

第 3 篇

计算机集成 制造系统

主编单位 机械工业部北京机械工业自动化研究所

编写单位 机械工业部北京机械工业自动化研究所

主 编 李师廉

副 主 编 魏文娟

编 写 人 李师廉 蒋明炜 胡扬驿 魏文娟

主 审 陈震宇 曾庆宏

第 1 章 计算机集成制造 系统概论^{[1]~[31]}

1 计算机集成制造定义

计算机集成制造 (Computer Integrated Manufacturing——CIM) 是信息技术和生产技术在企业生产全过程中的综合应用, 旨在提高整个企业的生产率和市场响应能力, 使企业更快、更好、更省地制造出市场需求的产品。

信息技术主要是指计算机、网络和数据库技术。生产技术又称制造技术, 主要包括三个方面的技术, 即产品设计和工艺过程设计、生产管理 (生产计划和控制等) 以及生产过程 (加工、装配、物料储运等)。如图 3-1-1 所示, 生产技术和信息技术的综合应用形成了 CIM 的基本功能结构, 从中也可看出建立 CIM 所需的基本要素。

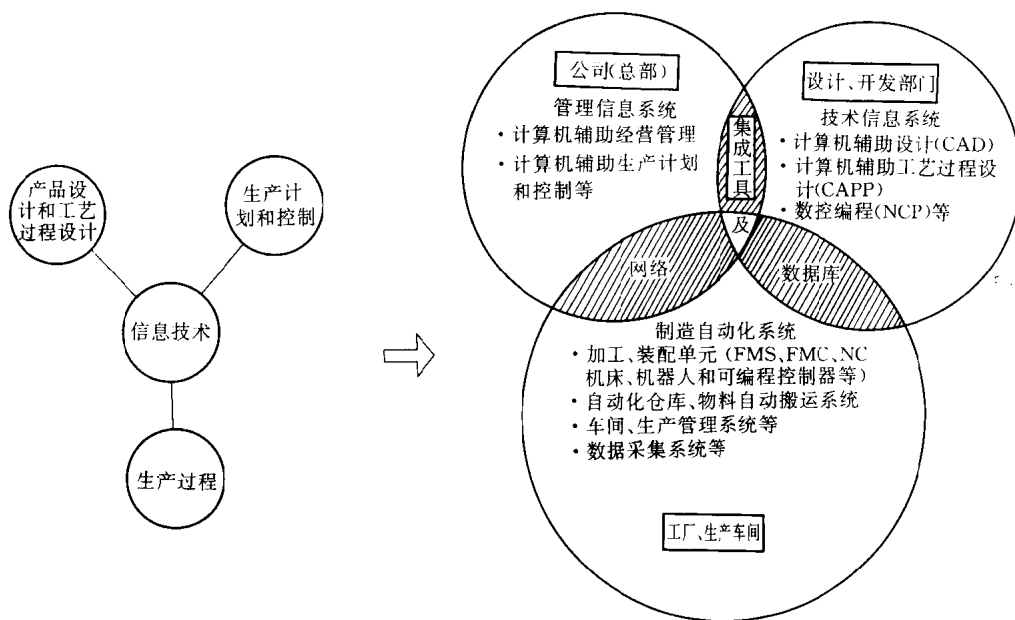


图 3-1-1 CIM 信息技术和生产技术的综合应用

从信息技术的观点看, CIM 是多种信息系统在整个企业范围内的集成应用, 是制造业企业的信息化。从生产技术的观点看, CIM 是生产的高度柔性自动化, 是数控 (Numerical Control——NC) 机床、柔性制造系统 (Flexible Manufacturing System——FMS) 发展的新阶段。总之, CIM 是一项面向制造业应用的高新技术, 因此, 从广义上说, 它是先进制造技术的重要组成部分, 见图 3-1-2。

CIM 这一概念首先是由美国约瑟夫·哈林顿 (Joseph Harrington) 博士于 1973 年提出的。当时主要针对制造业中 CAD 系统和 CAM 系统作为互不相连

的“孤岛”而造成的人工重复输入所带来的效率低、误差大等缺点, 强调把 CAD/CAM 信息流集成起来。随着对 CIM 的不断研究和应用, CIM 的含义也不断扩展, 对 CIM 的认识也不断深化。1985 年原联邦德国经济生产委员会 (AWF) 推荐的定义是: CIM 是指在所有与生产有关的企业部门中集成地采用电子数据处理, CIM 包括了生产计划和控制 (Production Planning and Control——PPC)、计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助工艺过程设计 (CAPP)、计算机辅助制造 (CAM) 及计算机辅助质量管理 (CAQ) 之间信息技术上的协同工作, 其中针对生产产品所必需的各种技术

功能和管理功能应实现集成。90 年代初期,欧共体 CIM-OSA (Computer Intergrat Manufacturing-Open Systems Architeecture) 委员会则将 CIM 定义为: CIM 是信息技术和生产技术的综合应用,旨在提高制造企业的生产率和响应能力。企业的所有功能、信息、组织管理等方面都是一个集成起来的整体组成部分。这个定义基本上概括和反映了当前各工业发达国家对 CIM 共同理解的内涵。CIM 从 70 年代初期至今已经过了 20 多年的发展历程,尽管对 CIM 的概念和定义仍存在着不同程度的差异,但始终保持了一个明显的共同特点,这就是集成。人们对集成的含义随着 CIM 的工业应用而不断深化。集成的程度和规模集中地反映了 CIM 技术的发展和工业应用水平。但 CIM 最基本的集成特征是信息集成,从计算机的观点看,就是数据集成。它最明显的判别标志就是在 CIM 的整个信息系统中不出现数据(或信息)的重复输入,否则就不能称之为 CIM。

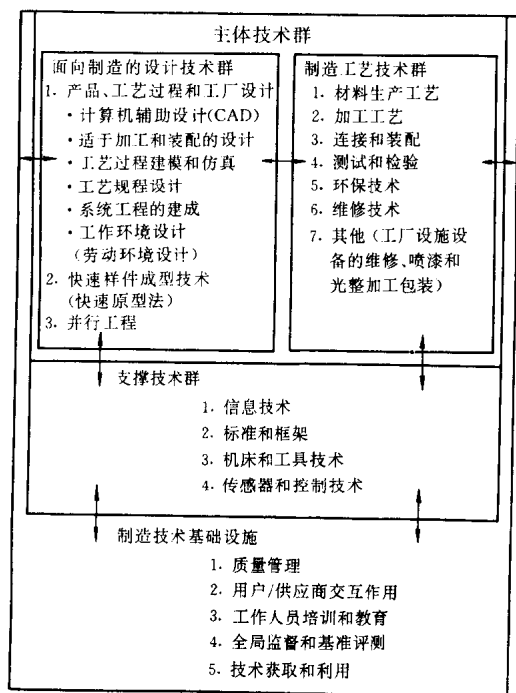


图 3-1-2 先进制造技术体系结构

2 CIM 产生和发展的决定因素

CIM 的出现一方面是由于企业外部环境变化,特别是市场的迅速变动引起企业对 CIM 的需求;另一方面是由于科学技术的长足发展,特别是各种计算机辅助单元技术的发展,为 CIM 的出现提供了技术可能性。

制造业长期以来一直是工业发达国家国民经济的主要支柱,约占整个国民生产总值的 60% 以上。但是近 20 多年来,由于宏观环境因素,特别是经济、技术、自然和社会环境因素的影响,世界制造业已进入了一个巨大的变革时期,这一变革主要有以下三个特点:

(1) 生产能力(包括资本、信息)在世界范围内迅速提高和扩散已形成全球性的激烈竞争格局。

(2) 先进生产技术的出现正在急剧地改变着现代制造业的产品结构和生产过程。

(3) 传统的管理、劳动方式、组织结构和决策准则都在经历着新的变化。

这些既为制造型企业带来了市场竞争压力,又带来了机遇。

过去那种传统的相对稳定的市场已变成动态的多变的市场,其主要特点是:

(1) 产品生命周期缩短,产品更新加快。

(2) 产品品种增加,批量减少。

(3) 产品的质量、价格和交货期是增强企业竞争力的三个决定性因素,特别是缩短和信守交货期日益受到重视。

国外制造型企业为了适应这些市场特点,求得生存和发展,必须采取柔性自动化的生产战略,解决生产过程中高柔性和高生产率的基本矛盾,以实现多品种、小批量、保证质量、降低成本和缩短交货期的目标。

特别是计算机和网络技术的迅速发展及其与生产技术的密切结合,开辟了柔性自动化的道路。1973 年 CIM 的提出,从企业生产战略的高度,从生产系统的整体上解决了高柔性和高生产率的矛盾。CIM 的技术基础源于过去一系列单元技术和系统集成技术。

CIM 的技术来源于三个方面,即产品开发与设计、生产管理及车间制造,见图 3-1-3,每一方面又都是由多种独立发展起来的单元技术组成的。它们都是过去二三十年内随着计算机的出现以及生产技术和自动化技术的进步,为了适应企业环境和生产类型的要求而逐步发展的,并得到了广泛的应用。

CIM 的发展历程可追溯到第一台 NC 机床的产生。1952 年美国 MIT 公司成功地研制了第一台 NC 机床,但到 60 年代中期才发展成为市场上可提供企业使用的 NC 机床产品。1967 年英国首先研制由美国成功生产了第一套柔性制造系统(FMS),到 70 年代初期逐渐形成工业应用产品。

1963 年几何造型 CAD 系统首先由美国研制成功,60 年代末期开始研究 CAPP,1954 年美国开始在

经营管理中使用了 CAPP。1968 年美国 IBM 公司提出生产信息和管理系统“PICS”，其后出现了功能日益完善的各种管理信息系统。70 年代以后，随着生产准备和生产过程的效率及效益的提高，为充分利用信息技术提供了可能性。70 年代末和 80 年代初，各单元技术之间的集成日益受到重视，陆续实现了 CAD/CAM、CAD/MIS、CAPP/MIS 等局部集成的系统。80 年代后期至 90 年代初，CIM 进入了一个迅速发展的阶段，一个主要原因是作为其技术基础的信息技术得到了迅速

的发展，如新型的多处理机、先进的并行处理技术、计算机硬件性能价格比的显著提高、工作站和微机的异军突起、分布式网络化的计算网络技术和分布数据库系统等的发展，都促进了 90 年代分布网络化计算环境的成熟。

同时，由于计算环境的标准化也有了显著的进展，使分布式计算环境具有开放的体系结构。这对降低企业对 CIM 的投资起点，保护原有的投资，在技术上为计算机集成制造系统（CIMS）方案的分步实施奠定了

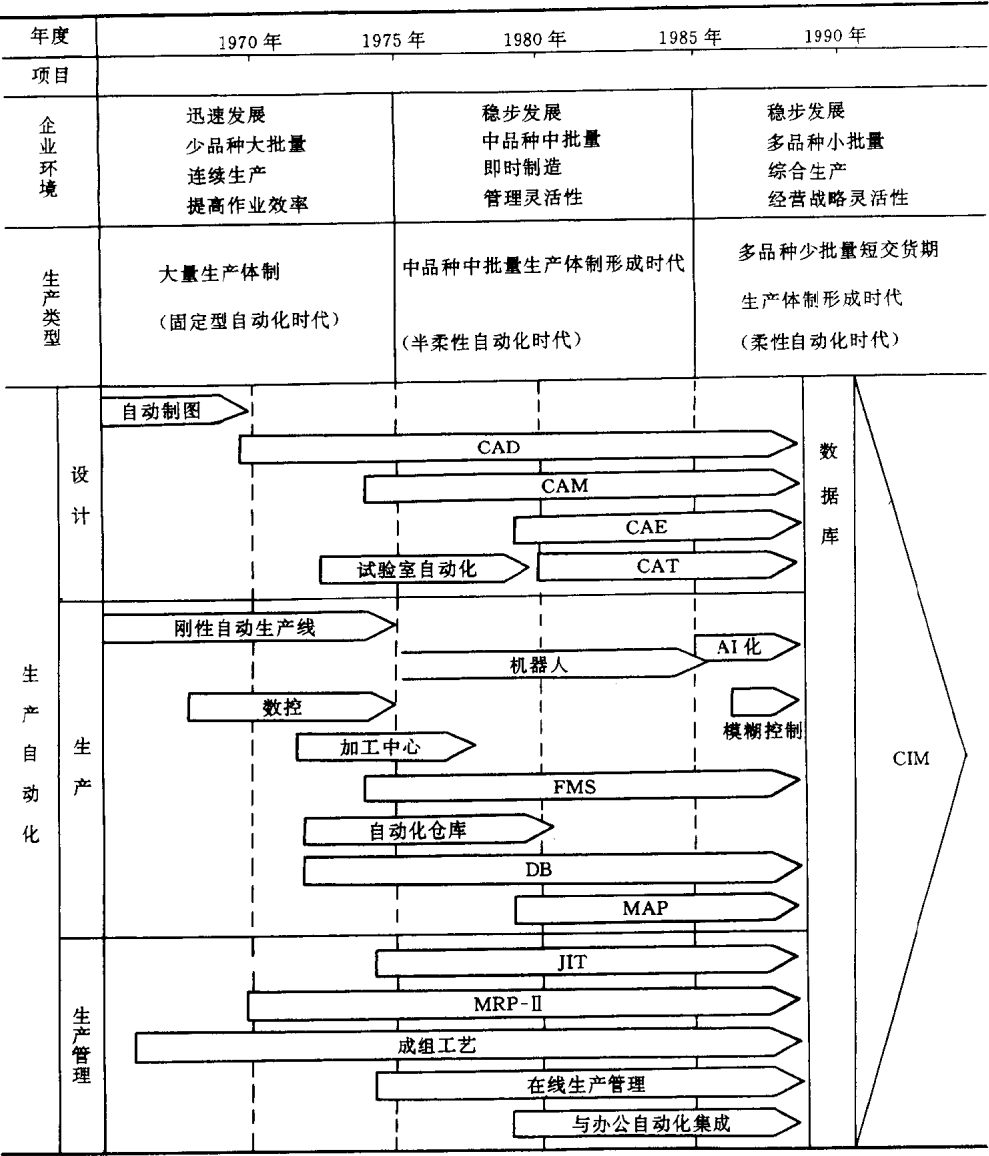


图 3·1-3 生产自动化的发展（以日本为例）

CAD—计算机辅助设计 CAM—计算机辅助制造 CAE—计算机辅助工程 CAT—计算机辅助测试 AI—人工智能
FMS—柔性制造系统 DB—数据库 MAP—制造自动化协议 JIT—即时制造 MRP- I —制造资源规划

243 通信卷手册

良好的基础。

CIM 在概念和内涵上都得到很大的丰富和发展,例如, CIM 与人工智能 (Artificial Intelligent——AI)、并行工程、即时制造 (Just In Time——JIT)、精益生产 (Lean Production) 及灵活制造 (Agile Manufacturing) 等方面的结合,使 CIM 进入了一个新的发展阶段。

3 计算机集成制造系统定义

计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System——CIMS) 是在企业中实现 CIM 的新型生产系统。这种系统既具有 CIM 的基本特征,又属于生产系统的范畴。生产系统在企业中的任务是实现企业的生产战略 (生产系统的功能目标),而生产战略 (或生产策略) 是从产品的开发和制造方面为实现企业的整个经营战略并满足市场对产品的需求,即从根本上提高企业的竞争力,以保持企业长期的生存和发展而服务的 (见图 3-1-4)。图 3-1-5 示出了 CIMS 这一

生产系统的结构类型与功能之间的关系。

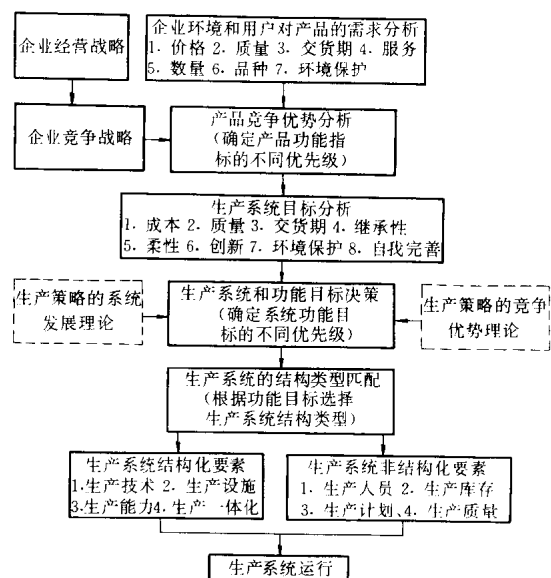


图 3-1-4 生产策略与生产系统的关系

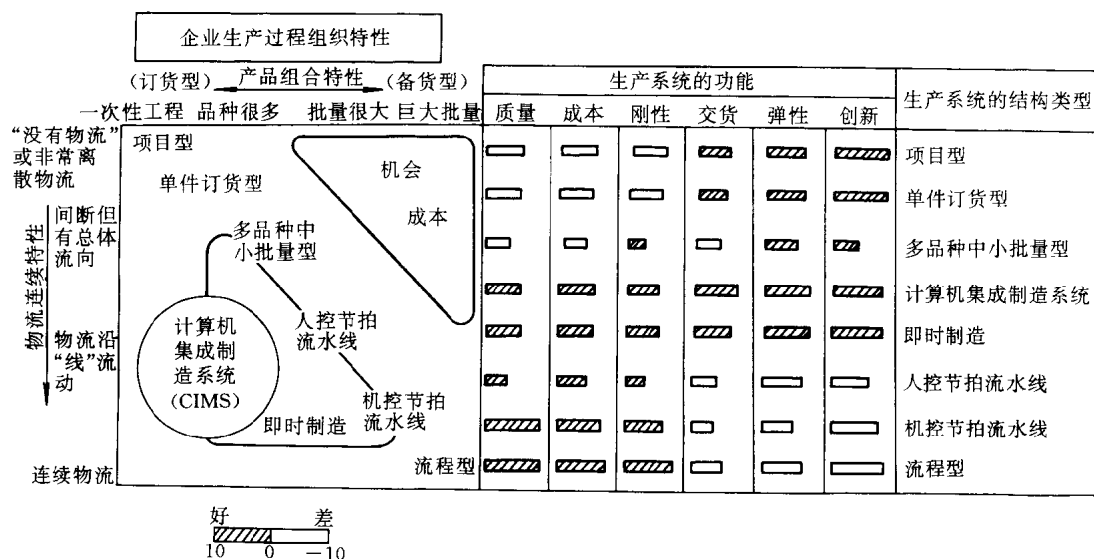


图 3-1-5 生产系统的结构类型与功能之间的关系

由此,可以得出 CIMS 的三个基本特点:

(1) CIMS 的企业针对性。CIMS 作为企业的新型生产系统总是针对每一个企业的具体情况 (包括生产方面的优势和弱点),为提高一个企业的竞争力和经济效益而建立的,所以 CIMS 不只是一个技术系统,而是一个社会、经济及技术综合性的技术。每个企业的 CIMS 不仅具有 CIMS 的共同特征,更重要的是具有自己的特点。每个企业 CIMS 的规划和实施不宜追求统一模式。

(2) CIMS 的有限适用性。CIMS 的作用受企业经营战略的制约。在正确的企业经营战略的指导下,即在具备一个健康的市场营销、资金运行和基础管理环境以及正确的产品方向的前提下, CIMS 才能发挥强有力的推动作用。离开正确的经营管理环境, CIMS 将不会取得所期望的效益。再加之,对 CIMS 的投资过大过快, CIMS 将给企业带来经济上的严重负担,产生负面效应。

(3) CIMS 的多维要素集成性。CIMS 是技术、组

织管理和人的集成。CIMS 要发挥好生产系统的作用,不仅要体现出 CIM 的信息集成(这仅是技术集成的一部分),而且还要实现技术、组织管理和人这三方面的集成。这是 CIMS 建立和运行的关键所在。其中,人又是诸集成要素中的核心。

4 CIMS 的集成概念和层次

4.1 CIMS 集成的重要性

CIMS 的核心在于集成,所谓的集成是指将原来没有联系或联系不紧密的单元组成有一定功能的、联系紧密的新系统。集成是属于系统工程中的系统综合和系统优化的范畴。

CIMS 的目标在于提高企业的总体效益和竞争力,而企业能否获得最大的效益,很大程度上又取决于企业各种功能的协调。一般说来,企业集成的程度越高,这些功能就越协调,竞争取胜的机会也就越大。因为只有各种功能有机地集成在一起,才可能共享信息,才能在较短的时间里做出高质量的经营(业务)决策,才能提高产品的质量、降低成本、缩短交货期。单纯地使用计算机,提高自动化程度而不考虑各种功能的集成,则不可能使企业整体优化,也不可能有效地提高企业对市场的快速响应能力。只有集成才能使“正确的信息在正确的时刻以正确的方式传到正确的地方”。因此,集成是决定整个企业成功的关键因素。

4.2 CIMS 集成的特征

CIMS 作为一个新型生产系统,其集成是把人与生产经营系统和技术系统三者紧密地结合起来,组成一个统一的整体,使整个企业范围内的工作流程、物流和信息流都保持通畅以及相互之间有机的联系(见图 3-1-6)。这里的集成应从整个企业的经营目标和内外环境出发,进行优化组合,应摆脱过去的人为分工、部

门界限和职能范围所带来的束缚,这是实现工作流程、物流和信息流畅通以及企业高效运行的前提。集成的工作流程应尽量消除多余的环节,从工作流程的组织上进行简化和优化,包括进行并行作业。信息的集成将消除沿信息流各环节上人工重复输入信息以及输出数据的泛滥,使人们及时得到准确的信息,保持整个系统内数据的一致性和完整性。

4.3 CIMS 集成的层次和分类

4.3.1 集成的层次

首先,按集成的范围覆盖企业业务的程度可分为全局集成和局部集成。全局集成是整个企业范围的集成。对企业 CIMS 而言,全局集成又称系统集成,是指信息技术和生产技术在整个企业业务范围内综合应用而实现集成。局部集成是指一个分系统或子系统内的集成或企业的一个部门内的集成,有时也指某一方面(或某一视图)的集成。

通常,按企业组织各级层次上的集成方向又可分为横向集成和纵向集成(见图 3-1-7)。横向集成又称为水平集成,它是指将创造产值的各个日常运营系统连接起来的集成,这种集成主要包括了用户订单的实现过程,即从报价处理至用户付款的各种经营业务过程。纵向集成又称为垂直集成,它是指从日常运营系统向计划和检查系统直至最高领导层在业务、组织和信息方面的集成。

视企业集成的范围,还可分为企业内部集成和企业之间的集成。后者包括企业的供应商和分销商以及用户等。

4.3.2 集成的分类

实现企业全局集成是一项多层次的任务,包含着各种集成工作环节。为了便于集成工作的进行,通常是从不同的观点,对集成进行进一步的细化和分类。

1. 工作流程集成(又称经营过程集成,或功能集成)是指经营过程或工序处理链,例如,完成用户订单的交货过程,实现一体化和适当程度的自动化。这是整个企业集成的主要环节,在功能集成的基础上才能确定物流集成和信息流集成。

2. 物流集成是根据功能集成的要求,合理安排物流,包括运输和仓储环节,并实现必要的自动化,以实现从原材料、外购件供应到成品发货整个物流的高效运转。过去,这一集成环节未得到充分的重视,工业

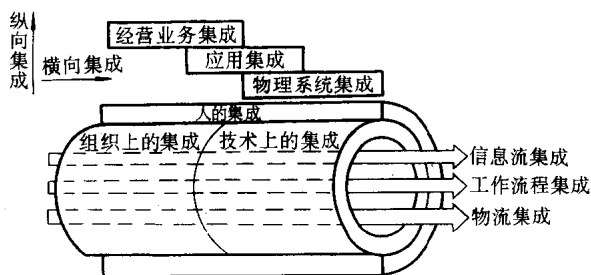


图 3-1-6 CIMS 的概念及层次集成

实践表明,物流集成可显著地减少占地面积,加快物料运行速度,改善工作流程,是提高 CIMS 经济效益和缩

短交货期的重要因素。

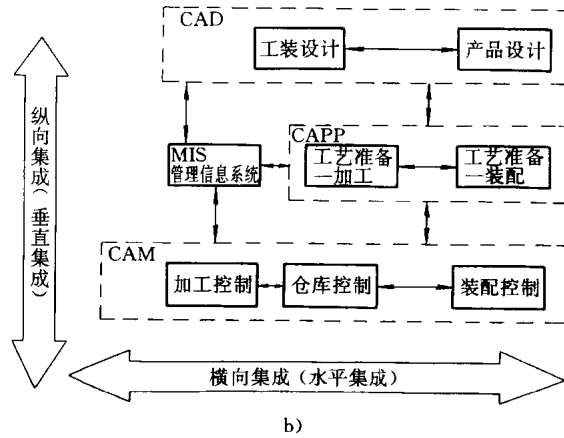
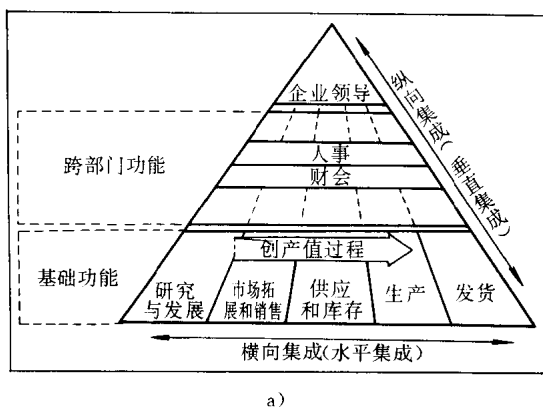


图 3-1-7 横向集成和纵向集成

3. 信息流集成 是指整个企业范围内实现功能集成和物流集成所需要的各种信息系统集成。由于信息流反映和控制着功能集成和物流集成,所以,采用信息技术实现整个企业的信息流集成,会进而实现全企业的生产经营集成。因此,信息流集成是企业集成的集中反映,它的实现具有很大的难度,是 CIMS 研究工作的主要焦点所在。

信息流集成常常又细分为:

(1) 数据集成。它是指各种计算机程序为实现一定功能集成而将它们操作的数据相互集成起来,实现共享。数据集成度与实现的方法有关,如可通过中性文件进行数据交换,也可采用统一的数据库进行统一数据管理,还可通过程序间的功能调用,实现数据共享和功能集成。

(2) 方法集成。它是指不同程序集成时,采用的算法要相互匹配,边界条件要相容。

(3) 程序集成。它是指实现各种功能的程度之间要相互配合,形成一个整体。它是应用软件集成的重要组成部分。

(4) 硬件设备集成。它是指信息系统需要的计算机及有关外围设备的配套集成。

(5) 多媒体和多种信息表示形式集成。它是指文字、图象和声音等多种信息表示形式的显示、存储和传送。

根据信息技术对企业集成的作用,可以从企业模型和 CIMS 模型以及网络开放系统互联(Open System

Interconnection——OSI) 模型出发,按欧共体 CIM-OSA 标准建议,将信息流集成划分为以下三个层次(见图 3-1-8):

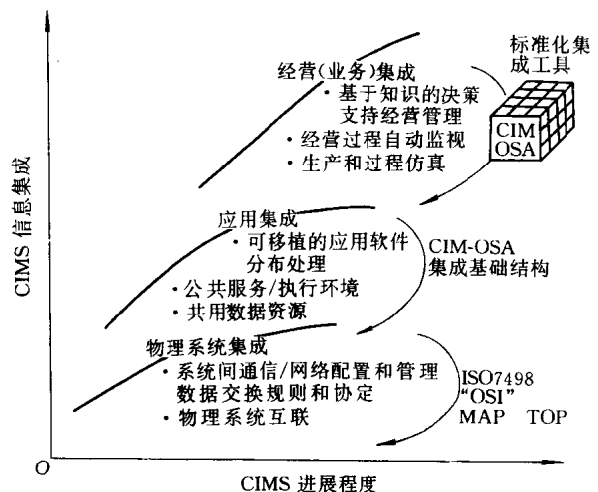


图 3-1-8 CIMS 的三个集成层次及其信息、技术任务和标准化集成工具

(1) 物理集成(又称物理系统集成)。它是一切信息流集成工作的基础。信息技术的硬件目前可安装连接多个计算机系统的大规模网络,在性能和处理能力上几乎是没有限制的。通过物理集成可实现网络的配置和管理、系统间的通信和物理系统互联。物理集成可由开放系统互联标准或专用网络通信系统提供。

(2) 应用集成(有时又称应用软件集成)。通过这

种集成可以提供一些机制,能使各过程之间共享公共数据和公共资源,并能有一种由公共服务组成的执行环境,以及能够实现分布处理。在制造业企业中,存在和需要交换大量信息,它是基于公共数据资源的共享而实现的。此外,各种应用软件可以运行在不同的计算机系统中。为了实现应用软件集成,各种应用软件必须是可相互连接和移植的。

(3) 经营(业务)集成。这种集成可支持稳定的决策过程,还可提供一些机制去仿真经营过程,监督和控制这些过程。它是在应用集成的基础上实现的各种经营(业务)功能的完整集成。经营集成可以实现各种经营活动整个顺序的自动化。

4.4 实现 CIMS 集成的步骤和方法

最初,人们曾认为计算机是 CIM 的关键环节,只要积极进行自动化和大力使用信息技术就自然形成集成的环境。根据当前取得的认识水平看,这种观点已经不正确了。实践表明,如果不广泛深入地解决制造过程本身以及人的因素等有关问题,就不可能实现 CIMS。而要解决这两方面的问题就必将引起重大结构性和组织上的变动。计算机的使用只是间接地影响到 CIM 环境的功能布局。因此,企业参考模型中的大部分工作内容实际上也不是研究制造环境中计算机的使用。

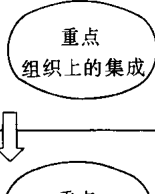
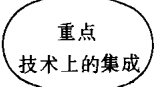
工作要点	集成步骤	集成机制及阶段	
分析识别理解	1. 战略上的为实现目标共同努力		人的集成
简化系统化	2. 交互的协调的工作流程（理顺工作流程）		
自动化	3. 语义上的结构和共同数据的定义(确定各功能接口数据和结构)		
	4. 技术上的自动化元素的连接		

图 3·1-9 CIMS 的集成阶段及主要任务

在研究 CIMS 的集成问题时,首先要防止只注意计算机信息集成的片面性,要注意把握企业经营战略所需要的全局集成方案。因为用计算机把所有数据连接起来并不是追求的最高目标。信息技术的一体化或贯通程度应根据企业经营的必要性和合理化潜力的大小来科学合理地确定。对执行用户订货合同的整个处理过程(处理链),在分步实施各项功能区域之前,必

须根据面向物流管理(即以用户订单、供货、交货为核心)的 CIMS 战略,制订出整个系统的全局计划(即总体设计)。总体设计要包括四个集成阶段(见图 3·1-9)。第 3 和第 4 阶段集成主要是依靠信息技术来完成的,第 1 和第 2 阶段集成则是通过采取各种组织管理措施来实现的。一方面,信息技术的连接建立起了运行基础,使企业组织能取得物流管理上的成功;另一方面,从组织措施和方案中可提出对信息技术方面连接(集成)的具体技术性能要求。但最重要的是一定要遵循以下的集成的先后顺序:

战略→组织→技术

可以预言,如果一个企业按这样的顺序设计或计划未来的工厂,将会是富有成效的。但如果先从技术开始,使自己的组织(或管理体系)去适应,然后再去寻找合适的战略,则结果大多会令人失望。在集成的过程中,要注意基础数据的管理。基础数据必须看作是独立的组织管理对象,并应独立于各个功能模块之外单独加以组织,不应归属到单项功能中,因而也不应在各个功能信息系统中管理。

5 CIMS 的进展和基本经验

由于 CIMS 是工业企业实现 CIM 的先进生产系统,所以有关 CIMS 的理论和实施策略只有在工业应用中才能得到真正的考验和迅速的发展。

80 年代中期以来, CIMS 在国际范围内进入了迅速发展时期,其主要标志是较大规模的工业应用。经过近 10 年的工业实践和技术进步,在总结经验教训的基础上,在经济、技术和社会等方面使人们从更深的层次上对 CIMS 有了更新的认识,也使得 CIMS 从趋于理想化的第一阶段进入了第二个发展阶段, CIMS 的发展阶段见表 3·1-1。这个新阶段的主要特征及其技术支持背景见图 3·1-10。

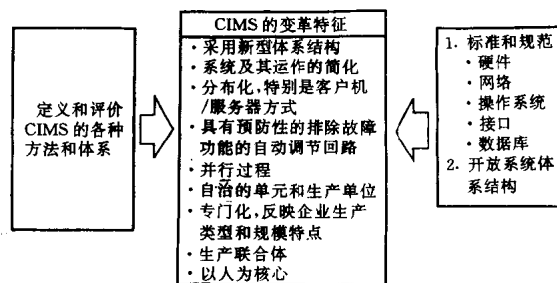


图 3·1-10 CIMS 新的发展阶段的主要特征及技术支持背景

CIMS 在国外多年工业实践中已取得了一系列重要的进展和经验,主要有以下几方面:

表 3-1-1 CIMS 的发展阶段

CIM 第一阶段	CIM 第二阶段
70 年代初到 80 年代中期总的特点,比较理想化,对技术期望值过高,求全求新	80 年代末、90 年代初以来的总的特点,着重求实,讲究解决实际问题,提高竞争力
1. 以计算机技术集成为主导,追求全盘自动化、“无人化”、高水平、大而全的统一数据库	1. 以组织集成或重新组织为主导,以人为核心。在简化和理顺业务流程的基础上,实现必要的合理的自动化。注意人机接口的设计,网络是重点,包括文件交换的分布自治和集中管理相结合的数据库系统
2. 集中式,多为一家供应商专有的计算环境	2. 分布式、开放式计算环境
3. 要求高投资起点、较大规模、高风险	3. 要求合理的较低的投资起点,尽量控制规模和风险
4. 强调高水平集成的总体方案,追求过高的完美	4. 统一集成规划,针对每一时期薄弱环节从底向上分步实施;规划要有可扩充性,根据环境变化可修订
5. 对生产进行整体的自上而下的统一运行控制	5. 生产过程的区域自治和单元化
6. 强调初次估计和把握战略性效益,对企业的经济承受能力要求或期望过高过急	6. 强调取得可计算的、可具体表现的实际经济效益,强调从企业经济支持能力出发,形成收支良性循环
7. 注重 CIM 的总体显示效果	7. 注意发展低成本的经济型 CIMS 和局部集成系统,注重解决最迫切的问题

(1) CIMS 已受到制造业中广大企业的日益重视,成为它们生产经营战略的重要支持手段。CIMS 应用工厂不再限于少数大企业,而已进入了中小企业范畴。涉及的行业包括汽车、电工、仪器、机械和化工等。有的企业已取得了明显的经济效益,但也有相当一部分企业未能达到预期目标,这与环境和内部条件以及实

施策略有密切关系。当前的主要特点是大多数的应用是属于两种或两种以上的单元技术的局部集成。例如, CAD/CAM, CAD/CAPP, MIS/CAQ, MIS/CAPP, CAD/CAPP/CAM, CAD/CAM/MIS 等,这些通常也可称为 CIM 集成线。实践表明,在统一集成方案规划下实现的单元技术和局部集成线已产生了很好的经济效益,并为以后更大规模的集成取得经验,树立信心。

(2) 正确区分 CIM 的单元技术和集成系统的开发与实施的不同。前者属于技术开发性质,基本上是技术难点攻关;后者是建立一个经济技术社会的系统(CIMS),其规模受到企业投资的经济制约。其建立和运行过程则是一个由组织、人和技术三者构成的整体。关键的潜在效益存在于物流管理(围绕产供销一条线)和新产品开发的各个业务过程中所实现的组织集成和信息集成。首先,企业要在正确的战略指导下,正确认识和分析整个企业的业务流程,实现系统化和简化的组织集成,然后,在此基础上实现自动化(技术集成)。总之,要先进行组织集成,后实施技术集成,次序颠倒将使效益由正变负。当今已不缺乏可供实施的技术,如果企业能针对自身的业务需要,将两个或更多的单元技术集成起来应用,将取得显著效益。

(3) 与组织和技术相比,人是核心的一环。人的观念和业务素质的提高是制约 CIMS 的建立速度和运行效果的最重要的因素。

CIMS 实施的成功取决于从领导到车间工人全体职工的全心全意的投入。应注意使所有人员参与到企业战略、计划、技术以及变更机制等各项开发工作中去,使他们了解整个目标和自己的责任。CIMS 的培训和教育是提高人员素质的关键环节。

(4) 企业要采用 CIMS 作为生产经营战略的支持手段,应对集成的潜在效益进行评价,要注意准确地定义企业生产经营业务过程,以便选择出适当的 CIMS 技术,切实提高企业的竞争力。其中科学合理地进行系统分析和设计是关键。

(5) 应采用多种形式的技术转移机制,利用现有的技术,提高企业实施水平,以形成工业应用规模。建立实用的技术转移网是关键的一环,政府应从政策上和财力上采取有力的措施。

(6) CIMS 的标准化对 CIMS 产业的形成、对供应厂商和应用企业的利益具有重要作用。它可为企业带来真正的经营效益。建立工业标准群,重要的是应根据实践经验或已有的理论框架来制订经济有效的标准,以便尽早能进入使用。目前,已初步完成制订关于企业

建模和运行的 CIMS 体系结构标准 CIM-OSA, 关于产品模型及数据交换的产品定义标准 STEP, 以及开放式分布式计算环境, 面向对象的数据管理技术, 这些都是 CIMS 发展道路上的重要里程碑, CIMS 标准化将极大地推动 CIMS 沿着健康正确的轨道前进。

(7) CIMS 的建立和实施是分阶段的。国外著名制造业企业有的把本企业建立 CIMS 定义了五个层次(即五个阶段), 以反映 CIMS 功能的完善过程。有的则在其定义的 CIM 中, 管理功能只包括生产计划和控制, 而把企业所有经营管理功能, 如财务、人事和办公自动化与其定义的 CIM 结合起来, 作为更高层次的系统称之为 CAI (计算机辅助工业)。实际上, 目前各国发展的 CIMS 都包括了这些功能, 但仍称之为 CIMS。

(8) 欧洲、美国和日本等主要工业发达国家虽然在发展 CIMS 方面都取得了显著的和多方面的进展, 但由于历史、民族、文化背景和各自面临的经济技术环境以及政治社会体制上的差异, 仍表现出各自的特点。如美国对 CIMS 的技术创新精神和总体开发的优势; 日本对自动化技术高质量、商品化的追求和求实的规划和开发应用; 德国对 CIMS 发展政策上的促进和推动 CIMS 在广大企业形成工业规模而采取的有力措施, 以及政府组织各代表从经济、技术和社会劳动就业方面分析研究 CIMS 带来的机会和风险, 并以此作为制订 CIMS 科技政策的依据等, 对各国都有一定的借鉴作用。

6 实现 CIMS 的主要问题和发展趋势

6.1 实现 CIMS 的主要问题

80 年代以来, 欧洲、美国和日本等工业发达国家在实施 CIMS 过程中遇到的主要问题或阻力有以下几个方面:

(1) 在各层次上都缺乏具有所需业务素质的人员。

(2) 缺少适当的方案和模型作为企业 CIMS 投资的经济论证和成本监控基础。

(3) 缺乏以 CIMS 观点改造原有企业组织的模型。

(4) CIMS 各单元技术之间以及人机之间接口问题有待完善地解决。

(5) 缺少具体的、经过实践考验的系统设计工具。

各国政府和工业界正致力于研究、解决这些问题, 并已取得了一定进展, 90 年代末, 这些问题可望得到

初步解决, 但要完全解决还需相当长期的努力。

6.2 CIMS 的发展趋势

生产基础技术是人类共同的财富, 虽然各先进工业国家的制造业都积累了各自的宝贵经验和形成了各自的技术优势, 但都面临着共同的严重问题, 如技术熟练工人和专业技术人员日益缺乏, 以及制造业进一步发展的社会经济技术环境日益严酷等。为了融合日本、美国和欧洲各先进工业国家的技术优势和研究开发方法, 使难以预测的现代技术开发成为现实, 使生产基础技术成为国际公认的标准, 以切实推动世界制造业的发展。日本通产省 1988 年提出了国际共同研究计划智能制造系统 (Intelligent Manufacturing System——IMS), 旨在组织以日本、美国和欧洲为代表的国际力量, 研究开发将在 21 世纪成为国际上广泛通用的生产系统——IMS。这一计划从 1990 年开始, 期限 10 年, 总项目规模为 1500 亿日元 (约为 13~15 亿美元), 将组织 IMS 国际委员会作为工作机构。这一计划虽然处在协调阶段, 它的执行也还会遇到不少困难, 但毕竟是一种趋势, 即 CIM 的研究开发将日益走向国际化。以综合利用各国的技术优势, 解决世界制造业所面临的重大共性问题, 这也符合现在和未来生产技术和信息技术标准化的大趋势, 以及制造全球化的大趋势。

7 CIMS 在我国的发展

CIMS 是我国 863 计划 (即高技术研究和发计划) 中的一个主题。863/CIMS 的任务是促进我国 CIMS 的发展和应用。其 2000 年的战略目标是, 在—批企业实现各有特色的 CIMS, 并取得综合效益, 形成我国的 CIM 高技术产业, 建立先进的研究基地, 攻克一批关键技术, 造就一批 CIMS 人才, 以 CIMS 技术促进我国制造业的现代化。

为了实现上述目标, 863/CIMS 的计划按四个层次, 十个方面开展工作。

四个层次是研究课题、产品预研究与关键技术攻关、产品开发和工程应用, 其中工程应用是重点。

研究课题突出创新, 以研究为主。产品预研究解决有关产品前景的关键技术攻关, 也以研究为主。产品开发是对技术上已成熟的原型系统, 按照市场驱动的原则, 进行产品化的开发工作, 这是形成我国 CIMS 高技术产业的重要内容之一。应用工程是将 CIMS 应用于我国企业, 效益是检验应用工程是否成功的指标。首

先,在制造业重点行业中选择典型企业作为试点,并与CIMS技术重点研究开发单位相结合,取得经验后,逐步推广。

十个方面是指十种CIMS相关的技术,即软件工程与标准化、体系结构、总体及集成技术、CAD、CAPP、柔性制造技术、管理与决策信息系统、质量保证技术、网络与数据库技术以及系统理论与方法等。

因此,863/CIMS的总体布署可表示为在2000年战略目标指导下的矩阵管理。矩阵的行是上述四个层次,矩阵的列是上述十个方面。通过它们之中的分工和协调,实现CIMS主题的目标。

8 CIMS的效益

一个制造型企业采用计算机集成制造系统可获得的效益,是通过实现生产系统的功能目标来提高企业的整体竞争能力的。具体表现为以下几个方面:

(1)在工程设计自动化方面,采用现代化工程设计手段,如CAD/CAPP/NCP,可提高产品的研制与生产能力,便于开发技术含量高和结构复杂的产品,保证产品设计质量,缩短产品设计与工艺设计周期,从而加速产品更新换代速度,满足用户的需要。

(2)在加工制造上,柔性制造系统(FMS)、柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell——FMC)或分布式数控(Distributed Numeric Control——DNC)的应用,可提高制造过程的柔性质量,提高设备的利用率,缩短产品制造周期,增强生产能力。

(3)在经营管理上,使企业的经营决策与生产管理科学化;在市场竞争中,可保证产品报价的快速、准确、及时;在生产过程中,可有效地解决生产瓶颈,减少在制品;在库存控制方面,可使库存压到最低水平,减少制造过程所占用的资金,减少仓库面积,从而可有效地降低生产成本,加速企业的资金周转。

总之,计算机集成制造系统通过计算机、网络、数据库等硬软件,将企业的产品设计、加工制造、经营管理等方面的所有活动有效地集成起来,有利于信息及时、准确地交换,保证了数据的一致性,对提高产品质量,缩短产品开发周期,提高生产效率,带来更多的效益。

早在1985年,美国科学院就对美国在CIMS方面处于领先地位的五个公司——麦克唐纳道格拉斯飞机公司、迪尔拖拉机公司、通用汽车公司、英格索尔铣床公司和西屋公司进行了调查和分析,他们认为采用CIMS可以获得以下效益:

- (1) 产品质量提高 200%~500%;
- (2) 生产率提高 40%~70%;
- (3) 设备利用率提高 200%~300%;
- (4) 生产周期缩短 30%~60%;
- (5) 在制品减少 30%~60%;
- (6) 工程设计费用减少 15%~30%;
- (7) 人力费用减少 5%~20%;
- (8) 工程师的工作能力提高 300%~3500%。

日本对CIMS的效益也做了调查。日本生产率协会对226家企业就建立CIMS的目的所得到的调查结果如图3-1-11所示。日本富士通一家工厂经过1~1.5年的考察与分析,认为其效益为:

- (1) 生产率提高 60%;
- (2) 直接生产率提高 2 倍;
- (3) 生产人员减少 50%;
- (4) 库存资金减少 35%;
- (5) 废品率降低到原来的 1/3。

然而,实施CIMS究竟能取得多少效益,归根到底还取决于具体的企业环境,即企业的产品、技术、组织和人的素质,以及CIMS的实施策略。

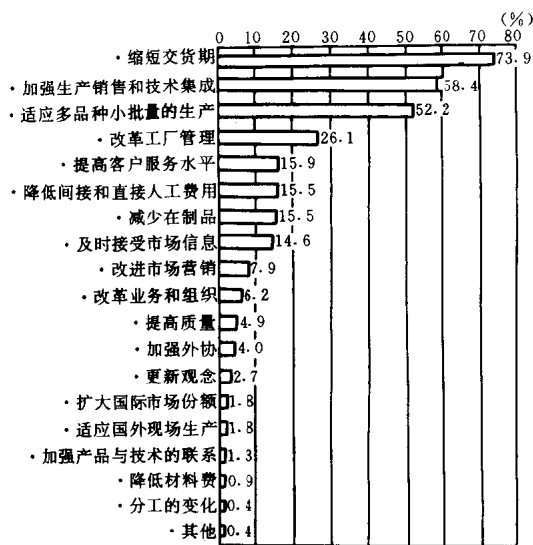


图 3-1-11 CIMS 目的的调查结果 (以日本为例)

我国执行 863/CIMS 计划的几个应用工厂的第一期工程的验收结果表明,这些制造企业都取得了可观的社会经济效益。

第2章 计算机集成制造系统的体系结构和技术方案^{[4]~[14][26][28][29]}

1 计算机集成制造系统的体系结构

CIMS 体系结构是指以信息技术的观点建立企业模型的框架。它一方面用来生成企业模型的信息技术表现形式;另一方面用来提供一个信息技术环境,以支持企业的日常生产过程的执行、监督和控制。

体系结构可按照功能、信息、组织和资源等方面,从一般到特殊地按照需求定义、系统设计和实施的建模层次,建立具体的企业模型。研究开放式的 CIMS 体系结构将促进 CIMS 结构的标准化、模块化及应用的系统化。

国际上, CIMS 体系结构研究基本上可分为三类:

(1) 面向 CIMS 生命周期的体系结构; (2) 面向 CIMS 功能构成和控制结构的体系结构; (3) 面向 CIMS 集成平台的体系结构。

1.1 面向 CIMS 生命周期的体系结构

系统的生命周期包括需求分析与定义、系统设计、系统实施和系统运行四个阶段,而且会随着企业经营环境、经营目标或产品等的改变,而不断改进。为此,要求体系结构应具有以下特点:

(1) 新一代制造系统的规划设计与当前系统分离。

(2) 有一整套结构化方法和平台来支持需求分析与定义、系统设计、系统实施直至系统运行的全生命周期。

(3) 具有时空开放性,尽可能多地利用原有系统中的组成部分,系统组成部分应充分而无冗余。

具有这些特点的体系结构即称为面向 CIMS 生命周期的体系结构。欧共体欧洲信息技术研究发展战略(ESPRIT)中的 AMICE 专题所提出的 CIM 开放系统结构(CIM-OSA)和美国普杜大学提出的普杜体系结构就是这类结构的典型代表。

CIM-OSA 是一个三维结构,其结构框架见图 3-2-1。

该结构框架的通用程度维分为通用层、部分通用

层和专用层,反映了不同企业的 CIMS。通用层包含各种 CIMS 结构模块、CIMS 元件集、各种企业需求和处理方法。部分通用层由一组分别适合于各行业的制造企业(如机械制造、航空、电子等)的部分通用参考结构和选择优化方法组成。专用层仅适用于一个特定企业。一个企业只能通过一种专用结构来描述,不同企业可以根据自己企业的类型,从部分通用层中选一种参考结构以及相应的选择优化方法,帮助自己建立专用 CIMS 结构,并在部分通用层的帮助下,从通用层中选择自己需要的部分,组成自己的 CIMS。从通用层到专用层的过程称为逐步抽取或具体化。

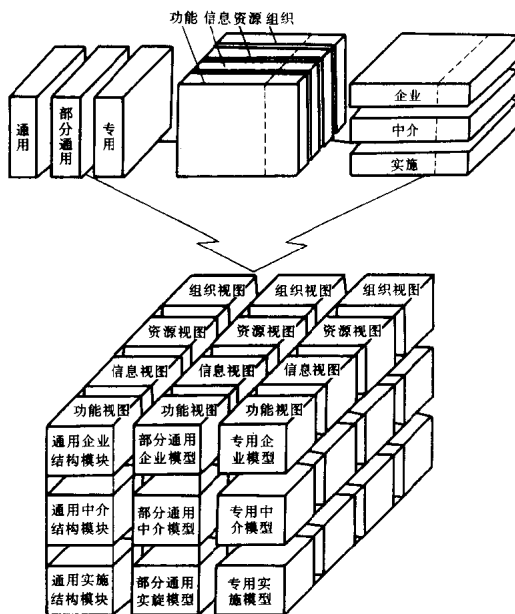


图 3-2-1 CIM-OSA 结构框架

生命周期维用于说明 CIMS 生命周期的不同阶段。CIM-OSA 设计了三个层次:需求定义层、设计说明层和实施描述层。需求定义层是用户和企业需求定义阶段。设计说明层构造和优化用户根据全局经营和系统约束所定义的经营需求。实施描述层阐明了有效实现企业运行的一套必需的组成构件。

视图维用于描述 CIMS 的不同方面,可划分为功

能视图、信息视图、资源视图和组织视图。这四个视图的作用是：

(1) 功能视图。用来获取企业用户对 CIMS 内部运行过程的需求,反映系统的基本活动规律,指导用户确定和选用(或开发)相应的功能模块。

(2) 信息视图。用来帮助企业用户确定其信息需求,建立基本的信息关系和确定数据库的结构。

(3) 资源视图。用于帮助企业用户确定其资源需求,建立优化的资源结构。

(4) 组织视图。用于确定 CIMS 企业内部的多级多维职责体系,建立 CIMS 的多级组织结构。

支持 CIM-OSA 运行的是集成基础结构,又称集成基础设施,在系统规划设计阶段,它用于支持系统的模拟运行和选优;在系统运行阶段,用作系统运行的平台。

由此可以看出, CIM-OSA 是一种可供任何企业使用,可描述系统生命周期各阶段,包括企业各方面要求的通用的、完备的体系结构。

普杜大学的体系结构亦具有人们所希望的这些优点,只是在定义阶段以前,它认为只有两个结构视图,即信息系统结构和制造功能结构。在设计阶段以后,分为三个结构(视图),即信息系统结构、制造设备结构以及人和组织结构。其特点是在系统设计、实施和运行过程中,着重考虑了信息结构中人和组织的作用。

1.2 面向 CIMS 功能构成和控制结构的体系结构

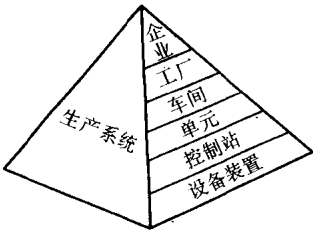


图 3-2-2 CIMS 的六层递阶控制结构

CIMS 是一个复杂的大型系统,为了简化设计与实施,可将它分解为不同的分系统,分系统又可分解为更小的子系统。此外,由于 CIMS 的控制系统十分复杂,不可能采用集中控制方式,而应进行横向或纵向的分解与集成,国际上广泛采用 CIMS 的六层递阶控制结构(见图 3-2-2)。其特点是面向控制结构,把复杂系统纵向分解为多个层次,减少全局控制和开发的难度。美国制造工程师学会(SME)把 CIMS 进行横向分解,按功能分解为“核”和里、中、外三层,构成轮

式结构,见图 3-2-3。这类体系结构由于研究较早,在国际上已得到广泛应用。但它未能概括企业各个方面和各个层次的要求,只能认为是面向生命周期体系结构中的功能视图部分。

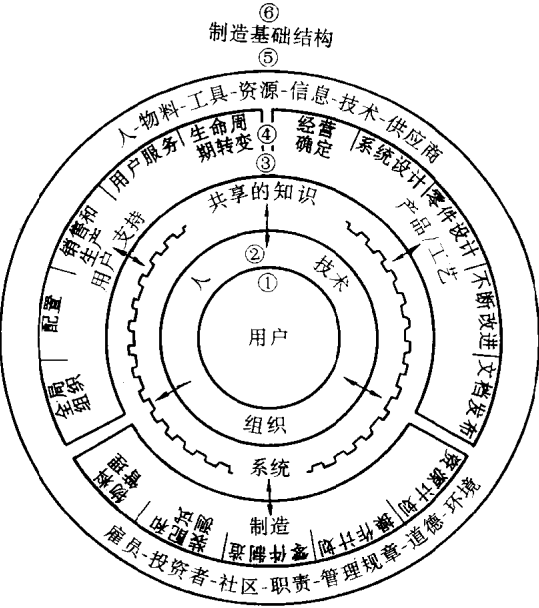


图 3-2-3 美国 SME 提出的 CIMS 轮式结构

1.3 面向 CIMS 集成平台的体系结构

一些计算机公司为了解决 CIMS 中众多软件的支持和连接问题,进行了标准化平台的研究,各自开发了面向 CIMS 集成平台的体系结构,如美国 DEC 公司的 CIMS 体系结构,IBM 公司的 CIM 体系结构。这类结构相当于 CIM-OSA 中的集成基础结构,但由于 CIM-OSA 是在更大范围的全局上进行研究的,其工作量大多,还来不及开发出实用的集成基础结构。而上述平台是计算机公司为对付迫切需要而开发的,存在着应用的局限性。

2 总体 CIMS 功能模型

在研究一个企业的 CIMS 框架结构时,主要根据经营目标,确定企业的功能模型,再根据企业功能模型分析,确定由 CIMS 各项技术支持的功能环节,通过综合集成,建立起企业的 CIMS 功能模型,包括各功能分系统的信息流。制造型企业的 CIMS 的典型功能模型通常包括以下四个应用分系统,见图 3-2-4。

(1) 管理信息系统(Management Information System——MIS)。支持生产计划和控制(PPC)、销售、采

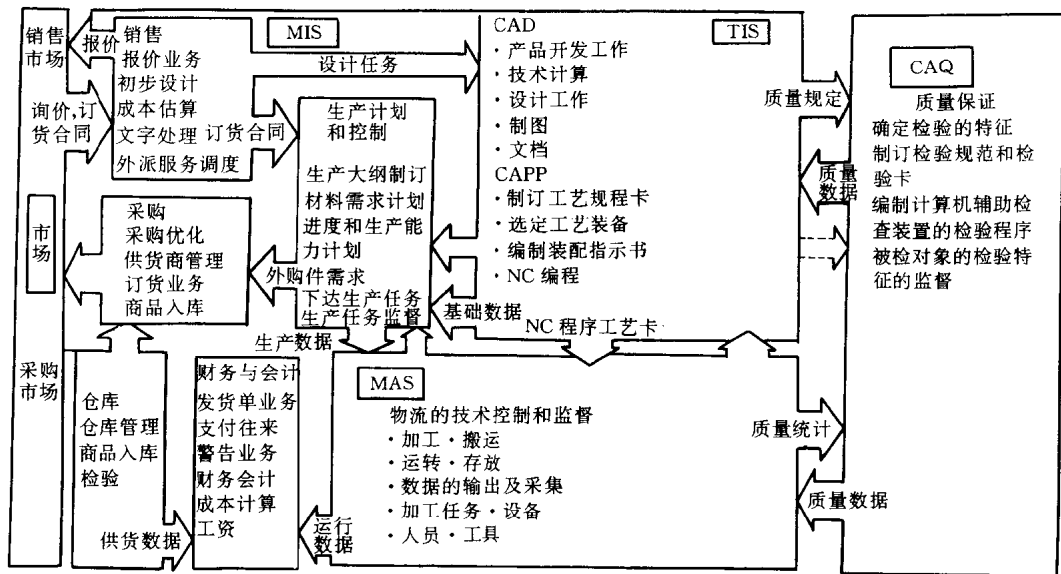


图 3-2-4 企业 CIMS 功能模型图

购、仓库、财会等功能,用以处理生产任务方面的信息。

(2) 技术信息系统 (Technical Information System——TIS)。包括计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助工艺过程设计 (CAPP) 和数控程序编制 (NCP) 等子系统,用以支持产品的设计和工艺准备等功能,处理有关产品结构方面的信息。

(3) 制造自动化系统 (MAS)。包括各种不同自动化程度的制造系统,如 NC 机床、柔性制造单元 (FMC)、柔性制造系统 (FMS) 以及其他制造单元,用来实现信息流对物流的控制和完成物流的转换。它是信息流和物流的接合部,用来支持企业的制造功能。因此, MAS 的功能要比通常采用的计算机辅助制造 (CAM) 的功能更广泛、更明确。

(4) 计算机辅助质量保证系统 (CAQ)。用来支持生产过程的质量管理和质量保证功能。它不仅处理管理信息 (如废品率),也处理技术信息 (如测量产品性能等)。

为了实现上述应用 (功能) 分系统的信息集成,还要设置两个支持分系统,即:

(1) 数据管理系统 (Data Administration System——DAS)。用以管理整个 CIMS 的数据,实现数据的集成和共享。

(2) 网络支撑环境系统 (Network Support Environment——NSE)。用以实现 CIMS 各个分系统内部和各分系统之间的信息交换,以形成统一贯通的信息流。

3 总体 CIMS 信息模型

3.1 CIMS 信息的分类

按信息集成原则 CIMS 信息划分为:

(1) 全局信息 (G)。在全厂范围内,各分系统之间进行交换、传送与共享的信息。其中产生与形成全局信息的分系统称为源分系统,接受全局信息的分系统称为目的分系统。并规定全局信息的物理存储与管理由源分系统负责。

(2) 局部信息 (L)。在分系统内部,各子系统之间进行交换、传送与共享的信息。产生与形成局部信息的子系统称为源子系统,而接受局部信息的子系统称为目的子系统。局部信息的物理存储与管理由源子系统负责。

(3) 私有信息 (P)。在子系统内部使用,不涉及分系统范围或全厂范围的信息都属于私有信息的范畴。

按信息处理原则 CIMS 信息划分为:

(1) I 类信息。全部由计算机进行处理的信息。

(2) II 类信息。部分由计算机处理,部分由人工处理的信息。

(3) III 类信息。完全由人工处理的信息。

3.2 CIMS 全局信息交换

图 3-2-5 是 CIMS 典型全局信息交换图,它示出

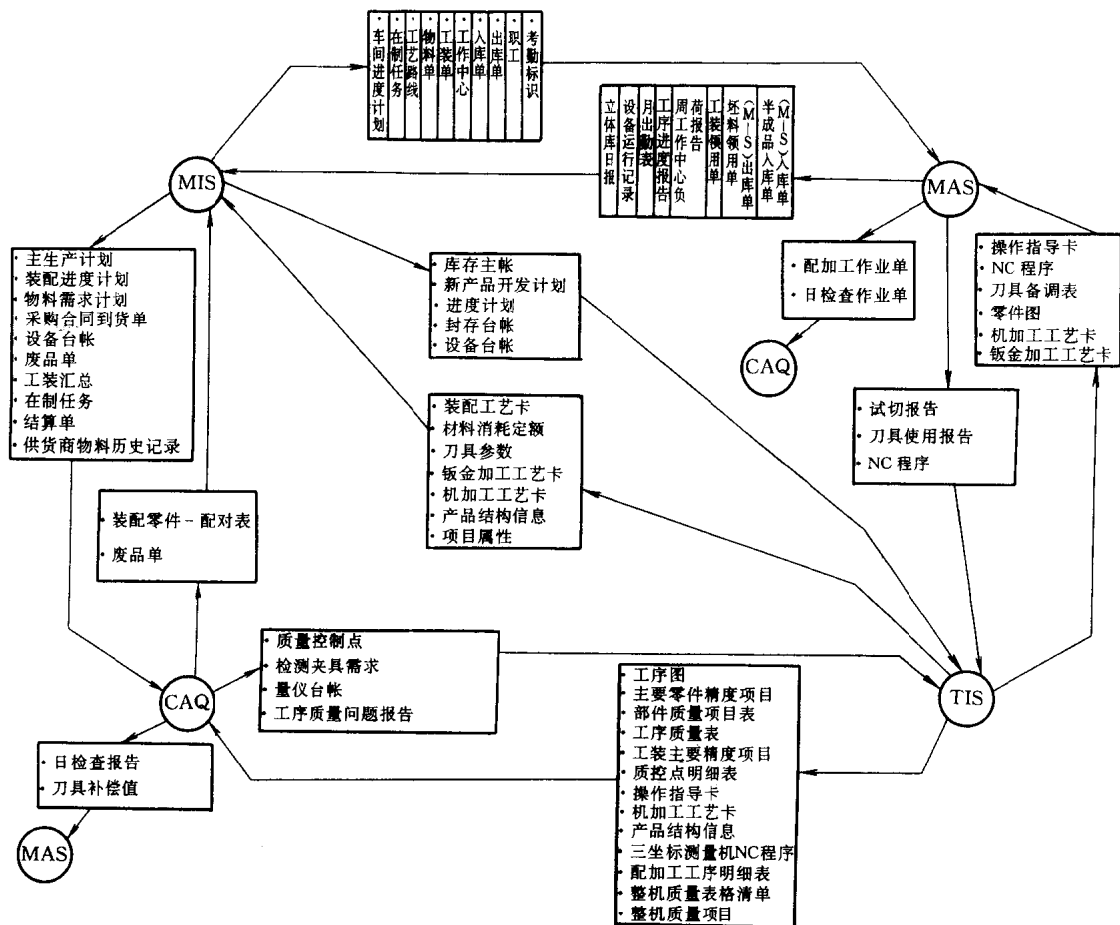


图 3-2-5 CIMS 典型全局信息交换图

了各分系统之间需要交换的典型的全局信息。

3.3 CIMS 的信息模型说明

总体信息模型旨在全面、正确地反映 CIMS 信息的需求,也就是侧重于描述 CIMS 的“数据需求定义”视图。由于 CIMS 的信息类型多,相互关系密切,要求信息模型具有较强的语义表达能力。此外,总体 CIMS 信息建模阶段不同于数据库详细设计阶段,不宜局限于仅对结构化数据的分析,而应当对非结构化数据(如图形信息、NC 代码等),亦加以必要的分析与描述。因此,应采用 IDEF1X 方法并适当结合面向对象的建模方法来建立系统的信息模型。

在明确建模要求的基础上,详细规定建模的具体工作内容与步骤,可对 IDEF1X 做如下扩充:

(1) 实体表示在方框中,增加对 G、L、P 三类实

体的标识,并标明分系统名(源与目的)。对结构化数据,要求标明关键字。

(2) 实体池表应当说明非结构化数据的处理方式,即采用人工传送还是部分人工、部分计算机传送,以及做出有关语义的说明。

(3) 实体-联系矩阵表按子系统实体之间存在的联系在矩阵表中用标记表示出。

(4) 实体级图按照自底向上的方法生成。即各子系统先生成子系统实体级图,进而由分系统生成反映局部信息交换的分系统实体级图,最后再抽取全局信息 G,形成全局数据实体级图。

CIMS 信息运行模式描述了各级实体信息的联系,可准确表示出信息的运行路线。图 3-2-6 是一种典型的 CIMS 信息运行模式图,图中信息代码说明见表 3-2-1。

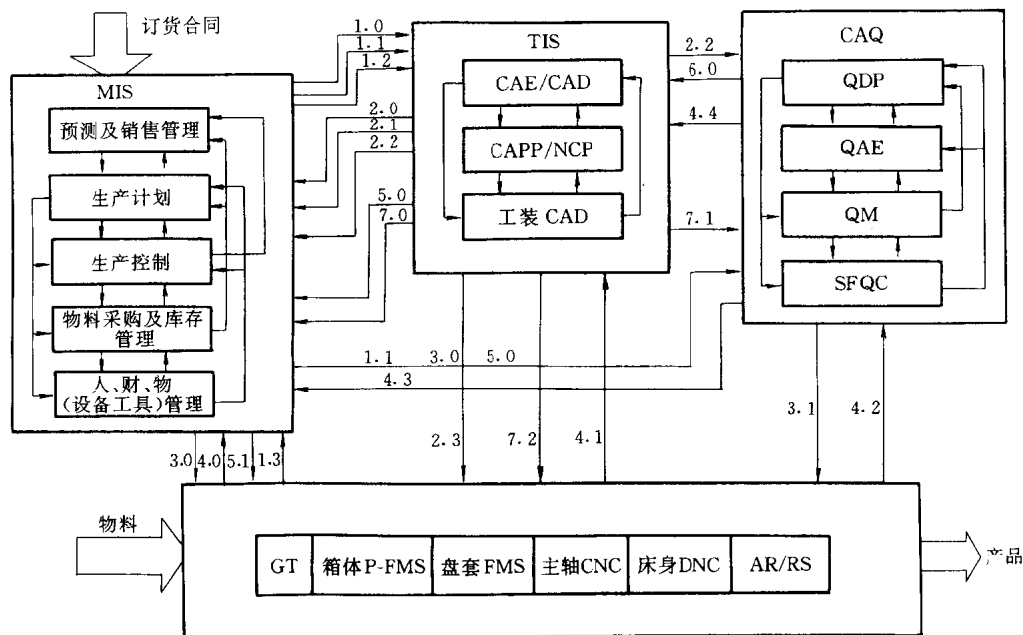


图 3-2-6 CIMS 信息运行模式

AR/RS—自动化立体仓库 GT—成组技术 CNC—计算机数控 DNC—直接数控 QDP—质量决策和计划

QAE—质量分析与评价 QM—质量数据管理 SFQC—车间现场质量控制

表 3-2-1 CIMS 信息运行模式图中信息代码说明

信息代码	信息内容	信息源及目的
1.0	新产品订货合同	MIS→TIS
1.1	技术准备计划	MIS→TIS/CAQ
1.2	设备变更信息	MIS→TIS
1.3	库存信息反馈	MAS→MIS
2.0	项目属性及产品结构信息	TIS→MIS
2.1	工艺规程及路线	TIS→MIS
2.2	产品质量特征及要求	TIS→CAQ
2.3	产品零件图、NC 程序、工艺路线及规程	TIS→MAS
3.0	车间生产计划、产品物料需求计划	MIS→MAS/CAQ
3.1	质量计划及制造过程监控要求	CAQ→MAS
4.0	生产控制反馈	MAS→MIS
4.1	技术数据信息及技术问题反馈	MAS→TIS
4.2	质量信息反馈	MAS→CAQ
4.3	废品单、返修单、质量管理有关信息反馈	CAQ→MIS
4.4	质量问题反馈	CAQ→TIS
5.0	适时工程信息变更	TIS→MIS
5.1	生产计划维护	MIS→MAS/CAQ
6.0	评价信息反馈	CAQ→TIS
7.0	工程变更信息	TIS→MIS
7.1	工程变更质量要求信息	TIS→CAQ
7.2	工程变更有关生产技术信息	TIS→MAS

4 CIMS 技术方案

4.1 CIMS 逻辑方案

为了实现 CIMS 的功能，应以系统工程的整体优化观点，使信息技术和生产技术相结合，合理地组织业务工作流程、信息流和物流，通过信息集成及时、正确、可靠地提供各类功能系统（人、机）所需的信息。为此先要通过简化和规范化，合理地组织生产工作流程和物流，并相应地调整组织机构，为信息流的合理化和高

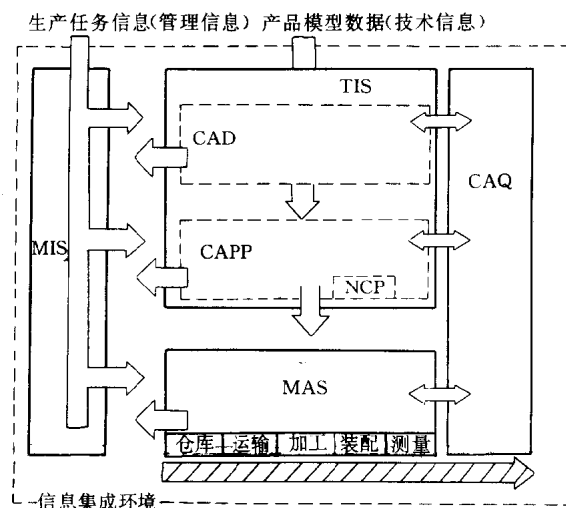


图 3-2-7 CIMS 总体逻辑方案