

# 基于流程控制的纺织生产管理系统可重构设计

陈 伟, 张森林\*

(浙江大学 电气自动化研究所, 浙江 杭州 310027)

**摘要:** 针对目前中小纺织企业存在的生产管理问题, 提出了一种可重构的纺织生产管理系统设计方案, 该系统包括流程控制和生产物料计划等模块。针对纺织生产基于流程控制和面向订单的特点, 提出了流程节点模块化和订单信息抽象化的设计模型, 并建立了业务注册机制, 实现了流程控制模块的重构; 节点模块化将流程步骤封装为处理单一事务的模块单元, 订单抽象化将订单生产相关信息整合为通用元素集合, 实现了业务内容与系统框架的松耦合; 结合企业开发框架 Jboss Seam 和工作流引擎 jBPM 加以实现。研究表明, 该设计方案可以较好地实现系统的重构性, 便于系统的改进和移植。

**关键词:** 流程控制; 节点模块化; 订单抽象化; 重构; 生产管理; Seam

中图分类号: TH165. 2; TP391

文献标志码: A

文章编号: 1001 - 4551(2012)01 - 0023 - 05

## Reconfigurable design of textile production management system based on process control

CHEN Wei, ZHANG Sen-lin

(Institute of Electrical Automation, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

**Abstract:** To solve the production management problems of small and medium textile enterprises, reconfigurable design of textile production management system was initiated, consisted of process control, production planning and materials planning modules. Considering process-based and order-oriented textile production, a design model based on process node modularization and order information abstraction was established, along with business registration mechanism, achieving reconfiguration of process control module. Node modularization packaged process steps into modularized units handling single affair, order abstraction integrated order related information into collection of common elements, above all the loose coupling between business and system framework was realized. System was implemented based on enterprise development framework Jboss Seam combined with business process management engine jBPM. The results show that it can achieve good reconfiguration and facilitate system improvement and migration.

**Key words:** process control; node modularization; order abstraction; reconfiguration; production management; Seam

## 0 引 言

随着纺织行业的不断发展, 先进生产设备的应用极大地提高了纺织企业的生产力, 但对于中小规模的企业而言, 由于信息化程度低, 生产管理方式落后, 导致人工成本过高、效率低下、信息共享滞后等问题, 严

重制约了企业的发展<sup>[1]</sup>。目前, 信息管理系统发展日益成熟, 现行市场上有很多成熟的 ERP 产品, 但是大都基于标准的管理模块设计, 很难适用于以订单生产为主导的中小纺织企业的生产流程和管理机制<sup>[2]</sup>。而针对具体企业进行定制开发的系统, 重构性能差, 开发成本高。此外, 大多生产管理系统易用性较差、操作

收稿日期: 2011 - 09 - 01

作者简介: 陈 伟(1986 - ), 男, 四川资阳人, 主要从事纺织企业信息化、纺织生产智能化方面的研究. E-mail: zju.chenwei.sc@gmail.com

通信联系人: 张森林, 男, 教授, 博士生导师. E-mail: slzhang@zju.edu.cn

繁琐,导致培训成本过高。

针对这一现状,结合纺织企业面向订单生产的特点<sup>[3]</sup>,本研究提出一种基于流程控制的生产管理系统的可重构设计方案,并结合企业开发框架 JBoss Seam 以及 jBPM workflow 管理引擎,完成系统的开发。

### 1 纺织生产管理系统架构

纺织生产管理系统架构如图 1 所示,主要包括生产流程控制模块、生产物料计划模块和数据库系统。其中生产流程控制是核心,通过调用生产计划和物料计划模块实现生产计划和物料准备的智能化。

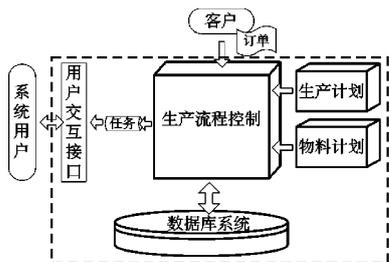


图 1 基于流程控制的生产管理系统设计架构

生产流程控制模块控制整个生产过程,是生产管理系统设计的关键。生产流程由客户订单驱动,流程的推进伴随着任务的产生,任务驱动员工与生产流程进行交互,交互信息记录在订单中,订单信息存在于整个生产流程并在数据库中进行保存,交互的过程完成任务的执行,任务的完成推进流程。系统用户与生产管理系统的交互分为任务驱动和非任务驱动。任务驱动交互是指流程产生的,需要用户完成的工作,它关系到整个生产流程的推进;非任务驱动交互是相对独立的,与流程无关的操作。

生产计划模块确定订单的生产计划,它的本质是一个调度问题,即把一定的设备资源在一个时间段内分配给订单,使得调度性能指标最优<sup>[4]</sup>。物料计划模块是根据生产计划和物料库存确定订单生产所需要的原料,并制定合理的采购计划。

系统重构的模式有 3 类<sup>[5]</sup>:参数设置、复用和混合模式。生产流程控制模块采用参数设置和模块复用的混合模式;生产物料计划模块采用参数设置模式。

### 2 生产流程控制模块可重构设计

可重构生产流程控制模块设计模型如图 2 所示,

核心思想是节点模块化、订单抽象化和业务注册机制。将生产过程抽象为模块化节点的有序组合,节点代表流程的一个步骤;同时将与订单相关的信息抽象为订单元素列表;流程的推进就是抽象订单在有向节点之间的流动。业务注册机制将具体业务内容注入系统框架,流程管理引擎和应用服务引擎调用系统框架实现系统功能。

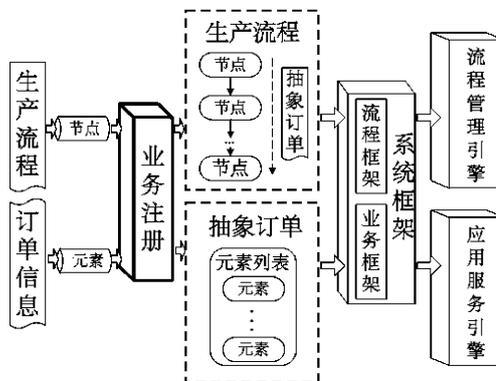


图 2 可重构生产流程控制模块设计模型

#### 2.1 节点模块化

模块化节点设计模型如图 3 所示。首先给出节点和节点模块化的定义。

节点是指流程当中处理单一事务的单元。

节点模块化是指根据节点的业务需求,将节点定义、界面接口和业务逻辑封装成能够完整描述节点及其事务并且与系统框架耦合松散模块单元的过程。

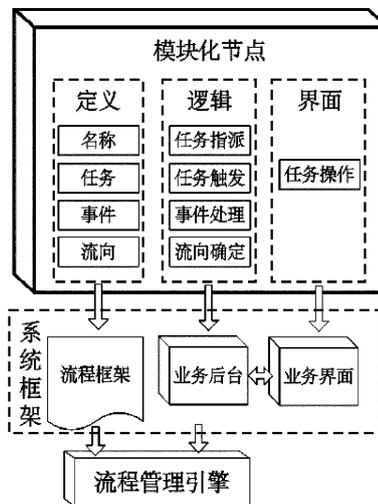


图 3 模块化节点设计模型

模块化节点由节点定义、界面接口和业务逻辑组成。节点定义规定节点在流程的位置以及节点的事务信息;界面接口提供用户交互接口;业务逻辑处理具体

的节点事务。

节点定义包括:名称、任务、事件和流向。节点名称是节点在流程中的标识。节点任务即流程推进到该节点时需要指派给员工完成的任务,任务的内容包括任务名称、描述、任务指派和任务执行。节点事件是指流程进入节点后,不需要人为触发而自动完成的后台处理事务。节点流向指明节点的路由。

业务逻辑通过后台处理完成节点任务的指派、任务的触发、事件的响应以及流向的确定;界面接口为用户提供与任务相关的操作,通过任务操作实现与流程的交互。界面接口与业务逻辑实现了良好的绑定。

与传统的功能模块化的设计方式相比,节点模块化的意义在于增加了节点的独立性,实现了具体节点业务与流程管理及业务框架的松耦合。通过模块化节点的动态加载和自由组合来实现流程的灵活变动,而不对系统框架产生影响,从而提高了流程管理模块的重构性能。此外,由于纺织企业生产流程大同小异,某些模块化节点可以作为通用节点实现模块的复用,在此基础上建立一个纺织行业流程节点库,将大大提高生产流程控制模块的重用性。

## 2.2 订单抽象化

抽象订单模型如图 4 所示。抽象订单模型中订单元素和订单抽象化的定义如下。

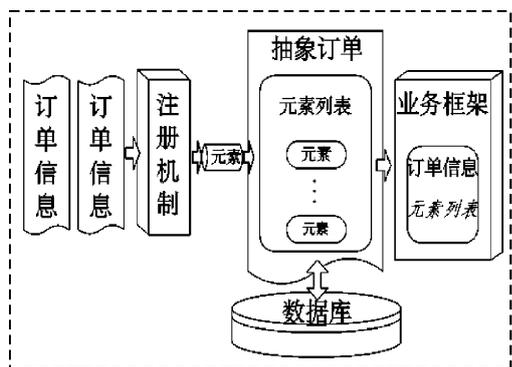


图 4 抽象订单模型

订单元素是指能够表示订单信息中某一项内容的业务对象。

订单元素包括如下属性:字段名称、字段类型、字段值和默认值。字段名称和字段类型分别表示订单内容的名称和类型,作为元素的标识;字段值存储订单内容的变量值;默认值用于对字段值进行初始化。

订单抽象化是指将订单信息的所有内容整合为能

够完整描述生产过程所需信息的订单元素集合。

抽象订单是一个大小和内容均可改变的元素列表,业务框架对于订单信息的引用采用元素列表的方式,而不需要关注订单的具体内容。抽象订单内容的改变通过元素注册机制实现,通过元素的动态增减实现订单内容的灵活变化。

订单抽象化的意义在于,它实现了订单内容与业务框架的松耦合,使得订单结构的变化不对系统框架造成影响,从而提升了系统的重构性能。这样,对于订单构成存在差异的纺织企业来说,生产管理系统的移植变得十分简单,根据需求重新生成抽象订单即可完成系统的更新。

## 2.3 业务注册机制

在节点模块化和订单抽象化的基础上,本研究通过业务注册机制可以很好地实现生产流程控制模块的重构。模块化节点通过注册机制生成生产流程,提供给流程框架和业务框架,以供流程管理引擎实现流程控制;订单信息通过注册机制,以元素的形式组合成抽象订单,提供给业务框架,应用服务引擎通过业务框架实现业务功能。流程框架和业务框架进行了良好的封装,能够实现系统框架与业务内容的松耦合,生产流程的调整和订单结构的改变对系统框架的影响从而大大减小。

生产流程控制模块是与企业业务结合最为紧密的部分,也是生产管理系统重构性设计的难点所在。而本研究提出的重构设计模型大大降低了生产管理系统改进和移植的难度。

## 3 基于 Seam 框架的系统实现

JBoss Seam<sup>[6]</sup>是 J2EE 企业开发框架,整合了 JSF、EJB3、Hibernate 和 jBPM(Java Business Process Management)。其中 JSF 实现界面表现层,EJB 实现业务逻辑层,Seam 实现了两者之间的无缝绑定。Hibernate 实现数据持久层,它是一个面向 Java 的对象/关系映射框架。jBPM 控制业务流程,它是面向 Java 的轻量级工作流管理框架<sup>[7]</sup>。

该系统利用 Seam 作为开发框架,使用 jBPM 管理生产流程,后台数据库选用 SQL Server 2000,应用服务器是 Jboss<sup>[8]</sup>,系统实现为 B/S 模式。

### 3.1 节点模块化实现

节点数据结构如图 5 所示。节点实现为一个拥有

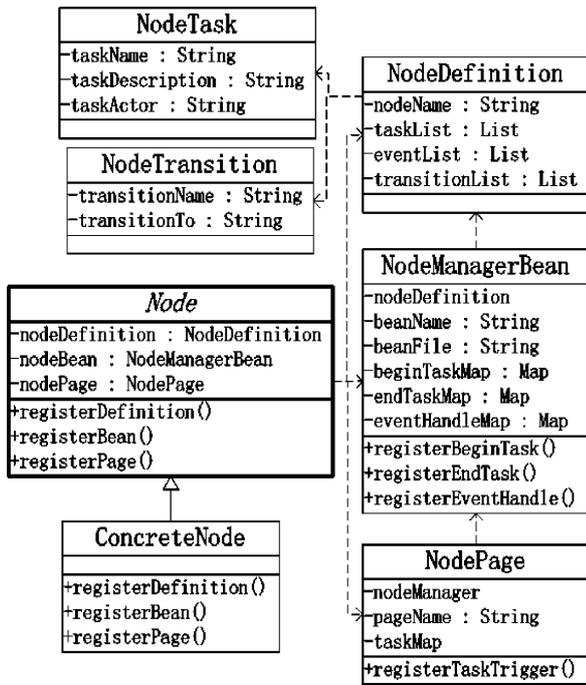


图 5 节点数据结构

节点定义对象、业务管理对象和界面接口对象的抽象类。节点定义类完成节点相关信息的定义；业务管理类完成逻辑事务处理；界面接口类将任务操作绑定到业务管理对象。

节点的模块化实现包括节点定义、业务逻辑和界面接口的实现与绑定。节点完成模块化后即可进行节点注册。节点注册表数据库设计如表 1 所示。

表 1 模块化节点注册表

序号	字段名称	中文含义	类型	空	P
1	Id	节点 ID	numeric	N	主键
2	Definition	节点定义	numeric	N	外键
3	Banking	业务逻辑	numeric	N	外键
4	Interface	界面接口	numeric	N	外键

### 3.2 抽象订单实现

抽象订单实现为包含订单元素列表的抽象实体类，订单元素类记录订单元素定义及订单元素变量值。抽象订单数据结构如图 6 所示。

订单信息分为业务无关和业务相关。业务无关属性是指纺织订单通用的属性；业务相关属性是与具体企业相关的特有订单属性。前者作为订单的固有部分，后者作为订单动态变化部分。抽象订单设计如表 2 所示。

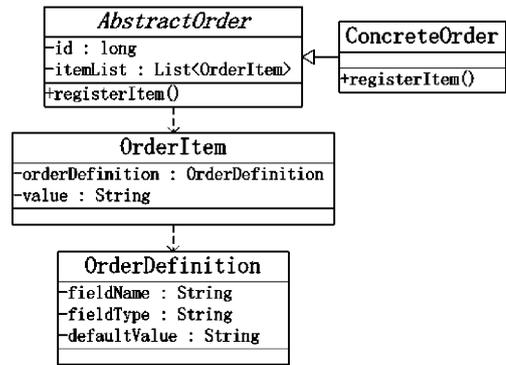


图 6 抽象订单数据结构

表 2 抽象订单表

字段名称	类型	默认值	变量值	说明
订单号	String	空字符	自动生成	业务无关
产品名称	String	空字符	用户输入	业务无关
客户 ID	Integer	0	用户选择	业务无关
交货日期	Date		用户选择	业务无关
...	...	...	...	其他字段

### 3.3 生产计划和物料实现

生产计划采用企业付出成本最小化调度模型<sup>[9-10]</sup>，通过 microGA<sup>[11]</sup>完成模型求解。模型目标函数如下：

$$H = \min \sum_{i=1}^n (G \cdot P_i / (E_i - B_i) + \max\{E_i - B_i, T_i - B_i\} \cdot e_i + \max\{0, T_i - E_i\} \cdot a_i + \max\{0, E_i - T_i\} \cdot b_i \cdot w_i) \quad (1)$$

式中， $n$ —订单数量， $G$ —正常数， $P_i$ —订单  $i$  的折算订货量， $B_i$ —计划开始生产日期， $E_i$ —计划结束生产日期， $T_i$ —交货日期， $e_i$ —订单  $i$  投入的资金在单位时间内所需付出的代价， $a_i$ —订单  $i$  提前完工的处罚因子， $b_i$ —订单  $i$  拖期完工的惩罚因子， $w_i$ —订单  $i$  的权重系统。

参数  $G$  由经验确定，参数  $P_i$ 、 $e_i$ 、 $a_i$ 、 $b_i$  和  $w_i$  根据经验和订单情况设定， $T_i$  由订单要求决定，问题的求解即为计划生产日期  $B_i$  和  $E_i$  的确定。

本研究采用 microGA 算法进行上述调度问题的求解，具体过程如下：

- (1) 随机产生一个较小染色体种群；
- (2) 计算各染色体适应值；判断是否满足停止条件：如果满足，则转到步骤(6)；否则，转到下一步；
- (3) 对各个体进行复制；

(4)进行染色体基因交换;

(5)以较小概率进行基因变异,得到一组新的染色体,转到步骤(2);

(6)选取目标函数取值最小的染色体作为模型的最优解。

上述方法适用于成熟生产的订单,对于全新订单或复杂订单,企业需要根据实际情况对生产计划进行人为调整。

物料需求计划主要确定原料需求量和准备时间。原料需求量算法如下:

本研究假设订单数量为  $Q_d$ ,成品库存量为  $Q_k$ ,订单需要  $m$  种原料,第  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) 种原料所占百分比为  $P_i$ ,其制成率为  $S_i$ ,库存量为  $Q_i$ ,准备周期为  $Z_i$ ,订单计划开始生产时间为  $B$ ,那么第  $i$  种原料的需求量  $R_i$  和原料准备时间  $A_i$  为:

$$R_i = \frac{(Q_d - Q_k) \times P_i}{S_i - Q_i} \quad (2)$$

$$A_i = B - Z_i$$

生产计划和物料计划的重构通过对式(1,2)中的算法参数的设置实现。系统提供参数设置接口,企业根据自身情况和经验累积进行参数优化,提升系统计划性能。

### 3.4 友好的用户界面

该系统设计了友好的用户界面,用户主界面分为任务区和非任务区,如图 7 所示。任务区为当前用户罗列待办事项和已办事项,主动推送流程相关事务;非任务区提供流程无关操作。该系统按照权限管理,为当前用户推送需要完成的任务,同时提供其授权的界面操作,需要完成和能够执行的工作明确,操作方便,利于提高工作效率。



图 7 系统主界面

## 4 结束语

本研究提出的基于流程控制的纺织生产管理系统具有良好的重构性,实现了系统框架与业务内容的松耦合,同时致力于构建针对纺织行业的可重用的生产流程节点库和生产订单元素库。在该系统中,本研究引入了较为成熟且符合纺织行业要求的生产计划模型和物料计划模型,并通过参数调整实现模块重构。系统的重构性能大大减小了系统改进和移植的难度;而友好的用户界面减少了员工培训成本并提高了工作效率。

良好的重构性和易用性将为该系统在纺织行业的广泛应用奠定基础。

### 参考文献 (References):

- [1] 陈 侃. 纺织行业 ERP 系统的设计与实现[D]. 杭州: 浙江大学电气工程学院, 2011.
- [2] 齐庆祝, 郝云莲. 纺织 ERP 实施现状及需求特点分析与设计[J]. 微计算机信息, 2007, 23(12): 13-14.
- [3] 谢柳琴, 费树岷. 面向订单的服装企业生产计划调度[J]. 工业控制计算机, 2009, 22(12): 72-73.
- [4] 李希恒. 探讨和开发纺织企业生产计划管理系统[D]. 苏州: 苏州大学纺织与服装工程学院, 2004.
- [5] 董成亮. 支持企业流程改进的可重构 ERP 研究与应用[D]. 武汉: 武汉理工大学机电工程学院, 2008.
- [6] YUAN M, HEUTE T. JBoss Seam: Simplicity and Power beyond Java EE[M]. New Jersey: Prentice Hall, 2007.
- [7] CUMBERLIDGE M. Business Process Management with JBoss jBPM: A Practical Guide for Business Analysis [M]. Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2007.
- [8] MARRS T, DAVUS S. JBoss at work: A Practical Guide [M]. California: O'Reilly Media, 2005.
- [9] 苏生. 多工厂生产计划与调度优化模型与求解算法[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学计算机科学与技术学院, 2007.
- [10] 余海峰, 张 平, 高俊宇. 一种适用于中小企业的调度机制研究[J]. 机电工程技术, 2010, 39(9): 65-68.
- [11] BAKER J E. Adaptive selection methods for Genetic Algorithms [C]//Proceedings of the International Conference on Genetic Algorithms and Their Applications. Pittsburgh: L. Erlbaum Associates, 1987: 260.

[编辑: 张 翔]