

计算机集成制造系统的组成与实施



计算机 集成制造系统的 组成与实施

熊光楞 吴祚宝 徐光明 编著

青
华
上



工



清华大学出版社

计算机集成制造系统的 组成与实施

熊光楞 吴祚宝 徐光明 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书以 CIMS 综合集成为重点,系统阐述了 CIMS 的基本概念及其产生与发展的过程,并在此基础上论述了 CIMS 的系统组成与功能,介绍了 CIMS 技术与发展,提出了 CIMS 工程实施及效益评估的方法,最后分析介绍了我国实施 CIMS 工程的情况。

本书总结了国内 10 年来在 CIMS 研究和应用中取得的成果,是一本系统介绍 CIMS 的重要书籍,具有概念准确、论述简洁、系统性和实用性强等特点。

本书适于我国推广和应用 CIMS 企业的工程技术人员和管理人员使用,也可作为高等院校有关专业的参考教材。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

计算机集成制造系统的组成与实施/熊光楞等编著. —北京:清华大学出版社,1996.12
(自动化技术丛书/李衍达主编)

ISBN 7-302-02317-4

I. 计… II. 熊… III. 计算机集成制造-集成制造系统-组成 IV. TH166

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 20342 号

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)

印刷者: 北京市清华园胶印厂

发行者: 新华书店总店北京科技发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 9.75 字数: 235 千字 彩插: 1

版 次: 1996 年 11 月第 1 版 1997 年 6 月第 2 次印刷

书 号: ISBN 7-302-02317-4/TP·1143

印 数: 4001~7000

定 价: 11.50 元

《自动化技术丛书》出版说明

实施科教兴国战略,促进科技、教育与经济建设紧密结合已成为我国发展经济的重要方针。为了贯彻这一方针,我国的传统产业正面临新技术改造,产业结构正在进行调整,高新技术产业也在加快发展,其中,自动化技术发挥着十分重要的作用。为了普及新的技术,对工程技术人员以及科研人员进行继续教育及技术培训已成为一个重要的课题,编写普及自动化技术的高质量、高水平的技术书籍已成为一个紧迫的任务。为了适应这一客观需求,我们在清华大学的科研与教学实践的基础上,组织编撰了一套反映当前最新技术水平的,对工程实践有较强指导意义的图书。主要读者对象为具有大专以上文化水平的工程技术人员。

该丛书选题范围包括传感技术与工业仪表、工业计算机控制、计算机集成制造系统(CIMS)、人工智能和电子技术在自动化领域中的应用等方面,适于广大工程技术人员作为继续教育与技术培训的教材,也可供从事相关专业的大学生与研究生参考。

编写与出版这套丛书是一次新的尝试,我们热忱欢迎选用本丛书的广大读者提出批评和建议。

《自动化技术丛书》编委会

1996年5月

《自动化丛书》编委会

主 编：李衍达

编 委：(按姓氏笔画为序)

王家桢 王桂增 杨家本

吴秋峰 张兆琪 张贤达

唐光荣 解学书 熊光楞

前 言

随着微电子技术的发展,人类已步入信息化社会,信息技术正改变着人们的思维方式以及人类的生活、工作环境和方式等。作为信息化社会的主要工具——计算机,正以惊人的速度在人类生活的各个角落,如在工业、金融业、商业、公共服务、交通、通信等方面发挥着愈来愈大的作用。

制造业在人类历史上有着辉煌的业绩,为社会进步与发展做出了巨大的贡献。中国的制造业长期处于封闭状态,在经过十几年的改革发展之后开始面对着一个全新的课题——参与世界市场的竞争。由于刚从计划经济转向市场经济,再加上我国正在申请加入关贸总协定和随之而来的国际国内两个市场的形成,在参与这场竞争的一开始就面临着极为严酷的生存现实。这种激烈的竞争环境无疑给中国的制造业提出了挑战,但同时也为中国的腾飞带来了机遇。

制造业的技术进步与技术改造需要从整体上进行规划。由于在技术、社会环境、企业文化、人员素质等方面长期投入不足,基础薄弱,信息封闭,管理方式与技术落后,有相当一部分企业在进行了资金投入、完成了技术改造之后仍然无法取得效益,难以摆脱落后被动的局面,更有甚者从此背上了巨大的资金包袱并最终走向了破产。究其原因是多方面的,但他们往往在技术发展改造中缺乏总体规划与工程实施方法的正确指导。如何使得技术改造取得真正的效益,计算机集成制造系统(简称 CIMS)的应用与实施能够为制造业提供正确的答案和方法。

我国在 80 年代中期已关注到国际上 CIMS 的发展。在国家高技术发展计划(八六三计划)中,CIMS 作为自动化领域的一个主题被列入了全国性的科技发展规划中。为此国家科委组织了 2000 多人的研究队伍进行了近十年的研究与工程实施,取得了一批关键技术的突破,积累了许多丰富的研究和工作经验。CIMS 应用工程所取得的初步成效,引起了政府和企业界的广泛关注。为进一步加快我国企业的发展速度,强化企业技术改造效益,开展 CIMS 技术的普及与实施已成大势所趋。

本书正是在这样一个背景下撰写的,其主要目的是向我国的企业家与工程技术人员介绍 CIMS 的基本概念,CIMS 的系统组成与功能以及 CIMS 技术;并为推广应用 CIMS 提供技术支持,即向要实施 CIMS 计划的企业领导及管理人员介绍 CIMS 应用工程的设计、开发步骤及效益评估;最后通过 CIMS 实验工程及成都飞机工业公司 CIMS 工程这两个实例,全面系统地介绍如何在我国的具体环境下实施 CIMS 计划。

CIMS 涉及到自动化领域的许多方面,属于综合自动化的范畴。它涉及到自动化的许多单项技术,而更为重要的是这些技术的综合集成(包括集成方法、集成的手段与环境支持——数据库与网络等)。因此,本书在取材上也以综合集成为主线,而对制造业中所涉及到的众多单项技术仅作简要介绍。这样可以使读者在有限时间内较快地掌握 CIMS 所涉及的总体概念、技术与方法。

本书共分6章,第1章系统地阐述了CIM和CIMS的基本概念,CIMS的产生背景及其发展状况以及我国发展CIMS的策略,这是正确地理解和成功地运用CIMS技术的基础。第2章论述了CIMS的组成和功能,使我们能清楚地了解CIMS所包括的内涵。第3章论述了CIMS的单元技术,这些技术是推广和应用CIMS的重要基础。第4章提出了CIMS应用工程的设计和开发方法,以及评价CIMS应用工程的效益评估方法。为了减少我国在实施CIMS时的风险,国家建立了具有世界先进水平的CIMS实验工程。第5章详细介绍了CIMS实验工程的目标和总体集成技术,分析了取得突破的关键技术和CIMS实验工程的效益。最后第6章介绍了我国第一个CIMS应用工厂——成都飞机工业公司推广和应用CIMS的情况。

本书第1章、第4章及第5章由熊光楞编写,第2章及第3章由吴祚宝编写,第6章由徐光明编写。

CIMS主题专家组组长、中国工程院院士吴澄教授为本书写了绪论:信息时代的制造业。它全面论述了CIMS发展的背景及现状、我国的实践经验。特此表示感谢。

作 者

1996年5月于清华大学

绪论——信息时代的制造业

古往今来,人类赖以生存和发展的是自然界和人造物。人类要造物,就必须去构思、设计——解决造什么、如何造等问题,然后去制造,把概念变成实物。人类的这些活动,必然涉及到管理:对设计、制造及后续过程(包括市场)的管理,以及受其影响的更上层的人类活动的管理。人类的造物活动构成了人类活动的基础。社会由低级向高级的发展在很大程度上取决于人类造物活动的水平。制造业是一个国家的工业基础,其发展水平体现了综合国力,因为社会财富的绝大部分是制造出来的,从飞机、汽车、服装到住房等等。制造业创造了人类的物质文明。那么,它为什么会变成今天的样子?它可能会发展成什么新的模式?温故而知新,从制造——人类造物的近代演进史中可能会得到有益的启示。

1. 历史的启示

麻省理工学院的J·沃麦克等人在《改变世界的机器》一书中讲了汽车制造业的一段发展史。面对我国当前认识、实践上的诸多问题,应该能从中得出历史的启示。

1894年,英国议会的一位议员要买一辆轿车,当时英国没有汽车制造厂,更没有任何销售商,因此这位议员只能到巴黎的P&L公司订制一辆。P&L公司是当时世界有名的处于领先地位的轿车公司。它的主要产品是每年制造几百辆汽车。当时的制造方式是传统的单件生产:由具有高度技巧的工匠精心地制造汽车,这些工匠通晓机械设计的原理,熟悉他们要用的各种材料性能。他们之中不少人就是小业主,在P&L内独立承包,甚至可以作为一个独立的机械制造作坊与P&L签订合同,承制某些零件或总成。

当时的P&L两位创始人与几个最接近的伙伴负责与顾客讨论,确定汽车的详细规格,定购主要的零件并最后装配成品。而绝大部分的工作,包括总体设计和工程设计,都是在分散于巴黎各处的各个作坊内进行的。

当时P&L公司从来就没有制造过两辆完全相同的汽车。因为即使按同样的蓝图,造出来的汽车也不相同,原因在于P&L所有的承包商都不采用标准的计量器具。因此当各种零件运到P&L工厂总装时,这些零件只是近似于所要求的规格。熟练的装配工先取两个零件,用锉将它们修整,使之配合良好。然后再挑第三个零件,使之与前面两个零件配合良好。这样一直干下去,直至整台汽车装出来,这种逐个的配合,产生了累计误差。因此当装配工装最后一个零件时,这辆汽车和按同样蓝图制造的前一辆汽车在尺寸上已有显著的差别了。

P&L公司不能生产出大量相同的汽车,也没有试图去改变这种状况。他们致力于按不同买主的不同要求制做汽车,强调汽车的性能与手工配制的技艺。这在当时是可行的,因为买主都富有,有专职司机和机械师,不必关心成本、驾驶是否方便和保养是否容易,而只关心车速和是否按本人意愿来制做。

这是典型的单件生产,其特点是:

- 劳动力在设计、机械加工和装配等方面都有较高的技艺,许多人从学徒开始最后

达到掌握单件生产的全面技艺,很多人希望成为老板,经营自己的机械作坊,向装配汽车公司承包。

- 组织相当分散,一个企业主与所有各方(顾客、雇员及协作者)直接联系。
- 采用通用机床对金属和木材进行钻、磨等加工。
- 产量极低,成本很高。

至 1905 年,欧洲已有几百家这类公司采用单件生产方式少量地制做汽车,这些独立承担大部分生产任务的小工厂没有能力开发新技术。在这种情况下,美国福特公司采用了一种称为“大量生产方式”的新技术,克服了单件生产方式所固有的问题。

大量生产方式的关键不是移动的组装线,而是零件的互换性:即所有的零件全都可以互换,始终如一,而且连接非常方便。这种革新,使组装线成为可能。

据观察,在采用单件生产方式时,每个装配工的平均工作周期为 8 小时 34 分,这时每个装配工要完成同一辆汽车上的大部分装配工作。而到 1908 年,福特公司实现所有零件完全互换后,每个装配工只承担一件单一的工作,在装配大厅中来回走动,逐个对每辆汽车进行组装。到 1913 年,在移动的装配线推出之前,福特公司的一个装配工的平均工作周期已从单件生产方式时的 8 小时 34 分减小到 2.3 分。这时生产效率大为提高,因为工人对单一工作容易熟悉,工作便更快,另外所有零件的修整时间都省掉了。

然而,福特公司又看到工人从一个装配工位走到另一个工位,要花时间来回走动,而且每个人干的快慢不同。为此,1913 年福特公司推出了移动的总装线,工人站在一个地方装配某一零件。这样,工作周期又从 2.3 分缩短到 1.9 分,生产效率又大幅度提高。

这种大量生产方式减少了总装一辆汽车的工时。生产的汽车越多,每辆汽车成本降低越多。当福特公司的某种车型生产 200 万辆时,他使顾客的实际开支降低了三分之二。

为了吸引中等消费者这一市场目标,福特公司在设计汽车时,为汽车的使用和维护提供了前所未有的方便,普通人使用普通的工具便可以修理一般的故障。这些优势把福特公司推到了世界汽车业的首位。这种大量生产方式推动汽车工业的进步达半个世纪以上。

因此,一种新的生产模式——大量生产方式及其技术支持——零件的互换性即公差与配合(机械学科的一种基础技术)带来了制造业的一场重大变革。然而,这场变革的深远意义不止于此,还表现在以下几方面。

(1) 劳动力的分工

不仅零件可以互换,工人也容易调换。临时招募的劳工,互相不认识,甚至讲话也听不懂,但可以生产出汽车这样复杂的产品,其原因是劳动力的分工。它使工人只要培训几小时甚至几分钟便可以上生产线。与此同时,专业的分工也产生了,如工艺工程师、装备工程师、清洁工、修理工、领班等等。只有检修工保留了过去装配工的许多技艺,另外工艺师中还要分工,负责总装的工艺师和各零件作业的工艺师以至电气工艺师等。这些新的“智力工作者”垄断了所有的思路和信息,他们设计零件和工具,并安排任务,使没有技能的工人也能掌握,这些工人就成为汽车工业劳动力的主体。

随着时间的流逝,工程专业也越分越细,同专业的工程师共同话题越来越多,与此相反,不同专业的工程师之间的共同语言越来越少,这些功能障碍,到后来又会影响整个生产。

(2) 组织结构

追求纵向一体化的生产组织模式,从原材料、制造到与汽车相关的所有功能都纳入到福特公司里来(福特公司可称得上是大而全的典型)。福特要把所有的工作都归并到厂内自制,是由于公司对每个零件的尺寸偏差和交货期有严格要求。组织结构上用严格计划下的严格管理来代替市场经济,总部高级管理人员对公司内部的各个业务分部予以协调。这种纵向一体化的组织机构产生官僚体制特别严重,并且一经产生,几乎无法克服。

(3) 工具的进步

为了代替技艺高超的工匠,福特公司将机床用来完成同样的工作,这样减少了机床的调试时间。同时采用专门设计的工夹具来降低对工人的操作技艺的要求。此外,按工艺顺序安排下一道工序,安排专用机床进行加工,这就进一步提高了效率,从而形成了刚性生产线。

由于上述影响,福特汽车厂生产的大量汽车普及到了家庭,反过来又促进了整个工业的发展,美国的社会开始装在“轮子”上。

可以这样说,50年代以前的生产主线是追求大量生产方式,它带动了整个工业的发展和社会的进步,而作为技术的机械学科起了非常关键的作用。确实,机器改变了世界。

刚性生产线大大提高了生产效率,从而降低了产品成本。这是以损失产品的多样性和工人的创造性为代价的,效率是赢得当时市场竞争的关键。

从此以后,产品的竞争逐渐表现为效率加质量的竞争。其主要技术手段是检测及控制生产过程中的制造工艺,即采用统计的方法,发现工艺中的问题进而维修主要设备,以保证产品的性能偏差控制在某个允许范围之内,这便是直到现在还采用的统计过程控制(SPC)。现在由于采用了计算机,使用SPC的效果可以更好。

市场对产品多样化的要求,对刚性生产线不断提出挑战。50年代开始,数控(NC)开始出现并被广泛使用。采用预先编制好的计算机程序,同一台机床可以加工不同类型的零件,而精度、特别是复杂曲面等零件的精度可以大大提高。这标志着信息技术开始进入制造业。与此同时,由于微电子技术的迅速发展,信息技术渗透到了制造业的各方面:在产品设计过程,采用计算机辅助绘图、辅助设计、三维造型和特征造型,特别是利用计算机辅助工程分析软件,可以对零件、部件以至产品的受力、受热、受振等各种情况进行工程分析计算,以优化设计;在工艺设计过程中也采用计算机技术,包括辅助编制工艺规划、选择刀具、选择或设计夹具;在制造过程中利用软件技术,产生刀具轨迹的数控代码,经过前、后置处理,解决诸如刀具磨损补偿以及避免干涉碰撞等问题,从而获得了可以在数控机床或加工中心上对零件进行加工程序。

在生产管理方面,也引入了许多先进的管理思想及相应的信息系统的软件。一架飞机有几万个甚至更多的零件,一台汽车一般也有上万以至几万个零件。其中,有需采用标准件的,也有需要自制的。在自制件中,有的零件加工几小时便可完成,而有的则需经过多道工序、耗费数天以至几十天的加工时间。如何保证均衡生产,不窝工而又不至于在制品过多而积压流动资金呢?于是各种优化生产技术应运而生,如考虑物料需求计划的MRP,考虑各种资源(如设备、工时等)平衡的制造资源计划MRPⅡ,考虑按设备瓶颈组织和优化生产的OPT,考虑最优库存并适时生产(JIT)等等。各种专用的信息系统用于产品报价,

跟踪重要零部件的生产状况以及辅助企业高层领导的决策等。

此外,在加工现场,除数控机床和加工中心外,在线的三坐标测量机、柔性制造单元(FMC)和柔性制造系统(FMS),各种自动化物流系统(如立体仓库和自动导引小车),控制生产线的可编程控制器(PLC)等,也开始广泛采用。

信息技术广泛应用于制造业,使制造业呈现了加速发展的蓬勃生机,这一期间,中小批量的生产方式开始居于主导地位。但是要进入完全满足顾客多样化要求并且性能价格比优良的单件生产,还有许多障碍,特别是信息技术广泛进入制造业所带来的障碍,即各种“自动化孤岛”以及旧的生产模式。这些将在下述 2 中详细叙述。

从上面的分析,我们可以得到什么样的启示呢?

(1) 生产模式的变革,特别是重大的生产模式的变革,必须以相应的技术进步作为支持,生产管理模式和相应的技术进步是推动社会进步的相辅相成的两个方面。

(2) 从“单件生产”方式到“大量生产”方式,机械技术的进展是主要技术支持,对社会的推动是巨大的,影响至今。

(3) 在近三四十年,信息技术对制造业起的作用越来越大,产品又由“大量生产”方式向“中小批量生产”方式转变。

我们可以设想,当最终又过渡到能完全满足用户需求且性能价格比优良的产品的单件生产时,会有一种新的生产模式以及全方位的信息技术的支持。

2. 现状、问题及 CIMS 的产生

20 世纪末世界最重大的变化是一个全球市场的形成,微电子、信息技术在这一转变中起了关键性的作用。

全球市场带来的后果是竞争空前加剧,其表现是:产品更新换代快、技术含量高、性能价格比优,而且服务(产品的售前、售后服务)成为市场竞争的重要内容。因此,处于全球市场中的制造业必须加快新产品的开发和产品的上市时间 T(Time to Market),改善质量 Q(Quality),降低成本 C(Cost)以及完善售前售后服务 S(Service)。T、Q、C、S 是制造业的永恒主题。追求更完善的 T、Q、C、S 是永无止境的过程,它不断促使管理变革和技术进步,其结果是全社会的进步。

“自动化孤岛”阻碍了进一步完善 T、Q、C、S。信息技术在工业化国家的制造业中是不可能在统一的规划下实施的,因此不同的研究单位和公司采用的是不同的标准,形成了各种不同的封闭系统。不同的通信协议,使设备之间无法实现信息交换,不同的软件之间无法实现信息的传输,不同的数据库之间无法实现数据的共享。这样,一个企业无法实现“五个正确”,即“在正确的时间,将正确的信息以正确的方式传给正确的人(或机器)以作出正确的决策或操作”。因此,信息集成和系统集成是相当一个时期以来,以至今后人们努力实施的目标之一。

CIMS(计算机集成制造系统)便是用集成的观点、信息的观点来对待制造业,它把整个制造业推到一个新的发展阶段。

1974 年,美国年轻学者哈灵顿博士首先提出了计算机集成制造的概念,他认为整个生产过程(从市场、设计、制造到管理、售后服务等)是一个整体,需要统一考虑;同时整个生产过程是信息的采集、传送和加工处理的过程,产品的尺寸不过是物化的数据。后一个

• X •

观点为生产过程大量采用信息技术奠定了认识上的基础。按照他的生产模式,企业应该采用信息技术(包括计算机、通信、自动化等)来改善设计过程、管理决策过程和加工制造过程,并且在网络和数据库的支持下,实现信息集成,进而优化生产,改善其 T. Q. C. S., 以提高企业的市场应变能力和竞争能力。

这一新概念引起了技术上的新要求 and 进展,如异构环境下的信息集成(包括不同通信协议的设备互联,不同数据库的数据共享,不同应用软件之间的信息交换等),复杂大系统的建模(功能模型、信息模型、动态模型等),分析设计及其软件工具,实时分布环境下的生产调度和优化技术,人工智能和专家系统的许多成功应用等。特别是调度和排序问题推动了应用数学一个新的分支——离散事件动态系统的发展,它至今仍是非常活跃的研究热点。

CIMS 的概念,推动了各分支技术的进步。比如从 CAD 自身来看,它往往局限于计算机图形学等范畴。如果从 CIMS 的高度去认识 CAD,则要考虑 CAD 与 CAPP、CAM 的集成,还要考虑 CAD/CAPP/CAM 系统与管理信息系统的接口以及与车间之间的接口,这就加大了 CAD 的广度;同时,引出了基于国际标准 STEP(产品数据交换标准)的 CAD/CAPP/CAM 集成系统,这是一种新的软件系统。我国在这方面的研究和开发处于国际先进水平,为 CAD/CAPP/CAM 跻身于国际行列带来了新的切入点。这便是 CIMS 全局观点支持下组织生产的模式以及其相应的技术支持,异构信息集成及系统集成。

进一步地,传统的制造过程是串行进行,它往往造成制造中的返工。如果在设计中考虑可制造性、可装配性、可测试性等,就可以减少许多不必要的返工,这便是并行工程 CE (Concurrent Engineering): 它将串行的各个环节并行起来进行(主要在设计过程),组成多学科的小组(Team work),甚至包括市场人员及售后服务人员。这样可以努力做到设计的一次成功。这种并行作业的新的生产模式,对 T. Q. C. S. 的改善是不言而喻的。它的技术支持便是由 CAX 到 DFX(如 Design for Manufacturing 等)。支持这种并行作业的基础是计算机网络环境和平台(PDM——产品数据管理或集成框架),以及支持 Team work 的方法论及工具。波音 777 便是按照并行工程的思想进行实施的,它组织了 238 个不同的 Team, Team 中包括了各航空公司的人员,采用了数字化定义及数字化预装配(即可装配性),实现了波音 777 的无图纸生产,不需要做一架样机便一次制造成功。

由此可见,设计过程的集成,即将串行的过程并行起来,进一步优化了整个设计和制造过程,它的技术支持便是 DFX、虚拟制造(Virtual Manufacturing)、网络化的环境、支持 Team work 的方法论(包括过程建模等系统技术)及工具。

“九五”期间,我国要实施有自主知识产权的百座民机工程,实现异地设计、异地制造,这便需要并行工程等技术的支撑。

从组织结构方面来看,以小而全、大而全的生产方式(例如福特模式)去实施制造,往往并不有利,因为设备不可能充分利用,大的公司容易滋长官僚主义,对市场响应慢、应变能力差。因此,有人认为必须进一步改变生产模式,提出了以敏捷制造(Agile Manufacturing)为代表的美国 21 世纪的制造战略。通过组成针对不同产品的企业动态联盟(Virtual Enterprise),以最快的速度、最优化的利用资源响应市场,使 T. Q. C. S. 进一步完善。

新企业的生产模式可以形象化地描述为“两头大、中间小”,即强大的产品设计开发能

力以及强大的市场开拓能力,但中间的加工制造能力不一定大而全,而且要组成各种协作式的企业动态联盟。实现这种企业集成生产模式的技术支持是网络化工厂(建立在信息高速公路上的企业),采用 STEP 数据交换标准及 QFD(质量功能配置),可以使企业成为插入兼容式企业。

我国传统的制造企业不是上述的两头大中间小的“哑铃型”生产模式,而是“橄榄型”,即开拓市场能力弱,开发新产品能力弱,庞大的加工制造车间是企业的主体。但是没有市场、没有产品开发能力的庞大的加工能力已成为企业的沉重包袱。现在有的企业还要花大量经费搞单纯增加制造能力的技改,补充其“中间大”,这样的技改,投入大,风险大。还有可能技改投入越大,亏损面越大。

综上所述,我们可以看出,CIMS 的信息集成、并行工程和敏捷制造,都是 CIM 哲理——集成观点和信息观点的体现,它们不是互相取代,而是从不同角度实现相同的目标。制造业的最终目标是为用户迅速提供性能价格比优良的多样化的产品和服务,这正是 CIMS 的信息集成、并行工程和敏捷制造等先进生产模式和技术原动力的实现,实现此目标是人类社会高度物质文明发展的过程,它是一个永无止境的过程。

3. 我国的实践:用信息技术改造制造业

我国企业,特别是国有大中型企业,当前处于十分困难的境地。新产品的开发能力弱,管理落后,因长期受计划经济的影响,思想观念陈旧且封闭,产品质量及服务差,加上人员素质不高,社会包袱沉重等。因此可以说,面临市场经济是困难重重,而他们的竞争对手是发达的工业化国家,甚至是强大的跨国公司。在这种严峻的形势下,争生存、求发展是我国制造业的主流。深入分析一下我国企业面临竞争的主要问题,仍然是 T. Q. C. S.,特别是产品上市时间慢及质量不好是影响竞争力提高的主要障碍。

例如北京第一机床厂,6 年前在一次国际投标中,他们的五坐标数控铣床的性能价格比优于外国企业,但就是交货期比别人晚 6 个月(外国企业十几个月,而一机床厂要二十多个月),致使投标失败。沈阳鼓风机厂(简称沈鼓)是单件生产的企业,报价便要 6 周,并且是不精确的手工报价,而国外企业只要 2 周,全部是计算机报价,这样从报价之时起就无法与国外企业竞争。沈鼓一般产品的设计和制造周期为 18 个月,国外企业为 10—12 个月。这种情况使国产设备很难在国际市场占有一席之地。类似这些情况也正是我国许多其它企业决心要实施 CIMS 工程的原因。

CIMS 在企业的应用,应根据企业经营发展战略和针对当前企业的瓶颈提出一个总体设计,并用各种模型科学地描述企业的生产和经营行为;在总体设计的指导下,按照工厂的实际情况(技术、资金、人才等)分步实施;着重加强企业的产品开发能力,即采用集成的 CAD/CAPP/CAM 和管理决策信息系统,以提高产品开发和科学管理水平。对于车间层,多采用数控和直接数控等,适当采用高度自动化的柔性生产线及物流自动化系统,这样做投入较少,产出较大。经过几年技术上的攻关,特别是由于 CIMS 实验工程解决了异构信息集成等一系列关键技术,为企业实施 CIMS 减少了风险,取得了较好的效果。例如,北京第一机床厂的超重型数控龙门铣的交货期,已从原来的 36 个月缩短到 18 个月,在最近的一次国际招标中取胜,这说明了北京第一机床厂的竞争能力。沈阳鼓风机厂的计算机报价系统也可以在 2 周内提供符合国际 API 标准的技术报价、财务报价和商务报价。产

品的设计、制造周期从 18 个月缩短到 10—12 个月,达到国际同行的先进水平。沈鼓的产量从 1992 年的 29 台套上升到 1994 年的 54 台套,产值增加了 118%,而质量成本降低了 79.7%(由于返工、废品减少)。1995 年沈鼓在国际同行中的地位已由原来的十几位上升到第 6 位。因此,邹家华副总理在视察沈鼓后说:沈鼓是我国机械行业中为数不多的与国际同行真正有竞争力的企业。

成都飞机公司也取得了较好的效果。例如,飞机复杂框体结构件,原来由 76 个零件组成,加工工时为 360 小时,相应的工装工时为 15600 小时。现在采用 CAD/CAPP/CAM,通过网络到车间的 DNC,加工一个整体框,加工工时只需 80 小时,CAD/CAPP/CAM 的设计工时为 80 小时,合计为 160 小时。由于采用整体加工,省去了工装,因而减少工装工时 15600 小时,并且使飞机部件质量大幅度提高。成飞 CIMS 工程的技术进步,波音专家考察后给了高度评价,并获得了上亿元的订单,它的技术进步带动了西安飞机公司、沈阳飞机公司和上海飞机公司等同行业的技术进步。

不仅像成飞这样的大型企业采用 CIMS 有效,而且一些乡镇企业投资两三百万元实施 CIMS 也可以取得好效果。例如杭州三联电子有限公司是生产彩电印刷电路板(PCB)的乡镇企业,在 CIMS 总体设计的指导下,实现了该厂 CAD 中心与长虹、牡丹等彩电整机厂 CAD 中心的远程联网,加快了新产品 PCB 的试制时间,从原来的 20 多天缩短到 5~6 天。在实现了 CAD 与光绘仪及模具 CAM 等集成以及生产过程的计划、监控和质量检测之后,三联厂的生产水平大幅度提高,1994,1995 两年都达到同行业人均产值第一、人均利税第一。

我国 CIMS 的应用企业已达 60 多家,覆盖了机械、电子、航空、航天、石油、化工、轻工、纺织、邮电、冶金以及兵工等行业,试点企业的成功鼓舞了更多的企业,它们纷纷希望实施 CIMS 工程,以提高企业的市场竞争能力。

我国 CIMS 的研究和应用,与发达工业化国家相比,走出了一条投入较少,产出较多的符合国情的技术发展的道路。成功的原因如下所述。

(1) 我们比较自觉地坚持了系统科学的一系列观点。系统科学的一些基本概念,如强调系统目标、系统建模、系统约束、系统优化等在 CIMS 的研究和应用中是居于主导地位的。基于企业诊断的需求分析,便是系统目标及约束的交互过程。技术方案便是系统的一个最优解或可行解。同时将技术的实施与企业的体制改革及科学管理制度的建立紧密联系起来。因为科学管理离不开先进的信息技术的支持,而技术的成功实施必须基于管理体制的变革,这就是说企业的各个部分是一个总系统的不同方面,它们之间必然是紧密联系的。集成便是讲系统,分散只是讲局部。因此,我们认为 CIMS 中的 M 是包含了人(Men)、管理(Management)和制造(Manufacturing)的 M³。技术上我们强调系统的开放体系结构与可扩展性,强调了接口及数据交换的标准化,这便于企业分步实施,减少企业实施时的资金压力。

(2) 我们坚持了信息观点,对企业的改造重点放在用信息技术改造产品开发过程和改善管理决策过程上,这就抓住了我国企业当前最薄弱的环节。对车间层的技改,要适度自动化而不追求脱离现实的高度自动化。我们从一开始便反对“无人车间”及“无人工厂”。信息技术永远不可能取代人的创造性劳动,特别是人在设计及决策中的创造性。这一认识

和实践使我们投入少,产出大,取得了更好的效果。

(3) 我们比较自觉地利用“后发展效应”。我国是后发展的国家,可以少走发达国家走过的先搞大批“自动化孤岛”再搞信息集成的弯路。由于技术上的包袱较少,可以一步到位开发符合当前潮流的软件,比如我国自行开发的基于 STEP 的 CAD/CAPP/CAM 集成系统,已走在国际前列。

应该说,CIMS 在我国初步成功,是东方哲学与西方技术一个成功的结合。东方哲学先讲宏观,再谈微观;先总体,后局部。这种思想方法抓住了 CIMS 哲理的核心。加上我们吸取了西方先进的信息技术,使得中国 CIMS 研究、开发的先进水平与应用成功已得到国际上的公认,我国是至今除美国以外唯一获得国际 CIMS“大学领先奖”和“工业领先奖”这两个国际大奖的国家。

展望未来,CIMS 在我国推广应用的前景是比较乐观的。我国社会的宏观调控机制是符合 CIMS 要求的系统观点、总体观点的。只要我们坚持结合国情,将研究和开发应用科学地结合起来,我国的 CIMS 可以继续走在国际前列,并且为国有大、中型企业的技术进步和科学管理制度的建立走出一条新的道路,为我国制造业自立于世界之林做出贡献。

4. 并非结论

(1) 信息技术有可能带动制造业的又一次重大变革,其影响将涉及到人类生活和整个社会的进步。以 CIMS 的信息集成、并行工程、敏捷制造等为代表的先进制造技术,是信息技术与制造技术的(当前的和未来的)融合模式。

(2) 重大生产模式的变革往往是管理体制和技术进步的紧密结合,二者相辅相成。实际上,复杂问题求解往往不可能是单参数的,那些成功的企业家正是综合地应用各种条件和政策,在企业这个舞台上解决了一个综合性的难题。由于分工的客观存在,人们习惯于分离地去考虑和解决综合性的问题。这往往不是最好的办法,有时甚至不可行。

(3) 后发展国家要利用这一变革中自己具有的优势,例如技术包袱较少,可以更好地发挥“官、产、学、研”集成的优势等。

(4) 以 CIMS 为代表的制造业综合自动化技术,有可能成为推动我国企业技术进步和科学管理的切入点,在增强国家综合国力的伟大实践中起到高技术的“倍增器”的作用。

目 录

绪论——信息时代的制造业	IX
第 1 章 计算机集成制造系统的基本概念	1
1.1 CIMS 的基本概念及其发展	1
1.2 CIMS 的发展	6
1.3 CIMS 的组成	9
1.4 CIMS 在日本制造业中的应用概况	12
第 2 章 CIMS 的系统组成和功能	18
2.1 制造企业的功能和生产组织方式	18
2.2 CIMS 的构成与控制结构	20
2.3 CIM 环境下管理信息系统	23
2.4 CIM 环境下工程设计自动化系统	29
2.5 CIM 环境下制造自动化系统	43
2.6 CIM 环境下质量保证系统	46
2.7 CIMS 的支撑系统	48
2.8 人在实施 CIMS 中的作用	59
第 3 章 CIMS 技术	61
3.1 CIMS 系统理论及支持技术	61
3.2 信息技术	66
3.3 计算机辅助技术	75
3.4 制造过程控制技术	86
第 4 章 CIMS 应用工程的设计、开发及效益评估	94
4.1 CIMS 的特点	94
4.2 CIMS 应用工程的开发步骤及各阶段的主要任务	95
4.3 CIMS 工程项目的检查提纲及实现的主要困难	104
4.4 CIMS 应用工程的效益评估	105
第 5 章 CIMS 实验工程	110
5.1 CIMS 实验工程的目标	110
5.2 CIMS 实验工程的总体集成	113
5.3 CIMS 实验工程的技术突破	117
5.4 CIMS 实验工程的效益	119
第 6 章 成都飞机工业公司 CIMS 工程	121

6.1 成都飞机工业公司 CIMS 工程概述	121
6.2 成都飞机工业公司 CIMS 工程的组成	124
6.3 成都飞机工业公司 CIMS 工程的实施和效益	126
6.4 成都飞机工业公司 CIMS 工程实践的基本经验	133
参考文献	137
CIMS 常用词汇表	138