

workflow 管理技术基础

—— 实现企业业务过程重组、
过程管理与过程自动化的核心技术

Fundamentals of Workflow
Management Technology

范玉顺 主编

Fan Yushun



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

workflow management technology foundation

——实现企业业务过程重组、过程管理与过程自动化的核心技术

范玉顺 主编

罗海滨 林慧苹 赵虹 编著

清华大学出版社

施普林格出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

workflow 技术是实现企业业务过程建模、仿真优化分析、过程管理与集成,最终实现业务过程自动化的核心技术。本书结合作者几年来在 workflow 管理技术研究中取得的成果,对 workflow 管理系统的产生背景、基本概念、系统结构、实现方法、实施策略进行了全面的介绍,对 workflow 管理技术相关的研究情况和产品现状进行了深入的分析,为从事 workflow 管理技术研究和应用的人员全面了解 workflow 管理技术提供了详细的科研资料,是研究人员开展深入研究的基础。

本书可以作为企业管理人员和工程技术人员进行企业经营过程重组和实施 workflow 管理系统的参考资料,还可以作为计算机、自动化、机械工程等专业的研究生学习相关课程的教材或参考书。

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。

书 名: workflow 管理技术基础

作 者: 范玉顺 主编

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.sup.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: 21 字数: 380 千字

版 次: 2001 年 4 月第 1 版 2001 年 4 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-04313-2/TP·2537

印 数: 0001~4000

定 价: 39.00 元(普装) 55.00 元(精装)

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)和物流(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—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。

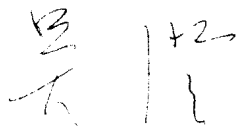
十多年来,我们以提高我国企业的竞争能力和创新能力作为技术发展的宗旨,以“企业真正取得效益、企业说好才是真好”作为技术成败的主要评价标准,走出了一条与我国企业紧密结合的道路。通过与机械、电子、航空、航天、轻工、纺织、石油、化工、冶金等行业的二百多家企业密切合作,取得了显著的经济效益和社会效益。这也为 CIMS 本身的技术创新提供了源泉。二者互相促进不断深化。我国 CIMS 研究的深度和广度、应用效果及其对国家的影响,在国际上是公认的。我国对 CIMS 技术内涵的丰富和发展,也得到国际同行的承认。清华大学、华中理工大学分别于 1994 年和 1999 年获得美国制造工程师学会(Society of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

workflow 技术是实现企业业务过程建模、业务过程仿真分析、业务过程优化、业务过程管理与集成,从而最终实现业务过程的自动化的核心技术。对企业利用 workflow 方法进行业务过程的建模和深入分析不仅可以规范化企业的业务流程,发现业务流程中不合理的环节,进而对企业的业务过程进行优化重组,而且所建立的业务过程模型本身就是企业非常重要的知识库和规则库,可以成为指导企业实施计算机管理信息系统的模型。在深入分析企业需求基础上建立的企业业务模型可以在最大程度上提高企业实施 ERP 或者其他管理信息系统的成功率。所以,大力发展并推广 workflow 技术对于促进我国企业管理规范化和信息化有重要的现实意义。

workflow 管理技术作为一种过程建模和过程管理的核心技术,可以与其他应用系统有效地结合,生成符合企业需求的各种业务管理系统,如办公自动化系统、项目管理软件、PDM 系统、客户关系管理系统、供应链管理系统、ERP 系统等。这些采用 workflow 技术作为核心开发的业务管理系统的最大特点,也是这些系统与普通的应用软件系统的最大差别,是它们具有高度的灵活性,可以按照企业的具体需求,快速灵活地生成应用软件系统,并且在客户业务过程发生变化时,迅速地进行重组来满足客户需求。

workflow 管理技术的出现和迅速发展满足了企业组织结构重组与先进制造战略实施的客观需求。它的出现也促进了企业的计算机应用水平上升到一个新的阶段,即从支持企业功能实现的事务处理系统发展到支持企业实现经营目标的业务处理系统,所以,也有人将 workflow 管理系统称为企业的业务操作系统(BOS)。

目前, workflow 技术的研究与应用在我国尚处于起步阶段, 虽然已经有不少研究人员从不同的角度开展了 workflow 管理及其相关技术的研究, 但是, 有关 workflow 管理技术研究和应用中的许多关键技术问题还处于探索阶段。在综合了当前 workflow 管理技术产品情况和发展趋势情况下, 结合作者几年来在 workflow 管理技术研究中取得的成果, 本书对 workflow 管理系统的产生背景、基本概念、系统结构、实现方法、实施策略进行了全面的介绍, 对 workflow 管理技术相关的研究情况和产品现状进行了深入的分析。此外, 本书还对 workflow 管理技术的研究与应用实施中的一些关键技术问题开展了深入的讨论, 就 workflow 管理技术的企业需求、workflow 建模、workflow 执行、应用集成机制、过程集成方法和过程自动化、workflow 技术在企业经营过程重组以及 CIMS 中的应用等问题提出了自己的见解, 并详细介绍了作者设计开发的基于 CORBA 和 Web 技术的分布式 workflow 管理系统 CIMFlow 的设计与实现技术。

本书为有志于从事 workflow 管理技术的研究人员全面了解 workflow 管理技术提供了详细的科研资料, 是研究人员开展深入研究的基础。本书也可以作为企业实施经营过程重组和 workflow 管理系统的参考资料, 还可以作为计算机、自动化、机械制造专业的研究生学习 workflow 管理技术的教材使用。

在本书的写作过程中, 得到了清华大学自动化系吴澄院士的大力支持。吴澄院士不仅大力推荐了本书的出版, 还对项目组开展 workflow 及其相关技术的研究提供了全面的指导和支持。在此, 衷心地感谢吴澄院士的支持和帮助。衷心感谢德国帕德波恩大学经营计算系 Ludwig Nastansky 教授、张红博士、王蓓女士, 对他们为编写本书第 5.5 节付出的辛勤劳动和在 workflow 技术上开展的有益讨论表示衷心的感谢。衷心感谢清华大学自动化系熊光楞教授的支持和帮助。作者还要衷心感谢作者的同事们和研究生们在 workflow 管理技术的研究开发上所作出的贡献和对本书的写作所提供的支持。作为我国第一本全面介绍 workflow 管理技术的书, 作者力图客观全面地向读者介绍 workflow 管理这个新兴技术, 书中的许多内容是作者研究开发工作的体会。由于 workflow 技术还正处在迅速发展阶段和作者本身的水平所限, 书中的缺点和错误在所难免, 欢迎广大读者批评指正。

作 者

2000 年 9 月于清华园

目 录

第 1 章 先进制造战略与企业计算机应用	1
1.1 企业经营环境的变化	1
1.2 先进制造战略	4
1.2.1 并行工程	6
1.2.2 敏捷制造	9
1.2.3 虚拟制造	13
1.3 企业组织结构的变化	18
1.4 企业计算机应用的发展过程与趋势	24
第 2 章 workflow 管理系统基本概念	28
2.1 workflow 问题的起源与基本概念	28
2.1.1 workflow 问题的起源	28
2.1.2 workflow 的基本概念和定义	31
2.2 workflow 管理系统	36
2.2.1 过程建模	37
2.2.2 workflow 运行控制	38
2.2.3 workflow 管理中的人机交互	40
2.2.4 workflow 管理系统与群件	41
2.3 workflow 管理系统分类	42

4.4.3	异常处理策略与方法	99
4.5	基于状态与活动图的工作流管理系统 Mentor	101
4.5.1	建模工具与建模方法	101
4.5.2	系统的体系结构	102
4.5.3	工作流过程实例的执行方法	103
4.5.4	主要研究方向与关键技术	104
4.6	工作流管理技术的其他研究	105
第5章	工作流管理软件产品	110
5.1	IBM 的 MQSeries Workflow	110
5.1.1	产品体系结构	111
5.1.2	产品的主要特点	114
5.1.3	产品的应用范围	116
5.2	Action Technologies 公司的 Metro	116
5.2.1	Metro 的组成	117
5.2.2	Metro 的特点	119
5.2.3	Metro 的应用范围	120
5.3	FileNet 公司的 Visual WorkFlo	120
5.3.1	Visual WorkFlo 的组成	120
5.3.2	Visual WorkFlo 的特点	121
5.3.3	Visual WorkFlo 的应用范围	122
5.4	JetForm 公司的 InTempo	122
5.4.1	InTempo 的组成	122
5.4.2	InTempo 的特点	123
5.4.3	InTempo 的应用范围	124
5.5	Pavone 公司的 Espresso	124
5.5.1	Espresso 的体系结构	125
5.5.2	Espresso 工作流的特点	130
5.5.3	Espresso 工作流的应用范围	134
5.6	几类工作流产品的发展状况	134
第6章	工作流模型	136
6.1	概述	136
6.2	基于活动网络的过程模型——FlowMark 工作流模型	140

6.3	事件驱动的过程链模型	144
6.4	基于语言行为理论的工作流模型	146
6.5	基于 Petri 网的工作流模型	150
6.5.1	工作流网的定义	153
6.5.2	工作流网的基本组件	154
6.5.3	触发机制	156
6.5.4	一个工作流网模型的例子	157
6.6	工作流的事务模型	160
6.6.1	嵌套事务模型	161
6.6.2	Sagas	162
6.6.3	分支/汇合事务模型	163
6.6.4	ACTA	164
6.6.5	ConTracts	166
6.6.6	事务工作流	169
第 7 章	工作流过程定义语言	172
7.1	WPD L 语法及语言结构	173
7.1.1	基本数据类型、表达式和操作符	174
7.1.2	属性、扩展属性和参数	178
7.1.3	工作流模型	179
7.1.4	工作流过程定义	182
7.1.5	工作流活动	184
7.1.6	转移信息	186
7.1.7	工作流应用定义	186
7.1.8	工作流相关数据	187
7.1.9	工作流参与者	187
7.2	一个 WPD L 的例子	188
7.2.1	过程描述	188
7.2.2	工作流模型的 WPD L 描述	189
7.2.3	信件室的处理过程	192
第 8 章	分布式工作流系统的实现技术	197
8.1	分布式工作流	198
8.2	工作流系统的底层基础结构	202

8.2.1	对象管理参考模型与 CORBA 体系结构	203
8.2.2	CORBA 的应用状况	206
8.2.3	CORBA 与 DCOM 的比较	208
8.2.4	消息传递系统、代理系统及 Web	210
8.3	几个典型的工作流系统实现方案	211
8.3.1	Exotica/FMQM	211
8.3.2	EVE	214
8.3.3	DartFlow	217
第 9 章	 workflow 管理系统 CIMFlow	221
9.1	需求分析	221
9.2	CIMFlow 的工作流模型	223
9.2.1	过程模型	224
9.2.2	组织模型	233
9.2.3	资源模型	235
9.2.4	工作流相关数据	237
9.3	CIMFlow 的实现方案	238
9.3.1	CIMFlow 的运行过程	239
9.3.2	工作流建模工具	241
9.3.3	分布式工作流机的设计方案	245
9.3.4	工作流机的接口设计	248
9.4	CIMFlow 的 Web 界面	250
9.4.1	管理员界面	251
9.4.2	普通用户界面	253
第 10 章	 workflow 技术在企业经营过程重组中的应用	256
10.1	企业经营过程重组	256
10.1.1	企业经营过程重组的基本概念	256
10.1.2	企业经营过程重组的实施步骤	259
10.2	工作流管理技术在企业经营过程重组中的应用	260
10.3	企业工作流模型的建立	262
10.3.1	企业工作流模型的组成	263
10.3.2	建立工作流模型的步骤	264
10.3.3	建立企业工作流模型的实例	271

10.4	企业 workflow 模型的分析 and 优化	274
10.4.1	离散事件系统仿真的基本概念	275
10.4.2	workflow 模型仿真的应用范围	276
10.4.3	workflow 模型仿真的步骤	277
10.4.4	workflow 模型仿真分析实例	285
10.5	基于 workflow 管理的经营过程重组实施	293
第 11 章	workflow 在 CIMS 中的应用	296
11.1	CIMS 的基本概念	296
11.2	CIMS 实施对集成支持系统的需求	298
11.3	基于 workflow 的 CIMS 应用集成	299
11.4	基于 workflow 的集成化企业建模方法	301
11.4.1	集成化企业建模系统体系结构与建模方法	303
11.4.2	基于 CORBA 的企业建模与优化工具系统	307
11.5	workflow 在 CIMS 中的其他应用领域	309
	参考文献	311

第 1 章

先进制造战略与企业计算机应用

1.1 企业经营环境的变化

自 20 世纪 70 年代以来,世界市场已经由传统的相对稳定逐步演变成动态多变的市場,企业之间的竞争也由过去的局部竞争演变成全球范围内的竞争。同行业之间、跨行业之间相互渗透、相互竞争日趋激烈。在企业间竞争日益国际化、白热化的同时,当今企业所面临的社会、经济、制造环境与客户需求也已经发生了巨大的变化。

70 年代以前,一个产品的生命周期很长,构成产品的技术相对比较简单。一个新产品上市,其余工厂很快就生产出功能相同的产品,因此,市场竞争主要围绕如何提高生产率进行,大批量刚性生产由此应运而生。这种生产线建筑在产品部件化、部件标准化及加工工序规范化的基础上,然后应用泰勒的管理思想,把工人固定在以一定节奏运动的生产线旁,从事几项简单和熟练的加工操作,从而大幅度地提高了劳动生产率。从 70 年代中后期开始,直到 80 年代,市场竞争转到如何全面改善 T、Q、C 和 S 上。其含义是: T—产品的交货时间或新产品的上市时间; Q—质量; C—成本; S—售前和售后服务。进入 20 世纪 90 年代之后,市场竞争主要是围绕新产品的竞争而展开的。这是因为,一个新产品的价格总是高于其价值的,通过竞争,价格才逐渐接近价值。一个产品失去其独占期,就意味着这个产品生命周期的结

束。因此,今天的企业依靠一项或几项独占性技术构成的新产品就能获取高额利润。这种现象反映了这个时代的一个基本特征,即独占性技术构成了产品的主要价值及价格。信息时代的实质是知识的时代,大量知识产生、传播、应用,使知识—技术—新知识诞生的周期越来越短。如何敏捷地利用技术提供的可能性及时抓住市场对新产品需求的机遇,快速开发新产品,已成为赢得竞争的最重要的手段。

从图 1.1 给出的变化趋势上可以看出,在当今市场环境下,产品的生命周期在不断缩短,同一种产品的重复定单数量在不断减少,每批定单中对一种产品的数量也在不断减少,而客户对产品的多样性的要求呈持续增长的趋势。

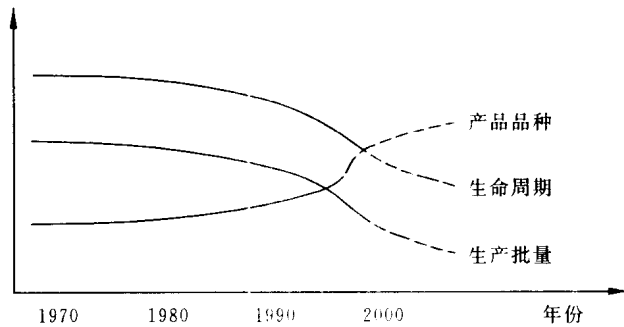


图 1.1 产品的变化趋势

除了传统的对企业提供产品的低成本、高质量要求外,当今的企业生产经营还要能够适应以下的市场环境变化:

(1) 市场被迅速地分割:当今,除了极个别的产品市场(如微软公司的 Windows 操作系统、波音飞机公司)被少数公司垄断以外,大部分产品的市场都被许多公司在动态地分割,每个公司凭借其实力和经营策略试图占有更多的市场份额。通过垄断来独占市场或者通过大批量生产的方式获得高额利润的机会已经越来越小。相反,在市场上能够异军突起、独占鳌头的公司则需要依靠推出能够领导市场潮流的创新产品,如近几年兴起的移动通信产品、电子商务软件、群件系统软件平台等。

(2) 产品的生命周期缩短:与 20 世纪 70 年代相比,当今产品的生命周期已经显著地缩短,产品的更新换代速度在显著加快。一种产品从投放市场到最终被淘汰的时间已经大大缩短。由于整个产品的销售时间缩短,企业在每个产品上的利润回报时间也大大缩短了,这就要求企业在研制开发这个产品上的投资能够在短期内得到效益回报。以汽车工业为例,在 20 世纪 50~60 年代,汽车公司推出的大部分车型平均可以有 15~20 年的生命周期,而到了 20 世纪 90 年代后期,汽车的平均生命周期已经缩短到了 5~7 年。国际上某