

# 我国企业信息化进展与展望

Progress and Prospect of Domestic Informatization

清华大学国家 CIMS 工程技术研究中心 肖田元



肖田元

清华大学教授,博士生导师,责任教授,获国务院颁发的政府特殊津贴,现任清华大学自动化系学术委员会主任,国家 CIMS 工程技术研究中心常务副主任,中国系统仿真学会副理事长。从事的研究领域为系统仿真、CIMS 与虚拟制造。发表论文 200 余篇,出版著作 11 部,获科技进步奖 11 项,其中国家科技进步二等奖 1 项,三等奖 2 项,部级一等奖 3 项。

我国的企业信息化与美、日、欧不尽相同,它不仅是指信息技术在制造业企业中的应用,还包括了在信息技术应用的同时对传统的管理模式、生产模式等的改造。

到目前为止,英文词汇中还找不到公认的和信息化这个词相对应的词汇,比较得到认同的是采用法语中的“*Informatization*”。我国企业信息化开始的标志一般认为是“863 计划”中的计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)主题项目的启动。

计算机集成制造(CIM)的概念,是美国哈林顿(Joseph Harrington)博士在 1973 年首次提出的。他认为,企业生产的各个环节,从市场分析、产品设计、加工制造、经营管理到售后服务等是一个不可分割的整体,需要统一考虑,整个制造过程实质上是对信息的采集、传递和加工处理的过程(产品是数据的物化形式)。

20 世纪 80 年代初,美国国家顾问委员会为夺回美国制造业的霸主地位,在《如何重整美国制造业》

的报告中,将 CIMS 作为国家关键技术,大力推进其研究与应用,认为“CIMS, no longer a choice!”。

我国的科技工作者敏锐地抓住了这一具有前瞻性的课题,将 CIMS 列入“863 计划”,与美国仅相差几年时间。

我国的企业信息化与美、日、欧不尽相同,它不仅是指信息技术在制造业企业中的应用,还包括了在信息技术应用的同时对传统的管理模式、生产模式等的改造。中国科技工作者在 1986 年 6 月的建议书中提出了自己对 CIMS 的定义:“把孤立的、局部的自动化技术和子系统,在新的管理模式与制造工艺的指导下,综合运用信息技术、自动化技术,通过计算机及其支持软件,灵活而有机地综合起来,构成一个完整的系统,对生产过程的物质流、管理过程的信息流进行

有效的控制与管理,以适应新的竞争模式中市场对生产过程提出的高质量、高速度和高灵活性的要求”。即通过计算机将企业的设计、制造、经营管理过程中各个部门的信息集成起来,将机器、制造工艺和人集成起来,支持企业优化运行,以缩短产品上市时间(T)、提高产品和服务质量(Q)、降低企业成本(C)、改善服务水平(S)、减少对环境的污染(E)。

### 无人化不是企业信息化的目标

美国的信息化建立在美国已经实现了工业化的基础上,最初强调的是无人化工厂、制造自动化;但对中国来说,工业化未完成,发展无人化工厂不符合中国的国情。

在 20 世纪 80 年代,美国 CIMS 的普遍做法是将重点放在车间层设备的信息集成上,以实现制造设备的互联和柔性自动化,即无人化工厂为目标。以通用汽车公司为代表的美国制造业提出了耗资几十亿美元的 MAP 计划,后来的实践证明,该计划即使在美国也未获得满意的结果。

尽管中国 CIMS 的提出受到了美国影响,但中国工业化尚未完成,企业的重点不应该是面向底层的自动化,因为底层自动化投资大,而中国企业当时没有那么多的财力投入,有些企业即使投入了,效果也不好,发展无人化工厂不符合中国国情。

中国科技工作者结合中国的具体国情,勇于突破已有的技术模式。1987 年 2 月, CIMS 主题的第一个重大项目——CIMS 实验工程启动。CIMS 实验工程经过 5 年的研究攻关,根据“中国企业经营生产管理中的瓶颈是产品开发能力,特别是新产品开发能力弱、管理粗放”的特点,提出了“中国 CIMS 的重点放在加强产品设计和企业管理上,车间层只能是适度自动化,不追求无人化,并且要考虑加工设备多样化”的技术路线,

并根据这一思想,开展技术的跟踪、攻关和应用。在实验工程实施过程中,采用 TCP/IP 协议,进而实现企业信息集成与优化。结果表明,这些技术决策保证了我国 CIMS 跨越式健康发展。实验工程验收时,取得了 46 项技术成果,其中 20 项达到国际先进水平,1994 年 11 月获得国际上享有盛名的美国制造工程师协会(SME)“大学领先奖”,北京第一机床厂于 1995 年获得 SME“企业领先奖”,表明中国企业信息化技术达到国际领先水平。

### 管理现代化是信息化的切入点

中国的企业要通过信息化加速工业化的发展,首先要解决管理现代化,通过信息化加速和支持现代企业管理制度的建立和管理标准化、规范化的进程。

中国信息化道路必须结合中国国情,中国的工业化还没有完成,同时还面临着计划经济向市场经济的转变。在计划经济模式下,我国企业大多是粗放型管理模式,存在管理机构臃肿、条块分割、人浮于事、生产过程不透明、原材料不能按时供应、零部件不配套、在制品或外购件库存积压严重、产品生产周期长、产品质量难保证、营销服务不到位等问题。所有这些问题使信息失真、滞后,因此往往无法及时有效地得到解决。

中国的 CIMS 首先选择企业管理作为突破口,即首先加速管理现代化,支持现代企业管理制度,从而加速工业化的发展。企业管理信息化是以市场和客户需求为导向,以实现企业内外资源优化配置为手段,以计划与控制为主线,以提高客户满意度为目标,以网络和信息技术为支撑,实现信息流、物流、资金流、价值流的有机集成,集客户、市场、销售、采购、计划、生产、财务、质量和服务等功能为一体,面向企业的综合的现代管理

思想和方法。

从根本上来讲,生产制造的实质就是数据的采集、加工、处理等一系列过程,信息化则利用信息技术将工作流、资金流、物流流信息化,利用计算机的大容量存贮及高速计算能力,利用计算机网络高速通信能力实现企业信息的 5R (Right Information、Right Time、Right Way、Right Place 和 Right Decision),从而达到生产过程的管理与控制,达到制造过程的管理、技术、资源的有机集成。信息管理通过对信息的适时采集、加工、处理、分析,用信息化来执行管理过程,有效、及时的信息传输使决策者们及时掌握信息,做出好的决策。

管理的信息化必然加速管理的标准化和规范化。首先,信息化以计算机为基本工具,通过数据库对企业各种资源(产品、原材料、设备、人员等)进行管理,必须保证其在任何时间都具有唯一性,并能对其进行各种操作,以实现应用,这就要求建立企业统一的编码体系,这种编码体系要符合国际、国家标准,并要有可扩展性,才便于与合作伙伴交流与共享。

企业信息化不是企业现有管理体系的计算机化,它必然以具有信息化管理为特征进行业务流程再造(Reengineering)。实际上,这包括了现有业务流程的合理化和优化,并通过计算机加以规范。ISO9000、ISO9001 等标准的目的都是要实现企业业务流程的标准化,只有在信息系统的支持下,通过相应的保障机制,约束执行才能真正发挥作用。

企业资源计划系统(Enterprise Resource Planning, ERP)的概念是美国 Gartner Group 公司于 1990 年提出的。现在国内一些软件公司提供的 ERP 实际上有些是鱼目混珠,一些 ERP 实际只是“进销存管理+财务管理”,或基本上是 MRP II 的现代版。大多数生产计划仍然是无限能力计划,未能实现生产过程的成本动

态跟踪管理。

目前,中国管理软件最大的问题是很多软件企业提供的软件“不软”,软件的业务管理流程僵化,不能适应业务流程的变化,或者实施周期很长。这样,造成应用软件的企业抱怨软件投入成为了“无底洞”、“吸鸦片”。所以,软件首先要“软”,除了在功能上满足要求外,更要能灵活适应经营模式变化、业务流程变化。这是软件自身首先要解决的问题。

### 信息化加速产品自主创新

信息技术改变了传统的产品开发模式,即从基于专业分工的串行开发物理样机到实验验证改变为多学科协同并行开发,基于数字样机的虚拟制造。

在产品方面,我国信息化是从“甩图板”开始的,即计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)工程,实现设计、图档的计算机化,提高产品设计速度。

对于企业来说,产品是竞争力的核心,中国企业竞争能力最主要的问题在于产品的研发上,很多企业几十年产品一贯制,与国外同类产品相比,根本没有竞争力。以美国卡特彼勒(Caterpillar)为例,其产品实现“三三制”,即三周设计,三个月物理样机,三年更新换代。而中国许多企业产品的研发还处于模仿状态,创新能力,尤其是核心部分的创新能力远远不够。

因此,CAD不仅是指从手工二维画图向计算机二维制图的转变,而更应该是全面应用数字技术开展设计。在开发组织模式上,基于并行工程(Concurrent Engineering, CE)思想,打破设计各部门的界限,按产品或项目组成团队(Team Work),采用DFX(M, Q, A, ...) (Design For Manufacturing, Quality, Assemble, ...)、PDM(Product Data Management)、PLM(Product Life

Management)实现设计过程的集成和设计过程控制,开展协同设计。

国外企业的产品在上市前,就已经在计算机上设计很多代的虚拟样机,只是在等待时机成熟后才开始上市。这样,确保了企业利润最大化的同时,还保持了企业产品在技术上的占据领先地位。这一过程必须依赖于虚拟制造。奔驰原来汽车需用150辆汽车进行撞击试验,现在通过仿真后只需要撞击14辆汽车,节省了近12亿美元的试验费用。

“虚拟制造”虽不是实际的制造,但却实现了实际制造的本质过程,是一种通过计算机模型来模拟和预估产品功能、性能及可制造性等各方面可能存在问题的手段,提高了人们的预测和决策水平,使得制造技术走出主要依赖于经验的狭小天地,发展到了全方位预报的新阶段。

### CIM的本质是两化融合

十六大提出的是“信息化带动工业化”的发展方针,十七大中提出了“信息化和工业化融合发展”的方针,必须深入理解整合发展的内涵,进一步推进企业信息化。

从“863计划”中CIMS项目立项,1987年正式启动到现在,中国信息化已经走过了20年的历史。在实施CIM之初,CIM作为一种高技术进行研究攻关,其目标是“发展高技术,实现产业化”,选择示范企业实施;十六大我国提出了“信息化带动工业化”的发展方针,在企业推以进单项信息化技术为主的制造业信息化工程。十七大提出信息化和工业化融合发展,现在我国已经发展到信息化与工业化融合发展,即企业大力推进CIMS的阶段。

CIMS的内涵已经突破Harrington以及后来的一些定义并应该有新的诠释。本质上,“CIMS”中的“C”(Computer)代表信息化,“M”(Manufacturing)代表工业化,“I”

(Integrated)就是要将企业信息化与工业化融合起来,成为一个有机的整体系统“S”(System)。

随着世界制造业的中心向中国转移,中国已成为制造业的大国,但更要成为制造业的强国;同时,国人关于信息化的思想认识也更加成熟。任何企业都不会拒绝信息化,我国信息化水平与国际先进水平的差距不断缩小;企业管理信息化逐渐深入,网络化趋势日渐明显;一批信息技术改造提升传统产业的引导示范工作取得成效。但总体看,我国多数行业和企业的信息技术应用水平仍然不高,应用水平参差不齐,信息资源开发利用层次较低,信息资源缺乏有效的协调整合。

因此,企业信息化向纵深发展必然要与企业工业化发展相适应。例如,大型企业集团掌握核心资源和技术,自主创新,形成自主品牌,在大范围内优化配置资源,构建跨区域、跨国产业链,形成分布协同制造大格局;骨干企业从“大而全”向“专而精”转变,锤炼自身的专业素质和核心能力;中小企业以专业化、敏捷性和服务好为特征,围绕大型企业,快速响应需求,为全球制造提供优质服务。显然,不同类型的企业,其信息化的模式、规模、解决方案是不同的。

从现实情况来看,目前中国企业信息化进程较慢,其中一个重要的问题是企业信息化失衡。国内中小企业占企业总数的99.6%,产值占60%,但这些企业中的1/3信息化的程度很低,和大企业之间的差距拉大,而这些中小企业又是大型企业产业链的一部分,中小企业信息化程度的滞后直接影响了大型企业的信息化程度。

显然,中小企业规模小,经营模式相对简单,其信息化不必也不应该与大企业采用同样的模式。处在发展期的企业,经营模式、规模、目标、产品处在变化之中,相应的信息系统也必须

快速调整才能适应要求;中小企业缺乏足够的资金、技术、人才来投入信息化系统的建设、维护与运行,抗风险能力弱。如何加速中小企业信息化成为我国企业信息化的关键。

网络化制造的应用服务提供商(Application Server Provider, ASP)模式,应该得到充分重视,因为ASP模式对中、小企业的生存与发展有特别的意义,避免搞大而全的信息化,减少投资,降低信息化风险,同时可与大型企业获得同样的信息化支撑。ASP模式由政府引导搭建信息平台,由运营商运营,化解信息化风险,集成信息化资源,为中小企业提供服务,以加速解决中小企业信息化失衡问题。另外,我国制造业经过改革开放近30年的发展,已经取得长足的进步,经济实力明显增强,以提高效率和质量为目的的底层自动化系统水平得到很大发展。信息化与工业化融合发展的一个重要任务是如何将底层自动化系统有效地集成,这是企业信息化深入发展的关键,MES应该得到充分重视。

### 企业信息化从集成走向协同

全球化的趋势不可阻挡,随着信息技术的快速发展,企业也必须由原有企业内部的信息集成走向企业间的协同,打破原有的壁垒,实现大范围资源共享。

协同制造是指制造企业基于网络开展产品设计、制造、销售、采购和服务等一系列活动的总称,其核心是利用信息网络,特别是Internet,跨越不同企业之间存在的空间差距,通过企业之间的信息共享、业务过程协同、资源共享,为企业开展异地协同设计、生产、网上营销、供应链管理提供技术支撑环境。实现产品商务协同、产品设计协同、产品生产协同、供应链协同、产品服务协同,提高整个产业链和制造群体的竞争力。

协同制造的一种成功模式是协

同产品商务(Collaborative Product Commerce, CPC),它使用Internet技术将产品设计、分析、制造、采购、销售、现场服务连成一个全球的知识网络,使在地理上或供应网络上分布的个体能够在产品商业化过程中承担不同角色、使用不同工具,协作完成产品的开发、制造以及产品全生命周期的管理。它既可以支持企业跨地区的内部协同,也可以支持集团公司与各子公司的协同,还可以支持行业中跨地区、跨国的协同。

由核心企业带动的企业动态联盟,形成面向某个行业或典型产品的产业链。多家企业能够实时、交互地寻求商业机会,并通过动态重组形成新的合作关系。因此协同是对集成的再思考,是“集成”在深度与广度上的再发展。协同是企业信息化适应信息时代制造全球化发展的新阶段。企业信息化系统也必将随着协同制造发展的需求进入一个新的发展阶段。

### 信息化加速现代制造服务业

现代制造服务业是面向制造业的生产性服务业,是制造与服务相融合的新的产业形态——服务型制造,已成为保持可持续发展,引领制造业产业升级的重要力量,也是先行工业化国家后期工业化的一个重要特点。

1975年,美国经济学家布朗宁和辛格曼在对服务业进行分类时,最早提出了生产性服务业(Producer Services)的概念。生产性服务业是指为保持工业生产过程的连续性、促进工业技术进步、产业升级和提高生产效率、提供保障服务的服务行业。现代制造业作为一个整体产业链条,早已突破了单纯生产线、流水线的概念,它包含了研发、采购、营销、物流、品牌、金融、网络、客户管理等诸多方面。一般认为,现代制造服务业是指围绕现代制造业的生产过程的各种

业务,开展的专业服务活动。

制造业信息化的需求来自制造业发展本身,20世纪后期经济领域的一项革命性变化就是“以生产为中心”向“以服务为中心”的转型,目前在制造业发达的国家,生产性服务已占到服务领域总额的50%以上。

当前我国正处于工业化加速向中后期推进的阶段,20余年来,我国制造业信息化主要围绕企业内部的信息化展开的,从20世纪80年代初开展的CAD工程、CIMS,到后来ERP、PLM、SCM、CRM、MES等,以提高企业TQCSE为目标,用信息化带动工业化,提升制造企业的竞争能力,其中也不乏涉及“S(服务)”的内容,但并未从形成一种新产业的态度来考虑。国家“十一五”规划纲要明确提出“大力发展主要面向生产者的服务业”,为此,需要考察现代制造服务业的内涵,由此分析其对信息化的需求,进而讨论信息化如何加速现代制造服务业的发展。

为适应现代制造服务业发展的需求,我国制造业信息化必将从3个方面得到着力发展。

#### 1 信息化加速服务型制造

为促进服务型制造,需要根据企业的类型不同进行信息化的推进,其中最重要的一点,就是从过去以集成为核心的企业内部信息化进一步向以协同为核心的企业间信息系统互联、互通、互操作拓展,其核心是利用信息网络,特别是Internet,跨越不同企业之间存在的空间差距,通过企业之间的信息共享、业务过程协同和资源共享为企业开展异地协同的设计、生产、网上营销、供应链管理等提供技术支撑环境,加速实现产品商务协同、产品设计协同、产品生产协同、供应链协同、物流配送协同、产品服务协同等。其中,支持协同的2种基本模式——协同产品商务(Collaborative Product Commerce, CPC)和应用服务提供商(Application

Sever Provider, ASP)应该得到大力发展。

## 2 信息化加速现代制造服务业态的形成

目前,关于发展现代制造服务业已有许多文献进行了论述,但在信息化与工业化融合发展的战略下,如何实现信息化与现代制造服务业融合发展仍然是一个值得关注和深入探索的问题。

信息技术与服务业融合,需要做到以下4方面:一是借助信息技术条件下强大的信息处理能力,促进现代物流业、管理咨询业、金融保险业等现代服务业发展;二是大力发展电子商务,特别是通过进一步发展第三方电子商务平台,加强电子商务信息、供应链、现代物流、交易、支付等管理平台;三是依托信息技术,发展涵盖信息通信服务、信息技术服务和信息内容服务的信息服务业;四是提升传统服务业,发展面向中小企业的第三方公共服务平台,推广信息化应用服务,引导传统服务业创新发展模式,注入发展动力。

现代制造企业之间的竞争,实质上是供应链之间的竞争。制造业企业活动外置带动新兴制造服务业的发展,制造服务业是企业为企业所提供的中间服务。传统供应链从最终客户端向原始供应商端传递时,由于无法有效地实现信息共享,使得信息扭曲而逐级放大,称之为“牛鞭效应”,造成产业链全库存加大、库存与物流成本加大。

以企业为核心供应链的信息系统已经得到应用,但这种单核的供应链系统仍然难以有效解决“牛鞭效应”。例如,我国汽车零配件用于储存、装卸和搬运的时间大于90%,我国的物流成本高于欧美5%;医药制造业物流费用为30%~40%,而发达国家这一数字仅为3%~5%;我国IT制造业物流成本占20%左右,而美国仅为13%。

因此,在推进服务型制造时,单核的供应链系统必然发展为多核的集群式供应链网络。集群式供应链是产业集群和供应链之间的耦合。因此,不但形成了以龙头企业为核心的多条平行的、单链式供应链,同时还有跨链企业关联、竞争和协同。它是供应链适应纵向企业相互分工协作、横向相互交叉而形成的供应链网络,实现企业间/供应链间采购、制造、销售、物流、售后服务等多方面的协同。与以某个企业为核心的传统供应链相比较,具有大规模、高效益,节约资源、快速敏捷等优势,因此集成供应链,可更为有效地减少“牛鞭效应”。

集群式供应链其实是一种“源于企业、但不限于企业,依于集群、但不囿于集群”的企业动态联盟。它是纵向企业相互分工协作、横向具有相对完整的供应链结构体系。企业集群进行战略采购、联合销售、服务网络共享、第三方物流等活动对制造服务业产生了迫切的需求。集群式供应链是制造业企业活动外置最典型的形式,它是围绕企业制造活动前期、中期、后期各个阶段实现企业与企业间协同而产生的业态。集群式供应链业态是制造服务业的主要业态之一,信息化是实现服务业与制造业两者融合发展的基础设施,也是加速形成这种业态的不可或缺的支撑环境。

## 3 加速现代制造业的信息化服务业

可以预测,就像50年来美国和欧洲所经历的一样,中国经济重心从制造业向服务业领域转换。随着制造服务业的发展,制造业信息化必需探索新的发展方向和发展模式。

在发展方向上,要将重心从面向单个企业的信息化向面向产业集群的信息化发展。产业集群包括区域集群、行业(产业)集群、社会集群多种形态,不但包括同一产业的一批企业,更有与产业相关的上下游企业,

还可能包括多种产业。信息化的形态表现为从相对单一的信息系统发展为信息化服务平台,从强调无缝集成发展到松耦合的协同,典型的例子是CPC服务平台、ASP服务平台和集群供应链服务平台。

基于目前的技术和市场发展水平,服务平台较理想的信息化模式是采用服务总线架构,实现异构CAX/ERP/SCM/CRM等系统的互联、互通、互操作,其基本特点是:(1)基于标准、协议,通过组合信息源完成应用服务;(2)通过适配器进行消息系统和事务系统处理;(3)基于Web的联邦架构:可伸缩地应用框架、松耦合、无边界环境,具有自主加入与退出能力。

在发展模式上,要总结20余年来我国制造业信息化的经验和教训,努力减少“中国人搭台,外国人唱戏”的现象,发展各种行业软件、行业信息化系统集成及面向行业的集成服务提供商(ISP)、应用服务提供商(ASP)、软件即服务(Software-as-a-Service, SaaS)技术服务平台和公司,加强信息化技术服务体系的建立与完善,为行业、中小企业信息化建设提供服务。引导行业内大企业联合建立服务共性信息技术应用平台,构建公共技术服务能力体系;支持大企业内部的信息技术应用与服务部门独立出来,发展成为面向全行业服务的信息技术支持中心等。

## 结束语

企业信息化为管理创新、技术创新提供了新的技术手段,信息化与管理创新、技术创新良性互动,必将促进我国信息化与工业化融合发展。

我国正逐步成为世界制造大国,我国企业要抓住机遇,加速“两化融合”是我国成为制造强国的重要战略。协同化、虚拟化与服务化是当前企业信息化深入发展的主要特征。

(责编 侧卫 岩石)