

基于模型分析研究航天制造需求链管理

崔鑫葛佳

(天津航天长征火箭制造有限公司, 天津 300462)



摘要: 航天制造符合需求链管理的需求驱动原理, 将航天制造与需求链管理相结合, 形成航天制造需求链管理, 是航天制造的发展趋势。通过建立面向对象的 Petri 网集成模型, 分析和探索航天制造需求链管理, 提出其发展的要点对航天制造带来的影响。通过信息共享、协同制造、供需平衡、动态响应达到理想状态的航天制造需求链管理, 最终通过高效的制造链运作提升航天制造整体竞争力。

关键词: 航天制造; 需求链管理; 面向对象的 Petri 网

The Model-based Analysis and Research of Aerospace Manufacturing Demand Chain Management

Cui Xin Ge Jia

(Tianjin Long March Launch Vehicle Manufacturing Co., Ltd., Tianjin 300462)

Abstract: Aerospace manufacturing accords with the demand driven principle of demand chain management. It is the development trend of aerospace manufacturing to combine aerospace manufacturing with demand chain management to form aerospace manufacturing demand chain management. By building an integrated model with object-oriented Petri net, this paper analyzes and explores the aerospace manufacturing demand chain management, and puts forward its development focus and impact on aerospace manufacturing. Aerospace manufacturing demand chain management in an ideal state is achieved by information sharing, collaborative manufacturing, balance of supply and demand, and dynamic response. Finally, the overall competitiveness of aerospace manufacturing is improved through efficient manufacturing chain operation.

Key words: aerospace manufacturing; demand chain management; object-oriented Petri net

1 引言

需求链管理是在供应链管理的基础上发展起来的, 是供应链管理的发展趋势^[1]。航天制造符合需求链管理的需求驱动原理, 因此将航天制造与需求链管理结合起来, 符合航天制造管理特点, 有利于推动航天制造链各环节的信息共享和协同制造, 从而提高航天制造的资源利用率和生产敏捷性, 提升航天制造整体竞争力。

2 航天制造与需求链管理

2.1 需求链管理

工业经济时代高速发展带来的产能过剩导致市场竞争激烈, 网络经济时代促使客户个性化、定制化的需求增多, 客户需求在制造链中的主导地位不断提升。如何应对产品快速更新换代、为客户提供个性化服务、满足客户需求成为制造链的焦点, 需要制造链以需求为驱动提升满足客户需求及变化的能力。这综合推动了工业经济时代的供应链管理 (Supply Chain

作者简介: 崔鑫 (1987), 高级工程师, 机械制造及其自动化专业; 研究方向: 航天产品数控加工和生产经营管理。

收稿日期: 2020-05-12

Management, SCM) 模式向网络经济时代的需求链管理 (Demand Chain Management, DCM) 模式发展^[2]。

DCM 是在 SCM 的基础上, 随着客户关系管理、电子商务和信息技术的发展而发展起来的, 是 SCM 发展的趋势和延伸。根据 Gartner Research 机构的定义, DCM 是企业通过多种渠道和手段保持与客户、渠道和合作伙伴之间需求和供应同步的商业策略, 是企业多种应用系统以需求链为核心的集成化策略^[1]。DCM 按从最终客户到供应商的顺序, 以客户需求为整个制造链的起点、各节点运作的导向和驱动, 以满足客户需求和提高整体竞争力为目标, 运用科学的管理思想和先进的信息技术, 实现对制造链各节点的高度集成和资源优化配置, 形成制造链各节点的供需同步和协同效应, 取得较之单个节点更好的整体效益。因此, DCM 是通过信息共享和协同制造, 快速响应和满足客户需求的业务集成管理模式^[1-2]。DCM 把关注焦点从产品供应转移到客户需求, 与传统 SCM 区别如下:

a. 传统 SCM 以原材料供应和产品生产为起点, 关注焦点和核心是制造商对产品的生产和供应, 从管理层面强调正确地做事, 解决效率问题; 以产品供应为中心的客户关系单向沟通, 通过推动式的标准化生产满足客户一般化需求, 制造链生产什么客户接受什么, 客户需求是被动满足的; 需求信息在制造链上无连续流动, 对客户需求及变化反应迟钝, 信息断层和不对称造成产品积压或交期延误, 难以满足变化的客户需求^[1-2]。

b. DCM 以产品需求为起点和驱动, 关注焦点和核心是对客户需求的满足, 从经营层面强调做正确的事, 解决效益问题; 以产品需求为中心的客户关系双向沟通, 通过拉动式的定制化生产满足客户个性化需求, 客户需要什么制造链生产什么, 客户需求是主动满足的; 需求信息在制造链上连续流动和扩散, 对客户需求及变化反应迅速灵活, 信息集成和共享实现快速响应和协同作业, 能够满足变化的客户需求^[1-2]。

因此, DCM 提供了一个“以产品供应为中心”向“以产品需求为中心”的战略视角转换, 使制造链从“推动”转向“拉动”、从“供应决定需求”转向“需求决定供应”, 使客户需求与产品生产供应有机地结合起来, 是一种能够更好地匹配需求与供应的 SCM 新模式^[1-2]。

2.2 航天制造

以新一代运载火箭为代表的航天产品制造, 除标准件等, 大部分采用响应航天客户需求的订单式定制

生产模式, 属于典型的离散型制造。航天制造以航天客户的需求为起点和驱动, 具有多品种、小批量甚至单件生产的特点。航天制造流程较长, 从原材料分割、零件加工、热表处理, 到部装、总装、总测, 每个产品都会经过若干道工序协作加工完成。

随着高密度、高强度发射的需要, 航天产品更新换代速度加快, 航天客户对产品个性化需求越来越多样、需求变化越来越频繁, 对产品制造前置期和生产周期要求越来越短, 对需求响应速度要求越来越快, 对产品和服务的质量、交期、成本要求也越来越高。随着制造过程中急单、插单的增多, 对以满足航天客户需求及变化为目的的航天制造动态响应能力提出了更高的要求。因此, 航天制造必须提高对航天客户需求的响应速度, 缩短生产前置期, 柔性、动态、快速响应需求变化, 提高产品质量和交货速度。

航天制造根据航天客户的定制化需求进行研制和生产, 企业内、外部的制造活动都是围绕航天客户的需求订单生产运行, 通过需求订单驱动生产活动。因此, 航天制造是以航天客户的需求为驱动, 符合 DCM 的需求驱动原理。将航天制造与 DCM 相结合, 形成以航天客户需求为驱动的航天制造 DCM, 符合航天制造管理特点。航天制造 DCM 以客户需求为中心、需求决定并驱动生产供应, 能够快速响应客户需求、动态响应需求变化, 是航天制造管理发展的新方向。

3 航天制造需求链管理模型

Petri 网是一种具有数学理论基础的图形化描述、分析分布式系统的模型工具。将面向对象建模技术与 Petri 网结合, 形成面向对象的 Petri 网 (Object-oriented Petri Net, OPN)。OPN 适用于并发、异步、分布、并行、随机信息处理系统的建模, 能够简洁、直观地形式化描述复杂系统的结构, 展现系统的运行机制和信息流动过程^[3]。航天制造是由多个实体对象组成的具有交互关系网状结构的复杂系统, 对象间通过信息传递实现交流, 航天制造 DCM 需要考虑系统中的每个参与对象。OPN 能有效分析此类大型复杂分布式系统, 借助 OPN 模型的抽象表达, 能够清晰地表示航天制造 DCM 中各节点间的相互作用关系, 直观、规范地描述和分析其结构和总体运行机制。

3.1 航天制造需求链管理 OPN 模型

DCM 对航天产品的定制生产具有直接的导向作用, 航天制造 DCM 的运作是由需求信息驱动的。当航

天客户发出产品需求信息，制造链分析可行后发布制造、采购、外包等需求信息，开始合作伙伴的需求分析。每个合作伙伴构成制造链中的节点，核心制造企

业向合作伙伴发送合作需求信息，合作伙伴反馈信息、评价通过后开始合作关系，实施航天制造 DCM 运作，如图 1 所示。

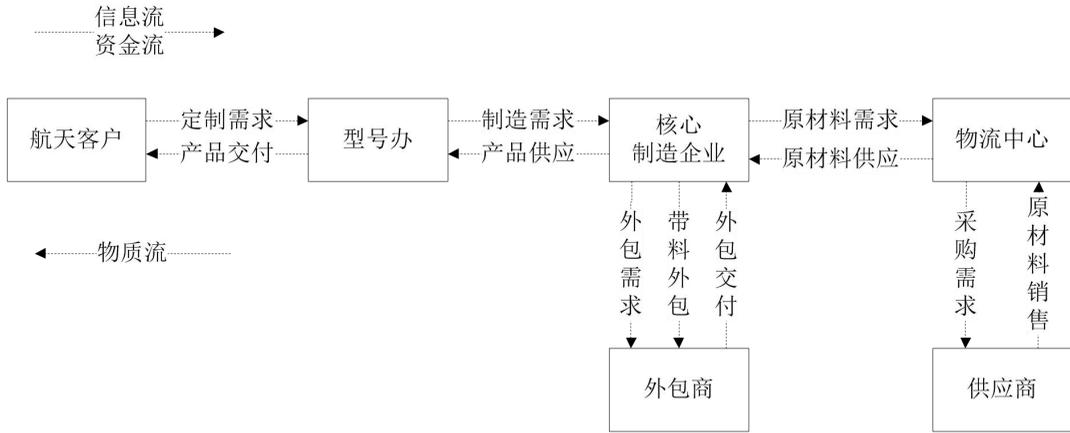


图 1 航天制造 DCM 运作模式

从面向对象的角度，将航天制造链中具有相似功能的多主体对象抽象成单一对象类，航天制造 DCM 共有航天客户、型号办、制造企业、物流中心、供应商、外包商 6 个独立的实体对象类组成，对象之间通过信

息传递实现交流。为简化模型，仅考虑 OPN 外部运作功能的对象类间关系，构建航天制造 DCM 运作过程参与对象类间的集成系统模型，如图 2 所示。

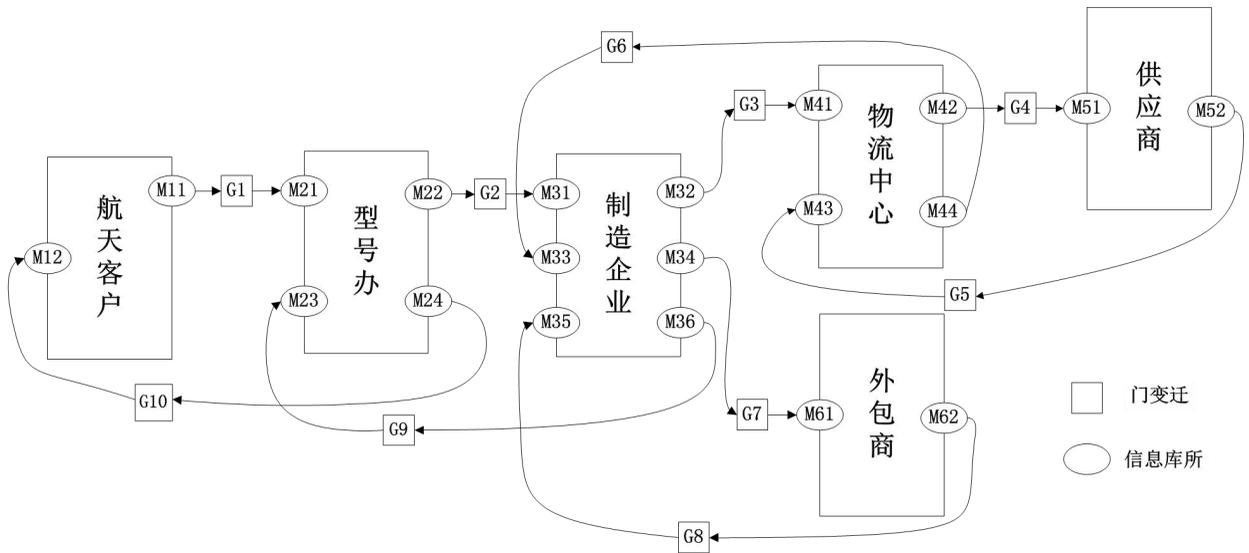


图 2 航天制造 DCM 运作参与对象 OPN 集成模型

航天制造 DCM 运作过程各参与对象间的 OPN 外部结构由一系列输入/输出端口组成，用来在对象间接收和发送信息，通过信息传递进行联系并使各对象同步。从模型可见，航天制造 DCM 各对象间通过信息库

所、门变迁和有向弧来连接。其中，信息库所是对象间信息的发出和接收站，门变迁是对象间信息的分析，输入/输出有向弧表示信息库所和门变迁之间的逻辑关系^[3-4]，具体含义如表 1 所示。

表1 航天制造 DCM OPN 模型信息库所和门变迁含义

信息库所		门变迁	
M11	航天客户发出产品需求信息	G1	型号办分析航天客户产品需求信息
M12	型号办满足航天客户产品需求	G2	制造企业分析型号办制造需求信息
M21	型号办接受航天客户产品需求	G3	物流中心分析制造企业原材料需求信息
M22	型号办发出制造需求信息	G4	供应商分析物流中心采购需求信息
M23	制造企业满足型号办制造需求	G5	物流中心分析评价供应商合作需求信息
M24	型号办反馈航天客户产品需求信息	G6	物流中心供应制造企业原材料
M31	制造企业接受型号办制造需求	G7	外包商分析制造企业外包生产需求信息
M32	制造企业发出原材料需求信息	G8	制造企业分析评价外包商合作需求信息
M33	物流中心满足制造企业原材料需求	G9	制造企业供应型号办产品
M34	制造企业发出外包生产需求信息	G10	型号办交付航天客户产品
M35	制造企业接受外包商合作需求		
M36	制造企业反馈型号办制造需求信息		
M41	物流中心接受制造企业原材料需求		
M42	物流中心发出采购需求信息		
M43	物流中心接受供应商合作需求		
M44	物流中心反馈制造企业原材料需求信息		
M51	供应商接受物流中心采购需求		
M52	供应商发出与物流中心合作需求信息		
M61	外包商接受制造企业外包生产需求		
M62	外包商发出与制造企业合作需求信息		

3.2 航天制造需求链管理模型分析

通过 OPN 集成模型可以看出, 航天制造 DCM 是以航天客户需求为起点, 通过需求驱动供应, 实现需求响应、产品开发、生产制造、物料供应等活动的集成闭环流程。模型中各对象相互紧密关联, 存储着大量的信息, 在进行交互时发生了信息流动。

型号办根据航天客户的产品需求, 制定研制计划, 向制造企业提出制造需求。制造企业根据型号办的制造需求, 制定生产计划, 向物流中心提出原材料需求。物流中心根据制造企业的原材料需求, 制定采购计划, 向供应商提出采购需求。制造企业专注于发展核心业务和建立核心竞争力, 根据自身设备和生产能力, 通过带料外包方式向外包商提出部分非核心业务的外包生产需求。以上过程是以需求信息流为驱动的需求运作过程, 是逆供应运作过程。

供应商根据物流中心的采购需求配送符合条件的原材料。物流中心根据制造企业的原材料需求供应原材料。外包商根据制造企业的外包需求生产、供应符合需求的外包产品。制造企业根据型号办的制造需求, 结合物流中心供应的原材料和外包商供应的外包产品, 制造满足需求的航天产品, 最终通过型号办将产品交付航天客户, 满足航天客户需求。以上过程是以物质流为驱动的顺供应运作过程。

可见, 航天制造 DCM 是以信息流为中心, 物质流是信息流的实施过程。这有别于传统 SCM 以物质流为中心, 信息流是物质流的辅助工具。从模型上看, 航天制造 DCM 是把航天制造链上各节点按从需求到供应的过程有效地连接起来。从实质上看, 航天制造 DCM 还包含以下内涵:

a. 航天制造 DCM 是以航天客户需求为整个制造链的起点和核心, 以需求信息为驱动沿制造链进行传递和扩散。在航天制造链上, 各节点能够掌握航天客户和相关节点的需求, 即能满足下游节点需求又能向上游节点提出需求, 从而形成需求链。因此, 航天制造 DCM 不仅能从整体上满足航天客户需求, 而且能将航天客户的供需关系转化为制造链内部的供需关系, 通过逐环落实需求、满足需求, 实现整个制造链的高效运作^[5]。

b. 航天制造 DCM 能够实现制造链各节点生产资源的集成协同和有序流动, 使需求过程更加明确、精细; 能够实现制造链各节点与航天客户需求的有效连接, 使需求衔接更加及时、准确; 能够把航天客户的需求转化为制造链内部各节点的需求、资源的需求, 使需求边界更加具体、透明^[5]。

c. 航天制造 DCM 通过转化制造链各节点的供需关系, 使制造链整体能够按市场供需关系机制运行,

明确界定各节点权、责、利边界。制造链各节点在需求明确、目标一致的环境下,只有通过相互协同作业满足相关节点需求才能获得收益,从而建立战略联盟关系,提升协同能力和合作性竞争关系^[5]。

4 航天制造需求链管理发展要点

理想的航天制造 DCM,是一个信息高度集成、交



图3 理想的航天制造 DCM

4.1 信息共享

对于理想状态的航天制造 DCM,信息管理是基础。“牛鞭效应”是信息在传递过程中扭曲的结果,如果制造链各节点对信息掌握的不准确、不及时,会导致“牛鞭效应”的放大^[1]。信息共享是控制“牛鞭效应”的有效手段。保持生产与需求同步,航天制造链在获取航天客户的需求信息及需求变化信息后,应迅速以信息流扩散到各节点。各节点必须能够及时、准确地接收、识别、分析、处理、决策、传递来自航天客户的信息、相关节点的信息以及自身信息,从而实现制造链的信息共享。

在信息共享的基础上,制造链各节点的需求明确、目标一致,生产运作能够达成统一,便于组织和匹配离散的生产资源,实现各节点的有效衔接,提高整个制造链的运作效率。当制造链某环节异常,各节点能够依据统一的目标和共享的信息,迅速调整、及时作出准确的生产和供需决策,使生产供应最大限度地接近实际需求,降低供应风险^[6]。因此,航天制造 DCM 应把正确的信息,在正确的时间,传递至正确的节点,进行正确的处理和决策,才能真正地将航天客户的需求转化为制造链内部的生产运作。

若制造链上各节点独立的信息平台形成多个“信息孤岛”,平台间未建立联系,相互不知对方准确的需求、进展和反馈,当出现异常时,其它节点难以及时作出反应。因此,航天制造 DCM 应利用先进的信息技术,规范信息接口、定义和采集手段,统一标准,建立基于分布式集成的、互融的信息系统平台,实现制造链各类信息高效、准确的集成、传递和共享,从而解决各节点内、外部信息系统的数据孤立问题,实现航天制造链信息高水平共享。

为减小生产运作与实际需求间的节拍差,使生产

换迅速,可根据航天客户的需求实现定制化生产,最大限度满足客户需求及变化的动态企业战略联盟。航天制造 DCM 应该通过有效的信息集成和传递实现制造链上各节点的信息共享、信息同步,在此基础上才能建立相互高度信任关系,实现协同制造,达到供需平衡,才能够柔性地动态响应不断变化的客户需求,最终通过高效的制造链运作建立起航天制造战略联盟,如图3所示。

运作满足客户需求的变化,航天制造 DCM 需要实现信息的双向交流。制造链各节点要分享航天客户和相关节点的需求信息,还要逆向同步相关节点生产运作的反馈信息。通过共享的需求和同步的反馈,使制造链各节点的生产与需求达成一致,根据实时情况作出协调性的调整和决策,提高航天制造链运作效率。

4.2 协同制造

航天制造 DCM 的核心价值在于能够通过信息共享,使制造链各节点围绕满足航天客户需求的统一的目标进行垂直一体化的整合,最大程度地推进整个制造链的信息同步、制造协同,改进航天制造链的运作表现。航天制造 DCM 实现的协作,是一种主动的、更为紧密的合作,是一种动态的、常态的战略伙伴关系。

现今的竞争关系不仅是企业个体间的竞争,更是制造链整体间的竞争^[6]。航天制造链各节点只有建立高度的信任、协同、协作关系,才能通过共享和同步的信息,减小由于需求波动和变化导致的不确定性,使各节点能够有效衔接、高效运转、风险共担、利益共享、协同制造,通过协同一体化提高制造链整体运作的准确性,建立长期稳定的战略合作关系,从而提升航天制造链整体竞争力。航天制造 DCM 应建立统一的协同平台,构建协调与合作机制,优化组织结构和业务流程,适应客户需求驱动管理,围绕需求合理高效地整合、优化资源配置。只有实现制造链整体流程集成化,才能使各节点的需求、计划、生产、资源紧密相联,使资源满足生产、生产满足计划、计划满足需求,避免生产的盲目性,提高生产的准确性,实现航天制造链的协调运作和协同制造。

4.3 供需平衡

由于信息不共享,生产计划与实际需求间存在偏差,导致生产与控制不协调,无法形成协同制造。这

种情况下,一般通过增加库存抵御可能存在的供应风险。但是增加库存无法从根本上解决风险问题,还可能因为预测不准或决策不当造成库存积压,增加库存压力 and 成本^[6]。

航天制造链各节点包含供、需两个职责,各节点既是下游节点的供方,又是上游节点的需方。航天制造 DCM 需要通过信息共享达到协同制造,实现以需求作为驱动组织生产、拉动供应,以需定产、为需供应,实现制造链各节点间的供需同步和平衡。这不仅能够缩短航天制造的生产前置期,同时能够降低各节点的库存。需注意的是,为了降低某节点的库存而增加其它节点的库存,对于制造链整体是没有意义的,为达到降低整体库存的目的,航天制造链应实现整体的协同制造和供需平衡。

4.4 动态响应

随着航天客户个性化定制需求增加,产品更新换代周期缩短,需求变化日趋频繁,需求不稳定趋于常态,临时插单现象多发,生产计划的灵活性和严肃性难以兼顾,易发不齐套现象。航天制造 DCM 不仅要通过信息共享实现协同制造,达到供需平衡,而且要求需求变化时制造链各节点的响应速度能够跟上变化节奏。航天制造 DCM 应坚持动态流程重组,快速响应变化,及时做出正确的调整决策,最大程度地柔性满足航天客户变化的需求。为实现快速动态响应,需要缩短信息在制造链中的流动时间,提高各节点响应速度,可通过简化网链结构提高信息流的速度和精准度,通过柔性管理适应航天客户动态变化的需求。

制造链各节点应以客户管理为中心进行流程再造,建立能够迅速反应、动态响应、柔性应对、高效满足客户个性化需求的业务流程、组织结构和运行机制,通过需求分析、需求判断、需求预测等需求管理提升动态响应的柔性和满足需求的效率。制造链各节点应通过集成历史数据,分析需求规律,结合型号研制动态和战略规划进行需求预测和判断。这需要制造链各节点提高对历史需求数据集成的准确性和对战略调整的敏感性,以精准的数据分析替代笼统的经验判断,通过数据驱动提高决策精准度,通过需求管理提升动态响应柔性。

对航天产品进行分析,其个性化需求一般是局部

的需求差异,其它部分结构和功能趋于类同。可以自产品研发阶段将产品分为通用件和定制件。通用件通过模块化、系列化、通用化的方式,采用按库存生产(Make To Stock, MTS),制造链各节点按预测需求和安全库存推动高效批量生产和供应。定制件通过差异化、定制化的方式,采用按订单生产(Make To Order, MTO),制造链各节点按客户需求拉动定制生产和供应。以航天客户订单分离点(Customer Order Decoupling Point, CODP)为界,将 MTO 与 MTS 相结合形成推拉混合型生产,在 MTO 与 MTS 之间寻求科学合理的平衡点,通过数据分析建立排产模型,依托柔性生产组织方式,既可批量生产提高生产效率,又可定制生产满足快速响应需求,进一步增强航天制造链动态响应的柔性和应变能力^[4-7]。

5 结束语

航天制造 DCM 改变航天制造链与航天客户间的互动方式,由以制造链供应为主导的推动模式转变为以客户需求为主导的拉动模式。航天制造 DCM 不仅是满足航天客户需求的过程,也是实现航天制造链各节点、各环节有效衔接、信息共享、协同制造的过程,从而提高航天制造的资源利用率和生产敏捷性,提升快速响应客户需求、动态柔性响应需求变化的能力,提升航天制造整体竞争力。

参考文献

- 1 张子刚,张伟,刘华.需求链管理-供应链管理的新趋势[J].物流技术,2004(5):85~87
- 2 宁宣熙,孙宇,胡正华,等.需求链管理研究[J].管理科学,2004(2):25~31
- 3 唐亮,于天彪,丁军妹,等.基于面向对象 Petri 网的供应链运作建模[J].东北大学学报(自然科学版),2008(7):1037~1040
- 4 方志梅,叶飞帆,李院生.柔性供应链的 Petri 网建模与分析[J].中国机械工程,2006(21):2238~2242
- 5 谢志华.从供应链管理走向需求链管理[J].会计研究,2004(12):39~44
- 6 马士华,林勇,陈志祥.供应链管理[M].北京:机械工业出版社,2000
- 7 王雯,傅卫平,任立鹏.基于着色赋时混合 Petri 网的精敏型供应链动态系统建模与仿真[J].机械科学与技术,2009(10):1393~1400