

现代集成制造系统 (CIMS) 系列
Contemporary Integrated Manufacturing Systems Series

1

复杂系统的面向对象 建模、分析与设计

Object-Oriented Modeling,
Analysis and Design for Complex
Systems

范玉顺 曹军威 编著

Fan Yushun and Cao Junwei



TUP
清华大学出版社



Springer
施普林格出版社

现代集成制造系统(CIMS)系列

复杂系统的 面向对象建模、分析与设计

范玉顺 曹军威 编著

清华大学出版社

施普林格出版社

(京)新登字 158 号

内 容 摘 要

面向对象方法是当今软件系统分析、设计与实现的最有影响的方法。本书结合作者使用面向对象方法和工具的实际经验,通过对面向对象方法、面向对象设计开发过程、面向对象设计工具及文档规范生成与管理工具的介绍,为读者提供了一整套实用的面向对象技术,并通过应用实例为读者学习和使用面向对象方法提供了生动而具体的参考。

本书适于软件设计开发人员、软件项目主管、软件技术人员使用,也可以作为自动化、计算机及相关专业研究生的教学参考书。

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

复杂系统的面向对象建模、分析与设计 / 范玉顺, 曹军威 编著,

—北京:清华大学出版社,2000

(现代集成制造系统《CIMS》系列)

ISBN 7-302-03978-X

I. 复... II. ①范... ②曹... III. 面向对象语言—程序设计 IV. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 35835 号

出版者:清华大学出版社 施普林格出版社

北京清华大学学研大厦,邮编 100084

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者:北京市清华园胶印厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:16.75 字数:304 千字

版 次:2000 年 9 月第 1 版 2000 年 9 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-03978-X/TP·2328

印 数:0001~4000

定 价:38.00 元(含盘)

现代集成制造系统(CIMS)系列 丛书编委会

主任：吴澄

编委：李伯虎 肖田元 熊光楞
刘飞 薛劲松 曾庆宏
孙家广 柳百成 范玉顺

责任编辑：王一玲

序

振兴我国制造业是当今的热点问题。目前,我国制造业面临严峻的形势,总体水平与发达国家相比,有较大的差距,这已成为制约我国 21 世纪经济发展的关键。同时,国际化市场竞争越来越激烈,使我国相当多的制造企业遇到了前所未有的挑战。为了摆脱这一困难,运用现代信息技术改造和提升制造业,将信息化和工业化结合,进一步过渡到现代化,在较短时间内实现跨越式发展,是符合我国制造业国情的一条发展之路。

当今世界已进入信息时代,并迈向知识经济时代。以信息技术为主导的高新技术为制造业的发展提供了极大的支持,并推动着制造业的变革与发展,计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing Systems,简称 CIMS)技术的应用及其产业化是其中最重要的组成部分。

CIMS 这一概念由美国的 Joseph Harrington 博士于 1973 年首次提出,而开始得到重视并大规模实施则是在十年之后。其背景是美国 20 世纪 70 年代的产业政策发生偏差,过分夸大了第三产业的作用,而将制造业,特别是传统产业,贬低为“夕阳工业”、“生了锈的皮带”。这导致美国制造业优势的衰退,并在 80 年代初开始的世界性石油危机中暴露无遗。此时,美国才开始重视制造业,并决心用其信息技术的优势夺回制造业的霸主地位,认为“CIMS, no longer a choice!”。

863/CIMS 主题结合国际上先进制造技术的发展,特别是基于该主题中 3000 多名人员十余年的实践,提出了“现代集成制造系统”(Contemporary Integrated Manufacturing Systems,简称 CIMS)的理念,在广度和深度上拓展了传统 CIM 的内涵。

我国“现代集成制造系统”拓展了传统“计算机集成制造系统”的要点,细化了现代市场竞争的内容;提出了 CIMS 的现代化特征是数字化、网络化、虚拟化、集成化和绿色化;强调了系统的观点,扩展了系统集成优化的内容,包括信息集成、过程集成和企业间集成优化,企业活动中三要素(人、经营、技术)和 三流(物流、信息流、资金流)的集成优化,以及 CIMS 相关技术和各类人员的集成优化;突出了管理与技术的结合,以及人在系统中的重要作用;指出了 CIMS 技术是基于制造技术、信息技术、管理技术、自动化技术、系统工程技术的 一门发展中的综合性技术,其中,特别突出了信息技术的关键作用;扩展了 CIMS 的应用范围,包括离散型制造业、流程及混合型制造业。总之,“现代集成制造系统”的提法更具广义性、开放性和持久性。

现代集成制造系统是信息时代提高企业竞争力的综合性高技术。它应用于企业产品全生命周期(从市场需求分析到最终报废处理)的各个阶段。通过信息集成、过程优化及资源优化,实现物流、信息流、资金流的集成和优化运行,达到人(组织、管理)、经营和技术三要素的集成,以缩短企业新产品(P)开发的时间(T)、提高产品质量(Q)、降低成本(C)、改善服务(S)、有益于环保(E),从而提高企业的市场应变能力和竞争能力。

我国发展 CIMS,是为了提高企业的竞争力。在技术路线上,从国情出发,我们走了一条与美国有较大差别的创新发展之路。80 年代中期,以通用汽车(GM)为代表的美国制造业,把 CIMS 的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为目标,提出了耗资几十亿美元的 MAP 计划。而从我国的企业实际情况看,企业经营生产中的瓶颈是产品开发能力,特别是新产品的开发能力弱,管理粗放。因此,我国研究、应用和实施 CIMS 的重点放在加强产品的设计和企业管理上,车间层只能是适度自动化。因此,在此基础上实现信息集成应采用 TCP/IP,通过软件技术实现与 MAP 的集成。实践证明,这些技术决策避免了走大量投资而效果不大的弯路,并取得了很好的效果。

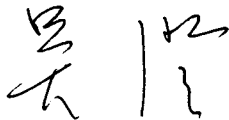
十多年来,我们以提高我国企业的竞争能力和创新能力作为技术发展的宗旨,以“企业真正取得效益、企业说好才是真好”作为技术成败的主要评价标准,走出了一条与我国企业紧密结合的道路。通过与机械、电子、航空、航天、轻工、纺织、石油、化工、冶金等行业的二百多家企业密切合作,取得了显著的经济效益和社会效益。这也为 CIMS 本身的技术创新提供了源泉。二者互相促进不断深化。我国 CIMS 研究的深度和广度、应用效果及其对国家的影响,在国际上是公认的。我国对 CIMS 技术内涵的丰富和发展,也得到国际同行的承认。清华大学、华中理工大学分别于 1994 年和 1999 年获得美国制造工程师学会(Society of Manufacturing Engineers,简称 SME)的 CIMS“大学领先奖”(一般每年在世界范

围内只评选一名),1995年北京第一机床厂获SME的CIMS“工业领先奖”。这使得我国成为除美国以外惟一获得过两个“大学领先奖”和一个“工业领先奖”的国家。我国在这一国际重要技术领域有了“一席之地”。

进入90年代以来,如何以最短的时间开发出高质量及价格能被用户接受的新产品已成为市场竞争的新焦点。基于:企业动态联盟和网络化的敏捷制造(Agile Manufacturing)将成为21世纪的重要发展方向;网络的协同产品商务(CPC)将成为研究应用的一个具体热点;围绕提高新产品开发能力,新的工具软件迅速发展,建立在建模、仿真、虚拟现实技术基础上,以减少或取消制造原型机或原型系统的虚拟制造(Virtual Manufacturing)发展很快;用来加速新产品开发过程的并行工程(Concurrent Engineering)迅速得到推广;提高生产过程控制水平已成为企业投入少、见效快、挖潜增效的重要途径;面向中小企业的、经济实用的低成本综合自动化系统得到重视和发展;更多企业将采用大批量定制(Mass Customization Production)生产模式;合理开发利用资源,保护生态环境,实现经济—社会相互协调的可持续发展越来越受到重视;制造全球化已成为发展的必然趋势,因此,未来制造业信息化的发展趋势将是数字化、集成化、绿色化、智能化、敏捷化与网络化的融合,各种新的管理模式和管理思想不断出现,将导致全球化敏捷生产体系的形成。

在世纪之交,我们回顾过去,展望未来,组织编写现代集成制造系统(CIMS)系列丛书,其目的是,总结我们十多年来在国家高技术发展研究计划(863计划)的支持下,用高技术改造传统产业,并加强新兴产业的丰富成果和认识;同时不断拓展CIMS理念和内涵,使CIMS技术持续发展。该丛书的题材都是作者多年来在现代集成制造技术领域中的最新研究成果,代表了我国在该领域的前沿方向。我们相信该丛书的出版必将在我国CIMS的研究、应用和发展中起到积极的推动作用。

实现我国制造业的信息化、现代化是一个很长的历史过程,需要几代人的努力。但是我们坚信:中国必将以一个制造强国、工业强国的面貌屹立于世界民族之林。



中国工程院院士

国家高技术计划自动化领域首席科学家

2000年5月

前言

面向对象方法在经历了 30 年的发展之后,已经成为软件系统分析、设计与实现的最有影响的方法。无论从提高软件系统的可重用性方面,还是从降低软件系统的复杂性方面,面向对象技术作为软件开发的新方法都表现出了明显的优势,其增量式的循环开发过程更符合复杂软件系统的实际需求和开发过程。因而,它也就理所当然受到广泛的重视和欢迎。将面向对象技术应用用于复杂系统的设计与开发可以大大提高软件的规范化程度和开发效率。

目前,国内外已经有许多面向对象技术方面的专著,但大多数是介绍面向对象的编程技术,以介绍面向对象的编程语言为主,如 C++, Visual C++ 等。这些著作对于普及面向对象的概念有重要意义,在很大程度上可以帮助软件开发人员提高软件开发水平。但是,面向对象编程(Object-Oriented Programming,简称 OOP)仅是面向对象技术的组成部分之一。对于复杂软件系统的设计和开发,仅仅会使用面向对象编程语言是远远不够的。从某种程度上讲,如果软件开发人员仅仅掌握了面向对象的编程语言而对面向对象技术没有全面的了解,他们开发的软件系统在本质上可能并不是真正的面向对象的软件系统,而仅仅是使用了对象、类、封装等概念,是一个使用了面向对象编程语言开发的一个似是而非的面向对象软件系统。

广大的软件开发人员,特别是组织复杂系统开发的项目负责人,迫切需要了解面向对象技术的全部内涵,除了要掌握面向对象的编程技术外,还需要了解面向对象的系统分析(Object-Oriented Analysis,简称 OOA)技术和面向对象的设计(Object-Oriented Design,简称 OOD)技术。在此基础上还要学会使用面向对象的设计工具及面向对象的文档生成与管理工具。有了理论基础并

掌握了先进的工具,同时充分借鉴他人的开发经验,成功地开发复杂软件系统就有了可靠的保证。

为了向读者全面介绍面向对象技术以及使用该技术开发复杂软件系统的方法,本书结合作者在使用面向对象方法和工具设计开发 863/CIMS 主题重大关键技术攻关项目“制造业 CIMS 应用集成平台原型系统开发”中的实际经验,通过对面向对象方法、面向对象设计开发过程、面向对象设计工具及文档规范生成与管理工具的介绍,为读者提供一整套实用的面向对象技术。通过应用实例介绍,使读者深入了解面向对象技术的优势和应用过程,为读者学习和使用面向对象方法提供生动而具体的参考。

本书第 5,7,8 章的初稿由曹军威提供,其他章节由范玉顺撰写,全书由范玉顺进行修改校订。在本书的写作过程中,得到了清华大学计算中心俞盘祥教授的大力支持和指导。俞教授不仅鼓励和支持作者完成本书的写作,还悉心审阅了全书,并提出了许多建设性的意见,在此表示衷心的感谢。作者还要特别感谢清华大学自动化系吴澄院士,吴澄院士不仅是 863/CIMS 主题重大关键技术攻关项目“制造业 CIMS 应用集成平台原型系统开发”的倡导者和规划者,而且在作者负责该项目期间,从总体设计到关键技术攻关都给予了全面的指导和支持,该项目的成功是本书得以完成的基础。衷心感谢中国太平洋软件公司为本书提供了面向对象设计工具 Rose4.0,并授权将此软件的测试版作为本书的附件(见书后所附光盘)提供给读者。书中许多内容均是作者研究开发工作的体会。由于作者水平有限,书中的缺点和错误在所难免,欢迎广大读者批评指正。

范玉顺

2000 年 3 月于清华园

目 录

第 1 章 引言	1
1.1 软件工程的基本概念	1
1.2 软件需求分析和开发的结构化方法	4
1.2.1 结构化分析与设计方法	6
1.2.2 Jackson 系统开发方法	7
1.3 结构化方法的特点与不足	8
1.3.1 结构化方法的特点	8
1.3.2 结构化方法存在的不足	9
1.4 面向对象技术	11
1.4.1 面向对象方法的基本概念	11
1.4.2 面向对象的分析、设计与编程方法	14
1.4.3 面向对象软件工程	18
1.4.4 OMT 方法	19
1.4.5 一体化建模语言	20
1.5 Booch 方法简介	21
第 2 章 对象模型	23
2.1 对象模型的基本元素	25

2.1.1	抽象	25
2.1.2	封装	31
2.1.3	模块化	34
2.1.4	层次性	36
2.1.5	类型	40
2.1.6	并发性	45
2.1.7	持久性	46
2.2	面向对象方法与对象模型的优点	46
第3章	对象和类	48
3.1	对象	48
3.1.1	对象的状态	49
3.1.2	对象的行为	51
3.1.3	对象的标识	54
3.1.4	对象的生命周期	57
3.2	对象间的关系	58
3.2.1	连接	58
3.2.2	聚合	60
3.3	类	61
3.4	对象与类之间的关系及不同作用	74
第4章	对象与类的抽象机制及表示方法	76
4.1	类与对象抽象机制与方法	76
4.2	如何建造高质量的类和对象	79
4.2.1	检验抽象的质量	79
4.2.2	选择合适的操作	80
4.2.3	选择合适的关系	81
4.2.4	选择合适的实施方法	82
4.3	对象与类的基本表示形式	82
4.3.1	类图及类范畴图	84
4.3.2	其他类图表示形式	87
4.3.3	形式化定义	94
4.4	状态转换图	95
4.4.1	状态	96

4.4.2	状态转换的深入概念	97
4.5	对象图	99
4.6	交互图	103
4.7	模块图	104
4.8	处理图	105
第5章	面向对象的设计工具	107
5.1	概述	107
5.1.1	面向对象的设计工具的特点	107
5.1.2	面向对象方法的系列设计开发工具	109
5.2	面向对象的设计工具 Rational Rose/C++ 简介	115
5.3	Rose/C++ 使用方法	117
5.4	使用 Rose/C++ 建立系统模型	119
5.4.1	Rose 的安装与启动	119
5.4.2	类图的建立	119
5.4.3	面向对象设计中其他模型的建立	126
5.5	Rose/C++ 对面向对象设计实施提供的其他支持功能	128
5.5.1	Use-Case 建模工具	128
5.5.2	UML 建模功能	129
5.5.3	Rose/C++ 对 C++ 代码生成、DDL 和 IDL 接口的支持	130
5.5.4	方便的用户联机帮助和自学指导	132
第6章	面向对象设计开发过程	135
6.1	面向对象开发过程概述	135
6.2	微过程方法	136
6.2.1	确定类和对象	137
6.2.2	确定类和对象语义	139
6.2.3	确定类和对象之间的关系	141
6.2.4	实施类和对象	145
6.3	面向对象开发主流程	146
6.3.1	概念建立	147
6.3.2	系统分析	149
6.3.3	系统设计	152

6.3.4	系统实施	155
6.3.5	运行维护	158
第 7 章	面向对象软件开发规范与文档生成工具	160
7.1	面向对象软件开发规范	160
7.2	面向对象软件开发文档细则	167
7.2.1	文档组成	167
7.2.2	文档细则	168
7.3	面向对象文档生成工具 SoDA for Word	178
7.3.1	SoDA 简述	178
7.3.2	SoDA 入门	181
7.3.3	SoDA 模板定制	184
7.3.4	模板示例	188
第 8 章	应用实例研究	191
8.1	应用实例背景介绍	191
8.1.1	集成平台的产生背景	191
8.1.2	CIMS 应用集成平台的基本概念	193
8.1.3	制造业 CIMS 应用集成平台的体系结构与功能	195
8.1.4	运控代理模型	197
8.1.5	控制代理	198
8.2	应用实例的面向对象设计分析	199
8.2.1	概念建立阶段文档	199
8.2.2	系统分析阶段文档	201
8.2.3	系统设计阶段文档	212
8.2.4	系统实施阶段文档	217
8.2.5	运行维护阶段文档	232
8.3	结论	232
第 9 章	软件设计开发技术展望	233
9.1	CORBA 规范及其应用简介	234
9.1.1	CORBA 的产生	234
9.1.2	对象管理参考模型及 CORBA 体系结构	234
9.1.3	CORBA 的应用状况	238

9.2 软件代理技术简介.....	240
9.2.1 为什么软件需要代理	240
9.2.2 什么是软件代理	241
9.2.3 代理通信语言	243
9.2.4 代理实现的典型应用	243
参考文献	246
附录：Booch 表示方法快速参考图例	248

第 1 章

引 言

1.1 软件工程的基本概念

软件是计算机系统中与硬件相互依存的另一部分,是由程序、数据及其相关文档组成的一个相对完整的集合。软件技术的发展与计算机应用的需求密切相关,在 20 世纪 40 年代出现第一台计算机时,就对计算机软件有了明确的应用需求。软件是计算机硬件发挥作用的重要载体。如果没有软件,计算机不能够完成人们所需要完成的任务。

从 20 世纪 40 年代至今 50 多年来,软件的发展大致经历了三个阶段,即 50~60 年代的程序设计阶段、60~70 年代的程序系统阶段和 70 年代以来的软件工程阶段。表 1-1^[1]给出了计算机软件三个发展阶段一些主要特征的对比。

1968 年提出的软件工程概念与 20 世纪 60 年代出现的软件危机有密切的关系。自 60 年代以来,随着计算机的广泛应用,软件生产率、软件质量远远满足不了社会发展的需求,成为社会、经济发展的制约因素。当时,软件开发虽然有一些工具的支持,如编译联接器等,但基本上还是依赖开发人员的个人技能,没有可遵循的原理、原则和方法,也缺乏有效的管理。软件的可靠性、可维护性较差,而且往往超出预期的开发时间要求。软件工程概念的提出是为了倡导以工

程的原理、原则和方法进行软件开发,以期解决当时出现的“软件危机”。

表 1-1 计算机软件发展的三个时期及其特点

时期 特点	程序设计	程序系统	软件工程
软件包含的内容	程序	程序及说明书	程序、文档、数据
主要程序设计语言	汇编及机器语言	高级语言	高级语言与第4代语言
软件工作范围	程序编写	包括设计与测试	软件生存期
需求者	程序设计者本人	少数用户	市场用户
开发软件的组织	个人	开发小组	开发小组及大中型软件开发机构
软件规模	小型	中小型	大中小型
决定质量的因素	个人程序技术	小组技术水平	管理水平
开发技术和手段	子程序、程序库	结构化程序设计	数据库、开发工具、开发环境、工程化开发方法、标准与规范、网络及分布式开发、面向对象技术
维护责任者	程序设计者	开发小组	专职维护人员
硬件特征	价格高、存储量小、工作可靠性差	价格降价、速度、容量及可靠性明显提高	向超高速、大容量、微型化及网络化方向发展
软件特征	完全不受重视	软件技术发展不能满足需要、出现软件危机	开发技术有进步,但未获突破性进展,价高,未完全摆脱软件危机

软件危机是指在计算机软件开发和维护过程中所遇到的一系列问题,例如:不能正确地估计软件开发成本和进度,致使实际开发成本往往高出预算很多。具体地说,有以下主要的问题:

- (1) 软件产品不可靠,满足不了用户的需求,甚至无法使用;
- (2) 交付使用的软件不易进化,以致同样的软件多次重复开发;
- (3) 软件生产率低下,基本上处于手工作坊式的生产模式。

产生软件危机的原因很多,除了与软件本身固有的特征有关外,还与软件开发模式、软件设计方法、软件开发支持工具与软件开发管理方法等有关。软件工程的发展也大致经历了两个时期。20世纪60年代末到80年代初是软件工程发展的第一个时期,在这个阶段,围绕软件项目开展了有关开发模型、支持工具与开发方法的研究,提出了软件开发的瀑布模型、结构化设计方法和结构化程序设计语言(如Ada, Pascal和C语言等)。

相对于计算机硬件技术的发展,当今计算机软件的发展相对滞后。这种

滞后反映在计算机的硬件速度几乎每 3 到 5 年就提高 10 倍,同时价格下降 10 倍,而目前的计算机软件的开发周期则仍然很长,软件的开发费用越来越高,应用软件的开发速度远远跟不上硬件的发展速度。20 世纪 80 年代初以来软件工程进入了其发展的第二个时期,围绕软件工程过程开展了有关软件生产技术,特别是软件复用技术和软件生产管理的研究和实践,提出了具有广泛应用前景的面向对象方法和相关的语言,并大力开展了计算机辅助软件工程(CASE)的研究与发展,各类 CASE 产品相继出现。近几年来,软件工程的研究已从过程(管理)转向产品(开发),更加注重新的程序开发模式和大规模开发环境的研究。同时,高智能、高自动化的 CASE 成为软件工程技术研究的热点。

目前许多软件开发者已经充分认识到,开发一个软件,除去那些规模很小的项目外,通常要在多个软件人员的配合、协作之下共同完成,各开发阶段之间的工作也应有很好的衔接;开发工作完成后,软件成果要面向用户,在应用中接受用户的检验。这些活动都要求人们改变过去那种把软件当作个人才智产物的观点,抛弃那些只按自己工作习惯不顾与周围其他人员配合关系的做法。60 年代的“软件危机”将人们的注意力转移到软件开发过程中独立于程序之外的部分。实践表明,按工程化的原则和方法组织软件开发工作是有效的,也是摆脱软件危机的一个主要出路。软件工程就是研究如何有效地组织和管理软件开发的工程学科。IEEE 在 1983 将软件工程定义为:软件工程是开发、运行、维护和修复软件的系统方法。图 1-1 给出了软件工程的框架模型。它从不同的侧面描述了软件工程的目标(生产具有正确性、可用性以及开销合理的产品)、软件工程的过程(从需求、设计、实施、确认到支持的全过程)、软件工程实施的原则或指南(合适的开发模式、合适的设计方法、有效的支持和有效的管理)。

组织实施软件工程项目,从技术上和管理上采取了多项措施后,最终希望项目成功,即达到以下几个主要目标:

- (1) 付出较低的开发成本;
- (2) 达到要求的软件功能;
- (3) 取得较好的软件性能;
- (4) 开发的软件易于移植;
- (5) 需要较低的维护费用;
- (6) 能按时完成开发工作,及时交付

使用。

这几个目标自然地成为判断软件开

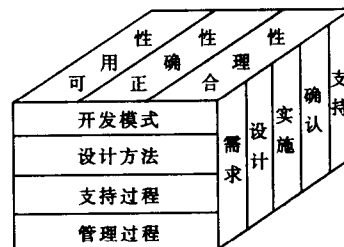


图 1-1 软件工程框架