

煤炭供应链的工作流描述方法

彭 晨, 岳 东

(南京师范大学 控制科学与工程系, 江苏 南京 210042)

[摘要] 针对流程供应链结构描述问题,对供应链构成体进行了分解,用链节、子链、过程、子过程等作为供应链的基本构成体,为供应链建模提供一种描述型语言;对供应链 workflow 进行形式化定义,用 workflow 图、前趋链节、前趋链集等的概念定义为下一步的流程供应链建模及分析提供了概念自包的方法;结合上述方法以煤炭流程供应链中物流为对象,进行 workflow 建模,为流程供应链的描述及分析提供了一种形式化的工具.

[关键词] 供应链, workflow, 结构描述

[中图分类号] TH166; F270.7, [文献标识码] A, [文章编号] 1672-1292(2004)02-0049-04

流程工业在全球经济中占有十分重要的地位. 在全球竞争日趋激烈的形势下, 各国投入巨大的人力、物力、财力, 以求获得领先地位. 以计算机(C)为核心、以制造系统(M)为对象的 CIMS 已不能适应发展需要, 以网络为核心、以整个供应链为对象的优化集成系统正在兴起.

流程行业的一个特征, 是同属于流程行业的不同行业之间存在较大差异. 煤炭供应链具有半连续流程企业特征, 但又有其固有特征: 煤炭企业链节体结构相对固定, 优化目标明确, 一方面侧重于生产产品的结构优化, 另一方面侧重于产品质量控制、生产计划制定, 用户市场相对明确. 作为半连续型生产流程, 其生产过程之间存在库存等缓冲环节, 某一子过程是不可分离的连续生产过程. 对于像煤炭洗选加工这样一类生产企业, 其主要特征表现为:

- (1) 设备相互关联, 物流、信息流等连续. 物料、能量流伴随加工过程、时间在变化, 某一设备运转不正常将影响整个生产过程, 流程中所有设备的正常运转是流程正常运行的前提和保证.
- (2) 生产中存在时序质量信息. 在不同周期的相同坐标点时序采集数据不一样, 同一周期的相同流态的时序采集数据符合数理统计分布等规律. 因而, 需要采集浩瀚的数据以监视那些颇多易变的环节, 需要对采集的实时数据、历史数据进行分析处理, 用来指导、控制流程优化运行.
- (3) 流程过程模型的复杂性. 生产过程的仿真建立在子过程的处理模型基础上, 不同的流程作业

有不同的过程处理模型, 测量信息需要进行大量而复杂的数学计算与信息加工处理, 需了解流程各环节的生产特性, 从而控制流程作业.

(4) 过程优化的全局性. 流程由不同的子过程组成, 子过程的正常运行是全局流程正常运行的保证, 而全局流程的优化运行建立在对所有子过程测量控制的基础之上. 将这些一环扣一环的子过程的测控结果, 从全局的角度统盘考虑取舍与优化, 再用于控制生产或业务管理, 使之达到全局最优.

1 煤炭供应链的工作流描述方法

1.1 供应链组成基本构件

采用面向对象技术对供应链运营过程进行描述时, 为方便进行结构组成描述, 必须先定义一些组成供应链的基本单元, 以形成概念自包. 为描述问题的统一性和便捷性, 在煤炭供应链的分析设计过程中定义如下供应链组成基本构件:

- (1) 链节. 链节对象是一组活动或子过程的集合, 在一定的外界信息及资源支持下, 完成具体的企业行为, 是组成供应链的基本实体, 是具有独立功能的智能体, 它接受一种或几种输入并产生下级链节体输入及自身价值的输出.
- (2) 子链. 能够分解的对象类型, 实质是一个局部过程, 内部可包含组成过程的所有元素类型.
- (3) 过程. 过程对象为一组有序活动(子过程)的集合, 它接受输入并产生对用户有价值的输出.
- (4) 子过程. 过程对象的分解, 实质是过程的一个局部子过程, 增强了结构描述过程的层次概括

收稿日期: 2003-09-26.
基金项目: 江苏省高校自然科学基金资助项目(2003KZXTSJ131).
作者简介: 彭晨(1973-), 讲师, 在职博士后, 主要从事网络控制、供应链建模、时序数列的知识发现等方面的教学与研究. E-mail: mepch@163.com

能力,可包含组成过程的所有活动.

由以上定义可以描述供应链的结构组成,供应链(Supply Chain, SC)由链节(Node Chain, NC)及链节间相互关系(R_{ns})组成,链节由子链(Sub-Chain, SN)及子链间相互关系(R_{sn})组成,子链由过程(Process, PR)及过程间相互关系(R_{ps})组成,过程由子过程(Sub-Process, SP)及子过程间相互关系(R_{sp})组成^[2].

1.2 供应链连接弧分类

在供应链 workflow 中,连接弧是连接供应链链节体之间的连接,表示了链节之间的物质、能量、信息的转移过程.它由前趋链集 $Pre(S_i)$ 指向后趋链集 $Nex(S_i)$,体现了链节状态 $Sta(S_i)$ 的转移及供应链的运行.根据流程供应链 workflow 图描述分析的要求,必须对链节间连接弧的属性进行描述,链节的连接弧根据条件不同分为如下几类:

(1) 物流连接弧:链节之间的物质传递,其中主要指由供应链上游向下游演进的物流过程.煤炭供应物流具有不可逆特征,在物流环节上主要通过控制弧的激发作用决定物流连接弧的转移函数取值.

(2) 供应信息弧:指在供应链运营过程中,链节体所能供应的物质信息弧,是由供应链上游向下游流向的弧.通过供应信息弧,使链节体可以掌握上游企业的库存状态、生产状态,为自身活动输入做好准备,体现供应链的信息集成、资源共享的集成思想.

(3) 需求及用户反馈信息弧:供应链以追求用户最大满意度,从而形成用户最大忠诚度为目标,需求及用户反馈信息弧由供应链下游向上游演进.通过需求及用户反馈信息,链节体可以制定生产计划、安排生产、确定产品结构,完成拉式生产,通过该连接弧传递的信息被链节体接受.

(4) 资金弧:主要指在链节体之间资金流入流出关系的连接弧,通过资金弧完成链节体之间的利益分配,供应链必须完成资金流的合理分配,达到激励链节的作用.

(5) 控制决策弧:控制供应链运转过程的信息,使活动受其约束,同时用来控制物流、信息流、资金流走向,体现供应链决策过程.

1.3 供应链 workflow 形式化定义

上节定义的供应链结构描述方法,只是定义了供应链的组成元素,按照供应链的要求对 workflow 过程进行描述是要解决的另一个问题.在 ERP 设计

过程中有 workflow 的概念,但其设计范围只是针对单个企业,为对供应链 workflow 进行分析设计,借鉴 workflow 思想^[2-4],定义针对供应链描述的工作流图形式化方法,为分析设计供应链过程,提供一种构建供应链运行模型的描述语义集方法.

供应链 workflow: $F = \{S, L\}$ 为一个二元组, $S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_n\}$ 为链节体的集合; $L = \{l_1, l_2, l_3, \dots, l_r\}$ 为有向连接弧的集合. $L_{jk} = (S_j, S_k)$ 为从链节体 S_j 指向链节体 S_k 的有向连接弧. $S_j, S_k \in S, S_j \neq S_k$.

前趋链节、后趋链节:对于 $\forall S_j, S_k \in S, S_j \neq S_k$,若有 $l_{jk} = (S_j, S_k) \in L$,则 S_j 为 S_k 的一个前趋链节, S_k 为 S_j 的一个后趋链节. L_{jk} 称为 S_k 的输入连接弧或 S_j 的输出连接弧.

前趋链集、后继链集:若 $S' \subseteq S$ 且 $S' = \{S' \mid (S', S) \in L\}$,则 S' 为链节体 S 的前趋链集,记为 $Pre(S)$.若 $S' \subseteq S$ 且 $S' = \{S' \mid (S, S') \in L\}$,则称 S' 为链节体 S 的后继链集,记为 $Nex(S)$.

链态:即链节体所处的状态.供应链中链节体可能有两种状态:激发态或休止态.即对于 $\forall S_i \in S$,有状态函数 $Sta(S_i) = \{0, 1\}$,当链节体处于激发态时, $Sta(S_i) = 1$;当链节体处于休止时, $Sta(S_i) = 0$.在供应链实施之前 $\forall S_i \in S, Sta(S_i) = 0$.

转移函数:在一定的外界条件下,链态发生改变,连接链节的连接弧激发运行,通常情况下转移函数需在前趋链集 $Pre(S_k)$ 处于激发态下激发连接弧 $Tra(L_{jk} \mid L_{jk} = (S_k, S_j))$,引起链态 $Sta(S_j)$ 改变.链节体间通过连接弧发生三流关系(物流、资金流、信息流)和知识流的流转.

通过供应链 workflow 形式化定义,可以分析供应链 workflow 图的前后链节及前后链集,通过链态、转移函数,建立了供应链 workflow 建模分析的语义集.

2 基于 workflow 定义的煤炭供应链物流模型

2.1 煤炭供应链的链节属性及分类

煤炭供应链的运行过程就是利用市场及客户的需求信息,生产合格煤炭产品,满足用户需求的过程.在完成此功能的过程中,涉及的实体对象按物流渠道分类如表1所示.

作为供应链的链节体,相互之间存在物流、资金流、信息流的联系,各链节在整个供应链中的位置不同,作用不同,属性不同.

以上描述了煤炭供应链中链节属性及根据链

表 1 供应链实体分类

实体对象	功能描述
原煤供应类 S1	提供选煤生产所需的原材料. 此处主要指原煤, 其它辅助性的原料如水、电、药剂等属于资源类.
生产加工类 S2	指在一定的原料输入及必要信息下, 生产加工不同粒度、灰分、水分的合格精煤产品的链节.
销售经营类 S3	连接用户类与生产类的桥梁, 是两者之间的信息纽带. 主要收集用户需求信息, 销售生产加工精煤产品, 是煤炭供应链的关键链节体.
运输类 S4	在煤炭供应链中, 运输作为独立对象考虑. 主要分为两类, 一是矿业集团内的自有运输能力; 二是产品运至用户的国营铁路、水运、公路运输等. 其中产品运输类对煤炭供应链制约较大, 是煤炭供应运营瓶颈.
用户类 S5	整个供应链物流终点和供应链需求信息流的起点. 其需求信息反馈到供应链上游链节中, 受整个国民经济链的影响.

节作用不同而进行的分类, 与传统功能性递阶控制式组织方式的原始链的主要区别在于需求及供应信息流, 从而影响到较高层次的决策系统并产生不同的控制效果.

2.2 煤炭供应链物流连接模型

链节之间、信息之间的连接弧关系复杂, 连接弧之间存在复杂耦合关系. 分析链节信息弧之间的逻辑关系, 找出瓶颈所在, 对优化供应链运营产生

指导作用. 为描述问题的简便, 链节采用不同的颗粒度(链节、活动、子过程)进行子层次的构建. 煤炭供应链链节点间的关系如表 2 所示.

结合供应链工作流形式化定义及链节体间结构特征, 以煤炭供应链中物流连接弧关系模型为例, 构建物流信息模型如图 1 所示, 其中图示意义及分析如表 3 所示. c_1 、 c_2 、 c_3 为智能决策体.

表 2 供应链中链节体的前后节点关联属性

链类	链流							
	物流		供应信息流		需求信息流		资金流	
	Pre(S)	Nex(S)	Pre(S)	Nex(S)	Pre(S)	Nex(S)	Pre(S)	Nex(S)
S1		S2, S4	S4	S2, S3, S5	S2, S3, S5	S4	S2, S3, S5	S4
S2	S1	S3, S4	S1, S4	S3, S5	S3, S5	S1, S4	S3, S5	S1, S4
S3	S2, S4	S4	S1, S2, S4	S5	S5	S1, S2, S4	S5	S1, S2, S4
S4	S1, S2	S3, S5		S1, S2, S3, S5	S1, S2, S3, S5		S1, S2, S3, S5	
S5	S4		S1, S2, S3, S4			S1, S2, S3, S4		S3, S4

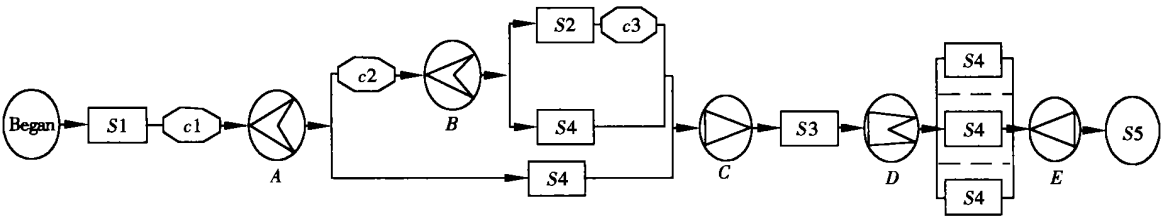


图 1 物流关系模型

表 3 物流连接关系图示及分析

选择 结点		A、B 节点为选择点, 由市场及用户需求决定物流走向, 即: $Nex(S_1) = \{S_2, S_4\}$, S_1 选择流向 S_2 或 S_4 ; $Pre(S_2) = \{S_1\}$, S_2 物流来自 S_1 ; $Nex(S_2) = \{S_3, S_4\}$, S_2 选择流向 S_3 或 S_4 ;
合并 结点		C 节点为合节点, 不同物流渠道产品汇合到销售链节, 即: $Pre(S_3) = \{S_2, S_4\}$, S_3 合并 S_4 、 S_1 物流; $Nex(S_3) = \{S_4\}$, S_3 选择流向 S_4 ;
或 结点		D 节点为或结点, 根据外在运输条件(铁路、公路、水路等)及交货期要求选择运输方式, 其决策受运输类供应弧信息支配;
并发 结点		E 节点为并节点, 合并不同运输方式的产品交给用户类.

由物流连接弧关系模型可以看出煤炭供应链物流环节特点为:

(1) 煤炭供应、生产、销售属单向不可逆过程, 所以物流连接弧相对简单, 主要走向在销售前受控于工艺流程, 销售后受控于用户及其运输方式;

(2) 物流连接弧的转移函数 $Tra(l)$ 的状态, 受到节点决策控制的影响. 节点决策控制决定了物流的多重路由. 从物流模型图 1 可知煤炭产品物流环节不可逆, 不存在返工的可能, 只有不合格产品没有废品. 一定质量要求产品只有在物流过程中加以控制, 一旦工序失控, 质量难以保证.

上述物流信息弧设计, 即有串行连接需求弧的特点, 又有并行信息弧的优点. 链节体接受综合信息, 做出智能决策, 安排自身作业计划. 向上游链节体传递供应信息, 对下游链节体送出需求信息. 链

节具有智能体结构,可以按外界市场需求及其自身生产特点,做出对外界需求自适应调整.链节体的决策关键在于对信息的综合利用,综合需求信息及供应信息做出合理需求预测,制定自身生产经营计划.

3 结语

本文首先对供应链构成体进行分解,用链节、子链、过程、子过程等作为供应链的基本构成体,为供应链建模提供一种描述型语言;然后对 workflow 进行形式化定义,为下一步流程供应链建模及分析提供了概念自包的方法;最后结合上述方法以煤炭流程供应链中物流信息为对象,进行 workflow 建模并运用定义的方法对煤炭供应链运营过程进行相关分析.与传统描述方法相比,供应链 workflow 形式化的描述性方法具有过程清晰、易于仿真等优点.

本文仅是对供应链的描述方法作了初步的研

究,对于 workflow 中智能决策体的决策机制,如何进行供应链中的信息集成、信息共享,合理构建及基于信息集成基础上的运用知识发现、联机分析处理等方法,构建供应链,处理数据、获取知识,是将要进一步研究的课题.

[参考文献]

[1] 范玉顺,吴澄.集成化企业建模系统体系结构与实施方法研究[J].控制与决策,2000,15(4):401-405.
[2] 罗海滨,范玉顺,吴澄.一种面向企业用户的工作流模型[J].计算机集成制造系统,2000,6(3):55-59.
[3] 于戈,宋玉燕,田文虎,等.现代集成制造中的 workflow 管理技术研究[J].计算机集成制造系统,1999,5(6):7-11.
[4] 刘铁铭,范玉顺.基于 workflow 的企业过程的建模和仿真技术研究[J].清华大学学报,2000,40(1):107-111.
[5] Lee H L, Belington C. The Evolution of Supply Chain Management models and practice at Hewlett Packard[J]. Interfaces, 1995, 25(5): 42-63.

Study of Object Oriented Structural Description of Flow Supply Chain

PENG Chen, YUE Dong

(Department of Control Science and Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China)

Abstract: Aiming at the question of structural description of flow supply chain, the descriptive language was provided for modeling of supply chain, for example, chain, sub-chain, process, sub-process etc. were used as the basic structure; then the formalized description of supply chain workflow was offered, the workflow graph, front-chain and front-set provided a way to modeling and analysis of flow supply chain; at last combining the front ways, using the coal flow supply chain as the study object, the logistics model was established, which provides a tool for description and analysis of flow supply chain.

Key words: flow supply chain, workflow, structural description

[责任编辑: 严海琳]