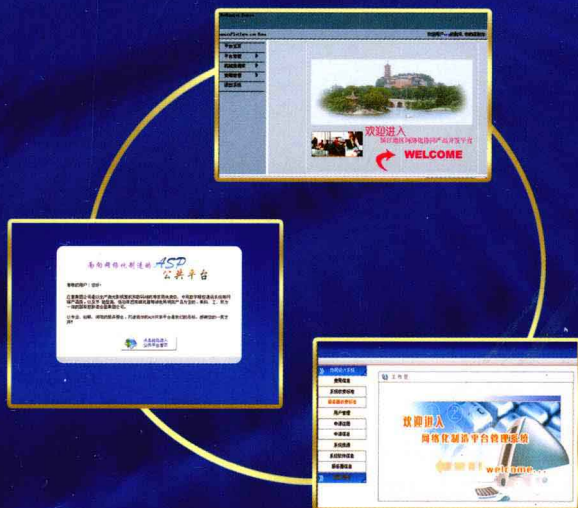


江苏大学专著出版基金资助出版

基于网络的设计制造 及智能集成

主 编 顾寄南
副主编 郑立斌 陈四杰



科学出版社

基于网络的设计制造 及智能集成

主 编 顾寄南

副主编 郑立斌 陈四杰

江苏大学专著出版基金资助出版

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

基于网络的设计制造及智能集成通过采用先进的网络技术、制造技术及其他相关技术,构建面向企业特定需求的基于网络的制造系统,并在该系统的支持下,突破空间对企业生产经营范围和方式的约束,开展覆盖产品整个生命周期全部或部分环节的企业业务活动,实现企业内部和企业之间的协同和各种社会资源的共享与集成。本书创造性地应用各种前沿技术,如现代设计技术、制造自动化技术、系统工程方法、动态联盟方法、并行工程方法、供应链管理技术、Agent 技术、分布式数据库管理技术、Internet 和 Web 技术以及网络通信技术等,在计算机网络和分布式数据库支撑下,将信息、过程、组织和知识有机集成,并实现整个系统的综合优化。

本书可作为高等院校、科研院所、制造企业等师生、研究开发人员、工程技术人员和管理人员的参考用书,同时对于相关专业的研究生也具有参考价值。

(江苏大学专著出版基金资助出版)

图书在版编目(CIP)数据

基于网络的设计制造及智能集成/顾寄南主编. —北京:科学出版社, 2011

ISBN 978-7-03-031995-1

I. 基… II. 顾… III. 制造-网络技术-研究 IV. TH164

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 158685 号

责任编辑:余 丁 杨 然 / 责任校对:李 影

责任印制:赵 博 / 封面设计:耕 者

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 8 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2011 年 8 月第一次印刷 印张: 29 1/2

印数: 1—2 500 字数: 581 000

定价: 90.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

基于网络的设计制造及智能集成是指制造企业利用网络技术开展设计、制造、资源检索、商务、管理等一系列活动,它是基于网络技术的先进制造模式,是在 Internet 和企业内外网络环境下,企业组织和管理其产品开发、生产和经营过程的理论和方法。

本书是以作者近十年来主持完成的有关基于网络的设计制造方面的国家 863 项目、国家信息产业部项目、国家重点实验室开放基金项目、省科技攻关项目、省工程研究中心开放基金项目、省重点实验室开放基金项目、市信息化重大专项项目的研究成果为基础编写而成,有较高的学术水平与工程应用价值。全书阐述了基于网络的协同设计及参数化技术、网络制造的若干关键技术、基于网络的制造资源智能检索和集成技术、基于网络的产品协同商务及竞价系统等,其内容和体系具有明显的特色。

本书可作为高等院校、科研院所、制造企业等师生、研究开发人员、工程技术人员和管理人员全面了解基于网络的设计制造及智能集成技术的详细科研文献和技术资料,并为其进一步开展该领域的研究工作和技术工作奠定了基础;此外,本书为制造企业实施网络制造技术和开发网络制造公共服务平台提供了重要的参考,同时为机械工程、电子信息、航空航天、车辆工程、工业工程、计算机应用和管理工程等领域的研究生提供了有价值的参考。

本书由江苏大学组织编写,全书由顾寄南任主编,郑立斌、陈四杰任副主编。第一篇由顾寄南、吕晓凤、姚玉杰、牛金奇、朱新云、周小青编写,第二篇由顾寄南、陈四杰、杨文佳、张刚、任一新、王佳、陈应春、郭昌林编写,第三篇由郑立斌、陈四杰、吕晓凤、唐敏、陈晓燕、代亚荣、王瑞盘编写,第四篇由郑立斌、顾寄南、崔京朋、鲁立峰、孙宏伟编写。

由于时间仓促和水平所限,书中难免存在不足之处,敬请读者不吝赐教。

顾寄南

2011 年 3 月

目 录

第一篇 基于网络的协同设计及参数化技术

第 1 章 协同产品开发过程建模及集成方法	3
1.1 协同产品开发过程建模的思想、方法及体系结构	3
1.2 基于 UML 活动图和 Petri 网的过程建模探讨	10
1.3 协同产品开发过程管理系统集成研究	21
第 2 章 网络化协同设计的机械资源库及其管理系统	30
2.1 开发工具的选择及其分析	30
2.2 机械资源库及其管理系统的框架构造	38
第 3 章 基于网络的零部件参数化设计技术	50
3.1 零部件参数化设计系统体系结构	50
3.2 零部件三维参数化设计技术探讨	58
3.3 面向网络化制造的零部件参数化设计的关键技术	67
第 4 章 基于机械资源库的零部件相似性技术	80
4.1 机械资源库相似性研究	81
4.2 相似性判断的实现	96

第二篇 网络制造的若干关键技术

第 5 章 基于 ASP 和 CPC 集成的新型网络制造模式	111
5.1 网络化制造中 ASP 与 CPC 的集成分析	111
5.2 基于 ASP 与 CPC 集成的新型网络化制造模式	119
5.3 新型网络化制造模式关键技术及体系结构	126
第 6 章 面向移动通信终端的网络制造平台集成技术	141
6.1 面向移动通信终端的网络化制造平台集成框架研究	141
6.2 平台集成框架的实现机制及关键技术研究	147
第 7 章 面向网络化制造的 ASP 平台计费模型	170
7.1 ASP 平台定价模型研究	170
7.2 ASP 平台计费系统的分析与设计	174

第 8 章 面向网络化制造的访问控制技术	186
8.1 访问控制技术探讨	186
8.2 网络化制造 ASP 服务平台的访问控制策略	190
第 9 章 面向网络化制造的入侵检测技术	206
9.1 面向网络化制造的网络安全策略的研究	206
9.2 面向网络化制造的入侵检测系统的设计与实现	211
第 10 章 面向网络化制造的产品数据安全技术	224
10.1 网络化制造环境下产品数据安全策略研究	224
10.2 虚拟企业的产品数据安全域研究	228
10.3 基于 SOAP 的 Agent 安全通信研究	241

第三篇 基于网络的制造资源智能检索和集成技术

第 11 章 基于 XML 的网络化制造资源智能检索技术	251
11.1 基于 XML 的网络化制造资源检索系统的构建	251
11.2 基于 XML 的网络化制造资源检索系统	258
第 12 章 基于数控领域本体的智能检索系统	280
12.1 面向数控领域的智能检索系统体系的构建	280
12.2 MIIRS 智能检索系统关键技术研究	290
第 13 章 基于语义 Web 服务的制造资源发现机制	303
13.1 基于 XML 的制造资源建模的探讨	303
13.2 制造资源发现框架的构建	311
13.3 制造资源发现机制关键技术研究	314
第 14 章 数字化设备资源共享系统	321
14.1 Jini 和移动 Agent 技术分析	321
14.2 基于 IP Internet 的 Jini 分布式体系分析和设计	327
14.3 移动 Agents 之间的通信语言和协商算法	340
第 15 章 基于集成的制造资源可重构性技术	348
15.1 网络化制造任务分配方案及其模型	348
15.2 基于数控设备的制造资源重构的研究	355

第四篇 基于网络的产品协同商务及竞价系统

第 16 章 基于网络的产品协同商务及其集成技术	375
16.1 基于逐步回归法的流程型企业	375

16.2	产品协同商务与 ERP 的集成技术研究	387
第 17 章	面向流程制造行业的协同商务模型及体系	394
17.1	面向流程制造行业的协同商务模型	394
17.2	面向流程制造行业的协同商务集成平台体系	409
17.3	协同商务集成平台的技术架构	420
第 18 章	基于网络的企业竞价系统	435
18.1	面向网络化制造的企业竞价系统的系统分析	435
18.2	面向网络化制造的企业竞价系统的关键技术	445
参考文献		458

第一篇 基于网络的协同设计 及参数化技术

协同环境下的产品开发过程是一项复杂的系统工程,建立产品开发过程模型对指导实际的产品开发和保障整个产品开发过程的有序进行有着重要的意义。本篇包括四章内容,第1章协同产品开发过程建模及集成方法;第2章网络化协同设计的机械资源库及其管理系统;第3章基于网络的零部件参数化设计技术;第4章基于机械资源库的零部件相似性技术。

第 1 章 协同产品开发过程建模及集成方法

任何正确、实用的模型必然源于不断的实践,以及对真实系统进行的多次模拟。因此,本章从易于实施的角度出发,针对机械产品典型开发过程,深入探讨并构建了过程建模的方法。

本章首先对现代产品开发过程的特点和发展趋势进行深入探讨,详细分析已有的建模方法及优缺点。在此基础上,以全局导航、局部决策的思想,提出基于统一建模语言(unified modeling language, UML)活动图和 Petri 网的分层建模方法。通过用 UML 活动图对产品开发全局过程进行描述,确定过程视图和其他派生图之间的关系,提出视图间的组织结构方法。同时,通过对具体生产环节的 Petri 网描述,达到使管理人员对局部进行有效控制的目的。

只研究模型,不便于工程技术人员理解与实施,无法真正地起到过程建模的作用。集成的产品开发过程管理系统是企业实施信息化的重点和难点。本章以过程模型为核心,以易于实施为目的,从系统的过程集成、基于 Web 与公共对象请求代理体系结构(common object request broker architecture, CORBA)技术对系统集成环境的构建,以及数字化产品全生命周期信息的表达这三个方面对协同产品开发过程系统进行详细描述。

1.1 协同产品开发过程建模的思想、方法及体系结构

协同环境下产品开发是建立在计算机集成制造、并行工程、敏捷制造等研究理论和成果基础上。通过对复杂产品设计过程的重组、建模优化,建立产品协同开发流程的过程,对企业健康、快速发展有重要意义。

1.1.1 过程建模概述

产品协同开发过程建模是协同设计系统的关键技术之一,与传统的设计过程建模相比,又具有其独特性以及复杂性。因此,它是一个比较复杂和重要的问题。健全的设计过程模型,不仅要反映设计过程的静态属性,而且还要反应设计过程的动态属性,同时设计过程模型又可以为后续工作有效地进行仿真提供技术支持。

产品开发过程是指从产品定义到产品批量生产之前这一阶段,包括与产品开发有关的所有技术活动和管理活动,它代表了特定组织进行产品开发的行为。产

品开发过程是一个将工程技术方法以及工具、人员集成并付诸产品开发实践活动的集合,它涉及技术和管理两个方面。从制订设计决策、解决问题的角度看,设计过程是一个问题不断解决的过程,包括获得需求信息,定义整个目标和任务,分解总任务为子任务,解决子任务,再将子任务的解决方案合并,最后提供整个产品的解决方案。

产品开发过程建模是进行产品开发过程研究和应用的首要问题。过程建模并不是一个新概念,国内外对此已经开展了大量研究。但是,在传统的产品开发环境下,由于涉及的开发人员相对比较容易组织等原因,一直没有得到充分的重视。随着现代企业竞争的加剧,新产品开发模式的应用,产品开发过程建模现已成为产品开发项目管理和规划中必不可少的一部分。

1.1.2 产品开发过程模型概念

产品开发过程模型是通过定义其组成活动,以及活动之间的逻辑关系来描述设计工作流程的,即产品开发过程模型是表示产品开发过程中的活动,及其相互之间的关系。过程建模就是建立过程模型的方法与技术,它通过定义活动和活动之间的关系来描述业务工作流程。在过程工程的活动中,过程概要设计、详细设计、项目试点和过程实施与监控,包括过程评估,都对产品开发过程建模提出了需求。

为了实现对产品开发过程的有效管理和控制,实现过程优化等目的,需要对产品开发过程中涉及的行为和信息进行描述和建模。具体来说,一个完整的理想化产品开发模型需要考虑以下内容:

(1) 产品开发过程模型应该描述在产品开发过程中大量的行为、各种现象。即需要描述产品开发过程中的反复性、预发布、设计迭代以及设计评审等特征;表征在各个产品开发任务间的相互关系,如顺序、并行、耦合等。

(2) 产品开发过程模型应该描述产品开发过程中涉及的时间、成本、组织管理等信息。以最小的成本和产品开发时间完成既定的产品开发任务是产品开发过程建模的最终目的,因而产品开发过程模型必须要包含上述信息。另外,实现对设计过程中的组织结构的描述,也是加强产品开发过程管理的重要手段。

(3) 产品开发过程模型应该对产品开发过程中涉及的资源进行建模。资源建模是产品开发过程建模的一个重要分支,因为在产品开发过程中,合理有效地分配有限的资源是加快产品开发速度,提高产品开发效率的有效途径。

(4) 产品开发过程模型应该描述产品开发过程的静态特性,同时应该描述其动态的执行,捕捉产品开发过程的动态特性。而且也能够通过建立的模型来定性和定量地分析设计过程。

1.1.3 基于导航思想的产品开发过程体系结构

1. 产品开发过程建模思想

在各个全局状态实现控制不仅是不可能的,而且还不能完整地描述系统的变化。“全国一盘棋”是对用全局状态实现控制得很准确的描述。听起来“全国一盘棋”显然比“各自为政”好,但对于稍微大一点的系统,其全局状态往往不是实时可知的。谁知道 Internet 上现在的全局状态?谁也不知道。其实,各自为政是客观存在的,自然界如此,Internet 如此,一个企业产品开发过程的各个环节也是如此。自然界有自然规律,各自为政自然是良性的。产品开发过程受到企业流程规章制度的约束,由于规章制度的约束不完善,各级开发人员未必完全遵守,各种冲突的出现也就在所难免,它严重影响了产品开发的效率和质量。

另外,由于对产品的一次性全面而彻底的重组不仅成本非常高而且风险极大,容易引起生产流程的混乱和反弹,对我国大部分企业并不合适。

因此,为了有效地对企业产品开发流程进行管理,提高产品开发效率,本章提出基于全局导航的整体过程建模和局部优化的过程建模方法。

1) 全局导航

产品的协同开发是一个涉及各个领域人员交互复杂的过程,对该过程进行建模,并使得模型对于产品开发整个过程的各种人员、组织起到导航作用,无疑是提高产品开发效率的好方法。

2) 局部优化

以色列物理学家 Goldratt 所创立的约束理论(theory of constraints, TOC)认为一个公司不是由独立过程组成的集合体,而是一个完整的系统;它认为每个系统都要受到至少一个约束因素的支配,使其不能获得无限高水平的绩效。企业整个经营业务流程也是由产出率最低的环节决定着整体的产出水平,这就是所谓的“约束”,即通常所说的“瓶颈”。在约束的作用下,试图通过提高所有系统或部门的工作能力来提高企业的经济效益,可能难以实现。

因此,产品开发过程系统中最为关键的环节会对生产系统整体的有效运作产生影响,进而限制整个企业的效益以及发展。因此,产品开发过程建模应该在分析整体的全局模型基础上,选择最为关键的生产环节或核心环节进行专业的建模和优化。提高该环节的生产能力,反复进行,最终达到优化整体产品开发过程,提高企业运作水平的目的。

2. 产品开发过程建模体系结构

为了对协同产品开发过程进行管理,首先需要建立协同产品开发过程的模

型。在协同产品开发过程中,产品数据是产品开发的目标,人员、组织是产品开发的主体(subject),人员通过特定的过程生成数据。因此,协同产品开发过程模型需要包含产品、过程、组织等多种信息。

协同产品开发过程建模采用系统的方法来表达产品开发活动和对这些活动的影响,从而优化协同产品开发过程、工具和组织。协同产品开发过程模型是对协同产品开发过程的合理定义与描述,是实现协同产品开发过程管理的基础,如图 1-1 所示。

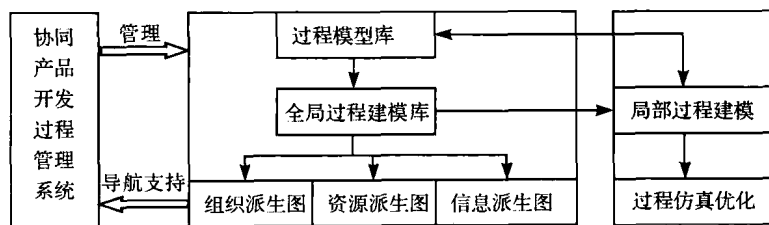


图 1-1 产品开发过程模型体系结构

关于协同产品开发过程建模以及过程管理系统的研究主要包括以下三个方面:

(1) 协同产品开发过程建模机制的表达。现有的各种过程建模方法不能满足全面表达协同产品开发过程之功能特性、组织特性、行为特性、信息特性的需要,因此需要探索新的模型表达机制。

在本章过程建模的体系结构中,全局过程视图是唯一的视图,其他的派生图是从全局过程视图中衍生出来的,处于从属的地位,其主要的信息在过程视图中已经表达出来了。从宏观角度而言,这些派生图是在过程视图的基础上,提取某种信息,通过加工、处理、转换,构成一个过程视图的派生图。派生图是从某一方面对过程模型进行分析的。

过程建模中可以生成相关的派生图,如组织派生图、资源派生图、信息派生图、功能派生图等。这些派生图和过程模型组合到一起,构成过程建模体系结构的空问维。过程建模和其派生图是从过程的角度,按照以过程为中心的描述方法对企业的业务流程进行描述。派生图是对过程模型有效的补充,可以是某一方面的特性或反映系统中某一方面的问题。通过过程视图和其派生图就可以从各个方面反映出企业的业务流程的主要内容及存在的问题,以便从整体上进行协调、管理与控制企业的运作。

(2) 选用合适的过程建模工具。传统的建模方法主要关注于技术层面上,不便于工程实施,本章不再增加新的方法。新的方法应该针对实际问题的分析理解。没有明确的目标和正确的主题思想,新的方法也就如无源之水、无本之木,毫

无意义可言。因此,本章重点针对具体问题,从分析过程建模的方法出发,在整体导航、局部控制的思想指导下,选取适合于机械产品开发过程的建模方法。

(3) 协同产品开发过程建模管理系统的原型开发。复杂协同产品开发过程的建模工作需要计算机系统的支持,现有的过程建模工具系统尚不能很好地满足全面建模协同产品开发过程之功能特性、组织特性、行为特性、信息特性的需要,本章将对此需求进行过程建模原型系统的开发,并在实践中加以改进和完善。

1.1.4 基于导航思想协同产品开发过程建模方法分析

1. 协同产品开发过程建模的系统元素

过程建模方法取决于过程建模所针对的问题领域和过程特点。因此,过程模型要支持产品开发及其管理工作的展开,首先应能描述产品开发系统的元素及元素状态和输入、输出等。

1) 系统元素

产品开发由一些元素或对象组成,这些元素或对象称为系统元素。产品开发的系统元素包括产品、活动、过程和资源等。其中,活动或过程是过程建模中最基本的系统元素。

2) 系统元素的属性

在表示产品、活动、过程和资源等系统元素的基础上,需要对其进一步描述。描述是通过系统元素的属性反映出来的。其中,活动属性是最基本的属性,活动属性包括活动名称、编号、活动关系(如结构关系、数据关系、时序关系等)和活动管理(如组织、进程、状态等)。

3) 系统元素之间的关系

系统元素之间的关系指系统元素及系统元素的属性之间是如何相互关联的。对协同产品开发过程或活动来说,至少应包括以下两种关系:

(1) 结构关系。结构关系包括层次关系和时序关系。通常产品开发由一些子过程或子活动组成,这些子过程或子活动可以由一些比其等级更低的子过程或子活动构成。这样就形成了分层的系统结构。过程模型应当能够表示这种层次结构。另外,产品开发是按一定时序展开的,过程模型应当能够描述这种时序关系。

(2) 输入、输出关系。输入、输出关系是指输入、输出如何通过活动或过程传递。

2. UML 活动图模型特点分析

UML 活动图(UML activity diagram)是 UML 对系统的动态行为建模的图

形工具之一。UML 活动图实质上也是一种流程图,表现的是从活动到活动的控制流,它描述活动序列,并且支持对并发行为和条件选择行为的表述,还支持数据流描述。它综合了以往许多系统建模技术的思想,如 Jim Odell 的事件图、系统描述语言(system descriptive language,SDL)状态建模技术以及 Petri 网等,特别适合于 workflow 和并发的处理行为。

UML 活动图是一种特殊形式的状态机,也就是一种特殊的状态图。如果在一个状态图中的大多数的状态是表示操作的活动,而转移则是由状态中的动作完成来触发,即全部或绝大多数的事件是由内部产生的动作来完成的,这就是活动图。因此,活动图描述的是响应内部处理的对象类的行为。它着重表现的是从活动到活动的控制流,是内部处理驱动的流程。通常,活动图假定在整个计算处理的过程中没有外部事件引起的中断。UML 活动图依据对象状态的变化来捕获动作(将要执行的工作或活动)与动作的结果,图中一个动作结束后将立即进入下一个活动。

UML 活动图与其他的 UML 图不同,它并不直接来源于 Booch、Rumbaugh、Jacobson 三位 UML 设计者以前的工作。UML 活动图的技术思想主要来源于 Jim Ocell 事件图、SDL 状态建模技术和 Petri 网技术,它本质上是面向对象的。引入它一方面是为了分析复杂的用例、包、类或操作,或者用于处理多线程应用,另一方面是用于描述过程。

图形化描述:UML 活动图提供了标准的图形元素,具有较强的直观性,而且它是基于事件的,与传统的流程比较相似,更接近人们对过程流程的直观理解。

支持信息流表示:UML 活动图能够把工作流过程涉及的重要对象加入到图中,采用对象传递表示信息流,人们可以非常直观的从中了解到过程语境以及交互的参与者,从而对产品生产过程有更深刻的理解。

UML 体系提供有力的帮助:虽然 UML 活动图根本上是面向对象的,但它是 UML 的一个重要部分,拥有有效的需求分析方法和建模方法论的指导。UML 活动图可以和 UML 的其他图形工具相配合,共同描述产品开发过程建模系统。

总体而言,目前 UML 活动图在过程建模的表现是有限的。首先,因为 UML 活动图本身语义限制其对过程状态和外部事件(包括时间事件和消息事件)的表达;其次,UML 活动图虽然能够以对象流表示信息流,但其表示的信息流单调、笼统,很多对象流本质上却是控制流,UML 活动图没有区分其表示。最后,也是最重要的,UML 活动图不支持模型验证和优化。

3. Petri 网特点分析

Petri 网是 Carl Adam Petri 博士在 1960 年提出的研究系统及其成员相互关

系的数学模型,它是一种适用于多种系统的图形化、数学化的建模工具,它为描述和研究具有并行、异步、分布式和随机性等特征的复杂系统提出了强有力的手段。在建模过程中,使用状态和事件的概念,分别用“库所”及“变迁”表示。一个变迁(事件)有一定数量的输入和输出库所,分别代表事件的前置状态和后置状态。库所中的托肯(Token)代表可以使用的资源或数据。

形式化语义:Petri网具有规范的模型语义,严格的数学基础。基于Petri网的过程模型具有十分清晰和严格的定义。因此,Petri网能够对系统的动态行为进行严密的数学分析和模拟,而不存在二义性,可以成为互相交流的基础。语义明确、概念一致有利于数据的交换。

图形化描述:Petri网是一种图形化语言,具有直观易懂的特点,使得建模人员能比较方便地针对模型的含义与用户交流,以便准确地描述用户环境及改进模型。但是,Petri网虽具有图形化的表示,但其描述方式与客户系统的理解方式仍存在明显的差距,其直观性有待提高。

基于状态而不是基于事件:Petri网是基于状态的建模方法,它明确定义了模型元素的状态,而且它的演进过程也是状态驱动的。相对于基于活动或事件的建模方法,它在语义上严格区分活动的使能与活动的执行,并且直观地加以表示。对不同状态的明确区分,使其具有更丰富的表达能力和更好的柔性。与其他过程建模技术相比,在Petri网中案例的状态能够被清晰地描述。而大部分的过程建模方法,不论是非形式化方法还是形式化方法都是基于事件的,在这些技术中任务被明确地描述,但子任务之间的转移却是隐含的,系统的实现比较复杂,功能不易扩充。

丰富的分析技术:通过对Petri网的研究,人们找到了许多基于Petri网的分析技术,这也往往是我们采用Petri网进行建模的原因。这些分析技术可以用来验证安全性(safety)、不变性(invariance)、合理性(rationality)以及死锁(dead-lock)等属性,也可以用来计算各种性能参数,如响应(response time)等待时间、占有率等。因此,同样也可以用这些分析方法来评价过程模型。

建模元素数量过多:Petri网建模时经常出现节点过多的问题,随着业务过程复杂性的加大,Petri网中变迁与库所的数目增多,其模型复杂程度急剧上升,不易于用户的理解。实际上,Petri网基于状态的特点是在模型的构成上通过增加模型组成元素来实现的。与其他类似的模型相比,如活动网络图,Petri网实际上是把过程的状态通过库所中的Token予以显式地表达,而活动网络图则因为没有库所及Token这样的元素定义只能隐式的或通过其他方法来表达相关状态。因此,这就给Petri网带来了一个必然的不良影响——组成模型的元素数量过多。即使是一个比较简单的过程,其响应的Petri网模型也会有较多的库所和变迁;对于复杂过程,这一问题则更加突出。

对于 UML 活动图和 Petri 网的特点属性比较见表 1-1。

表 1-1 UML 活动图与 Petri 网综合比较

属性	UML 活动图	Petri 网
语义是否清晰	清晰	模糊
基于状态/基于事件	基于状态	基于事件
逻辑描述能力	强	相对弱
图示直观性	差	好
数据流表示	无法体现数据流	用对象流表示
建模元素种类	很少	太多
模型组成元素数量	过多	较少
是否支持验证优化	是	否

1.1.5 综合比较

通过分析和比较,结合过程建模的主要思想,利用 UML 活动图的对于整体过程的清晰、简单、易于理解,更接近产品开发实际流程的特点,使用 UML 活动图针对机械产品典型的开发流程建立全局过程模型。对产品开发全过程中的组织、人员以及资源情况给予整体的描述,使得开发和管理人员能通过集成的过程管理系统对整个开发过程有一个实时的、准确的认识,并据此调整自己和相关人员的活动,从而对整个开发过程起到导航的作用。

考虑到 Petri 网专业的建模和分析优化能力,具体到产品开发的关键环节,采用 Petri 网建立过程模型,从而能够从局部对关键流程进行优化。

1.2 基于 UML 活动图和 Petri 网的过程建模探讨

产品开发过程是企业生产活动的核心,企业基于产品开发过程组织人员,合理配置资源,同时企业的功能也在产品生产开发整个过程上得以发挥和体现。

1.2.1 用 UML 活动图描述的整个产品开发过程模型

1. 协同环境下产品开发的典型过程

协同产品开发要求采用集成的、并行的、协同的方式设计产品及其相关过程。在整个过程中,各个产品开发部门通过统一的产品信息模型实现信息的交流与共享,协同进行产品开发任务。在产品开发的每一步都要充分考虑到下游各步骤的要求,通过与下游各步骤的交流协作,使得绝大多数修改工作控制在各开发环节内部,形成内部的“小周期”信息反馈,从而可以减小设计的整体改动量,并且大大