主要研究成果，并展望下一步的研究工作。

本文的总体结构如图 1-3 所示。

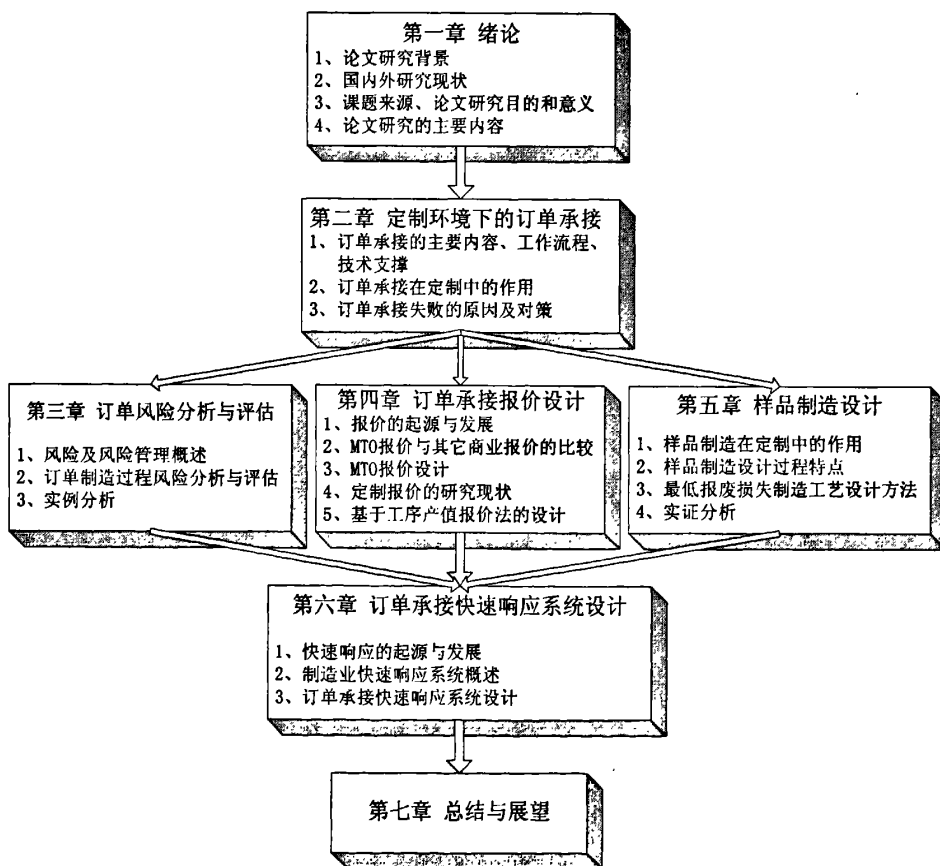


图 1-3 论文结构简图

小结

本章阐述了制造业环境的变化以及定制生产模式产生的原因,描述了定制生产的基本概念、特点、工作流程、技术支撑体系及其发展趋势。

分析了作为应对订单制造的主要策略——大批量定制 (MC) 生产方式的主要研究领域的内容以及 MC 在实际应用中的局限性,总结了对非 MC 订单生产研究取得的成果;指出了目前对定制研究的不足之处——忽视了订单承接的研究,从而确定了本文的研究目标,即定制环境下的订单承接研究。最后简述了论文的总框架和各章节的内容安排。

参考文献:

- 【1】 David M. Anderson, B. Joseph Pine II 著.冯涓, 李和良, 白立新译.21 世纪企业竞争前沿-大规模定制下的敏捷产品开发【M】.北京: 机械工业出版社, 1999, 12.
- 【2】 E. Feitzinger, H.Lee. Mass customization at Hewlett Packard: The power of postponement 【J】. Business Review. 1997,75(1): 116-121.
- 【3】 Kotha S. From mass production to mass customization: The case of the National Industry Bicycle Company of Japan 【J】. European Management Journal. 1996,14(5):442-450.
- 【4】 祁国宁, 顾新建, 李仁旺.大批量定制及其模型的研究.计算机集成制造系统, 2000, 6(2):41-45.
- 【5】 Pine II, B.J.. Mass Customization【M】. Harvard Business School Press, Boston. 1993.
- 【6】 Giovanni Da Silveira, Denis Borenstein, Flávio S. Fogliatto. Mass customization: Literature review and research directions【J】. Int. J. Production Economics. 2001, (72): 1-13.
- 【7】 S. Davis. From future perfect: Mass customizing 【J】. Planning Review, 1989, 17 (2):16-21.
- 【8】 C. Hart. Mass customization: Conceptual underpinnings, opportunities and limits【J】. International Journal of Service Industry Management, 1995, 6 (2):36-45.
- 【9】 M. Kay. Making mass customization happen: Lessons for implementation【J】. Planning Review, 1993.21 (4):14-18
- 【10】 S. Kotha. Mass customization: Implementing the emerging paradigm for competitive advantage【J】. Strategic Management Journal, 1995.16: 21-42
- 【11】 A. Joneja, N.-S. Lee. Automated configuration of parametric feeding tools for mass

- customization【J】. Computers and Industrial Engineering .1998, 35 (3-4): 463-469.
- 【12】 J. Jiao, M. Tseng, V. Duffy, F. Lin. Product family modeling for mass customization【J】. Computers and Industrial Engineering, 1988,35 (3-4):495-498.
- 【13】 R. Westbrook, P. Williamson. Mass customization Japan's new frontier【J】. European Management Journal, 1993, 11 (1): 38-45.
- 【14】 J. Pine. Mass customizing products and services【J】. Planning Review , 1993,21 (4):6-13.
- 【15】 J. Gilmore, J. Pine, The four faces of mass customization [J]. Harvard Business Review , 1997, 75 (1):91-101.
- 【16】 J. Spira. Mass customization through training at Lutron Electronics【J】. Computers in Industry , 1996, 30 (3): 171-174.
- 【17】 Lampel, J and Mintzberg, H. Customizing customization【J】. Sloan Management Review, 1996, 38 (1): 21-30.
- 【18】 Jeffrey B Dahmus , Javier P Gonzalez-Zugasti, Kevin N Otto. Modular product architecture【C】. Proceedings of 2000 ASME Design Engineering Technical Conferences.
- 【19】 Jeffrey B, Javier P. Modular product architecture【J】. Design Studies, 2001,22(5): 409-424.
- 【20】 You-Tern Tsai, Kuo-Shong Wang. The development of modular-based design in considering technology complexity【J】. European Journal of Operational Research, 1999, 119: 692-703.
- 【21】 高广达, 徐燕申, 林汉元, 柴宝莲, 王威.产品模块化设计中的模块选择算法【J】. 机械设计.2000,8:58.
- 【22】 Robert B. Stone, Kristin L.Richard H. Crawford. A heuristic method for identifying modules for product architectures【J】. Design Studies, 2000,21:5-31.
- 【23】 Kikuo Fujita. Product variety optimization under modular architecture【J】. Computer-Aided Design, 2002,34:953-965.
- 【24】 Mitchell M.Tseng, Jianxin Jiao. Design for mass customization【C】. Annals of the CIRP, 1996,45(1):153-156.
- 【25】 Jianxin Jiao, Mitchell M.Tseng. A methodology of developing product family architecture for mass customization【J】. Journal of Intelligent Manufacturing, 1999,10:3-20.
- 【26】 王爱民, 孟明辰, 黄靖远.基于设计结构矩阵的模块化产品族设计方法研究【J】. 计算机集成制造系统-CIMS, 2003,9(3): 214-219.
- 【27】 Meyer H, Utterback M. The product family and the dynamics of core capability【J】. Sloan Management Review, 1993(1):29-47.

- 【28】 李仁旺.大批量定制的若干理论与方法问题【D】.浙江大学博士学位论文,1999.
- 【29】 王红军. 面向大批量定制的产品族规划关键技术研究【D】.广东工业大学博士学位论文,2003.
- 【30】 李涛. 面向大批量定制的敏捷产品配置与柔性生产控制的研究【D】. 浙江大学博士学位论文,2003.
- 【31】 Da Silveira, G., Borncstein, D., Fogliatto, F.S.. Mass customization: Literature review and research directions 【J】. International Journal of Production Economics , 2001,72:1-13.
- 【32】 R. Lau. Mass customization: The next industrial revolution 【J】. Industrial Management, 1995,37 (5): 18-19.
- 【33】 M. Haglund, J. Helander. Development of value networks an empirical study of networking in Swedish manufacturing industries 【C】. Proceedings of the International Conference on Engineering and Technology Management, 1999, pp. 350-358.
- 【34】 J. Kim. Hierarchical structure of intranet functions and their relative importance: using the Analytic Hierarchy Process 【J】. Decision Support Systems, 1998, 23 (1):59-74.
- 【35】 B. Hirsch, K.-D. Thoben, J. Hoheisel. Requirements upon human competencies in globally distributed manufacturing 【J】. Computers in Industry, 1998, 36 (1-2): 49-54.
- 【36】 Bozarth, C., McDermott, C.M. Configurations in manufacturing strategy: A review and directions for future research 【J】. Journal of Operations Management, 1998,16:427-439.
- 【37】 罗瑞荣.警惕: 大规模定制的陷阱【J】.企业活力, 2002, 5: 44-45.
- 【38】 杨嘉伟. 企业大规模定制的实施前提与策略分析【J】. 物流技术, 2008, 3: 102-104.
- 【39】 杨建国, 李蓓智, 聂鹏, 项前. GRMS-种新的面向订单的制造系统模式【J】. 成组技术与生产现代化, 1998 (2): 15-18.
- 【40】 李随成. 面向敏捷化的生产管理新模式【J】. 工业工程与管理, 2000,3:22-25.
- 【41】 谭翰墨, 裴仁清. 中小型制造企业面向订单的快速响应系统【J】. 机械工程师, 2004,9:11-13.
- 【42】 W.J. Zhang, Q. Lib. Information modelling for made-to-order virtual enterprise manufacturing systems 【J】. Computer-Aided Design, 1999,31: 611-619.
- 【43】 庞兴元, 王震声. WBS 方法在单件小批产品制造管理中的应用【J】. 徐州工程学院学报, 2006,10:23-26.
- 【44】 NICO VANDAELE etc. An open queueing network for lead time analysis 【J】. IIE Transactions, 2002, 34, 1-9.
- 【45】 Linet özdamar , Tulin Yazgac, Capacity driven due date settings in make-to-order production systems 【J】. Int. J. Production Economics, 1997, 49:29-44.

- 【46】 Maria Ant3nia Carravilla, Jorge Pinho de Sousa, Hierarchical production planning in a Make-To-Order company: A case study 【J】. *European Journal of Operational Research*, 1995, 86: 43-56.
- 【47】 戴宝纯, 张宇孝. “按订单”生产模式下生产计划的编制【J】. *制造业自动化*, 2000, 9: 7-11.
- 【48】 刘明周, 方叶祥. CIMS 下面向订单的动态生产计划解决方法【J】. *合肥工业大学学报(自然科学版)*, 2004, 4: 414-416.
- 【49】 A. Haskose et al., Performance analysis of make-to-order manufacturing systems under different workload control regimes 【J】. *Int. J. Production Economics*, 2004, 90: 169-186.
- 【50】 QI-MING HE et al., Optimal and near-optimal inventory control policies for a make-to-order inventory-production system 【J】. *European Journal of Operational Research*, 2002, 141: 113-132.
- 【51】 R. Hariharan, P. Zipkin. Customer-order information, leadtimes, and inventories 【J】. *Management Science*, 1995, 41 (10): 1599-1607.
- 【52】 黄景平, 冯珊, 周凯波. 基于神经网络的生产作业计划应用研究【J】. *华中理工大学学报*. 2000. 28(8): 27-29.
- 【53】 Wang D, Fang S C, Hodgson T J. A fuzzy due-date bargainer for the make-to-order manufacturing systems 【J】. *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics—Part C, Application and Review*, 1998, 28 (3): 492-497.
- 【54】 Elhafsi M, Rolland E. Negotiating price/delivery date in a stochastic manufacturing environment 【J】. *IEEE Transactions*, 1999 31 (3): 255-270.
- 【55】 Moodie D R. Demand management: The evaluation of price and due date negotiation strategies using simulation 【J】. *Production and Operation Management*, 1999, 8(2): 151-162.
- 【56】 Calosso T, Cantamess M, Gualano M. Negotiation support for make-to-order operations in business-to-business electronic commerce 【J】. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 2004, 20(5): 405-416.
- 【57】 Cakravastia A, Nakamura N. Model for negotiating the price and due date for a single order with multiple suppliers in a make-to-order environment 【J】. *International Journal of Production Research*, 2002, 40(14): 3425-3440.
- 【58】 Cakravastia A, Nakamura N. Integrated model for supplier selection and negotiation in a make-to-order environment 【J】. *International Journal of Production Research*, 2004, 42

(21): 4457-4474.

- 【59】 聂兰顺, 徐晓飞, 战德臣. MTO 型供应链的价格/交货期协商支持模型【J】. 信息与控制, 2007,36(2): 129-135.
- 【60】 Brian Kingsman etc., Responding to customer enquiries in make-to-order companies Problems and solutions【J】. international journal of production economics, 1996, (46-47): . 219-231.
- 【61】 贺国先, 刘凯. 优化物流中心配送方案的遗传算法【J】. 系统工程理论与实践, 2003 .23 (4) :76-81.
- 【62】 杜文. 黎青松. 配送系统中运输分层的经济分析[J]. 系统工程理论与实践 2003 .23 (4) :82-85.
- 【63】 舒良友, 晏启鹏. 订货生产经营中的产品运送策略【J】. 西南交通大学学报, 2006,41(6):758-763.
- 【64】 付秋芳. 基于时间竞争的 MTO 供应链响应时间模型研究【J】. 科技管理研究, 2007.8:175-177.
- 【65】 倪卫涛, 周晶. 基于 MTO 生产方式的供应链设计研究【J】. 物流技术, 2007,26(4):82-84.

第二章 定制环境下的订单承接

在定制生产中，根据企业处理订单的时间顺序及工作重点，订单制造分为订单承接、订单生产两个阶段。订单承接是指在定制生产过程中供应商对客户订单做出积极响应，并采取一些列措施以获得客户订单为目的，并达到企业获取期望利润的过程。订单承接是订单生产的准备和前提，订单生产是订单承接的连续和结果。

订单承接过程是客（客户）/供（供应商）双方促进相互了解、逐步建立相互信任的过程，是企业间建立长远合作伙伴的一种有效途径；同时也是客户与供应商、供应商与供应商之间在经济利益上相互博弈的过程。

对定制企业而言，订单承接具有极其重要的意义：

1、订单承接是企业经济效益的直接来源

由于面向订单制造企业没有自身固定的产品，只有通过生产客户的订单产品才能获得利润。

2、订单承接是企业运营的前提

订单承接是订单制造的起点，只有获得订单后，企业才能进行设计、生产计划安排等一系列运营工作。

3、订单承接是企业增强市场竞争力的基础

企业通过不断地承接和完成不同的订单产品，一方面获得经济效益，增加资本积累；另一方面不断地提高自己的管理水平和技术水平。

4、订单承接是企业走向拥有自我知识产权产品的契机

企业在承接订单的过程中，通过对订单产品的消化、吸收、改良，易于获得技术创新的机会。

2.1 订单承接的主要内容及工作流程

2.1.1 订单承接的主要内容

订单承接包括订单信息获取与处理、向客户提供报价、接受客户现场考察、向客户提供样品以及订单签约四大内容。

1、订单信息获取与处理

订单信息获取是指面向订单制造企业通过各种途径（如网络、中介或直接接

洽等)获得客户定制意向的过程。

订单信息处理是制造企业在获得客户订单信息后,对这些信息进行分析并结合企业自身的实际情况作出是否承接该订单的决策过程。该环节主要完成如下工作:

(1) 订单信息分析

订单信息分为产品信息、客户信息两大部分。产品信息主要指产品的用途、要求、数量、批次、交货时间和地点以及订单产品是否违反相关的法令法规等;客户信息包括客户企业的类型、规模、资质等。

(2) 企业自身信息分析

企业自身信息是指与订单产品相关的人力、财力、物力的支持状况。

(3) 其它外部环境分析

外部环境主要包括与产品相关的原材料来源、外协联盟企业、物流运输情况以及已存在或潜在的竞争对手情况。

(4) 订单生产过程的风险分析与评估

由于面向订单生产过程中的影响因素和突发事件远多于稳定产品的生产,因此在决定承接订单之前,必须全面、系统地对订单本身以及产品生产过程的风险进行分析与评估。

风险分析与评估是订单信息处理、订单承接乃至订单制造过程中的重点内容,它是企业作出订单承接决策的根本依据;企业只能承接自身能承受得起风险的订单,否则将给企业带来重大的损失。

订单信息获取与处理是订单制造实施的起始点,它一方面为企业是否承接订单的决策提供依据,同时也是后续报价、样品制造等工作的基础。

2、订单产品报价

在进行订单信息分析并确定了承接订单的意向后,向客户提供订单产品价格是订单制造必须经历的阶段,报价是企业对订单产品在价格上对客户的承诺。

在订单制造过程中,报价是一项最为困难的工作,除了要在非常短的时间内完成各项成本的预算外,还必须与客户、竞争对手进行经济利益上的博弈。一个成功的报价体现了客户与供应商之间相互信任的初步建立,客、供双方经济利益博弈的调和。

报价是企业对自身的技術能力、管理能力以及盈利能力的理论自我检视;同时也是企业对客户的信任度、兴趣度的一种表现。报价包括报价工艺设计、成本预算、利润的预定、报价策略的选择以及报价单的形成等内容。

3、接受客户环境考察

在报价获得客户确认后，新的客户往往会对企业进行实地考察，了解接单企业的生产环境。

4、样品开发与制造

样品制造是订单制造的又一关键环节，既是客户对供应商技术能力的检视，同时也是供应商对前期工作的实践性检验，并为后续工作提供经验数据依据，样品制作的成功标志着客户对企业的技术能力的认可。

5、订单签约

订单签约是订单承接的最后一个环节，它是企业获得订单的成功标志。订单签约主要包括客、供双方的权利与责任（如供应商的交货时间、地点、数量，客户的付款周期和方式等）。

2.1.2 订单承接的工作流程

根据订单承接工作内容之间的相互关系和先后顺序，订单承接的工作流程如图 2-1 所示。

2.2 订单承接的技术支持

从订单承接的工作内容及流程可看出：订单承接工作必须完成订单生产中的商业洽谈、产品设计、工艺设计以及单件订单产品制造等内容；为完成上述各项目目标，必须使用 CAD/CAM、数控、预测决策、信息管理、网络等先进制造技术和管理技术，其所需的技术支撑如图 2-2 所示。

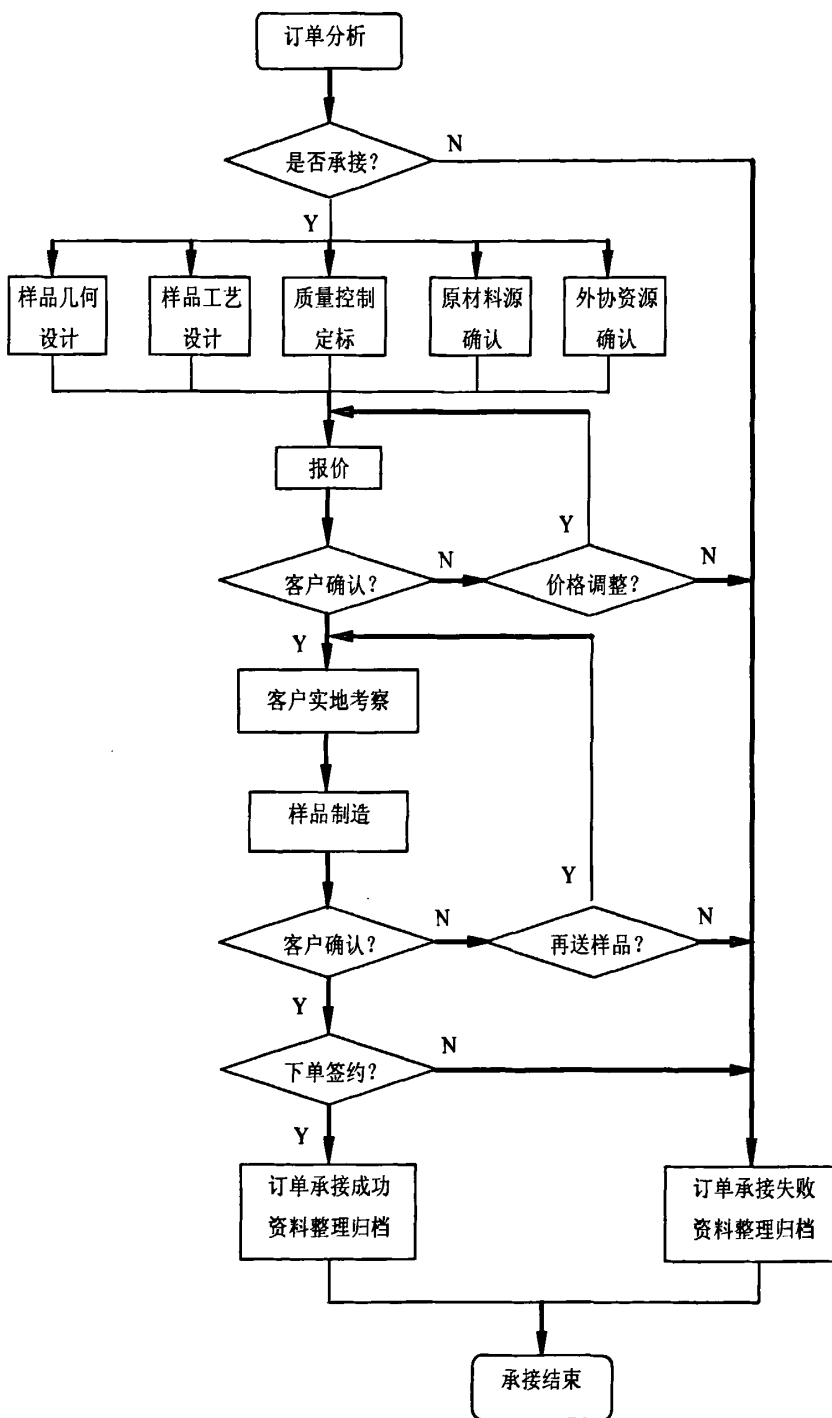


图 2-1 订单承接工作流程图

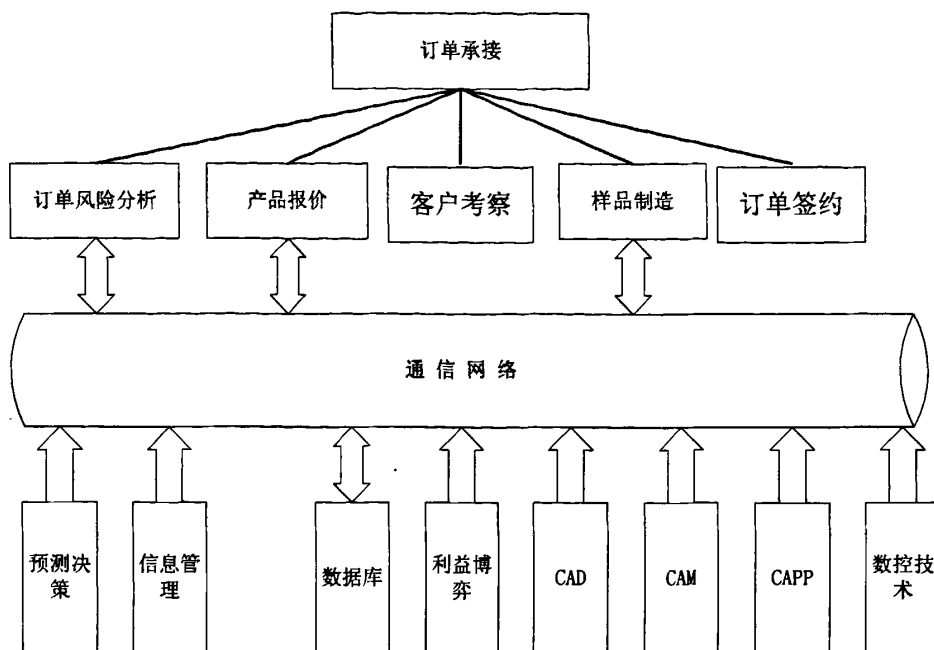


图 2-2 订单承接主要技术支撑

2.3 订单承接在定制生产过程中的作用

定制生产企业是一个运动的、开放性的系统，对内必须根据订单的变化实时地制订生产计划、调整作业方法、控制活动过程中的意外事件等一些列活动；对外还必须与客户/市场、竞争对手、协作伙伴等外部环境进行大量的信息交换。订单承接，作为订单制造过程的一个重要组成部分，除了承担了大量的工作内容外；还影响着其它工作的开展与实施。

2.3.1 订单承接在企业对外信息交流中的作用

订单承接是定制企业与外部环境进行信息交流的桥梁，通过订单承接可获得市场的需求情况信息，通过报价向客户沟通传递企业的意图，通过样品开发展示自己的技术能力等等。订单承接的联络作用如图 2-3 所示。

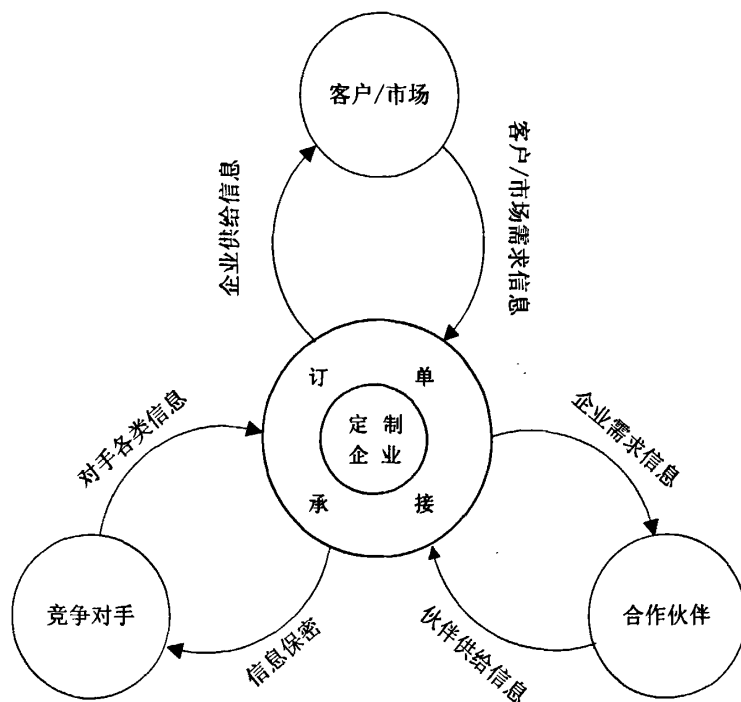


图 2-3 订单承接对外信息交流示意图

2.3.2 订单承接在企业内部运作过程中的作用

对于面向订单制造企业而言, 订单承接不仅在企业对外信息交流中起到传递平台的作用, 在企业内部的运作中同样具有举足轻重的作用, 订单承接中的每一项工作都将对组织订单生产的多项事务产生影响。如订单信息分析结果将向采购部门提出原材料采购、外协加工的要求, 向生产部门提出生产能力要求, 向质检部门提出质量要求, 向财务部门提出资金要求; 报价设计可为生产部门提供企业内部的工程图纸、初步的加工工艺方案; 通过样品开发, 可检验外协合作伙伴的响应能力, 为生产部门提供实证过的工艺文档和产品加工的各工序工时, 为质检部门提供检测工艺, 向财务部门提供可靠的成本预算资料等。订单承接对企业内部运作的影响如图 2-4 所示。

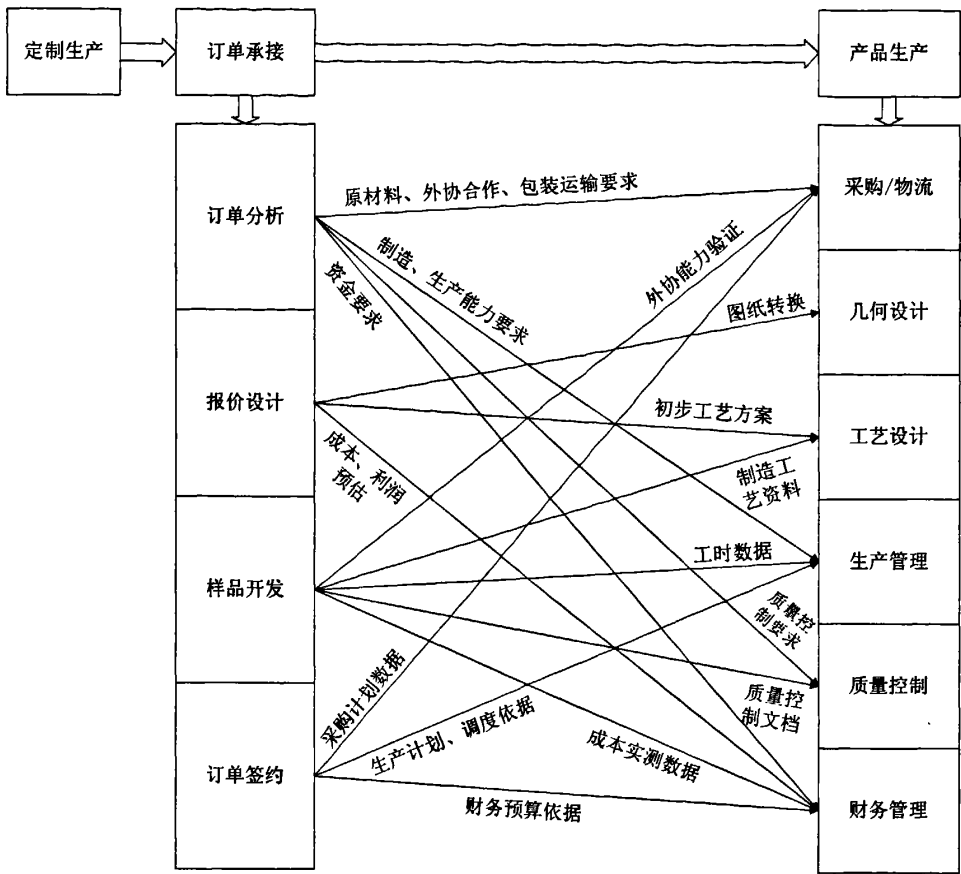


图 2-4 订单承接在生产过程中影响

通过图 2-4 可看出订单承接中的订单信息（风险）分析、报价设计、样品开发对订单生产过程有着深远的影响和极其重要的意义。

2.4 订单承接失败原因分析

2.4.1 订单承接失败

订单承接失败是指某一订单在供应商处理的过程中被终止或订单产品的批量被大量削减。

按照客、供双方是否签约，订单承接失败有狭义和广义之分。狭义的承接失败是指签约前（订单承接阶段）的订单终止；广义的承接失败既包括承接阶段的订单终止，还包括生产阶段的订单终止或产品批量的大量减少。

2.4.2 订单承接失败的原因

在订单承接过程中,企业并不能成功地承接下每一份订单,从笔者对企业的调查情况来看,对于非继承性订单(新客户、新订单),企业获得信息后(报确认价前),成功获得订单的概率不到5%,报价确认后,订单的成功率提高到20%左右,样品开发成功后,订单的成功率可达到40%;在正式订单产品生产过程中,客户取消订单的概率一般不超过10%(数据来源于南通康平机电有限公司工程部统计)。

订单承接失败除了企业因为技术、生产能力不够主动放弃订单外,还有多方面的因素影响订单承接的成败,这些因素既有来自客户方的,也有出自供应商自身的。从企业内部看,对客户订单不能作出正确性的判断和响应的迟缓是导致订单承接失败的两个重要原因,具体表现在以下几个方面:

1、不全面的订单信息分析

不少企业在订单分析时,只注重客户图纸技术层面上的信息,考虑的是本企业是否具备生产订单产品的能力,而对订单深层次的信息,如产品的用途、订单来源(是直接订单还是二手订单)、客户背景、订单潜在的风险、竞争对手的情况等没有深入地研究,从而导致对订单的真伪没有正确的判断,对伪订单作了无谓的投入;报价利润确定没有正确的指导思想,导致报价偏高(偏低);最终导致订单承接失败或中途放弃订单。

2、不及时的原材料响应

订单产品的不同,所用原材料的材质、状态也不同,特别是出口产品订单,由于不同国家的材料牌号和组成成份各不相同,使得很多企业在寻找制作样品的原材料(或替代材料)上就不得不花费数十天乃至一、两个月的时间,根本上无法满足客户三、五天报价,十五天交样品的要求。

3、不充分的非常规加工资源信息

对一些企业自身无法完成的非常规加工内容如特殊型面加工、热处理、表面化学处理等,由于平时不注重积累,在订单承接时,需耗费大量时间去寻找相关的信息,延误了工作进程,最终导致承接失败。

4、不适合的管理模式和工作方法

目前不少制造企业沿用的还是大批量生产的管理模式,各部门相互独立,各负其责,不能适应订单生产大量信息需同时处理的要求;在样品开发上,习惯于

传统的图样设计—工艺设计—质量控制定标—原材料采购—生产安排的串行工作方式，同时又由于在样品制造过程中缺少相应的信息积累，样品制造不得不进行多次反复，人为地增加了样品的制造周期。

5、现代先进技术利用率低下

目前绝大多数的企业都配备了计算机、CAD 软件以及数控设备，并连接了互联网，有些还组成了企业内部网络，但这些先进的技术都没有得到充分的利用，如计算机只是用来处理简单的数据报表，大部分的 CAD 软件仅仅用于绘图，互联网只是用来收、发邮件，内部网络也只是用来传送部门间的文档资料；很多数控设备的潜能没得到充分的运用。

2.5 提高订单承接敏捷性、成功率的策略

从订单承接失败原因中可看出：目前面向订单的制造企业，在资金和市场潜力上并不缺乏，现代先进的设备和技术也足以支持；缺乏的是对先进技术的理解、应用和整合。针对上述情况，为提高订单承接的敏捷性和成功率，企业应该做好如下几方面工作：

1、健全订单信息的分析，做好订单的风险评估

对订单产品要求进行全面、彻底的分析，能找出产品制造过程中的关键所在，能发现后续工作的重点和难点，并提示相关部门做好准备方案，以保证生产过程的流畅性。对订单进行全面的风险分析和评估，能让企业避免或降低突发事件带来的巨大损失。

2、使用快速、准确的报价方法

在规定的时间内向客户提供其满意的报价是定制企业获取订单的前提。如何加快报价的速度、提高成本预算的准确度并确定合适的利润，是每个面向订单制造企业在订单承接时必须解决的问题。

3、缩短样品开发周期、降低样品开发成本

合格的样品是客户对定制企业制造能力的验证，是订单制造过程中不可缺少的环节。由于产品生命周期越来越短，为降低库存带来的产品积压风险，客户往往在市场的需求时才向供应商企业下达采购订单，这必然导致订单承接企业在整个订单处理过程上响应时间的压力，而样品开发与制造是订单生产过程中涉及事

务最多、耗费时间最长的阶段，企业必须缩短其周期以便更早地获得订单合约；同时根据惯例，客户往往不对样品承担开发费用，因此，定制企业在保证样品开发成功的目标下，还必须降低样品开发成本，以减小订单承接失败带来的损失。

4、建立计算机辅助订单承接系统平台

充分利用现代计算机、通讯技术，加快企业内外的信息流通，运用并行工程的工作方法，是全面提高企业对订单快速响应能力的有效途径。

小结

本章是对订单承接研究的展开。给出订单承接的定义，概述了订单承接的主要工作内容和工作流程。通过对订单承接过程中使用定制技术支撑资源比例的分析，对订单承接在企业对外信息交流中作用的阐述，对订单承接中订单分析、报价设计以及样品制造设计等对后续生产阶段的关联和影响的详细论述，从而进一步阐明了订单承接在定制企业中的重要意义，也明确了订单承接研究的目标、内容和方法。

本章定义了订单承接失败的概念，归纳了订单承接失败的原因，提出了提高订单承接敏捷性和成功率的方法与策略，确定了把订单生产过程的风险分析与评估、快速合理报价以及如何降低样品开发成本等订单承接过程中的三个关键技术问题作为订单承接研究的内容；同时也提出了建立一种订单承接快速响应的系统构思；

第三章 订单制造过程的风险分析与评估

客户订单是定制生产企业赖以生存和发展的根本；所有 OOP 企业都会极尽全力地挖掘订单资源，以便能得到更多的订单；然而由于订单的随机性、订单产品种类的多样性、交货期的紧迫性以及组织管理的复杂性，从而引入的大量不确定因素和引发的突发事件使得 OOP 企业的运营风险远高于 SOP 企业。中小型 OOP 企业由于规模小、资金不雄厚、抗风险能力差，有时会因为一个订单的失误而遭受巨大损失，乃至破产；因此对每一份订单进行风险分析和评估具有十分重要的意义。

3.1 风险及风险管理概述

3.1.1 风险的含义与分类

1、风险的含义

风险虽然是现实生活中人们运用得极其广泛的概念，但对其准确的定义，学术界尚无一致的意见。

十九世纪，西方古典经济学家就提出了风险的概念，认为风险是经营活动的负产品，经营者的收入是其在经营活动中承担风险的报酬。

1901 年，美国学者威雷持最早给出风险的定义：风险是关于不愿发生的事件发生不确定的客观体现。从这个定义中可看出：①风险是客观存在的现象；②风险的本质是不确定性。

后来更多的学者从不同角度对风险进行了描述^{[1]、[2]}，归结起来风险具有以下几种含义：

1) 风险是损失的可能性。当个人或组织面临某种可能的损失，这种可能性以及可能引起损失的状态可被称之为风险。

2) 风险是损失的机会或概率。风险的这一含义表明在某一确定的范围内损失将会发生。根据此含义，说明风险是可以度量的；这为风险的定量研究提供了基础。

3) 风险事件。风险事件是指能够直接导致损失后果发生的不确定事件。

4) 风险因素。风险因素也叫风险因子，是指足以引起或增加风险事件发生的机会或影响损失严重程度的原因。

5) 财产灭失与人员伤亡。这是从具体业务的角度、侧重于风险事件的后果

来说明风险的含义，主要用在保险实务中。

6) 潜在损失。潜在的损失是指可能发生但尚未发生的损失。

7) 潜在损失变动的范围或幅度。此含义是指在特定条件和时间内，某结果可能发生的差异程度或实际结果与预期结果的变动程度。与损失发生概率的风险含义相近，可以测定和度量。

8) 引起损失产生的不确定性。风险的这一含义是一种在风险管理和保险界中普遍采用的风险定义，是一种重要而有用的风险含义。它包含了损失与不确定性两个非常重要的因素。通过这一含义，人们较易把握风险的特性和实质。

以上风险的含义都只强调了某一风险因素，因而是精确的，Yates 和 Stone 在 1992 年提出了风险结构的三因素模型^[3]，透彻地分析了风险的内涵；他们认为风险由三种要素构成：①潜在损失，②这些损失发生的大小，③这些损失发生的不确定性。这一概念得到了大多数研究者的认同。

2、风险的种类

根据不同的标准与目的，可以从不同角度对风险进行分类^[1]。常见的风险类型见表 3-1。

表 3-1 风险分类表

分类标准	风险类型		
损失产生的原因	自然风险、	人为风险	
风险的性质	纯粹风险	投机风险	
损失的环境	静态风险	动态风险	
风险对象	财产风险	人身风险	责任风险
风险承受能力	可接受风险	不可接受风险	
风险产生原因	主观风险	客观风险	
风险发生的范围	局部风险	全局风险	
风险控制程度	可控制风险	不可控制风险	
风险程度	轻度风险	中度风险	高度风险
风险存在方式	潜在风险	延缓风险	突发风险
风险责任承担者	国家风险	企业（组织）风险	个人风险

3.1.2 风险管理概述

1、风险管理的定义

风险管理是指经济单位通过识别风险、评估风险、分析风险并在此基础上有效控制风险,用最经济合理的方法处理风险,以最大限度地减少风险造成的可能损失的过程与方法。

2、风险管理的研究内容

风险管理研究内容包括风险识别、风险评估、风险处理等几大方面内容。

(1) 风险识别

风险识别是整个风险管理工作的基础;风险不经过识别和表述,就无法衡量,更谈不上进行科学管理。所谓风险识别是指人们在风险发生之前,采用各种方法系统地、连续地找出企业、组织或个人所面临的风险的过程。

风险识别的任务是认识、了解风险的种类及其可能带来的严重后果。

风险识别研究的主要内容有:①甄选风险种类;②追溯引起风险的主要原因;③分析风险所引发的不良后果;④选择合适的风险识别方法;⑤提高识别风险的能力等。

在企业风险研究中,常用的风险识别方法有如下几种:①财务报表分析法,该法是根据企业的资产负债表、财产清单、盈亏状况表等对企业的固定资产和流动资产等情况进行风险分析,以便从财务角度发现企业面临的潜在的风险。②流程图法,该法是对工艺流程和加工流程的每一阶段、每一环节逐一进行调查分析,从中发现潜在风险,找出导致风险发生的因素,分析风险发生后可能造成的损失以及对整个生产过程和企业可能造成的不利影响;同时,运用流程图,可以揭示企业生产流程中的薄弱环节,从而发现流程管理时所造成的潜在损失。③环境分析法,该法是指系统地分析企业所面临的内部环境和外部环境,找出这些环境可能产生的风险与损失。④保险调查法,该法是指企事业单位委托保险公司或经营保险咨询服务机构,对自身财产的潜在风险和由于风险事件的发生可能引起的不同损失、赔偿责任进行调查,指出预防风险损失发生的措施,并向企业建议应由其自保的项目以及应向保险公司投保的项目。⑤投入产出分析法,该法可以识别企业内部各部门在企业总收入中所占的份额,并了解企业各部门之间的相互依赖关系;通过投入产出分析,有助于了解企业的正常业务因种种原因而打乱的风险。⑥分解法,该法是利用分解原则,将复杂的事物分解成较简单的容易被认识的事物,将大系统分解成若干小系统,从而识别可能存在的种种风险。⑦幕景分析法(Scenario),该法是一种识别引起有关风险的关键因素以及影响程度的方法。主要通过有关数字、表格、曲线、图形等,将某组织或企业的未来状态描绘出来,以说明某些事件导致风险的条件及因素。⑧专家调查法,常用的有两种——集思广益法和德尔菲法;集思广益法是由几位或十几位专家组成的专家小组举行座谈

会,采用民主的方式,让专家对有关风险因素畅所欲言,鼓励发表不同意见;德尔菲法(Delphi)是一种能够集中众人智慧的方法,具体过程见文献【2】。

(2) 风险评估

风险评估也被称为风险衡量或风险估算,是指运用概率、数理统计方法或其它数学方法估计某一风险发生的频度、性质和概率,以准确地估量损失的严重后果。风险评估是在风险识别的基础上进行的。通过风险识别,找到了系统面临的风险,弄清了存在的风险因素,确认了风险的性质,并获得了有关数据。风险衡量主要是通过对这些资料和数据的处理,得到关于损失发生概率及其程度的有关信息,为选择风险处理方法,进行正确的风险管理决策提供依据。

风险评估包括风险事件发生概率的估计和损失严重程度的估计两个方面。风险评估首先要解决的是:风险事件在确定时间内发生的可能性即频率的大小,估计这些风险事件会造成何种程度的损失后果即损失的严重性;然后,根据风险事件发生的数量和损失的严重程度估计总损失额的大小。

目前常用的风险评估方法有概率统计法、模糊综合评价法(Fuzzy Assessment)、失效模式影响分析法(Failure Mode and Effect Analysis, FMEA)、故障树分析法(Fault Tree Analysis, FTA)和事件树分析法(Event Tree Analysis, ETA)、层次分析法(Analytic Hierachy Process, AHP)以及网络分析法(Analytic Network Process, ANP)。

(3) 风险处理

风险处理是指针对经过风险识别和风险衡量之后的风险问题采取行动或不采取行动,它是风险管理过程的一个关键性阶段。

风险处理的方法大体上可分为两类,即控制型方法和财务型方法。控制型风险处理手段是损失形成前防止和减轻风险损失的技术性措施,它通过避免、消除和减少风险事故发生的机会以及限制已发生损失继续扩大,达到减少损失概率、降低损失程度,使风险损失达到最小之目的。这种手段的重点在于改变引发风险事故和扩大损失的条件。控制型方法常有:风险避免、损失预防、损失抑制和风险转移等途径。

财务型风险处理方法是通事先的财务计划,筹措资金,以便对风险事故造成的经济损失进行及时而充分的补偿。这种方法的核心是将消除和减少风险的代价均匀地分布在一定时期内,以减少因随机性巨大损失的发生而引起财务危机之风险。财务型风险处理方法通常有:保留或承担、财务型非保险转移、中和、保险等途径

3.2 订单制造过程风险分析与评估

3.2.1 风险分析在定制生产中的意义

与传统的大批量生产相比,定制生产过程中的面临着客户订单变迁、临时特别订单插入、协作伙伴不协调、原材料供应短缺等诸多风险,如未能妥善处理,风险事故一旦发生,轻则影响生产经营稳定和企业经济效益,重则危及企业之生存。建立一个订单制造过程风险评估系统,在订单承接之前通过评估系统对订单进行全面的风险分析和评估,为企业降低订单风险,减少订单风险损失,为企业的运营保驾护航具有重要的意义,主要体现在如下几个方面:

1、通过对订单的风险分析,可剔除没有后续批量的伪订单,企业可避免无效益的投资。

2、通过对订单的风险评估有助于企业各项决策科学化和合理化,减少决策的风险性。

3、通过对订单制造过程的风险分析,可预测出影响生产的主要潜在威胁,企业可提前做出应对策略,保证订单的顺利完成。

4、风险分析与评估是以最小的成本获得最大风险管理效益为宗旨,因而它既可以为企业带来直接的经济效益,同时还可以带来间接经济效益。

5、风险管理能够为企业提供一个安全稳定的生产经营环境,为广大员工提供安全保障与措施,有助于消除企业与员工的后顾之忧,使得企业能持续性发展。

3.2.2 订单风险因素识别及风险评估体系的建立

1、订单制造过程的风险识别

(1) 订单风险的定义

订单风险是指面向订单制造企业在运营过程中,可能导致某订单的生产过程终止或订单产品数量减少而给企业带来损失的因素或事件。这里的订单丢失既包括企业主动放弃订单,同时也包括客户取消订单;损失包括直接经济损失和非经济损失。

(2) 订单风险识别

由于企业对一个订单的处理要经过承接、生产及售后服务三阶段,每个阶段又有不同的进程,而在这些进程中的任何时候都有订单生产中断的可能,而引起中断的原因是多种多样的,对某一订单从总体上进行风险识别将有一定的难度,且很可能遗漏较重要的风险因素,因此在风险识别前,先分解订单生产的过程,

再分析进程中引起订单生产终止的原因，然后从原因中找出风险事件，并对风险事件按一定的规则归结为订单的主要风险因素。

1) 订单生产失败原因分析

根据订单生产过程中客、供双方订单契约关系的破裂形式、影响元素、因果关系，订单生产失败的原因如图 3-1 所示。

从图 3-1 可看出，订单生产失败的表现形式有客户取消订单和企业放弃订单两种。促使客户取消订单的动机有可获得更好利润的主动取消（如找到更合适的供应商）和现有供应商无法满足自身要求（如质量、交货期要求等）或受其它条件影响（如市场变化、资金短缺）的被动取消，无论是那种取消方式，都将对订单承接企业带来一定的损失。企业放弃订单的动机则除有可获得更好利润订单的主动放弃和明确的内、外条件限制被动放弃之外，还有一种为规避订单生产过程风险的放弃。从图 3-1 还可看出订单生产失败可发生在订单生产中的报价、样品开发以及订单产品正式生产中的任一阶段；各阶段中影响订单生产顺利完成的最基本因素累计可达 40 种之多，这些因素在订单承接阶段有些是确定的，而有很多是无法确定的；且这些因素除了对订单生产过程的不同阶段产生影响外，还将相互影响（如信息的失真将导致决策的失误，资金周转不畅将引起外购的延误等）。因此，为确保订单的安全，减少企业的风险损失，在订单承接时必须对各项影响因素，特别是不确定因素做好分析。

2) 风险因素甄别与归纳

订单风险因素是指在整个订单生产过程中可能发生（也可能不发生）的影响该订单生产进程终止并给订单承接企业带来损失的事件。图 3-1 中描述的 40 多种订单失败影响因素并不都是风险（如影响企业放弃订单报价的一些明确因素），有些虽然是风险因素，但可以通过一定的规则进行合并与归类；如果将其每一影响因素都当着风险，既不符合风险的定义，也无法分析其在整个订单中的影响程度。

根据订单风险因素的定义、企业正常运作所需的条件（如优质的客户、全面的信息、良好的技术、科学的管理等）和风险来源将图 3-1 中引起订单生产中断风险事件的归纳为①信息风险（如信息失真）、②技术风险（如技术低下）、③管理风险（如管理制度不全、调度失误等）、④供应链风险（如材料短缺）、⑤资金风险（如资金不足）、⑥环境风险（政策变化）、⑦客户风险等七大类风险。

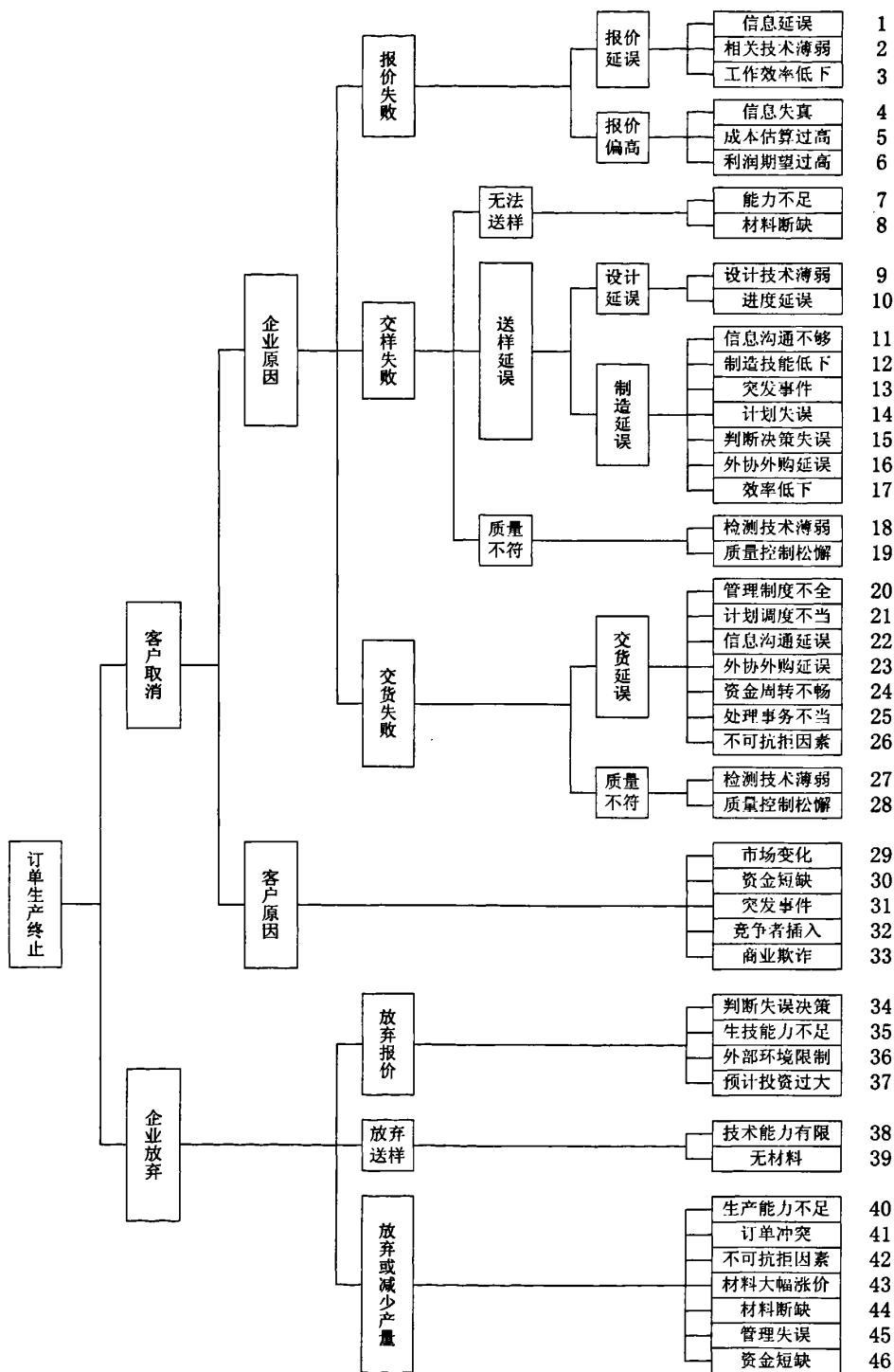


图 3-1 订单承接失败原因分析图

2、风险评价体系的的构建

在上述的风险识别过程中，只识别了风险因素，为了对订单制造过程风险水平进行分析与评价，还必须确定各种风险因素影响的对象（目标）以及评判影响程度的评判标准，构建整个订单的风险评价体系，并分析风险因素之间的关系。

从图 3-1 可看出，风险事件可发生在订单生产过程的任一时刻，为了便于风险分析，将订单生产过程分为报价、样品开发和产品生产三个阶段，根据风险事件发生对订单生产进程的影响以及前文所归纳的七大风险为基础，将订单风险设置为三个层次，订单风险评价体系如表 3-2 所示。

表 3-2 订单制造过程风险评估体系

	一级指标	二级指标	三级指标	
订 单 风 险 R	报价失败 R1	客户风险 U^1_1	客户市场变化 u^1_{11}	
			客户获得更低报价 u^1_{12}	
		技术风险 U^1_2	对产品难度预估失误 u^1_{21}	
			对自身技术力量预估失误 u^1_{22}	
		管理风险 U^1_3	工作效率低下 u^1_{31}	
			成本估算偏高 u^1_{32}	
			利润期望偏高 u^1_{33}	
		信息风险 U^1_4	信息延误 u^1_{41}	
			信息失真 u^1_{42}	
		样品开发失败 R2	技术风险 U^2_1	设计能力薄弱 u^2_{11}
				制造能力薄弱 u^2_{12}
				检测能力薄弱 u^2_{13}
	管理风险 U^2_2		人员安排不当 u^2_{21}	
			信息沟通不畅 u^2_{22}	
			计划失误 u^2_{23}	
			判断决策失误 u^2_{24}	
			工作效率低下 u^2_{25}	
			质量控制松懈 u^2_{26}	
			外协外购延误 u^2_{27}	
	供应链风险 U^2_3		合作伙伴延误 u^2_{31}	
材料短缺 u^2_{32}				
环境风险 U^2_4	自然灾害 u^2_{41}			
	政治、社会影响 u^2_{42}			
客户风险 U^2_5	客户方突发事件 u^2_{51}			
	竞争者介入 u^2_{52}			

续表

生产终止 R3	技术风险 U^3_1	技术人员流失 u^3_{11}
		关键设备故障 u^3_{12}
	客户风险 U^3_2	客户市场变化 u^3_{21}
		客户资金短缺 u^3_{22}
		客户获得更佳供应商 u^3_{23}
		伪订单 u^3_{24}
	管理风险 U^3_3	管理制度不全 u^3_{31}
		工作效率低下 u^3_{32}
		生产计划、调度失误 u^3_{33}
		质量控制松懈 u^3_{34}
		信息沟通延误 u^3_{35}
		外协、外购延误 u^3_{36}
		事务处理不当 u^3_{37}
		资金周转不畅 u^3_{38}
	环境风险 U^3_4	自然灾害 u^3_{41}
		政治、社会影响 u^3_{42}
	供应链风险 U^3_5	合作伙伴延误 u^3_{51}
		材料缺失 u^3_{52}
		主要材料大幅涨价 u^3_{53}
	资金风险 U^3_6	资金短缺 u^3_{61}

3.2.3 订单制造过程的风险分析

根据风险管理原理，风险程度往往用风险水平或风险度（记为 R）的数值大小来描述，风险水平（或风险度）用风险发生的概率（记为 P）和风险发生后带来的损失（记为 L）来表示，即 $R=f(P, L)$ ；以此对于定制企业来说，某一订单的风险水平 R 同样可以用订单失败的概率 P 和订单失败对企业造成的损失 L 来描述^[5]，并记为：

$$R = f(P, L) = 100\sqrt{PL} \quad (3-1)$$

1、订单失败率分析

在报价阶段（阶段 I），由于客户对企业还处于咨询时期；管理层的决策也只能根据经验、不完整的信息以及主观判断而定；订单能否确定下来充满着未知性，因此这一阶段，订单的失败率（ P_1 ）是最高的。在这个时期客户和企业的决定是该阶段的主要风险。样品开发阶段（阶段 II），经过了第一阶段的信息处理与积累后，一些在第一阶段不确定的因素得到了明确，因此，此阶段订单承接的失败率（ P_2 ）将比第一阶段有所下降。但客户和企业的决策任然是该阶段的主导风险，同时技术可行与否也将成为主要的风险之一；同时由于投资额的加大，资金风险增大。到生产阶段（阶段 III）后，由于信息的完善、技术的成熟、客户的认可，订单承接接近尾声，企业注重的是如何组织、管理生产，以及加大投资，因此这时的失败率（ P_3 ）将大为降低；同时管理和协作伙伴的可靠性将转变为主要风险。

根据各类订单的统计数据进行分析，在整个订单处理的各个阶段以及整个过程中，订单的失败率 P 都呈递减的趋势，并且每进入一个新的阶段，失败率将产生一个跃阶。失败率 P 随时间变化的曲线示意图如图 3-2 所示。

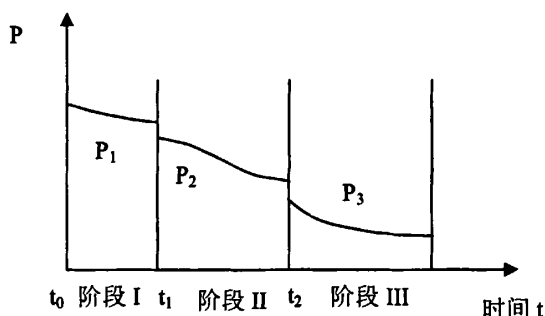


图 3-2 失败率 P 变化曲线图

2、订单制造风险损失分析

订单制造风险损失是指由于订单承接失败而给企业带来的损失 L ，可分为显性经济损失 L_e （如投入的财力、物力损失）和隐性非经济损失 L_n （如对企业形象、后续可能性订单的负面影响等）。

（1）显性经济损失 L_e

在订单制造过程中，随着订单承接的进展，企业的投入越来越多；订单一旦失败，带来的显性经济损失也就越大。当订单承接进入到样品开发完成和试订单生产阶段，由于添加新设备、员工、工具等大额

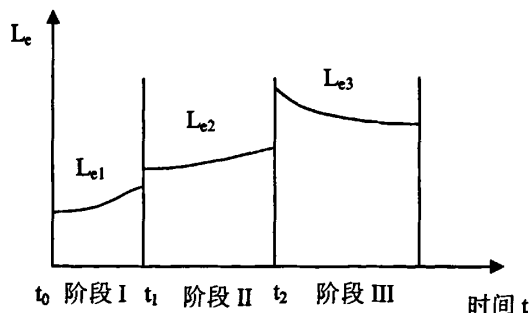


图 3-3 显性风险损失 L_e 变化曲线图

投资的注入,显性风险损失将达到一个很高的水平;一旦进入正式订单生产阶段,随着生产的进行,部分投资已收回,同时由于失败率的明显降低,以及订单制造一般不存在库存积压,订单失败带来的损失将越来越小,显性经济风险损失将随时间的推移而递减,逐步趋向于一个稳定值。

一般地,订单制造在三个阶段的投资额 I_1 、 I_2 、 I_3 的比例大致为: $I_1: I_2: I_3 = 1: 5: 50$ 。因此,订单失败显性经济损失有如下关系:

$$L_{e1} < L_{e2} < L_{e3}$$

订单制造三阶段的显性风险损失曲线的如图 3-3 所示。

(2) 隐性非经济损失 L_h

由于隐性非经济损失包含的内容非常广泛,且不同企业的侧重点也不相同,很难描述其变化规律,就对后续订单和企业形象的负面影响来说, L_h 的大小与风险因素有关。一般来说,客观风险因素带来的损失小于人为风险因素带来的损失;客户风险因素带来的损失小于接单企业风险因素带来的损失。

3.2.4 订单制造过程的风险评估

3.2.3 节只是定性地对订单制造过程的风险概率和风险损失进行了初步的定性分析,无法说明某一订单的风险大小,而企业对订单的取舍决策必须根据风险值的具体数据来决策。按照某一规则,具体地确定订单风险的数据是对订单风险分析的主要目标。

风险评价是对风险的定量研究,订单风险水平的高低是决策订单承接与否的根本依据,常用的评价方法有平衡点法、敏感性分析法、概率分析法等^{[21] [61] [71]};这些风险评价方法都是从利润角度出发找到一种利润与其相关参数的简单关系后,用简单数学或概率分析的方法给出描述。但是从上文分析可看出订单制造过程风险是一个典型的多层次多因素的风险;同时由于定制企业承接的订单各不相同,承接失败的原因也各不相同,没有原始数据可供参考,无法给出客观的概率分布,完全依靠人的经验和主观判断,带有极大的模糊性,概率分析方法难以应用。且不同的风险事件之间相互关联,因此要全面、彻底地对订单制造过程进行风险分析,必须综合运用采用层次分析法(AHP)^[81]、网络分析法(ANP)^[91]和模糊(Fuzzy)综合评判法对订单风险进行分析评估。

1、AHP 和 ANP 概述

(1) 层次分析法(AHP)

层次分析法是美国运筹学专家 SattyTL 在上世纪 70 年代中期最先提出的一种

在多影响因素、多层次的环境下的多目标决策方法，它根据问题的性质和要达到的总目标，将问题分解成不同的子目标，并按子目标间的相互关系及隶属关系分组，形成有层次的结构，通过两两比较的方式确定层次中各目标相对重要性，然后通过测定或估计整体中各部分对系统的影响综合出所需的结果。

AHP 的步骤如下：

1) 构造递阶层次

递阶层次的最上层为总目标，仅包含一个元素；下面的层次可包含多个元素，相邻两层的对应元素是按某种规则进行重要性比较排定的，所有同一层次中的元素具有同等级差的量值，如果它们差别太大，则分属于不同的层次。

2) 对同一层次的元素 A_1, A_2, \dots, A_n 以上一级的元素为准则进行两两比较，并根据评定尺度确定其相对重要程度，并据此建立判断矩阵：

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2j} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{in} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (3-2)$$

a_{ij} 表示从判断准则 H 角度考虑，元素 A_i 对元素 A_j 的相对重要性；且有：

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & i=j \\ \frac{1}{a_{ji}} & i \neq j \end{cases} \quad (3-3)$$

评价尺度采用 1, 3, 5, 7, 9 的等级记分制。

3) 确定各元素对准则 H 的相对重要性，即权重

求出 A 的特征向量：

$$W = (w_1 \quad w_2 \quad \cdots \quad w_n)^T \quad (3-4)$$

并对 W 进行归一化处理，则归一化后的向量分量 w_i^0 即为元素 A_i 对 H 的相对权重。

4) 相容性分析

在对系统各元素的重要性程度进行两两比较和判断时，一般不可能完全精确地判断出 a_{ij} 的值，只能对其进行估计，如果在估计时有误差，必然会导致判断矩阵特征值也有偏差；用 $C = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ (λ_{\max} 为 A 的最大特征值) 来度量偏差的可接受程度，如果 $C \leq 0.1$ ，则认为判断矩阵符合要求，否则，重新调整矩阵。

5) 综合重要度的计算

再计算各层判断矩阵有关元素对上一级元素的相对重要度(综合权重)。

(2) 网络层次分析法 (ANP)

网络层次分析法方法是由美国 T. L. Saaty 教授在层次分析法基础上发展起来的一种决策方法, 1996 年 Saaty 较为系统地提出了 ANP 的理论与方法。ANP 的特点就是, 在 AHP 的基础上, 考虑了各因素或相邻层次之间的相互影响, 利用超矩阵对各相互影响的因素进行综合分析得出其权重。

ANP 把系统分为控制层与网络层两个部分。控制层包括问题目标与决策准则, 所有的决策准则均被认为是彼此独立的, 且只受目标元素支配, 控制因素中可以没有决策准则, 但至少有一个目标。控制层中每个准则的权重均可用 AHP 方法获得。网络层由受控制层支配的元素组成, 元素之间相互影响, 形成网络结构, 图 3-4 为典型的 ANP 结构图。

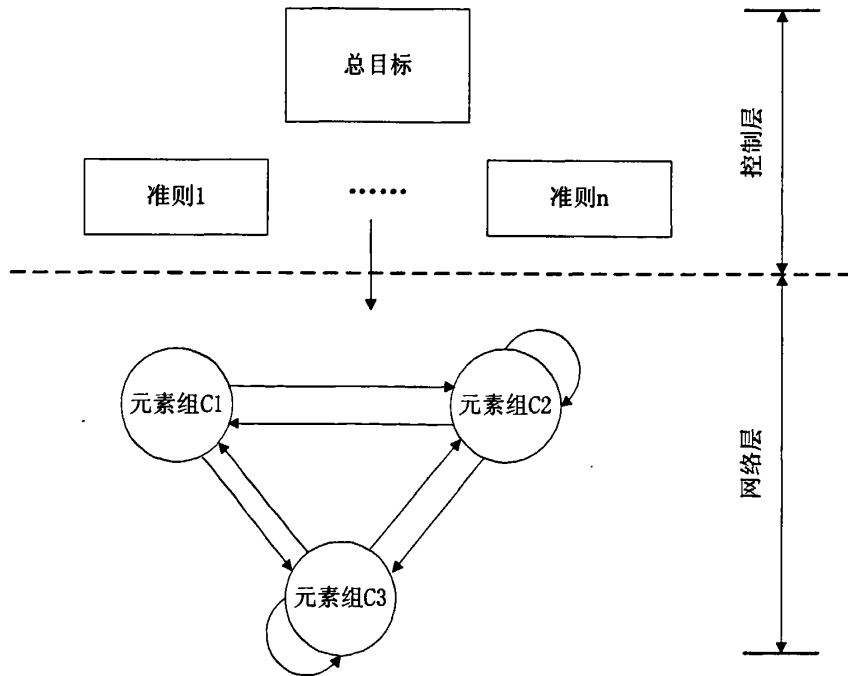


图 3-4 典型的 ANP 结构图

ANP 的基本步骤如下:

1) 分析问题

将需的决策问题进行系统的分解、组合, 形成元素和元素组, 并分析元素层次是内部独立还是相互影响。

其中

①超矩阵的每一列，都是通过两两比较而得到的排序向量；

②超矩阵 W 是通过元素两两比较而导出，矩阵中的每一列都是以某个元素为准则的排序权重；

③为了计算方便，需要将超矩阵的每一列归一化：用加权矩阵实现，即加权矩阵 a_{ij} 与超矩阵 W_{ij} 相乘。

④由于计算量巨大，超矩阵的求解很难用手工计算，往往需借助于专用的计算机软件来完成，如 Super Decision。

2、订单风险评估

(1) 订单风险 ANP 网络结构构建

根据企业的运作实况，并请相关专家分析，表 3-2 订单风险评估体系结构中，前 2 级风险元素集之间不存在相互影响的关系，第三级风险元素之间有些相互独立，有些存在着相互影响的关系，剔除独立元素后的关系如图 3-5 所示。

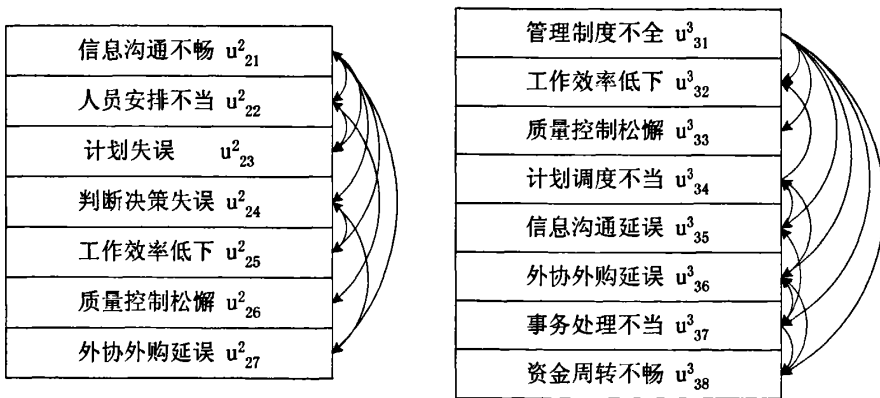


图 3-5 订单风险因素影响关系图

根据 ANP 网络结构的构建原理，组建订单风险的 ANP 结构如图 3-6 所示。

(2) 订单风险水平估算

图 3-6 所示的订单风险层次网络结构是一种特殊的 ANP 结构，网络层中的元素集之间不存在着影响或反馈，且只有管理风险元素组内的元素存在着相互影响的关系；另外，在订单承接阶段对订单的风险评估主要是为了获得某一订单风险度的大小，为是否承接该订单的决策提供依据，故可用 AHP 法先对订单的风险度进行评估，订单承接成功后再用 ANP 法确定第三级风险事件的重要程度。

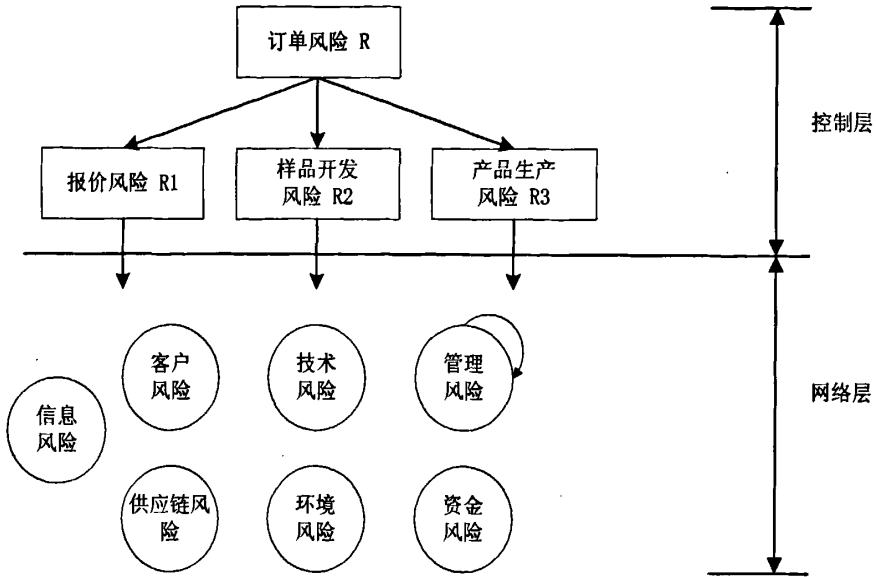


图 3-6 订单风险 ANP 结构图

1) 不同阶段风险概率 P_k ($k=1, 2, 3$) 的计算

对图 3-6 中的 7 个风险因素 $U_E = \{u_{e1}, u_{e2}, u_{e3}, u_{e4}, u_{e5}, u_{e6}, u_{e7}\}$ 给定一个评价集: $V_E = \{0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9\}$, 对应着风险因素 E 发生的概率描述: {不会发生, 很小, 较小, 一般, 较大, 很大}。请 N 位相关风险专家对每个风险因素在不同阶段发生的概率 P_{kj} ($k=1, 2, 3; j=1, 2, \dots, 7$) 进行评估, 并给出相应的数据 v_j ($j=1, 2, 3, 4, 5$)。

再计算:

$$r_{Pk_j} = \frac{n}{N} \tag{3-7}$$

n-对因素 u_{e_j} 给定评定值 v_j 的人数;

这样得到从 U_E 到 V 的模糊关系矩阵:

$$R_{Pk} = \begin{pmatrix} r_{Pk_{11}} & r_{Pk_{12}} & r_{Pk_{13}} & r_{Pk_{14}} & r_{Pk_{15}} \\ r_{Pk_{21}} & r_{Pk_{22}} & r_{Pk_{23}} & r_{Pk_{24}} & r_{Pk_{25}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{Pk_{71}} & r_{Pk_{72}} & r_{Pk_{73}} & r_{Pk_{74}} & r_{Pk_{75}} \end{pmatrix} \tag{3-8}$$

R_{Pk} 为 U_E 到 V_E 的单因素模糊评判矩阵, 只能反映单个因素对评判对象的影响, 要综合考虑所有因素的影响, 必须进行多因素模糊综合评判。

运用层次分析法 (AHP) 确定各阶段内的各风险因素 e_{kj} ($k=1, 2, 3; j=1, 2, \dots, 7$) 对订单失败的影响权重, 构成一个权重向量 $W_k = (w_{k1}, w_{k2}, w_{k3},$

$w_{k4}, w_{k5}, w_{k6}, w_{k7} \mid k=1, 2, 3; \sum_{j=1}^7 w_{kj}=1$), 再应用矩阵的内积运算, 可得到评

判 k 阶段影响订单失败的多因素评判矩阵 B_{Pk} :

$$B_{Pk} = W \bullet R_{Pk} \quad (3-9)$$

将 B_{Pk} 进行归一化处理, 得模糊综合评判集 B'_{Pk} :

$$B'_{Pk} = (b'_{Pk1} \ b'_{Pk2} \ \dots \ b'_{Pk5} \mid b'_{Pk} = \frac{b_{Pk}}{\sum_{j=1}^5 b_{Pkj}}) \quad (3-10)$$

最后, 计算在第 k 阶段订单的失败率 P_k :

$$P_k = B'_{Pk} \bullet VE^T = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 b'_{Pki} VE_j \quad (3-11)$$

2) 风险损失 L_k 的评估

对于面向订单制造的企业来说, 一个订单失败带来的损失, 不仅仅是显性的经济损失, 还包括对后续订单、企业的形象、市场地位等负面影响; 因此我们定义订单的损失 L 为显性经济损失 L_e 和隐性非经济损失 L_h 的加权和, 即:

$$L = w_e L_e + w_h L_h \quad ; w_e + w_h = 1 \quad (3-12)$$

① 隐性非经济损失 L_h 的评估

订单制造是一个连续的、系统的过程; 顺利进入下一阶段的工作必然是该阶段工作的重要目标之一, 我们在分析本阶段的风险损失时必须考虑这一目标。因此, 对于 L_h , 我们设定一组评判因素, 组成因素集 $U_h = \{ \text{进入后一阶段工作, 后续订单, 企业综合能力提高, 企业形象} \} = \{ u_{h1}, u_{h2}, u_{h3}, u_{h4} \}$, 设定评价集 $V_h = \{ \text{极不重要, 不重要, 一般, 重要, 很重要} \} = \{ v_{h1}, v_{h2}, v_{h3}, v_{h4}, v_{h5} \} = \{ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 \}$ 。根据相应的评估专家参照评价集 V_h 分别对各因素 $u_{hi} (i=1, 2, 3, 4)$ 进行评价, 得到模糊子集。于是, 评判矩阵为:

$$R_{L_h} = \begin{pmatrix} r_{h11} & r_{h12} & r_{h13} & r_{h14} & r_{h15} \\ r_{h21} & r_{h22} & r_{h23} & r_{h24} & r_{h25} \\ r_{h31} & r_{h32} & r_{h33} & r_{h34} & r_{h35} \\ r_{h41} & r_{h42} & r_{h43} & r_{h44} & r_{h45} \end{pmatrix} \quad (3-13)$$

$$r_{hi} = \frac{n}{N} \quad (3-14)$$

n —给 u_h 评定 v_h 分数的专家人数；

N —参评专家总人数

再对 U_h 中的各因素赋予相应的权重 $W_h=(w_{h1}, w_{h2}, w_{h3}, w_{h4})$, 运用模糊矩阵乘法, 评判 k 阶段影响隐性非经济损失的多因素评判矩阵 B_{hk} :

$$B_{hk} = W_h \circ R_{L_h}$$

$$= \{(b_{hk1}, b_{hk2}, \dots, b_{hk5}) \mid b_{hkj} = \bigvee_{i=1}^4 (w_{hj} \wedge r_{hij}) (j = 1, 2, \dots, 5)\} \quad (3-15)$$

将 B_{hk} 进行归一化处理, 得模糊综合评判集 B'_{hk} , 可得到 k 阶段的隐形风险损失 L_{hk} :

$$L_{hk} = B'_{hk} \bullet V_h^T = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 b'_{hij} v_{hj} \quad (3-16)$$

②显性经济损失 L_e 的评估

L_e 的评判 显性经济损失的绝对数据 L_{ea} 为订单进展到失败时刻各类投资额 I_j 的总和, I_j 通过财务预算分析, 得 L_e 的绝对数据 L_{ea} 为:

$$L_{ea} = I_t = \sum_{j=0}^m \sum_{k=1}^n I_{jk} \quad (3-17)$$

j —投资种类 (如材料费用、人员工资等)

k —为各类投资的投入次数。

由于对风险损失 L 进行的是综合评判, 其取值范围为 $[0, 1]$, 因此, 必须将 L_e 转换为与 L_h 相匹配的形式, 用各阶段的累计投资额与总投资额之比的大小作为 L_e 的评判, 即:

$$L_e = L_{ea} / C \quad (3-18)$$

C —完成订单的总投资额。

③ k 阶段风险损失的计算

将式 (3-16) 和 (3-18) 带入式 (3-12) 可计算出 k 阶段的风险损失。

3) k 阶段风险水平的计算

将式 (3-11)、(3-12) 结果带入式 (3-1) 将求得 k 阶段风险水平评估值 R_k 。

4) 订单整体风险水平评估

通过上面的分析, 得到了面向订单制造在不同时期的各自风险水平 R_1 、 R_2 、

R_3 ，但对一个订单的处理是一个连续、系统的过程，各个时期并不是孤立的，每个时期既是后一个时期的基础，同时又是前一个时期的目标和关注对象。因此，在对整个订单制造过程的风险研究时，必须综合考虑 3 个阶段的风险水平，为此，我们根据 R_k ($k=1, 2, 3$) 的大小，配以权重：

$$W = (w_1 \quad w_2 \quad w_3) ; \quad \sum_{i=1}^3 w_i = 1$$

最后得到整个订单的风险水平：

$$R = W \bullet R_k^T = \sum_{k=1}^3 w_k r_k \quad (3-19)$$

(3) 订单风险度评判标准的确定

在企业实际生产活动中，决策者往往用风险的高、低来描述订单的风险程度，为了便于实际应用，可将订单制造的风险指标按区间分为 5 个等级，如表 3-3 所示；并通过与 R 值的比较来确定订单的风险程度。

表 3-3 订单制造风险评价标准

风险等级	低风险	较低风险	一般风险	较高风险	高风险
风险水平值	≤ 10	10—30	30—50	50—70	≥ 70

3.3 实例分析

本实例为笔者参加项目所在企业于 2003 年 5 月承接的一个订单：该订单产品为液压、气动工具配件，其特点是：精度要求高，品种种类多（达 120 种之多），每一品种的数量少，整个订单的年产值约为 400 万元人民币、税前利润约为 150 万元人民币；订单一旦承接成功，在双方相互配合以及市场相对平稳的情况下，预估订单生命周期为 4 年。

显然这是一份利润丰厚的订单，同时产品特征决定了这是一份充满风险的订单，在作出是否承接之前必需进行风险分析和评估。

第一步 建立各种专家评分表

根据本章 3.2 节论述的方法建立各类专家评分表（见表 3-4 至表 3-10）。

表 3-4 报价风险因素重要度比较表

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7
U1(客户风险)	1	3	4	5	6	7	8
U2(信息风险)	1/3	1	2	3	4	5	6
U3(技术风险)	1/4	1/2	1	2	3	4	5
U4(供应链风险)	1/5	1/3	1/2	1	2	3	4
U5(管理风险)	1/6	1/4	1/3	1/2	1	2	3
U6(资金风险)	1/7	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2
U7(环境风险)	1/8	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1

表 3-5 报价风险因素发生概率专家评估人数统计表

	V1(很低)	V2(低)	V3(一般)	V4(高)	V5(很高)
U1(客户风险)	0	0	0	4	6
U2(信息风险)	0	0	4	4	2
U3(技术风险)	0	0	2	8	0
U4(供应链风险)	3	2	5	0	0
U5(管理风险)		3	5	2	0
U6(资金风险)	4	4	2	0	0
U7(环境风险)		2	4	2	2

表 3-6 报价隐性风险损失 L_{h1} 专家评估人数统计表

	V1 (极不重要)	V2 (不重要)	V3 (一般)	V4 (重要)	V5 (很重要)
U1(进入后阶段工作)	0	0	0	2	8
U2(后续订单)	0	0	3	7	
U3(综合能力提高)	0	0	2	8	
U4(企业形象)	0	5	5		0

表 3-7 样品开发风险因素重要度比较表

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7
U1(客户风险)	1	5	1/2	3	4	6	7
U2(信息风险)	1/5	1	1/6	1/4	1/2	2	3
U3(技术风险)	2	6	1	4	5	7	8
U4(供应链风险)	1/3	3	1/4	1	2	4	5
U5(管理风险)	1/4	2	1/5	1/2	1	3	4
U6(资金风险)	1/6	1/2	1/7	1/4	1/3	1	2
U7(环境风险)	1/7	1/3	1/8	1/5	1/4	1/2	1

表 3-8 样品开发隐性风险损失 L_{h2} 专家评估人数统计表

	V1	V2	V3	V4	V5
	(极不重要)	(不重要)	(一般)	(重要)	(很重要)
U1(进入后阶段工作)	0	0	2	6	2
U2(后续订单)	0	0	2	6	2
U3(综合能力提高)	0	0	2	8	
U4(企业形象)	0	0	5	5	0

表 3-9 样品开发风险因素发生概率专家评分人数统计表

	V1(很低)	V2(低)	V3(一般)	V4(高)	V5(很高)
U1(客户风险)	0	0	1	6	3
U2(技术风险)	0	0	1	5	4
U3(供应链风险)	0	0	4	4	2
U4(管理风险)	0	4	4	2	0
U5(信息风险)	3	4	3	0	0
U6(资金风险)	4	4	2	0	0
U7(环境风险)	5	5	0	0	0

表 3-10 产品生产风险因素重要度比较表

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7
U1(客户风险)	1	2	1/2	1/4	1/5	1/3	3
U2(信息风险)	1/2	1	1/3	1/5	1/6	1/4	2
U3(技术风险)	2	3	1	1/3	1/4	1/2	4
U4(供应链风险)	4	5	3	1	1/2	2	6
U5(管理风险)	5	6	4	2	1	3	7
U6(资金风险)	3	4	2	1/2	1/3	1	5
U7(环境风险)	1/3	1/2	1/4	1/6	1/7	1/5	1

表 3-11 产品生产隐性风险损失 L_{h3} 专家评估人数统计表

	V1 (极不重要)	V2 (不重要)	V3 (一般)	V4 (重要)	V5 (很重要)
U1(进入后阶段工作)	0	0	0	2	8
U2(后续订单)	0	0	2	2	6
U3(综合能力提高)	0	0	2	6	2
U4(企业形象)	0	0	2	5	3

表 3-12 产品生产风险因素发生概率专家评分人数统计表

	V1(很低)	V2(低)	V3(一般)	V4(高)	V5(很高)
U1(客户风险)	5	5	0	0	0
U2(信息风险)	3	4	3	0	0
U3(技术风险)	2	6	2	0	0
U4(供应链风险)	0	2	2	4	2
U5(管理风险)	0	0	2	6	2
U7(资金风险)	0	6	4	0	0
U8(环境风险)	3	5	2	0	0

第二步 风险水平值计算

以报价风险 R_1 的评估作为详细计算范例，其余两阶段可参照进行。

1、风险概率计算

根据表 3-4、3-5 的数据以及层次分析法，可算出：

$$P_1 = \mathbf{B}'_{P1} \mathbf{V}_p^T = 0.676$$

2、风险损失计算

通过查阅财务预算，总投资额 C 约为 50 万元，第一阶段的投资额度为 1 万元；第二阶段的投资额为 8 万元；第三阶段的投资额为 41 万元；则第 I 阶段显性经济风险损失为：

$$L_{e1} = L_{e1}/C = 1/50 = 0.02;$$

隐性非经济风险损失计算

对于 U_i 赋以权重 $W_i = [0.7, 0.2, 0.05, 0.05]$ 。根据表 3-6 数据及式 (3-13) 至(3-16),可得：

$$\mathbf{R}_{h1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0.8 \\ & 0.3 & 0.7 & & \\ & 0.2 & 0.8 & & \\ & 0.5 & 0.5 & & \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B}'_{h1} = (0 \quad .043 \quad .174 \quad .174 \quad .609)$$

$$L_{h1} = 0.735$$

由于第一阶段的经济损失不大，对 L_{e1} 、 L_{h1} 的权重分别取为 0.4、0.6，则

$$L_1 = 0.6 L_{h1} + 0.4 L_{e1} = 0.449$$

3、风险水平计算

将 P_1 和 L_1 代入根据风险水平函数 (式 3-1)，得

$$R_1 = 55$$

类似地，可计算出

$$P_2 = 0.629; L_{e2} = 0.14; L_{h2} = 0.805; L_2 = 0.6 L_{e2} + 0.4 L_{h2} = 0.539;$$

$$R_2 = 58.2$$

$$P_3 = 0.467; L_{e3} = 1; L_{h3} = 0.768; L_3 = 0.4 L_{e3} + 0.6 L_{h3} = 0.91;$$

$$R_3 = 65.1$$

综合风险水平 R 计算：

根据 R_1 、 R_2 、 R_3 的值，对 R_1 、 R_2 、 R_3 赋于权重 $W = (0.30, 0.33, 0.37)$ 则：

$$R = \mathbf{W} \bullet \mathbf{R}_k^T = \sum_{k=1}^3 w_k r_k = 59.79$$

第三步 评估结果分析

1、对照订单制造风险评价标准（表 3-3）该订单属于较高风险的等级订单，企业必须采用相应的对策降低风险或是放弃订单。

2、订单失败的概率将随着承接过程的深入逐步降低。

3、显性经济风险损失、综合风险损失和风险水平随着进程的深入逐步上升，试订单生产阶段达到最高值；隐性非经济损失有 $L_{h1} < L_{h3} < L_{h2}$ 。

4、报价阶段主要的风险来自客户和企业的决策；样品制造阶段的主要风险来自技术和客户；订单生产阶段风险主要来自企业的管理和外协。

该企业虽然在 2003 年 12 月完成了整个订单的开发工作，并进入了正常供货阶段，取得了暂时性订单；但由于针对该订单产品的生产管理改革未取得成功，最终不得不于 2005 年 2 月彻底放弃该订单。

小结

本章从风险的角度对 MTO 进行了研究。根据风险和风险管理理论定义了订单制造风险的概念。在研究了影响订单的风险因素后，构建了订单制造的风险评价指标体系；定性地研究了订单制造过程中风险的变化规律；建立了订单制造过程的风险损失评估的数学模型和风险网络分析（ANP）结构；针对 ANP 计算的复杂性，根据订单承接的实况，通过对风险因素的适当归类，将 ANP 结构转换为层次分析（AHP）结构，简化了计算过程。文章最后通过实证说明了评估模型的使用方法。

参考文献：

- 【1】李剑锋著. 企业经营管理风险决策【M】. 冶金工业出版社, 1996.
- 【2】林义编著. 风险管理【M】. 西南财经大学出版社出版, 1990.
- 【3】Yates. J. F, & Stone. E. R. Risk appraisal. New York: John Wiley & Sons Ltd. 1992.
- 【4】何文炳主编, 风险管理【M】. 东北财经大学出版社, 1999.
- 【5】TAN Han-mo, PEI Ren-qing. Risk analysis and assessment for make-to-order manufacturing【J】. Journal of Shanghai University(English Edition), 2006, 10(6) :535 — 540.
- 【6】Kogers G O. Survey of approaches for assessing and managing the risk of extremes【J】. Risk Analysis, 1999, 19(1) :83-94.
- 【7】卢有杰, 卢贾仪. 项目风险管理【M】. 清华大学出版社, 1998.

- 【8】 James J. Buckley, Thomas Feuring, Yoichi Hayashi. Fuzzy hierarchical analysis revisited 【J】. European Journal of Operational Research, 2001, (129): 48-64.
- 【9】 Saaty T L. Decision making with dependence and feedback 【M】. RWS Publication, Pittsburgh, PA, 1996.

第四章 订单承接报价设计

报价是订单制造生产不可缺少的过程,无论是对客户还是对供应商都具有重大的意义。客户通过不同供应商的竞争报价来降低制造成本,直接获得经济利益。而对面向订单制造企业来说,报价的成功与否直接关系到企业能否承接到订单、能否获得利益、能否继续生存与发展;报价过程同时也是企业对自身的技术能力、管理能力以及盈利能力的理论自我检视。

一个成功的报价体现了客户与供应商之间相互信任的初步建立,客、供双方以及企业与竞争对手之间经济利益博弈的调和。报价是供应商在价格上对客户的承诺,报价一旦被客户接受,一般情况下不能再更改,故报价工作必须严密细致;同时由于现代市场快速变化的要求,客户对供应商的报价有严格的时限要求。

4.1 报价的起源与发展

报价最初起源于商业拍卖中的竞价行为,后来作为招、投标标书上一个不可缺少的组成部分拓展到其它的商业行为(如大批量政府采购、大型工程项目的投标等),并随着竞标理论研究的发展而发展。

对于竞标理论的研究最早可追溯到上世纪 50 年代中期 Friedman 提出的竞标策略^[11];后来更多的学者对 Friedman 的研究进行了拓展,他们根据拍卖中信息对称的条件状况以及合同的层次级别,建立了各式各样的数学模型和竞标的理论标准,并用具体的实验数据进行验证;其中最具有代表性的是在竞争性投标环境下最优投标报价模型的确定^{[2], [3], [4]}:

$$E(B)=(B-C)P(W|B) \quad (4-1)$$

$E(B)$ ——最大期望利润;

B ——竞标报价;

C ——相关合同的估算直接成本;

$P(W|B)$ ——中标的概率。

从上世纪 60 年代起,竞标理论在建筑、石油等行业的大型工程项目以及电力行业的电力销售上得到了大量的应用和研究^{[2], [5] - [10]};随着全球市场环境的变化和竞争的加剧,不少制造型企业为了降低制造业成本,对于大型(或大批量产品)制造项目也采用竞争性投标的方式寻找合适的供应商,竞标研究在制造业得到了一定的研究与应用^{[11], [12]}。

4.2 订单制造报价与工程项目投标竞价的区别

面向订单制造的报价不同于大型工程项目的竞标报价，主要体现在以下几个方面：

1、工作频率不同

由于工程项目延续的时间较长，报价相隔的时间也较长；但在面向订单制造企业中，业务部门会不断地提供客户订单信息，报价已成为订单制造企业日常工作，甚至会出现一天内要完成几份订单的报价。

2、响应速度要求不同

竞标报价虽然也有时限要求，但这个时限往往能让投标方具有足够的时间来做好各方面的准备工作；而订单制造中，客户要求的报价时间非常短（通常在72小时内，一般不超过5个工作日），供应商对报价必须作出快速的响应。

3、延续性和重复性不同。

工程项目一般没有重复性，故工程项目竞标中的报价也不具备重复性；而订单制造中，同一产品往往有很多次订单，虽然每次订单的报价稍有差异，但订单制造的报价具有连续性和重复性。

4、侧重点不同

工程项目投标报价的侧重点在于利润率的分析，而订单制造报价的侧重点在于快速报价的方法和如何尽可能获得订单上。

4.3 订单制造报价面临的困难

对于面向库存生产（Store-Oriented Production, SOP）企业来说，虽然也存在着产品成本计算、利润的确定等面向市场或销售商报价（定价）的工作，但订单制造的报价比库存制造的报价要复杂、困难得多。主要体现在以下几方面：

1、价格透明度与价格调整的压力

SOP企业产品的价格对企业内部相关部门来说是透明的，但对客户或经销商而言是一个“黑匣子”，企业没必要也不会向他们公开产品的价格构成，这样SOP企业可根据市场、外部环境的变化，灵活地调整自己产品的价格。而订单产品的报价，除了向客户提供产品总体的价格外，还得提交罗列了总价详细组成部分的报价单（如表4-1），客户将对报价单中的每一项进行审核。随着各类信息的利益公开化，企业很难在报价上渗入过高的利润，这就要求企业在报价时，必须精确地计算产品价格的每个组成因素。订单产品价格的调整，特别是提高价格，是一件非常艰难的事，需要通过与客户的多沟通。

表 4-1 国内某电动工具配件制造企业的报价单

TO (致送): XXXX 有限公司

QR/QP 7.4-06

版本: A/0

Item No. 零件料号	Rev. 版本	Item Name 零件名称	Annual Volume 报价 (年) 批量	Unit Price w/o VAT 不含增值税单价	Unit Price w VAT 含税单价			
Site (生产地):		Deliver to (交货地):		Sampling Plan (采样计划):				
Tooling L/T (模具周期):		Sample L/T (样品周期):		Production L/T (批量周期):				
Tooling Quotation : (模具报价)								
Tooling 模具	Tooling Life 模具寿命	Material 材料	Quantity 数量	Unit 单位	Total 总价			
Tooling 夹具	Tooling Life 夹具寿命	Material 材料:	Quantity 数量:	Unit 单位	Total 总价			
Part Quotation : (成本报价)								
Material 材料费	Labor 工时	Overhead 管理	Package 包装	Profit 利润	Tax 税收	Freight 运费	Subcontract 外加工	Total 合计
Raw Material Specification : (原材料规格)								
Payment Term : (付款方式)			<input type="checkbox"/> 月结 90 天付款			<input type="checkbox"/> 月结 75 天付款		
Supplier Data (供应商信息):								
Supplier (供应商):								
Chop (盖章):				Contract (联系人):				
Telephone (电话):								
Fax (传真):				Date (日期):				

2、信息不完整与失真的阻碍

SOP 企业产品的定价往往是在产品样品完成之后进行的;价格决策是一种产后行为,作为企业竞争的一种方式,以特别的方式加以制定。由于有充分的时间和实际生产过程的记录,产品价格能得到各项确定数据的支持。而订单产品的报价还处于订单生产的起始阶段,所有信息都未得到核实与验证,有些信息甚至是不正确的,这些不利因素必然给报价工作带来很大的障碍。

3、产品差异性的困扰

SOP 企业的产品是相对稳定的, 每种产品的加工方法、检测手段也是相对固定的, 生产成本基本上没有大的变动, 因此在 SOP 企业中, 产品的定价工作并不复杂。OOP 企业的生产计划来源于订单, 订单的到来是随机的, 并且不同的订单的产品也不相同, 这要求企业必须对生产资源进行重新调整, 这种调整势必引起生产成本的变化, 这种无规律的成本变化将影响到报价的精确性。

4、时限性的要求

对于 SOP 企业来说, 它们有足够的时间来反复审核新产品的各项成本, 最终确定新产品的价格; 而订单产品的报价必须在客户规定的时间内完成(一般为 3~5 天), 超过这个时限, 客户会视为供应商放弃订单。在这么短的时间内要完成图纸分析、工艺设计、外部环境信息的获取(原材料供应、外协合作企业的寻找与沟通、物流运输的咨询等)以及与客户协商, 最终完成成本核算等工作是相当困难的。

4.4 面向订单制造报价设计

4.4.1 报价设计的定义

报价设计是指定制企业在获得客户订单信息后, 利用企业所拥有的资源, 采取一系列的方法将订单特征(产品、批量、交货时间地点等)转换为产品价格的表达方式并向客户提供报价单的过程。

4.4.2 报价设计的内容与过程

一份报价单的形成, 一般要经历订单分析、支撑报价的资源获取与分析、报价工艺设计、成本预算、报价策略的选择与利润的确定以及报价单的形成等六大步骤。报价设计流程如图 4-1 所示。

1、订单分析

订单分析是报价设计工作的开始, 同时也是整个订单制造的起点; 报价过程中的订单分析包括产品样图分析和产品信息分析。样图分析主要是分析样图中的各项技术指标, 为工艺设计和原材料的准备以及成本预算提供依据。产品信息分析主要是了解产品的用途、订单的批量大小、订单的延续时间以及对客户方的目标价、信誉度、付款周期的调查, 为报价思想的确定做准备。

2、报价支撑资源的获取与分析

对订单进行报价，必须建立在完备的报价资源的基础上。报价资源分为企业内部资源和外部资源两大部分，内部资源包括企业具有的设备、人员、技术力量等；外部资源是指与订单产品相关的材料供应商、外包协作企业（如热处理、特殊加工等）以及物流运输等。为了提高报价速度，对于一个面向订单制造的企业必须建立一个报价资源信息库。

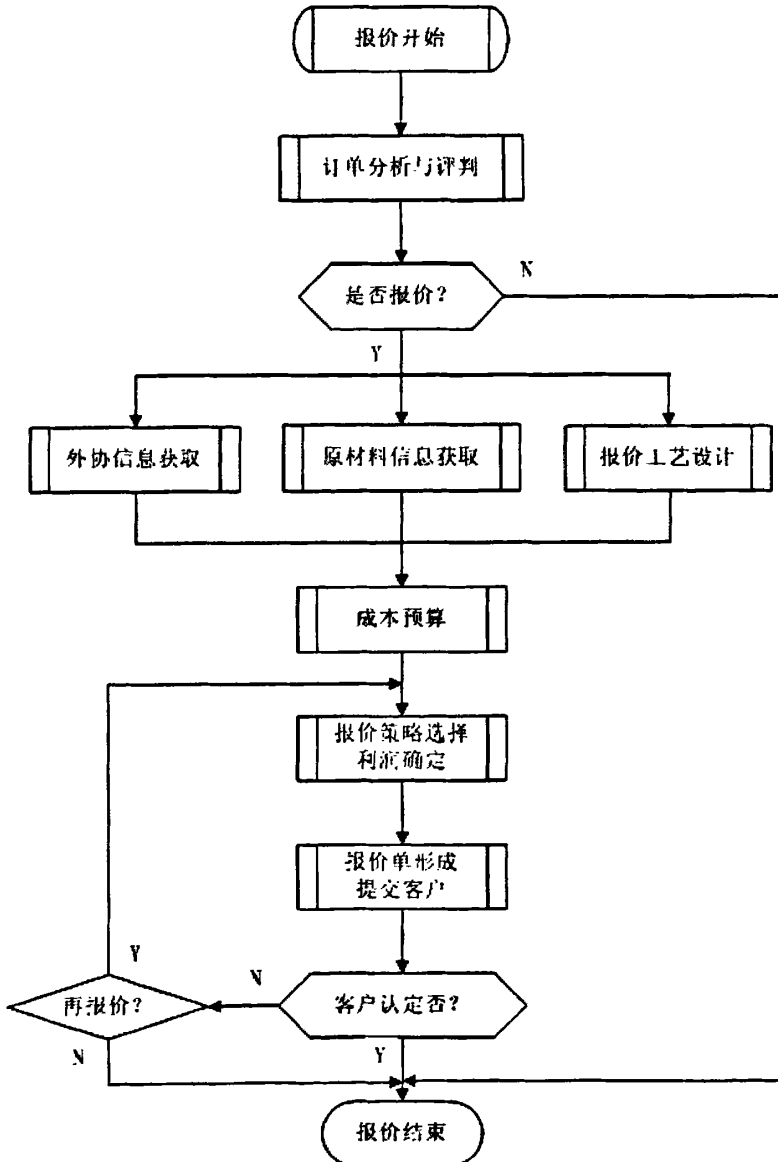


图 4-1 报价设计流程

3、报价工艺设计

工艺设计是生产型企业技术设计中必不可少的一项工作,是制造企业生产组织活动的重要环节,工艺设计的优劣直接影响到产品的成本、质量以及生产率;另外工艺设计的结果确定了对生产资源的要求,是成本核算和报价的重要依据之一。由于报价在整个订单生命周期中不是为常规的生产做准备,而是对制造资源的评估^{[13]、[14]}。因此,报价工艺设计与生产工艺设计的主要差别在于工艺设计的结果不是直接用于指导生产,而是用于参与客户的供应商群体中的竞争,因此在工艺设计的方法和内容上都有所不同。概括起来,报价工艺设计有如下特点:

①临时性 报价工艺设计是在订单初始阶段临时进行的工艺设计,报价工作完成,则设计活动也随之结束,一般不具备后续的工作。

②敏捷性 由于客户对报价的时间要求很短,一般要求在 72 小时内回复,至多不超过一个工作周。因此,报价工艺设计活动必须以敏捷的组织形式开展工作。

③粗放性 由于报价工艺不直接用于生产上的技术指导,因此,报价工艺是一种粗放型的工艺,在设计时只需要列出工件的加工方法、路线、所用的资源、预计的工时以及成本,而不需要给出详细的工艺参数。

④决策支持性 报价工艺设计对订单的决策起到如下三方面的支持作用:①从技术上支持企业是否承接本次订单。因为通过报价工艺设计可确定本企业是否具备承接本次订单的技术能力。②支持制造成本的预算和报价,工艺是估算加工成本的根本依据,而加工成本是制造成本的重要组成部分,因此通过工艺设计可以为报价提供数据依据。③支持客户对供应商制造资源的评估,由于加工工艺是由企业所拥有的资源(包括设备、人员)而确定的,客户通过供应商提供的工艺流程可估算出其生产资源和生产能力。

⑤多方案性 由于报价工艺支持客户对供应商生产能力的评估,同时支持制造商对客户的报价,因此对报价产品应设计多种制造工艺方案,并通过多方面的评估,遴选出综合评价最好的方案,作为最终的报价工艺方案。

依照上述对报价工艺设计的特点的分析,报价工艺设计流程如图 4-2 所示。

(1) 工艺方案设计

报价工艺主要是为了对企业生产能力的评估并为报价提供制造成本数据,因此其设计的依据往往是企业的制造资源,而不是生产要求。根据订单产品的复杂程度,可将零件分为常规件和非常规件,常规件就是企业现有资源就能制造的零件,对这种零件只要设计一种方案作为最终的设计结果。非常规件,也就是企业现有资源不能满足制造需要的零件,对这种零件必须设计多种工艺方案。一般地,对于非常规件,至少要设计两套工艺方案,其一为企业通过制造资源改善后的工

艺方案，其二为企业通过外协得到共享资源的工艺方案。多种工艺设计结果提供给评估系统进行可行性、成本、效率等综合评定。

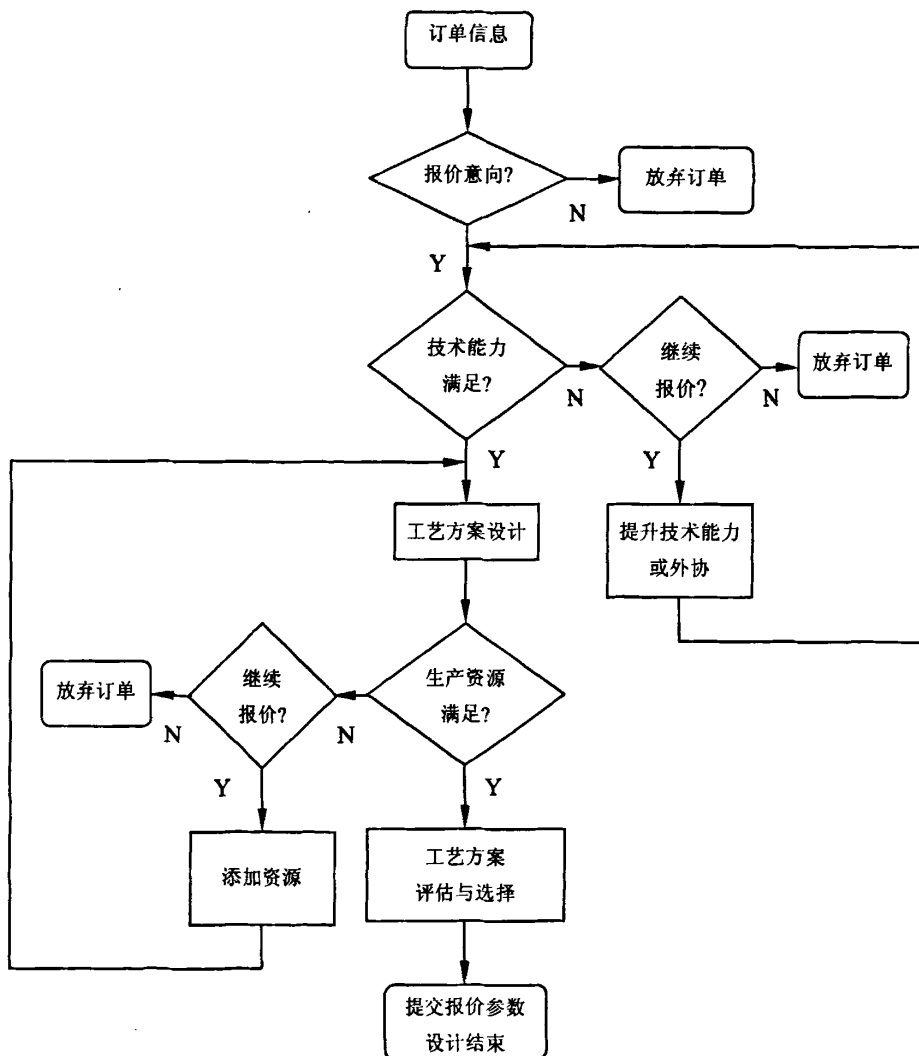


图 4-2 报价工艺设计流程

(2) 提高工艺设计速度的方法

作为订单报价工艺设计，在时间上必须满足报价期限的要求。由于客户对报价的时间要求很短，一般要求在 72 小时内回复，至多不超过一个工作周。因此，报价工艺设计活动必须以敏捷的组织形式开展工作。为提高工艺设计的敏捷性，首先企业应启用经验丰富的工艺设计人员，经验丰富的工艺设计人员能较全面地

考虑各方面的因素，能设计出质量较高的方案，这样可减少工艺的修改时间；其次，要尽量采用计算机辅助工具，提高设计的速度和效率；这两种措施，在目前的企业已得到了应用和推广。但不少企业在组织管理上对敏捷性响应还有待于提高，设计模块化的分工并充分利用计算机网络进行整合，将整个设计过程实行计算机管理和跟踪，是提高整个设计工作的效率和速度的有效途径。

（3）报价工艺的决策支持性

无论是客户还是供应商，企业决策者对订单的决策很大程度上依赖于对订单产品的工艺描述。因为一套工艺方案不仅仅反映了报价单上的价格数据，更为重要的是它体现了企业的制造资源能力。

制造资源能力可分为技术资源能力和生产资源能力，技术资源能力反映的是企业是否具有制造出符合客户产品设计要求的技术水平，是产品质量的有力保证；它主要体现在员工的素质和熟练程度、设备的先进性、量具的精确性等方面。一旦工艺描述上出现企业自身的技术资源不够，决策者必须作出是否放弃订单和如何提高技术水平的决定。

生产资源能力反映的是企业是否能在规定的时间内完成客户订单产品的数量的能力，是订单产品交货期的保障；它主要体现在员工的数量、设备的台套数以及生产调度管理水平上。如果工艺描述上出现生产资源不够，企业决策者必须作出生产资源扩充或寻找外来协作的决策。

（4）工艺方案评估与选择

工艺方案的评估是工艺选择的基础，工艺方案的评估是对订单中一个零件的多种工艺方案按照一定的评估指标进行评价，比较各个个方面的优劣，评估的结果往往用具体的数据来描述。

一个零件的工艺往往在上方面来进行评价：加工质量（满足产品的技术要求）、生产速度（满足客户的交货期要求）以及生产成本（满足客户的价格要求和企业自身利润的要求）。在做评估时，必须综合这三方面的因素进行综合测评。其中生产速度和生产成本可以通过具体的数据直接计算出来，而加工质量则需通过建立模糊评价的数学模型来得到评估数据。

对工艺方案的评估得到的是某一种零件的最佳加工方案，是个体最优，但对整个订单（多品种订单）以及企业的生产系统来看，个体最优并不能保证整体最优，因此，在做工艺方案的选择时，所选定的方案应该是整体最优，个体较优。

4、成本预算

成本预算是报价过程中极为重要的一个环节，其结果直接影响到报价准确的

准确性,同时由于订单到达的随机性,企业的运营成本将随着在线产品的调整而发生改变,因此,订单产品的成本将是一个动态的成本,如何将其转换为相对稳定的能用成本预算理论进行预算是订单报价需要解决的关键问题。

5、报价策略的选择与利润的确定

在获得了订单批量的大小、延续时间、客户的各项信息和完成订单产品的成本预算后,并不能马上得出产品的单价,还必须选择合适的报价策略来确定企业希望获得的利润。

企业报价的最终目的不仅仅是为获得客户的订单,而是希望通过订单获取利润;而利润的确定除了与客户进行“顶牛”式博弈^[15]外,还得考虑与竞争者之间的静态博弈(static game)与动态博弈(dynamic game)^[16]。

由于一般的中小型定制企业不具备进行博弈研究的条件,往往通过侦探到客户的目标价和竞争对手价格并结合企业追求效益的长、短性目标要求来选择报价的策略并确定利润。

按企业追求效益的长、短性目标可将订单产品的报价分为战略性报价和战术性报价两种策略。战略性报价追求的是企业长期经济效益,往往是以某次订单为契机,切入到客户的供应商群体,为将来获得更多的订单打下基础;或者是为介入某个行业领域作好技术训练、资源准备为目的;因此,战略性报价主要目标是获取本次订单,而不是从订单中获得最大利润。一般说来,对于批量大、延续时间长、大型企业订单的第一次报价将采用战略性报价。战术性报价是以企业获得最大利润为目标的报价方式;针对订单,企业必须达到一定的利润期望。战术性报价往往适用于小批量订单、重复性订单和同一客户的非第一次订单。

4.5 订单制造报价方法的研究现状

产品定价是工业企业管理的重点和热点之一,相关的文献有很多,文献的作者从不同的角度对定价及定价决策进行了阐述。影响产品价格的因素是多方面的,查尔斯.T.霍恩格伦等^[17]将众多因素归结为客户、竞争者和成本等三种,基于对三个主要因素在价格决策中的权重大小的考虑,形成了各式各样的定价方法和理论,如成本加成定价法、变动成本定价法、作业成本定价法、产品生命周期成本定价法、动态定价法、理解价值定价法、区分需求定价法等等。从定价的出发点来看,目前现有的定价方法可归结为两大类:市场导向法和成本导向法。

以上的种种方法基本上都是针对面向最终客户产品(最终产品)的定价方法,而针对定制产品,特别是针对狭义的订单制造产品(零部件产品)的报价方法和

理论研究较少，基本上沿用面向最终用户产品的成本导向法^{[18]、[19]}或是改进的成本导向法^{[20]、[21]}，在企业的实际应用中，绝大部分也是使用成本导向法。

4.5.1 成本导向定价法

1、成本导向定价法的基本原理

成本导向法是目前国内企业最常用的方法，它是以产品单位成本作为定价的基本依据，加上适当的利润得出产品价格的方法。成本导向法的价格可表示为：

$$P=C+G \quad (4-1)$$

P——价格 (Price)；

C——预估成本 (Cost)；

G——期望利润 (Gain)。

2、成本预估

在式 4-1 中，成本是影响价格的主要成分，影响产品成本的因素多(如图 4-3)，产品成本的结构复杂(如图 4-4)；且制造过程必须根据客户订单更替而调整，生产成本的发生是一个动态过程，加上订单产品差异性，报价周期的时限性，如何快速、准确地预算出产品的成本是订单报价的重点和难点。

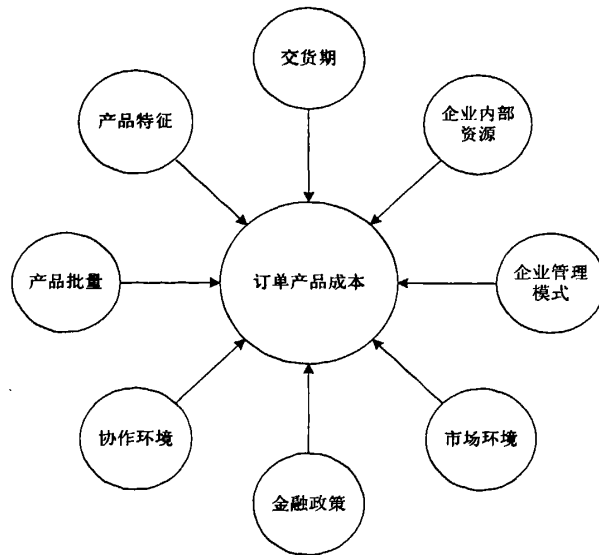


图 4-3 订单产品成本影响因素

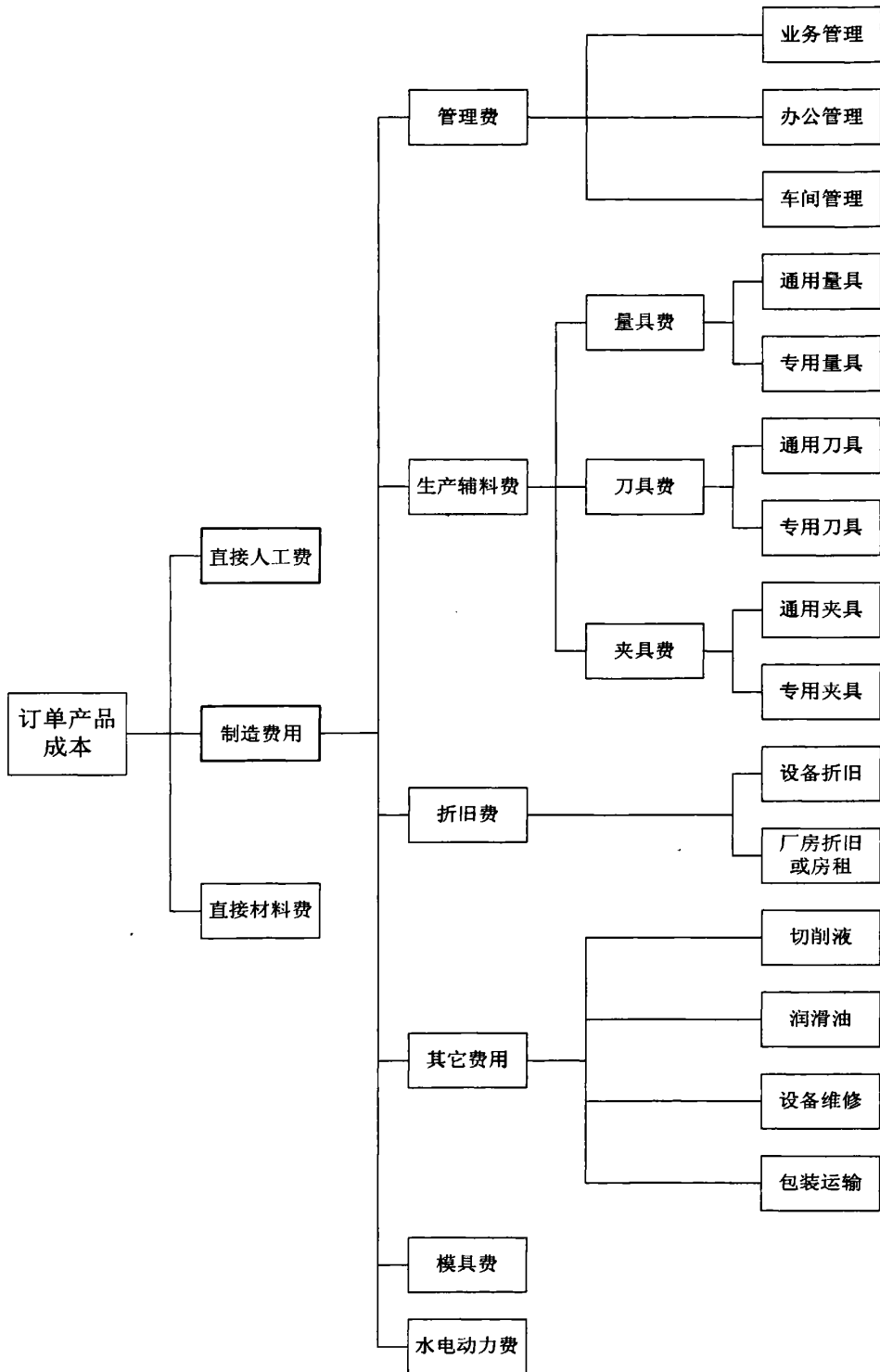


图 4-4 订单产品成本构成图

目前对于产品成本预估的方法主要有详细成本预估法（如作业成本法，也称 ABC 法）和参数成本预估法两大类^[22]。详细成本预估法是根据一定的规则产品成本被分解为若干子项，通过对各子项的预估后汇总为产品的成本，该方法具有预算准确的特点，但成本预估的时间较长、数据计算量大、计量成本高。参数成本预估法是通过零件（或产品）的特征与产品成本之间的函数关系作为预估模型，通过对模型的求解得到产品的成本，对模型的求解常用的方法有曲线拟合、多次回归分析以及神经网络等方法；参数成本预估法具有预估速度快的特点，但在预估精度上受制于预估模型的正确性和适应性。

4.5.2 其它报价方法

对于订单产品价格的确定除了上述两种常用方法之外，有些企业采用“材料费用倍数法”，即：价格=材料费*K，K 为产品复杂程度系数；这种方法非常简单，但准确性较差。对以线切割加工产品，往往根据产品被加工的面积来定价；激光切割与焊接件，由加工线路的长度来决定价格；电火花加工由被去除材料的体积作为报价依据。

4.6 基于工序产值的订单承接快速报价方法设计

随着数控机床在制造业的推广，机械加工工艺的设计方法和内容都发生了很大的变化，其中加工工序的集中是数控加工工艺的重要特征之一，工序已成为数控加工过程中各类信息的汇集点。

本章利用数控加工工序集中以及工序信息汇集的特点提出一种基于工序单位时间产值的订单制造快速报价方法。

4.6.1 报价原理及报价模型

1、报价原理

工序产值报价的基础是成本导向法，在成本预估上利用现代 CAD/CAM 技术将零件的特征与成本的关系转换为形成特征的工序及工序时间与成本的函数，利用企业的自学习能力将形成产品的静态成本归集到每道工序上；结合数控加工的工序集中的特点，将订单产品的成本和期望利润分解到加工过程的每道工序上，通过对每道工序的成本和期望利润的求解，形成工序单位时间的产值，以各工序的单位时间产值的总和作为报价数据。

2、报价模型的建立

设某订单产品需经过 n 道工序，其中第 i 道工序的加工时间为 t_i ，单位时间期望产值为 pv_i ，单件产品的原材料成本为 C_M 、包装运输费 F 以及税金 T ，则价格 P 的数学模型为：

$$P = C_M + F + T + \sum_{i=1}^n t_i pv_i \quad (4-2)$$

t_i —产品在第 i 道工序的加工时间；

pv_i —第 i 道工序单位时间的产值，是工序 i 单位时间成本 c_i 、单位时间期望利润 g_i 的函数：

$$pv_i = c_i + g_i \quad (4-3)$$

工序产值 pv_i 的形成如图 4-3 所示。

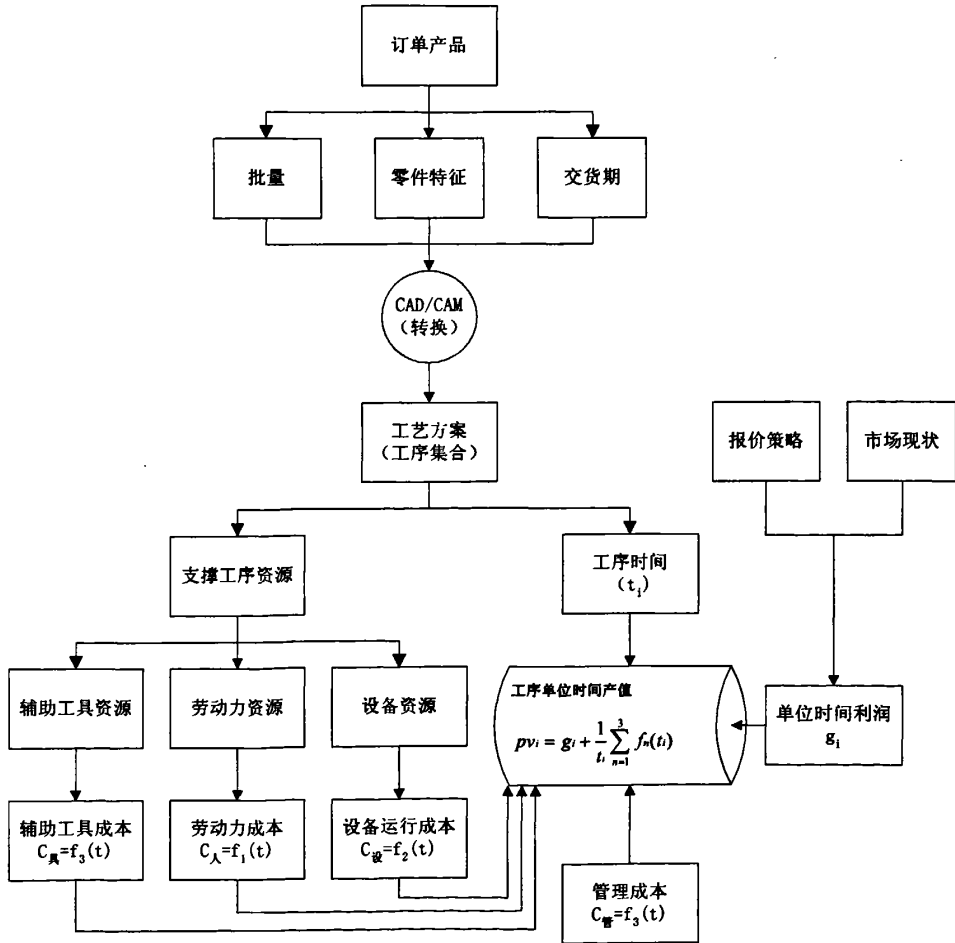


图 4-5 工序产值形成过程图

报价模型的使用条件

基于工序产值报价模型并不能适用于所有类型的订单产品报价,具有下列特征的产品才能使用:

- 1) 运用工序产值报价的对象为以工序作为制造过程节点的产品;
- 2) 使用该模型进行报价的产品必须具有一定的批量;
- 3) 工序成本的变化受操作人员的人为因素影响较小。

4.6.2 报价方法特点

与其它报价方法相比,工序单位时间产值定价方法具有以下的特点:

1、可充分利用 CAD/CAM 系统提供的各种参数,实现计算机辅助报价,提高报价速度

由于现代制造企业所使用的设备数字化控制程度越来越高,制造过程受人为因素的影响越来越小,加工过程中的很多参数(如切削三要素 v 、 a_p 、 f)都不会因操作人员的不同而改变,而现代 CAD/CAM 系统的仿真技术为报价提供了可靠的相关数据,而不需要通过实际的操作来获得和验证,这样大大提高了报价速度。

2、易于生产过程中的成本控制

由于该定价方法将各项综合复杂的成本分解到具体的工序上,通过对各道工序的成本控制就能达到总体成本控制的效果。

3、易于利润的调整

对于 MTO 企业来说,与客户进行价格商谈是经常性事务,该定价法将利润分散到各道工序,了解整个利润的形成过程,谈判时就能准确地确定在哪方面可以作出利润让步。

小结

本章概述了报价研究的起源、发展概况;在比较了定制报价与工程项目竞标报价、狭义订单制造报价与完整产品制造报价之间的区别后,定义了订单承接报价设计的概念,叙述了订单报价设计的主要内容和工作流程;分析了报价工艺设计与生产工艺设计的差别,提出了加快报价工艺设计速度的方法。

通过对现有订单制造报价方法的研究,针对目前报价设计的缺陷—缺乏现代订单报价敏捷性与准确性要求的统一,提出了一种基于工序单位时间产值的快速

报价方法,建立了报价价格模型;该方法易于与 CAD/CAM 系统衔接,实现计算机辅助报价,提高报价速度,将各项综合复杂的成本和总体利润分解到具体的工序上,有利于成本的具体控制和利润的调整,提高订单承接的成功率。

参考文献:

- 【1】Friedman, L. A competitive-bidding strategy【J】.Operations Research. 1956, 4, 104-112.
- 【2】Gates. Bidding strategies and probabilities【J】. Journal of the Construction Division, 1967 (93) ,75-103.
- 【3】Carr, R. I. General Bidding Model【J】. Journal of the Construction Division. Proceedings of the American Society of Civil Engineers.1982, 9, 639-650.
- 【4】Skitmore, R.M. The contract bidder homogeneity assumption: an empirical analysis【J】. Construction Management and Economics,1991, 9, 403-429.
- 【5】Morin, T.L. and Clough. OPBID: Competitive bidding strategy model【J】. Journal of the Construction Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers. (95) 1969:85-106.
- 【6】Pin, T.H. and Scott, W.F. Bidding model for refurbishment work【J】. Journal of Construction Engineering Management ASCE, (120) 1994:257-273;
- 【7】Capen, E. Clapp, R. and Campbell, W. Bidding in high risk situations【J】. Journal of Petroleum Technology, (23) 1971, 641-653.
- 【8】Dibyendu Das. Minimizing Forced Outage Risk in Generator Bidding【D】. ProQuest Information and Learning Company. 2004.
- 【9】Ashkan R. Kian. BIDDING STRATEGIES IN DYNAMIC ENERGY MULTI-MARKETS【D】. The Ohio State University 博士论文, 2001;
- 【10】龙军,吴杰康,王辑祥. 电力市场中实现生产成本最小化的策略性竞标与数学模型【J】. 电力系统及其自动化学报,2003, 10:34-28.
- 【11】Kogut, B. Kulatilaka, N. Operating flexibility, global manufacturing, and option value of a multinational network【J】. Management Science, 1994(40), 123-139
- 【12】YAVUZ BURAK CANBOLAT. MULTIPLE PERSPECTIVE MODELS OF MANUFACTURER-SUPPLIER RISK【D】. Wayne State University 博士论文, 2005.
- 【13】谭翰墨,裴仁清. 订单制造报价工艺设计的研究【J】. 常熟理工学院学报,2008, 4:90-92.

- 【14】刘成颖, 杨志刚, 王先逵. 敏捷竞标工艺设计研究【C】. 中国机械工程学会生产工程分会 " 面向二十一世纪的生产工程 " 年会, 2001:541-544.
- 【15】龙丽. 博弈论在企业竞争中的应用研究【D】. 厦门大学硕士学位论文, 2001.
- 【16】戚译, 朱秀君. 经济博弈论【M】. 浙江大学出版社, 2000, 9.
- 【17】查尔斯·T·霍恩格伦, 乔治·福斯特, 斯里坎特·M·塔达著. 王立彦, 王永梅译. 成本会计学——以管理为重心. 大连: 东北财经大学出版社. 2000.10.
- 【18】张东生, 王久征. 现代企业管理【M】. 机械工业出版社. 2005, 2
- 【19】Brian G. Kingsmanan, Antonio Artur de Souza, A knowledge-based decision support system for cost estimation and pricing decisions in versatile manufacturing companies, *Int. J. Production Economics*【J】. 53 (1997), 119-139.
- 【20】Mohsen, El Hafsi. An operational decision model for lead-time and price quotation in congested manufacturing systems, *European Journal of Operational Research*. 126 (2000), 355-370.
- 【21】官振中. 按订单生产型企业收益管理定价和能力分配研究【J】. 西南民族大学学报·自然科学版. 2005, 4:636-639.
- 【22】任翔. 定制化生产的作业成本及管理模式研究【D】. 河北工业大学博士论文, 2006, 10.

第五章 订单样品制造设计

5.1 样品制造在定制过程中的意义

在订单承接中,成功的报价,意味着客户与供应商在利益上达成了初步的一致,供应商的技术能力和生产能力在理论上取得了客户的认可。但客户对供应商针对订单产品的各项实际操作能力还有待于进一步的验证,样品开发是这些能力验证的有效方法,只有在规定时间内提供了合格样品的企业才能获得订单,因此样品开发过程是面向订单制造企业获得订单的一个极为重要的环节。

在订单制造过程中,样品制造对供应商和客户双方都具有极为重要的意义。

客户通过企业对样品开发的反应,可检验各企业在设计、加工、检测等技术能力以及对订单的响应速度,从而为最终确定供应商提供依据。对承接订单的企业来说,首先,样品开发成功与否直接决定着订单的得失,因为没有客户会将订单托付给一个样品都不能制作成功的企业;而订单的得失直接决定了企业的经济效益和生存发展,如果面向订单制造企业拒绝或无法完成每一份订单的样品开发,其结果必然是破产关门;其次,样品制作是订单产品从理论设计过渡到实际生产的桥梁,在样品制作过程中,一方面能对报价过程的工艺设计、成本预算进行检验和调整,同时又为正式订单生产做好准备工作并积累实践经验;第三,企业通过不同订单样品的开发,可不断地提高自身的技术水平,从而增强企业的市场竞争力。第四,企业通过样品开发的积累,易于挖掘和寻找到适合市场需求的新产品,形成拥有自身知识产权的生产企业。

5.2 样品制造特点

样品就是依据客户提供的样图,在规定的时间内完成的少量合格订单产品,数量往往在数十件以内。与批量订单产品生产相比,样品制造过程具有以下特点:

1、高报废率 由于样品制造处于订单周期的初始阶段,生产设备的非专业化、工艺技术的不成熟、操作人员的经验不足等等,使得样品制造的成品率远低于常规生产;据统计,样品制造过程中的报废率是常规生产过程中的十几倍乃至几十倍。

2、高成本 由于样品的时间要求约束以及相关辅助装备(如新刀具、夹具、量具)的添置,再加上众多报废品带来的损失,必然导致样品加工的单件成本远高于常规生产的单件生产成本。

3、高风险 由于样品开发还处于订单生产周期的前期,并且有部分明显的资

金投入，但这时订单的失败率并没有明显的下降，样品开发阶段处于高风险水平阶段^[1]；另外，按照惯例客户一般不为样品支付货款（有特殊要求的除外），因此样品开发与制造是个高风险过程。

5.3 样品制造样品设计的主要内容

在面向订单制造中，由于产品图纸由客户提供，订单产品的样品开发不需要进行结构设计和工程分析、计算等工作，因此订单制造的样品开发工作集中在工程图纸的翻版与数字化、机械加工工艺设计、夹具设计和制造上。

图纸翻版主要是为了使客户图纸（如外文图纸）适合企业自身的图纸规范，便于相关人员的阅读和理解；图纸数字化的目的是为了便于图纸的管理系统。在以数控设备为支撑的现代制造系统中，由于设备是按照程序规定的路线、加工参数来运行的，标准化的刀具也是由工艺来选定的，操作人员除了装卸工件以及对机床进行调试、调整外，其余工作是由机床自动进行的；因此样品设计工作的重要内容是加工工艺和工装夹具的设计。

1、夹具设计

由于样品基本上是单件生产，且样品不能直接带来经济效益，故在样品加工夹具设计时要遵循两个基本原则：

（1）实用性 样品加工一般为小批量或单件生产，因此样品加工夹具一般不需要考虑工件装卸的效率和自动化程度，在满足使用的前提下，应尽量做到结构简单、制造方便。

（2）经济性 由于样品不能带来直接的经济效益，为降低样品开发失败带来的损失，应尽量降低夹具的设计、制造成本。

2、工艺设计

订单样品的工艺设计除了要遵循传统加工与数控加工的原则外，还必须考虑以下几点：

（1）现实性原则

加工一个零、部件有着多种加工方法，在样品制造阶段，由于针对产品的最适合的设备、工具并不一定具备，因此在工艺设计时要以企业目前的实际情况为基础；这往往也是样品开发成本高、报废率高的原因所在。

（2）样品加工工艺设计尽量以报价工艺为基础

样品制造是对报价过程中各项理论与方法的检验，特别是对各项成本预估的

验证, 订单产品的报价是基于报价工艺提供的各种参数确定的, 如果样品工艺完全脱离报价工艺, 则报价成本预算将失去准确性; 因此, 样品加工工艺在满足样品顺利完成以及现实性的前提下, 应尽量以报价工艺为基础。

(3) 降低样品制造成本控制要重点考虑如何降低报废带来的损失。

无论是何种生产方式, 样品开发总是一个高投入、高成本的过程, 如何降低样品开发成本是每个企业必须面临的问题, OOP 同样如此; 在 OOP 样品开发过程中, 大量的报废品是造成高成本的主要原因, 虽然企业总在努力地提高成品的合格率, 但诸多不利因素的影响, 使得各种努力无法取得明显的效果, 因此以最低报废损失为目标的工艺设计具有重要的意义。

5.4 基于最低报废损失的加工工艺设计

5.4.1 最低制造成本加工工艺设计研究现状

降低制造成本是工艺设计的重要目标之一。基于最低成本的零件加工工艺设计, 国内外学者已进行了大量的研究。

Ravikiran Duggirala 1995 年在其博士论文中, 对锻造件工艺设计的经济性进行了详细的论述^[2]。

Yuan-Jye Tseng 等提出了一个在制造/装配工艺集成环境下的制造成本模型, 并用遗传算法进行了求解^[3]。

Prabhaakar Balasubramaniam B. E 建立了一个以加工时间 T , 加工成本 C 以及制造对环境的影响 E 为目标的多目标非线性数学模型 $F=f(T, C, E)$ 并利用模糊优化的方法来确订最佳加工参数 (切削速度 v 、进给率 f 和切削深度 a_p)^[4]。

国内的于源等利用 Petri 网理论, 以加工成本最低为目标函数, 对工艺路线进行了优化计算^[5]; 孙艳华就工艺审查、工艺路线、工艺方法等方面, 如何降低产品制造成本进行了阐述和分析^[6]; 王忠宾等利用遗传算法以最小加工成本为目标函数对加工路线的优化进行了探讨^[7]; 李小俚、朱银周利用模糊图论理论研究了以加工时间和成本为双目标, 通过对目标配以权重的方法求得最优的工艺路线, 并通过具体实例对算法进行了验证^[8]; 杨继荣等利用集对分析理论对机械加工工艺的生产费用进行了优化设计, 得到了生产费用最低使用条件下的最优加工工艺路线与加工方法^[9]; 邹庆化, 马洪超运用网络图的方式建立了一个加工过程成本模型, 并运用 Dijkstra 算法进行了优化^[10]。

上述对加工过程最低成本工艺设计的研究基本上是通过分析不同的加工方法、使用设备成本的差异性来得到成本最低的工艺方案, 且都建立在成品率为

100%的理想状态基础上的,从理论上来说,确实能达到最低成本的工艺方案;但在实际生产中,报废品的出现是不可避免的,众所周知,一旦某道工序出现报废,此工序前的所有投入都将变成损失,特别是一些高报废率的产品或高报废率的生产阶段(如订单制造中的样品开发制造、小批量试生产等),报废损失是造成生产成本居高不下的重要因素。

例如,有一订单样品,数量为10件,原材料费为120元/件,需三道工序完成,每道工序的制造费用为:工序A 60元,工序B 20元,工序C 36元;在不考虑报废的理想状态下,制造费用为116元/件,总成本为236元/件。而在实际生产中,各道工序的报废率分别为:工序A 报废率2%,工序B 报废率3%,工序C 报废率5%;假定三道工序无先后排序的约束,故有6套工艺路线方案:ABC、ACB、BCA、BAC、CAB、CBA。通过计算可得到6套方案中最大的制造报废损失为9.11元/件,制造费用将增加7.85%,最小的制造报废损失为5.45元/件,制造费用增加4.7%。最大、最小制造费用报废损失比达到1.67:1;再加上原材料的报废损失,单件成本将比理想状态增加9.78%—12.93%。

因此,对高报废率环境下的最低成本工艺路线规划必须考虑报废品带来的报废损失。

5.4.2 最低报废损失样品工艺规划模型的建立

1、建立工艺规划模型条件

建立最低报废损失工艺规划模型应符合如下条件:

- (1) 遵循机械加工工艺原则;
- (2) 组成工艺的各道工序在加工过程中存在报废;

(3) 如果某道工序出现报废,则该产品将整体报废,前期的所有投入将全部变为损失。

2、最低报废损失样品工艺路线数学模型的提取

一般说来,加工工艺路线优化是一个包含生产效率(时间)、成本以及设备利用率或人工利用率等多项指标优化的多目标规划过程,但对于定制环境下的样品制造工艺设计,由于生产批量非常小(一般为20件以内),生产效率不是最主要的目标,同时由于报废率高,因此在加工路线规划时主要考虑如何降低报废损失和缩短制造时间来建立如下的数学模型。

$$\begin{aligned} \min f(c,t) &= k_1 f_1(c) + k_2 f_2(t) \\ \text{st } &A(x) \end{aligned} \quad (5-1)$$

$f_1(c)$ ——含报废率的加工成本函数；

$f_2(t)$ ——加工时间函数；

$A(x)$ ——工艺规则约束；

k_1 、 k_2 ——成本、时间的权系数，且 $k_1+k_2=1$ 。

(1) 加工顺序解向量集合

设样品须经过 k ($k>1$) 道的生产工序才能完成， $x = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$ 是样品工序顺序的集合， s 有 k 个元，在不考虑存机械加工工序的排序规则下，则有 $k!$ 种工序排序，把某一种工艺顺序表示为向量

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_k)$$

则 x 是以 x_1 开始、 x_k 结束的工艺加工步骤， x_1, x_2, \dots, x_k 是 $1, 2, \dots, k$ 的一个全排列。

设满足前面加工原则的加工顺序解向量集合为：

$$V = \{(x_1, x_2, \dots, x_k) \mid \{x_1, x_2, \dots, x_k\} = \{1, 2, \dots, k\}\}$$

样品加工工序优化目标是求加工顺序 $x^* \in V$ ，使投入的制造费用的期望值最小以及加工时间最短。

(2) 交货时间、报废率和加工费用计算

按 $x = (x_1, x_2, \dots, x_k)$ 加工顺序，设第 i 道工序的报废率为 p_i ($1 \leq i \leq k$, 下同)，该道工序的加工费为 c_i ，为便于分析，将 c_i 表示为：

$$c_i = (w_i + q_i) * t_i + r_i \quad (5-2)$$

w_i ——工序的人力成本；

q_i ——工序非人力成本；

t_i ——工序的时间消耗;

r_i ——工序的风险成本。

因为样品有报废,所以第 i 道工艺交付样品的期望时间为 $\frac{1}{1-p_i}t_i$, 因而交货的期望时间为

$$\sum_{i=1}^k (1-p_0)(1-p_1)(1-p_2)\cdots(1-p_{i-1})\frac{1}{1-p_i}t_i \quad (5-3)$$

式中, $p_0=0$ 。

如果能在规定的时间内交付样品, 各道工序风险成本 r_i 为一个定值 r_{i0} , 随着总时间的增加, 风险成本加大。将总时间分配到各道工序中, 每道工序也会有一个时间限度 t_{i0} , 当时间超过限度后, 风险成本以指数(底大于 1)级增加。风险成本 r_i 定义为

$$r_i = \begin{cases} r_{i0} & t_i \leq t_{i0} \\ a^{t_i-t_{i0}} + r_{i0} - 1 & t_i > t_{i0}, a > 1 \end{cases} \quad (5-4)$$

产品有报废率 p_i 的情况下, 第 i 道工序的期望累积成本为

$$\sum_{j=1}^i (1-p_0)(1-p_1)(1-p_2)\cdots(1-p_{i-1})c_i \quad (5-5)$$

成品率 $\sum_{i=1}^k (1-p_i)$ 与加工顺序无关, 在模型中可以不加考虑, 但最终在计算总成本时用到。

当加工样品的时间超过规定时间时, 客户将取消订单, 因而交付样品的时间为一个约束条件。

(3) 加工工序优化数学模型

根据上面的叙述, 优化订单制造的样品加工工序目标是在规定的时间内完成满足加工原则的加工顺序 (x_1, x_2, \dots, x_k) , 使投入成本的期望值最小化。设 Ax_i 为工序 x_i 的加工优先系数, 则订单制造的样品加工工序优化数学模型为:

$$\min \sum_{i=1}^k (1-p_0)(1-p_{x_1})(1-p_{x_2})\cdots(1-p_{x_{i-1}})c_{x_i} \quad (5-6)$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{i=1}^k (1-p_0)(1-p_{x_1})(1-p_{x_2})\cdots(1-p_{x_{i-1}})\frac{1}{1-p_{x_i}}t_{x_i} \leq T \\ A_{x_i} \leq A_{x_{i+1}} \\ x_1, x_2, \dots, x_k \in V \end{cases}$$

用惩罚函数法, 将式(5-6)表示的约束优化目标函数转化为无约束代价函数

$$\min f(x) = \sum_{i=1}^k (1-p_0)(1-p_{x_1})(1-p_{x_2})\cdots(1-p_{x_{i-1}})c_{x_i} + \left(\sum_{i=1}^k (1-p_0)(1-p_{x_1})(1-p_{x_2})\cdots(1-p_{x_{i-1}})\frac{1}{1-p_{x_i}}t_{x_i} - T \right) t_p \quad (5-7)$$

式中, t_p 为加工总时间超过规定的的时间的惩罚系数。

5.4.3 规划模型的求解

对于工序数较少的工艺规划, 可直接用“穷举法”求出每个方案制造成本, 最后通过比较, 得到最优的加工工艺路线。当工序较多、工艺路线较长时, “穷举法”由于计算量太大而无法使用。考虑 21 道工序的排序问题, 可能的排序方式共有 $21! = 5.1 \times 10^{19}$ 种, 即使计算机能在 10ns 内求出一种排序, 也需要计算 $1.6 \times 10^5 a$ 以上^[11]。工艺约束的引入可以使穷举法得到很大的改善, 但不能彻底解决多工序的排序优化问题。根据实算, 当工艺超过 12 道工序后, 如果不考虑工艺规则约束, 利用目前的 PC 机很难获得有效的计算结果。因此, 对于多工序的工艺排序必须使用其它求解算法。

样品加工工序优化可看着是一个有约束条件的旅行商 (TSP) 问题, 用遗传算法求解 TSP 已有比较成熟的方法^{[12], [13]}。

1、基因编码

采用自然数字链进行基因编码, 将染色体基因表示成所有的加工顺序 x_1, x_2, \dots, x_k 的排列, 如 2, 3, 5, 7, 8, 1, 4, 6 为一个加工顺序。

2、适应度函数

按最大系数法, 将(4-5)表示的代价函数转化为适应度函数

$$F(x) = \begin{cases} C_{\max} - f(x) & f(x) < C_{\max} \\ 0 & f(x) \geq C_{\max} \end{cases} \quad (5-8)$$

式中, C_{\max} 为最大系数, 它可以按任一确定工艺路线的成本取值。

3、种群规模及选择操作

1) 种群规模及原始种群

种群太小, 缺少多样性, 太多, 重复基因码较多。取工序规模 k 的 50 倍左右作为种群规模。因为每一道工序期望成本都与前面加工的工序有关, 经过小规模计算, 加工工序无规律可言, 可随机生成 $M=50*k$ 个排序路线, 再进行调整使之符合加工原则, 作为原始种群 (第 0 代)。具体的调整方法是:

从随机生成的工序的第 $i (\geq 2)$ 道工序开始, 向前搜索, 若第 i 道工序应放在搜索到的第 $j (< i)$ 道工序之前, 则随机生成一个位置 $k (\leq j)$, 把第 i 道工序插入到这个位置。

2) 选择操作

选择操作时将整个父代群体作为交配池群体。

(1) 遗传操作

分别计算交配池群体中各个体的适应度 $F(x_i)$, 各个体的期望值 $\bar{F}(x)$ 及个体在下一代生存的期望数 $\bar{R}(x_i)$:

$$\bar{F}(x) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M F(x_i) \quad (5-9)$$

$$\bar{R}(x_i) = F(x_i) / \bar{F}(x) \quad (i = 1, 2, \dots, M) \quad (5-10)$$

根据个体 $\bar{R}(x_i)$ 的值, 按赌盘选择方法确定个体 x_i 是否被选中, 父代遗传给子代的基因数量取 50%~80% 左右。

(2) 变异操作

变异操作的主要目的是使算法具有局部随机搜索能力,加速向最优解收敛;变异操作还可以维持群体的多样性,当搜索落入局部最优时,通过变异操作能够跳出局部最优解。具体方法是按变异概率(5%~15%)从交配池群体中随机选取若干个体进行基因码调整,即在个体 x_i 中随机选择若干个基因码按加工原则随机放在别的位置。

(3) 杂交操作

杂交操作的主要目的是保持父本的优势,使子代保持父代的遗传物质。具体方法是按概率(5%~15%)从交配池群体中随机选取若干对个体进行杂交操作,对个体 x_i 和个体 x_j 进行杂交时,在二个体中分别随机选择若干个基因码,在按照加工原则的基础上,按基于次序的杂交方法,即把 x_i 位置上的元的次序强加到 x_j 对应的元上。

变异操作和杂交操作的父代个体仍保留在交配池群体相应的位置上,其产生的新个体填补由于遗传操作没有被选中的个体位置,这样交配池群体的数量没有变化,而平均适应值得到了提高,最优个体得到了保护。

(4) 终止条件

连续若干次迭代,最优个体 x^* 的适应度保持不变,并且其数值很高, $F(x^*) > 0$, 则计算终止,或者迭代次数达到规定的次数(1000~5000)时,计算也终止。最后,输出最优个体作为工艺排序的结果。

5.5 应用实例

5.5.1 数据源

有一机器人关节壳体样品,毛坯为铸钢件,产品需16个工步加工完成,某厂现在加工的原始工序的成本及正常情况下报废概率见表1:

5.5.2 实验结果分析

实验中,遗传概率按80%,变异和杂交概率按10%,种群规模为500。

经过7403次迭代,产生了最优个体,期望成本为357.5元,加工顺序为1—3—12—13—2—14—15—16—5—7—10—4—6—11—9—8。对应的工艺顺序为:

车基准面—粗车 2—螺纹底孔 1—攻丝 1—粗车 1—铣平面—螺纹底孔 2—攻丝 2—粗镗 2—精车 2—内螺纹—粗镗 1—精车 1—铣成形面—精镗 2—精镗 1。

实验中，也得到了一个最差个体，期望成本为 387.7 元，加工顺序为 1—11—4—8—5—9—3—7—2—12—6—14—15—16—10—13。对应的工艺顺序为：加工基准面—铣成形面—粗镗 1—精镗 1—粗镗 2—精镗 2—粗车 2—精车 2—粗车 1—螺纹底孔 1—精车 1—铣平面—螺纹底孔 2—攻丝 2—内螺纹—攻丝 1。

结果分析

最优个体和最差个体的加工成本之比为 1: 1.084476，最优个体比最差个体可节约 8.4476%的报废损失，比实验的原始工艺(加工成本为 371.7 元)节约 3.97%的成本。

5.5.3 算法性能分析

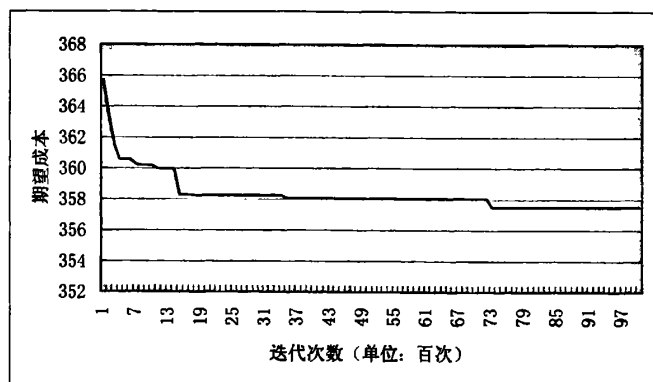


图 5-1

图 5-1 是当迭代次数增加时的期望成本折线图，由图我们看到，在迭代 1500 次之前，收敛较快，当迭代到 1900 次左右时（vc++环境，cpu 为 p4，运行时间约 6 秒）， $F(x^*) = 358.22$ ， $F(x^*)$ 已基本稳定，从迭代 1900 次到迭代 10000 次，产生了二个新的解 358.04 和 357.50，但绝对差距为 1.54，说明算法的收敛性很好。

表 5-1 原始工艺的成本及预测报废概率数据表 (苏州马斯特机电有限公司提供)

工艺号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
名称	基准面	粗车 1	粗车 2	粗镗 1	粗镗 2	精车 1	精车 2	精镗 1	精镗 2	内螺纹	铣成形面	螺纹底孔 1	攻丝 1	铣平面	螺纹底孔 2	攻丝 2
工人工资 w_i (元/min)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.18	0.18	0.2	0.25	0.16	0.16	0.20	0.16	0.16
其它成本 q_i (元/min)	1.6	1.63	1.63	3.0	2.97	2.05	2.05	2.22	2.35	1.43	2.25	1.84	1.13	1.8	1.34	1.34
工时 t_{0i} (min)	10	12	12	15	12	8	8	20	15	8	30	6	6	5	2	2
风险成本 r_i (元)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5	2	2	2	2	2
成本 m_i (元)	20	23.96	23.96	50	40.04	20	20	50	39.95	15.04	80	14	9.74	12	5	5
预计报废率 P_0	5%	3%	3%	2%	2%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	1%	1%	0.5%	3%	1%	0.5%	1%

小结

样品制造是客户对供应商制造能力的考证,是定制企业对订单承接前期工作的校验和总结;订单承接为后续的生产组织提供了充分的实践数据,在整个定制过程中有着极为重要的作用。本章分析了定制生产中样品开发的特点和主要内容,根据生产过程的实际,提出了在高报废率环境下基于最低报废损失的工艺设计方法,并建立了工艺规划的模型。在对多工序工艺方案优化决策中,利用遗传算法自适应迭代寻优的概率性搜索,获得全局最优结果,提高了迭代的收敛速度;通过实例验证了算法的快速收敛性和精确度,说明了该设计方法降低报废损失的效果。

参考文献:

- 【1】 TAN Han-mo, PEI Ren-qing. Risk analysis and assessment for make-to-order manufacturing【J】. Journal of Shanghai University (English Edition), 2006, 10 (6): 535-540.
- 【2】 Ravikiran Duggirala. An integrated approach to Cost-effective Process Planning and Equipment Selection in cold, warm and hot Forming【D】. The Ohio State University, US. 博士论文, 1995.
- 【3】 Yuan-Jye Tseng, Chi-Hung Lin, Yu-Hua Lin. Integrated assembly and machining planning for electronic products using a genetic algorithm approach【J】. Int J Adv Manuf Technol (2008) 36:140-155.
- 【4】 Prabhaakar Balasubramaniam B. E. Environmental Benign Process Planning Using Fuzzy Optimization【D】. Bharathiar University, India博士论文, 2005.
- 【5】 于源, 卢军, 王小椿. 基于Petri网的工艺路线优化建模技术【J】. 系统仿真学报, 2001, 11: 33-35.
- 【6】 孙艳华. 从工艺方法上探讨降低制造成本【J】. 应用能源技术, 2007, 116 (8): 26-27.
- 【7】 王忠宾, 王宁生, 陈禹六. 基于遗传算法的工艺路线优化决策【J】. 清华大学学报(自然科学版), 2004, 44 (7): 32-36.
- 【8】 李小隼, 朱银周. 应用模糊图论制定机械加工工艺路线【J】. 云南工业大学学报, 1995, 1: 25-31.
- 【9】 杨继荣, 罗佑新, 罗颂荣. 集对分析理论及在最低成本工艺决策中的应用【J】. 河

北理工学院学报, 2002, 24(1):39-43.

- 【10】 邹庆化, 马洪超. 最低成本工艺的DIJKSTRA优化法及其CAD【J】. 机械设计与研究, 1997, 3:10-12.
- 【11】 蒲建, 王先逵, 吴丹, 刘成颖. 工艺规划中的组合优化问题【J】. 清华大学学报(自然科学版), 1997, 37(8):69-71.
- 【12】 刘勇, 康立山, 陈毓屏. 非数值并行算法(第二册)【M】. 科学出版社, 1995.
- 【13】 Bonomi E, Lutton J L. The N-city Traveling Salesman Problem: Statistical Mechanics and Metropolis Algorithm. SIAM Review, 1984, 26(4): 551-569.

第六章 订单承接快速响应系统开发与应用

快速响应 (Quick Response, QR) 作为一种企业战略最早出现于上世纪 80 年代的美国^[1], 当时主要是为了应对流行于 70 年代的“提前购买 (Forward Buying)”销售方式^[2]而提出此战略, 并且取得了明显的效果。它所贯彻的哲理是: 为了快速响应顾客的需求, 供应商、制造商和分销商应该紧密合作, 通过共享信息来共同预测未来的需求并且持续监视需求的变化以获得新的机会。

随着经济全球化趋势和信息技术的不断发展, 市场竞争日益加剧, 客户对产品的需求日趋多元性和个性化; 在高质量、低成本的前提下, 以最短的时间开发出满足客户需求的、定制的“个性化”产品, 已成为企业具有竞争力和可持续发展的关键; 在此背景下, 快速响应受到越来越多的学者和企业的关注。另一方面, 在发展过程中 QR 不断地吸收其它企业战略的长处并溶入了大量的先进生产、管理技术, 因而 QR 的内容变得越来越丰富、功能越来越完善; 从最初的企业运作战略发展成一种包括设计、制造、流通、组织管理等多方面的系统。

6.1 制造业快速响应系统概述

随着市场竞争的加剧、产品竞争方式从“价格重心”向“交货期重心”的转移以及定制 (Customization) 生产方式的迅速发展, 一个制造型企业不仅要通过改进制造工艺、提高装备水平来提高制造过程中的劳动生产效率, 还必须从总体策略、组织结构、管理模式等方面来提高企业的响应速度。因而, 从上世纪 80 年代以来, 以快速响应为目标的新的制造系统和生产模式——计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)、柔性制造系统 (Flexible Manufacturing System, FMS)、敏捷制造 (Agile Manufacturing, AM)、精益生产 (Lean Production, LP) 不断出现, 其中有些已得到广泛的应用。

6.1.1 计算机集成制造系统

1、CIM 和 CIMS 的概念

计算机集成制造 (CIM) 的概念出现于 1973 年美国 Joseph Harrington 博士的《Computer Integrated Manufacturing》一书, 其两个基本观点是: ①企业的各个生产环节是一个不可分割的整体, 需统一考虑; ②整个企业生产制造过程实质上是一个信息采集、传递和加工处理的过程, 最终产品是信息的物质表现。

CIMS 是基于 CIM 理念 (企业功能的集成和企业信息化) 而组成的系统, 是

CIM 的具体实现。CIMS 的核心在于集成, 它将企业内各生产环节的有关技术——现代经营决策与生产管理技术、工程设计和分析技术、先进制造技术、质量管理与控制技术通过信息化转化, 利用计算机为辅助工具、计算机网络和数据库为支撑综合集成一个有机的整体, 同时将企业内的人/机构、经营管理和技术三大重要因素进行有机的集成, 以保证企业内的工作流、物料流以及信息流的畅通。

2、CIMS 的组成

一般地, CIMS 由生产经营管理信息系统 (Management Information System, MIS)、工程技术信息系统 (Engineering Information System, EIS)、质量信息系统 (Quality Information System, QIS)、制造自动化系统 (Manufacturing Automation System, MAS) 等四大功能分系统和数据库与计算机网络两大支撑分系统组成^[3]。

(1) 管理信息分系统 (MIS) MIS 是将企业生产经营过程中人、才、物以及采购、生产、销售等活动进行统一的计算机应用系统, 是 CIMS 的指挥中心, 控制着 CIMS 其它各部分的有序工作。通常以 MRPII (制造资源计划) 或 ERP (企业资源计划) 为核心, 根据企业管理高层的经营决策, 对生产活动进行计划和控制。具体内容包括经营管理 (BM)、生产管理 (PM)、物料管理 (MM)、人事管理 (LM)、财务管理 (FM) 等。

(2) 工程技术信息分系统 (EIS) EIS 主要功能是进行产品设计、生产准备以及工艺过程和装配过程设计。具体内容包括计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助工程分析 (CAE)、计算机辅助工艺过程设计 (CAPP)、计算机辅助工装夹具设计 (CATD)、数控程序编制等。

(3) 制造自动化分系统 (MAS) MAS 处于企业制造环境的最底层, 是直接完成制造活动的环节, 是 CIMS 最终产生经济效益的地方。该分系统包括各种自动化设备和系统, 如计算机数控 (CNC) 机床、加工中心 (MC)、柔性制造单元 (FMC)、柔性制造系统 (FMS)、工业机器人 (Robot)、检测设备和物料输送设备等。其主要功能是完成零件加工、检验、运输以及产品装配、检测、包装等工作。

(4) 质量信息分系统 (QIS) QIS 其主要功能是采集、存储、处理与评价各种质量数据, 对生产过程进行质量控制。该分系统包括计算机辅助检验、计算机辅助测试、计算机辅助质量控制、三坐标测量仪等。

(5) 数据库管理分系统 (DB) DB 是 CIMS 信息集成的关键要素之一。数据库用于存储企业生产活动的全部信息, 并支持各分系统的运行。CIMS 数据管理采用分布式异型数据库技术以满足不同节点的计算机中各种不同类型的数据交

换和共享。

(6) 计算机网络 (Network) Network 是 CIMS 的一个主要支撑分系统, 是 CIMS 信息流通的桥梁; 通过网络以实现各分系统的信息集成。

CIMS 是一个集产品设计、制造、经营、管理为一体的复杂的庞大系统, 虽然其具有完善的企业管理功能, 但建立一套 CIMS 系统需要投入巨额资金外、大量的高级专业技术人员以及漫长的建设周期, 不是一般企业所能承受的。

6.1.2 柔性制造系统

1、FMS 的概念

柔性制造系统 (FMS) 概念最早由英国 MOLIN 公司提出, 并在 1965 年取得了发明专利。

到目前为止, FMS 还没有统一的定义, 根据不同的定义可以总结出: 柔性制造系统是在以数控机床为基础而发展起来的以自动传输装置为纽带、计算机为中枢连接起来的具有高度自动化的加工设备群。FMS 具有广泛的加工功能、自动的工件及夹具的搬运和存储功能、完备的加工辅助功能、实时的测量和监视功能以及系统内部的生产调度管理功能, 能在无人干涉或较少干涉的条件下自动完成零件的加工或产品的装配工作。FMS 不仅特别适应中、小批量多品种的加工, 而且具有与 CIMS 各分系统的接口, 能接受 CAD/CAM 的工程信息、MIS 的生产调度信息、以及 CAQ 的质量控制信息。并对系统内的生产过程自动进行组织、调度, 具有对系统内的工件库、刀具库和夹具库的管理调度功能。

2、FMS 的组成

FMS 主要由主机 (加工系统)、储运系统、计算机控制系统和辅助装置四大部分组成。

(1) 主机 FMS 主机由多功能数控机床及自动检测装置组成。其功能是完成零件的加工。

(2) 储运系统 储运系统由刀具仓库、夹具仓库、立体工件仓库、工业机器人、输送小车、作业机械手等组成。其功能是储存、运输刀、夹具以及工件。

(3) 计算机控制系统 计算机控制系统主要是实现对 FMS 进行计划调度、运行控制、物料管理、系统监控和网络通讯等。

(4) 辅助装置 FMS 的辅助装置主要包括切屑运输、工件的清洗与去毛刺、设备的集中冷却润滑等装置。

3、FMS 体系结构

FMS 控制系统一般采用三层阶梯控制体系, 包括: 系统管理与控制层、过程协调与监控层、设备控制层, 体系结构如图 6-1 所示^[4]。

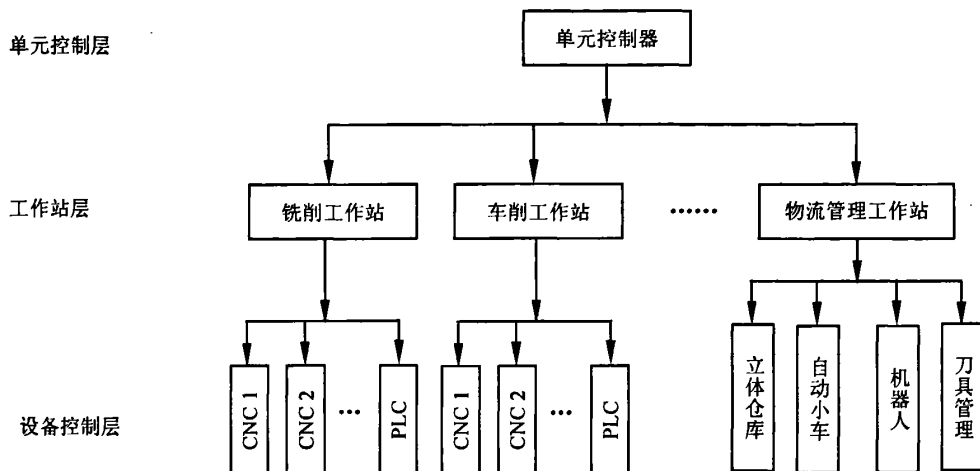


图 6-1 FMS 控制体系结构

柔性制造系统是一种适合订单制造的制造系统, 但其只是企业运营系统中的一部分——车间自动化系统, 虽然对缩短样品制造周期有着积极的作用, 但还是不能全面提高订单承接速度; 另外建立一个全自动化的柔性制造系统车间, 同样需要大量资金的投入和专业的系统维护人员, 对于中小型面向非 MC 订单制造的企业而言, 很难具备这些条件。

6.1.3 敏捷制造

敏捷制造(AM)的概念最早出现于 1991 年美国的一份研究报告《21st Century Manufacturing Enterprise Strategy: An Industry-Led View & Infrastructure》; 其含义是指企业快速调整自己以适应当今市场持续多变的能力。AM 的出发点是基于对未来产品和市场发展的分析, 是为了适应未来无法预测和持续变化的市场环境而不断提高市场竞争力的一种战略。AM 的主要模式是动态组合联盟, 即尽量利用社会上已有的制造资源。敏捷制造的基本工作原理是借助于计算机网络和信息集成基础结构, 构造由多个企业参加的“虚拟制造”环境, 以竞争合作为原则, 在虚拟制造环境下动态选择合作伙伴, 组成面向任务的虚拟公司, 进行快速和最佳化生产^[5]。

敏捷制造的核心是组建企业联盟，对于制造成品产品的企业来说，通过充分利用社会资源，既能降低自身的各项管理成本，又能提高对市场的响应速度。而对承接订单的面向订单制造企业而言，虽然同样需要外协的合作，但由于订单产品的利润空间有限，如果过多的加工内容进行外协，企业获得的利润将会很低，乃至无法获得利润。因此，面向订单制造企业只有在①企业自身能力完成的工作（如热处理、特殊加工）；②自己的生产能力不够这两种情况下寻找合作伙伴。

6.1.4 精益生产

1、精益生产的概念

精益生产，也被称为精良生产，起源于日本丰田汽车公司的一种生产管理方法——准时生产制（Just in time, JIT）。LP的基本思想是只在需要的时候，按需要的量，生产所需要的产品；其核心追求无库存生产，降低成本，彻底排除无效劳动和浪费^[6]。

精益生产系统具有以下特征：

(1) 以销售部门作为企业生产过程的起点，按合同组织多品种小批量生产。

(2) 产品开发采用并行工程的方式和“主查式”，缩短产品开发周期、确保质量、降低成本。

(3) 在生产制造过程中，采用“看板”管理，实行“拉动式”的准时化生产，杜绝一切超前、超量生产。

(4) 以“人”为中心，充分调动人的潜能和积极性。

(5) 追求零废品、零库存、零浪费、零故障、零间隔、零停滞、零灾害等7个“零”目标，降低产品成本。

(6) 把主机厂与协作厂之间的纯商业关系变成利益共同体。

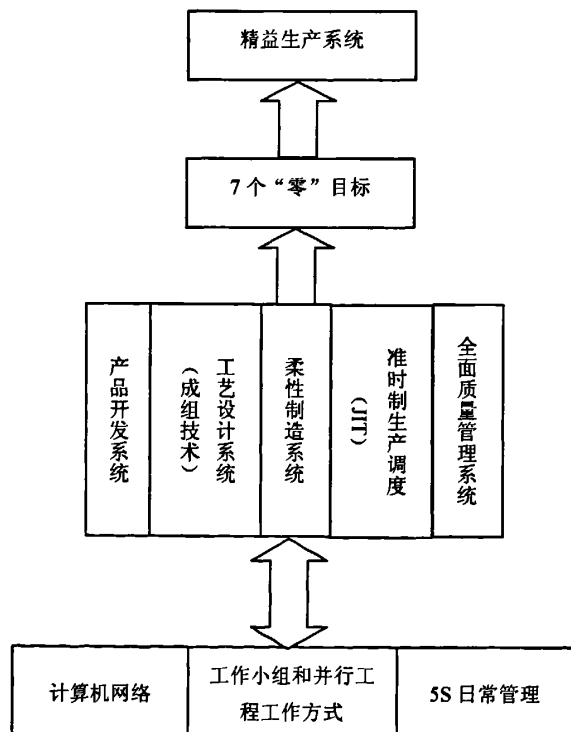


图 6-2 精益生产体系结构

2、精益生产的体系结构

精益生产的体系结构如图 6-2 所示。

以 JIT 生产调度为核心的精益生产体系，同样是以高柔性的生产设备为基础，以生产现场管理为中心的快速响应系统，无法全面满足订单承接速度提高的需求。

6.1.5 定制快速响应制造系统研究现状

虽然上文所阐述的制造系统并不能完整地适合面向订单制造企业，但其中的理念、指导思想完全可以应用到面向订单制造快速响应系统中；国内外有些学者在不同的制造系统思想上提出了与订单制造相适应的制造体系

W.J. Zhang, Q. Lib 在敏捷制造的指导思想下建立了一个面向订单制造虚拟企业制造系统的信息模型^[7]。李蓓智等利用“信息和资源重用”技术，建立了一个“面向客户订单的制造过程”的系统模型^[8]。杨建国等采用协调分布式控制方式，提出了一种面向订单的制造系统模式——广义随机制造系统模式^[9]。徐翔斌等将大批量定制相似性原理、重用性原理和整体性用于计算机辅助制造系统，提出了一种面向大批量定制企业计算机辅助制造的基本特征和体系架构^[10]。

从目前所查阅的文献看，对于定制环境下的快速响应系统的研究主要集中在提高制造过程的快速响应上，而忽视了对组织生产前订单承接系统的研究和构建。

6.2 订单承接快速响应系统的建立与应用

订单承接作为定制的一个重要组成部分，既可以相对独立地成为一个系统，也可以作为一个分系统纳入整个订单制造快速响应系统中；本章针对某一以出口订单为主的电动工具配件企业的实际情况，建立了一个独立的订单承接快速响应系统，并在 OOP 企业中得到了实际的使用，在优化订单、提高订单承接的响应速度等方面取得了较好的效果。

订单承接快速响应系统（Order Acceptance System, OAS）是一个从企业的实际情况出发，以订单承接的“快”和“准”为目标，将计算机技术、网络技术、CAD/CAM 技术以及现代生产管理技术有机地结合起来以提高企业对订单的判断正确性、响应敏捷性为目标的制造系统。该系统从订单信息分析、合理报价、样品制造等承接过程来提高对订单的响应速度、降低订单的风险。

6.2.1 系统开发工程背景

南通康平机电有限公司是一个生产电动工具配件的中型制造企业,当时主要为 Black&Deck (百得)、德昌、HITACHI (日立) 等电动工具公司配套生产各种家用电动工具的轴类零件,是一个典型的面向订单制造的企业。由于该公司拥有一批技术较纯熟的一线操作员工和严格的质量控制程序,虽然在不具备高柔性生产设备的条件下,还是按期、保质地完成了不同客户的各项订单,并得到了客户的好评,多次获得 Black&Deck 公司的“最佳供应商”荣誉。随着业务的不断增长,产品的种类越来越多,公司面临的问题也越来越多,主要表现在如下几个方面:①缺乏对订单优劣的评判和风险分析,导致承接了一些企业不该承接的订单;②报价速度太慢,特别是对新产品订单的报价,经常需花费一个星期的时间才能完成,报价准确度不高,一个报价需同客户进行多次交涉才能达成;③样品开发周期过长,成本偏高。同时企业制订了向整个电动工具配件(包括壳体、注塑件、齿轮)拓展并向工业电动工具配件渗透的发展战略,因此企业迫切需要寻求解决订单承接过程中对客户订单做出正确判断,报价准确、快速,提高样品开发速度、降低开发成本的具体解决方案、措施和策略,优化企业的资源配置,提高企业对订单的响应速度。

6.2.2 系统功能分析

从上述工程背景以及本文第三、四、五章的论述可确定订单承接快速响应系统(OAS)必须具备以下几方面的主要功能:

- 1、支持订单特征的输入;
- 2、完成订单信息分析;
- 3、具有对订单风险分析与评估的功能;
- 4、完成订单产品成本预算、提供详细的报价文档,自动生成报价清单;
- 5、具有与常用 CAD/CAM 的接口,支持数控加工仿真和数控加工程序的自动生产;
- 6、具有与车间数控设备通讯的功能。

6.2.3 系统设计

1、层次结构设计

整个系统采用 CIMS 体系集成模式,系统分为三个层次:工厂层、车间层

和设备层，如图 6-3 所示。

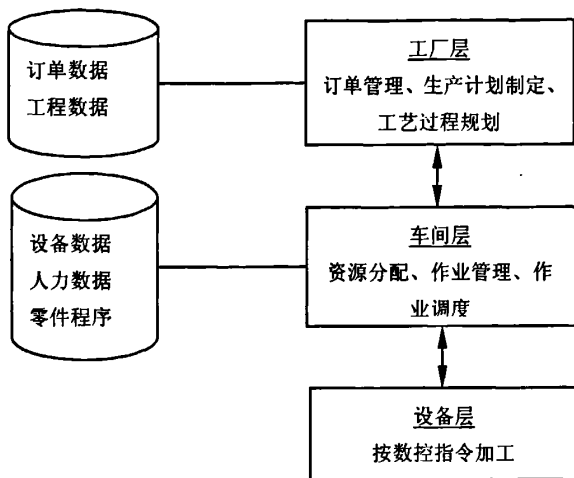


图 6-3 OAS 分层框架

2、系统构成

根据电动工具配件订单承接的工作过程和功能要求，OAS 由订单分析、快速报价、工程设计三个子系统以及数据库（DB）和网络（NET）两个支撑系统组成，系统结构如图 6-4 所示。

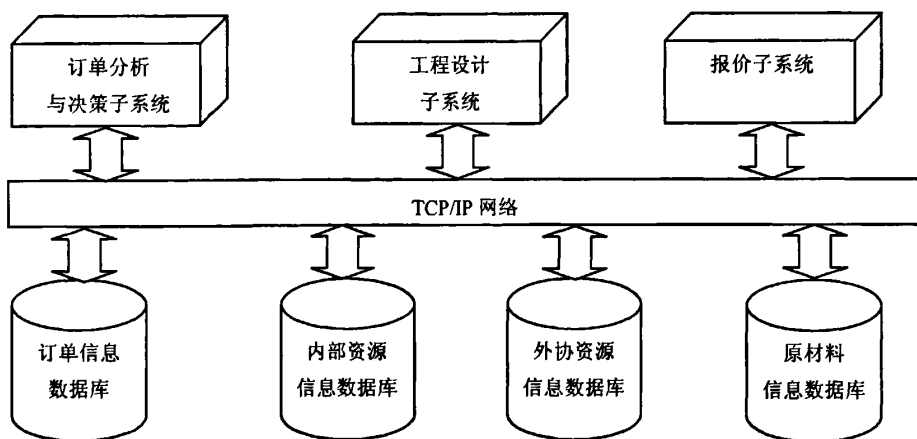


图 6-4 OAS 结构示意图

3、子系统分析

(1) 订单分析子系统

订单分析子系统主要完成如下任务：

- 1) 客户信息收集与分析（如客户的性质、规模、资质等）。
- 2) 订单产品信息的分析（如订单产品的用途、批量大小、交货地点、付款周期、制造产品所需的必备条件）。
- 3) 订单风险评估，分析订单的各风险因子以及整个订单的风险水平。
- 4) 决策，通过对订单的综合分析作出是否承接订单的决策。

（2）报价子系统

报价系统的功能主要包括：

- 1) 决定报价策略 通过对订单的分析，决定采用何种报价方法。
- 2) 成本预算 从工程设计系统以及原材料信息数据库和人力资源数据库获取预订单产品相关的消息后，计算出单件产品的成本。
- 3) 提供报价文档。

（3）工程设计子系统(CAD/CAM)

由于该企业的产品图纸由客户提供，因此工程设计系统不需要进行产品的结构设计、装配设计以及调试和仿真等工作，只需要完成订单产品图纸的翻版、加工工艺设计（包括工装夹具设计）和数控程序的编制等内容。

OAS 中工程设计系统功能包括如下内容：

1) 客户图纸转换及其它相关图纸的绘制

客户提供的样图往往需要翻版（翻译）为适合企业自身使用标准或习惯的图纸，并存入图纸管理数据库中。

另外 CAD/CAM 子系统还需提供制造过程中所需的其它图纸，如加工工序图、检验工序图、工装夹具图纸等。

2) 订单报价工艺设计

报价工艺设计是一种临时性、粗放型的工艺设计^[11]，其目的是为报价提供成本预算依据。

3) 样品制造工艺设计

样品制造工艺既是报价工艺的深化，同时又是批量订单产品工艺设计的基础；样品工艺设计要以企业现有设备和技术力量为主要依据，以完成快速完成和降低报废损失为主要目标来进行。

4) 数控加工程序的生成和加工仿真

为提高编程效率和缩短零件试切调整时间，OAS 系统采用自动编程和加工仿真技术。

5) 检验工艺设计

工程设计系统采用并行工程的方法，在完成样品加工工艺设计的同时完成质量控制标准和检测工艺。

OAS 工程设计系统的组成及功能如图 6-5 所示。

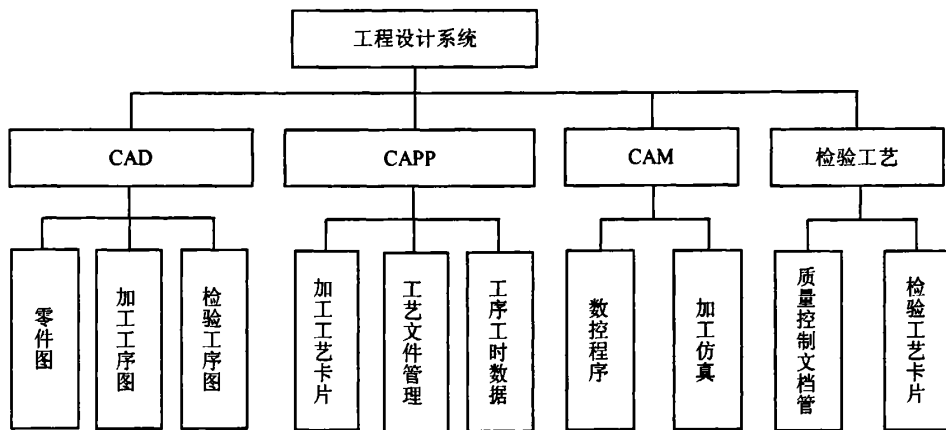


图 6-5 工程设计系统组成

4、数据库系统

数据库是 OAS 系统快速响应的必备条件。为了减少网络的数据传输量，同时为了避免某个单元出现故障而影响整个系统的工作，在 OAS 中采用了“中央数据库+分布式数据库”的结构（如图 6-6），各部门的数据首先存放自身的子库中，当数据该数据得到确认后再上传到中央数据库供其它部门调用。

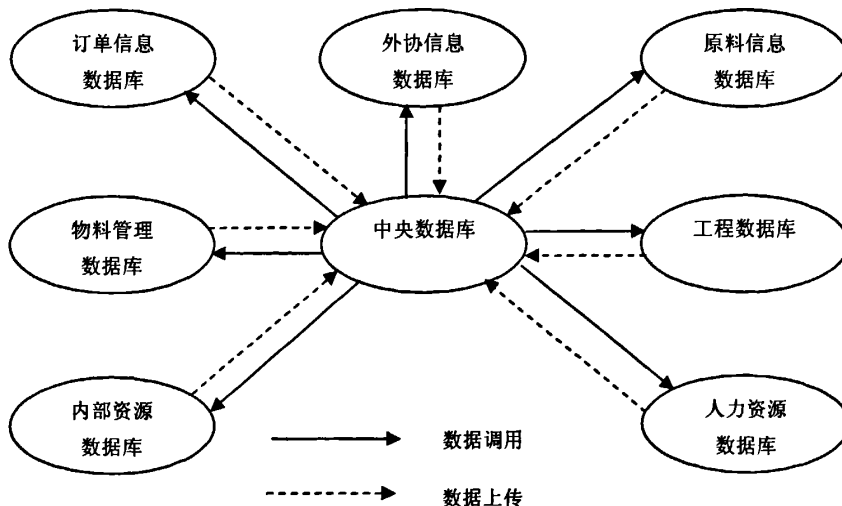


图 6-6 OAS 数据库系统组成

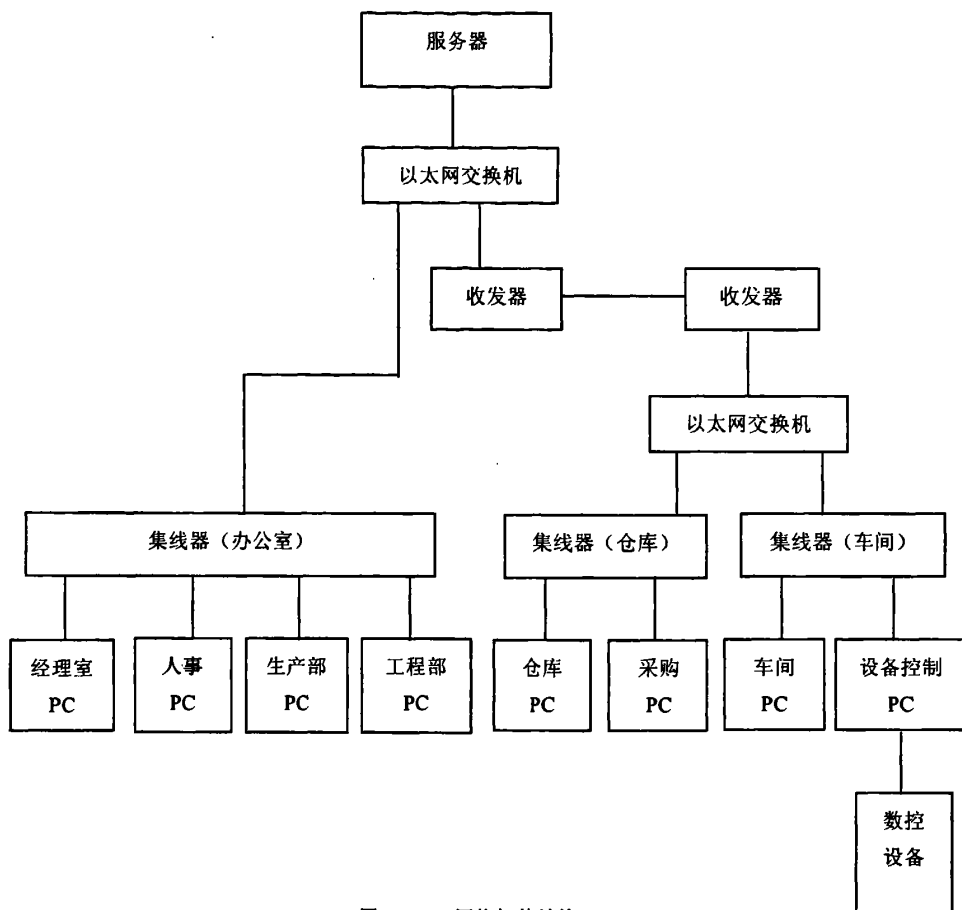


图 6-7 OAS 网络拓扑结构

5、网络布局

网络是 OAS 的支撑和信息通道。对于中小企业来说，稳定性、数据安全和经济性是组建企业网的基本要求，OAS 采用目前最通用、技术最成熟的以太网结构，网络拓扑结构如图 6-7 所示。

6.2.4 项目的实施与应用

OAS 是一个计算机辅助制造系统。在企业的运用过程中，OAS 的主要作用是实现信息的高速传递，提高企业的响应速度。在各项工作的实施中，人仍然是最重要的因素。

根据企业的实际情况，该项目采用“一次规划、分期实现”的实施方法。

2005年8月至2006年4月为项目实施的初级阶段,主要为树立快速承接思想,组建项目梯队,并对企业原有订单进行分析与审核,淘汰或转移经济效益较差的订单。2006年5月至2006年11月为项目实施的第二阶段,改善企业原有局域网络,提高企业信息传递速度,重新整合企业的可用资源,提高订单响应速度,降低样品开发成本,由于当时系统软件还没开始,且该企业的技术人员有限,因此在订单承接期时,从各部门抽调相关人员组建“临时协作小组”,小组成员包括产品几何设计人员、工艺设计人员、质量控制人员、生产管理人员、业务人员;在订单开发过程中,各成员各负其责,同时开展工作,既分工又合作,采用并行的工作方式,以缩短准备工作和订单开发时间。一旦订单开发任务完成,小组成员返回原来的工作岗位。2006年12月至2007年12月为项目实施的第三阶段,完成系统的软件设计、系统调试等工作,将前期以人为主的系统运行方式逐步转换为以计算机为主的信息运行方式。

6.3 项目实施成效

在公司决策层的大力支持、开发小组成员的通力合作以及公司全体员工的积极配合下,通过项目的逐步实施,企业在提高订单响应速度、新市场开拓、直接经济效益间接效益等多方面取得了较好的效果,主要体现如下:

1、对订单的响应速度

将报价周期从原来的3—5天降低到72小时以内;将样品开发时间缩短到一星期以内。

2、新市场开拓

1) 开拓了韩国 LG、美国 Stanley 两家企业的新业务;

2) 完成了电稿、角磨机等多种高附加值的工业电动工具配件开发,完成了电动工具壳体类、塑料件类配件的试制,并都已承接订单生产。

3、直接经济效益

1) 通过过滤,淘汰和转移了一批经济效益较差的订单产品,提高了生产资源的利用率和经济效益;

2) 样品开发成本降低了10%;

3) 巩固了与 Black&Decker (百得) 的合作伙伴关系,从原来的最佳供应商之一发展为其最大的供应商,占有了百得(苏州)电动工具有限公司机械配件采购总量的80%份额,马达采购量的70%份额。

4、间接效益

在达到获取直接经济效益目标的同时,还获得了良好的非经济间接效益,通过承接世界知名企业的订单,提高了企业的整体技术、管理水平和知名度,增强了企业在市场上的竞争力。

小结

本章介绍了企业快速响应策略的起源,分析了目前制造型企业所采用的几种快速响应制造系统(计算机集成制造系统、柔性制造系统、敏捷制造和精益制造体系)企业订单承接中实施的条件和局限性;本章结合企业不具备实施 MC 生产条件的实际情况,利用 CIMS 体系集成模式,建立了一个订单承接快速响应系统,并详细地叙述了该系统的体系结构、各子系统的功能和组成,并介绍了该系统在企业中的实施方法及取得的成效。

参考文献:

- 【1】汪建,曹德弼,孙林岩.快速反应战略的核心问题及发展趋势【J】.工业工程与管理,2000,6,22-25.
- 【2】Femie J. Quick Response in Retail Distribution: an International, Perspective[A]. In: Hadjiconstantinou E. Quick response In the Supply Chain [M].1999.
- 【3】严新民主编.计算机集成制造系统【M】.西北工业大学出版社,1999.
- 【4】刘延林编著.柔性制造自动化概论【M】.华中科技大学出版社,2001.
- 【5】张申生等著.敏捷制造的理论、技术与实践【M】.上海交通大学出版社,2000.
- 【6】肖智军,党新民编著.精益生产方式 JIT【M】.广东经济出版社,2004.
- 【7】W.J. Zhang, Q. Lib. Information modelling for made-to-order virtual enterprise manufacturing systems [J]. Computer-Aided Design, 1999, 31:611-619.
- 【8】李蓓智,杨建国,邵世煌.面向客户订单的制造过程模型研究【J】.微型电脑应用,1997(4):29—31.
- 【9】杨建国,李蓓智,聂鹏,项前.GRMS-种新的面向订单的制造系统模式[J].成组技术与生产现代化,1998(2):15-18.
- 【10】徐翔斌,周新建,方水良.面向大批量定制的计算机辅助制造系统研究[J].计算机集成制造系统,2007,13(4):704-710.
- 【11】谭翰墨,裴仁清.订单制造报价工艺设计的研究【J】.常熟理工学院学报,2008,4:90-92.

第七章 总结与展望

7.1 回顾与总结

差异化、个性化需求已成为市场的主流，订单制造是企业适应市场快速变化的有效对策，同时也已成为制造业的主要生产模式，我国正在逐步成为世界的“制造中心”。而获得客户订单是定制（包括 MC 和非 MC 订单制造）企业实施生产、运营的先决条件，对订单承接的快速响应是获取订单的有效方法，围绕这一核心思想，本论文对定制环境订单承接过程的关键技术进行了研究。在综述国内外现有研究现状的基础上，按照理论探讨与实际应用验证的模式对订单承接快速响应的理论和实现方法展开了深入细致的研究。

本论文主要的工作和研究内容总结如下：

1) 在阐述制造业环境的变化以及订单制造产生原因的基础上，描述了订单制造和面向订单制造的含义，说明了面向订单制造的特点、现状及其发展趋势。在分析了作为应对订单制造的主要策略——大批量定制（MC）以及非 MC 订单生产等定制理论研究与实际应用的现状与不足后，讨论了订单承接在定制中的重要意义、订单承接主要内容及工作流程，分析了定制企业订单承接失败的原因；提出了订单承接快速响应系统的框架体系。

2) 从风险的角度对 MTO 进行了研究。根据风险、风险管理理论以及企业对订单的处理过程，研究了影响订单的风险因子，定义了 MTO 制造的风险概念，提出了 MTO 制造的风险评价指标体系；运用模糊综合评判的方法，提出了对订单制造信息处理、样品制作、试订单生产的全过程进行风险预测评估的方法；最后以实例说明了本评估方法的使用。

3) 阐述了报价研究的起源、发展概况以及订单制造报价与工程项目竞标报价的区别；针对订单制造报价常用方法的不足，提出了一种基于工序单位时间产值的快速报价方法，建立了报价价格模型，并详细论述了该报价方法的设计过程。

4) 在分析了 MTO 生产中样品开发的特点和主要内容的基础上，结合生产过程的实际性，提出了高报废率环境下基于最低报废损失的工艺设计方法，并建立了工艺规划模型。在对多工序工艺方案优化决策中，利用遗传算法自适应迭代寻优的概率性搜索，获得全局最优结果，提高了迭代的收敛速度。通过可穷举的 12 道工艺优化的实例证明了遗传算法应用到最低报废损失加工路线决策时的适用性和正确性。

5) 作为上述研究的综合与运用，完成了面向定制环境订单承接快速响应系

统的研究与开发,该系统基于订单承接过程中所需的各类数据库提供的各类信息数据、以企业局域网为桥梁、与现有的 CAD/CAM 系统相结合,完成订单的风险分析、报价成本的预算和报价单的生成以及样品制造工艺的设计。并在企业的实施中取得了良好的效果。

7.2 论文创新点

本文对定制生产中的订单承接进行研究,弥补了目前定制理论在订单承接研究上的不足,其创新点主要表现在如下三方面:

1) 将风险管理理论引入定制生产研究,研究了影响订单的风险因素,定义了订单制造的风险概念,提出了订单制造的风险评估体系;运用 AHP、ANP 以及模糊综合评判的方法,对订单制造信息处理、样品制作以及订单生产过程的风险全面的分析与评估。

2) 提出了一种基于工序单位时间产值的快速报价方法,建立了报价价格模型,提高了定制企业在订单承接过程中报价的敏捷性和准确性。

3) 针对定制企业在订单样品开发过程中高报废率的特征,提出了高报废率环境下基于最低报废损失的工艺设计方法,建立了优化工艺规划模型。

7.3 后续研究工作展望

定制理论是近年来制造业研究的一个热点,作为本世纪的最重要的生产模式,其研究受到了各国政府的重视和大力支持,由于订单制造系统是一个涉及了先进制造技术、计算机网络技术、系统工程、现代企业管理技术等多项技术的庞大、复杂系统。本论文只是就其中的极小部分内容进行了一定的研究,限于本人时间、精力以及知识面的广度和深度的限制,在有些方面仅进行了一些初步开创性的研究,文中有些内容只是构建了框架性的模型和设想。在本文研究的基础上,作者认为如下几方面内容可以进行深入的研究:

1) 本文研究的订单承接是在制造企业内部环境下进行的,随着社会分工越来越细,企业管理组织日益扁平化,订单承接能否脱离制造企业的制约,独立地成为一个服务行业,有待于深究。

2) 目前应对订单制造最有效的方法是实施大批量定制(MC),然而实际生产中存在着大量无法实施 MC 的定制产品,同时很多企业,特别是我国的中小型制造企业还不具备实施 MC 的条件,对面向非 MC 订单制造企业提高响应敏捷性的研究具有重要的现实意义。

3) 本文对订单制造过程中的风险进行了一定程度的研究——各类风险因素的甄别和分析以及订单风险程度的评估,但如何从千差万别的各个企业实际情况中建立一个能普遍适用的风险尺度标准以及如何应对风险的方法上还有待于完善成一套完整的订单制造风险管理体系。

攻读博士期间发表的论文及参加的科研工作

学术论文

- 【1】 TAN Han-mo, PEI Ren-qing. Risk analysis and assessment for make-to-order manufacturing. Journal of Shanghai University(English Edition), 2006, 10 (6) (EI 编号 070610415776)
- 【2】 谭翰墨, 裴仁清. 中小型制造企业面向订单的快速响应系统. 机械工程师, 2004, 9.
- 【3】 谭翰墨, 裴仁清. 订单制造报价工艺设计, 常熟理工学院学报, 2008, 4.
- 【4】 谭翰墨, 路利新. 快速响应-中小型制造企业应对订单制造的策略. 现代制造工程, 2004, 12.
- 【5】 谭翰墨, 涂为员等, 基于遗传算法的最低报废损失加工路线决策方法研究. 机械工程师, 2008, 10.

科研工作

- 【1】 订单承接快速响应系统的开发与运用, 江苏南通康平机电有限公司项目, 项目主持, 2005年8月——2007年4月。
- 【2】 电脑横机数控系统开发, 江苏常熟市颜巷针织机械有限公司项目, 软件系统设计与现场调试, 2004年——2005年。
- 【3】 金属构件数控加工中心控制系统研发, 上海斯诺博金属构件有限公司项目, 数控软件系统分析与现场联机调试, 2005年3月——2006年3月。
- 【4】 智能化自动炭粉燃烧器的研究与开发, 苏州市工业科技攻关项目(项目编号 SG0846), 项目主持, 2007年12月——目前。

致 谢

回顾几年的博士学习生涯，充满了艰辛和挑战，但自始至终都得到了导师裴仁清教授的精心指导、热情鼓励和悉心关怀，使我顺利地完成了论文的研究工作。导师严谨的治学态度、渊博的学识、科学的研究方法以及对事业的奉献精神永远是我学习的楷模；恩师如父，导师的谆谆教导和宅心仁厚的高尚品质及无私宽广的胸襟使我终生难忘。在此论文完稿之际，谨向裴仁清老师致以深深的敬意和诚挚的感谢！

感谢南通康平机电有限公司的江月平女士、张龙先生以及茅冬芸小姐，为我提供了良好、和谐的项目研究环境和工作上的大力支持；感谢苏州康平机电有限公司、苏州马斯特机电有限公司为我的论文提供了大量的企业数据资料。

衷心感谢上海大学宋国防教授在我论文改稿阶段对论文提出了许多宝贵的修改意见。

真诚感谢师兄程志华、室友林学龙以及学友胡心彬、许庆国、陈养彬、张永宇等诸位博士对我的帮助和支持。在漫长的求学路上我们结下的友谊将是我一生难忘的美好记忆。

深深地感谢养育了我数十年的慈母和关心我成长的兄弟姐妹；特别感谢我的夫人赵春女士，是你的忍耐、支持、理解和默默奉献使我能全身心地投入到课题的研究中。无以为报，仅以此博士学位文献给你们。

最后，还要将此学位文献给我仙逝多年的父亲，愿您的在天之灵能为儿子完成学业感到高兴与骄傲。

谭翰墨

2008年11月于上海