

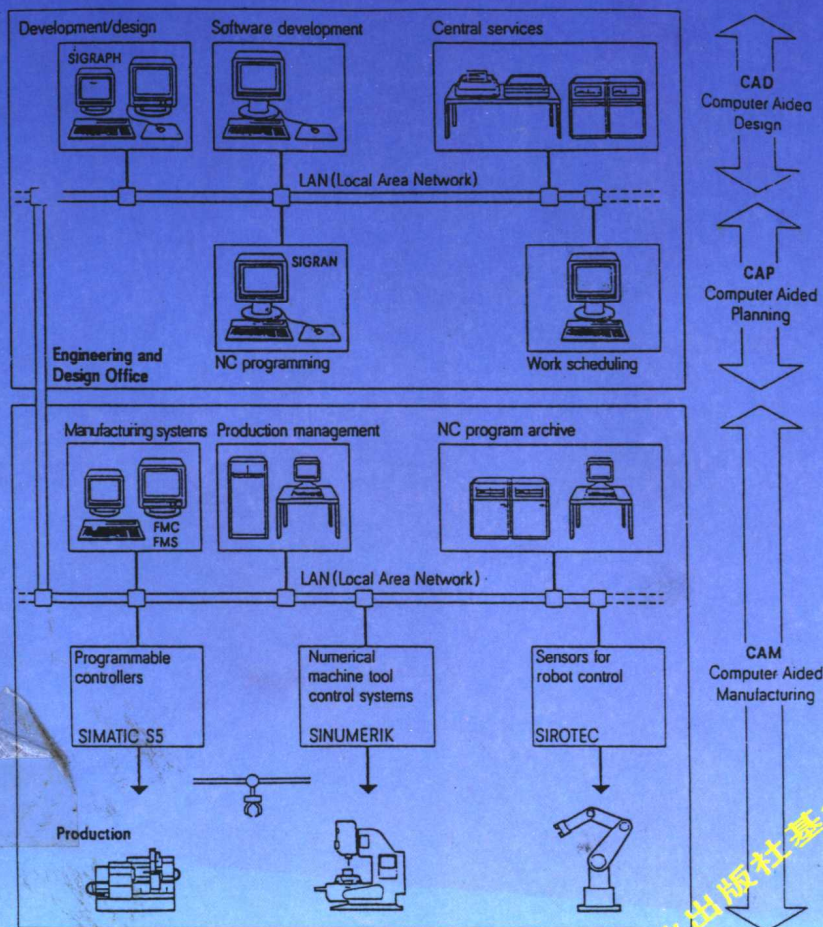


全国高技术重点图书·计算机技术领域

计算机集成制造技术

吴锡英
周伯鑫

编著



机械工业出版社

机械工业出版社基金资助

机械工业出版社基金资助

计算机集成制造技术

吴锡英
周伯鑫 编著



机械工业出版社

本书是根据作者多年在计算机集成制造系统 (CIMS) 方面的研究和推广应用中的体会编写而成, 内容包括绪论、系统设计方法、工程设计集成系统、制造自动化系统、质量保证系统、管理信息系统、计算机网络系统和数据库系统等。

本书可供现代制造技术研究人员研究和推广应用 CIMS 时参考, 也可作为高等学校研究生及高年级学生选修课教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机集成制造技术/吴锡英, 周伯鑫编著. -北京: 机械工业出版社, 1996. 12

ISBN 7-111-05272-2

I. 计… II. ①吴… ②周… III. 计算机集成制造 IV. TH166

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 10384 号

出 版 人: 马九荣 (北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 王世刚 贡克勤 版式设计: 霍永明 责任校对: 张 力

封面设计: 郭景云 责任印制: 卢子祥

三河市宏达印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行

1996 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

850mm×1168mm¹/₃₂ · 8 印张 · 206 千字

0 001—1500 册

定价: 15.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页、由本社发行部调换

前 言

国家的振兴,人民生活水平的提高,离不开制造业的发展和现代化。而世界范围内激烈的市场竞争,也迫使国家必须用高新技术来武装自己的制造业。因此,从本世纪 80 年代开始,计算机集成制造(CIM)技术就得到了各国政府和企业界的高度重视,并认为计算机集成制造系统(CIMS)将成为 21 世纪占主导地位的生产模式,它将被作为发展经济、增强国力和企业竞争力的战略目标来进行研究和开发。

我国政府鉴于国际上高技术的发展动向和市场发展的需要,也于 1986 年将 CIMS 作为我国高技术发展计划中的一个主题来加以研究。经过多年的探索研究和实践,已取得可喜的成果,并已开始在全国省、市范围内进行重点推广。

为了配合我国 CIMS 的应用研究,以适应推广应用 CIMS 的需要,作者根据多年来在计算机辅助技术研究和在北京第一机床厂合作进行 CIMS 应用研究工作中的经验与体会编写此书,内容包括制造企业通常必须具有的管理信息系统、工程设计系统、制造自动化系统、质量保证系统等四个功能系统和计算机网络与数据库两个支持系统,此外还介绍了开发大系统时应掌握的系统设计方法。考虑到各功能系统涉及的单项技术(如 CAD、CAPP、FMS 等)已在有关著作中有较多的阐述,本书中就不再多费笔墨,而将重点放在与它们相关的集成技术上,质量保证也不再论述产品质量的检测、监控等问题,而尽量与质量管理和质量保证国际标准 ISO9000 相结合。至于计算机网络和数据库方面的知识及系统设计方法,对于机械类专业企业的技术人员来说,一般较少掌握,因此,在书中结合 CIMS 的要求适当增加了文字比重,以求满足制造企业中有关工程技术人员的拓宽知识面的愿望。本书仅供专业

同行在研究开发和推广应用 CIMS 时参考，也可作为高等学校机械制造专业研究生或高年级学生的选修课教材。

本书的第一章至第六章由吴锡英编写，第七章和第八章由周伯鑫编写。由于作者水平有限，学识不足，错误和欠妥之处必然不少，极诚希望同行专家和读者不吝赐教和指正。

上海交通大学严隽琪教授审阅了全书并提出了许多宝贵意见。在编写出版过程中还得到了东南大学中国科学院院士冯纯伯教授的支持和帮助，谨此致谢。

编著者

96.4

**《全国高技术重点图书》
出版指导委员会名单**

主任：朱丽兰

副主任：刘 杲 卢鸣谷

委员：(以姓氏笔划为序)

王大中	王为珍	牛田佳	王守武	刘 仁
刘 杲	卢鸣谷	叶培大	朱丽兰	孙宝寅
师昌绪	任新民	杨牧之	杨嘉墀	陈芳允
陈能宽	罗见龙	周炳琨	欧阳莲	张钰珍
张效祥	赵忠贤	顾孝诚	谈德颜	龚 刚
梁祥丰				

总干事：罗见龙 梁祥丰

**《全国高技术重点图书》编审委员会名单
计算机技术领域**

主任委员：张效祥 中国计算机学会理事长 研究员
学部委员

委 员：王鼎兴 清华大学计算机系主任 教授
刘帧权 中国科学院计算所 研究员
刘锦德 中国电子科技大学微型计算机研究所所长 教授
李三立 清华大学计算机系教授
何成武 华东计算技术研究所所长
徐培忠 清华大学出版社 副编审
梁祥丰 电子工业出版社社长 编审
董韫美 中国科学院软件研究所 研究员

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 引言	1
第二节 基本定义	3
第三节 CIMS 在各国的发展概况	7
第四节 我国 CIMS 的研究计划	11
第五节 CIMS 的组成	13
第六节 实施 CIMS 的效益	16
第二章 系统设计方法	18
第一节 概述	18
第二节 IDEF ₀ 的基本概念	20
第三节 IDEF ₀ 图实例及读图	30
第四节 IDEF _{1X} 的基本概念	34
第五节 IDEF _{1X} 的成分及其图形表示	37
第六节 IDEF _{1X} 建模过程及举例	47
第三章 工程设计集成系统	57
第一节 基本概念	57
第二节 产品数据的表达与交换	69
第三节 工程设计系统的集成	75
第四节 并行工程	82
第四章 制造自动化系统	86
第一节 概述	86
第二节 单元控制器	92
第三节 DNC 系统	101
第五章 质量保证系统	103
第一节 概述	103
第二节 产品开发和设计阶段的质量保证	107

第三节	生产制造过程的质量保证	110
第四节	计算机集成质量控制系统	119
第六章	管理信息系统	122
第一节	概述	122
第二节	物料需求计划	127
第三节	制造资源计划	132
第四节	MRP II 的计算方法	137
第五节	能力需求计划	142
第六节	库存管理	143
第七节	车间作业控制	146
第八节	生产经营大纲计划	148
第九节	MRP I 的应用评估	149
第七章	计算机网络系统	152
第一节	CIMS 对计算机网络的需求	152
第二节	计算机局域网的基本概念	156
第三节	计算机网络通信的层次协议	168
第四节	网络互连	174
第五节	CIMS 环境下的网络技术	181
第六节	CIMS 网络的管理	195
第八章	数据库系统	199
第一节	概念	199
第二节	CIMS 对数据库技术的需求	202
第三节	CIMS 环境下的工程数据库系统	204
第四节	CIMS 环境下的分布式数据库系统	234
参考文献		243

第一章 绪 论

第一节 引 言

人类的历史是不断改善和提高生活水平和标准的历史。但是，在最初的几千年里，这种改善和提高是小而缓慢的。第一次的提高是进入石器时代，此时人类开始学习如何使用手工具。这种使用工具的能力标志着人类与其它动物的区别，借助这些手工具，人类能制作一些简单的事物而不再等待自然的赐与。第二次重大的提高距今不久，就是带给人类生活水平第二次飞跃的工业革命时代。从瓦特发明蒸汽机到机床的发明，它们都是工业革命时代的产物，它们扩大了人的工作动力和提高了精确性，能生产出更好更多的东西，人类社会的生产力急剧增长，价廉而又质佳的工业产品代替了手工产品。

欧洲人能以他们发明的新机器在全世界扩大他们的影响。但是，在工业革命时代，产品仍是用手工操作的机床做的。E Li Whitney 发展了零件的互换性，给机械制造带来了另一次很主要的改善，模具和量具的使用发展了可互换的制造业。在 20 世纪里实现了大量生产，建立了自动生产线和装配线，在这之前，人类的生活从来也没有像在本世纪里那样的改善。制造业的大量生产和科学管理，使工业产品更多、更好和更便宜。机械控制的自动机和系统（如自动线）胜过上千倍的工人，大量生产出的商品非常丰富和便宜。但是，由于改变制造系统的费用很高而制约了产品品种的发展。

第二次世界大战后不久，美国空军需要生产形状复杂的飞机零件，为此需要加工检查这类零件的高精度量规，在 John T. Par-

sons 的领导下开始了数控机床的研究。1952 年麻省理工学院公开宣布第一台数控 (NC) 机床研制成功。NC 机床不再需要操作者具有熟练控制机床坐标的技能, 这种熟练的技能需要化去许多年才能掌握。本世纪 50 年代, 科学技术的发展中最突出的成就是数字计算机的发明, 它带来了人类历史上生活水平变化的第三次飞跃。

计算机是发展 NC、机器人、计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助制造 (CAM) 和柔性制造系统 (FMS) 的基础。这些以计算机为基础的新技术使工厂能在低成本的条件下进行小批量生产。人们的许多决策功能也为计算机所取代或在计算机辅助下进行, 人工智能 (AI) 和专家系统 (ES) 的发展使制造系统具有一定的智能。计算机不仅能代替人的体力劳动, 也能代替人的部分脑力劳动。

从产品和需要的制造批量这两方面来看, 工业革命以前, 产品的需要量是低的, 而且都是订做的, 产品较少而价格偏高。从工业革命到本世纪初, 车间最初只进行小批量生产。从本世纪初到 50 年代, 世界从只有少数工业品的社会转变为少数人能以丰富的商品供应给每一个人, 工业产品的需要量迅速上升。为了响应这种社会需要, 大量生产方式就应运而生了, 产品价格急剧下降。然而, 由于需要更多的产品品种而导致大量生产向中批和小批生产转换的再次发生。到 80 年代, 国际市场竞争加剧, 促使产品的制造过程加快、制造周期缩短、库存量保持最少, 这就需要有一个能小批量动态生产的环境, 以保证用质好而价廉的产品去满足用户的动态需求, 在激烈的市场竞争中保持不败和生存, 这种需要驱动了新技术的发展。

在现代制造业中, 能满足上述动态的、多品种小批量自动化生产的唯一方式是保持和发展生产的柔性。例如广泛采用数控 (NC) 机床、柔性制造系统和柔性制造单元 (FMC) 等先进的加工手段, 同时在制造车间中应用计算机辅助制造 (CAM) 技术。CAM 可以定义为“计算机在制造中的应用”, 这是一个广义的定

义,它包含制造系统中的许多功能活动。例如为FMS编制控制机床的作业计划等。而计算机集成制造(CIM)则具有更广泛的含意,它解决制造系统内的总体协调,不仅包括各制造功能,也包括经营和工程设计功能。CAM只是CIM的一部分。

第二节 基本定义

CIM这个概念是美国人 Joseph Harrington 博士于1973年首先提出的,因此,必须按美国人的概念来定义与CIM有关的基本术语。

“制造(Manufacturing)”是一组相关操作和活动的集合,它包括产品设计、材料选择、作业计划、生产、质量检验、生产管理和市场销售等一系列与制造工业有关的生产活动。

制造系统通常定义为一个包含若干相互关联的制造功能子集的生产组织,在这个组织中,将生产时间、制造成本、设备利用等生产功能要素联系起来,达到总生产性能的优化。制造功能子集包括设计、计划、生产和控制,并与系统外的产品估价、市场、投资和人等生产功能因素有联系。

随着计算机技术在生产中的普通推广和应用,在各项制造功能子集(子系统)中很快发展了许多计算机辅助的自动化系统。如:计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工艺过程设计(CAPP)、计算机辅助数控编程(CANCP)、计算机辅助作业计划编制(CAS)、计算机辅助质量控制(CAQC)、计算机辅助库存管理(CAIM)等,但它们都是独立的,在企业中逐个建立起来的,没有经过整体规划,只是从改进各单项功能目标和效益出发而发展起来的。因此,各系统之间往往会产生矛盾,虽然各功能子系统能取得某些效益,但因功能间耦合关系的不紧密而导致企业的整体效益不高,越来越感到必须把这些计算机化的“自动化独立岛”“集成”起来,通过计算机网络,把企业各部门的功能从市场信息收集、投资决策、研究开发、产品设计、制造、测试、装配直至供销、人事和财务

等联结成一个统一的整体，消除企业内部信息和数据间不该有的矛盾和数据的冗余。这种集成不是各系统叠加式的组合，而应达到企业内部信息和数据处理具有充分的及时性、准确性、一致性和共享性，把冗余信息和数据减至最少。这就是 CIM 技术产生的客观原因。

因此，可以说：“CIM 是运用系统工程的整体化观点，将现代化的信息技术和生产技术结合起来综合应用，通过计算机网络和数据库技术把生产的全过程连接起来，有效地协调和提高企业内部对市场需求的响应能力和劳动生产率，取得最大的经济效益，以保持企业生产的不断发展和生存能力”。

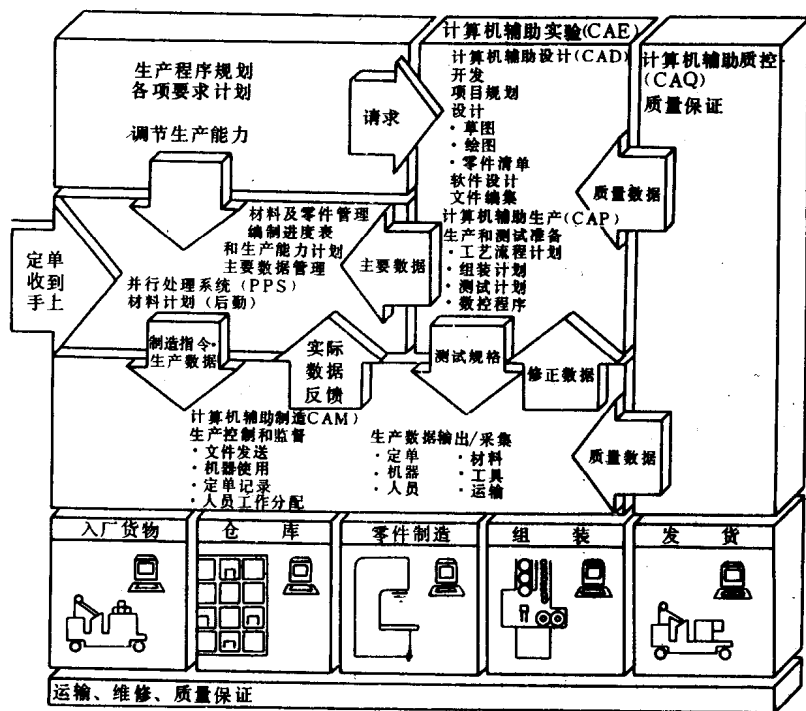
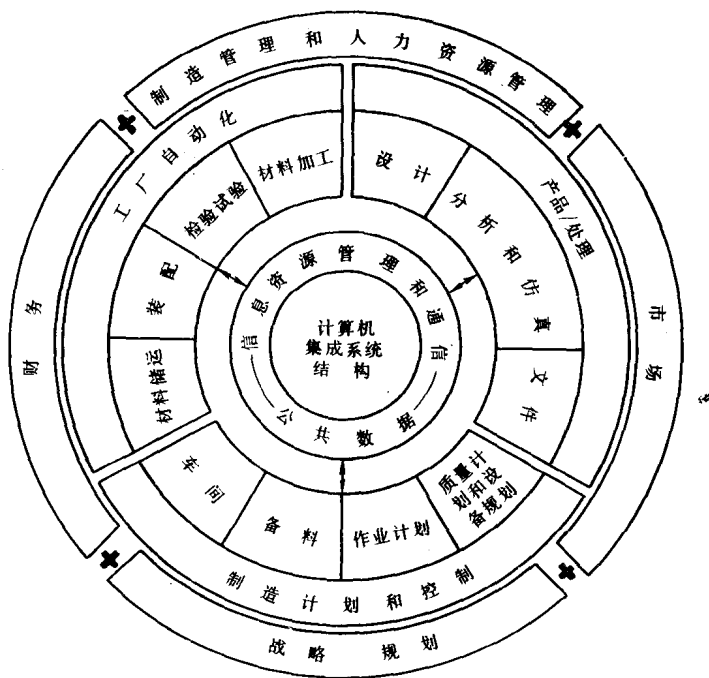


图 1-1 CIMS 功能及信息流

总的说来, CIM 是组织现代化生产的“制造哲理 (Manufacturing Philosophy)”。而计算机集成制造系统 (CIMS) 则应理解为是一种工程技术系统, 是 CIM 的具体实施, 它是未来生产自动化系统的一种模式, 但不一定是生产全盘自动化。



从这个模型中可以看出,当时过多地从技术角度强调企业的高技术和自动化要求,经过多年实践证明,企业实行CIMS是必要的,但还不是充分的,不能忽视人的因素,该模式已不能适应当

前市场的变化。因此, CASA/SME 于 1993 年在原有模型的基础上作了修改, 重新发表了制造企业的结构模型图 (见图 1-3)。这个模型图有下列几处重要的变化。

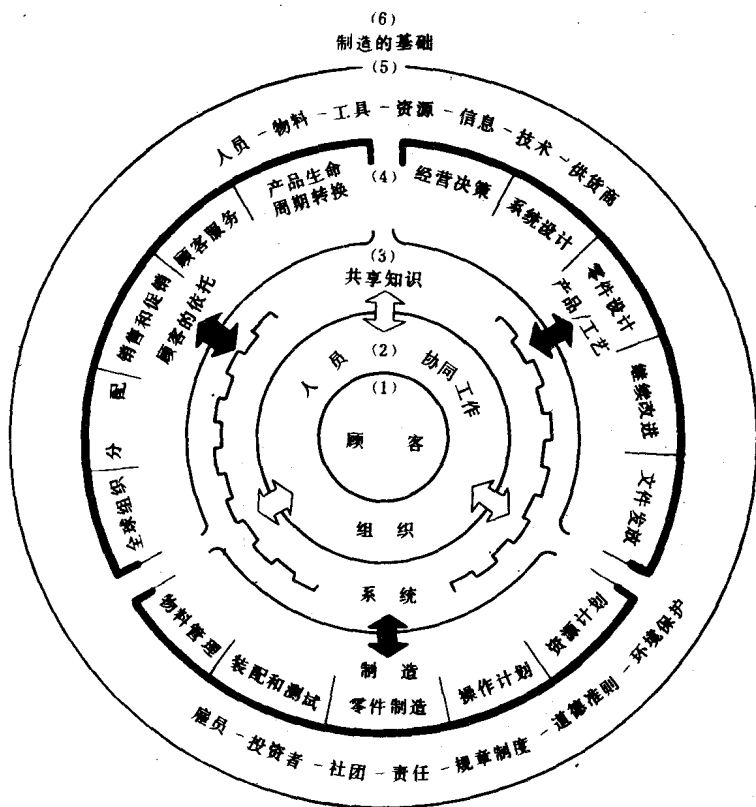


图 1-3 制造企业的结构模型

(1) 以顾客为核心,充分体现“用户为上帝”的思想,企业的一切活动都是以顾客为中心进行服务。

(2) 强调了人、组织和协同工作的重要性，必须保证人员按顾客提出的任务目标进行广泛的协调和合作。

(3) 保证企业工作人员在系统集成的基础上实现知识共享。

(4) 从产品和工艺设计、产品制造和顾客服务三大功能活动的 15 个关键过程都必须并行、交叉地进行。

(5) 明确指出了企业的资源和企业的责任。资源是企业进行各项生产活动的物质基础。责任包括企业对雇员、投资者、社会团体, 以及道德和环境方面应尽的义务和责任。

(6) 轮图以外是企业所处的外界环境和制造基础, 包括市场、竞争对手和自然资源等。

这个模型的变化, 充分反映出对现代制造企业认识的深化。

第三节 CIMS 在各国的发展概况

CIM 和 CIMS 的研究和应用开发, 已受到各国政府和工业界的高度重视。

美国在二次大战后, 制定了“星球大战”计划, 这是一个高技术发展研究计划, 其中 CIM 的研究占有重要的份额。除了在国防和军事部门, 如美国陆军器材部 (AMC)、国防部等, 都十分重视 CIM 的研究和发展, 制定了相应的发展战略。此外, 美国政府还为了能有一个为工业企业提供各项 CIMS 的单项技术的实验场所, 于 1981 年在国家标准局 (NBS)^①内建立了一个“自动化制造实验基地 (AMRF)”。该基地计划完成下列任务:

(1) 研究最佳的 CIMS 体系结构方案。

(2) 提供可靠的, 能使多种厂家的系统集成起来的单项技术。

(3) 提供能逐步建成 CIMS, 其兼容性能随技术进步而改进, 有利于对现有系统的改造技术。

(4) 提供各种标准接口和信息处理技术、研究 CIMS 中的测试技术和标准。

① 现改名为国家标准与技术研究所 (National Institute of standards and Technology—NIST)

(5) 向工业部门提供各种 CIM 新技术和提供试验场所。

在美国的许多著名大学和企业部门，也都在开展 CIMS 的研究和实施，如普杜 (Purdue) 大学在美国科学基金会的资助下投资 1000 万美元用于智能制造系统的研究，以满足该校已经进行了四年之久的 CIM 研究与发展计划，建立计算机集成和制造自动化中心 (CIDMAC)。杨伯翰 (Brigham Young) 大学建立有两个 CIM 研究中心，一个是 CAM 软件实验室；另一个是机器人、设计和制造系统自动化实验室。美国通用汽车公司 (GM) 积极采用最先进的现代化制造技术，建立了适宜于大批量生产的 CIMS，成为美国实施 CIM 的先进企业之一，并率先倡导、推动和实施“制造自动化通信协议 (MAP)”。美国通用电气公司 (GE) 也是成功实施 CIMS 的先进企业。例如在该公司下属的汽轮发电机厂的小零件车间中实现了 CIMS，并在工厂中基本建成了一个 CIMS 技术和管理信息系统 (TMIS)，用八个能在联机 and 实时环境中运行的主要模块将工厂各功能系统集成起来。

在欧洲经济共同体国家中，德国、英国、法国等西欧国家，都将 CIM 作为战略目标中的重要部分，不仅各国都有自己的发展计划（如英国的 ALVEY 计划），而且在共同体内制定了一个称为“欧洲信息技术研究发展战略计划 (ESPRIT)”的高技术研究合作计划，CIM 是该计划中的重要研究内容之一。ESPRIT CIM 的战略重点是为多家供货厂商生产的制造系统开发标准技术；建立符合开放系统 (Open System) 内部互连模式的体系结构、设计准则和接口，同时还将开发产品销售量较大制造领域的 CIMS 的子系统。该计划已经完成了计算机集成制造开放系统结构 (CIM—OSA) 最初定义的研究工作，开发了适用于制造应用的通信网络 (CNMA) 和在 CAD 领域内开发一套可以协调和兼容的 CAD 标准接口的研究，以发展各种 CAD 系统之间的数据交换技术。

此外，在欧洲各国的著名大学和研究机构中都在执行 CIM 研究计划，各大公司企业亦在开发和应用 CIMS。表 1-1 为德国三家公司的 CIM 方案及实施情况一览表。

表 1-1 MBB、MTU、MRHO 三公司 CIM 方案及实施情况一览表

公司名称	实施背景	基本方案	步骤 a. 已实现 b. 待实现	实施顺序	实施部门	组织机构
MBB (直升机和飞机有限公司)	必须提高生产率 和改进数据质量	完全集成, 即 CAX——应用 CAE、CAD、CAP、CAM、CAQ 的互连及与有关管理应用的连接	a. CAE/CAD/CAM(FMS)/NC/PPS b. CAE/CAD 的集成, CAQ	管理上的电子数据 处理(EDV)——PPS; CAM/FMS; NC; CAE; CAD 逐步集成	主要通过自己的信息处理 部门和专业的部门的职工	由信息处理部门和有关专业部门组成混合班子
MTU 的弗利德里希哈芬和慕尼黑两个子公司	迫切需 要加快信息流, 迅速适应订货数据 (时间和数量)在技术和组织上的所有变化, 并进行处理	在将一个集成 PPS 系统的数据库用作中央数据库和信息库的情况下的完全集成	a. 集成 PPS; CAM 功能 b. 其它计算机辅助功能, 特别是 CAD、CAE、CAP、CAQ	PPS→CAM/仓库生产数据采集, 运输和分配系统; CAM/DNC; CAM/维修系统; CAD; CAQ; CAP/NC 编程	系统开发部门和专业的部门的职工	由专业部门的代表和中央管理部门的职工组成规划机构; 分五个阶段开展工作
MAHO (机床公司)	避免重复存储数据; 需要通用的系统; 集成 PCS (生产控制系统)	企业的各区域完全集成到一个信息技术方案中	a. 在全部常规部门的数据处理 b. 管理和技术数据处理的连接	实现普遍的 EDV (作业、物料、人员与费用管理); 实现 CAD/CAM; 制造主计算机投入使用; 连接	在外来顾问的支援下的本公司电子数据处理部门	由技术和经 销领导、设计、CAD、工作准备、数据处理人员和外来专家组成的班子