

浅谈计算机智能集成管理(制造)系统

陈 禹 六

(清华大学, 北京)

摘 要

本文根据《Industrial Engineering》杂志上 23 篇关于 CIMS 的连载文章, 结合笔者的看法, 对 CIMS 的几个基本问题作了概略的介绍。但从学术角度来说, 作者认为将该类系统称之为“计算机智能集成管理(制造)系统”为宜。

一、引 言

近几年来, 国际上越来越多的人对 CIMS (Computer Integrated Manufacturing Systems) 给予关注和进行研究。实际上从大系统理论的观点来看, 这是一种比传统的对相同类型子系统进行分级递阶或分散控制, 范围更广、结构更复杂的不同性质子系统组成的关联系统; 在这种结构的系统中, “控制”和“管理”必须在更广泛的意义上统一起来。现在, 关于 CIMS 的文章已发表了不少; 但是因为深入的学术研究还刚刚开始, 故学术性刊物上还见得不多, 工程性杂志上文章较多; 理论分析的见得不多, 百家争鸣地提看法的较多; 学者、教授们写的数量不多, 工程师、经理们写的数量较多。本文是根据 1984 年 1 月到 1986 年 1 月《Industrial Engineering》杂志上, 由 Sadowski 副教授主编的 23 篇关于 CIMS 的连载专文, 汇总起来再加上作者本人的一些看法, 对于 CIMS 的几个基本问题, 作一简略的介绍。因为这些连载专文本身就有一定程度的综述性质, 有相当数量的参考文献, 所以本文不再另加参考文献, 就以“连载”的序号作为参考文献号, 题目和作者都从略了。

另外, 按作者本人的浅见, CIMS 虽然是从制造业开始的, 但其含义和应用范围完全不应受制造业的局限, 可以用于如电力系统、交通运输……等等非“制造”性的生产部门; 更推而广之, 农、林、牧、副、渔业也可以利用这一计算机综合自动化技术来大幅度地提高生产, 所以这里把它称为“计算机智能集成管理系统”(Computer Intelligence Integrated Management Systems), 从学术角度上可能更合适一些。只是为了和国际上通用的简称相呼应, 下面还是继续称之为 CIMS, 但希望读者对其含义要从广义的“计算机综合自动化”方面来考虑。

二、什么是 CIMS^[1]

一般来说,提到 CIMS 时,人们会普遍认为这是一种把 CAD/CAM(计算机辅助设计/计算机辅助制造)集成起来的系统,它包括了对一个产品从规划、设计到制造、运销的全部活动。从另一个角度说,作为一种未来的自动化工厂的远景,CIMS 是一种把已有的各种能用于管理和控制整个企业的技术组合在一起的概念。

用于组成这类系统的成份可以列举如下:

- 人工智能(AI);
- 计算机辅助过程规划(CAPP);
- 计算机数字控制(CNC);
- 数据库技术和管理(DTM);
- 专家系统(ES);
- 柔性制造系统(FMS);
- 信息流(information flow);
- 适时概念(just-in-time);
- 材料需求规划(MRP);
- 过程与自适应控制(PAC);
- 机器人学(robotics);
- 决策支持系统(DSS)。

如此众多的技术内容,要组合在一起,这里最关键的字眼是“集成”(或者说“综合”)。也就是说 CIMS 的基本目标是在于整个企业的最优化,而不是在个别“成份”的优化;比如一台数字控制装置可以提高单个零部件的生产率,一套柔性制造系统可以灵活地变更产品种类……等等,但这些都只不过是一些“自动化的小岛”,它们并没有互相连成一大片,而 CIMS 从整个企业的总体来考虑,已经超出了每个“成份”的自动化问题,因此将这里的“M”强调为“管理”(Management)可能更合适些。

这样提出的 CIMS,似乎很高很大,因此有人就认为现在世界上不存在任何一个真正的 CIM 系统。可是有不少公司又宣称已开发了自己的 CIMS。实际上可以这样看,一个完全的 CIMS 显然是一个复杂的、理想的、甚至是一个需要某些完全新的原理和方法的过程;但是,组成这个系统的硬件和软件两个方面,都不是一蹴而就,而是逐渐形成的过程,也就是俗语所说的“大处着眼,小处着手”。我们要预计将来总体自动化的 CIMS 是怎样的一个概念,但具体工作又是从每个“成份”以及各成份之间逐步扩大的交连上进行研究和开发的。从这个意义上说,多级递阶的过程控制系统就是 CIMS 的一个部分和一个阶段,再扩大一点,把 CAD 与之相联系,就又前进了一步;更长期的目标则是把原材料需求规划、存贮、调度加进去,把产品的库存管理、运输销售加进去……,这样考虑的问题越多,得益就越大,而每个阶段都可以称之为 CIMS。因此,与其将 CIMS 看作是有某种结构形式的系统,还不如认为它是一种计算机综合自动化的概

念。正如前面提到的，它所用到的技术领域很广，而各项技术又都是渗透在每个“成份”之中的。我们可以从它必然是一个多层次的复杂计算机系统这一观点出发，画出如图 1 的结构形式，这里从高到低各个层次中，当然都要用计算机技术，但每一层中又都综合应用了多种技术“成份”。比如“人工智能”的应用，在高层，可能是利用专家系统，处理好一些不确定因素和模糊信息而作出正确的判断决策，而在低层，则是直接控制过程所需要的智能机器人。又比如从过程的工作顺序而言，总是：计算机辅助设计(CAD)→物资需求规划(MRP)→计算机辅助制造(CAM)（包括FMS、CAPP、CNC等）→计算机辅助检验(CAT)→市场信息收集→修改设计等。这里每个阶段都会包含着物质流、信息流和决策三个基本内容。因此，CIMS的系统组成就不能按原有工业装置中各个部件组成整体的那种概念来理解，而应看到它是综合运用各种技术的一个复杂的硬、软件系统的概念，各个“成份”（不管硬件还是软件）间有关联、有交叉、有重叠。这就是它和一般“系统”在概念上的差别。

三、实现 CIMS 的内容及成本与效益估计^[2、6、7、10、13、18]

CIM 系统的基本目的就是要在尽可能短的时间内，用最低的成本将产品设计及其原材料转化成可销售的货物；简而言之，就是要优化整个企业的活动过程。这里，可以把整个企业活动过程看成是许多互相关联的单元（子系统），生产或装配各种零件，其中柔性制造系统（FMS）是一个完全自动化了的系统，它包含了机器人、可编程序控制器、直接数字控制机床和器材管理系统等，但也还只是 CIMS 的一个单元；类似地，一条自动装配流水线也可以是一个单元。从另一个角度说，这些单元所用的计算机往往是单台的微计算机，而 CIMS 则必然是与集成的数据库相联系的计算机网络。

由此可进而阐明实现 CIMS 的四项内容：

（1）硬件和设备。CIMS 的核心是利用计算机把设计、制造、分配和财政等功能集成为一个协调的系统。一般说，可以看作有八个关键功能来提高企业效率和减少风险，其中“生产安排（时刻表）和控制”、“维修安排和控制”、“分配（订货销售）管理”和“财政与账目”四个功能都必须集中在一台计算机主机中实现，而“设计制图（CAD/CAM）”、“过程自动化”、“过程控制”和“器材管理和存贮”等四项功能则要有微计算机和可编程序控制器来分别完成其主要工作；当然又一定要用计算机主机来进行协调。总之，从硬件设备来说，主要投资在于一台性能较好的计算机主机。

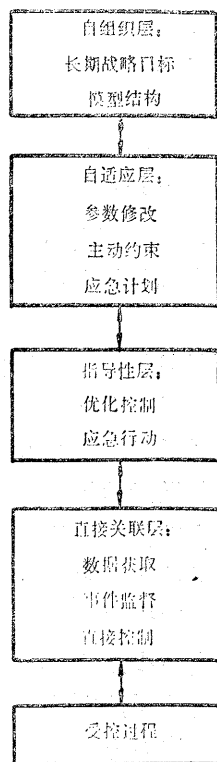


图 1

(2) 职工. 实现 CIMS 会影响到对所有职工水平的要求, 从原来操纵车床或齿轮加工机床的一个工人现在要求他管理数控机床甚至柔性制造系统; 而职员们则要熟悉复杂得多的计算机软件, 要会应用最新的软件技术成果, 比如第四代程序语言, 也要会应用一些最新的设计技术等。

(3) 管理协议和软件. 现在在管理上有各种各样的花招, 但当实现 CIMS 时, 管理就必须与一些新的原理及 CIMS 的策略相适应, 要为 CIMS 提供一些关键的管理和职员, 还要愿意为了 CIMS 的长远利益在近期运行上冒点风险等等。总之, 在规划、风险、训练等方面要考虑一部分管理成本。

(4) 成本. 实现 CIMS 的成本主要有四个方面: 计算机硬件、设备、软件和职工。但是具体成本的估计比较难说。必须意识到投资额是不小的。

另一方面, 在建成 CIMS 后其效益也将是很可观的: (1) 仓库容量大大减低。因为“适时”概念得以实现, 原材料及时从卖主处获得, 不必在库房内准备很大的裕量; 产品及时地销售出去, 也不在库房积压; (2) 减少浪费、改善产品、提高生产率。生产自动化程度的提高, 精确的设备、准确的数据库和熟练的工人使原材料利用更充分, 废品减少、质量提高, 机器设备的高效率当然要产生高生产率。(3) 职工工资成本降低。因为很多工作自动化了, 更有秩序地进行了, 所以职工总数会显著减少, 工资总额就会减少。(4) 更有效地利用机器和设备占用时间。(5) 对公司最感兴趣的是 CIMS 将为公司挑出并监督 15 到 30 个企业活动中的关键因素, 可随时了解其动向。

这些方面都可能造成很显著的经济效益, 但能否把盈利真正拿到手, 还要看管理人员和技术人员的本事。不少人提出过, 弄得不好会投资很大却一无所获。国外有一种人, 估计 1992 年 CIMS 的世界市场将有 1,000 亿美元的产值, 其效益当然就应更高, 但这种估计只能说是一种乐观的有待证实的预言罢了。关键问题是对由什么样的人来组织和开发 CIMS, 要认真考虑。很多文章都强调了要有一个恰当的领导人或称倡导人 (Champion), 他必须有广博的生产知识, 懂得信息系统和计算机技术, 有远见, 有组织能力和权力, 这个人可能是一个公司的总经理或其他负责人, 他的脑子里有一幅整体的图画来推动 CIMS 的实现。下面还要有几种人; 要有一些“火花塞” (Spark Plug), 意思指能产生新思想的人; 然后是企业家, 就是能够干出一番事业的人; 再有一个“守门人” (Gate Keeper), 这是指对于我们所谈论的这个实体, 他是博古通今的活字典; 还要有一个关心预算和一切进度安排的常务经理; 最后, 还要一位教父 (Godfather), 一般说是公司的高层领导人如副总裁一类人物, 因为 CIMS 作为一个新生事物, 前进道路上难免受挫折走弯路, 要有这么一位德高望重的人来平息一些闲言碎语。

四、CIM 系统的建模^[4, 17, 18, 21]

所谓“建模”就是要从复杂的实际对象中抽象出一种简单的描述方法, 然后希望能通过试验来检验模型的实用性, 以便能进一步利用模型对系统作出分析和优化设计。但是正因为 CIMS 本身的复杂性, 到目前为止, 并不存在一个完整的 CIM 系统, 所以建模

方法上也还没有一套能满足人们要求的方法,只是提出了各种观点和问题。

比如所谓“横向观察”模型(Breadth of view model)以及由此而扩展成的“利益水平”模型(Level of interest modesl),主要就是把各个环节成份间的错综复杂的关系描述清楚。如横向观察模型就是把企业本身的生产、管理、原材料和服务看作是一个中心功能块;然后要考虑到合作者和竞争者、顾客和原始资料等前后左右各方面的问题。如图2所示。它们之间通过市场关系、政策、预算、支付、需求、返修、原材料、事业服务……等各种关系项目互相联系在一起。因为是包含了周围的各种关系,故称其为“横向观察”模型。这个模型的各个“块”内部还有很多子块,子块间又存在着复杂的关联,有经济的、技术的、物资的、信息的、人为决策的……等。

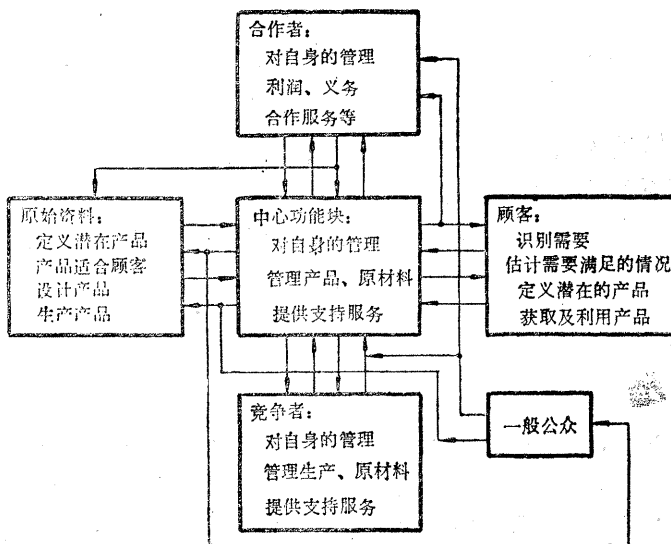


图 2

另一方面,可以把这些关系从不同利益水平上用结点树表示法示于图3。这个图只是表示了不同利益水平上所存在的内容,如果更详细地画出各成份之间的关系,则会构成一张复杂的纵横交错的关系网。

至于模型本身的定量计算,可以有两种方式,一种是长时期的统计特性,但要考虑到能与短时期的行为描述相适应;另一种是用离散事件仿真来做。但是,建模还有三个不同的目的:规划、实现和控制。为任何一个目的所建的模型很难适用于另外两个。比如作为规划阶段,考虑的问题是:应制造什么?何时何地安装哪些设备?等等。在实现阶段,则寻求的问题是:实际上该怎样做?怎样才能将计划付诸实现?一个新产品可以有多种式样,零件可以从许多不同的卖主那里得到,该如何决策?到底应该采用哪些型号的设备,每种多少?它们该如何组成一个整体?等等。而作为控制策略的模型则是这三者中最细致的,因为它必须考虑问题的很多实时方面。然而,即使已做了这样的细分,模型中还无法考虑产品设计及其更换,以及产品的质量监督。

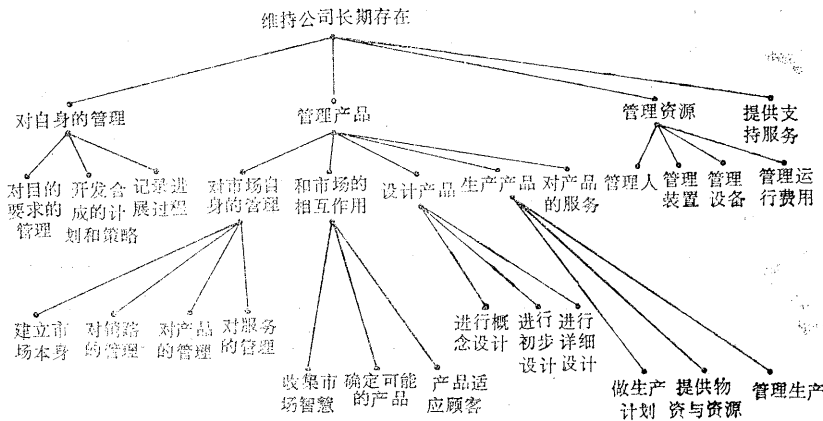


图 3

正因为 CIMS 建模问题的复杂性, 目前建模方法尚且是一个艰难的研究课题, 我们一方面应对实际系统及其问题进行深入的分析理解, 另一方面对于 CIMS 的单元成份 (即子系统) 可以看作一个模块, 建立这模块的模型时必须同时考虑到它和其他成份之间的关联, 然后从基层的模块做起, 正象逐步建成一个完整的 CIMS 本身一样, 按一种“向上兼容模块化” (Upwardly compatible modularity) 的途径, 逐步建成一个完整的集成模型。

五、实现 CIMS 所面临的问题^[8、13、15、22、23、10]

CIMS 的研究工作应有两个方面, 一是它的工程实现, 一是它在科研和教育方面应做的工作。

从工程实现来说: 首先是技术上, 当前的各种记账和控制系统不适合于计量和支持 CIMS; 硬设备上柔性制造系统还未得到充分发展, CIMS 的各个成份之间还要设计合适的机械接口 (例如外协件适时地运到了加工车间, 如何保证精确地放到适当位置。); 软件方面现有 CIMS 的各种成份中的程序语言可能互不相容; 为改造现有的硬、软件系统和工厂设备使之与 CIMS 相兼容, 所需投资相当大, 大概很少公司能付得起。其次是管理上, 有些概念必须进一步强调, 如制造策略必须服从市场策略, 缩短产品设计和制造过程的生命周期以满足产品批量的动态变化; CIMS 力图去达到一个运动的目标, 这就可能使传统形式的职能机构完全过时, 对管理方面看法上的代沟 (老年人/青年人) 可能成为影响工作的障碍。最后是人事上, 公司内部可能缺乏 CIMS 所需的熟练技能, 外部可能由于 CIMS 带来的变化和冲击使公司失去上、下级应有的支持。总之, 面对现实的生产经营过程, 各个阶段、各个方面都有很多需要研究解决的问题, 这些问题与其说要用各种各样书本知识去解决, 还不如更强调与用户、与各种类型的工程师多交谈, 从实际调查分析中找出解决办法。

另一方面,从学术研究的角度来说:作为工程问题提出来的 CIMS,集中了很多理论学科的最新成果,又提出了很多新的研究课题。首先,不言而喻的当然是计算机科学的成果,特别是局部网络及其通讯、总数据库和多个分散数据库的设置、以及一连串不同等级上的 CAD、CAE、CAM、CAPP、MRP、FMS、CNC、DNC……等软件。另外还有两个应强调的学科,一是人工智能,一是信息技术(Information Technology)。正如在引言中提到的,这种集成系统主要是智能的集成,它与传统的管理系统的不同,在于要建立一个有适用的知识库的专家系统,从管理和控制的统一考虑中提高了生产效率。人们现在把这种建立专家系统的学科称之为“知识工程”(Knowledge Engineering)。但由于 CIMS 的复杂性及动态变化的特点,还要求这个专家系统能具有对知识的判断、推理和发展的能力;即象人类专家那样在解决问题时还要能解释其结果,学习、重构其知识,打破一些旧的规则确定其知识间的关联。这是将来的发展方向,目前当然还是脚踏实地从小处做起,先把可以编码的知识库局限于一个较窄的范围内,逐步发展。关于信息技术方面要说明的是:CIMS 的“集成”包括对信息系统、控制系统和物质流系统三方面的集成。首先要弄清什么是“信息”,然后可以在为现有的管理系统确定其信息结构后,把信息编出清单。这样,在把管理和制造过程概念化为信息过程,建立一个信息关系模型时,会遇到句法问题(Syntax)、语义学问题(Semantics)和某种符号学问题(Pragmatics)。从这样一个模型和信息技术角度来研究系统中信息的流通、可存取性、完整性和精度,使之可用于决策,是又一个很重要的理论课题。

CIMS 牵涉到很多学科的内容,所以不仅是物理构成上的一个多层次、复杂关联的大系统,而且是知识结构上的一个复杂的大系统。现在学术界对它的研究正处于方兴未艾的时期,可以期望在不久的将来出现一些在建模上的新的方法论、在系统控制和管理上的新的优化理论……等等。但同时在教育界也必须要有相应的配合;首先是要更普及计算机文化,普及 CIM 的概念,然后在不同等级上训练出一批能掌握 CIMS 的高层管理、中层管理、监控和日常管理操作的各种人才。有人认为,教育的成败将是 CIMS 能否在各行各业取得效益的关键所在。

六、结 束 语

CIMS 是一个题材极为广泛的研究课题,本文综述了一组专题连载文章的内容,但因加上了作者本人的看法,难免挂一漏万,目的只是为了引起更多国内同行来研究这个课题。目前在美国有二十多家国际性的大公司和二十多所著名的高等学校在研究这个课题,不少单位的基金都在数千万美元。也有不少单位已经做出了一定的成绩,当然不一定是规模很大的企业。结合我国的情况,可以从中小企业找一些典型试点;也不妨对一个大系统,从低到高逐步应用。比如我们电力系统的几大网,要引进全套的计算机控制系统,就可以在这样的物质基础上,从低到高,稳扎稳打地研究开发 CIMS 的应用,将煤、水力、油、核能等各种类型原料,分散的各个电厂,以及各种类型的用户统管起

来,用最低的成本保证最好的供电质量和从全社会意义上的最高产值。这时谈论的经济效益就远不是“发电量增加百分一、二”这个数量级的问题了。总之,可以期望,在“综合”应用计算机科学、人工智能和信息技术最新成就的基础上,这项高技术的重点课题必将在四化建设中发挥巨大作用。

参 考 文 献

R. P. Sadowski et al, CIMS Series: 1—23, Industrial Engineering, Vol. 16, 1984: №1, pp.35—40; №2, pp.28—36; №3, pp. 34—42; №4, pp. 26—37; №5, pp. 36—48; №6, pp. 28—37; №7, pp. 34—43; №8, pp. 70—77; №9, pp. 28—34; №10, pp.110—116; №11, pp. 78—93; №12, pp. 62—67; Vol. 17, 1985: №1, pp. 35—51; №2, pp. 36—41; №3, pp. 78—83; №4, pp. 74—80; №5, pp. 76—94; №6, pp. 35—39; №7, pp. 66—76; №8, pp. 72—77; №9, 58—64; №11, pp. 75—80; Vol. 18, 1986: №1, pp. 75—85.

INTRODUCTION TO COMPUTER INTELLIGENCE INTEGRATED MANAGEMENT (MANUFACTURING) SYSTEMS

Chen Yuliu

(Tsinghua University, Beijing)

Abstract

This paper gives a brief introduction to some basic problems of CIMS by surveying a series of 23 papers in “Industrial Engineering” and combining them with author's own viewpoints. The author prefers to call such kind of systems the “Computer Intelligence Integrated Management Systems” from the academic angle.