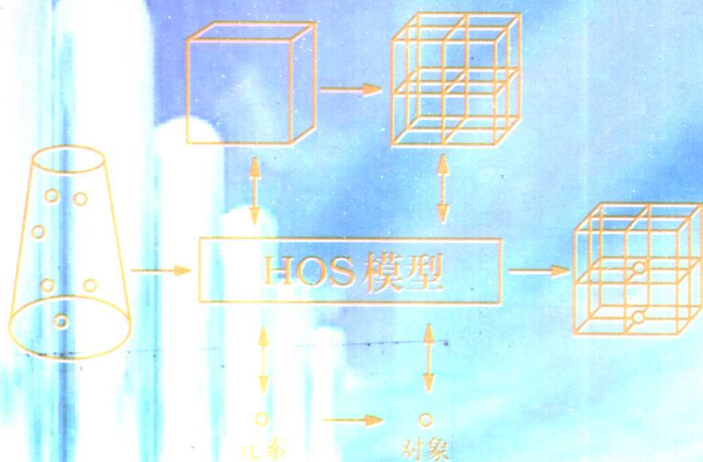


柔性装配系统 的设计与实现

何健康 陈加栋 马海波 编著



65
0



清华大学出版社

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

柔性装配系统的 设计与实现

何健康 陈加栋 马海波 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 提 要

本书详细阐述了适用于柔性装配系统中的递阶对象结构(HOS)方法学,书中的内容涵盖了柔性装配系统的理论、设计与实践等领域。全书共分9章,第1~4章阐述了柔性装配系统的基础理论,提出了HOS方法学的概念;第5~9章从实现的角度对理论进行了探讨,并且介绍了体现HOS方法学思想的一套软件工具。

本书读者对象为从事制造业设计与实现的工程技术人员,自动化与机械制造专业的本科生、研究生及教师。

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 柔性装配系统的设计与实现

作 者 何健康 陈加栋 马海波 编著

出版者 清华大学出版社(北京清华大学学研楼,邮编 100084)

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

印刷者 北京密云胶印厂

发行者 新华书店总店北京发行所

开 本 80×1168 1/32 印张:4.625 字数:115千字

版 次 2000年7月第1版 2000年7月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-03257-2/TP·2257

印 数:0001~3000

定 价:8.00元

前 言

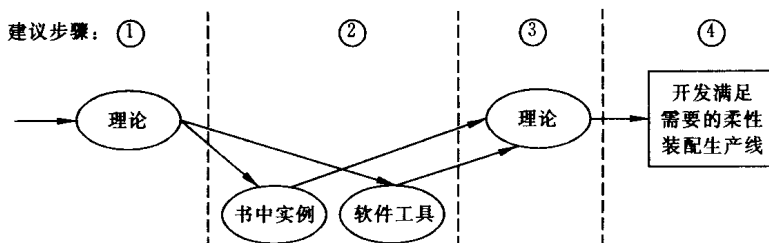
20 世纪 90 年代,随着全球信息技术与通信技术、多媒体技术等高新科技的飞速发展,全球化大市场逐步形成,新产品的竞争日益激烈。制造业中传统的大批量生产模式越来越难以满足市场的需要,为了提高制造业对今后市场变化和小批量、多品种产品要求的迅速响应能力,系统设计正在向集成化、柔性化、自动化方向发展。柔性装配系统与 70 年代应用的固定装配系统配置及操作有着本质的区别,柔性装配系统要求系统具有良好的响应内部和外部变化的能力,同时柔性应贯穿系统的整个生命周期(设计、实现、运行、维护),具有可集成性和协作能力。

呈现在读者面前的这本著作是香港城市大学和清华大学 CIMS/ERC 的联合研究成果,同时也参考了国内外这一领域研究前沿所发表的学术文献,其内容既反映了柔性制造系统研究的热点、前沿及发展趋势,也包括了一些较为成熟的理论和技术。因此本书适合作为自动化专业与制造工业学的高年级学生、研究生及老师的参考书,也可供从事制造业设计、实现的学者及工程技术人员参考使用。

本书重点阐述了开发 FALS 的 HOS 方法,该方法是在递阶控制思想、面向对象的模块化封装、CIMS 开放式体系结构、机电一体化原则的基础上形成的。依据此方法设计的 FALS 具有高度集成性和合作适应性,允许规划、设计的变化。本书采用理论紧密结合实际的原则,探讨了开发 FALS 模型的概念和方法学,并且开发了 HOS 软件工具包来支持 HOS 方法设计、开发 FALS。

全书共 9 章,可以分为 3 个部分。第 1 部分(第 1~3 章)介绍

了柔性装配系统的基本理论;第2部分(第4章)重点提出了适用于柔性装配系统的递阶对象结构(HOS)的建模方法;第3部分(第5~9章)提供了大量的设计实例,详细研究了柔性装配系统的实现,阐述了一套适用于柔性装配线系统的HOS建模与仿真辅助工具软件。由于本书提供了许多设计实例以及开发柔性装配系统的工具软件,所以实用性、实践性是本书突出的特点。因而读者在阅读本书时,应紧紧抓住系统实现的部分,以加深对理论的理解。在此基础上,读者可自行开发满足需要的柔性装配系统。建议按下图所示步骤阅读本书。



香港城市大学的何健康教授、清华大学的陈加栋、马海波参与了全书的编撰与审定工作。作者对于国家CIMS中心总工程师熊光楞教授的大力指导致以诚挚的谢意,同时对香港城市大学制造及工程学系、清华大学并行工程研究室的全体同仁的支持表示感谢。

由于柔性装配系统在理论、技术和实践上还远未达到成熟阶段,加之我们的研究水平和应用实践都有局限性,因此书中的疏漏、不正之处在所难免,衷心希望读者不吝指教。

作者

2000年1月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 制造业面临的挑战	1
1.2 柔性装配系统的概念及其设计开发工作环境	2
1.3 CIM 开放式系统体系结构	3
1.4 集成制造领域的一些基本概念	5
1.5 集成制造建模方法	9
1.6 面向对象方法概述.....	13
1.7 模块化.....	14
第 2 章 柔性装配系统中的关键技术	16
2.1 柔性装配系统的特性.....	16
2.2 面向装配的设计.....	17
2.3 柔性装配系统的元素.....	20
2.4 物流.....	21
2.5 装配系统的布局.....	22
2.6 物流储运设备.....	23
2.7 装配机器人.....	28
第 3 章 柔性装配系统的自动化	32
3.1 装配自动化的种类.....	32
3.2 自动化系统策略.....	34
3.3 开发一个装配系统的策略.....	37
3.4 实时分布式控制.....	38
第 4 章 用面向对象的方法开发柔性装配线系统	43
4.1 柔性装配线系统需求分析.....	43

4.2	HOS 建模方法学	43
4.3	三维 CIM 参考模型	45
4.4	HOS 系统构造对象	47
4.5	HOS 建模方法	49
4.6	用 HOS 建模方法建立一个简单的 FALS	52
第 5 章	柔性装配线系统的概述	57
5.1	三维 CIM 参考模型回顾	57
5.2	FALS 的全局概念模型	58
5.3	FALS 的需求定义	59
5.4	客户驱动的市场的一些特点	60
5.5	企业层和工厂层的需求分析	63
5.6	车间层和单元层的需求分析	64
5.7	FALS 的初步分析和设计	67
第 6 章	柔性装配线系统车间层控制的建模	71
6.1	车间层控制领域的对象结构	71
6.2	产品流动态调度器	73
6.3	基于规则的实时决策器	75
6.4	产品流处理器	77
6.5	处理中断信号的原则	79
6.6	传送带控制器	82
第 7 章	柔性装配线系统的模块化传送带对象建模	84
7.1	模块化传送带对象建模的原则	84
7.2	模块化传送带对象物理配置建模	87
7.3	线性传送带对象建模	89
7.4	连接传送带对象建模	91
7.5	传感器和驱动器对象建模	93
第 8 章	柔性装配线系统的开发	97
8.1	FALS 对象的机电设计原则	97

8.2	传送带对象的物理构成·····	98
8.3	用于 FALS 车间层控制的逻辑对象 ·····	108
第 9 章	HOS 建模与仿真辅助工具 ·····	120
9.1	HOS 建模与仿真辅助工具的概念模型 ·····	120
9.2	建模环境 ·····	120
9.3	仿真环境 ·····	127
参考文献	·····	130
中英文名词对照	·····	137

第 1 章 概 论

1.1 制造业面临的挑战

自 1980 年以来,制造业中传统的大批量生产模式越来越难以满足市场的需要,逐渐被面向用户的生产模式所取代。1993 年 CASA/SME(美国制造工程师学会计算机及自动化系统分会)提出的“制造业轮图”明确指出市场及用户需求是制造加工企业成功的关键,应该通盘考虑用户需求、市场、设计、制造及技术支持等诸多因素。

事实上,早在 20 世纪 80 年代初期,随着全球范围内制造业竞争的日益激烈,制造系统已经成为由一些独立的加工中心和机器所组成的自动化系统。然而,随之而来的新问题是,由于缺乏信息交流和集成,这样一个孤立的系统(“自动化孤岛”)无法快速应付瞬息万变的市場。因此在 80 年代中期,制造业提出了一个新的概念“计算机集成制造”(CIM,computer integrated manufacturing)。

在 CIM 领域有 2 个重要的发展方向:

- (1) 系统开发方法学及系统集成策略;
- (2) 具有高智能和灵活性的制造装置和设备。

其中,第 1 个领域主要研究以下内容:

- 如何实现整个系统生命周期快速、灵活地集成;
- 如何将商业用户从复杂的技术环节中解放出来;
- 怎样用商业过程的语言进行思维而不是用系统技术、组装结构的语言进行思维。

CIM 第 2 个领域主要研究以下内容:

- 制造系统各层中非确定性问题的解决方法,包括系统分析、设计及实现;

- 模块化及面向对象技术;
- 可重构性及可扩充性;
- 可重用性及兼容性。

CIM 与 70 年代基于大批量生产方法提出的传统的装配系统配置及操作有着本质区别。传统的固定装配系统阻碍了产品的柔性及快速市场响应能力的提高。

1.2 柔性装配系统的概念及其设计开发工作环境

一个运行合理、有效的柔性装配系统(FAS, flexible assembly system)的基本条件是该系统必须按照 CIM 系统的概念、建模方法及体系结构进行开发。尽管目前已有多种这样的概念、建模方法和体系结构,但它们大都在不断地发展和完善之中。比较有代表性的 CIM 体系结构有:

- CIM 开放式系统体系结构(CIM-OSA, CIM open system architecture),它是由欧共体 ESPRIT688、24422 和 5288 等项目提出的;

- GRAI 集成方法学(GRAI-GIM),它是由法国 Bordeaux 大学的 GRAI 实验室提出的;

- 普渡参考模型及相关方法,它是由美国普渡大学提出的。

其中 GRAI-GIM 侧重于描述 CIM 项目的生命周期及系统的决策过程,普渡参考模型则清晰地表达了人在企业中的地位。

企业建模是一项既复杂又琐碎的工作,因此没有一种系统方法学能够解决企业建模中的所有问题。在上述 3 种主要的方法学中 CIM-OSA 最正式,同时被引用得最多。

1.3 CIM 开放式系统体系结构

图 1.1 所示为 CIM-OSA 的主要属性,本书将通过它来描述、设计和实现一个柔性装配系统。

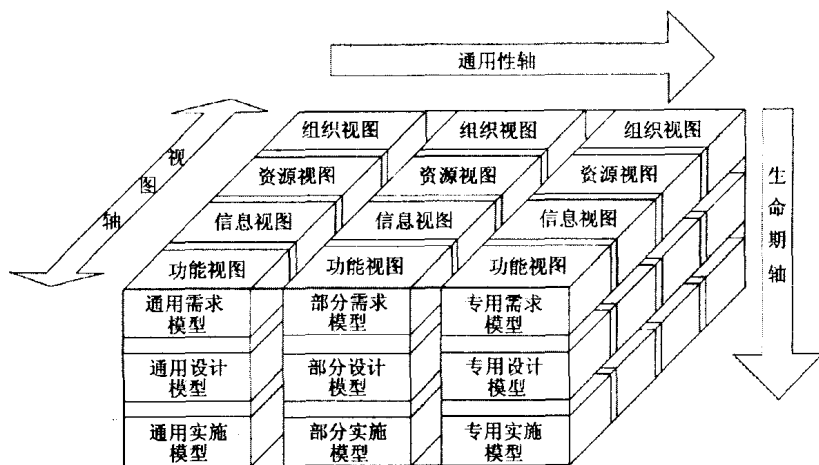


图 1.1 CIM-OSA 立方体

1.3.1 模型框架

CIM-OSA 所提供的模型框架具有以下特点:

- 通用的参考体系结构;
- 可用于企业建模的专用体系结构,它包括 3 个模型层次:需求定义层、设计说明层、实施描述层;
- 4 个视图:功能视图、信息视图、资源视图和组织视图。

为了减少建模工作量,同时也为了形成简捷的整体解决方案,该参考体系结构同时提供了一个部分通用的模型。该模型比 CIM-OSA 通用参考体系结构更加具体,可以适用于一个或一类企业。如果用户对其进行更加具体的定义,使之适合本企业的特殊

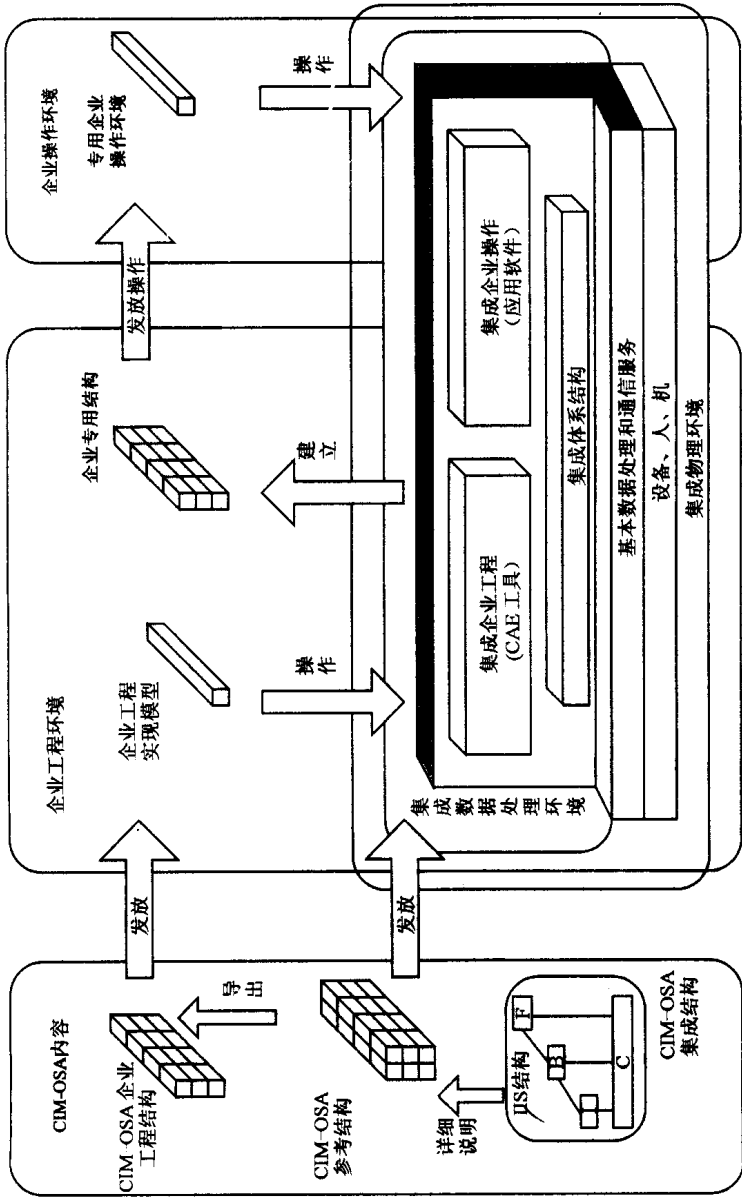


图 1.2 CIM-OSA 的系统集成环境

需要,就形成了 CIM-OSA 立方体中所描述的专用模型。

1.3.2 集成环境

CIM-OSA 定义了两个集成环境用于开发和运行企业系统:工程环境和操作环境。有时称前者为建造期(build time),称后者为运行期(run time)。这两个环境可以通过发放过程(release process)机制集成起来。在工程环境中,反复迭代生成新版本的模型,通过发放过程映射(转换)到操作环境中,供系统的运行管理使用。图 1.2 所示为 CIM-OSA 中的系统集成环境。

1.4 集成制造领域的一些基本概念

集成制造领域的概念很多,本节只讨论国际上广泛接受的、并且与设计 and 实现柔性装配系统有关的一些概念。

1.4.1 CIM 系统的组成——CASA/SME 的 CIM 企业轮图

CIM 企业轮图是由美国制造工程师学会计算机及自动化系统分会(CASA/SME)于 1985 年提出的,它比较全面地揭示了 CIM 系统的组成,如图 1.3 所示。

CIM 企业轮图包含 5 个基本范畴:

- 通用商业管理;
- 产品及过程定义;
- 制造规划及控制;
- 工厂自动化;
- 信息资源管理。

这 5 个范畴之间是紧密联系的。

第 1 个基本范畴通用商业管理,处于轮图的最外层。由成本核

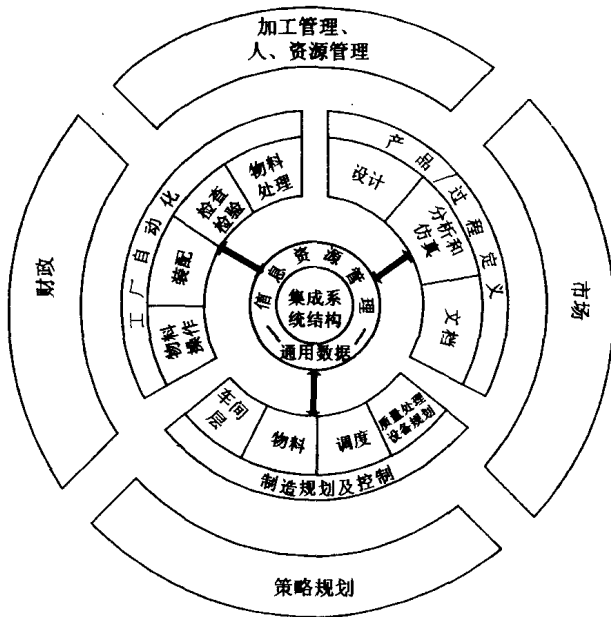


图 1.3 CIM 企业轮图

算、会计、市场、销售、订货、公共关系、决策支持、劳资管理等部分组成,这个范畴不仅是制造业的一个重要组成部分,而且是企业对外联系的纽带。

第 2 个基本范畴产品及过程定义,具有一组基本功能,包括计算机辅助工程(CAE)、成组技术、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、配置管理、建模仿真/优化,计算机辅助工艺设计(CAPP)等。

第 3 个基本范畴制造规划与控制,同样具有一组基本功能,如库存控制、能力规划等。

第 4 个基本范畴工厂自动化,包括机器人、柔性加工系统、自动化物流系统、自动检测系统和工程控制器。

第 2、3、4 个范畴共同构成轮图的第 2 层。在企业的运行过程

中它们不是按次序顺序执行的而是并行的。

第 5 个基本范畴信息资源管理,是 CIM 轮系的核心。这说明在 CIM 系统中需要管理、设计、制造的信息共享。

1.4.2 CIM 系统的控制结构——工厂递阶控制

有关工厂递阶控制方面的研究主要有以下 3 种模型,它们所提出的递阶控制模型是相似的。

- 由计算机辅助制造公司(CAI-I)提出的先进工厂管理系统(AFMS);
- 由美国国家标准局(NBS)提出的自动化制造研究基地(AMRF);
- 由国际标准化组织(ISO)提出的车间层生产模型(SFPM)。

下面讨论 3 个模型中所涉及的一些基本概念。尽管这 3 个模型所提出的递阶控制层次不同,但它们都利用了一个共同的基本概念,即利用递阶控制框架来开发一个先进的自动化制造系统。递阶控制框架是指:主要的决策在最高层完成,这些高层决策经分解后逐层下发;每一层都接收上级的指令和决策信息,这些指令可以在本层执行也可以继续分解后下发至下一层;同时,每一层向上一层反馈其状态,以便上层决策时使用。表 1.1 为这三个递阶控制模型的对比。

表 1.1 三个递阶控制模型的对比

CAI-I 先进工厂管理系统	NBS 自动化制造研究基地	ISO 车间层生产模型
		企业层
工厂层	设备层	设备层
加工车间	车间层	局部区域
	单元层	单元层
加工中心	工作站	工作站
加工单元	设备	设备

1.4.3 制造系统柔性

对制造系统中柔性的定义,众说纷纭,莫衷一是。下面简单介绍几个比较典型的定义。

(1) Sethi 于 1991 年给出了一个柔性制造的定义,实际上是对 Ropohl 于 1967 年给出的定义的发展。Ropohl 的定义是集成化地设计和连接系统中的元素,使得生产设备能满足不同的生产任务。

(2) Kickert 于 1985 年将柔性制造定义为一种控制方法,通过增加可控制对象的类型,提高控制速度等方法,达到快速响应外界不可预测性变化的目的。

(3) Jaikumar 和 Gerwin 等人分别于 1984 年和 1989 年提出制造系统柔性的定义应视具体的产品、过程和程序而定,并且容易为产品设计师、制造工程师和软件程序员所理解。从环境的不确定性因素看,制造柔性是工厂应付内部变化和外部压力的必要条件。内部变化包括设备故障、任务时间变更、零件加工排队延时等;外部压力通常是指不断变化的外部竞争,很多时候这些竞争是潜在的、不为人知的。

(4) Sethi 等人在 1990 年将制造柔性分成 11 种:机器、物流、操作、工艺、产品、路径、数量、可扩充性、程序、生产和市场。其中前 3 种是制造系统的重要组成部分,后面几种则贯穿于制造过程始终。

(5) Gupta 和 Buzacott 于 1989 年将制造系统的柔性描述为系统适应变化的能力,按照他们的观点,这里的能力是由制造系统的灵敏性和稳定性决定的。灵敏性决定系统是否能响应外界的生产需求变化,稳定性则决定当需要响应生产变化需求时,系统响应外界变化的能力如何。

(6) Pyoun 和 Choi 于 1994 年提出了一种方法,分别从系统的研制者和用户的角度分析制造系统的柔性。柔性可以分为潜在柔性和可实现柔性。潜在柔性是制造系统在研制阶段所具有的能力,可实现柔性则是由制造系统实际运行时的状态决定的。用户利用系统的潜在柔性和他们自己的工程技术和管理能力实现可实现柔性,从而满足特定的市场需要。

(7) Ranky 和 Browne 分别于 1983 年和 1984 年试图讨论柔性制造中单元与单元、单元与系统间的关系以及何时需要柔性等一些普遍关心的问题。

基于以上文献关于制造柔性定义的讨论,本书认为柔性装配系统中的柔性含义如下:

- 为快速响应市场变化,柔性装配系统应具有响应内部和外部变化的能力。

- 柔性应贯穿系统的整个生命周期(设计、实现、运行、维护),必须考虑其集成性以及与其它系统的协作关系。具体而言,系统的柔性不仅是系统运行时的软件及硬件的柔性,而且包含了系统生命期的前几个阶段中如设计、建模与仿真所具有的柔性。

1.5 集成制造建模方法

从 CIM-OSA 立方体上看,CIM 的建模方法也应从 3 个方位来考虑。

视图轴:功能视图、信息视图、资源视图、组织视图等,根据研究角度的需要,视图可以不断增加。

生命期轴:需求分析、系统设计、系统实现、系统运行、系统维护。如果需要,还可以进一步细分。

通用性轴:从特殊到部分通用再到通用,描述了系统建模的归