

网 络 化 制 造 与 企 业 集 成

杨叔子 吴 波 胡春华 程 涛



**摘要:** 阐述了网络经济时代制造环境的变化与特点, 指出了网络化制造模式的必然性, 研究了基于 A gent 的网络化制造模式及基于利益驱动的动态重组机制。在此基础上, 提出了网络环境下企业集成的基本思路及基于 A gent 的网络化企业信息模型。

**关键词:** 网络化制造; 企业集成; 系统重组; 企业联盟; 虚拟企业

杨叔子 院士

**中图分类号:** TH 16; TH - 29

**文献标识码:** A

1 网络经济与网络化制造

随着信息技术和计算机网络技术的发展, 世界经济正经历着一场深刻的革命, 这场革命极大地改变着世界经济面貌, 塑造着一种“ 新世界经济 ”, 即“ 网络经济 ”<sup>[1]</sup>。其特征是信息产业将在世界范围内大大发展, 以此为基础的各种服务行业将成为越来越多的国家的主导产业, 它将使世界经济全球化的进程大大加速, 使任何国家的市场变得过于狭小, 企业跨国家和跨行业联合进一步发展, 经济活动将按网络加以组织。

网络经济时代, 各国的经济离不开与国际市场的信息、技术、资源和产品的交换。从这个意义上说, 网络经济是跨国性的、全球性的经济, 生产过程已经不再局限于一国范围内, 而是形成“ 无国界的经济实体 ”。在企业集团之间, 竞争与合作、交流与限制并存, 从而形成错综复杂的局面, 引起世界经济结构与组织结构的重大变化。譬如, 某种先进的计算机的设计工作可能在美国硅谷进行, 芯片在韩国生产, 软件在印度编制, 整机在泰国组装, 营销在香港进行。

网络经济使得制造环境发生了根本性的变化, 见表 1。制造业面临全球性的市场、资源、技术和人员的竞争。开放的国际市场使得消费者更具有选择性, 个性化、多样化的消费需求使得市场快速多变, 不可捉摸, 无法预测。客户化、小批量、多品种、快速交货的生产要求不断增加。各种新技术的涌现和应用更加剧了市场的快速变化。市场的动态多变性迫使制造企业改变策略, 时间因素被提高到首要地位。下一世纪制造行业的竞争将是柔性和响应速度的竞争, 以适应全球市场的动态变化。尽管传统的

价格与质量仍然是重要的的竞争因素, 但已不再是决定因素。

表 1 制造环境的变化

	传统经济时代	网络经济时代
消费者的可选择性	区域性	全球性
消费需求	物美价廉, 满足基本生活需求	个性化、多样化
市场	相对稳定	快速多变、无法预测
生产需求	低成本、高质量	客户化、快速交货
生产方式	标准化、系列化、大批量	单件、小批量、多品种
技术与资源	相对集中	全球分布
竞争要素	性价比	柔性性与响应速度

面对网络经济时代制造环境的变化, 传统的组织结构相对固定、制造资源相对集中、以区域性经济环境为主导、以面向产品为特征的制造模式已与之不相适应, 需要建立一种市场需求驱动的、具有快速响应机制的网络化制造模式, 这将是当前乃至今后若干长的时期内制造业所面临的最紧迫的任务之一, 是制造企业摆脱困境, 赢得市场, 掌握竞争主动权的关键。

网络化制造以数字化、柔性化、敏捷化为基本特征。柔性化与敏捷化是快速响应客户化需求的前提, 表现为结构上的快速重组、性能上的快速响应、过程中的并行性与分布式决策。这意味着系统必须具有动态易变性, 能通过快速重组, 快速响应市场需求的变化。由于制造资源与市场的全球分布性, 因此, 这种快速重组必须建立在全球性的分布式网络化基础上。

网络环境下, 制造企业的组织形态、经营模式和管理机制需要有全方位的创新, 使之适应网络化制造的要求。制造企业不再是孤立的个体, 而是社会化大系统中的一个成员, 并作为动态的制造环境

收稿日期: 1999—12—15

基金项目: 国家自然科学基金资助重大项目 (59990470)

中一个可资使用的制造个体资源,以企业集成的形式,通过合作与竞争,参与动态的制造系统重组。

## 2 基于 A gent 的网络化制造模式

市场需求驱动的、建立在全球分布式网络基础上的网络化制造系统,其本质上是一个复杂的社会经济人文交互系统。市场需求的快速多变和不确定性决定了制造系统的暂时性,其生命周期取决于市场需求的存在,并随着市场需求的变化,快速组建与撤消,快速进入与退出市场。这就要求采用新的有效的组织形态与运行决策机制,能通过简单的控制规则来实现复杂制造系统的动态重组与运行控制。这是迄今所取得的研究成果未能解决的“瓶颈”问题之一。研究表明<sup>[2~5]</sup>,基于分布式异质 A gent 协同求解的制造系统模式可望成为解决这一问题的最有效的系统组织形态,它是以个体的自律性与整体的自组织为其基本特征的分布式智能化系统模式。众多具有自律行为能力的独立的制造个体通过简单的控制规则相互作用,形成系统整体的自组织、自适应与自进化行为能力,从而实现制造系统的快速重组与行为控制。

A gent 概念最初源于分布式人工智能领域,用以表示具有推理决策与问题求解能力的智能逻辑单元。A gent 之间通过计算机网络连接,A gent 作为网络上的智能结点,构成分布式多 A gent 系统,其特点是开放性、分布式合作和适应环境变化的自组织能力。随着其应用的扩展,A gent 的含义也得到了扩展和延伸:在一些环境中 A gent 表示具有封闭功能、能自主决策的功能实体,称为“自主体”或“自治体”;另外一些环境中,A gent 的作用与其原来的词义相同,是功能实体利益的代表,负责代理功能实体的一切外部事务,这种 A gent 被称为“代理”,本文中的 A gent 一般是这种含义。目前尚没有确切的中文术语能准确地表达 A gent 丰富的内涵,是否可以结合其音和义,将之译为“軀体”?

从本质上讲,任何规模、任一层次的制造系统都是由若干个完成不同任务的环节组成。各环节在独立完成自身任务的同时,又相互协作,共同完成制造任务,因此,可以说制造系统实现制造资源向产品转化的整个制造过程是一个典型的多 A gent 协同求解过程。制造环境中,一个 A gent 所代表的功能实体可以是制造组织、生产单元和软件系统等。一个工厂、一个制造企业就是一个典型的功能实体,一个功能独立的车间、制造子系统、职能部门,一台或若干台制造设备均可以作为一个功能实

体,这取决于 A gent 的粒度的选择。A gent 的粒度反映其功能实体的规模。功能实体的规模越小,制造环境中 A gent 的数目就越多,制造系统重组的灵活性增加,适应性增强,但系统的组织与控制的复杂程度也随之增加,并使系统的运行效率降低。

根据制造环境中各功能实体完成自身任务的方式,可以将其分为三类<sup>[5]</sup>:运行过程中不需要人的干预的自动系统,如数控设备等;通过人机交互进行工作的人机系统,如 CAD 系统等;制造中的人或组织,包括完全由人来操作的简单制造设备。相应地,可以用三种具有不同功能与结构的 A gent 分别作为这三类功能实体的代理,即自动系统 A gent、人机系统 A gent 和自然 A gent,见图 1 ~ 图 3。

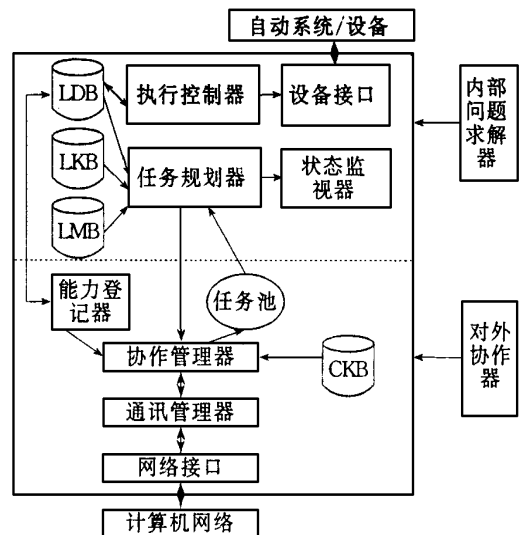


图1 自动系统Agent结构

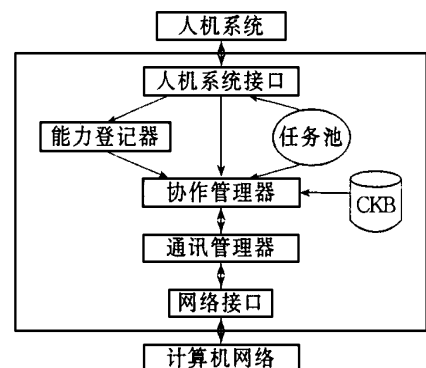


图2 人机系统Agent结构

制造环境中的各 A gent 通过计算机网络连接起来,构成基于 A gent 分布式网络化制造环境,见图 4。一般而言,每个 A gent 都是自律的和彼此独立的组件,但也可以拥有若干 A gent 作为自己的“友元”,建立一种相对紧密的联系。

为了便于系统的组织与控制,可以依照层次设计的思想规定 A gent 的粒度,形成多层次的制造

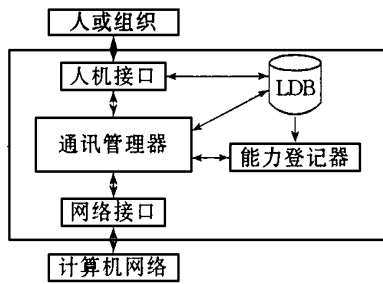


图3 自然Agent结构

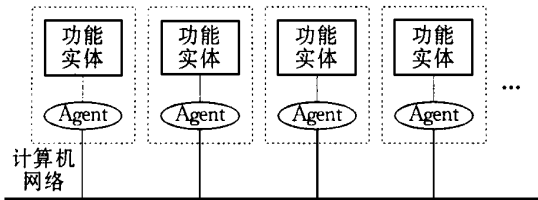


图4 基于Agent网络化制造环境

环境。譬如，如果规定各Agent所代表的功能实体是独立的制造企业，则形成一种企业联盟网络环境，实现企业之间的集成；如果规定各Agent所代表的功能实体是企业内部的功能子系统，则形成一种企业内部网络环境，实现企业内部的集成。不同层次具有同构特征。

图4所示的网络化制造环境仅仅是一种静态的组织结构形态。为了适应不确定的快速多变的市场需求，必须建立有效的快速动态响应机制，达到系统整体的柔性及敏捷性。其中，复杂性问题和可操作性问题将变得十分突出。Agent所具有的特性与基于利益驱动的动态重组机制相结合，将使问题相对简单化，并增强其可操作性。

在社会经济环境中，利益驱动是引起市场竞争，导致社会分化组合的核心因素。与此相类似，由于各Agent是其功能实体利益的代理，因而，在基于Agent的网络化制造环境中，同样可以引入市场竞争机制，以经济利益为纽带，通过市场竞争中的招标/投标方式，驱动各Agent之间的动态组合，达到制造系统的动态重组。譬如，当出现市场机遇或某个Agent拥有一份生产定单而其自身又不可能（或不必要）全部承担时，则向制造环境中的其它Agent发出任务标书。收到标书的Agent根据将要获得的收益与付出的代价的权衡，决定是否或以何种价格参与投标竞争。发标方收到有关Agent的投标后，从自身是否能获取最大收益的角度确定中标者，并与之签订合同，明确双方的权益，发出任务定单。其中，与发标方具有更紧密联系的“友元”Agent将得到优先考虑。中标者得到任务定单后，还可以以同样的方式向其它Agent招标，最终建立一个动态的合同网。如此，通过合同网由制造环

境中相关的Agent形成一种暂时的层次组织结构，达到动态的和暂时的制造系统重组。随着定单的完成，合同即告中止，这种暂时的系统组织也就随之消亡。当出现新的市场机遇时，这种重组过程重新开始。

### 3 网络环境下的企业集成

基于Agent的网络化制造模式为企业集成的实现提供了一种开放式框架。企业集成的关键是提高对环境的快速适应能力，即通过使用现代信息技术，建立灵活机动的、高效率的信息处理和反馈系统，提高企业适应市场变化的能力，使企业能够在复杂多变的市场环境中生存，并且不断发展。企业集成包括系统级集成（企业内部的集成）和企业级集成（企业之间的集成）两个层次，但其重心已经由系统级集成转向企业级集成。企业级集成的实施目标是建立增殖伙伴网络或分布式合作网络。

增殖伙伴网络由具有相关利益的独立企业组成，为组建一个临时的、集合性的企业提供支持。成员间共享信息、共同响应市场、共同创造商机、相互协作、共同受益。

分布式合作网络是传统企业的组织结构与功能的裂化、分布化和虚拟化而形成的企业网络。面向单一场所的生产计划和控制概念（如MRP、MRPII等）转变为多场所协调与自主决策。同时由于外组产品的增加，严格的固定不变的层次组织结构转变为根据目标和环境的变化动态组合的临时网络结构。其运行与管理不仅需要注重本地与自身的活动，同时必须考虑和管理所有网络上的相关过程。在自治的虚拟单元之间不仅仅要支持一般应用之间的通讯，如电子数据交换（EDI），还要支持分布式合作。

企业集成的总体组织原则是虚拟企业或动态企业联盟。这首先需要建立企业联盟网络环境。企业联盟网络的建立不仅需要制定联盟的行为准则，更需要先进的信息技术的支持。联盟内部的各项活动都依赖于企业集成基础设施所提供的一系列服务，这些服务的实现则依赖于信息技术。它们之间的关系见图5。

在企业联盟网络中，每个独立的企业都作为网络上的一个成员企业结点。

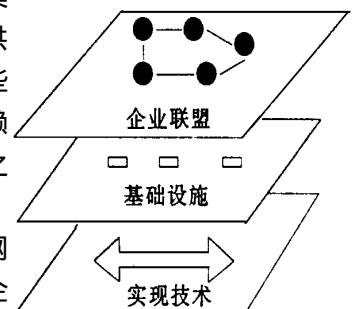


图5 建立企业联盟的基础

成员企业结点一方面继续保持其自治运转的特点, 另一方面与网络上的其它结点合作。联盟网络上的企业在功能上包括企业实体和企业 Agent。企业实体包含企业所有的自治功能和完整的信息结构以及企业内部的决策和内部活动等。企业 Agent 是企业外部特性的体现, 代表企业利益, 负责与其它结点的交互与合作。其功能一是企业内部功能与内部行为的抽象和映射, 包括企业描述信息、公共信息、质量信息、合作信息、安全信息等; 二是代表企业执行商务活动。成员企业结点可以是一个真正意义上的企业, 也可以是能提供某类服务的非完整的企业, 这将为中小企业带来好处。

为了维护企业联盟的正常运行, 联盟网络上的结点还应包含协调结点和公共信息服务结点。协调结点主要是提供一些基本的服务, 如企业入盟申请的审批、入盟注册、数据访问权限的授予等。公共信息服务结点为联盟成员提供一些公共信息的存储和查询服务, 如联盟成员数目、最新消息、联盟组织原则等。企业联盟网络见图 6。

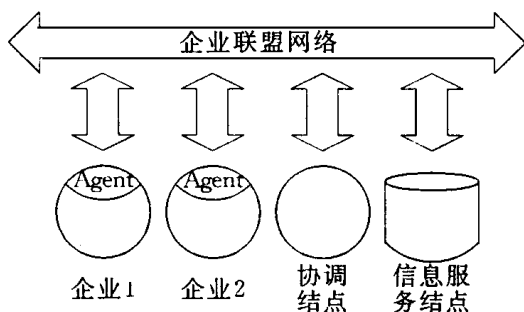


图6 企业联盟网络

企业集成的基础设施需要提供对通讯基础设施、信息交换与共享、合作应用和过程管理机制等方面的支持。其中,合作应用支持包括对地理上分布的多地点生产环境的支持、对软硬件平台和网络异构性的支持、对不同企业内部自治系统的集成的支持,以及对数据安全性的支持等。过程管理机制包括对集成环境中的商务过程和联合管理的支持,管理联盟网络中的信息流和物料流,使得联盟中的各项活动如订单管理、任务分配等能顺利进行。企业集成的基础设施最终表现为一系列的分布式服务,如商务服务、信息服务和表示服务等。

企业联盟网络建立的首要条件是通信网络, 联盟网络可以直接建立在 Internet 上, 也可以建立在专用网上, 建立在专用网上的联盟是相对固定的联盟组织。其次是制定联盟的操作规则, 包括企业的入盟标准和过程、权限划分、谈判规则、利益分配原则等, 从信息处理的角度就是要定义联盟中所进行

的活动、活动所触发的信息的流动、活动之间的触发顺序等。

入盟企业必须按照企业联盟网络的组织原则和协议规范对企业信息系统进行包装, 建立网络化企业信息模型。图 7 表示了基于 Agent 的网络化企业信息模型。

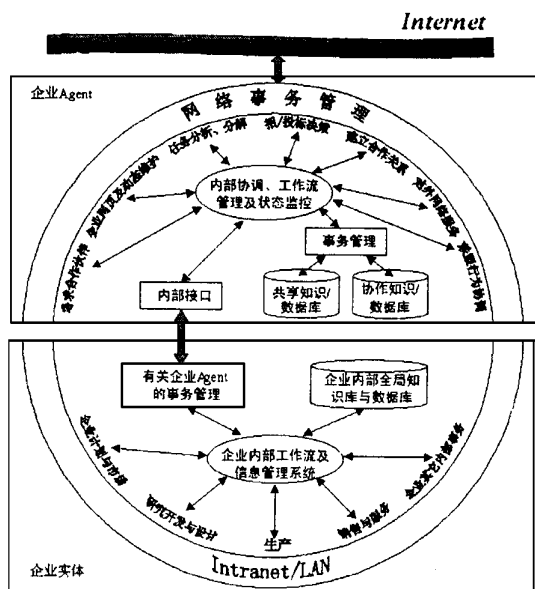


图7 基于Agent的网络化企业信息模型

企业联盟网络由市场驱动,通过基于商业利益的市场竞争机制,驱动企业联盟网络中的成员企业之间的动态组合,形成临时性的动态企业联盟。一旦任务完成,利益关系终止,动态联盟解散。当出现新的市场机遇时,这种重组过程重新开始。

### 参考文献:

- [1] 陶德言 知识经济浪潮 北京: 中国城市出版社, 1998: 33~ 138
- [2] 程涛, 胡春华, 吴波等 分布式网络化制造系统构想 中国机械工程, 1999, 10(11): 1234~ 1238
- [3] 杨叔子, 吴波 依托基金项目开展创新研究 中国机械工程, 1999, 10(9): 987~ 990
- [4] 胡春华, 吴波, 杨叔子 基于多自治体的制造系统集成 华中理工大学学报, 1996, 24(9): 25~ 27
- [5] 胡春华, 吴波, 杨叔子 基于多自主体的分布式智能制造系统研究 中国机械工程, 1998, 9(7): 54~ 57

(编辑 华 恒)

**作者简介:** 杨叔子, 男, 1933 年生, 华中理工大学(武汉市 430074)校学术委员会主任委员、教授, 中国科学院院士。吴波, 男, 1963 年生, 华中理工大学机械科学与工程学院教授。胡春华, 女, 1967 年生, 华中理工大学机械科学与工程学院博士。程涛, 男, 1971 年生, 华中理工大学机械科学与工程学院博士研究生。

tion and quality feature system, i.e. a performance feature system is necessary. Work have been done and ought to be done are introduced and discussed

**Key words:** modern design      function      quality feature

#### **Intelligent Structure Systems Dream, Reality and Future**

HUANG Shanglian (Chongqing University, Chongqing, China) TAO Baoqi SHEN Yapeng p 32-35

**Abstract:** Mechanical structure with some characteristics of intelligence of living things is a long-term dream of human being, but it is possible to become reality due to progresses of information, materials and engineering science. Definition and characteristics of intelligent structure systems is presented, some examples of intelligent mechanical structures with health monitoring and vibration control are introduced, and future research efforts are emphasized.

**Key words:** intelligent structure systems      health monitoring      structural control

#### **Remanufacturing Engineering in 21st Century**

XU Binshi (Plant Maintenance Surface Engineering Center of A mored Force Engineering Institute The Surface Engineering Research Institute of CMES, Beijing, China) MA Shining LIU Shican ZHANG Wei p 36-39

**Abstract:** With the 21st century coming, the excellent quality, high benefit, low expense, less pollution will be the aim of the advanced manufacture and maintenance engineering. Along with the form of the systems engineering of the manufacture and maintenance, remanufacturing technology is formed and has been given more and more attention in recent years. The remanufacturing technology, which utilized advanced surface engineering and forming technology, has become a new branch of the advanced manufacturing technology. The relationship between the remanufacturing and the advanced manufacturing is discussed in this paper. The research direction of the remanufacturing technology is elaborated also.

**Key words:** advanced manufacturing technology      remanufacturing technology      remanufacturing forming technology

#### **The Key Challenge Problem of Chinese Enterprises——Management**

GUO Chongqing (Tongji University, Shanghai, China) p 39-44

**Abstract:** Being combined the different opinions on the power of economics increasing, current situation and challenge problems of Chinese manufacturing enterprises, the key challenge problem of Chinese enterprises is of the management rather than the technology and financing. The systems engineering is needed to develop the Chinese manufacturing.

**Key words:** manufacturing enterprise      innovation management      systems engineering

#### **Network Manufacturing and Enterprise Integration**

YANG Shuzi (Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, China) WU Bo HU Chunhua CHENG Tao p 45-48

**Abstract:** The manufacturing environment on networked economy era is discussed, which is characterized by fierce competition due to globalization, technical progress, and demand for customized product. It is pointed out that networked manufacturing model is coming. An agent-based networked manufacturing model and the dynamic reconfiguration mechanism based on benefit-driving are proposed. Finally, the basic idea for enter-

prise integration on agent-based networked manufacturing model is presented.

**Key words:** network manufacturing      enterprise integration      system reconfiguration      enterprise alliance      virtual enterprise

#### **The Theory and Modeling for Next Generation Manufacturing System**

XU DNG Youlun (Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, China) WU Bo DNG Han p 49-52

**Abstract:** The basic concept of next generation manufacturing system (NGMS) is introduced. The groundwork of NGMS is considered including following topics: manufacturing informatics, computational manufacturing, manufacturing intelligence, the architecture of manufacturing system and modeling. The key problems that should be investigated on these topics are presented respectively.

**Key words:** manufacturing system      manufacturing informatics      computational manufacturing      manufacturing intelligence      manufacturing system modeling

#### **Whole-Life Initiative Reliability Design and Intelligent Online Failure Prediction of Structural Components——Development Trend of Machine Design in the Future**

GAO Zhentong (Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing,) YAN Chuliang p 53-55

**Abstract:** The research on whole-life initiative reliability design of structural components is proposed in the paper. Random mathematics, fatigue theory, fracture mechanics, engineering mechanics, bionics, intelligent engineering, optimum design theory, computer aided simulation technique and so on are used in this new research field. From the demand of economy and maintenance, the goal is to guarantee the product achieving its prescribed functionality and to reduce the failure probability owing to fatigue and fracture to the least in its scheduled service life and prescribed service condition. It will transfer the traditional final product reliability evaluation into scheduled life initiative reliability design.

**Key words:** whole-life      initiative reliability design      computer aided whole-sized simulation test      intelligent online failure prediction

#### **Fundamental Study of Material Processing Machinery Under the Condition of Extraordinary Physical Field**

ZHONG Jue (Central South University of Technology, Changsha, China) p 55-58

**Abstract:** Materials and their fabrication have become one of mainstay and driving force of mankind progress. In pace with multipolar competition in current world and people's striving perseveringly for happier life, material function goes beyond unceasingly men's knowledge and imagination. In order to create material processing equipment possessing extraordinary physical field for fabricating material with special texture structures and functions; to breakthrough traditional physical limits and to integrate melting, solidifying, plastic deformation and heat treatment, etc; high speed, heavy-load and high accuracy on-line control are demanded in material fabricating process. For these reasons, it is necessary for us to integrate and coalesce leading edge techniques of correlative science and technology domain to create and produce some new concept material fabrication equipment with functions as mentioned above. Several new research topics are advanced as follows: coupling heat transfer mechanism of multiphase interface temperature-stress field; friction constraint mechanism of plastic flow interface of material fabricating machinery; multi-body non-linear