

摘 要

本文对供应链管理系统和企业决策支持系统相关的理论和技术进行了研究，并以聚酯生产企业为例，以 ASPEN MIMI 供应链管理系统为工具，构建了一套能够实际运作的供应链管理决策支持系统模型。该模型主要采用定量优化的方法，将需求管理、生产计划、库存计划、生产调度和客户承诺作为一个集成的业务流程来建模，以尽可能地降低成本、提高效益，从而提升企业的竞争力，实现聚酯化纤企业供应链的整体优化。本文还对供应链管理决策支持系统的关键技术和主要功能进行了较详细的叙述，包括以供应链管理思想对现有业务流程进行分析以及对未来业务流程的优化设计、供应链各功能模块的模型和系统建模所运用的各种算法。

关键词：聚酯化纤，供应链管理，决策支持系统，建模，ASPEN MIMI

ABSTRACT

Study on theory and technique relative to supply chain management system and decision support system, and take polyester chemical fiber plant as an example, modeling a supply chain management decision support system model that can be run in practice. The model apply quantity analysis and optimization algorithm, and integrate demand management, supply planning, inventory planning, plant scheduling and capable-to-promise with a supply chain planning process, which help to cut product cost, increase profit and enhance competitiveness and to realize whole optimization of supply chain of polyester chemical fiber plant. In addition, this paper discuss in detail key technique and main function on supply chain management decision support system, such as as-is process analysis and to-be process optimization redesign with SCM thought, SCP function modules modeling and optimization algorithms.

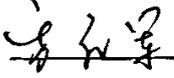
Keywords: Polyester chemical fibre, Supply chain management, Decision support system, Modeling, Aspen MIMI

缩 略 语

缩略语	英文全称	中文全称
AM	Asset Management	资产管理
ARIMA	Autoregressive integrated moving average	自回归综合移动平均
ASCC	Aspen Supply Chain Connect	Aspen 供应链数据接口
ASCM	Agile Supply Chain Management	敏捷供应链
CAPs	Configured Applications	专门配置的特定于具体应用的案例
CIMS	Computer integrated manufacturing System	计算机集成制造系统
COV	Coefficient of Variability	变化系数
CTP	Capable-To-Promise	客户承诺能力
DM	Demand Management	需求管理
DRP	Distribution resource planning	分销资源计划
DSS	Decision support system	决策支持系统
DTY	Draw textured yarn	拉伸变形丝
ECR	Effective Customer React	有效客户响应
EG	Ethylene glycol	乙二醇
ERP	Enterptise Resource Planning	企业资源计划
FDY	Fully drawn yarn	全拉伸丝
GSCM	Green Supply Chain Management	绿色供应链
IP	Inventory Planning	库存计划
ISCM	Integrated Supply Chain Management	集成供应链管理
JIT	Just In Time	准时生产制
LP	Lean Production	精细生产
LP	Linear Programming	线性规划
M&D	Marketing & Development department	市场开发科
MIMI	Manager for Interactive Modeling Interface	交互建模接口管理器
MIP	Mixed Integer Programming	混合整数规划
MRP	Material Requirement Planning	物料需求计划
PET	Polyethylene terephthalate	聚对苯二甲酸乙二醇酯
POY	Pre-oriented yarn	预取向丝
PS	Plant Scheduling	工厂调度
PTA	Purified terephthalic acid	精对苯二甲酸
S&OP	Sales and Operation Planning	销售和运作计划
SCM	Supply Chain Management	供应链管理
SCOR	Supply-Chain Operations Reference	供应链运作参考模型
SCP	Supply Chain Planning	供应链计划
SCR	Supply Chain Repository	供应链数据仓库
SP	Supply Planning	供应计划
VIM	Vendor-Management Inventory	供应商管理库存
VSC	Virtual Supply Chain	虚拟供应链
YCFC	YiZheng Chemical Fibres Company	仪征化纤股份有限公司

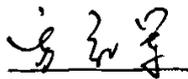
声 明

本学位论文是我在导师的指导下取得的研究成果，尽我所知，在本学位论文中，除了加以标注和致谢的部分外，不包含其他人已经发表或公布过的研究成果，也不包含我为获得任何教育机构的学位或学历而使用过的材料。与我一同工作的同事对本学位论文做出的贡献均已在论文中作了明确的说明。

研究生签名：  2006年07月01日

学位论文使用授权声明

南京理工大学有权保存本学位论文的电子和纸质文档，可以借阅或上网公布本学位论文的全部或部分内容，可以向有关部门或机构送交并授权其保存、借阅或上网公布本学位论文的全部或部分内容。对于保密论文，按保密的有关规定和程序处理。

研究生签名：  2006年07月01日

1 绪论

1.1 选题的意义

中国经过改革开放后 20 多年的快速发展,经济规模和经济总量都翻了几翻。在经济发展财富增加的同时,资源的稀缺性也越来越明显,并正成为经济进一步发展的制约因素。我国早在几年前就提出了经济增长方式从粗放性向集约性转变的战略。在 21 世纪全球化经济影响下,国内企业的竞争环境也发生了巨大变化,企业获得和配置资源的成本逐步增加,并承受社会利益的压力,如环保的要求,还要尽可能地满足消费需求的个性化、及时化、平民化和便利化。

对于国内传统流程性企业,生产经营普遍面临着多种多样的课题,例如:市场、生产地、原材料采购的全球化,客户需求的频繁变动及其市场不规则性的变化以及所伴随的产品供应和生产的不平衡导致缺货或库存增大等问题。企业只有通过将原材料采购、产品的生产、库存和销售以及物流作为整体供应链,对其上游到下游实现同步的整体最佳化,使企业的缺货情况或库存降到最小,才有可能同步地向客户提供客户所需求的产品同时保证企业自身所追求的利润。

对传统流程性企业在其企业内部信息化建设还没有成熟的时候,搞供应链比较痛苦;同时,不少企业的管理模式和运作模式还没有摆脱计划经济“大而全”、“小而全”的影响,往往自成一个封闭系统,与供应链管理的要求相去甚远。全球化的市场竞争对企业造成了前所未有的巨大压力,企业的管理模式必需从传统的“大而全”、“小而全”的“纵向一体化”向以“供应链管理思想为核心”的“横向一体化”模式转变。合理的供应链管理将会给企业带来更多的效益,从原材料的供应一直到交付客户完整的产品各个环节,都能寻找出降低成本的可能性,因而供应链管理对企业的经营和发展来说都是必须要做的。

国内供应链管理的研究才刚刚起步,供应链管理思想还多停留在学术上。随着信息社会、网络时代和电子商务时代的来临,中国企业即将直面全球化经济、速度经济 and 需求经济三大挑战。企业之间的竞争也正日趋演变为供应链与供应链之间的角逐,在企业中实行供应链管理已经势在必行。

国内企业 ERP 建设正在兴起,供应链管理在生产企业中的应用也还刚刚开始,企业所处的环境和现有的技术都使国内企业很难按供应链管理思想去运作。但是,我们可以先在 ERP 实施较好的企业,通过引进国外先进的供应链管理软件,在企业内建立一套面向内部的供应链管理决策支持系统模型还是可行的。这样,通过内部供应链管理系统运行对企业带来的好处,为供应链管理思想的普及提供示范,从而推动面向行

业的外部的供应链管理模型在国内的开发和应用。事实也证明,成功的供应链管理系统通过运用供应链管理的思想和方法指导和辅助企业的生产经营决策确实能使企业在激烈的市场竞争中,明显地提升企业的核心竞争力。

中国石化从全球竞争的战略出发,在全面推广实施ERP系统的同时,从美国AspenTech公司引进其先进的AspenTech MIMI(Manager for Interactive Modeling Interface)供应链管理决策支持系统应用软件,并选择在管理流程复杂的聚酯化纤企业—仪征化纤进行实施。通过跟踪这套系统实施中所运用的技术和方法,认真加以总结,这对中国石化及国内企业今后供应链管理系统的推广实施具有很强的示范作用。

目前,仪征化纤已经成功上线了SAP/R3系统,实施了包括FICO、PP、PM、MM、SD五大模块,可以做到在一定的层面上整合企业内部的资源,将各业务环节贯穿起来,实现了“物流、资金流、信息流”三者的有机结合,一定程度上提高了企业的内部效率。但ERP系统只是一个记录交易数据的信息系统,对公司的管理层来讲,如果没有在此应用基础上的数据分析、优化和决策,ERP的效益也无从谈起。通过在供应链管理方面提供决策参考的专家系统MIMI系统与ERP系统相联接,可以实现在ERP系统基础上进行数据分析、优化和决策,大大地发挥ERP系统的作用,提高管理决策的效率和效果。

1.2 供应链管理概述

供应链管理(SCM)是企业管理的一种模式,是时下管理研究的前沿课题,也是近几年在企业实行E化和信息化管理中最流行和有效的管理模式之一。供应链管理从20世纪80年代提出概念以来,研究成果很多,但其定义还没有统一,因为它本身就是一门跨学科、随着科技的发展特别是管理科学和信息技术的发展而不断发展的综合性学科。在ERP技术日益成熟的今天,解决ERP满足不了企业管理战略和管理决策的需要正是供应链管理研究时兴的重要因素。供应链管理的理论研究还在继续,供应链管理的实际运作模型也还处在起步阶段。

1.2.1 供应链管理模式的产生

企业管理模式经历了三个主要发展阶段:企业独立经营,纵向一体化管理和供应链管理,企业实体之间的关系表现为“分立—联合—再分立”的过程,而不断变化的市场环境是推动组织管理模式演变的原动力^[1]。

供应链起源于20世纪50年代后期至60年代物流学(后勤学),70年代发展为物料需求计划。进入80年代后,迈克·波特在“五力”模型中揭示了企业和它的供应商、竞争者、替代者、产业潜在进入者及顾客之间的对立和竞争,许多企业采取了对其它企业的投资、兼并、控股的“纵向一体化”管理以占据支配地位^[2]。这种模式的核心企业和上下游配套企业的关系是所有权的联合,但联合体与外界竞争者以及顾客之间的

关系仍然是竞争和对立。在市场环境相对稳定,以生产产品为中心的前提下,纵向一体化模式非常有效。但20世纪80年代以来市场环境发生巨大变化,顾客需求趋于多样化、个性化,不确定性增加,企业面临的是一个变化迅速且难以预测的买方市场。经济全球化趋势日益明显,这给企业带来的不仅是市场机遇,更增加了竞争难度。以Internet技术为基础的现代信息技术和通信技术迅速发展,使纵向一体化管理,暴露出很多缺点,为此企业采取了许多先进的单项制造技术和管理方法,如MRP、MRPII、JIT、LP、AM、CE、ERP、CIMS等。虽然这些技术和方法取得了一定成效,但没有从根本上解决问题,企业仍需要从管理模式上进行创新。

人们开始将目光从企业内部生产过程转向整个生命周期不同过程的结合部,以挖掘新的利润增长点,并开始关注核心能力,摒弃那种从设计、制造直到销售都自己负责的经营模式,把有限资源放在最擅长的业务上,在全球范围内与供应商和销售商建立合作伙伴关系,实现优势互补^[3]。

现在越来越多的人意识到,通过对物流、信息流的整体规划、协调、控制加强企业供应链的集成管理,可以有效地使企业低制造成本、高服务水平地提供产品给顾客。供应链管理成为20世纪90年代以来研究实践的热点。

1.2.2 供应链概念

早期的观点认为供应链是制造企业中的一个内部过程,它是指把从企业外部采购的原材料和零部件,通过生产转换和销售等活动,再传递到零售商和用户的一个过程。传统的供应链概念局限于企业的内部操作层上,注重企业自身的资源利用。

有些学者把供应链的概念与采购、供应管理相关联,用来表示与供应商之间的关系,这种观点得到了研究合作关系、JIT关系、精细供应、供应商行为评估和用户满意度等问题的学者的重视。但这样一种关系也仅仅局限在企业与供应商之间,而且供应链中的各企业独立运作,忽略了与外部供应链成员企业的联系,往往造成企业间的目标冲突。

后来供应链的概念注意了与其他企业的联系,注意了供应链的外部环境,认为它应是一个“通过链中不同企业的制造、组装、分销、零售等过程将原材料转换成产品,再到最终用户的转换过程”,这是更大范围、更为系统的概念。

史迪文斯(Stevens):通过增值过程和分销渠道控制从供应商的供应商到用户的用户的流就是供应链,它开始于供应的源点,结束于消费的终点^[4]。

蓝伯雄:供应链是原材料供应商、零部件供应商、生产商、分销商、零售商、运输商等一系列企业组成的价值增值链^[5]。

陈国权:企业从原料和零部件采购、运输、加工制造、分销直至最终送到顾客手中的这一过程被看成是一个环环相扣的链条,这就是供应链^[3]。

这些定义都注意了供应链的完整性，考虑了供应链中所有成员操作的一致性（链中成员的关系）。

而到了最近，供应链的概念更加注重围绕核心企业的网链关系，如核心企业与供应商、供应商的供应商乃至与一切前向的关系，与用户、用户的用户及一切后向的关系。此时对供应链的认识形成了一个网链的概念。

哈里森 (Harrison)：供应链是执行采购原材料、将它们转换为中间产品和成品、并且将成品销售到用户的功能网链。

菲利浦 (Phillip) 和温德尔 (Wendell)：供应链中战略伙伴关系是很重要的，通过建立战略伙伴关系，可以与重要的供应商和用户更有效的开展工作。

Lin F. R. 等：供应链是包括供应商、制造商、销售商在内，涉及物流、资金流、信息流的企业网络系统^[6]。

Christopher：供应链是一个组织网络，所涉及的组织从上游到下游，在不同的过程和活动中对交付给最终用户的产品或服务产生价值^[7]。

Quinn：供应链是涉及从原材料到最终用户的各种经济活动。

马士华认为：供应链是围绕核心企业，通过对信息流、物流、资金流的控制，从采购原材料开始，制成中间产品以及最终产品，最后由销售网络把产品送到消费者手中的将供应商、制造商、分销商、零售商、直到最终用户连成一个整体的功能网链结构^[2]。它是一个范围更广的企业结构模式，它包含所有加盟的节点企业，从原材料的供应开始，经过链中不同企业的制造加工、组装、分销等过程直到最终用户。它不仅是一条联接供应商到用户的物料链、信息链、资金链，而且是一条增值链，物料在供应链上因加工、包装、运输等过程而增加其价值，给相关企业都带来收益。

在我国2001年发表的物流术语国家标准中，对供应链的定义是：“生产及流通过程中，涉及将产品和服务提供给最终用户活动的上游与下游企业，所形成的网链结构。”

国际物流管理委员会对供应链的定义是：从原材料的获取到成品对终端用户运输的整个物质和信息交换的过程。所有零售商、服务提供商和顾客在供应链中相连接。

著名的供应链运作参考模型SCOR (Supply-Chain Operations Reference) 建议的供应链是以五个不同的管理流程为基础的：从最初的原料提供者，到制造商再到最终消费者，环环相扣，形成类似食物链的依存关系，称为“供应链”^[8]。如图1.2.1：

SCOR is Based on Five Distinct Management Processes

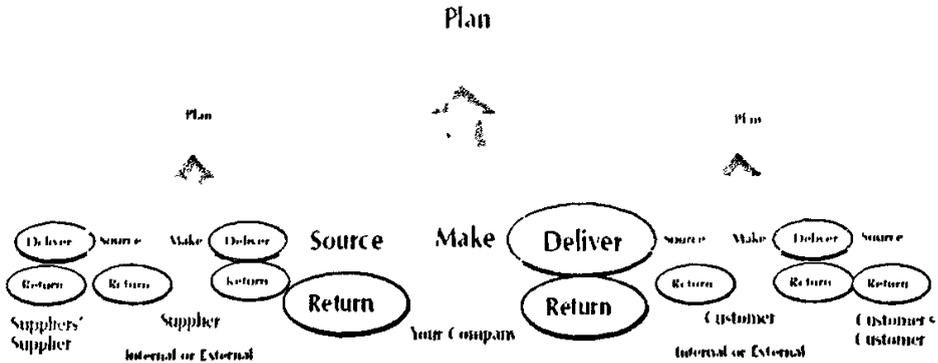


图 1.2.1 SCOR 建议的供应链

1.2.3 供应链管理概念

以上介绍的是供应链的概念，对供应链这一复杂系统，要想取得良好的绩效，必须找到有效的协调管理方法，供应链管理思想就是在这种环境下提出的。

供应链管理是一种集成的管理思想和方法，它执行供应链中从供应商到最终用户的物流的计划和控制等职能。

伊文斯 (Evens)：供应链管理是通过前馈的信息流和反馈的物料流及信息流，将供应商、制造商、分销商、零售商，直到最终用户连成一个整体的模式。

Mentzer：供应链管理是对传统的企业内部各业务部门间及企业之间的职能从整个供应链进行系统的、战略性的协调，目的是提高供应链及每个企业的长期绩效^[9]。

Phillip：供应链管理不是供应商管理的别称，而是一种新的基于时间的竞争策略，它把不同企业集成起来以增加整个供应链的效率，注重企业之间的合作。虽然定义不同，但基本思想都是强调一种集成的管理方法，把供应链上各个环节有机结合，实现供应链整体效率最高。

Harland：供应链管理是管理以下范围的企业活动和关系：组织内部、直接供应商、第一层第二层供应商及供应链上的顾客、整个供应链^[6]。

Baatz进一步将供应链管理扩展到物资的再生和再利用过程。

陈国权：供应链管理是对整个供应链系统进行计划、协调、操作、控制和优化的各种活动和过程，其目标是要将顾客所需的正确的产品Right Product能够在正确的时间Right Time、按照正确的数量Right Quantity、正确的质量Right Quality和正确的状态Right Status送到正确的地点Right Place—即“6R”，并使总成本最小^[3]。

AspenTech 公司：供应链管理是对供应链所涉及组织的集成和对物流、信息流、资金流的协同，以满足用户的需求和提高供应链整体竞争能力。简而言之，供应链管理就是优化和改进供应链活动，供应链管理的对象是供应链的组织（企业）和它们内

部的“流”及组织与组织（企业与企业）之间的“流”；应用的方法是集成和协同；目标是满足用户需求和提高供应链的整体竞争能力。有效的供应链管理是通过持续地向以下这些关键业务目标努力来实现利益最大化的，包括：

- 降低成本
- 提高收入
- 改进质量
- 缩短市场需求响应时间
- 提高业务伙伴的灵活性
- 优化库存
- 提高资产利用率。

供应链管理如何才能达到“管理供应链上的物流、资金流、信息流及服务，使供应链上的成员都能分享到适时、适质、适量、适价的服务”之理想呢？世界知名的顾问公司 ARC 公司所作的供应链管理市场调查报告中总结了供应链管理应涵盖的六大功能：

- 需求管理（预测和协同预测）
- 供应链计划
- 生产计划
- 生产调度
- 分销计划
- 运输计划。

1.2.4 供应链管理的特征

供应链主要具有以下特征：

- 强调核心竞争力
- 资源外用 (Outsourcing)
- 合作性竞争
- 以顾客满意度为目标的服务化管理
- 物流、信息流、资金流、工作流、组织流的集成
- 借助信息技术实现管理目标
- 延迟制造 (Postponement) 原则
- 更加关注物流企业的参与
- 缩短物流周期与缩短制造周期同等重要。

供应链管理倡导的理念：

- 从“纵向一体化”转向“横向一体化”管理

- 从职能管理转向过程管理
- 从产品管理转向顾客管理
- 从企业间交易性管理转向关系性管理
- 从物质管理转向信息管理
- 从零和竞争转向多赢竞争
- 从实有资源管理转向虚拟资源管理
- 从简单的多元化经营转向核心竞争力管理。

供应链系统的价值取向：各供应链的目标都是整体价值最大化（提供更快的交货速度、更高的质量和更低的成本）

- 任何供应链的主要目的是满足客户需求
- 供应链活动始自客户订单、止于感到满意的客户支付采购款
- 供应链涵盖执行满足客户需求活动的的所有参与方，包括直接和间接的
- 公司供应链活动所涉及各职能部门均事关供应链的成败
- 供应链的价值与其盈利能力密切相关
- 供应链的总利润是由供应链各参与方所共享
- 所有供应链只有一个收入源：客户
- 信息、产品或资金的流动构成供应链内在成本（交易成本）。

1.3 供应链管理的研究现状

目前供应链研究领域出现大量文献，内容广泛，文献[1]针对供应链管理的研究现状提出了一个研究框架。当前研究从三个不同维度展开：①从研究方法角度可以分为理论研究和实证研究；②从供应链的管理内容角度主要包括供应链设计优化、供应链管理策略、库存问题、供应链信息支持技术、伙伴选择问题等；③从供应链运行模式角度可以分为：敏捷供应链、集成供应链、虚拟供应链、基于产品的供应链、基于电子商务供应链、绿色供应链。

1) 策略研究：主要研究供应链管理的具体运作，如准时采购、快速响应QC、有效客户响应ECR、供应商库存管理VIM、计划预测和补给CPFD、供应链合作、IT应用、延迟技术等。有效客户响应主要是不断降低供应链成本，通过企业间的密切合作而给用户更大的利益。快速响应则主要是通过最大限度地减少从原材料到最终销售的运行时间与库存数量，以提高对于用户的快速响应性。延迟技术是为了响应用户需求、提高产品设计与制造的柔性而实施的一种策略。主要是把产品最终定型的位置与时间尽可能地靠近用户，以便定制化生产产品。

2) 链体系结构设计：供应链体系结构模型一般包括两种：链状模型和网状模型。链状模型是从自然界到供应商、制造商、分销商，产品的最终去向是用户。产品因用

户而生产，最终被用户所消费。产品从自然界到用户经历了供应商、制造商和分销商三级传递，并在传递过程中完成产品加工、装配形成等转换过程。网状模型更能说明现实世界中产品的复杂供应关系。在理论上，网状模型可以涵盖世界上所有厂家，把所有厂家都看作是其上面的一个节点，并认为这些节点存在着联系，联系有强有弱并在不断地变化着。网状模型对供应关系的描述性很强，适合于对供应关系的宏观把握。

3) 库存管理：库存是传统供应链研究的重要问题，库存管理是供应链上各节点企业实现供应链集成管理的关键，这个领域的文献相当丰富。库存往往被认为是有害的，企业总是想法消除库存以降低成本。库存是否合理要从库存成因分析入手。库存成因分为两种：一种是合理生产运作造成的；另一种是由于供应链上的不确定性因素造成的。第一种库存是合理的，如果没有这部分库存作为缓冲，生产过程可能会因为部分环节的中断而导致全盘崩溃，最终增加经营风险。第二种库存是不合理的，应当被消除，这在降低成本的同时消除由需求和供给的不确定造成的经营风险。进一步来讲，供应链上的不确定因素可能是由供应链上企业合作缺陷或企业内部生产系统缺陷造成的。传统的库存技术偏重企业内部生产系统，其贡献有限，更多的库存是由于需求和供给不确定造成的，供应链管理能很好地从企业合作角度消除整条供应链上的多余库存，所以受到极大青睐。目前供应链库存技术主要有面向供应链库存管理设计 (Design for Supply Chain Inventory Management)、供应商管理库存 (Vendor-Management Inventory)、技术和联合库存管理技术协同规划、预测和补给等。

4) 供应链信息支持技术：供应链管理借助新的信息支持技术以实现信息共享，这为供应链管理提供了大量削减成本和改善服务的机会。目前主要使用的技术有电子数据交换、无线视频、卫星技术、条形码、蜂窝技术、智能运输系统 (ITS)、Internet 以及 Extranet 等，从而实现企业内部、企业集群之间的信息集成与信息共享，参与全球竞争和合作。供应链管理效率和效益的提高离不开信息技术的有力支持。

5) 合作伙伴选择：组建供应链的首要任务是选择供应链成员，这在很大程度上决定了供应链运行的平稳程度和运行效能。成功的供应链管理必须高度重视企业间的合作关系。《供应链物流管理》作者唐纳德·J·鲍尔索克斯提出了合作竞争与无边界组织的概念。他指出要在一个跨越企业界限的范围内集成企业的活动。通常伙伴选择要根据一定的准则，采用定性和 / 或定量的方法从候选企业中确定合作对象，在供应链运行过程中，对伙伴的绩效进行实时评价，及时调整伙伴群体，做到动态选择，该领域是供应链管理研究的一个重点。目前人们主要对供应链系统中合作伙伴的选择、企业集成模式、合作伙伴的契约关系、合作伙伴的绩效评价、委托代理关系的激励问题等问题进行了研究，学者们认为合作各方的信用、信任及法律约束对建立良好的合作伙伴关系至关重要。

6) 绩效评价体系：供应链绩效评价主要是通过对供应链活动所产生的效果进行

科学全面地分析和评价,以判断供应链的绩效及其存在的价值。供应链绩效评价指标体系可以恰当地反映供应链整体运营状况以及上下节点企业之间的运营关系,而不是孤立地评价某一供应商的运营情况。供应链绩效评价方法一般有ROF法、SCOR供应链运作参考模型法、ABC作业成本法、平衡供应记分法等。通过绩效评价,可以提高企业内外部的柔性 and 集成度,并进一步加强企业与整个供应链的整体协调。

7) 供应链建模方法:供应链建模经历了从单产品模型到多产品模型、从国家模型到国际模型、从确定型模型到随机型模型的发展过程。目前主要有排队论模型、对策论模型、网络流模型、策略评价模型、运用复杂自适应系统理论建立的基于multagent的供应链仿真的SWARM模型、基于Meta图的离散制造业供应链建模等。这些模型在解决供应链结构优化、智能化、敏捷化及系统集成等问题方面都有着重要的研究价值和意义。

8) 敏捷供应链:敏捷供应链ASCM(Agile Supply Chain Management)是以信息技术为核心,建立一个开放式、集成化的数据环境,把不同领域或全球范围内的优势企业集成起来,达到敏捷地提供原材料及产品的目的^[10]。敏捷供应链区别于一般供应链系统的地方在于它可以根据动态联盟的形成和解体(企业重组)进行快速的重构和调整。主要研究包括基于供应链管理的信息集成、渠道战略规划、供应链分析诊断和系统的快速重构。

9) 集成供应链:集成供应链管理ISCM(Integrated Supply Chain Management)克服原有的采购、生产、销售之间的障碍,从而将企业内外供应链集成起来,力求达到整个供应链全局的动态最优目标^[11]。集成供应链管理以系统的观点把握供应链管理的实质,建立供应链的理论模型及开发关键技术,值得我们深入研究。集成供应链未来的发展趋势是建立基于一定的市场需求、通过共享来实现的集成化供应链动态联盟。基于Internet/Intranet的电子商务取代传统的商务手段,形成同步化的、扩展的供应链计划和控制系统。

10) 虚拟供应链:虚拟供应链VSC(Virtual Supply Chain)是基于全球化的虚拟企业依赖快速的信息技术支持和服务而组建的动态供应链^[12]。虚拟供应链使各企业摆脱供应链上的从属地位,供应链合作伙伴感到平等和安全。耐克公司和戴尔公司就是两个运用全球虚拟供应链运作的成功典范。建立虚拟供应链要加强企业间的信息交互、资金流动及企业协议。从而使虚拟供应链的运作模式标准化、程序化和规范化。虚拟供应链的特点:①动态性;②网状结构;③由专门中立的信息服务中心提供技术支持和服务;④有利于广大中小企业摆脱供应链上的从属地位,供应链合作伙伴感到平等和安全。虚拟供应链的运作模式分为7个步骤:①市场信息获取;②虚拟供应链发起的组织;③合同的投标与获取;④产品制造和递送;⑤售后服务和产品回收;⑥利益分配;⑦虚拟供应链解散^[13]。

11) 基于产品的供应链:Marshall L. Fisher在1997年提出供应链的设计应以产品为中心。供应链设计应首先考虑本企业的产品类型是需求不稳定的创新型产品(Innovative Products)还是需求稳定的功能型产品(Functional Products),其分别对应响应型和效能型供应链。效能型供应链是以成本和质量为核心,其目标是以最低的成本供应可预测的需求,所以它与边际利润低、有稳定需求的功能型产品相适应。反之,以柔性、速度和质量为核心的响应型供应链,其目标是对市场需求快速反应,因此它适应边际利润高的创新型产品。基于产品供应链的策略是企业,特别是特殊行业制造商的一种较好的供应链设计解决方案^[11]。产品寿命周期、需求预测、产品多样性、服务的市场标准等都是影响供应链设计的重要问题。

12) 基于电子商务的供应链:电子商务改变了供应链上从原材料采购、产品制造、分销,到交付给最终用户的全过程,改变了供应链上信息流、物流、资金流、人流和商务流的运作模式。蓝伯雄认为,电子商务对供应链的影响表现在以下几个方面:动态联盟的系统化管理,生产两端的资源优化管理,不确定性需求的信息共享管理及生产的敏捷化管理^[7]。鲁晓春认为,电子商务可以从以下三个方面消除供应链上的牛鞭效应:减少供应链环节,提高物流效率以及及时监控库存状态信息^[14]。电子商务和供应链的融合将是必然的趋势。

13) 绿色供应链:目前企业受到来自各方面的环境要求压力,在此背景下,美国国家科学基金会于1996年提出了绿色供应链GSCM(Green Supply Chain Management)^[15]。绿色供应链管理又称环境意识供应链管理,它考虑了供应链中各个环节的环境问题,注重对于环境的保护,促进经济与环境的协调发展。绿色供应链是绿色制造和供应链的学科交叉,是把“无废无污”和“无任何不良成分”及“无任何副作用”的理念贯穿于整个供应链中。今后绿色供应链研究的主要内容将会是建立绿色供应链系统的理论体系和进行绿色供应链的决策支持技术、运作、管理和集成等关键技术的研究。绿色供应链管理将是21世纪企业取得显著经济效益的最大机遇。

国内对供应链研究才刚刚起步。过去国内企业供应链的关注主要集中在供应商—制造商这一层面上,只是供应链上的一小段,研究的内容主要局限于供应商的选择和定位、降低成本、控制质量、保证供应链的连续性和经济性问题,没有考虑整个从供应商、制造商、分销商、零售商到最终用户的完整供应链,而且研究也没有考虑供应链管理的战略性等问题。因此,可以说目前在我国还没有形成真正意义上的供应链,供应链管理的研究与应用都是很不够的。

1.4 集成化供应链管理的实现^[16]

企业从传统的管理模式转向集成化供应链管理模式,一般要经过五个阶段,包括从最低层次的基础建设到最高层次的集成化供应链动态联盟,各个阶段的不同之处主

要体现在组织结构、管理核心、计划与控制系统、应用的信息技术等方面。其步骤如图 1.4.1 所示。

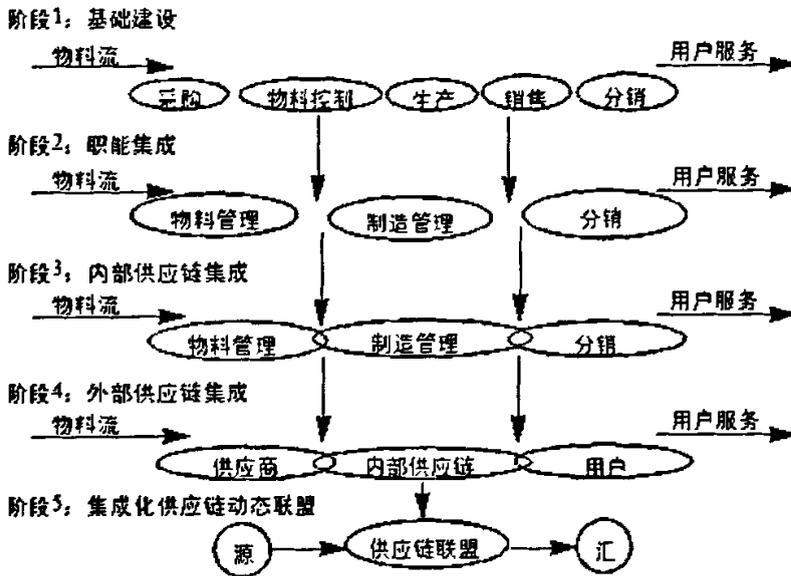


图 1.4.1 集成化供应链管理实施步骤模型图

阶段 1：基础建设

这一阶段是在原有企业供应链的基础上分析、总结企业现状，分析企业内部影响供应链管理的阻力和有利之处，同时分析外部市场环境，对市场的特征和不确定性作出分析和评价，最后相应地完善企业的供应链。处于这一阶段的企业主要采用短期计划，出现困难时需要一个一个地解决。虽然企业强调办公自动化，但这样一种环境往往导致整个供应链的效率低下，同时也增加了企业对供应和需求变化影响的敏感度。

阶段 2：职能集成

职能集成阶段集中于处理企业内部的物流，企业围绕核心职能对物流实施集成化管理，对组织实行业务流程重构，实现职能部门的优化集成，通常可以建立交叉职能小组，参与计划和执行项目，以提高职能部门之间的合作，克服这一阶段可能存在的不能很好满足用户订单的问题。

在集成化供应链管理的第二阶段一般采用 MRP 系统进行计划和控制。对于分销网，需求得不到准确的预测和控制，分销的基础设施也与制造没有有效的联接。由于用户的需求得不到确切的理解，从而导致计划不准确和业务的失误，所以在第二阶段要采用有效的预测技术和工具对用户的需求做出较为准确的预测、计划和控制。但是，以上采用的各项技术之间、各项业务流程之间、技术与业务流程之间都缺乏集成，库存和浪费等问题仍可能困扰企业。

阶段 3：内部供应链集成

这一阶段要实现企业直接控制的领域的集成,要实现企业内部供应链与外部供应链中供应商和用户管理部分的集成,形成内部集成化供应链。集成的输出是集成化的计划和控制系统。

为了支持企业内部集成化供应链管理,主要采用供应链计划(Supply Chain Planning, SCP)和ERP系统来实施集成化计划和控制。这两种信息技术都是基于客户/服务(Client/server)体系在企业内部集成中的应用。有效的SCP集成了企业所有的主要计划和决策业务,包括:需求预测、库存计划、资源配置、设备管理、优化路径、基于能力约束的生产计划和作业计划、物料和能力计划、采购计划等。ERP系统集成企业业务流程中主要的执行职能,包括:订单管理、财务管理、库存管理、生产制造管理、采购等职能。SCP和ERP通过基于事件的集成技术联结在一起。

本阶段企业管理的核心是内部集成化供应链管理的效率问题,主要考虑在优化资源、能力的基础上,以最低的成本和最快的速度生产最好的产品,快速地满足用户的需求,以提高企业反应能力和效率。这对于生产多品种或提供多种服务的企业来说意义更大。投资于提高企业的运作柔性也变得越来越重要。

在第二阶段需构建新的交叉职能业务流程,逐步取代传统的职能模块,以用户需求和高质量的预测信息驱动整个企业供应链的运作。因满足用户需求而导致的高服务成本是此阶段管理的主要问题。

这一阶段可以采用DRP系统、MRPII系统管理物料,运用JIT等技术支持物料计划的执行。JIT的应用可以使企业缩短市场反应时间、降低库存水平和减少浪费。在这个阶段,企业可以考虑同步化的需求管理,将用户的需求与制造计划和供应商的物料流同步化,减少不增值的业务。同时企业可以通过广泛的信息网络(而不是大量的库存)来获得巨大的利润。

阶段4: 外部供应链集成

实现集成化供应链管理的关键在于第四阶段,将企业内部供应链与外部的供应商和用户集成起来,形成一个集成化供应网链。而与主要供应商和用户建立良好的合作伙伴关系,即所谓的供应链合作关系(Supply Chain Partnership),是集成化供应链管理的关键之关键。

此阶段企业要特别注重战略伙伴关系管理。管理的焦点要以面向供应商和用户取代面向产品,增加与主要供应商和用户的联系,增进相互之间的了解(产品、工艺、组织、企业文化等),相互之间保持一定的一致性,实现信息共享等,企业通过为用户提供与竞争者不同的产品/服务或增值的信息而获利。供应商管理库存(VMI)和共同计划预测与库存补充(Collaborative Planning Forecasting and Replenishment,简称CPFR)的应用就是企业转向改善、建立良好的合作伙伴关系的典型例子。通过建立良好的合作伙伴关系,企业就可以很好地与用户、供应商和服务提供商实现集成和合作,

共同在预测、产品设计、生产、运输计划和竞争策略等方面设计和控制整个供应链的运作。对于主要用户，企业一般建立以用户为核心的小组，这样的小组具有不同职能领域的功能，从而更好地为主要用户提供有针对性的服务。

处于这个阶段的企业，生产系统必须具备更高的柔性，以提高对用户需求的反应能力和速度。企业必须能根据不同用户的需求，既能按订单生产(Make-To-Order)，按订单组装、包装(Assemble or Package-To-order)，又能按备货方式生产(Make-To-Stock)，这样一种根据用户的不同需求对资源进行不同的优化配置的策略称为动态用户约束点策略。延迟技术(Posponement)可以很好地实现以上策略。延迟技术强调企业产品生产加工到一定阶段后，等待收到用户订单以后根据用户的不同要求完成产品的最后加工、组装，这样企业供应链的生产就具有了很高的柔性。

为了达到与外部供应链的集成，企业必须采用适当的信息技术为企业内部的信息系统提供与外部供应链节点企业的很好的接口，达到信息共享和信息交互，达到相互操作的一致性。这些都需要采用 Internet 信息技术。

本阶段企业采用销售点驱动的同步化、集成化的计划和控制系統。它集成了用户订购数据和合作开发计划、基于约束的动态供应计划、生产计划等功能，以保证整个供应链中的成员同步化地进行供应链管理。

阶段5：集成化供应链动态联盟

在完成以上四个阶段的集成以后，已经构成了一个网链化的企业结构，我们称之为供应链共同体，它的战略核心及发展目标是占据市场的领导地位。为了达到这一目标，随着市场竞争的加剧，供应链共同体必将成为一个动态的网链结构，以适应市场变化、柔性、速度、革新、知识等需要，不能适应供应链需求的企业将从供应链联盟中被淘汰。供应链从而成为一个能快速重构的动态组织结构，即集成化供应链动态联盟。企业通过Internet网络商务软件等技术集成在一起以满足用户的需求，一旦用户的需求消失，它也将随之解体。而当另一需求出现时，这样的—个组织结构又由新的企业动态地重新组成。在这样的—个环境中求生存，企业如何成为—个能及时、快速满足用户需求的供应商，是企业生存、发展的关键。

集成化供应链动态联盟是基于—定的市场需求、根据共同的目标而组成的，通过实时信息的共享来实现集成。主要应用的信息技术是Internet/Intranet的集成，同步化的、扩展的供应链计划和控制系統是主要的工具，基于Internet的电子商务取代传统的商务手段。这是供应链管理发展的必然趋势。

1.5 供应链建模方法回顾

供应链从理论到应用，建模是必不可少的—个重要环节。

在过去的30多年中，分别针对采购模型、生产模型、运输模型以及仓储模型讨论

供应链管理的文献较多,也有人试图将这些模型整合在一起,提出了一些整合模式^[17]。

20世纪60年代,Clark和Scarf提出了多层次框架下获得最优仓储策略的模型^[18]。虽然它并不是一个完整的供应链模型,但目前供应链中的多层次概念,实际上就始于该模型。

1974年,Geoffion和Graves利用混合整数规划建立了一个多产品的配销模型^[19]。该模型主要由工厂、仓储中心与顾客组成。工厂可以生产多样的产品,并将这些产品运送到仓储中心。这样,每位顾客的产品需求由一个仓储中心来满足。在此模型中,利用分解技术来确定最优解,该最优解会决定哪些仓储中心有继续存在的必要。从这篇论文可以看出,整个“链”的框架已经成形,而分解技术也被广泛使用在这类模型和问题的求解上。其后,Geoffion和Power又对这类模型进行了发展,强调了合作、IT技术的发展和客户服务精神等因素的影响是原有模型没有估计到的,这些因素比以上的模型因素更影响分销网络的设计,但他们没有给出有关的定量模型。

20世纪80年代,有关整合采购模型、生产模型、运输模型以及仓储模型的文献相当多。在Thomas和Gfinfin的综述性文献中将它们分成采购者与供应者整合、生产与配销整合、存货与配销整合3类整合模式^[20]。在Bhatnagar等中也用了类似的分类^[21]。

Williams在1981年时就提出了一种启发式的演算法用来解决供应链中生产与配销过程中的问题。目标是在满足产品需求的条件下使得平均存货成本与固定成本(包括定购、运输以及设定成本)总和为最小。

Cohen和Lee在1985年时提出了两种模型,其中之一是由原料采购的供应商开始,经过工厂、仓储中心,最后到达顾客^[22]。这种模型类似1974年Geoffion和Graves所提出的模型,但其中整个“链”的框架中多了一个原料采购层,模型则是使用启发式的演算法求解。另外一个则讨论了非线性的生产规模经济问题。

Cohen和Lee在1988年使用随机过程方法,提出了一个整合模型^[23]。这个整合模型又分为:①原料控制;②生产;③存货;④配销四个子模型。每一个模型在给定的需求条件下,可以对成本作最优化的运算。此外,每个子模型会对其下游的子模型造成影响。对整个模型而言,是一个非线性问题,处理上几乎不可能。此外,这个模型最主要是得到一个长期的运作战略,而非短期的策略。

cohen和lee1989年又提出了一个基于全球化战略的供应链资源配置模型^[24]。该模型也是采用混合整数规划,在设定分销市场的基础上如何配置生产设备及生产厂家,目标函数是税后利润最大化。该模型在实践中经常用于评估和辅助供应链战略决策,但使用该模型要求公司已存在全球化的物流网络,这样可以得到较准确的成本参数等输入数据;同时大量的决策变量的求解也要求模型能分层求解和优化。

Brown等^[25]提出了一个多商品制造分销的网络设计的混合整数规划模型,该模型比上述模型多考虑了工厂的关/闭、设备的分配以及多种产品直接从厂家销售到顾客

等情形。

文献[26]中给出了一个连续分布型的制造 / 分销系统设计 (PDS) 模型和 Daganzo^[27]的连续性物流模型。这类模型一方面更接近实际情况, 另一方面它对数据的要求更少, 在连续性的模型中各类函数演化成连续性的函数更适合运算。

Cohen和Moon延续Cohen和Lee一个的名为PILOT的模型。在1990年提出了另外一个模型。这个模型中包括了供应商、工厂、仓储中心以及顾客, 并且可确定: ① 哪些工厂与仓储中心需设立或者取消; ② 原材料采购的数量; ③ 哪个工厂要生产多少产品; (由工厂经过仓储中心最后运输到客户的产品数量。目标为求解一个成本最小化问题, 约束条件则包含了原料的需求、供给、产能等。在这篇文献中, 作者指出在不同的情况下有许多因素都会影响到供应链的成本, 其中运输成本在整个供应链的成本中尤其重要。

Towill在1991年利用模拟的方法来评估需求变动情况下应该对整个供应链采取什么样的策略。采用的策略有: ① 尽量消除配销的层次数; ② 在整个供应链中导入信息技术, 以整合供应链中的信息流; ③ 实现JIT的仓储策略来减少时间上的延误; ④ 改善每次定购量或者订购程序。整个模拟模型的目标是找出一种在需求变动情况下使需求变异最小的策略。根据模拟的结果, 以③ 即实现JIT的仓储策略以及① 即尽量消除配销层次数这两种策略最为有效。

Pyke和Cohen在1993年使用随机过程方法, 建立了一个三层架构模型的供应链模型。这个模型包含一项产品、一个工厂、一个仓储中心和一个零售商。该模型的目标是求成本最小值, 约束条件则包含了服务水平、安装时间、处理时间以及补货前置时间Pyke和Cohen在1994年继续改进旧的方法, 将其扩展为多品种模型。

Amtzen等在1995年提出了一种利用混合整数规划建立的全球供应链模型。在这一模型中, 目标是求解生产成本、运输成本、存货成本等总和的最小值加上活动时间的加权值。只要输入物料需求单、产品需求量、各项成本以及税制, 最后就可以得到最优解。这一模型强调税制在全球化环境下的影响。重新出口的冲退税以及不同国家地区的税制等都列入了考虑范围之内。该模型是一个多产品、多阶段、多层次的模型。

Vidal 和 Goetschalekx 在 1997 年详细地从各个角度比较了过去数篇有关供应链方面的文献, 包括模型类型、模型求解方法以及模型计算的详细资料, 并且从数项国际化的特征对供应链模型进行了比较。作者在结论中指出, 有几点是过去的模型较为不足的: ① 供应链中不确定的因素在绝大部分的模型中都没有考虑; ② BOM 的限制; ③ 国际化的因素如汇率、税制等都没有考虑。同时作者认为, 未来应该发展一个全球运筹的框架, 此框架中应该包括可以表现不确定性以及数量化的模型, 整个框架应该以混合整数规划模型为基础去开发一个决策支持系统。

Beamon 在 1998 年分别从供应链模型类型、供应链衡量准则以及衡量方法等方面

对过去的模型进行了分析。作者指出,在设计供应链模型上有几点越来越受到人们的关注:①产品延迟;②全球供应链的设计;③需求的失真与需求变动放大效应。

如文献[28]建立了一个包括供应商、制造商、销售商在内的集成化动态模型,这一模型含有线性状态方程和神经网络非线性模型,提出了库存成本、供应成本、生产水平等在内的供应链目标函数。对于供应链集成化模型推导了神经网络控制方案,并进行了初步条件的仿真工作。

卢震、黄小原、栗东生等^[29]基于供应和销售在供应链管理中的初端推动作用和末端拉动作用的动态行为,建立了一个供应量具有约束条件、销售量具有不确定条件的供应链系统模型,并以实际案例背景分析了不同条件下的供应链系统,且采用遗传进化规划方法进行了优化仿真。

以上介绍的这些模型都是以成本为衡量供应链的准则,以最小成本为衡量方法。在模型的类型上,则可以分为3类:①确定型;②随机型;③模拟型。在计算方法上,主要有因素法,线性规划,启发式算法,模拟法,分解技术等。早期的供应链模型多数都是单时期、单产品。目前的供应链模型趋向于多时期、多产品的复杂模型。通过建立供应链模型要进行决策的决策变量,一般有:①生产与配销的计划表;②确定原料、半成品以及完成品的存货数量以及订货数量;③供应链该由哪几个层次组成;④由哪个仓储中心服务哪些顾客;⑤由哪个工厂生产哪种产品;⑥完成品的分布情况。

随着计算机、网络通信技术的发展,IT技术已成为供应链管理的基础和成功的关键要素之一。文献[30]列出了值得关注的基于IT技术的模型包括:Camn等将整数规划结合地理信息系统(GIS)建立的分销中心和外包厂家布局的柔性决策支持系统;Johnson et al发展的多工厂的制造及仓库综合布局的GIS系统;Min和Melachrinoudis建立的内含GIS的用于全球范围内的制造企业仓库重构的混合整数规划模型;Al-Mashari和Zairi为了提高供应链各过程的沟通和整合,以企业资源规划(ERP)结构为基础的Sap R/3系统。尽管IT技术对供应链管理的重要性不言而喻,但是,“基于IT技术供应链集成模型还处于婴儿期”。因为要开发出真正适用的系统是一个复杂的系统工程,牵涉到多方面的问题,有待进一步研究。

最优化理论和方法的应用在供应链整合与管理研究中已经取得了引入瞩目的成就,并帮助企业获得了可观的经济效益。有关的定量分析方法在供应链管理软件中也有所应用。但从目前的研究和应用情况来看,以确定性整数规划模型居多,这些模型对于供应链的局部管理是非常有用的,但当供应链上的企业面临复杂多变的环境时,要想用这些确定的模型来进行定量化整合和管理非常困难。

1.6 决策支持系统及其发展

决策支持系统是在管理信息系统和运筹学的基础上建立起来的一门学科。管理信息系统重点在于对大量数据的处理，运筹学重点在于运用模型辅助决策，由这两者结合而产生的决策支持系统，其主要目的是解决决策过程中的复杂问题。决策支持系统主要经历了如下的发展历程：

1) 1971 年，美国科学家 Gorry, Morton^[31]等人首次提出“决策支持系统 DSS (Decision Support System)”，标志着决策支持理论的开始。

2) 80 年代初期，关系数据库技术日益成熟，决策支持系统研究得到进一步深化，出现了基于关系数据库的“三库”（数据库、模型库、知识库）和“四库”（数据库、模型库、知识库、方法库）结构的决策支持系统^[32]。

3) 80 年代后期，决策支持系统与专家系统结合，出现了智能决策支持系统的研究热潮。

4) 进入 90 年代，随着一门新兴的数据库技术——数据仓库 (Data Warehouse) 的兴起，形成了一种新的解决方案，“数据仓库+联机分析处理 (On Line Analysis Processing, OLAP)+数据挖掘”。这种方案较好地解决了传统四库结构的决策支持系统中的数据基础问题，成为当前普遍流行的 DSS 解决方案^[33]。

决策支持系统是从传统的人机交互系统发展到智能决策支持系统 (IDSS)，再发展到新的决策支持技术——数据仓库 (DW)、联机分析处理 (OLAP) 与数据挖掘 (DM) 相结合用于辅助决策^[34]。通过数据仓库来转化、综合、管理业务数据库中的大量数据，数据仓库的快速查询可以高效地获得数据。OLAP 工具的焦点在于对数据仓库的多维分析，它需要用户交互以识别数据中的有用模式。而数据挖掘不是一种单一的技术或软件，它综合了数据可视化、机器学习、统计学和数据库技术，通过某种方法在大量数据中发现有用知识，使数据、知识和过程成为一个有机整体。基于数据仓库的智能决策支持系统已成为当今决策支持技术研究的前沿方向，它在传统 DSS 的基础上综合了人工智能技术，并以数据仓库为基础，以 OLAP 和数据挖掘工具为手段的一整套集成化的解决方案。

数据仓库、联机分析处理和数据挖掘是三种相互独立又相互关联的信息处理技术。数据仓库是从数据库技术发展中出现的一种为决策服务的数据组织、存储技术。数据仓库由基本数据、历史数据、综合数据和元数据组成，能提供综合分析、时间趋势分析等辅助决策的信息。

联机分析处理是对多维数据进行分析的技术。由于大量数据集中于多维空间中，OLAP 技术提供从多途径获取用户所需要的辅助决策的分析数据。

数据挖掘是对数据库或数据仓库中的数据使用一系列方法进行开采、挖掘、分析，

从中识别和抽取隐含的、潜在的有用信息，即知识，并充分利用这些知识辅助决策。

数据仓库是基础，联机分析处理和数挖掘是两种有效的分析工具。三者的结合使数据仓库辅助决策能力达到更高层次，成为新型决策支持系统的有力工具。

1.7 SCM 与 ERP

ERP、SCM 都被称为企业管理软件，但是它们覆盖的领域和切入的角度都有所不同。

SCM 的主要功能就是为企业制定计划，并随着计划的改变而快速调整供应链上各个环节的操作，增强企业内部和外部能力的可视性、需求和供应的可视性。SCM 只涉及计划的层面，对于具体生产、成本、资金、库存等的控制，则由 ERP 系统去执行，与生产相关的具体业务过程、采取何种手段，不属于 SCM 的管辖范围。这就是计划与执行的区别。

SCM 和 ERP 又是紧密相连的。ERP 系统为实施 SCM 提供了强有力的支撑平台。SCM 系统与 ERP 能够从数据库层面相连，ERP 为其提供绝大多数的数据，包括主数据和部分交易数据，SCM 也有将订单输出到 ERP 系统的能力。两个系统数据分享，应用又有层次。如果说是 ERP 实现事中控制的话，那么 SCM 则是进行事前预测和事后分析，实施 SCM 是对 ERP 的补充，它提供进一步的智能决策支持信息，SCM 覆盖已有的应用系统并从中提取信息，加工而成服务于整个供应链的信息，使得企业能够评估供应链中的各个环节、事件和客户需求变化对企业的影响。从某种程度上讲，SCM 是对 ERP 数据挖掘、提升的手段，必将增加企业效益。

1.8 本文的工作

本文对供应链管理系统建模和企业决策支持系统相关的技术进行了研究，结合中国石化仪征化纤 AspenTech MIMI 供应链管理决策支持系统项目的实施，建立了一套面向聚酯化生产企业的供应链管理决策支持系统模型。该模型主要采用定量优化的方法，将需求管理、生产计划、库存计划、生产调度和客户承诺作为一个集成的业务流程来建模，以尽可能地降低成本、提高效益，从而提升企业的竞争力，实现聚酯化纤企业供应链的整体优化。该模型从工程、技术和应用上都取得了一定的成果，本文对此加以总结，希望能对国内大型流程制造企业的供应链管理决策支持系统的实施有所借鉴。

本文的主要工作有以下几个方面，按章节组织如下：

第一章 绪论。明确了论文研究的目的和意义，概述了供应链、供应链管理、决策支持系统、供应链管理系统建模、决策支持系统的基本概念及最新发展。

第二章 聚酯化纤生产企业的供应链。描述了聚酯化纤生产企业供应链节点上的活动。

第三章 聚酯化纤生产企业的业务流程分析。对聚酯化纤生产企业目前的业务流程进行了详细分析，找出存在的问题，然后按供应链管理的思想优化现有业务流程。

第四章 聚酯化纤生产企业供应链管理决策支持系统模型。运用 Aspen MIMI 供应链管理决策支持系统，对聚酯化纤生产企业优化后的业务流程系统建模，利用信息系统实现供应链上各业务的集成并对决策变量进行优化运算，提高生产经营决策的速度和精度。对建模和模型运行过程中的问题也进行讨论。

第五章 模型实施和运行中的问题和措施。对供应链决策支持系统实施和运行中遇到的一般性问题进行了总结并提出改进措施。

第六章 总结。总结了全文的工作，并指出下一步的工作和研究的方向。

2 聚酯化纤生产企业的供应链

聚酯化纤(涤纶)生产属流程式制造业。聚酯化纤品种主要分长丝和短纤两种,生产流程从供应链管理角度来看没有本质区别。本文就以中国石化仪征化纤长丝事业部生产经营情况为例介绍聚酯化纤生产企业的供应链。仪征化纤长丝事业部主要生产一系列的涤纶长丝。品种分为三大类:预取向丝(POY),全拉伸丝(FDY)和拉伸加捻丝(DTY)。其中 POY 主要用作 DTY 原料,FDY 和 DTY 可直接用于后道纺织。客户购买这些产品可加工成服装原料、装饰面料或在工业领域使用。

2.1 生产流程

聚酯企业长丝的生产流程一般是从 PTA(精对苯二甲酸)和 EG(乙二醇)开始的。这两种原料通过缩聚反应生产 PET(聚对苯二甲酸乙二醇酯)。处于熔融状态的 PET 可以直接用于纺制 POY 和 FDY,或者以带状挤出,水冷后切割成切片。

PET 熔体直接纺制 POY 和 FDY 时, PET 熔体从缩聚釜经熔体输送系统送至纺丝箱体,在适当的温度和压力下从纺丝箱体中的喷丝板挤出形成熔体细流。每个喷丝板上可以有 12 到 288 个喷丝孔。被挤出的 PET 熔体细流在侧吹风的冷却下固化,经喷油嘴或油辊上油集束,这样从喷丝板挤出的多根丝被合并成一束长丝。上油后的丝束通过卷绕机以饼状卷绕到纸管上。FDY 还要在卷绕机上进行加热拉伸定型处理,处理的结果是丝的长度增加,伸长降低,强度增大,可直接用于纺织。POY 丝需用加弹机经加弹工艺拉伸增强后加工成 DTY 才能用于纺织。从卷绕机或加弹机上落下的丝饼在经过质检分级后,可以包装发货。

PET 切片在用于纺制 POY 或 FDY 前必须再次熔融,这个过程中可以添加各种添加剂,如消光剂,增光剂,阻燃剂或染料等,熔融后的混合熔体经纺丝、卷绕、加弹等工艺可生产出不同用途的涤纶长丝。

POY 是加弹 DTY 生产的原料。在加弹过程中,POY 从纸筒上退出,经过加热,拉伸,假捻,定型最后上油冷却并再次卷绕到纸筒上,形成 DTY 丝饼。

POY 和 FDY 的产品性能是由添加剂(如果存在),使用的喷丝板类型, PET 的挤出温度,纺丝速度,油剂的类型和产品的质量共同决定。

由于 PET 进料质量的不合格,或者设备与控制问题,会导致生产低等级的产品。生产过程中丝束会断头,导致纸筒没有绕到客户要求的重量,会生产出非定重产品。低等级和非定重的产品在售价上都要比标准的壹等品定重产品低。

长丝产品可以用纸箱等多种包装方式。不同包装方式对于供应链管理来说没有影

响。

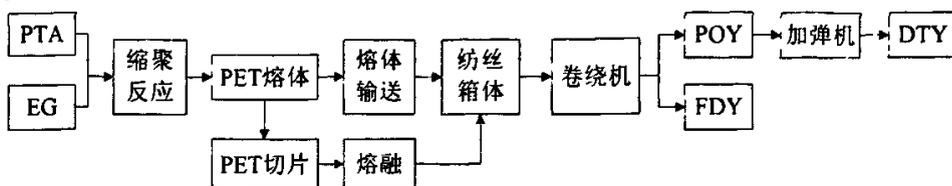


图 2.1.1 聚酯长丝生产流程

2.2 生产装置

长丝事业部负责仪征化纤三厂和五厂长丝生产装置的运作。

三厂包括三套聚合装置，聚酯 7，8，9 单元。通过五步法缩聚生产熔体，每套聚酯单元的第五级反应为终缩聚，拥有两台终聚釜（R05.1 和 R05.2）。每台终聚釜后接多条长丝生产丝和一台切片生产装置。终聚釜通过熔体输送和分配管线直接供 PET 熔体给长丝生产线和切片装置。为了保证产品质量，聚合装置通常以满负荷运作。由此，切片装置的生产负荷就作为一个动态的调节手段，用于平衡长丝生产线的熔体消耗变动。当长丝生产线接受熔体量增加时，切片装置接受熔体的量就会减少，反之亦然。

聚酯 7 单元的一个反应器（7R05.1）除了给一条 POY 生产线、一条 PET 切片生产线供料外，还直接供料给两条中空涤纶短纤维生产线。中空短纤维生产线并非由长丝事业部管理，对它们的计划和调度将不会象长丝那样细致，在供应链管理中将简化设计。7 单元的另一个反应器（7R05.2）供料给 2 条 POY 线和 1 条 FDY 线。8 单元的反应器供料给 8 条 POY 线，9 单元的反应器供料给 2 条 POY 线和 6 条 FDY 线。三厂长丝生产设备配置如下表：

表 2.2.1 长丝事业部三厂长丝生产设备配置表

聚酯单元	反应釜	生产装置				
		PET 切片	中空短纤 17K	中空短纤 18K	POY69	
聚酯 7 单元	7R05.1	PET 切片	中空短纤 17K	中空短纤 18K	POY69	
	7R05.2	PET 切片	POY66	POY67	FDY68	
聚酯 8 单元	8R05.1	PET 切片	POY62	POY63	POY64	POY65
	8R05.2	PET 切片	POY58	POY59	POY60	POY61
聚酯 9 单元	9R05.1	PET 切片	FDY54	FDY55	FDY56	FDY57
	9R05.2	PET 切片	POY50	POY51	FDY52	FDY53

在五厂，PET 切片熔融后直接供料给 9 条 POY 线和 4 条 FDY 线。三厂和五厂的部分 POY 作为五厂的原料供给 98 台 DTY 加弹机。

表 2.2.2 长丝事业部五厂长丝生产设备配置表

品种	生产装置						
POY 9 条	POY101- POY103	POY301- POY306					
FDY 4 条	FDY201- FDY204	其中 FDY204 也能生产 POY 品种					
DTY 98 台	10 台村田 33H	15 台法华 8E3	30 台法华 12E3	14 台帝人 EX2	5 台巴马格 1000	10 台宏源 900A	14 台宏源 900

2.3 生产过程

POY 和 FDY 生产线以相似的模式和结构操作。每条线包含 2 个单元，每个单元包括 3 个箱体。每个箱体包括若干个纺丝位。同一条线的每个纺丝位包括相同数目的纺丝头，通常为 6, 8 或者 12 个头（根据生产线的不同而不同）。每个纺丝头对应一个喷丝板组件，并由此生产单束长丝，卷绕成一个丝饼。

在同一时间同一条生产线上可以生产多个产品，但因生产工艺条件和产品质量限制，通常规定一条线最多只能同时生产 3 个产品。在五厂，由于 PET 切片的熔融和添加剂的添加是以生产线为单位进行的，所以只有包含相同添加剂的产品才有可能同时在相同生产线上生产。其他生产参数，如温度是以单元为最小单位进行控制的，所以只有加工温度相差不到 1°C 的产品才有可能在相同的单元内生产。一个纺丝位内的所有纺丝头总是生产相同的产品。

为了保证产品质量的稳定性，还要考虑生产品种对生产线的最佳匹配。

产品品质的一致性是客户非常关心的问题。通过保证 PET 熔体品质的恒定、在固定的生产线上持续稳定地生产同一种产品而不作任何产品切换就最可能获得产品品质的一致性。当这点无法实现时，在同一条线上的不同时间生产出的同一产品比在不同线上生产的相同产品有更好的品质一致性。产品品质的一致性是通过“批号”来跟踪的。批号标识了两批相同规格的产品之间细微的品质差异，使客户可以区分出来分开进行后道加工，保证最终产品（通常是布料）性能和质量上的一致性。

喷丝板组件上线使用后会不断老化，影响产品品质的一致性，因此 2 到 3 个月必须更换一次。老化的过程随着加工品种的不同而不同，并且还有其他一些不可预测的因素。如果一个喷丝板组件由于产品切换必须被切换，那么这个喷丝板组件将不再继续使用。更换喷丝板组件的生产成本是比较昂贵的，在整个生产成本中占的比重较大。因此更换喷丝板组件必须尽量与其使用周期相匹配。由于劳动力的限制，喷丝板更换的时间倾向于在每周特定的几天进行。

加弹生产线的操作相对比 POY 和 FDY 简单。产品切换迅速并且成本低廉，可以在供应链管理中忽略。

为了提高 DTY 产品质量, 某些产品存在 POY 生产线和加弹机的最佳匹配关系。和 POY、FDY 一样, 产品品质的一致性对于客户是很重要的, DTY 产品一致性是通过跟踪与设备组相关的批号来实现的。

质检分级和包装工段不是供应链管理的约束部分, 可以包括在供应链计划中的订货到交货的时间 (Lead time) 中而不作详细处理。

2.4 原材料

长丝产品生产的原材料包括 PET, PTA 和 EG, 它们是从仪征化纤的化工厂, 或者其他中石化企业, 或其他供应商处获得的。对于仪征化纤长丝生产来说, 原料供应不是生产的约束部分, 所以在供应链管理中将不考虑原料的采购周期。

五厂生产 POY 和 FDY 所消耗的 PET 切片可以从仪化自己的切片装置或其他供应商那里获得。从生产实际状况来看, 切片的供应也没有限制, 适当的库存就可以保证采购周期内的供料。

纺丝过程中消耗的添加剂、油剂和包装材料可以从多个供应商那里获得, 根据供应商所在地不同 (国内或者国外), 采购周期同。

三厂和五厂生产的 POY 可以满足大部分五厂加弹机供料的需求, 并且调达的时间也不会限制生产。当出现 POY 设备停车检修时, 可以从外部供应商采购 POY 供加弹机使用。

2.5 存储和配送

长丝部的三厂和五厂都有自己的仓库, 同时在绍兴、盛泽、福建和青岛四个分销中心各有一个仓库。仓库对于产品种类没有特别的存储限制, 但有每个仓库有总容量的限制 (以吨为单位)。

长丝可以通过公路运输到仓库和附近省份, 也可以通过水路 (集装箱) 运输到更远的地方或者海外。将来还可能采用铁路运输。配送过程不会对供应链造成限制, 任意两地间的运输成本可以按照 元/吨 进行表示。

有些客户直接到厂内仓库或者分销商自行提货。其他情况下货物直接送到客户站点。在后一种情况下, 在仪征化纤和客户的协议中可能将运输费用作为单独的一项从产品价格中分离出来。

2.6 需求

客户需求是通过两种方式传达给仪征化纤的。一种方式通过协议或者“总额订单”确定整年的需求数量。这些数量只是一个大致参考, 而不是严格的订单, 物料也仅仅

指定到产品大类（POY、FDY、DTY）。详细的需求如品种、批号、数量、发货日期等是每月通过与仪征化纤沟通确认的（经常是口头确认）。因为长丝产品市场价格变动频繁，价格一般都采用提货时的市场价。

另一种方式通过正式合同明确指定物料的品种，批号、数量，发货日期，甚至是价格，通常比销售协议的优先级高。

客户通常都需要一等品。当没有足够的一等品提供时，一些客户也愿意以相对低廉的价格接受合格品（或者等外品）。

根据购买产品的可获利性和数量可以将客户分为不同的等级。当需求量大，有些需求不能满足时，可以牺牲低等级客户的需求来满足高等级的客户。在设备不出现故障的情况下，未清的订单必须得到满足。

3 聚酯化纤生产企业的业务流程分析

目前，仪征化纤已经建立了 ERP 系统，可以做到在一定的层面上整合企业内部的资源，将各业务环节贯穿起来，提高企业的内部效率。但在强调提高企业内部效率的同时，也须注重对企业外部资源，如供应商、客户和营运商的协调管理，这样才更加符合现代供应链管理的理念。仪征化纤的生产特点是面向市场，特别当这几年公司产品差别化率逐年提高，个性化需求逐渐增多，迫切需要对不断变化的市场做出快速准确的反应。目前在公司计划、生产、销售等各个环节，我们都能感到：过去的管理方式有许多不适应的地方，需要进行适当的优化工作。可是在没有很好的技术工具的帮助下，这是很难做到的。我们通过引入 Aspen MIMI 供应链管理决策支持系统，借鉴 AspenTech 多年的流程再造的成功经验，结合聚酯化纤企业生产经营特点，以仪征化纤长丝事业部为例来分析和优化聚酯化纤生产企业的业务流程。

3.1 仪征化纤供应链管理组织

下图显示了与供应链管理相关的仪征化纤长丝事业部的组织机构。

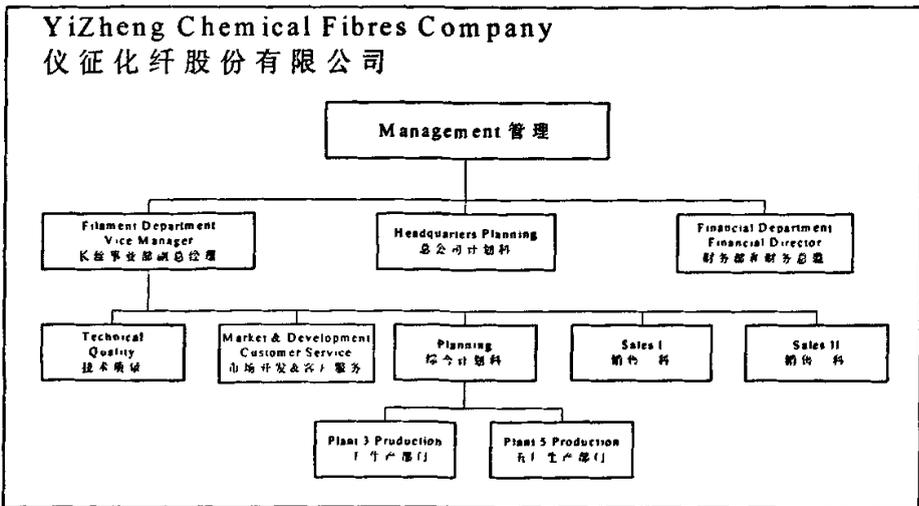


图 3.1.1 组织结构图

公司计划部制定年度和季度生产计划，该计划根据每个工厂指定到产品大类 (POY, FDY 和 DTY)。

长丝事业部的两个销售科负责生成无约束的需求预测。销售一科负责 POY 和 FDY，销售二科负责 DTY。

长丝事业部综合计划科负责制定和维护详细的月生产计划。三厂和五厂的工厂调度员根据月计划，负责每天的调度决策。

市场开发科的工作包括开发市场，新产品开发，客户服务和研发。新产品的开发对于完全市场竞争的长丝业务非常重要。

公司其他部门并不直接参与供应链管理的流程，但是可以通过以下几点影响供应链的管理或者受供应链管理决策的影响：

- 高层管理层—制定长期战略性决策或者较长时间的中期决策
- 采购—执行采购计划
- 生产部门—执行生产任务
- 后勤—发送和运输货物
- 仓库管理—补充存货，为运输准备货物。

3.2 供应链计划 (SCP)

3.2.1 实施供应链管理决策支持系统前的业务流程

3.2.1.1 概况

下图描述了仪化长丝部实施供应链管理决策前的供应链计划概况：

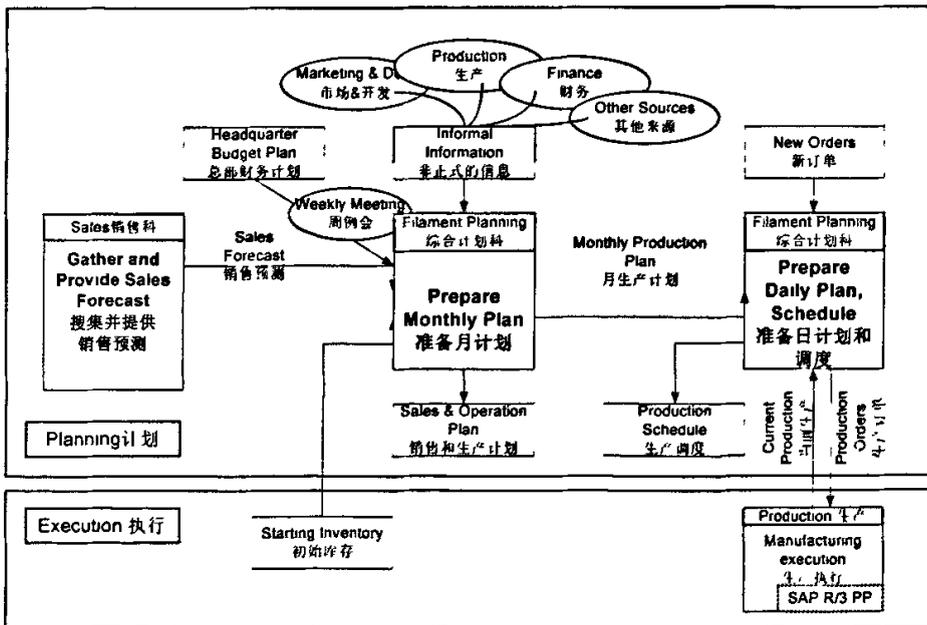


图 3.2.1 当前的业务流程概况

3.2.1.2 工作流程描述

公司计划部制定年度财政计划。长丝部销售科搜集需求预测信息（无约束的）并且通过 Excel 表格或者网页发布。需求信息通常来自分销商或客户。约在每月的 20 号收集好提供给长丝部综合计划科。综合计划科依据这些信息负责制定和维护月生产计划，大概在每月的 25 号完成并发布出下个月的销售和作业计划（S&OP）。这个计划已经根据生产能力进行了约束和平衡。分厂生产调度员依据月度作业计划分解为每天的生产计划，并落实执行。生产与销售计划同时包括发货计划，并将其交给仓库管理部门。

3.2.1.3 存在的问题

- 当前业务流程是一个高度压缩的流程，几乎全由长丝事业部的综合计划科完成。
- 仅对今后一个月内的生产销售进行预测和计划。无法支持长期的决策。
- 许多信息是非正式的，并且没有正式文件记录。
- 许多决策是根据经验和直觉确定的。
- 配送网络并没有在计划的考虑范围内（库存能力，配送和运输成本）。
- 对销售历史和生产计划没有有效的方法和工具进行定期分析。
- 生产计划仅仅是局部优化，获得最大效益的潜能尚未发掘。

3.2.2 实施供应链管理决策支持系统后的业务流程

3.2.2.1 概述

将来的业务流程将会包含以下一些子流程（二级流程）：

- DM (Demand Management) 需求管理
- SP (Supply Planning) 供应计划
- IP (Inventory Planning) 库存计划
- PS (Plant Scheduling) 工厂调度
- CTP (Capable-To-Promise) 客户承诺能力。

这些流程之间会相互影响，同时会和生产执行，订单管理和仓库管理过程相交互。它们的有效集成对于整个供应链计划上的业务顺畅执行是非常重要的。因此，每个业务流程的职责和功能，以及流程间的数据交互必须定义清楚。

下图表示了整个 SCP(Supply Chain Planning)业务流程的概况，以及各个子流程之间的关系和交互。

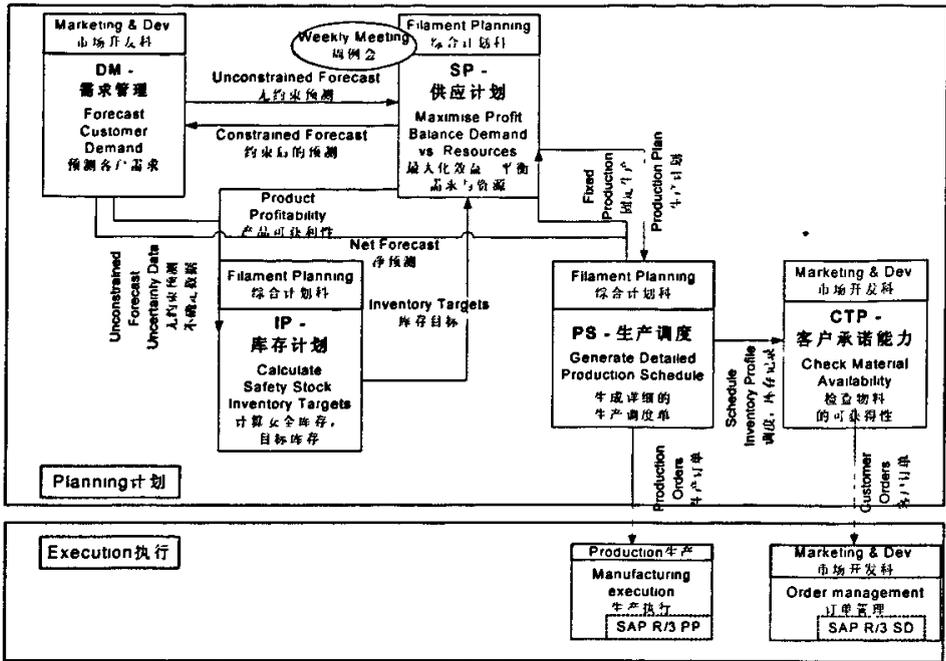


图 3.2.2 将来的业务流程

上图明确表达了每一个流程的所有者和关键的信息流，但所有驱动业务流程的外部数据并没有显示在这张图上。这些数据将在各个流程的详细描述中提及。所有的数据都将统一存放在供应链数据仓库（SCR）中。

3.2.2.2 所有关系和职责

SCP 流程的所有者将会是长丝事业部。综合计划科是模块 SP, PS, IP 的所有者。DM 的所有者是市场开发科，但销售科也有可能参与。CTP 模块的所有者是市场开发科的客户部门。

3.2.2.3 触发和运作时间

SCP 流程将每月运作一次。运作周期将与原来相同：每月的 20 号左右开始运行 DM，当一些重要事件会对预测造成极大影响时，它可以根据需求再次运行。当在每月 20 号从 DM 获得无约束预测后，SP 和 IP 流程即可开始运行，IP 可以在一天内运行结束，在 25 号左右可完成 SP 的运行。同时，在每月的任何时间都可以运行该模块，用于检查、情景分析或者由于需求的重大变动导致 DM 模块重新运行并要求生成新的计划。生产计划主要解决每月存在的主要问题，例如潜在的需求和设备停车等问题。对于每天的具体问题，是通过每日运行的 PS 模块来解决的。每月生产计划发布后，将重建下月的调度单。在每天的开始，调度单将根据当前时间向前推进。每天可以根据需求手工调整调度单。因为 PS 模块以连续的时间单位工作，它甚至可以按照事件驱动每天运行多次。CTP 通常根据需要，如有一个新的客户订单/查询进来时，运行一

次。CTP 每天夜间还可自动运行以更新基本数据和参数。

整个 SCP 流程所覆盖的时间范围会比当前业务流程要长：

DM：18—24 个月的销售预测，用于覆盖整个下一个年度的财务预算计划预测指定到每月需求数量，但是可以拆分成每周预测。

SP 和 IP：7—8 个月，可以更长，但是不能超过 DM 预测的时间范围，因为它们需要 DM 预测的数据。开始 6 个时间段以星期为单位，然后是 6 个月为单位的计划。

PS：3 个月，这是为了与喷丝板组件的使用周期相符；或者不超过计划的时间范围，因为该模块需要生产计划数据。

CTP：3 个月，或者不超过调度的时间范围，因为该模块需要调度数据。

3.2.2.4 业务流程的提升

- 有明确的所有者关系。
- 每一个 AspenTech MIMI 模块对应一个二级业务流程（一共 5 个）。
- 每个模型有一个关键用户。一个人可以是多个模型的关键用户。但是只有关键用户或者他的代表能够永久的修改一个模型，发布结果并且输出数据。其他多个用户可以同时浏览模型的数据或者运算结果。
- 每周的例会仍然可以继续，但是随着新系统的帮助很有可能简化。
- 计划具有长期性。
- 业务流程和模块间的相互集成。
- 通过定量分析、决策优化模型等专业的方法优化了供应链。

3.2.2.5 可优化的关键决策

通过 SCP 的运作，可对下表中的关键决策项进行优化：

表 3.2.1 关键决策项

流程	关键决策项	责任部门
DM	某个时间段内客户/市场对某个产品的需求（预测）	市场开发科
DM	客户/产品分级（A, B, C, D），高等级的客户需求将会比低等级的客户需求优先考虑	市场开发科
SP	每周，或者每月每条线上需要生产的产品类型和数量	综合计划科
SP	某一时间需要采购到位的原料的数量	综合计划科
SP	每周或者每月需要从仓库运送到送达方客户的产品品种、数量和运输方式	综合计划科
SP	不能按时发货给客户的产品品种和数量	综合计划科

流程	关键决策项	责任部门
SP	将被其他产品替换的产品的类型和数量	综合计划科
SP	每周或每月对客户的产品分配-哪个客户将得到哪些和多少产品	综合计划科
SP	设备能力利用情况, 计划的生产线停车	综合计划科
IP	安全库存, 经常库存和库存水平 (最小, 最大, 目标库存)	综合计划科
PS	在某一时刻某个位将要生产的产品的品种和数量	综合计划科
PS	在某一时刻某个位需要发生的产品切换	综合计划科
PS	每个位的操作顺序	综合计划科
PS	针对客户需求 (订单, 净预测) 的产品分配	综合计划科
CTP	接受或者拒绝客户订单	市场开发科
CTP	取消或者修改客户订单	市场开发科

3.3 需求管理 (DM)

3.3.1 当前流程

3.3.1.1 概况

公司计划部按照产品大类 (FDY, POY, DTY) 制定年度和季度计划。长丝事业部销售科每月 20 号左右对客户需求进行预测。需求预测的时间范围是一个月, 预测程度为每个送达方客户对某一具体产品的需求。需求预测通过电子表格记录和传送给其他部门。长丝事业部的综合计划科根据销售预测、生产能力, 结合财务、分销商、客户、市场开发科、生产厂等各方面的销售预测和生产状况安排下月生产作业计划和销售计划。

当前的需求管理和供应计划的业务流程是组合在一起的, 需求管理是 S&OP 整体流程的一部分, 它们的输出包括销售计划和生产作业计划。整个 S&OP 流程在每月 25 号完成。

每周有一个生产例会, 参与人员包括计划、销售和财务人员。下个月的生产计划在每月 25 号之前的周例会上讨论通过。

3.3.1.2 存在的问题

- 当前的需求管理流程看起来非常不规范, 通常是根据经验或直觉以及一些不系统的信息来做出决定。
- 没有生成统计的需求预测。
- 没有系统的利用销售历史数据。

- 计划周期只有一个月，没有更加长远的信息。
- 对预测和最终实际发货情况（关键绩效指标）的缺乏比较。
- 需求预测不够准确，存在生产计划与销售预测的协同性不强。
- 销售历史的相关信息没有办法即时获取，不能够充分加以利用。
- 对客户需求的了解没有强制性的要求，不利于加强与客户的关系。
- 库存的存在很大的波动：不准确的需求计划导致生产过多市场不需要的产品，而另外一些产品却缺货。

3.3.2 将来的流程

3.3.2.1 概述

下图概要描述了将来 DM 业务流程及其子流程（三级流程）。灰色框图代表了更细节（四级流程）的业务流程。四级流程可根据箭头指向顺序进行，也可根据需要独立运行。数据库图标表示用作数据接口的供应链数据仓库（SCR）。

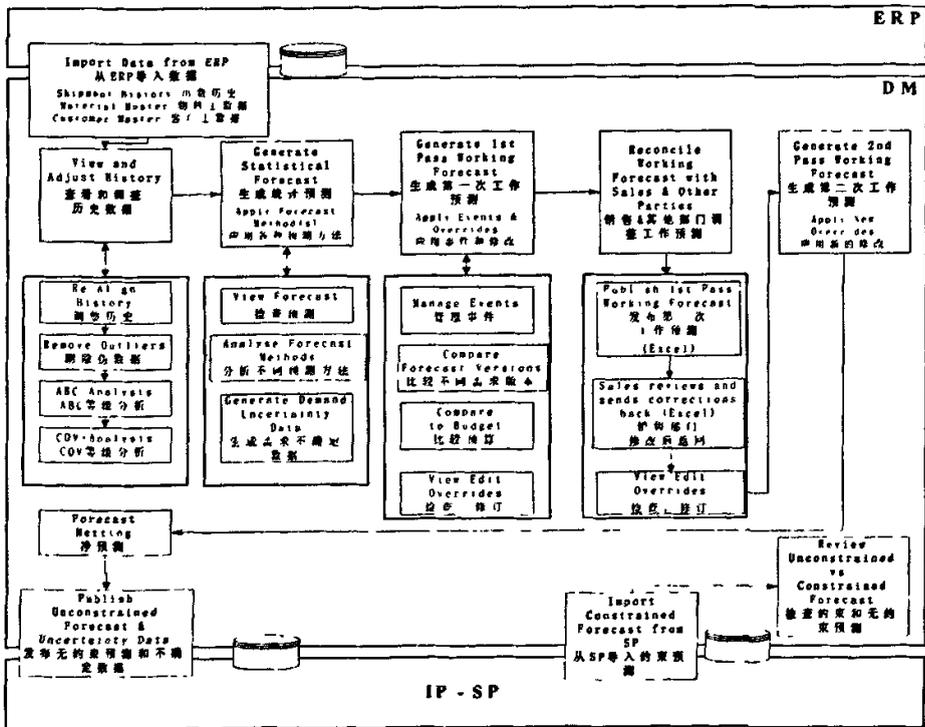


图 3.3.1 将来的 DM 流程

需对上图作以下几点说明：

1) ABC 和 COV(Coefficient of variability)分析是对出货记录的有效分析工具。ABC 分析允许根据销售量和销售收入将客户和产品分类。结果可以手工修改。ABC 分析可

以考虑产品价格因素。COV 分析是分析产品和客户需求的可预测性，它使用变化系数 (σ/μ) 来分析与分类需求历史的变化规律。通过与 ABC 分析分类结合使用，可以帮助归类产品与客户，以确定如何对其进行预测及为其储备库存。

2) 事件和修改用于根据从销售或者市场已有的信息调整统计预测。事件是用于对初始预测进行确定比例的调整，例如对于促销，商品打折所造成的需求增加。修改则根据对特定客户的销售经验有选择性的地替换预测中的某些数值。第一次生成的无约束预测将通过表格递送给销售部门。由于从 DM 开始到 SP 结束只有 5 天的时间 (20 号到 25 号)，修改过程必须在一到两天内完成。

3) “检查约束和无约束预测” 流程发生在 SP 模块运行之后。它允许需求管理者在生产不能满足市场需求时获得一个提前的警告。在这种情况下无约束需求可能需要进一步修改并重新运行 SP。实际生产经营中的要求是提高效益比满足获利性低的需求更加重要。

3.3.2.2 输入

- 从 ERP 获得的销售出货记录。要使用 SAP R/3 中三年的历史数据。如果历史数据太少，每年季节性的影响将不容易被识别出来。
- 包含产品层次的物料主数据和客户主数据，从 SAP R/3 中获得。
- 对停车、大的促销活动等历史事件和对历史数据的修正将直接手工输入，销售部门通过协同预测过程获得的修改后的销售预测电子表格也将通过手工输入。

3.3.2.3 输出

- 作为 SP 和 IP 输入的无约束的需求预测。
- 作为 IP 输入的需求不确定数据。

3.3.2.4 将解决的关键问题

- 历史和预测数据可以在不同的聚集和非聚集水平查看。例如，销售人员希望选择基于客户进行浏览，而生产和市场人员更希望基于产品浏览。
- 有效的分析历史数据的能力。
- 支持新产品的引进：可以将当前某个产品的历史信息作为新产品的历史数据使用。在历史数据不全的情况下，可以通过这种功能创建新产品的统计预测。
- 能同时使用多种统计预测工具生成多个统计预测。
- 通过不同的聚集水平管理事件和修改。
- 通过比较函数（比较预算，约束预测，未完成订单等）提供报警。
- 可检查预测的精确性。
- 和其他业务流程和模块的完整整合。

- 预测水平：预测将在一定的聚集水平上生成，以确保与送达方客户以及产品的最佳精度匹配。预测可以根据基本属性拆分到更低的聚集水平上。预测结果可以在任何聚集水平上浏览。

3.4 供应计划（SP）

3.4.1 当前流程

3.4.1.1 概况

供应计划是整个当前 SCP 业务流程的一部分。长丝事业部的综合计划科生成和维护月生成计划。

输入：

- 总公司下达的年财政计划
- 客户的全年销售协议
- 从销售部门获得的销售预测
- 从 ERP 获得的初始库存信息
- 设备生产能力（包括计划性的停车）数据
- 生产成本—基于历史的数据
- 根据经验确定的库存目标

输出：

- 销售和生产操作计划。这个计划已经根据生产容量和实际生成能力进行了约束。
- 作为每日调度基础的月生产计划
- 送给仓库管理部门的发货计划

当每月 20 号左右获得销售预测后，该过程便开始执行，并且在每月 25 号完成。

每周都有一个周例会，参与者包括综合计划科、销售和财务部门的人员。下月的计划在每月 25 号之前的周例会上进行讨论。

当出现需求和设备生成能力的重大变化时，计划将被修改。计划的细节程度到单元和线。

3.4.1.2 存在的问题

由于在制定计划时考虑的因素和约束条件很多，面对如此复杂的问题，仅仅依靠计划人员很难制定出效益最大或成本最小化的计划方案，只可能是尽可能效益最大的计划。而且由于所处的外部环境复杂多变，利用经验通过手工的办法制定计划难以适应市场的变化，往往会延误公司提升或获得更大效益的机会，使公司适应内外部变化

的敏捷度降低。

在计划排产方面有以下一些问题：

- 很难做到同时综合权衡公司内外部的所有相关条件进行计划优化。
- 没有基于成本或者价格，效益最大化的优化。很难平衡相互竞争的各种成本和价格因素。对什么样的产品组合在一起生产，成本最少，利润最高，很难判断。
- 生产计划和采购计划不同步，不能够实时根据生产的情况，调整供应计划。
- 直觉性的决策制定，计划的准确性很依赖于个人的水平和经验。
- 没有考虑配送的约束以及库存和运输成本，非优化的库存和安全存货水平。
- 计划周期只有一个月，无法为长期决策提供参考。
- 存在许多非正式的沟通和没有正规记录的信息。
- 每周都需要开会。

3.4.2 将来的流程

3.4.2.1 概述

下图概要描述了将来的 SP 流程。数据库图标表示与 SCR 交互的数据接口。

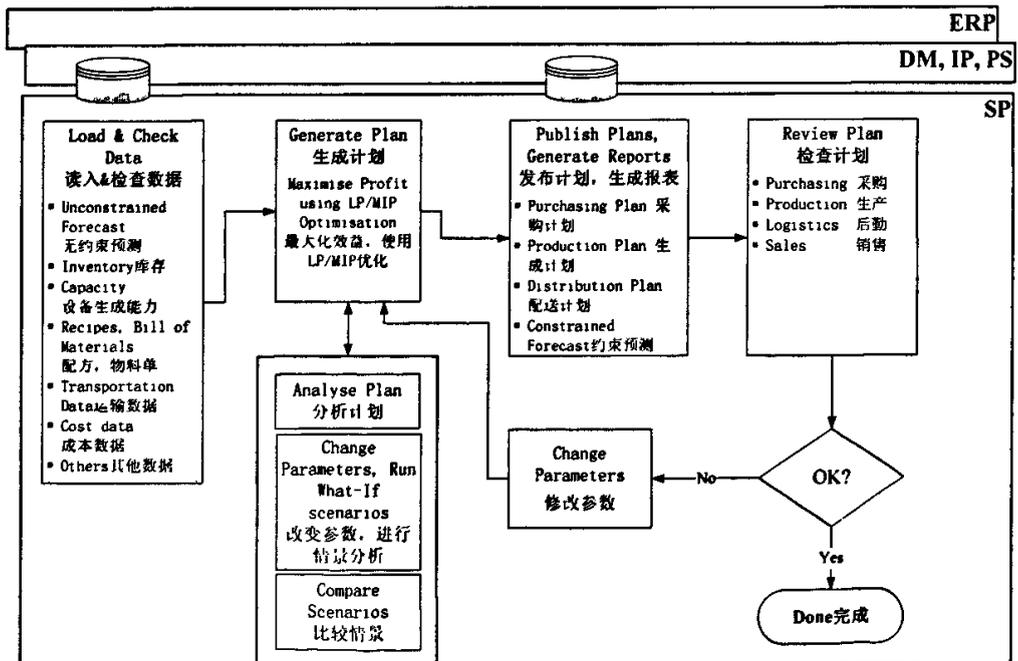


图 3.4.1 将来的 SP 流程

需对上图作以下几点说明：

1) 如果动态数据可以从 ERP 或者以其他电子表格形式获得，它们将自动读取并检查。静态数据可以通过一个数据接口输入到 SCR 供应链数据仓库汇总，或者直接手

工输入，具体方式根据数据变动的频率，数据量和来源决定。

- 2) 最终发布的计划需要在 S&OP 层次得到批准。
- 3) 检查计划的过程最好能在 25 号之前的周例会进行。
- 4) 计划的发布可使用以下方法：
 - 拷贝到 Excel 电子表格
 - 将计划导出到 Oracle 供应链数据仓库。然后可以运用多种工具浏览数据：包括基于网页的技术，报表工具，SAP BW 或者 Access。

3.4.2.2 输入

- 动态数据
 - 从 DM 获得的无约束预测
 - 从 IP 获得的库存目标
 - 从 ERP 获得的初始库存
 - 从 PS 获得的固定生产数据
- 静态数据
 - 从 ERP 获得的物料主数据，物料单
 - 从生产部门获得的生产数据（物理设备，成本）
 - 从生产部门获得的仓库信息
 - 从总公司上层获得的运输数据（成本）。

3.4.2.3 输出

- 采购计划，给采购部门
- 生产计划，给生产执行部门
- 配送计划，给后勤部门
- 约束预测，反馈给 DM 模块
- 产品可获利性的排序，可以用于 IP 模块确定各个产品的满足率
- 其他报表（需要指明）

3.4.2.4 将解决的关键问题

- SCP 最关键的目标是效益最大化。这个目标可通过使用 AspenTech 的 LP/MIP 优化工具来实现。LP/MIP 优化工具可以平衡相关的成本、价格以及生产能力等数据，在约束允许的范围内获得目标利润最大化的最优解。优化过程中将考虑以下因素：

- 生产成本
- 原料成本
- 库存成本
- 产品切换成本
- 运输成本
- 销售价格

因为品种的切换所占生产成本较大，所以给予专门的关注，并且最小化喷丝板组件的切换。一些软性的约束通过惩罚系数来实现。例如，允许需求不被满足，但是需要根据客户等级给予一定的惩罚成本。惩罚系数将根据仪征化纤对各种因素的优先级别设定。

- 符合装置能力的计划
 - 长期计划
- 运用情景分析功能用于：
- 评估需求或者生产能力发生重大变化的后果
 - 检查模型在成本和价格变动后出现的结果
- 计划将确定每个时间段内在每条线上生产的产品的品种和数量。位不将在模型中考虑，但是会在生产线的生产能力中体现。产品与位的匹配安排将在模块中实现。所以每个位上的产品加工顺序也将在 PS 模块中体现。
- 其他约束
 - 设备偏好。客户通常希望在某一时间段内接收到在相同设备（或设备组）上生产的产品，以保证产品的一致性。
 - PET 合成单元和生产线的连接关系，三厂的每条生产线与一个特定的合成单元连接。
 - 产品生产的兼容性，只有一些特定组合的产品能够同时在一个单元（半条线）上生产。

3.5 库存计划（IP）

3.5.1 当前流程

当前没有正规的流程用于决定恰当的安全库存。

3.5.2 将来流程

3.5.2.1 概述

下图概要描述了将来 IP 业务流程。数据库图标表示与 SCR 交互的数据接口。

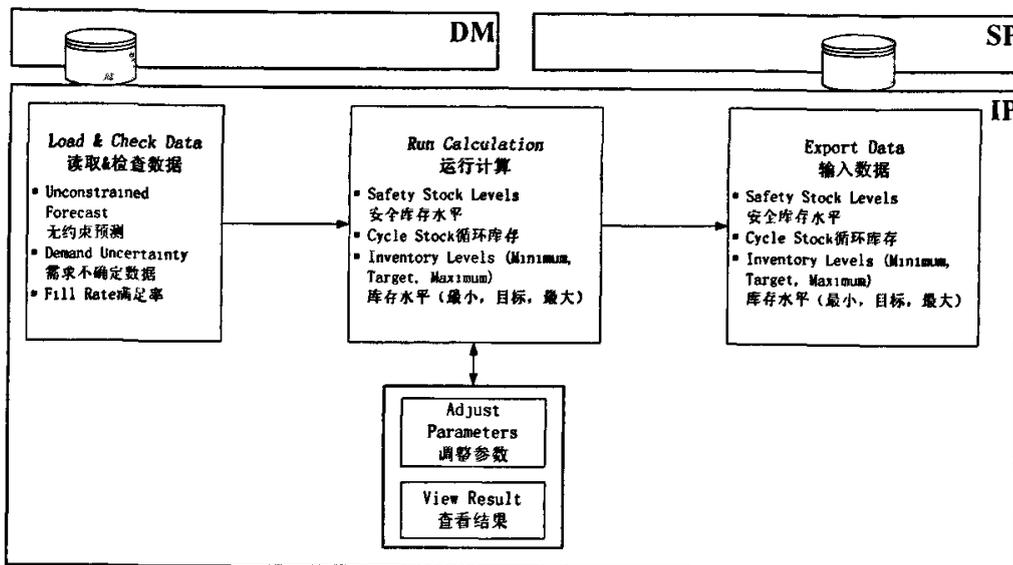


图 3.5.1 将来的 IP 流程

“调整参数”特指：

- 满足率
- 未满足订单成本
- 用于计算库存阈值的安全库存和经常库存的百分比。

3.5.2.2 输入

- 从 DM 获得的无约束预测。
- 从 DM 获得的需求不确定数据。
- 需要的满足率（或者对于未满足订单的惩罚和成本）。
- 生产和运输周期。
- 可选项：生产和运输周期的不确定数据。
- 库存成本。

3.5.2.3 输出

- 安全库存。
- 经常库存。
- 库存水平：最小，目标，最大。

3.5.2.4 将解决的关键问题

- 每个物料在每个地点的库存量应该是多少才能使该库存量既能满足客户的订单，又能保证尽可能多的盈利。
- 满足率：客户需求的满足率依赖于产品的可获利性。假设获利性可以通过已知的价格和成本数据计算得到并不随时间而发生显著的变化，就可以通过 SP 模块输出可获利性报表。可获利性用于定义一个未满足订单的成本，根据这个成本，IP 模块可以平衡库存成本和未满足订单成本来获得一个最佳的满足率。

3.6 工厂调度 (PS)

3.6.1 当前流程

3.6.1.1 概况

长丝事业部综合计划科将三厂和五厂的月生产计划按照天进行拆分，生成最初的调度单。这个过程开始于每月的 25 号左右，即获得了月生成计划后。制定调度单的时间范围从当前时间一直到本月月末，由制定月计划同一批人制定。更加细节的每天内的调度时间安排是由专门的现场调度员制定的。他们决定在哪个精确的时刻进行计划安排的产品切换。当存在以下一些新的显著变化时，调度单随时进行修改：

- 新订单
- 设备、生成能力问题

3.6.1.2 存在的问题

仪征化纤长丝事业部是负责公司长丝产品的生产和销售。长丝产品规格多，批次多，生产切换多的生产特点对生产、销售管理的要求很高。如果做不到精细化管理，效益是很难保证的。

- 生产调度手工制定，没有任何自动化的工具支持。生产调度的准确性依赖于个人的水平和经验，有很大的局限性。
- 生产调度人员没有可以利用的分析数据，来进行生产安排。
- 调度需要花大量的时间进行生产排程。
- 缺少对调度及变化的模拟分析。
- 生产切换成本没有监控方法。
- 生产切换成本和时间对调度灵活性的影响没有得到充分考虑。
- 调度单仅以天为单位（不是连续时间的）。

3.6.2 将来的流程

3.6.2.1 概述

下图概要描述了将来 PS 业务流程。

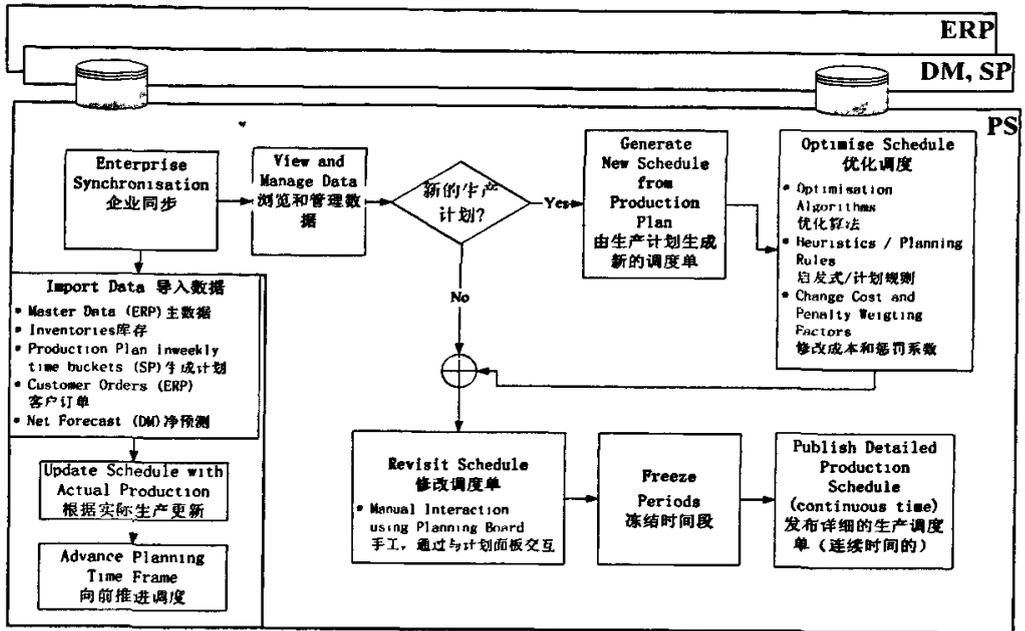


图 3.6.1 将来的 PS 流程

企业同步在每个工作日进行，用于更新模型数据和将系统开始日期推进到当前日期，同时维护 3 个月范围内的调度。以下任务将被顺序执行：

- 导入所有数据—由用户触发，或者当 ERP 的数据已经导入供应链数据仓库后，以一个夜间进行的批处理程序进行。
- 根据实际生产数据更新调度。
- 向前推进模型的时间。

在“浏览和管理数据”过程中，用户检查导入的主数据、库存、销售订单、净预测、月生产计划等，并且手工进行校正（其他数据也可能同时维护）。

在图 3.7 中的“新的生产计划？”判断点存在两个可能的结果：

- 是：从 SP 导入的一个新的生产计划，那么整个调度单都将根据新计划重建。一些重建过程无法考虑的因素需要适当的进行人工修改。
- 否：没有新的计划。这时新的库存和需求信息将会自动用于产生修订后的库存水平。同样，必要时可以进行适当的手工修改。

冻结的时间段用于表明调度的一部分（近期的）不再改变，可能的原因是准备工作已经发生，无法撤销。冻结时间段的信息必须在计划制作周期开始时传送给 SP 模块。

上图没有提及的一个部分就是对需求预测的净额化。它是通过在夜间自动运行 DM 的一个批处理程序实现的。预测净额化是根据从客户收到的订单信息来调整对客户需求的预测。DM 模块提供了一些现成的净额化算法，用于：

- 减少月末时未被实际订单确认的预测
- 当某个时间段订单超过预测时，将预测分散到其他时间段。

该流程如下图所示：

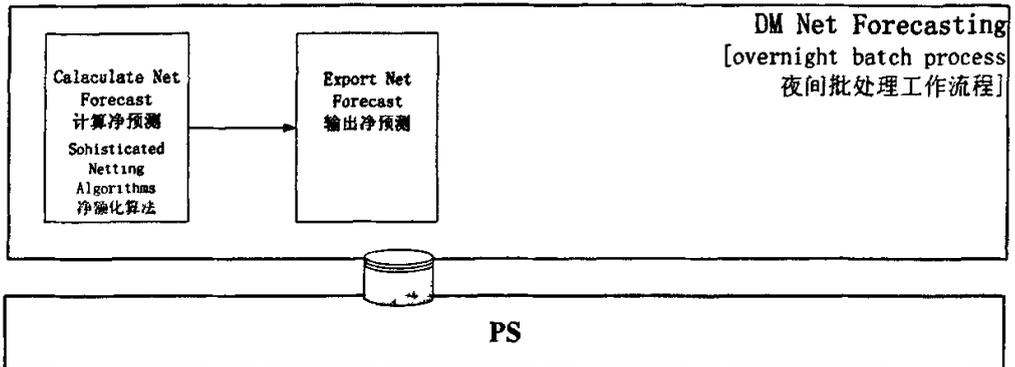


图 3.6.2 DM 的预测净额化流程

3.6.2.2 输入

- 从 ERP 或者手工输入主数据。
- 从 SP 输入的生产数据。一些手工输入同时又是模块需要的数据必须首先导入到供应链数据仓库，以便 PS 模块直接读入。
- 从 SP 获得的月生产计划，计划内容包括每条线在每周或者每月生产的产品的品种和数量。
- 从供应链数据仓库获得的订单数据。
- 从 DM 获得的净预测。

3.6.2.3 输出

- 提供给操作员和 CTP 的调度单（连续时间的）。
- 提供 SP 的固定生产。

3.6.2.4 将解决的关键问题

- 模型将会采用一个 MIP 模型，根据切换和成本信息，搜索每条线的位在每个时间段内的最优生产配置。
- 根据 SP 模块的输出自动生成初始调度计划，可通过手工完成连续时间范围的再调度和再排序。

- 通过交互式的计划面板可以对调度结果有更加直观的认识，包括操作成本，切换成本和库存成本。
- 调度将细化到每个连续时间范围内每个位生产何种产品，并识别未来生产问题。
- 主要目标是减少了组件切换成本，因为其所占生产成本较高。

3.7 客户承诺能力 (CTP)

3.7.1 当前流程

当前没有正规的流程用于确定是否有能力满足将来的一个新订单。由于客户对长丝产品的要求是多种多样的，如何改善我们的服务水平，提高客户的忠诚度，对提高公司的经济效益是很重要的。目前存在的主要问题是：

- 需求与供应不同步。
- 销售与生产间有实时的信息共享，却没有充分利用。
- 缺乏定单追踪能力，没有一个机制帮助销售人员了解定单现有状况。

3.7.2 将来的流程

3.7.2.1 概述

下图显示了将来 CTP 业务流程的大体概况。数据库图标表示与 SCR 的数据接口。

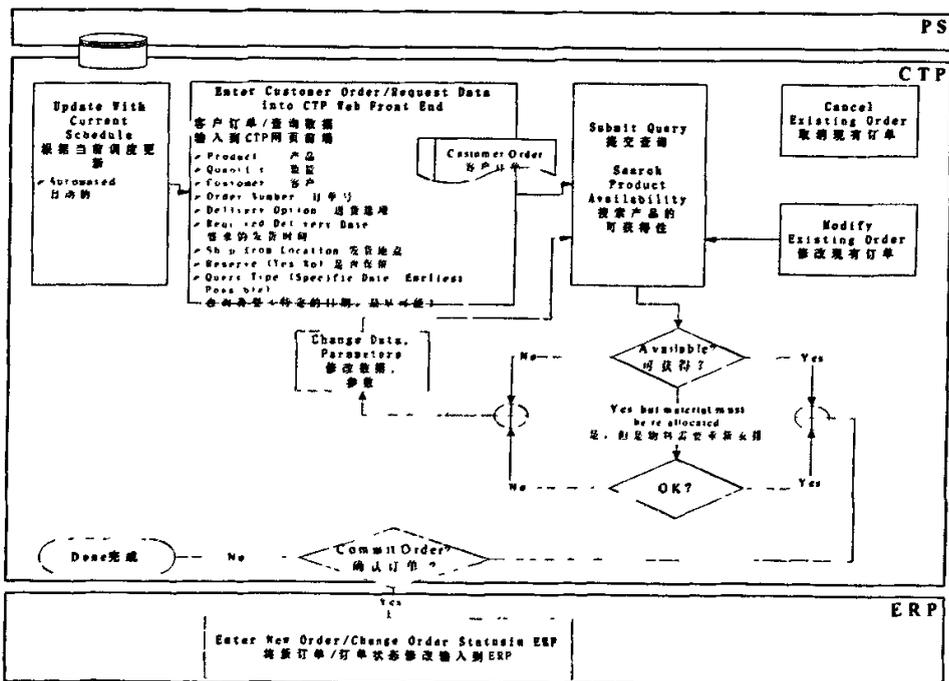


图 3.7.1 将来的流程概述

订单的确认依赖于一个“预留”选项，该选项是在提交查询时设置的。客户服务代表在提交查询时可以不设置预留，这样仅仅简单地查询是否有现成的物料。如果提交查询时设置了预留选项，当相应的条件都满足后，这些物料被保留并且生成一个新的订单（这个过程保证两个同时进行的查询不会锁定到同一批物料）。现有订单可以取消或者修改。

3.7.2.2 输入

- 从 PS 获得的当前调度。
- 在 SCR 供应链数据仓库中保存的当前订单。
- 当前对客户需求的安排。
- 客户订单/查询通过前端网页手工输入。

3.7.2.3 输出

- 通过前端网页输出产品可获得性信息。
- 通过前端网页输出现有客户订单信息。
- 通过前端网页输出客户信息。
- SCR 数据仓库中的新订单，和其对应保留的物料。

3.7.2.4 将解决的关键问题

- 通常当 CTP 系统保留物料后，订单将直接输入到 ERP 系统。仪征化纤目前在发货前并不将订单输入到 ERP 系统中，所以供应链数据仓库将用于记录所有发货前的确定订单，并且可以被 DM、SP 和 PS 模块访问，由 CTP 模块更新。
- 不仅基于当前库存，同时考虑未来库存计划，从而实现对客户订单有效的承诺。
- 能为客户服务人员提供快速而准确的客户查询回答。
- 对当前和未来物料的可获得性，生产和消耗提供可视化的显示。
- 尽可能向客户提供相同批号的产品。

4 聚酯化纤生产企业供应链管理决策支持系统模型

4.1 建模工具-AspenTech MIMI 软件功能介绍

4.1.1 概述

MIMI 是 AspenTech 的供应链管理软件，是 Manager for Interactive Modeling Interface 的缩写，意即“交互建模接口管理器”。AspenTech 的供应链管理产品是将 ARC 公司所定义的六大功能浓缩为四大模块—需求管理、供应计划、生产调度、客户承诺：

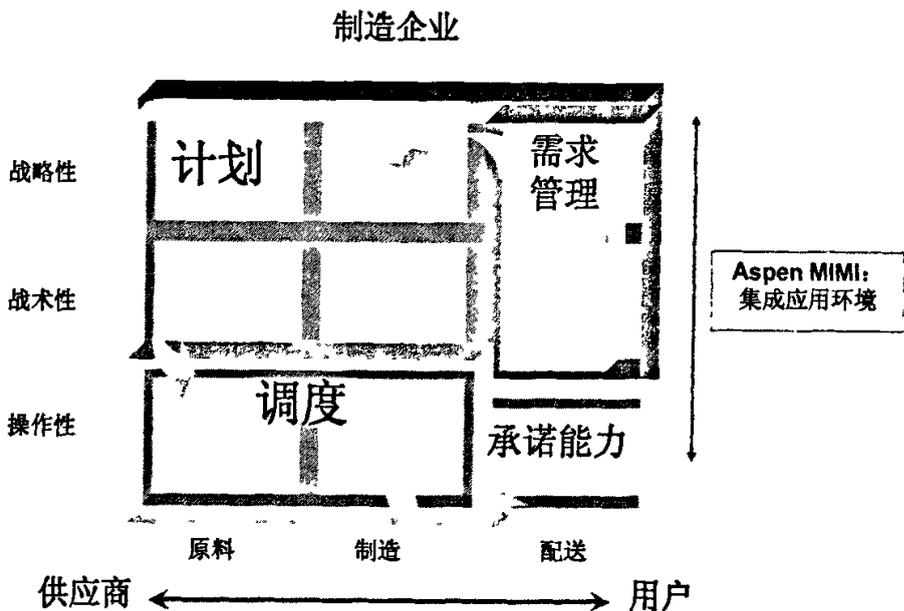


图 4.1.1 Aspen MIMI 的架构

MIMI 的核心是图 4.1.1 所示的各模块、以及外围辅助功能所组成的应用软件。它包含了供应链管理所需的所有功能。

但是，每个企业的业务流程不同，产能、产品名称、经济数据、原材料等数据，以及运算的宏、规则，则统统放在图 4.1.2 的模型中，其数量多达成千上万组，视企业及其流程的复杂度而定。通过图 4.1.3 所示的用 Catalog 管理模型的实例，使用者在经过一些培训之后，很易操控这些模型。

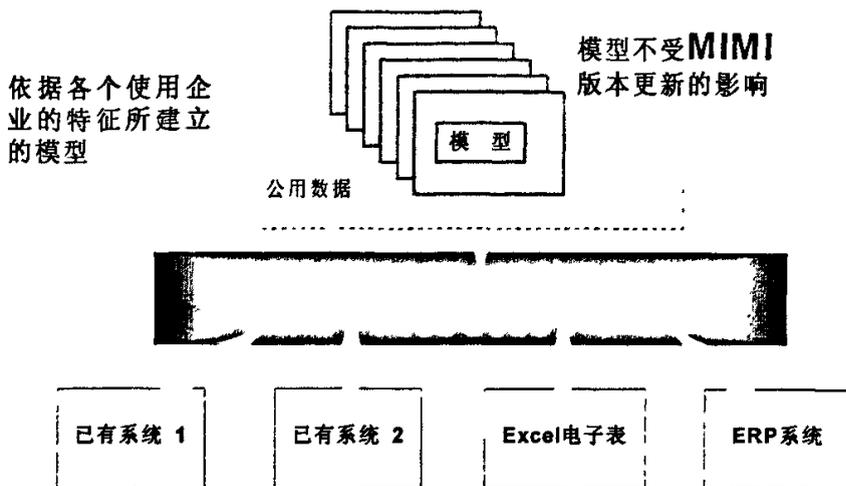


图 4.1.2 MIMI 运作架构说明

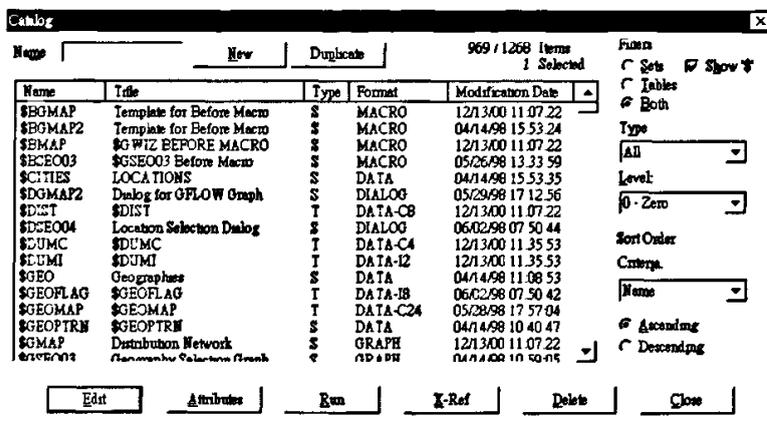


图 4.1.3 用 Catalog 管理模型

MIMI 的核心软件基本上是用 C++ 和 VB 所写成的。但使用者不必去理会这些，因为他们根本用不到这些。因为模型是用 Aspen MIMI 的语法写的，AspenTech 将会提供给客户完整的语法说明和培训。

AspenTech 的技术理念，就是要将核心应用软件和模型分开，当 MIMI 版本更新时不会影响到模型的运行。MIMI 的威力，主要来源于模型能正确地契合使用企业的各项资源条件和经营目标、策略及其业务流程。这些模型再控制核心应用软件，将运行的结果，通过界面提供给使用者，以供其决策时参考。此“运行”、“系统整合”和“界面操控”的机制，由核心应用软件 MIMI 来完成，所以就产生了 AspenTech 供应链管理产品的名称：Manager for Interactive Modeling Interface，简称 MIMI。

本论文将使用 AspenTech MIMI 供应管理系统来建模。AspenTech MIMI 是一个包含供应链计划各个方面的工具包，适用于很多企业。它所包含的功能包括：

- 数据存储, 操作, 输入和输出
- 统计预测
- 线性和混合整数规划
- 连续时间模拟
- 调度算法, 包括遗传算法, 动态交换和模拟退火法
- 编程语言和对话框构造器, 通过它们可以实现新的功能。

为了保证实施效果, 避免重复工作, 缩短系统交付周期, AspenTech 通过 MIMI 开发了 CAPs (Configured Applications)。每一个 CAP 都是为了实现供应链中的某一方面功能:

- DM 用于需求管理, 保存销售历史和预测将来的需求。
- IP 用于库存计划, 根据满足率策略设置目标库存水平。
- SP 用于供应计划, 根据具体条件或者商业上的限制生成中长期的生产计划以满足预测的需求。
- PS 用于工厂调度, 生成和维护中短期的生产调度和库存水平, 资源利用规划。
- CTP 客户承诺能力, 允许销售代表为客户保留未来的需求以确保这些客户要求的货物能够满足。

这些 CAPs 将构成供应链管理决策支持系统的基础。

AspenTech CAPs 应用程序标准元素包括 CAPS 功能库和 AspenTech MIMI 工作区。

4.1.2 CAPS 功能库

每个 AspenTech CAP 均由多个功能库组成。“功能库”是一个 AspenTech MIMI 案例, 它包括了应用数据、配置、客户化的代码和与功能库文件的链接等一组相关的功能。许多 CAP 可以访问特定“功能库”中包含的各项功能。

开发 CAP “功能库”目的是为了改善各个 CAP 之间共享与升级功能的流程。“功能库”将常用功能从为每个案例专门配置的特定于具体应用的功能中分离出来。此方法确保了可由许多应用程序共享的常用功能的“代码完整性”。

“功能库”由一组功能组成。每项功能都包含下表中列出的一个或多个组件。CAP “功能库”功能的范例有:

- 用户消息传递
- 日期选择器
- 程序控制
- 数据导入

- 数据导出。

对于每项功能，都有一些要为每个应用程序配置的组件。为确保共享功能的一致性，不得更改其它功能组件。“功能库”使用 MIMI 的远程数据功能，保护不应修改的数据。

功能组件有：规则和宏、对话框定义集合、内部数据集合与表格、控制集合与表格、输入数据集合与表格、功能产生的输出数据、集合与表格。

CAP “功能库”的结构以 MIMI 的远程数据功能为基础。与“功能库”的每项功能相关且不得更改的集合与表格会配置为远程。可以修改或作为输入或输出数据占位符的集合与表格会配置为本地。

使用“功能库”结构的远程数据功能，可以在应用程序案例(Case)与“功能库”案例之间创建依赖关系。常用的功能库有：General Methods（常规方法）、Data Management（数据管理）、Data Viewer（数据查看器）、Planning Framework（计划框架）。各功能模块有自己的模块相关的功能库，用户选用功能库后，在此基础上进行供应链管理决策优化系统建模。AspenTech MIMI Case 只有通过 MIMI 才能够打开。

4.1.3 AspenTech MIMI 工作区

CAP 呈献给客户的标准视图是一个单一的静态对话框，内嵌着 MIMI 的主窗口，也就是所谓的工作区。其他对话框都显示在工作区之上。

工作区由视图框架组成。视图框架的布局随着操作不同而改变，但是最左边总包含一个选单目录树。选单目录树是显示所有操作项的层次结构，类似于 Windows 资源管理器的目录浏览。目录树中的操作项包括显示某些特定的数据，或者执行某个预定义的计算过程。选择选单目录树上的操作项时，相关信息会出现在“工作区”的右侧。

工作区其他视图的布局虽然变化，但通常包括各种输入控件，例如：列表框，复选框或者按钮。视图下方通常包括显示的特定数据。

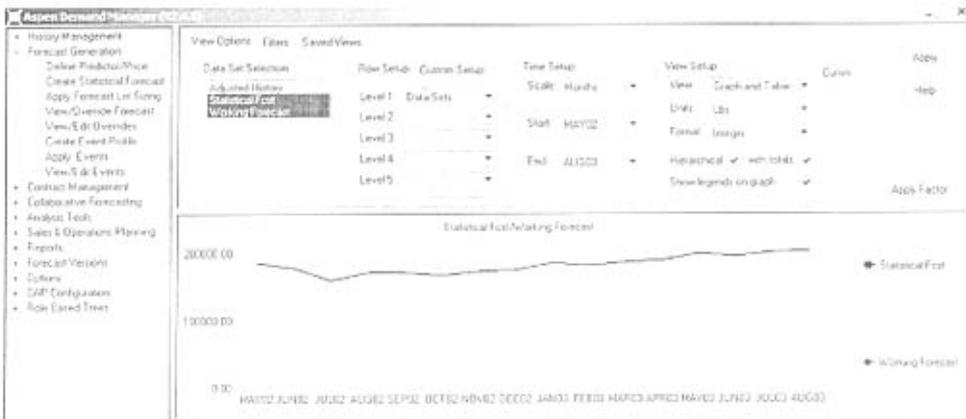


图 4.1.4 Aspen MIMI 工作区

4.1.4 数据输入和输出

MIMI 和 CAPs 允许数据通过多种格式输入和输出，包括：

- 固定列宽的纯文本文件
- 由分隔符分开的非固定列宽的纯文本文件
- SQL 数据库
- EXCEL 电子表格

本文中的所有 CAPs 都将配置为从供应链数据仓库 (SCR) 导入和导出数据，SCR 是一个 ORACAL 数据库。所有 MIMI 与 SAP 之间以及 MIMI 模块之间的通讯都将通过 SCR 来实现。

MIMI 提供了专门的 ASCC(Aspen Supply Chain Connect)方案利用 ETL 技术来实现数据准确适时的输入输出。其系统架构如下：

Deployment Architecture

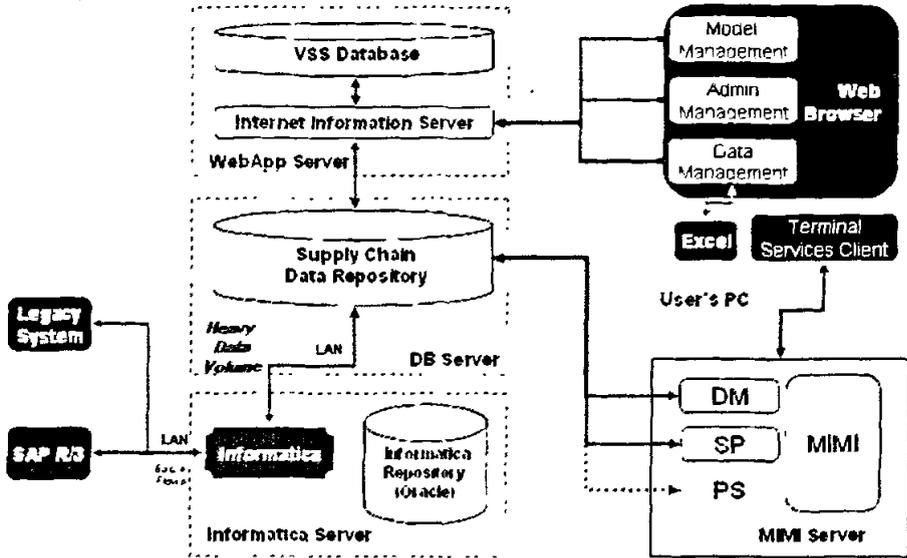


图 4.1.5 ASCC 系统架构

ASCC 所用的工具为功能强大、应用便捷的 Informatica 软件。Aspen MIMI 先通过 Informatica 预建了标准的与 SAP 系统传输数据的工作流，用户可根据自己的需要选用和修改这些工作流。

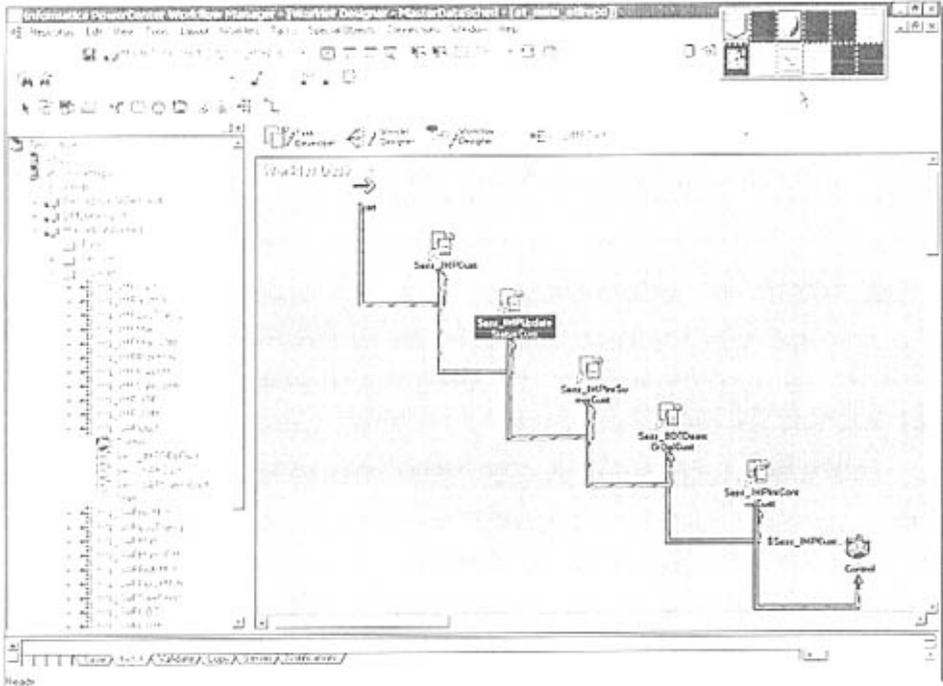


图 4.1.6 ASCC 中的传输 workflow

如果存在大量数据需要从 SCR 导入到模型中，则导入过程通常会通过一个夜间进行的批处理过程进行。否则可以通过一个交互式的界面接口输入，用户可以在列表中选择单一的数据项，或者同时选择多个数据项。

当数据导入后，数据首先放在数据库的临时表格中。系统会自动检查以保证数据格式是有效的，并且数值是有意义的，还可以执行其他客户化的数据校验。如果存在错误，不合格的记录将被删除，并且会记录在错误日志中供用户监测。

一个统计窗口会显示每条数据项最近一次导入的时间，有多少记录被读入，发现多少错误。

数据输出将遵循相似的结构。用户将从一个数据项列表或者配置报表中选择导入到供应链数据仓库的数据，导出过程发生的错误将被记录到日志中。

4.1.5 数据浏览窗口

大部分 MIMI 中的数据和报表都通过数据浏览窗口显示。数据浏览窗口为所有的输入数据和求解结果提供了标准并且灵活的用户浏览界面。数据浏览控制包括如下四种类型：

- 显示选项—定义数据显示的布局
- 过滤器—选择哪些数据将被显示

- 保存浏览窗口—保存一个由特定的显示选项和过滤器定义的浏览窗口
- 更新数据（并非总是允许）—修改数据

常见的数据浏览窗口如图：

查看选项 过滤器 产品过滤器 客户过滤器 保存的视图

选择数据集 行设置 自定义设置 时间设置 查看设置 累积 采用

调整的历史 未结订单

级别 1: 产品家族
级别 2: 产品
级别 3:
级别 4:
级别 5:

程度: 月
开始: 10月02
结束: 7月06

查看: 数据表格
单位: 吨
格式: 1位小数
✓ 分层
✓ 显示图例

帮助
EXCEL导出
采用因子

数据视图

	10月02	11月02	12月02	1月03	2月03	3月03
查看准则:						
数据集 - 原始历史						
客户 - 厦门顺东南贸易有限公司						
合同分项 - 2123000004						
产品等级 - 壹等品定量						
DTI						
涤纶DTT167dtex/144F网壹等品定量			39.7	69.8		
涤纶DTT167dtex/47F壹等品定量				21.2		
涤纶DTT167dtex/96F网壹等品定量				11.8		
涤纶DTT167dtex/96F壹等品定量			60.0	128.0		
涤纶DTT56dtex/96F网壹等品定量			6.5	7.8		
涤纶DTT63dtex/36F网壹等品定量			45.2	85.2		
涤纶DTT63dtex/72F网壹等品定量			14.9	183.2		
FDT						
涤纶FDT63dtex/36F网壹等品定量				15.0		

Row 1

图 4.1.7 MIMI 常见的数据浏览窗口

4.1.5.1 显示选项

通常包括六种可选的显示选项：表格、数据列表、线型图、柱状图、多层柱状图和区域图。

在表格和数据列表的显示中，数字格式可以改变。在数据列表中可以对记录进行基于数字运算的测试，并且可以和过滤器一起使用。在表格中，可以选择显示多维数据聚集后的总数。

列表框允许用户显示哪一维数据将被显示。在表格显示类型中，可以定义显示表格的行集或者列集，如果有多维数据被选择，他们将以分层的结构显示。在图形显示类型中，所选列集代表了水平坐标，而所选的行集代表了将要显示的元素。

如果某些维没有指定，他们的数值将进行聚集，并且按照过滤器进行过滤。

在图形化显示窗口的任何位置用户可以单击鼠标右键查看鼠标所指的位置对应的数值。

4.1.5.2 过滤器

一个多级选择的列表框显示了当前数据项的每一维。如果任何一维被选择，系统

仅显示与该维相关的数据。

高级选项包括根据通配符过滤，对某维进行排序，显示代码或者描述等。

4.1.5.3 保存浏览视图

当在树型控件中选择某个数据浏览功能后，最初的视图与用户前一次创建的视图是相同的，包括过滤器选项和高级选项。

当前视图可以保存用于今后调用，用户可以为保存的视图起一个名字。已经保存的视图可以读取或者删除。

4.1.5.4 更新数据

在允许的情况下可以通过 4 种方式修改数据：添加，编辑，替换或者删除。

4.1.5.5 访问控制

MIMI 提供两层的用户访问权限控制：

- 实例锁定，用于防止数据不一致或者冲突
- 根据用户名限制使用功能

实例锁定用于防止两个用户同时修改同一 MIMI 文件的情况，因为这样可能导致 MIMI 数据的丢失。它同时可以阻止两个用户同时向供应链数据仓库导出数据，由此可能导致数据不一致。锁定机制只允许第一个打开 MIMI 模块的用户保存或者导出数据。数据导入，数据浏览和其他功能不会收到影响。一旦模块被打开并且锁定，只有当第一个用户退出 MIMI 时才会解锁。这时另一个用户可以重新打开模块，进行锁定。

系统可以为不同的用户配置不同的工作区树型控件显示，这称作基于角色的管理，例如，只有经过培训的综合计划科的人员才能查看并且运行计划生成和发布功能。其他用户仅可以浏览输入数据和结果报表。管理员用户可以对角色进行配置，添加或者删除用户。

4.2 需求管理 (DM)

4.2.1 概述

制订准确、统一的市场需求预测的过程——并随着环境的不断变化而持续更新这些预测——就是所谓的需求管理。这个过程包含以下一些活动：

- 管理历史数据：综合各种细分市场的发货数据，提供对历史发货记录和订单的浏览
- 生成需求预测：通过数据重整和异常值识别来管理历史数据，运用多种统计算法生成需求预测
- 核对预测与工厂订单：创建事件来影响预测值或者在订单和预测间进行协调

- 其它对于制订健全的业务计划而言至关重要的过程。

需求管理涉及如何生成预测，如何管理预测，如何核对新信息与预测，以及如何持续更新预测。不同细分市场的预测需求经过综合、并与工厂订单核对之后，可以用于产能计划与调度过程。预测的准确性是 DSS 关注的重要内容，预测会影响到 SP 和 PS 流程从而影响到企业的效益。

需求管理模型涵盖了需求管理的所有业务流程，包括了每天管理和追踪需求的所有数据。需求管理模型支持两条工作流，一是每月的需求预测循环，二是每天/每周对实际销售和预测的跟踪和调整。第一条工作流建立需求计划，第二条工作流动态评估需求计划。支持以上两条工作流的是模型强大的分析功能。

4.2.2 模型使用周期

DM 模型允许用户从事两种任务，第一种任务是每天进行的，而第二种任务是在每个时间段结束时进行。

4.2.2.1 每天进行的活动

在确保 ERP 系统的数据已经根据上一天的情况更新后，会有一个自动运行的批处理程序在夜间将这些数据导入到供应链数据仓库。DM 模块将根据这些实时数据来更新，这些实时数据包括发货记录、未清的客户订单、产品层次主数据和客户层次主数据。

用户可以用未清客户订单来对预测进行净额化（ $\text{净预测} = \text{预测} - \text{未清订单} - \text{发货}$ ），用以检查预测的例外情况。由此用户可以监控未清订单所占预测值的比率是否超出设定的范围，并且决定预测是否需要重建。

当预测被检查并且修改后，净预测将输出到供应链数据仓库，用于调度模块。

4.2.2.2 时间段末进行的活动

DM 在每个时间段末进行的活动通常在每月的 20 号左右开始，也可以在需求发生重大变化时重新运行。DM 运行需要执行以下一系列的活动：

- 导入数据
- 调整需求历史—数据重整和删除异常数据
- 检查和确认需求历史
- 生成统计预测
- 检查预测，寻找预测异常值
- 检查预测异常列表
- 对预测进行必要的更新

- 将预测发送给销售部门检查
- 将检查结果和修改收集回 DM 模块，生成一个各方认同的预测
- 将各方认同的预测转换成销售和操作计划（SOP）并检查
- 最终确认预测
- 将净预测发送给计划和调度模块。

4.2.3 模型功能

DM 模块所有功能都可以通过选择 MIMI 工作区的树型控件中的命令项获得：

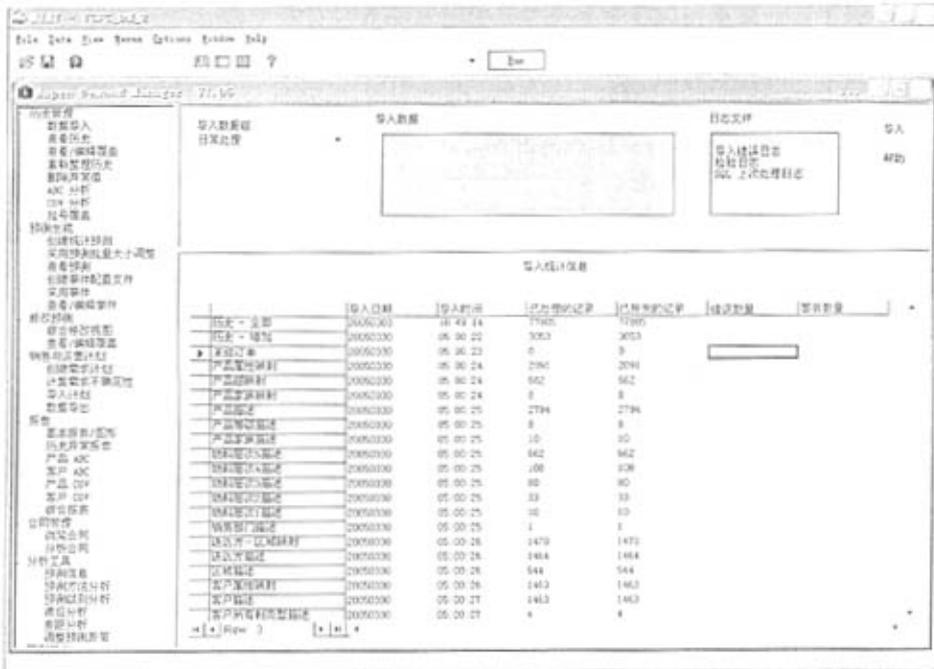


图 4.2.1 DM 模块功能菜单

4.2.3.1 历史管理

1) 数据导入

数据导入功能允许用户交互式的将 SCR 中的数据导入 DM 模块。用户可以选择导入单独一个或者一组数据项，或者仅导入每天需要的数据，或者全部数据。该窗口会显示最近一次数据导入的统计，包括导入日期，记录数以及警告和错误数量等。

DM 模块第一次会导入所有的历史数据，之后每次仅导入上次获得数据之后新的发货历史。DM 将最多存储 36 个月的历史数据，当模型按照时间向前推进时，新的一个月的历史数据将导入，而超过 36 个月的旧历史数据将删除，以保证模型内总是存储

最近 36 个月的数据。

该过程通常是以夜间的批处理程序进行。当然模块也会提供界面，允许用户进行专门的数据导入。

2) 浏览历史

用户可以通过多种方式浏览历史和订单数据。对于聚酯化纤企业模型中可能需要的方式包括：

- 按照产品分类：产品（包含等级），产品组，产品家族，产品等级，与 SAP 对应的 1-5 级产品层次和销售部门
- 按照客户分类：送达方，售达方，区域，国家，客户类型，产品目的和客户所有制性质
- 按照地点分类：发货地点（工厂，仓库）
- 时间段：月，季度，年，月/季度小节和月/年度小节

数据分为三类：原始历史，调整后的历史，未清订单。

数据可以根据以上方式的一种或几种组合浏览。如果选择了多种方式，用户可以选择这些多维数据是显示在同一行还是分层显示。

可以选择以图表还是表格形式显示数据。数据可以按照不同的单位显示，数字格式也可以改变。

过滤器允许用户选择一个特殊的或者一定范围内的一维或者多维数据。通常系统自动保留最近使用的过滤器配置，用户也可以保存一个期望的过滤器配置。

3) 浏览/编辑覆盖

该功能允许用户检查并且编辑发生的修改覆盖。在列表框中选择一个特定的覆盖记录将显示修改前后的数值。用户可以通过过滤器对这些覆盖记录进行选择。

4) 重整历史

重整历史允许用户将某个产品的历史、客户或者工厂位置应用到另一个产品。例如，当出现一个全新的产品或者客户，或者客户开始从另一个工厂购货等，在这些情况下，重整历史数据可能是必要的。

用户可以设置单一的或者多个标准，用于仅重整部分历史记录。例如，可以仅仅将与特定用户和工厂关联的某个产品的历史应用给另一个产品，或者将全部历史应用给另一个产品。

数据重整会保存在一个日志中，用于跟踪参考或者取消重整。

在聚酯化纤企业的模型中，可能会发生以下一些历史重组操作：

- 将一个产品的历史数据应用到另一个产品

- 将一个送达方的历史数据应用到另一个送达方
- 将一个工厂的历史数据应用到另一个工厂

5) 删除异常值

此功能允许用户删除不会重现的历史事件造成的影响，从而不至于引起预测偏差。异常点可以在以下一些聚集水平上侦测：产品，产品组，产品家族和客户水平。

异常点侦测将根据用户设定的标准偏差阈值、发货量阈值和历史范围。DM 模块会根据历史数据生成拟合曲线，然后计算每个历史点的标准偏差，那些超过偏差上下限的点将被视为异常点。一旦发现异常点，用户可以选择接受拟合值或者手工修改。异常点的删除过程是永久的，即使重新导入历史数据，此前的删除仍将生效。

6) ABC 分析

DM 模块允许对以下分组进行等级分析：

- 客户-ABC 的等级基于历史的销售数量，针对每一个产品家族（POY，FDY，DTY）独立的进行 ABC 等级分析；
- 产品-ABC 的等级分析可采用模块提供的标准历史销售分析功能，也可由用户提供计算公式来分析，如用边际利润计算公式。边际利润(元)=[(销售单价-单位销售成本)+单位设备折旧+单位人工成本+单位管理费用] (元/吨)×单位产量 (吨)。

对于一个给定的预测元素（客户和产品），需求的等级是通过一个从客户等级（对应于其产品家族）和产品等级到需求等级的映射来确定的。针对每一个产品家族，都会定义一个独立的映射关系表。

用户可以定义期望的 ABCD 的等级百分比以及分析的开始时间。对 ABC 等级的计算可以进行修改，这些修改是永久的，并且应用到下一次的等级计算。

用户也可以针对模型定义的其他属性进一步分析。分析结果可以用 ABC 等级、百分比或者数量形式表示。例如，用户可以分析客户等级或者每个国家的每个地区对销售量的贡献。

7) COV 分析

COV 分析根据需求量的高低，需求量变化的大小将历史数据分为 4 个象限。该功能和 ABC 分析一起可以帮助用户识别哪些客户和产品将能够获得一个可靠的统计预测，哪些需求需要与客户进一步沟通，以及哪些需求是可以不考虑的。

- 如果某位客户采购量大且需求相当稳定（第 I 象限），将可能为其单独统计预测需求并储备库存。

- 如果某位客户采购量较大但需求变化也较大（第 II 象限），可能希望与该客户协作。
- 如果某位客户采购量较小且需求变化较大（第 III 象限），可能希望丢开该客户或不为其储备库存。只有产能过剩时，您可能才会接受此客户的订单。
- 如果某位客户采购量小但需求较稳定（第 IV 象限），很可能仍会对其进行统计预测，但会将该客户和其它需求量小的客户聚集到一起。

在 DM 模块中，可以获得以下分组的 COV 分析

- 产品—以产品层次进行 COV 分析
- 客户—以客户层次进行 COV 分析
- 产品和客户—针对每个客户的每个产品进行 COV 分析

结果可以通过三种方式查看：

- 变化矩阵
- COV 图形
- 变化图形

在计算前用户可以修改如下选择：选择需求历史的时间范围，定义 COV 层次高低的 COV 因子，指定“是否应用到预测”（选择该选项时，属性映射将根据计算结果更新）。

4.2.3.2 预测生成

1) 定义预估数据/价格

可以在 DM 模块中维护价格和其他预估性的数据。这些数据可以作为 ARIMA 算法的关联因子指示项，在适当的时候使用。同时，价格可以将预测或历史发货的数量转变成收入。

用户可以浏览、修改、创建和删除预估数据表格。可以创建 5 维表，表中的数据可以通过数据表格窗口来维护。

2) 创建统计预测

模型根据校正后的历史数据，每月生成一个 18-24 个月的统计预测。预测数据将以月为单位。在进行预测时，DM 模块会对历史数据进行聚集，并且根据统计算法和预测要求来规划需求生成的水平。

需求预测可以在以下一些水平上生成：

- 产品
- 产品组

- 客户×产品
- 客户×产品组
- 根据其他定义的数据维数配置

以上每个选项允许用户在不同的聚集水平生成预测。例如：如果用户选择产品水平，系统会生成每个产品的需求预测数量。同样如果用户选择客户×产品，系统将生成每个客户对每个产品的需求预测数量。不同的预测水平会影响预测计算的好坏，但是不会影响结果的显示方式。预测结果可以在任何聚集水平上显示。

DM 的预测引擎为 SPSS 统计预测模型，包括了以下预设模型：

- 线性回归
- N-期移动平均
- 季节回归
- ARIMA 求和自回归移动平均过程法
- 布朗模型
- 阻尼趋势模型
- 霍尔特模型
- 简单指数平滑和双倍指数平滑
- 简单季节回归
- 乘数冬季法
- 加数冬季法
- 手工预测模型
- 最优法（根据不同指标如 MAD、标准方差、 R^2 、相关系数、最近历史权重等的比较分析，自动选择最优的统计方法）

而且，可以根据用户的需求，另外定义新的模型和方法。

通常用户可以选择“最优算法”选项，这样软件包会根据误差分析选择一个最佳拟合的预测算法。

用户对预测过程的其他控制选项包括：

- 历史范围—选择一个用于生成预测的历史数据时间范围
- 固定范围—允许用户为每一个预测项单独指定采用的历史数据范围
- 预测过滤器—允许为某个特定预测项重新单独生成预测
- 固定算法，允许为每个预测项单独指定预测算法
- ARIMA 预测指示—允许用户选择用于 ARIMA 预测算法的指示项。

- 新预测元素—允许创建新的预测组合,当用户需要对一个产品/售达方/库存地点的组合生成一个预测时,可能会指定该功能。
- 非激活项—允许用户设置特殊的预测组合,使得对它们的预测被忽略。
生成的统计预测可以拷贝到工作预测中,用于下一步的检查和修改。

下面介绍 ARIMA 模型和指数平滑模型:

- 关于 ARIMA 模型

自回归综合移动平均 (Autoregressive integrated moving average, 简称 ARIMA) 模型是适合于精细调整的时间序列的复杂模型。ARIMA 模型的基本思想是:将预测对象随时间推移而形成的数据序列视为一个随机序列,用一定的数学模型来近似描述这个序列。这个模型一旦被识别后就可以从时间序列的过去值及现在值来预测未来值。与指数平滑模型相比,它们对趋势和季节性模型的处理提供了更好的控制。

ARIMA 模型有三种基本流程:自回归 (AR); 微分或积分 (I); 移动平均 (MA)。

ARIMA 模型最简单的形式通常可以表示为:

$$\text{ARIMA}(p, d, q)$$

其中 p 是自回归项, d 为时间序列成为平稳时所做的差分次数,而 q 是移动平均项数。这些流程用于解释显著自相关与局部自相关,并可用于处理趋势。通过指定预测值序列、干预、事件及转换,可以扩展基本的 ARIMA 模型。

ARIMA 模型也可以包含一些预测值,帮助解释所预测序列的行为。例如,目录零售商或基于 Web 的零售商可能会根据邮寄的目录数、可接收订单的电话线路数或公司网页的点击数来预测销售。

ARIMA 模型预测的基本程序:

1) 根据时间序列的散点图、自相关函数和偏自相关函数图以 ADF 单位根检验其方差、趋势及其季节性变化规律,对序列的平稳性进行识别。一般来讲,经济运行的时间序列都不是平稳序列。

2) 对非平稳序列进行平稳化处理。如果数据序列是非平稳的,并存在一定的增长或下降趋势,则需要对数据进行差分处理,如果数据存在异方差,则需对数据进行技术处理,直到处理后的数据的自相关函数值和偏相关函数值无显著地异于零。

3) 根据时间序列模型的识别规则,建立相应的模型。若平稳序列的偏相关函数是截尾的,而自相关函数是拖尾的,可断定序列适合 AR 模型;若平稳序列的偏相关函数是拖尾的,而自相关函数是截尾的,则可断定序列适合 MA 模型;若平稳序列的偏相关函数和自相关函数均是拖尾的,则序列适合 ARMA 模型。

4) 进行参数估计,检验是否具有统计意义。

5) 进行假设检验,诊断残差序列是否为白噪声。

6) 利用已通过检验的模型进行预测分析。

- 关于指数平滑模型

指数平滑模型在未试图理解时间序列行为方式的情况下，对其行为进行描述。例如，某个序列过去的历史显示每 12 个月便会达到一次高峰，这种现象很可能还会继续下去，尽管您不知其所以然。

指数平滑模型对于“早一步”的预测情况非常有用，但在长期预测中的执行效果通常不比 ARIMA 模型。不过，在处理大量不断到来的数据并且要快速作出的决定时，可能没有足够的时间来拟合复杂的 ARIMA 模型。

快速决策通常涉及的是短期，即使简单的指数平滑也可以给出下一时段序列级别的合理估计。此外，指数平滑模型经过演化发展，现已能更好地预测呈现线性趋势与季节性的序列。

基本的指数平滑策略是根据过去的值进行加权平均来预测将来的值。较远过去的观测值的权重在指数上会小于最新观测值的权重。权重减少的速率由平滑参数来控制。要预测呈现趋势和/或季节性的序列，可以给模型附加额外的平滑参数。

不同的指数平滑模型使用以下四个参数的不同组合：级别、趋势、季节及衰减趋势。尽管每个参数适用于序列的不同方面，但它们存在相似之处，即每个参数都是确定较新观测值在估计模型时的权重范围。对于所有参数，值越大表示权重越接近最新值。参数值是由序列值估计而来的。

级别 - 级别参数控制序列值对将来序列值的影响降低的速率。它的取值范围是 0 至 1 (含 0 和 1)。级别参数越大，模型给最新值的权重就越大。如果我们给股价建模，小级别比较适合表示作风稳健保守的公司的序列，而大级别则更适合表示变数较大的新兴市场。此参数也称为 α 。

季节 - 季节参数控制序列值对序列季节性估计的影响降低的速率。它的取值范围是 0 至 1 (含 0 和 1)。季节值越大，表示当前序列值对将来序列季节性估计的影响的下降速度也越快。例如，往热带岛屿的航班机票在冬天会到达季节高峰。然而，较小季节值可能更适合于传统型热点地区，而较大的季节值则更适合于受欢迎程度波动较大的岛屿。此参数也称为 δ 。

趋势 - 趋势参数控制序列值对序列趋势估计的影响降低的速率。它的取值范围是 0 至 1 (含 0 和 1)。趋势越大，表示当前序列值对将来序列趋势估计的影响的下降速度也越快。小趋势适合给稳步发展的公司建模，而较大的趋势则适合于发展迅速的公司。此参数也称为 γ 。

衰减趋势 - 衰减趋势参数控制衰减速率，即序列趋势的大小随时间减小的速率。它的取值范围是 0 至 1 (不包括 1)。衰减趋势越大，表示序列趋势的衰减越缓和。某产品的市场接近饱和时，它的月销售序列就是一个衰减趋势。最初，销售只受到生

产的制约。随着产量的增加，它的序列也呈上升趋势。直到最终受到需求限制，此时上升趋势消失。此参数也称为 ϕ 。

3) 采用预测批量

该功能提供了将标准订单批次数量应用到统计预测的方法，可选的选项包括：

- 推—该方法确定每个时间段的完整批量数，然后将剩余量推到下一个时段。
- 拉—该方法确定每个时间段的完整批量数，然后将下一个时段预测的数量拉上来，将其添加到剩余数量上，以形成另一个完整的批量。
- 此方法确定某个时段的完整批量数，如果剩余数量接近完整批量，则会将下一时段预测量拉上来，形成另一个批量，否则就会将剩余数量后推到下一个时段。

表 4.2.1 采用预测批量应用举例

订单批量	5							
时间段	1	2	3	4	5	6	7	需求量
预测量	10	12	13	8	11	7	10	71
订单数量	10	12	15	8	14	11	11	81
推	10	10	15	5	10	10	10	70
拉	10	15	15	10	15	15	15	95
推/拉	10	10	15	10	15	10	10	80

4) 浏览预测

用户可以按照多种方式浏览统计预测、工作预测和历史数据。浏览、过滤和编辑选项与“浏览历史”一节所述相似。工作订单允许进行修改，并且保存覆盖记录以便今后重复应用。

5) 浏览/编辑覆盖

该功能允许用户监测和编辑以前创建的覆盖记录。当从列表中选择特定的记录后，系统将会显示修改发生前后的详细数据。可以通过过滤器限制数据显示的范围。

6) 创建事件配置

该功能允许用户根据历史事件来创建和保存事件配置。一个事件配置包括由于特殊事件导致的和历史数据相比的需求的变化，包括事件发生前，事件进行中，事件发生后的变化，用百分比表示。事件配置保存后可以在今后调用。

在事件创建过程中，用户可以指定一个特定的客户或者产品，或者其他方式的组合。用户可以选择事件影响的开始时间，事件本身真正开始的时间和事件不再影响需求的时间。

7) 应用事件

该功能将会创建新的事件并且将其应用到工作预测。当创建一个新的事件时，用

户需要选择一个事件配置和开始时间。事件可以应用于多维数据的组合。

8) 查看/编辑事件

用户可以查看或者编辑以前应用的事件。事件可以在列表中选择、编辑或者删除，工作预测也会进行相应的更新。

4.2.3.3 合同管理

1) 定义合同

合同以及合同合同分项可以通过该功能浏览和创建。合同信息将直接在 DM 模块中维护。对于聚酯化纤企业的业务流程，销售合同（年销售协议）是只与售达方（客户）和产品家族（POY, DTY, FDY）相关，因售价随发货时的市场价，合同中一般不含价格。当创建一个合同时，用户可以指定合同对应的客户和产品家族、合同开始和结束日期、时间段类型、每个时间段的最小、最大数量以及每一个合同分项的生效日期。

2) 分析合同

该功能允许用户比较历史发货记录、预测和合同的最大最小值限制，用以确定是否存在短缺或者过量的情况。可以选择特定的合同分项进行分析。

4.2.3.4 分析工具

1) 预测信息

该分析工具显示各种预测误差统计，每个预测所采用的方法和按周显示的预测订单分布。

2) 预测方法分析

该功能帮助用户比较不同预测方法的结果。用户通过比较分析并结合自己的经验可以在客户—产品水平上固定预测方法。这对模型的调优工作非常重要。

3) 预测水平分析

该功能帮助用户对不同的预测进行数量上的比较，即使它们以不同的水平生成，或者采用了不同的预测方法。

4) 滞后分析 (Lag Analysis)

滞后分析允许用户通过比较以前保存的预测和实际的发货情况从而跟踪预测的准确性。最终发送到 SP 模块的工作预测将保存下来用于滞后分析。该预测中包含多个月的信息，前三个月的预测信息将用于滞后分析，并且赋予第 1 月，第 2 月，第 3 月三个版本。

在滞后分析中用户可以选择如下一些选项：

- 版本一指定用于滞后分析的版本。
- 滞后量一指定用于分析的滞后量。例如，如果当前月是04年1月，一个月的滞后量表示在03年12月预测04年1月的需求，两个月的滞后量表示在03年11月预测04年1月的需求。
- 时间段一指定分析的时间范围
- 属性一指定希望显示的分析结果的属性（数据维）。
分析结果可以通过如下格式显示：
- 预测误差矩阵一显示一个预测误差和数量表示的矩阵。结果将根据误差和数量的不同放置到不同的4个象限中。
- 误差表一显示实际数量，预测数量，误差（实际-预测）和相对误差。
- 预测/实际图表一用图形表示预测和实际需求。
- 误差图表一用图形表示的误差。
- 相对误差图表一用图形表示的相对误差。

5) 差距分析 (Gap Analysis)

该分析工具允许用户直接比较两个版本的预测，并将结果显示在表格中。

6) 净预测异常

该功能生成一个报表，用以指示实际需求和预测的差异超过预设阈值的部分。异常分析可以基于任意的或者模块使用的净预测水平。

4.2.3.5 销售和操作计划

1) 创建需求计划

该功能根据确定的和已完成的订单对需求净额化。工作预测首先被当月的订单和发货记录填充，然后是后续月份的订单和发货记录。净预测按照每个时间段进行计算，公式为：净预测 = 预测 - 未清订单 - 发货。

需求计划通常在每天的批处理程序中生成、发布，并作为 SP 和 PS 模块的输入。

以下一些选项用于定义需求计划的结构：

- 时间单位一指定时间段的单位（天，周或者月）
- 时间段数目一指定时间段的数目
- 起始时间段一指定需求计划的起始时间段。缺省是当月。
- 输出属性一指定哪些属性将包含在需求计划文件中。

以下选项定义了需求计划是如何进行计算的：

- 净额化开关一确定创建需求计划时是否净额化。

- 主净额化水平—如果只有该项被设置,预测和订单将聚集在该水平进行净额化,然后净预测将以原始预测的数量作为权重,拆分到输出水平上。例如主净额化水平为产品:

	预测	- 未清订单	- 发货	= 净预测
产品 A	300	120	160	20
客户 1	100	50	80	(30) 0
客户 2	100	60	30	10
客户 3	100	10	50	40
客户总计	300	120	160	50

产品水平上净预测值为 20,但是客户水平上净预测值则为 50。

- 二级净额化水平—如果该项被设置,预测和订单不仅在主净额化水平上被聚集,也会在二级净额化水平聚集,并且将该聚集水平上的预测数量作为拆分的权重。例如主净额化水平为产品,二级净额化水平为客户:

	预测	- 未清订单	- 发货	= 净预测	报表
产品 A	300	120	160	20	20
客户 1	100	50	80	(30) (0%)	0
客户 2	100	60	30	10 (20%)	4
客户 3	100	10	50	40 (40%)	16

产品水平上净预测值和客户水平上净预测值都为 20,二级净额化水平影响到净预测值的拆分。

- 时间段—指定净额化的时间段。
- 高级净额化选项—指定当发货和未清订单超过预测数量时如何处理,用户可以指定将超过的部分分配到之前一个或者后一个时间段。

2) 计算需求不确定性

该功能创建需求变化报表,并且相关数据将用于 IP 模块计算安全库存、目标、最小及最大库存水平。确定需求不确定性时有多种技术。经常使用的不确定性衡量手段之一是需求变化性,或预期需求的标准方差。不过不确定性与变化性不是相同的东西,这点非常重要。变化性是已知的,不需要用到安全库存。计算不确定性可能是一件非常困难的任务。正是因为这个原因,需求不确定性有时会表示为需求变化性。模型中用户可以通过选择预测版本(通常是工作预测),库存规划水平(用于指定计算的属性,通常是产品水平或者产品—库存水平)和预测误差计算类型(通常是平均绝对百分比误差)来计算不确定性。

结果将由用户控制或者作为每个时间段末的活动自动导出到供应链数据仓库。

3) 导出数据

该功能用于将需求计划、ABC 分类和需求不确定数据导出到供应链数据仓库。

4) 导入数据

该功能用于从供应链数据仓库导入 SP 模块生成的受约束预测。

4.2.3.6 报表

1) 基本报表/图形

用户可用多种方式浏览预测和历史数据。浏览、过滤和编辑选项与“浏览历史”一节所述相似。

2) 历史异常报表

该功能允许用户方便地根据搜索属性的组合搜索某个特定时刻后的相关数据。例如，用户可以查找所有在最后 6 个月没有卖出去的产品，或者，用户可以查找仅在最近 2 个月有销售的客户。

4.2.3.7 预测版本

1) 保存/删除版本

用户可以通过该功能保存和删除不同的预测版本。

2) 保存衡量标准版本

该功能允许手工保存以便用于滞后分析的需求版本。

4.3 库存计划 (IP)

4.3.1 概述

库存计划模型能够提供的决策支持是决定各时期在各厂、各分销点/仓库为了满足客户服务水平应保存的最优库存数量，实现更好地平衡客户服务水平和库存成本之间的关系。库存计划结果(各时期的安全库存、经常库存和库存阈值)将输入供应计划模型作为生产计划优化时的约束，并且在目标函数中针对与目标库存的偏差进行惩罚。影响库存计划计算准确性的关键因素包括：

- 确认的无约束需求预测和需求不确定数据
- 期望的物料满足率，作为客户服务水平的衡量标准
- 计算公式
- 和 DM 模块、SP 模块的集成

4.3.2 模型使用周期

IP 模块典型的使用周期包括:

- 在每月 20 号以后, 当可以从 DM 获得需求数据时, 用户可以运行该模块作为月计划作业的一部分。用户也可以在其他任意时间按照需要运行该模块。
- 计划员调整时间结构, 定义计划的开始时间和时间段。
- 计划员导入新的数据, 人工检查并且更新数据。
- 计划员运行计算过程并且查看结果。如果需要, 他可以修改参数并重新运行计算, 直到结果令人满意为止。
- 计划员最终将新的库存阈值数据导出到供应链数据仓库, SP 模块会从该数据仓库读入相应信息。

4.3.3 设计范围和细节程度

4.3.3.1 物料

在模块中仅考虑最终产品, 包括 POY、FDY 和 DTY。作为中间产品, 给五厂加弹供料的 POY 的安全库存不予考虑。同时在计算 DTY 的安全库存时, 其生产周期将考虑从 PET 开始到 DTY 生产出来的时间。

4.3.3.2 需求等级

IP CAP 允许根据每个产品的不同需求等级计算库存。目前该功能对于聚酯化纤企业的业务流程没有实际用处, 所以所有需求都采用一个单一的虚拟等级。

4.3.3.3 地点

模型将考虑以下地点:

- 三厂和五厂的厂区库存
- 配送中心, 包括绍兴, 盛泽, 福建和青岛

在配送中心的库存要考虑从工厂到配送中心的运输时间, 以满足在这段时间内的需求。在工厂的库存要考虑整个产品生产周期内的需求。

4.3.3.4 时间跨度

整个时间跨度将被分成一系列时间段。IP 模块中时间段的结构和开始日期应该和 SP 模块中的时间段相一致。

4.3.4 模型功能

IP 模块所有功能都可以通过选择 MIMI 工作区的树型控件中的命令项获得:



图 4.3.1 IP 模块功能菜单

4.3.4.1 时间结构

每次新的计划过程开始时，模型的时间跨度必须向前推进，将开始日期设置为当前日期（或者其他指定的日期）。系统将会提供界面让用户从日历中选择一天作为开始日期。

用户同样能够重新定义时间结构，时间段的长度可以是固定的几天，一周，一月，季度或者一年。用户能够保存或者调出某个时间段结构。例如在标准计划模型和年财政计划的时间结构间切换。系统将提供选项，使得用户可以为每个时间段命名。

选择的时间段结构必须和 SP 模块中的时间段相一致。

4.3.4.2 数据导入

IP 所需数据将用 MIMI 的标准功能从供应链数据仓库导入。用户能够选择一次性导入所有数据，或者仅导入部分数据。可以通过数据管理功能查看和修改导入的数据。

4.3.4.3 数据管理

数据管理功能允许用户通过数据浏览窗口或者其他对话框浏览、修改和删除数据。数据管理功能根据采购、需求、库存、生产、生产能力和配送进行分类。

1) 物料地点数据

数据对象	描述
地点类型	每个地点都属于“工厂”或者“需求中心”的地点类型

物料类型	所有物料都将赋予“最终产品”类型。其他可能的类型包括“原料”和“中间产品”模型中不考虑。
------	--

2) 满足率

数据对象	描述
下限	每个地点的每个物料所允许的最低满足率（期望的需求满足比例下限）。
上限	每个地点的每个物料所允许的最高满足率。

3) 需求数据

数据对象	描述
需求	预计的产品需求，用于计算安全库存和经常库存
不确定范围	和实际需求相比，预测需求的不确定程度。单位和需求相同，并且根据预测需求和实际需求的标准偏差定义。DM 模块会提供预测偏差结果，并用于获得不确定范围数据。

4) 交付周期

数据对象	描述
交付周期	交付周期是从决定需要增加库存到实际物料到位所需要的天数。
交付周期间隔	当生产或者配送以周期方式进行时每个周期间的时间间隔。
不确定范围	交付周期的不确定范围，以天为单位表示，根据实际交付周期和预计周期之间的标准偏差定义。

5) 库存限制

数据对象	描述
不可用库存	不可用库存限制，对聚酯化纤企业而言，所有物料不可用库存为 0
最大库存	最大库存的限制，用于计算库存阈值

6) 成本数据

数据对象	描述
物料价值	物料价值数据表示单位库存物料的价值，用于计算库存成本。
订单推迟成本	没有及时满足需求所导致的销售利润损失成本。
库存成本系数	库存成本系数表示维护单位价值的库存物料消耗的库存维护费用，用于计算库存成本

4.3.4.4 计划生成

库存计划过程主要计算安全库存，经常库存和库存阈值。对于每个地点的每种产品，可以指定一个最佳的拟合公式。具体计算公式见下节。

可以控制执行所有的计算过程还是仅选择物料、地点或者物料类型来进行计算。

4.3.4.5 计划分析/报表

标准的报表有：

物料分析	提供分析所有与某一物料相关的数据的功能。会显示库存水平、计算方法和相应的输入数据。
情景分析	对由于参数的变更而导致库存水平的潜在影响进行分析
计算结果	显示计算结果。包括安全库存，经常库存和阈值（最小，目标，最大值），用户可以通过过滤器浏览和编辑。

4.3.4.6 发布/输出

安全库存、经常库存和阈值（最小，目标，最大值）将会输出到供应链数据仓库，SP 模块或者其他系统可以通过数据仓库访问这些数据。

4.3.5 计算公式

模型中保存有多种库存相关的计算公式，建模人员可以根据需要选用或修改。

4.3.5.1 安全库存的计算

模块提供两种计算安全库存的方式。

- 简单的将安全库存设置为 0，不执行任何计算
- 基于满足率。满足率代表我们期望的需求的满足程度。基于满足率上下限的安全库存计算公式为：

安全库存 = 安全因子 × 交付周期内需求的标准偏差

安全因子是根据给定的满足率和基于正态损失函数计算的：

期望的需求 / 需求的标准偏差 × (1 - 满足率)

如果需求是基于正态分布的，那么以这种方法计算的安全库存将会和预期的满足率有较好的匹配。

假设需求与交付周期的分布相互独立，并且各时段的需求相互独立，这样就可以用下面这个广为人知的公式计算安全库存水平：

$$SS = k\sigma_{D_{LT}} = k\sqrt{L^2\sigma_D^2 + \sigma_L^2 D^2}$$

其中

SS = 安全库存

k = 安全系数

$\sigma_{D_{LT}}$ = 交付周期内类别需求的标准偏差

D = 按类别的日需求期望值

L = 期望的交付周期（天）

σ_D = 按类别的日需求的标准偏差

σ_L = 交付周期的标准偏差（天）。

需求标准偏差与交付周期标准偏差是这个公式的典型表示法。不过，标准偏差有对变化性进行衡量的涵义。最近的研究指出，使用不确定性的值可以帮助提高安全库存的准确性（例如，已知的变化性对于安全库存没有任何要求）。

按照其设计，IP 可以接受不确定性的值或标准偏差值；IP 的计算引擎只是利用提供给它的值而已。IP 还执行一些必需的计算，将需求及其标准偏差的度量单位转换为天，而不管模型中所定义时段的大小。

在上述安全库存公式中，除安全系数 k 的值以外，所有项目都由输入数据确定的。

安全系数的影响可以很重要，尤其是在确定安全系数的值为零时。在这种情况下，安全库存的数量也将为零。

k 值用以下公式定义：

$$G(k) = (1 - FR) \frac{ROQ}{\sigma_{D_{LT}}^{all}}$$

其中

FR = 供应比率

ROQ = 再次订购数量

$\sigma_{D_{LT}}^{all}$ = 交付周期内所有类别需求的标准偏差

在此公式中， k 值是通过查找标准正常损耗函数分布表中的 $G(k)$ 值来确定的。

输入数据提供的供应比率的上、下限确定上述方程中的供应比率。再次订购数量也是由输入数据提供的，它与类别无关。不过，交付周期内所有类别的需求的标准偏差必须用以下公式计算：

$$\sigma_{D_{LT}}^{all} = \sqrt{L^2 \sigma_{D_{all}}^2 + \sigma_L^2 D_{all}^2}$$

其中

D_{all} = 所有类别的日需求的期望值

L = 期望的交付周期（天）

$\sigma_{D_{all}}$ = 所有类别日需求的标准偏差

σ_L = 交付周期的标准偏差（天）。

此公式计算交付周期内所有类别的需求的标准偏差，就其本质而言，它和安全库存中用于定义交付周期内按类别的需求的标准偏差属于同一个公式。这个公式只是进行了简单的调整，将使用补充订单满足的所有需求都考虑在内。

根据输入数据中的库存成本和订单推迟成本（利润损失），IP 模块计算出和满足率相关的综合成本。注意对于较低的满足率和低库存水平，库存成本虽然很低，但是利润损失却很大。相反，对于高满足率和高库存水平，虽然需求能较好的满足，但是

库存成本却很高。最佳的满足率是根据最小化综合成本的原则选择的。

4.3.5.2 经常(循环)库存的计算

经常库存是用于满足在每两次生产周期或者发货周期内的预计需求而保留的库存。经常库存是随着收到需求订单而逐渐减少,在收到供应订单时不断补充的库存。经常库存是针对采购、生产或配送流程的循环特性而采用的库存保护手段。如果会持续采购、生产或配送某种物料,则没有必要建立经常库存。

IP 采用标准的经常库存计算方法,其中经常库存是介于采购、生产或补充间隔及日需求率之间的一种功能。它的计算有两种:

- 将经常库存设置为零,不执行任何计算
- 公式:经常库存 = 交付周期间隔(购买、补充或生产间隔) × 日需求率。

4.3.5.3 库存阈值的计算

“库存阈值”是一组库存的最小值,目标值和最大值。目标阈值是 SP 试图满足的计划库存水平。它会根据 SP 提供的其它生产参数(如库存维持成本、生产成本及运输成本)作平衡。最小阈值是计划的最低库存水平,用作 SP 的库存约束条件。最大阈值是计划的最高库存水平,也用作 SP 的库存约束条件。IP 模块提供两种公式用于计算库存阈值:

- 将库存阈值设置为零,不执行任何计算
- 组件汇总,综合考虑以上的计算结果
- 需求天数,基于将来的需求计算阈值。

1) 组分加合

IP 模块用于组件汇总的公式是:

用户定义的不可用库存限制百分比 + 用户定义的安全库存百分比 + 用户定义的经常库存百分比 + 用户定义的最大物理库存百分比

针对每个最小、目标及最大阈值,都可以指定各种不同组合的百分比。

一个广为接受的最小库存阈值的定义是 100% 的不可用库存。

一个广为接受的目标库存阈值的定义是 100% 的不可用库存 + 100% 的安全库存 + 50% 的经常库存。

广为接受的最大库存阈值是实际最大库存的 100%。

2) 需求天数

根据需求天数来计算经常库存阈值:

阈值 = 用户定义的天数 × 每日平均需求

每个库存的最大、目标、最小阈值可以赋予不同的需求天数。

4.4 供应计划 (SP)

4.4.1 概述

供应计划模型进行整个供应链的供-需平衡,建立优化的生产和分销计划,从而实现 DSS 的主要目标。供应计划模型的目标是在计划期内使利润最大化。因此,模型将通过生产和配送进行计划,决定各时期应生产的产品组合;每条生产线上应生产的各品种的数量;以及应运往客户或分销点的产品数量。模型中的分销计划将决定各分销点/仓库分别需要运送什么品种的产品,是否有能力供应等,同时根据供应链需求平衡各种资源。

该模型将提供对以下问题的决策支持:

- 在某一个时间段内某个生产线上生产何种产品及其数量
- 在某一个时间段内,向某地运送何种产品及其数量
- 何时购买原料
- 在每个时间段结束时该有多少库存
- 哪些需求将要满足。

供应计划模型最基本的输出包括各生产线的月生产计划;从生产厂到各分销点/仓库和客户的分销运输计划;原料采购计划;满足的需求;短缺的需求以及生产能力利用率等。它们将用于:

- 支持财务计划和长期的战略性计划
- 作为配送计划的输入
- 作为 PS 模块详细调度的基础

供应计划模型包括灵活的数据浏览和数据编辑功能,用户可以方便地查看、修改、增加约束条件,并对模型进行再优化和情景模拟分析。

供应计划模型有强大的工具使客户能灵活地管理各类数据的时限性,并可以在任何时间进行更改。比如产品各时间段的价格预测(由统计系统建立提供,如 SAS)可以方便地调入计划模型中,计划模型将根据各时期预测价格的有效性,判断是建立库存还是消耗库存,以及辅助生产计划的优化。充分结合价格预测模型后,计划模型可以建立将来若干时期的效益最大化计划。

4.4.2 模型使用周期

SP 模块通常以月为单位运行,当从 DM 获得新的无约束预测数据,并且完成模块的运行后,即可开始运行 SP。这个过程通常在每月 20 号到 25 号进行。如果实际生产

存在重大变化，SP 模块也可以在任何其他时间运行。

通常该模型的使用包括以下一些步骤

- 更新时间结构，定义时间段和计划的开始和结束日期
- 导入新的数据，如果需要的话，检查并且更新数据
- 创建并且运行优化模型用于生成一个新的计划
- 通过 MIMI 提供的报表和分析工具对生成的计划进行检查
- 根据改动的数据运行情景分析以检查计划的鲁棒性和稳定性
- 发布中间计划给长丝事业部的相关部门（市场开发科，销售一科，二科，生产部门，配送部门）进行修改
- 通过周生产例会或者其他沟通途径搜集反馈信息，并且相应的调整计划数据
- 生成新的计划用于最终确认，如果需要可以再次运行情景分析
- 发布最终计划，包括采购计划，生产计划，约束的需求计划和配送计划。

需求或者设备停车等的重大变化可能会要求在一个月内重新制定计划。同时，模型可以在任何时候独立的运行情节分析。

4.4.3 设计范围和细节程度

4.4.3.1 物料

- 原材料：PTA，EG，五厂 PET 切片熔融时添加的消光剂、着色剂等添加剂，包装材料。
- 中间物料：PET 熔体和 PET 切片，用作五厂加弹的各种等级的 POY 物料。
- 最终产品：各种等级的 FDY，POY 和 DTY 和中空纤维。

4.4.3.2 地理位置

- 生产地点：包括三厂，五厂。每个工厂的仓库将被看作和工厂在同一个地点。
- 配送中心：包括绍兴，盛泽，福建和青岛。
- 所有非自提客户的需求地点（送达方）。

从配送中心自提的客户地点将不需要使用。所有原料的地点都将被看作是从一个虚拟的总供应商那里采购的。各个地理位置之间的连接将通过定义一个包含运输方式（公路，水运，铁路）的运输网络来实现。

4.4.3.3 生产设备

- 三厂的 6 台 PET 反应器和 6 条 PET 切片生产线

- 三厂的 13 条 POY 和 7 条 FDY 生产线
- 三厂的 2 条中空纤维生产线
- 五厂的 9 条 POY 和 4 条 FDY 生产线
- 五厂的 98 条 DTY 加弹线

在 SP 模块中每一条线将看作一个单一的设备, POY 和 FDY 生产线内的细节包括单元、箱体、位等不在 SP 模块中表示。

4.4.3.4 时间跨度

在一个线性规划或者混合整数规划优化模型中,时间是通过一系列时间段表示的。每个时间段是模型能够考虑的最小时间范围。这意味着如果有两个事件在某个时间段内发生,系统将无法指明哪个事件先发生。但是事件的总体时间范围是精确计算的,例如定义一个设备在某个时间段内生产某个产品的时间是精确的。

模型的时间跨度可以由用户配置,一旦配置后,应保持稳定。推荐的时间跨度是 6 个以星期为单位的时间段加上 6 个以月为单位的时间段。

4.4.4 模型功能

SP 模块所有功能都可以通过选择 MIMI 工作区的树型控件中的命令项获得:

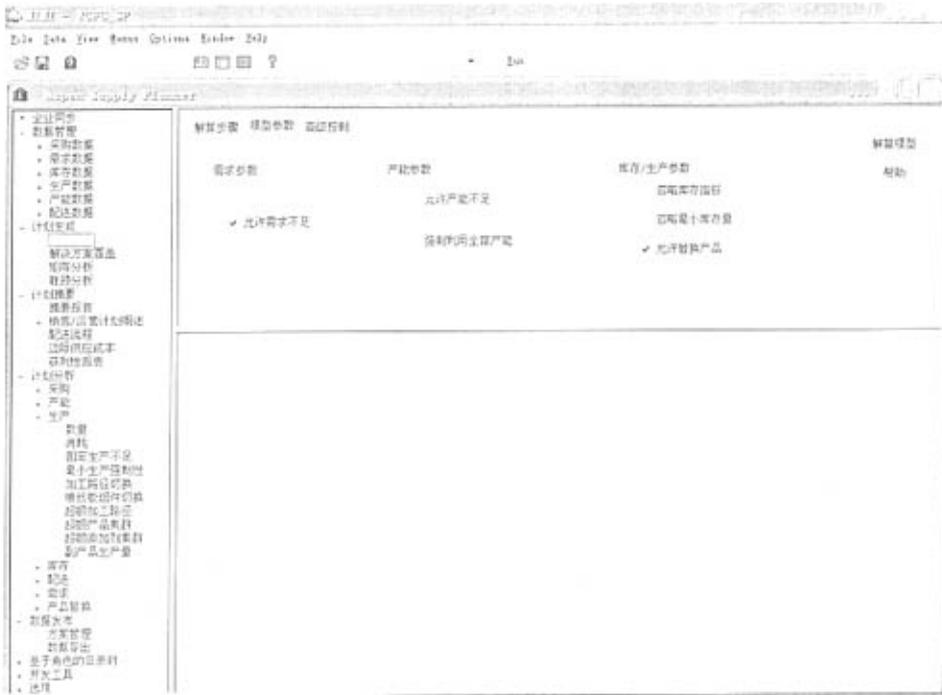


图 4.4.1 SP 模块功能菜单

4.4.4.1 时间结构

每次新的计划过程开始时，模型的时间跨度必须向前推进，将开始日期设置为当前日期(或者指定的日期)。系统将会提供界面让用户从日历中选择一天作为开始日期。

用户同样能够重新定义时间结构，时间段的长度可以是固定的几天，一周，一月，季度或者一年。用户能够保存或者调出某个时间段结构。例如在标准计划模型和年财政计划的时间结构间切换。系统将提供选项，使得用户可以为每个时间段命名。

在用户的控制下，当前模型的所有时间段集合将重新构造以反映当前的开始日期和时间段结构。需要说明的是，时间段的重建将会导致当前模型的优化结果无效。

4.4.4.2 数据导入

SP 所需数据将用 MIMI 的标准功能从 SCR 导入。用户能够选择一次性导入所有数据，或者仅导入部分数据。可以通过数据管理功能查看和修改导入的数据。

4.4.4.3 数据管理

数据管理功能允许用户通过数据浏览窗口或者其他对话框浏览、修改和删除数据。

数据管理功能根据采购、需求、库存、生产、生产能力和配送进行分类。聚酯化纤企业不需使用的数据项将在模型中省略。

1) 采购

数据对象	描述
采购成本	原料的单位采购成本
采购周期	从确认采购订单到原料实际送达所需的时间
最大采购量	每天从某个供应商能够采购的最大原料数量

2) 需求

数据对象	描述
控制项	处理需求的特殊选项
控制项: 选项 I	指定需求等级是基于 DM 模块的输入还是基于 SP 模块中映射的客户和产品等级。根据仪征化纤的实际情况，将采用从 DM 模块输入的需求等级
控制项: 选项 II	指定早于或者晚于计划模型时间范围的需求是否需要考虑
控制项: 最小需求	定义何种等级的需求必须满足
控制项: 需求优先级	指定需求等级的优先级，优先级用于定义在生产能力有限时哪个需求必须首先满足
控制项: 可推迟订单优先级	指定那些在前一个时间段内没有满足，推迟到下一个时间段满足的需求的优先级别
需求	在每个地点预计能够销售的物料数量，包括净预测和未清订单
价格	每个产品的单位销售价格，用于计算销售利润并使之最大化
可推迟订单	定义可以推迟交货的产品/送达方/需求等级/需求类型的组合

数据对象	描述
离散最大值	对非预测需求的允许的最大销售值
离散价格	满足非预测需求的产品单位价格
替换成本	用一种产品替换另一种产品导致的成本, 例如允许一等品产品去满足合格品产品的需求。
物料等级	每种产品的需求等级分类
客户等级	每种客户的需求等级分类
需求等级映射	产品等级和客户等级对需求等级的映射, 用于决定需求满足的优先级

3) 库存

数据对象	描述
控制项: 库存等级数	定义库存层级数 Tier, 用于对超过或者低于目标的库存水平进行惩罚
初始库存	模型的起始时刻的库存水平
在途库存	正在运输过程中的库存, 以及预期的到达时间
最大库存	每个地点最大库存水平
产品类别的最大库存	每个地点每类产品最大库存水平
目标库存	每个地点每种产品的目标库存, 模型会对偏离目标库存进行惩罚
物料价值	库存物料的价值, 用于计算库存成本
库存成本系数	用于计算库存成本的库存成本系数
库存分类	每种产品所属的库存等级

4) 生产

数据对象	描述
固定生产	强制必须发生的生产, 固定生产是注定要发生的, 模型不能忽略的生产
操作映射	定义每个操作。一个操作表示根据某一个物料单, 使用某个设备生产/消耗某些物料
操作细节	允许用户以两种方式查看特定操作的生产信息。物料方式: 查看某种物料在哪里被生产/消耗, 以及详细的物料单和设备信息。生产能力方式: 查看某个设备上物料的生产/消耗, 以及生产能力消耗, 物料单等信息
物料单	执行某个操作时物料的生产/消耗以及它们之间的比例关系
物料单时效	物料单有效的时间范围
设备消耗量	执行某个操作时每生产一个单位的产品所消耗的设备小时数
操作分类	定义操作的分组, 采用相同喷丝板的操作可以分为一组, 这样组内的产品切换无需更换组件, 而不同组之间的切换需要更换组件并消耗一定时间
生产成本	除了原材料采购成本和切换成本外的单位生产成本
最小运行	执行某个操作必须的最小生产数量, 用于避免出现频繁的产品切换
最小转换时间	切换到一个新的操作所需要的切换时间
反应器和生产线的匹配	定义三厂 PET 合成单元 7, 8, 9 和 POY、FDY 等生产线之间的物理连接关系

数据对象	描述
产品集群	定义一组能够同时在一条线的同一单元上生产的产品
产品集群与线的映射	每个产品集群对应的生产线
添加剂集群	定义五厂采用相同切片和添加剂,并且能够同时在同一生产线生产的一组产品
添加剂集群与线的映射	指定每一个添加剂集群对应的生产线(应用于五厂 POY 和 FDY 的生产)

5) 生产能力

数据对象	描述
固定资源	由于固定生产导致的设备被冻结的时间,在这段时间内设备不能被优化模型分配其它生产。
操作日历	指定每个设备可用的操作时间,基于一个基本的操作日历和计划性停车
资源映射	设备和生产能力类型的映射

6) 配送

数据对象	描述
运输方式	每种物料可行的运输方式
运输成本	两地间的每个产品按照某种运输方式的运输成本
运输时间/交付周期	两地间的运输时间

4.4.4.4 计划生成

计划生成功能用于根据输入数据创建和分析一个新的计划。生产计划模型线性规划(LP)采用了 CPLEX 和 XPRESS 等优化器,并支持以下功能:

- 单纯形法
- 牛顿爬山法
- 基于 UNIX 的并行计算能力
- 完全支持混合整数规划(MIP)

在优化运算的过程中,为了获得更好的速度和质量,还运用了很多 AspenTech 在优化方面的专有技术。

用户能够通过以下参数控制优化过程:

表 4.2 优化运算控制参数

参数	描述
允许订单推迟	选择该选项,则模型允许某些产品推迟交付
允许短缺	选择该选项,则当生产能力有限时,模型允许根据订单优先级忽略一些低级别的订单
允许生产能力不足	选择该选项,则模型允许超过每个设备最大的生产能力。
要求利用最小产能	选择该选项,则模型强制必须至少消耗最小生产能力。
要求利用全部产能	选择该选项,则模型强制必须消耗全部的生产能力

忽略库存指标	选择该选项, 则模型忽略目标水平
忽略最小库存	选择该选项, 则模型忽略最小库存下限
允许替换产品	选择该选项, 则模型允许用已定义的替换产品来满足需求
时间限制	设置优化求解的时间限制(以秒为单位)

用户可以更改优化的结果。例如, 如果期望在第一个时间段生产 5000 的产品 A, 可是当前(最优)结果只计划生产 3000, 那么用户可以强制更改数据。下次生成求解结果时产品 A 就会强制在第一个时间段内生产 5000。当强制修改发生时, 优化器必须重新运行以根据修改进行更新。

4.4.4.5 计划摘要

计划摘要将提供一个综述性报表, 使得客户能够快速理解生成的计划。

摘要报告功能提供了一系列二维的报表, 按照固定格式显示计划生产的数量:

表 4.3 计划摘要

摘要报告	描述
利润摘要	收入和开支的平衡, 忽略惩罚性成本
活动摘要	每个时间段计划的总生产量
成本摘要	每个时间段计划的总成本, 包括惩罚性成本
采购摘要	每个时间段每个原料的采购数据摘要。
按工厂的生产摘要	每个物料在每个工厂的生产数量摘要
按时间段的生产摘要	每个物料在每个时间段的生产数量摘要
期末库存摘要	每个时间段每个产品的期末库存水平
按照运输方式的运输摘要	每个时间段每种运输方式下的运输数量摘要
按照工厂的运输摘要	每个时间段每个工厂的运输数量摘要
需求摘要	每个时间段每种产品的需求满足情况摘要
未满足需求摘要	每个时间段每种产品的需求未满足情况摘要
产能利用百分比	每个时间段每个设备的生产能力利用摘要。
产能消耗摘要	每个时间段每个设备用于生产什么的详细摘要
剩余产能摘要	每个时间段每个设备的剩余产能摘要

S&OP 报告将提供销售和操作计划数据的图形或者列表格式的报表。

物料平衡报表使用数据浏览窗口来显示每个时间段每个地点的物料进出平衡。包括期初和期末库存、采购、消耗、生产、运输等。

配送流程将在一个地图上显示各种物流箭头, 箭头的粗细表示配送量的多少。用户可以通过地点、物料、运输方式和时间段过滤数据。

边际供应成本报表以图形化的方式提供每个地点增加一个单位的供应所导致的平均成本增加量。

产品可获利性报表将显示根据平均的原料和生产成本确定的产品可获利性统计。

4.4.4.6 计划分析

计划分析允许用户获得计划结果的全部细节。以下大部分报表都是基于数据浏览窗口，除非特殊说明所有结构都是按照每个时间段显示。

1) 采购

报表	描述
体积	每个地点每个原材料的采购数量
价值	每个地点每个原材料的采购成本

2) 需求

报表	描述
满足的需求	按照物料和客户显示的计划满足的需求
销售收入	产品销售的销售收入
离散需求	非预测范围内的需求
推迟的订单	推迟交货的订单，按照物料和客户显示
需求不足	未满足的需求，按照产品和客户显示

3) 库存

报表	描述
期末库存	每个时间段结束时的期末库存
按类别的库存数量	每个时间段末的按照库存类别统计的总的期末库存数量
物料价值	期末库存的物料价值，通过库存数量×单位库存物料价值计算
库存成本	维护库存所消耗的成本，通过库存物料价值×库存成本系数×时间段的天数/365 计算。
高于指标	超过目标库存的库存数量
低于指标	低于目标库存的库存数量
控制图	对所选的物料和地点的库存水平的摘要，包括计划的库存、最小值、最大值和目标值。
按照等级的控制图	按照库存等级的库存水平和最大值的摘要
差异	计划库存与库存最小值，目标值，最大值之间的差异
按照等级的差异	按照库存等级统计的计划库存和最大值间的差异
周转率	库存周转率，由全年销售量/平均库存水平计算
需求覆盖范围	需求所覆盖的天数，按照库存水平除以每天的平均库存计算

4) 生产

报表	描述
数量	每个工厂生产的物料数量。(包括固定生产和模型优化的生产)
消耗	每个工厂消耗的进料数量
产品切换	预计每条生产线上的喷丝板组件切换次数

5) 生产能力

报表	描述
----	----

报表	描述
消耗	每个地点每个设备消耗的生产能力(小时)
利用率	每个地点每个设备消耗的生产能力占总生产能力的百分比
不足	超过最大生产能力的小时(仅当优化选项允许生产能力不足时)

6) 配送

报表	描述
发货	按照物料、发货点、送达点、运输方式和发货时间段显示的物料发货计划
接收	按照物料、发货点、送达点、运输方式和送达时间段显示的物料接收计划
成本	产品的运输成本

7) 产品替换

报表	描述
数量	每种产品的替换数量

4.4.4.7 情景管理器

计划过程一个非常有价值的功能就是提供多种情景的求解,可以对这些情景进行比较。情景管理器将提供以下一些功能用于情景分析:

- 情景管理
 - 所有当前的输入数据(包括任何的修改)以及其计算结果都可以保持在一个情景中,并且可以给该情景赋予一个名字和一段说明。
 - 每一个情景都可以在任何时候调出,查看所有的报告。
 - 不需要的情景可以删除。
- 情景分析
 - 所有情景都可以在一个单一的视图中进行总体的比较。
 - 可以选择图形的或者表格形式的视图比较。
 - 可以选择绝对数量或者相对数量(偏差)进行比较。
- 情景比较
 - 可以比较两个情景中的细节数据。
 - 会对两个计划中的不同处进行提示。
 - 大部分在计划分析中的报表同样可在情景分析器中显示,用以比较不同的计划间的差异。

4.4.4.8 输出

同样,计划数据也会导出到供应链数据仓库,其他 MIMI 模块或者外部报表工具可以通过该数据仓库访问这些数据。

以下基于计划的报表将输出到数据仓库中:

- 采购计划: 每个地点采购物料的数量
- 生产计划: 根据物料单和设备生产每种产品的数量
- 配送计划: 地点之间配送的物料和数量
- 受约束的预测: 被满足的需求的数量

另外, 任何其他保存在 SP 并且通过手工维护的数据也可以导出至 SCR。也可以直接从模型中将数据导出到 EXCEL 表格。

4.4.5 优化模型

本项目的计划优化模型是基于 SP CAP 的模型。

4.4.5.1 采购

采购模型将认为 PTA 和 EG 的原料数量是无限制的。每种原料有标准的单位采购价格。模型将使用一个虚拟的供应商, 以及单一的采购成本。

对于其他原料, 如添加剂、油剂和包装材料, 五厂采购的 POY 原料, 可以定义多个供应商, 每个供应商的价格、采购周期以及每个供应商提供的原料品种不同。

4.4.5.2 需求

需求可以分为未清的订单, 净预测和离散需求三种。

未清的订单代表了给客户发货的确定承诺。在仪征化纤, 当订单确定后并不直接输入到 ERP 系统中, 因此作为替代方案, 在供应链数据仓库中通过一个表格来维护订单。在优化模型中, 订单将根据发货时间要求分解到各个时间段中。

净预测是从 DM 模块获得的, 并且扣除了相应的未清订单部分的需求预测。同样, 净预测将根据发货时间的要求分解到模型的各个时间段中。

未清订单和净预测都是根据客户售达方(客户名), 客户送达方和物料(包含产品等级要求)定义的。售达方和物料可以用于确定需求等级, 当物料不足时, 高等级的需求首先被满足, 这种优先级别的设置可以由用户控制。未清订单通常比净预测拥有更高的优先权。而对于低等级客户的需求预测往往拥有最低的需求等级, 他们只有在有利可图的情况下才会被满足。

订单和净预测都可以是“可推迟的”, 这意味这它们可以推迟发货, 当然会有一定的惩罚。可推迟订单的设置可以由用户控制。通常希望推迟仅发生在订单中。

需求的建模将会考虑批号选择问题, 在后面将详细阐述。

离散需求表示那些既不是订单也不是预测中的需求, 它将用于三厂 PET 切片的生产和中空纤维产品, 也可以扩展到其他产品。

价格将根据物料和销售客户的区域确定，在价格的基础上可以确定收入。

4.4.5.3 库存

库存建模将考虑工厂仓库和配送中心（分销商）的 POY, FDY 和 DTY 的库存，添加剂，油剂和包装材料的库存（其他物料的库存将不考虑）。系统希望不为每一种物料独立设定库存限制。库存成本将根据实际库存价值和库存成本系数确定。

系统将定义库存分类，用于对一类物料的总库存设置上限。由此系统希望库存分类根据 POY、FDY 和 DTY 来定义，在每个配送中心将对这些产品家族的总量进行限制。

库存跟踪受到批号的影响，将在后面详细说明。

4.4.5.4 生产

生产过程将根据四种不同的生产类型建模。

PET 合成单元的反应器将以一个稳定的产率生产，除非停车。他们的产率将不允许降低。

PET 切片装置将 PET 熔体制造成 PET 切片，它将以一个变动的产率生产。它将主要用于平衡三厂长丝生产线和 PET 合成单元的产率。

POY 和 FDY 生产线在复杂的限制条件下生产，但是就生产计划而言，生产线的建模不考虑单元和位。由此模型假设对同一操作，一条线的生产速率等于每个位的生产速率乘以位数。额外的惩罚项将用于保证减少产品切换（尤其是喷丝板组件的切换），同时避免不相容的产品在同一条线生产。

DTY 加弹线的操作相对简单，并且切换成本可以忽略。对它们的建模采用标准的连续生产模型，每个操作独立的消耗生产能力，并且和生产产品的数量成正比。中空纤维生产线也将采用这种连续的生产模型。

生产调达时间和各个计划时间段的长度相比相对较短，所以在计划模型中将不予考虑。

4.4.5.5 生产能力

每个设备的生产能力是由一个以天为单位的日历定义的。在模型中它们将汇总成每个时间段能够进行生产的总小时数，同时会考虑固定生产所冻结的一些时间。

4.4.5.6 配送

配送是通过定义以某种运输方式（公路，水运）从工厂到配送中心（分销商）和从配送中心到客户送达方的链接来建模的（工厂和工厂仓库在同一地点）。没有间歇或者最小装载量的限制。

模型会考虑工厂和配送中心间的运输时间，并且将送达的物料量平均分配。例如，如果一个时间段是一周（7 天）的长度，一个运输过程的周期是 5 天，那么模型会假

设每次运输有 $2/7$ 的物料在本时间段内送到, 而有 $5/7$ 的物料会在下一个时间段送到。这样保证物料的平衡。

运输成本将以两地间运送单位质量 (每吨) 物料的单位运输成本表示。

4.4.5.7 产品替换

产品替换允许用另一个产品代替某一产品来满足需求。一等品物料总是可以替换合格品, 因为一个希望接收到合格品物料的客户当然也乐于接受一等品。相似的规则也应用于对等外品替代。这种类型的产品替代成本是明显的, 因为它会导致收入的降低, 并且必须受到惩罚。

相反的情况也可能出现, 一个希望获得一级品的客户也有可能同意接受合格品。在这种情况下必须对这种替换实施一定的惩罚, 至少是价格上的差异。因为客户只会支付合格品的价格。同时, 客户服务质量也会受到影响。

4.4.5.8 批号的选择性

批号在生产时被指定, 用于表示产品的一致性。不同批号的产生受设备组以及其他许多因素的影响, 比如熔体质量, 其影响是无法预测的。客户倾向于在某段时间内接受同一批号的产品。中空纤维将不考虑产品批号问题。

计划模块无法预测今后生产批号的产生。因此模型将仅仅跟踪每批物料生产的设备组, 并且通过尽力保证给同一客户的相同物料在同一设备组上生产来满足客户的选择性。设备和设备组中间存在单一的映射关系 (也就是说一个设备只能对应属于一个设备组), 这种映射关系在模型的计划周期内适用于所有产品。

对于每一个客户/产品的组合, 我们可能知道最近发货的批号, 或者在 DM 中的发货历史中无批号记录 (如果客户以前没有购买该产品)。这些信息都将从 DM 模块导入, 在 SP 模块中将这些批号和设备组相对应。

由此在 SP 中的线性规划模型将考虑:

- 工厂和配送中心的物料将跟踪其生产设备组, 由此影响库存和从工厂到配送中心的运输;
- 每个配送中心满足的订单将按照产品和期望的最佳生产设备组进行累计;
- 这些累计信息将和按照产品和实际生产设备组加合的发货数据进行比较。
- 与最佳生产设备不符的发货将进行惩罚。

4.4.5.9 生产策略和产品切换

导致喷丝板组件更换的 POY 和 FDY 生产线的产品切换成本是非常昂贵的。而其他情况下的产品切换虽然不会更换喷丝板组件, 但是也会导致生产和产品质量的波动。由此在模型中产品切换将被施加用户控制的惩罚, 从而适当避免切换。

通过相同喷丝板类型生产的产品将分为一个操作类型。模型假设每个产品只对应一个最佳的喷丝板组件，所以每个产品只能属于一个操作类型。不同操作类型间的产品切换获得的惩罚将比同一操作类型内的产品切换大。

缺省的 CAP 的模型假设产品生产时间与模型的时间段周期相比是很短的，但是在仪征化纤一个产品生产可能持续多个时间段。为此 CAP 模型必须进行适当的修改使得产品生产跨越时间段时不产生切换。

缺省的 CAP 模型不考虑两个产品可以同时在一个生产线生产的情况。模型必须进行扩展使得根据相继两个时间段的产率变化计算切换。中空纤维的切换成本将不考虑。

4.4.5.10 产品兼容性

许多产品可以单独的在一条线上生产，但是不能同时在一个单元内生产。另外，如果产品 A 和产品 B，产品 B 和产品 C 可以同时在同一单元生产，并不意味着产品 A 和产品 C 也可以在同一单元内生产。同一单元内的产品兼容性将通过“产品集群”定义，它表示可以同时在半条线(一个单元)生产的一组产品。一个产品可以出现在多个产品集群中。

在模型中时间是以离散的时间段的形式表示的。不相容的产品会安排在同一段时间内生产，因为在实际的生产中，不相容产品可以安排在同一段时间内的不同时间生产。但是，计划模块仍然应该尽量避免这种情况的出现，因为过多的不相容产品会导致调度模块无法安排生产。

线性规划模型将考虑：

- 计算每个时间段每条线上生产的不相容产品的数量
- 在目标函数中对不相容产品的数目设置用户控制的惩罚。

对于五厂的 FDY 和 POY 生产线，多个产品只有在以相同品种的 PET 切片和添加剂为原料时才能在同一条线上生产。这种产品的兼容性通过“添加剂集群”表示。一个添加剂集群代表了一组能在相同设备上生产的产品（不考虑其他约束）。LP 模型将采用与产品集群相同的方法对在某一个线上生产不兼容的产品进行惩罚。

将五厂的生产线按单元进行进一步的划分将通过与三厂模型相同的产品集群的结构来描述。某些位对新产品进行测试并不会在 SP 模块中表示。

4.4.5.11 反应器和生产线的连接

PET 熔体是在 PET 单元 7, 8, 9 的 6 个反应器中生成的，三厂的每一条生产线都仅和一个反应器相连接。

PET 物料将在物料列表中按照各个反应器复制，以表示不同反应器中的物料，例如 PET7.1, PET7.2。在物料单中 PET 物码也将相应的进行替换，从而对物料单进行基于生产线的复制。

4.4.5.12 产品的可获利性

产品的可获利性将在 SP 模块中计算，并且可以用于 IP 模块计算物料的满足率。

产品可获利性将根据产品的平均销售价格、变动生产成本以及原料的采购单价确定。模型不考虑任何固定生产成本，切换成本也不能分配到每个单独产品。

4.4.5.13 送达方和售达方

送达方客户表示客户的公司名称，在 SAP 中与订单输入和开票提单相关联。送达方客户是物料交货的具体物理位置。通常一个售达方与多个送达方相关联。

在 CAP 模型中假设每个送达方仅和一个售达方相关联，但是在仪征化纤中，一个送达方也许是多个售达方的提货点。由此模型需要进行修改：

- 从 DM 传送到的需求信息结构，需要包含售达方
- 需求等级的处理方法

4.4.5.14 LP 模型

Aspen MIMI SP 模型通过和 XPRESS-MP 和 CPLEX 等多种第三方优化器的集成，通过自己专有的建模方法把 LP 模型转换成集合和表的格式，通过运行 MIMI 模型生成命令转换成优化器可接受的数据输入表格，再通过运行优化器求解出 LP 的结果并以 MIMI SP 的各种表格形式展现和分析结果。Aspen LP 模型的结构如下：

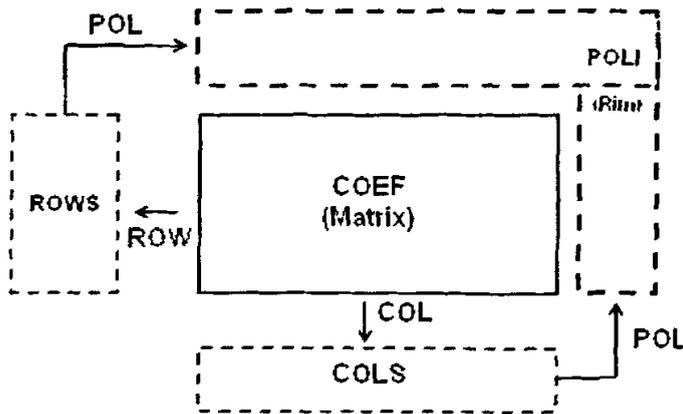


图 4.4.2 Aspen LP 模型的结构

COL: 变量名称的集合; COLS: 变量域表; ROW: 约束方程名称的集合; ROWS: 约束方程域表; POL: 策略名称的集合, 策略是指变量的最大、最小值或该变量在目标函数中的系数, 约束方程的等式关系及右手项; POLI: 策略表; COEF: 矩阵系数表, 行为 ROW 列为 POL。通过运行 MIMI 矩阵生成器 GEN 命令 COLS 生成所有决策变量的集合 MAC, ROWS 生成所有约束方程的集合 MAR, 再由 MAR、MAC、COEF、POLI 生成 MATX(矩阵系数)、POLX(变量上下限及目标函数系数)、RSHX(右手项值)、SENX(约束方程等式

符号)、TYPX(变量类型)表。这五张表为优化器的输入表,经优化器运算后的输出表为OBJX(目标函数)、COLX(变量的求解)、ROWX(约束方程的求解)。LP模型在Aspen SP中的表达方法如下图所示:

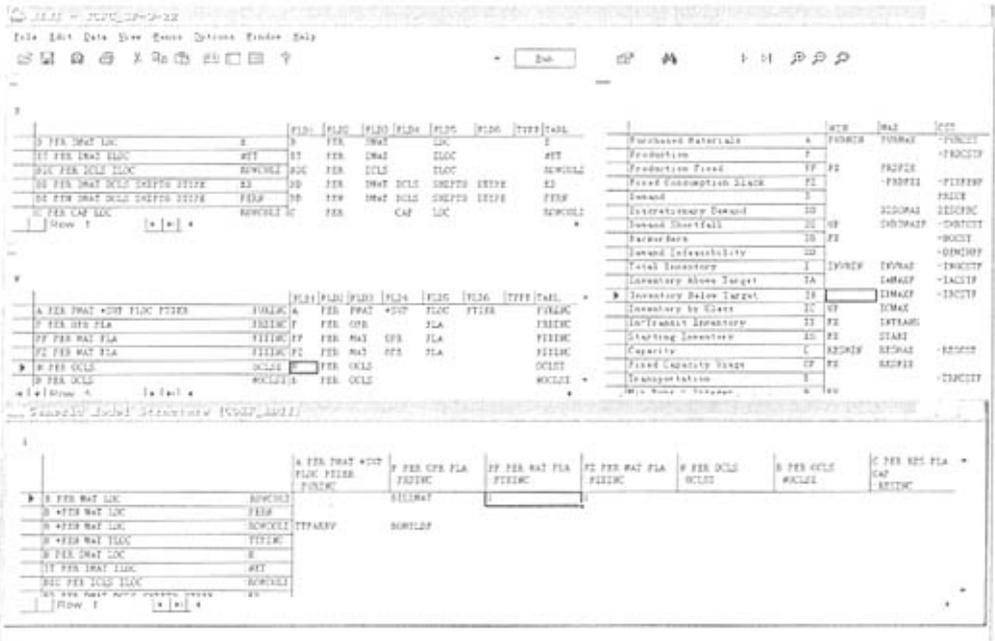


图 4.4.3 Aspen SP 中的 LP 模型

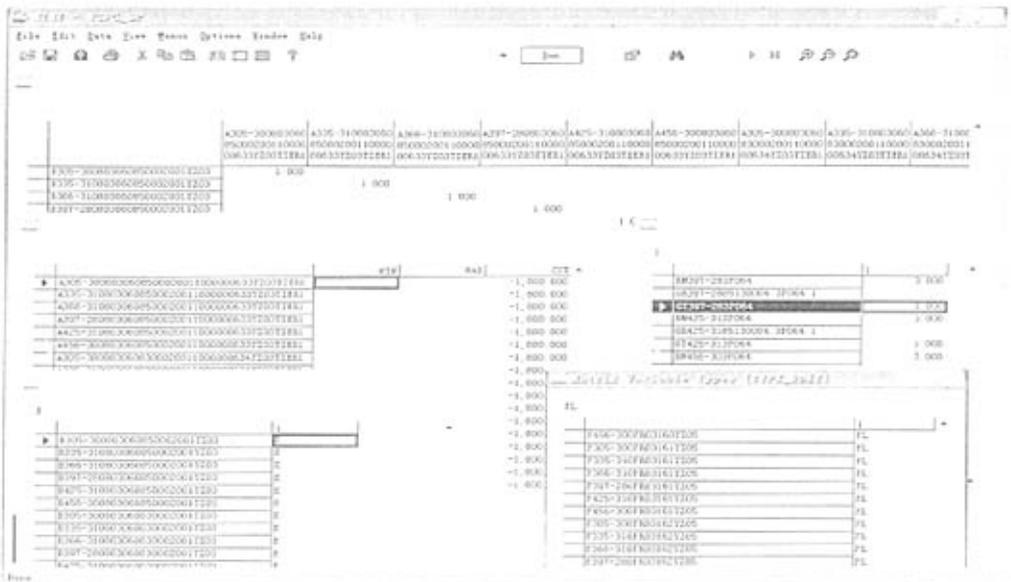


图 4.4.4 运行 GEN 命令后所得优化器输入表格

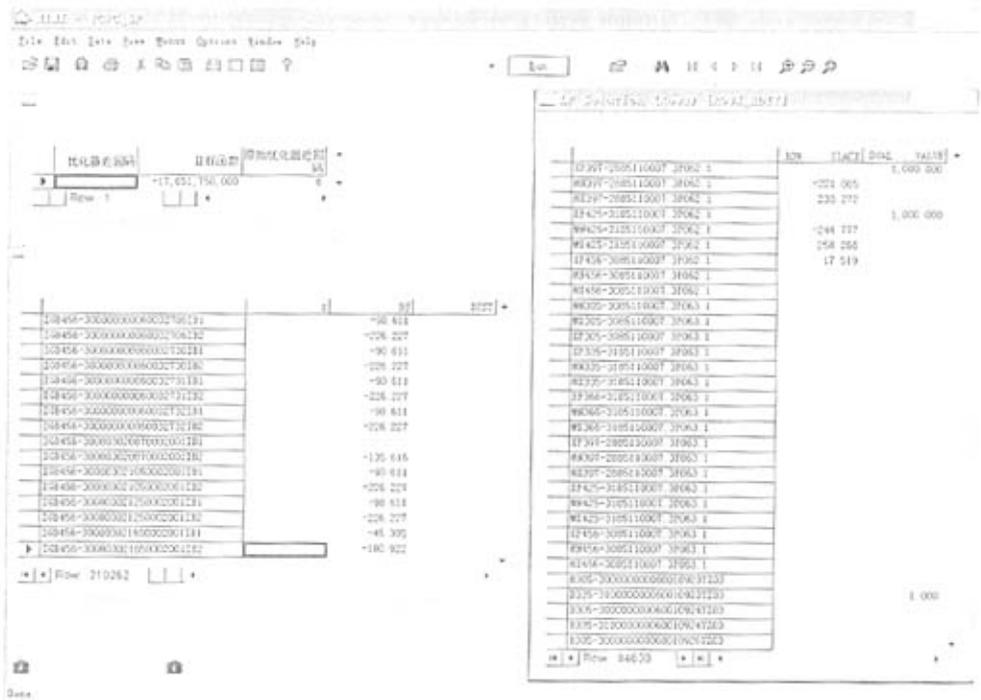


图 4.4.5 优化器运算后的输出表格

本模型所建的 MIMI LP 模型如下：

1) 变量和约束方程的域

域	符号	MIMI 集合	描述
物料	m	MAT	所有物料： 原料、中间产品和终产品
采购物料		PMAT	采购物料
库存物料		IMAT	库存物料
需求物料		DMAT	可销售的物料
替换产品		SMAT	可替代另一产品销售的物料
带批号的物料		LMAT	带批号的物料，批号含有设备号，反映生产线
地点	l	LOC	所有地点： 工厂、配送中心、客户
工厂		PLA	生产工厂
采购地点		PLOC	采购供货地点
库存地点		ILOC	库存地点
发送地点		FLOC	物料装运地点

域	符号	MIMI 集合	描述
送达地点		TLOC	物料兼而有之地点
售达地点		SHIPTO	物料售达地点
供应商	z	SUP	供应商
采购价分级	p	PTIER	对采购价格分级, 本模型只用一个虚拟的分级
操作	o	OPR	一个操作代表按照某一个物料单, 在某一个设备上生产某种产品的生产模式, 一个有效的操作就是一个物料单和一个加工路径的可行组合
物料单	b	BOMID	执行某个操作时物料的生产/消耗以及它们之间的比例关系
加工路径	r	RTGID	加工表示一种可行的产品和设备的组合
操作类型		OCLS	通过相同喷丝板类型生产的产品将分为一个操作类型
生产能力类型	c	CAP	对于仪征化纤生产能力类型只有生产设备一类
设备	f	RES	独立的生产线或机台
设备组	g	RESGRP	可生产同一批号产品的一个或多个设备。任何一个批号只能唯一对应于一个设备组。对于 POY 和 FDY 生产线通常一条生产线为一个设备组, 对于 DTY 加弹机可多台设备组成一个设备组
产品集群	k	GCL	所有能够同时在某个生产线单元(即半条线)生产的产品组成一个产品集群, 是加工路径的子集
喷丝板型号	s	SPN	加工路径间的切换时使用同一喷丝板型号比用不同喷丝板型号切换成本低
添加剂集群	a	ACL	对于五厂的 FDY 和 POY 生产线, 多个产品只有在以相同品种的 PET 切片和添加剂为原料时才能在同一条线上生产。这种产品的兼容性通过“添加剂集群”表示。一个添加剂集群代表了五厂前纺中一组能在相同设备上生产的产品
库存分类	i	ICLS	用于对一类物料的总库存设置上限。如按产品家族大类 POY、FDY 和 DTY 来限制每个配送中心的库存总量
超高目标库存分级	v	IATIER	对超过目标库存进行分级, 超过越多级数越大, 惩罚系数越大
低于目标库存分级	w	IBTIER	对低于目标库存进行分级, 低于越多级数越大, 惩罚系数越大
运输方式	x	MOD	物料的运输方式
客户	u	CUS	客户

域	符号	MIMI 集合	描述
需求等级/分类	d	DCLTY	需求等级 (ABC) 和需求类型 (订单或预测) necessary to work around limitation in number of domains for demand variables
跨时段模式	y	TTP	允许采购、生产、运输活动从开始至结束跨时段发生
时段	t	PER	模型所设时段, 周计划时段设为周, 月计划时段设为月

2) 系数和常数项

数据项	MIMI 表	描述
Period_length _t	PDUR	时段 t(天)
Integer_period _t	NMIPI	整型时段, 业务只能在同一时段内发生, 不跨时段
Transition_time _{yr}	TTPARRV	允许活动跨时段发生时活动前后时段完成的比例(比例)
Purchase_cost _{mzlp}	PURCST	在时段 t 采购级数 p 下从采购地点 l 供应商 z 采购物料 m 的成本 (元/吨)
Purchase_max _{mzlp}	PURMAX	在时段 t 采购级数 p 下从采购地点 l 供应商 z 采购物料 m 允许的最大量 (吨)
Purchase_OK _{mzlp}	PURINC	在采购成本或采购最大量的限制下, 在采购级数 p 下从采购地点 l 供应商 z 可以采购物料 m 的量 (吨)
Purchase_TTP _{mzlp}	PURINC	在采购级数 p 下从采购地点 l 供应商 z 采购物料 m 的跨时段模式
Operation_BOM _o	PRDINC	操作 o 所用的物料单
Operation_routing _o	PRDINC	操作 o 所用的加工路径
Operation_plant _o	PRDINC	操作 o 所在的工厂
Operation_class _o	PRDINC	操作 o 的操作类型, 仪征化纤模型中同 Operation_routing _o
Operation_resource _o	PRDINC	操作 o 所用的设备
Operation_spinneret _o	PRDINC	操作 o 所用的喷丝板类型
Operation_res_group _o	PRDINC	操作 o 所用的设备组
Operation_TTP _o	PRDINC	操作 o 的跨时段模式
BOM_effective _{bt}	BOMPERI	时段 t 下物料单 b 有效否
Routing_effective _{rt}	RTGPERI	时段 t 下加工路径 r 有效否
Bill_of_materials _{bm}	BILLMAT	用物料单 b 生产吨产品物料 m 的产量(原料为负值)(吨)
Capacity_required _{rc}	CAPREQ	加工路径 r 下吨产品所消耗类型为 c 的生产能力 (小时)
Resource_positions _f	NPOSPL	设备(生产线) f 的纺丝位数

数据项	MIMI 表	描述
Routing_resource _r	RTGMAP	加工路径 r 所在的设备, 源于 Capacity_required _{rc}
Routing_spinneret _r	RTGMAP	加工路径 r 所用喷丝板类型
Position_days _r	RTGDAY	加工路径 r 下在一个纺丝位下生产吨产品所用的时间(天) 公式: Capacity_required _r · Resource_Positions _r / 24, 此处 f = Routing_resource _r
Initial_routings _r	RTGINI	起始时段下加工路径 r 所占的纺丝位数
Routing_change_penalty	PENWGT	计划周期内某纺丝位上从一种加工路径切换至另一种加工路径所受的惩罚(元)
Initial_spinnerets _s	SPNINI	起始时段下喷丝板 s 所占的位数
Spinneret_change_penalty	PENWGT	计划周期内某纺丝位上从一种喷丝板类型切换至另一种喷丝板类型所受的惩罚(元)
Production_cost _o	PRDCST	吨产品生产成本 (元/吨)
Fixed_production _{mlot}	PRDFIX	时段 t 操作 o 工厂 l 物料 m 在 PS 模块定义的固定产量, 是在计划期间一定要实现的产量(吨)(负值为消耗量)
Consumption_penalty	PENWGT	固定生产量不足所受的惩罚 (元/吨)
Minimum_run _r	RUNMIN	执行加工路径 r 的操作必须的最小生产数量, 用于避免出现频繁的产品切换(吨)
Maximum_run _{rt}	RUNMAX	时段 t 下执行加工路径 r 的操作最大数量(吨), 即不超过设备最大产能限制, 公式: Period_length _t / Capacity_required _r 此处 f 是加工路径 r 所使用的设备
Class_resource _r	OCLSI	操作 r(加工路径 r)所能使用的设备
Routing_max _r	RESXMR	设备 f 上同一时间允许最多加工路径数
Routing_excess_penalty	PENWGT	计划周期内超过设备所允许最多加工路径所受的惩罚(元)
Group_cluster _{rk}	GSINC	加工路径 r 属于产品集群 K
Group_cluster_resource _k	GCINC	属于产品集群 K 的所有加工路径可利用的设备
Group_cluster_penalty	PENWGT	同一计划周期中一台设备上运行产品集群数超过 1 或者非同一集群品种数超过 1 所受的惩罚(保证不相容产品不在同一设备上生产)
Additive_cluster _r	ACINC	添加剂集群(加工路径 r 可分配或不分配添加剂集群)
Additive_cluster_penalty	PENWGT	同一计划周期中一台设备上运行添加剂集群数超过 1 所受的惩罚
Resource_max _{rt}	RESMAX	时段 t 下设备 f 最大可利用能力 (小时)

数据项	MIMI 表	描述
Resource_min _{f,t}	RESMIN	时段 t 下设备 f 最小可利用能力 (小时), 用于三厂 PET 反应器的负荷; 其他设备停车值为 0 或者满负荷运行值
Fixed_resource _{f,t}	RESFIX	时段 t 下 PS 模块定义的固定利用设备 f 的能力 (小时)
Capacity_penalty	PENWGT	超过设备最大可用能力时所受的惩罚(元/小时)
Substitution_cost _{mm'l}	SUBCOST	地点 l 下用物料 m' 替换 m 时所承担的成本或惩罚 (元/吨)
Inventory_max _{m,t}	INVMAX	时段 t 末库存地 l 可存贮物料 m 的最大库存量(吨) (值为 0 表示不限制)
Inventory_min _{m,t}	INVMIN	t 时段末期库存地 l 可存贮物料 m 的最小库存量(吨)
Starting_inventory _{ml}	START	模型起始时刻库存地 l 物料 m 的起始库存 (吨)
In_transit_inventory _{m,t}	INTRANS	时段 t 将运抵库存地 l 物料 m 的在途库存 (吨)
Inventory_OK _{ml}	INVINC	库存地 l 是否可以存贮物料 m, 由 Inventory_max _{m,t} , Inventory_min _{m,t} , Starting_inventory _{ml} , In_transit_inventory _{m,t} 算得
Inventory_value _m	INGVAL	物料 m 的库存价值 (元/吨)。利用整个时段 t 中最大的 Price _{mm} 值进行计算, 设定有下限
Cost_of_capital	CONS	生产中因占用资金所带来的机会成本 (元/元·年)
Inventory_class _m	INVCLSI	库存物料 m 所属的库存分类
Inventory_class_max _{fit}	ICMAX	库存地 l 可存贮库存分类 i 物料的最大库存量 (吨)(值为 0 表示不能存贮该类物料, 值为空表示没有限制)
Inventory_target _{mt}	INGTGT	时段 t 末物料 m 的目标库存 (吨)
Inventory_step_above	CONS	目标库存以上分级的步长 (吨)
Inventory_tiers_above	CONS	目标库存以上分级的级数
Inventory_penalty_above _v	IAPNLTY	目标库存以上 V 级物料的惩罚权重 (元/元)
Inventory_tiers_below	CONS	目标库存以下分级的级数
Inventory_penalty_below _w	IBPNLTY	目标库存以下 W 级物料的惩罚权重 (元/元)
Transport_from _{ml}	FLOCMAT W	物料 m 是否可以从位置 l 发货, 由 Purchase_OK _{mzlp} , Operation_plant _o , Operation_BOM _o , Bill_of_materials _{bm} , Inventory_OK _{ml} , Substitution_cost _{mm'l} 算得
Transport_to _{ml}	TLOCMAT W	T 物料 m 是否可以发送到地点 l, 由 Demand _{mludt} , Discretionary_demand _{m,t} , Operation_plant _o , Operation_BOM _o , Bill_of_materials _{bm} , Inventory_OK _{ml}
Transport_cost _{l'l'xt}	TRNCST	以运输方式 x 从 l 运输物料至 l' 的运输成本 (元/吨)

数据项	MIMI 表	描述
Transport_OK _{ml'x}	TRNINC	是否可以以运输方式 x 从 l 运输物料至 l', 由 Transport_cost _{l'x} , Transport_from _{ml} , Transport_to _{ml} 算得
Transport_TTP _{l'x}	TRNINC	以运输方式 x 从 l 运输物料至 l' 的跨时段模式
Demand _{mludt}	DEMMAX	时段 t 下需求地 l 的客户 u 对物料 m 有需求等级/类型 d 的需求(吨)
Price _{mt}	PRICE	时段 t 下物料 m 的售价 (元/吨)
Demand_min _{mludt}	DEMMIN	时段 t 下需求地 l 的客户 u 对物料 m 有需求等级/类型 d 的最小需求(吨), 必须满足最小需求, 而高于最小需求的需求只有在有利可图时才满足
Demand_shortfall_penalty _d	SHRTCST	需求短缺时的惩罚(元/吨), 最佳解决方案满足了最小需求但无法满足最大需求时便会出现需求短缺
Demand_infeas_penalty	PENWGT	需求不可行时的惩罚(元/吨), 需求达不到最小需求量限制
Discretionary_demand _{mlt}	DISCMAX	时段 t 需求地 l 对物料 m 的离散需求(吨)
Start_inventory_by_lot _{mg}	STARTL	设备组 g 上生产的带批号的物料 m 的起始库存(吨)
Demand_by_lot _{mg}	DEMLMAX	偏好于选择设备组 g 上生产的带批号的物料 m 的全部需求(吨)(偏好于同一个批号产品), 由 Demand _{mludt} 和批号与设备组的映射关系算得
Lot_demand_penalty	PENWGT	设备组 g 上生产的带批号的物料 m 不能满足偏好此批号的需求所受的惩罚 (元/吨)
Fixed_production_lot _{mg}	PFLFIX	时段 t 设备组 g 上 PS 模块所有带批号物料 m 的固定产量 (吨)
Disposal_penalty	PENWGT	废弃物料的惩罚 (元/吨)

3) 决策变量

Decision Variable	ID	Description, Existence, Bounds
purchase _{mzlp}	A	在时段 t 采购级数 p 下从采购地点 l 供应商 z 采购物料 m 的数量 (吨), 要满足条件 Purchase_OK _{mzlp} , purchase _{mzlp} ≤ Purchase_max _{mzlp}
production _{ot}	P	在时段 t 操作 o 的产量 (吨), 要满足条件 BOM_effective _{bt} (b = Operation_BOM _o) 和 Routing_effective _{rt} (r = Operation_routing _o)
fixed_production _{mlot}	PF	在时段 t 操作 o 工厂 l 下物料 m 的固定生产量(吨), 要满足条件 Fixed_production _{mlot} ≠ 0, fixed_production _{mlot} = Fixed_production _{mlot}

Decision Variable	ID	Description, Existence, Bounds
consumption_short _{mlot}	FZ	在时段 t 操作 o 工厂 l 下物料 m 的固定生产不足的量(吨), 要满足条件 $Fixed_production_{mlot} < 0$, $consumption_short_{mlot} \leq -Fixed_production_{mlot}$
minimum_run _{rt}	N	时段 t 操作类型 r 是否有最小生产量的限制(1 有 0 无), 要求 $Minimum_run_r > 0$, 或 $Routing_max_r > 0$ ($f = Class_resource_r$), 或 $Group_cluster_{rk}$ 或 $Additive_cluster_r$ 没有使用。整型时段下 $minimum_run_{rt} \in \{0, 1\}$, $0 \leq minimum_run_{rt} \leq 1$
capacity_use _{ft}	C	时段 t 设备 f 所使用的生产能力(小时), 要满足条件 $Resource_min_f \leq capacity_use_{ft} \leq Resource_max_f$
fixed_capacity _{ft}	CF	时段 t 设备 f 所使用的固定生产能力(小时), 要满足条件 $fixed_capacity_{ft} = Fixed_resource_{ft}$
capacity_infeasibility _{ft}	ZC	时段 t 设备 f 生产能力超出量 (小时), 当模型允许能力短缺时才可能有值
routing_excess _{ft}	RZ	时段 t 设备 f 上运行加工路径超出数, 要满足条件 $Routing_max_f > 0$
group_cluster_choice _{kt}	GC	时段 t 是否选用产品集群 k, (1 选, 0 不选) $0 \leq group_cluster_choice_{kt} \leq 1$
group_cluster_assign _{rkt}	GA	加工路径 r 在时段 t 运行并被分配到在此时段选用的产品集群 K (1 被分配, 0 没分配), 要满足条件 $Group_cluster_{rk}$, $0 \leq group_cluster_assign_{rkt} \leq 1$
group_cluster_excess _{ft}	GZ	同一计划周期中一台设备上运行产品集群数超过 1 的数量或者非同一集群品种数超过 1 的数量, 要满足条件 $f = Group_cluster_resource_k$
routing_changeover _{rt}	XR	时段 t 起始时刻切换至加工路径 r 的纺丝位数, 要满足条件 $Resource_positions_r > 0$ ($f = Routing_resource_r$)
spinneret_changeover _{fst}	XS	时段 t 起始时刻设备 f 切换至喷丝板类型 s 的纺丝位数, 仅当存在加工路径 r 且 $f = Routing_resource_r$, $s = Routing_spinneret$ 时存在
additive_cluster_run _{fat}	AN	时段 t 设备 f 上至少有一个带添加剂产品集群 a 的加工路径在运行(1 是, 0 否), 仅当存在加工路径 r 且 $f = Routing_resource_r$, $a = Additive_cluster_r$ 时存在
additive_cluster_excess _{ft}	AZ	时段 t 设备 f 上添加剂产品集群数超过 1 的数量, 仅当存在加工路径 r 且 $f = Routing_resource_r$, $Additive_cluster_r \neq "unassigned"$ 时存在
substitution _{mm'l}	SB	时段 t 地点 l 下用物料 m' 替换 m 的数量(吨), 仅当 $Substitution_cost_{mm'l}$ 有值时存在 (可能为 0)

Decision Variable	ID	Description, Existence, Bounds
$inventory_{mlt}$	I	t 时段末期地点 l 物料 m 的库存数量 (吨), 要满足条件 $Inventory_OK_{ml}$, $Inventory_min_{mlt} \leq inventory_{mlt} \leq Inventory_max_{mlt}$
$inventory_in_class_{lit}$	IC	t 时段末期库存地 l 属于库存分类 i 的物料的全部库存(吨), 仅当 $Inventory_class_max_{lit}$ 有值时存在 (可能为 0)
$starting_inventory_{mht}$	IS	t 时段期初库存地 l 物料 m 的起始库存 (吨), 仅在模型第一个时段存在, 并且要 $Starting_inventory_{ml} > 0$, $starting_inventory_{mht} = Starting_inventory_{ml}$
$inventory_in_transit_{mht}$	IX	时段 t 库存地 l 将到达物料 m 的在途库存(吨) 要满足条件 $In_transit_inventory_{mht} > 0$, $inventory_in_transit_{mht} = In_transit_inventory_{mht}$
$global_inventory_{mt}$	IG	T 时段期末所有地点库存物料的总重量(吨)
$global_inventory_above_{mvt}$	IGA	t 时段期末库存分级 v 物料 m 超过目标库存的数量(吨), $global_inventory_above_{mvt} \leq inventory_step_above$ for Inventory Tier Above v < Inventory_Tiers_Above, 否则不作限制
$global_inventory_below_{mwv}$	IGB	t 时段期末库存分级 w 物料 m 低于目标库存的数量 (吨), $global_inventory_below_{mwv} \leq Inventory_target_{mt} / Inventory_Tiers_Below$
$transport_{ml'xt}$	T	时段 t 以运输方式 x 从 l 运输物料 m 至 l' 的数量 (吨), $Transport_OK_{ml'x}$ 要存在
$demand_satisfied_{mludt}$	D	时段 t 交货位置 l 的客户 u 对物料 m 有需求等级/类型 d 的需求满足量(吨), 要求对某一时段 t', $Demand_{mludt'} > 0$
$discretionary_demand_{mht}$	DD	时段 t 交货位置 l 对物料 m 的离散需求 (吨), 要满足条件 $Discretionary_demand_{mht} > 0$, $discretionary_demand_{mht} \leq Discretionary_demand_{mht}$
$demand_shortfall_{mludt}$	DS	时段 t 交货位置 l 的客户 u 对物料 m 有需求等级/类型 d 的需求没有被满足的量(但满足了最小需求) f(吨), 要求对某一时段 t', $Demand_{mludt'} > 0$, $demand_shortfall_{mludt} \leq Demand_{mludt} - Demand_minimum_{mludt}$
$demand_infeasibility_{mludt}$	ZD	时段 t 交货位置 l 的客户 u 对物料 m 有需求等级/类型 d 的不可行的需求量 (吨), 要求 $Demand_minimum_{mludt} > 0$
$lot_inventory_{mgt}$	IL	t 时段末期设备组 g 生产的带批号的物料 m 的总库存 (吨), 要求 $Start_inventory_by_lot_{mg} > 0$ 或 $Demand_by_lot_{mgt} > 0$

Decision Variable	ID	Description, Existence, Bounds
lot_starting_inventory _{mgt}	ILS	模型起始时段期初库存中有设备组 g 生产的带批号的物料 m 总的起始库存 (吨), t 指模型起始时段, 否则值为 0, 要求 Start_inventory_by_lot _{mg} > 0, lot_starting_inventory _{mgt} = Start_inventory_by_lot _{mg}
lot_demand _{mgt}	DL	时段 t 对设备组 g 生产的带批号的物料 m 有偏好的需求 (吨), 要求在时段 t', Demand_by_lot _{mgt'} > 0
lot_demand_shortfall _{mgt}	DZ	时段 t 对设备组 g 生产的带批号的物料 m 有偏好的需求短缺的量 (吨), 要求在时段 t', Demand_by_lot _{mgt'} > 0
lot_fixed_production _{mgt}	PFL	时段 t 设备组 g 固定生产带批号的物料 m 量 F (吨) 要求 Fixed_production_lot _{mgt} > 0, lot_fixed_production _{mgt} = Fixed_production_lot _{mgt}
disposal _{mlt}	SC	时段 t 地点 l 废弃物料 m 的量(吨), 要求存在操作 o, 且 Operation_plant _o = l, Bill_of_materials _{bm} > 0 (b = Operation_BOM _o)

4) 约束方程

(1) 物料平衡 (B) : 在时段 t 地点 l, 所有物料的物料平衡 (吨)是指产出或流入的物料应当等于消耗或流出的物料。

$$\sum_{zpt} Transition_time_{y't} \cdot purchase_{mzlp'} + \sum_o Bill_of_materials_{bm} \cdot production_{ot} + \sum_{o't} Transition_time_{y't} \cdot Bill_of_materials_{b'm} \cdot production_{o't} + \sum_o fixed_production_{mlot} + consumption_shortfall_{mlt} + \sum_m substitution_{mm't} - \sum_{m'} substitution_{m'mt} - inventory_{mlt} + inventory_{mlt-1} + starting_inventory_{mlt} + inventory_in_transit_{mlt} - \sum_{r'x} transport_{ml'r'x} + \sum_{r'x'} Transition_time_{y't} \cdot transport_{ml'r'x'} - \sum_{ud} demand_satisfied_{mludt} - discretionary_demand_{mlt} - disposal_{mlt} = 0$$

操作 o 是指 Bill_of_materials_{bm} < 0, 操作 o' 是指 Bill_of_materials_{b'm} > 0, 时间转换模式 y = Purchase_TTP_{mzlp}, 物料单 b = Operation_BOM_o, 时间转换模式 y' = Operation_TTP_{o'}, 物料单 b' = Operation_BOM_{o'}, 时间转换模式 y'' = Transport_TTP_{r'l'x}.

(2) 生产能力(C) : t时段工厂 l 的设备 f 的生产能力(小时) 应等于操作所消耗的生产能力总和

$$capacity_use_f + capacity_infeasibility_f - \sum_o Capacity_required_{of} \cdot production_{ot} - fixed_capacity_f = 0$$

加工路径 r = Operation_routing_o

(3) 最小生产量 (MN) : t时段有最小生产量的限制, 操作 o 的产量要不小于操作 o 选用的加工路径 r 的最小生产量的要求, 满足操作所要求的最小生产量是为了减少切换

$$\sum_o \text{production}_{ot} - \text{Minimum_run}_r \cdot \text{minimum_run}_t \geq 0,$$

操作 o 是指 $\text{Operation_routing}_o = r$

(4) 最大生产量 (MX): t 时段下加工路径有最小生产量的限制, 操作 o 的产量要不大于操作 o 选用的加工路径 r 的最大生产量的要求, 即生产的最大数量不超过设备产能

$$\sum_o \text{production}_{ot} - \text{Maximum_run}_r \cdot \text{minimum_run}_t \leq 0$$

操作 o 是指 $\text{Operation_routing}_o = r$.

(5) 最多加工路径数 (RM): t 时段下生产线上的加工路径数不超过生产线允许的最大加工路径数, 超过生产线允许的同时生产的最多品种数将受到惩罚

$$\sum_r \text{minimum_run}_t - \text{routing_excess}_t \leq \text{Routing_max}_f$$

加工路径 r 是指 $\text{Routing_resource}_r = f$.

(6) 产品集群选用(GS): 如果一个加工路径 r 被分配至某个产品集群 k , 该产品集群 k 将必须被选用, 即 t 时段下运行的被分配至产品集群的加工路径数应不超过被选用的产品集群数。

$$\text{group_cluster_assign}_{rkt} - \text{group_cluster_choice}_{kt} \leq 0.$$

(7) 与产品集群相关的加工路径 Group Cluster Routing (GR): t 时段正在运行的加工路径 r 仅可以被分配至一个产品集群 k

$$\sum_k \text{group_cluster_assign}_{rkt} - \text{minimum_run}_t \leq 0$$

此式为松弛约束, 因为等于 0 时强制约束, 可能造成无解;

minimum_run_t 为 0, 表不生产, 被分配的产品集群总数相加为 0; 如果 N 为 1, 被分配的产品集群总数相加小于等于 1。 $\sum_k \text{group_cluster_assign}_{rkt}$ 应为整数变量, 但为避免模型整数变量太多影响求解速度而设为连续变量。

(8) 产品集群总数(GT): t 时段设备 f 上运行产品集群总数加没被分配至产品集群的加工路径数不应超过 1, 超过时将受到惩罚。

$$\sum_k \text{group_cluster_choice}_{kt} + \sum_r \text{minimum_run}_t$$

$$- \sum_{rk} \text{group_cluster_assign}_{rkt} - \text{group_cluster_excess}_t \leq 1,$$

产品集群 k 是指 $\text{Group_cluster_resource}_k = f$, 加工路径是指 $\text{Routing_resource}_r = f$

(9) 加工路径切换(XP): t 时段加工路径 r 的切换数是指在计划周期内生产出计划的产量需要在 t 时段增加的纺丝位数, 假定切换作业都是在时段的末期来进行。 t 时段的纺丝位数减上期纺丝数不超过加工路径切换的位数。

$$\sum_o \text{Position_days}_r / \text{Period_length}_t \cdot \text{production}_{ot} - \sum_o \text{Position_days}_r / \text{Period_length}_{t-1} \cdot \text{production}_{o,t-1} - \text{routing_changeover}_r \leq X_r$$

操作 o 是指 $\text{Operation_routing}_o = r$ ，模型起始时段 $X_r = \text{Initial_routings}_r$ ，否则 $X_r = 0$ 。

(10) 喷丝板切换 (XS)：时段 t 设备 f 上切换类型为 s 的喷丝板的数是指在计划周期内生产出计划的产量需要在 t 时段增加以合适类型喷丝板来生产的纺丝位数，假定切换作业都是在时段的末期来进行。 t 时段的纺丝位数减上期纺丝数不超过喷丝板切换的位数。

$$\sum_o \text{Position_days}_r / \text{Period_length}_t \cdot \text{production}_{ot} - \sum_o \text{Position_days}_r / \text{Period_length}_{t-1} \cdot \text{production}_{o,t-1} - \text{spinneret_changeover}_{fst} \leq Y_{fst}$$

操作 o 是指 $\text{Routing_resource}_r = f$ ， $\text{Routing_spinneret}_r = s$ ($r = \text{Operation_routing}_o$)，模型起始时段 $Y_{fst} = \text{Initial_spinnerets}_{fst}$ ，否则 $Y_{fst} = 0$ 。

(11) 添加剂集群(AC)： t 时段下如果一个被分配添加剂集群 a 的加工路径 r 运行，则该添加剂集群 a 也在运行。

$$\text{minimum_run}_r - \text{additive_cluster_run}_{fat} \leq 0$$

$$f = \text{Routing_resource}_r, a = \text{Additive_cluster}_r$$

(12) 添加剂集群总数 (AT)： t 时段设备 f 上运行添加剂集群总数不应超过 1，超过时将受到惩罚。

$$\sum_a \text{additive_cluster_run}_{fat} - \text{additive_cluster_excess}_t \leq 1$$

(13) 分类的库存(BIC)： t 时段库存地 l 在属于库存分类 i 的物料 m 有最大库存量限制下，所有物料 m 的总库存应等于库存分类 i 的库存(吨)。

$$\sum_m \text{inventory}_{mlt} - \text{inventory_in_class}_{it} = 0$$

物料 m 是指 $\text{inventory_class}_m = i$ 。

(14) 库存总量 (IGR)： t 时段所有物料 m 的总库存应等于所有库存地的总库存。

$$\sum_l \text{inventory}_{mlt} - \text{global_inventory}_{mt} = 0$$

(15) 目标库存(IGT)： t 时段物料 m 的总库存应当等于目标库存，超过和低于目标库存的库存都将受到惩罚(吨)。

$$\text{global_inventory}_{mt} - \sum_v \text{global_inventory_above}_{mvt} + \sum_w \text{global_inventory_below}_{mwt} = \text{Inventory_target}_{mt}$$

(16) 需求平衡 (BD)： t 时段交货位置 l 对物料 m 有需求等级/类型 d 的需求应等于可被满足的需求，短缺的需求和不可行的需求将受到惩罚(吨)。

$$\text{demand_satisfied}_{m|udt} + \text{demand_shortfall}_{m|udt} + \text{demand_infeasibility}_{m|udt} = \text{demand}_{m|udt}$$

(17) 批号平衡(BL)：t时段设备组g上生产带批号的物料m的产量加上该物料在时段期末的库存量应当超过此时段对该批号物料的需求量

$$\sum_{o'} \text{Transition_time}_{y't} \cdot \text{Bill_of_materials}_{bm} \cdot \text{production}_{o'} + \text{lot_fixed_production}_{mgt} - \text{lot_inventory}_{mgt} + \text{lot_inventory}_{mgt-1} + \text{lot_starting_inventory}_{mgt} - \text{lot_demand}_{mgt} \geq 0$$

操作o'是指 $\text{Bill_of_materials}_{bm} > 0$ ($b = \text{Operation_BOM}_o$)，时段转换模式 $y = \text{Operation_TTP}_o$ 。

(18) 带批号物料的总库存(ILR)：t时段带批号的物料m总库存不超过物料m的总库存

$$\text{global_inventory}_{mt} - \sum_g \text{lot_inventory}_{mgt} \geq 0$$

(19) 批号需求平衡(DLR)：t时段偏好设备组g上生产带某个批号的物料m的总需求不超过偏好设备组g上生产带批号的物料m的需求，不满足对批号有偏好的需求将受到惩罚

$$\text{lot_demand}_{mgt} + \text{lot_demand_shortfall}_{mgt} \geq \text{demand_by_lot}_{mgt}$$

5) 目标函数

一个优化模型的目标函数定义了优化器在约束范围内需要最小化的数值。目标函数通常可以分为两个部分：实际的与企业资金流相关的生产成本、收入；用于限制某些不期望情况发生的惩罚性成本。仪征化纤模型中表示的实际成本和收入包括：

- 原材料采购成本
- 变动生产成本
- 喷丝板组件转换成本
- 根据不同路径确定的运输成本
- 库存成本
- 产品的销售收入

惩罚性成本包括：

- 一条线生产太多产品的惩罚性成本
- 不相容产品在一条线生产的惩罚性成本
- 库存低于目标值的惩罚性成本
- 未满足需求的惩罚性成本，按照需求等级划分
- 延迟满足需求的惩罚性成本（如果允许订单推迟）
- 提供低等级产品来满足高等级产品需求的惩罚性成本
- 未满足客户对最佳生产设备组偏好的惩罚性成本

最大化利润目标函数表示如下：

- $\sum_{mzjpt} \text{Purchase_cost}_{mzjpt} (\text{PURCST}) \cdot \text{purchase}_{mzjpt} (\text{A})$
- $\sum_{ot} \text{Production_cost}_o (\text{PRDCST}) \cdot \text{production}_{ot} (\text{P})$
- $\sum_{mlot} \text{Consumption_penalty} (\text{PENWGT}) \cdot \text{consumption_short}_{mlot} (\text{FZ})$
- $\sum_{ft} \text{Capacity_penalty} (\text{PENWGT}) \cdot \text{capacity_infeasibility}_{ft} (\text{ZC})$
- $\sum_{ft} \text{Routing_excess_penalty} (\text{PENWGT}) \cdot \text{routing_excess}_{ft} (\text{RZ})$
- $\sum_{ft} \text{Group_cluster_penalty} (\text{PENWGT}) \cdot \text{group_cluster_excess}_{ft} (\text{GZ})$
- $\sum_{rt} \text{Routing_change_penalty} (\text{PENWGT}) \cdot \text{routing_changeover}_{rt} (\text{XR})$
- $\sum_{fst} \text{Spinneret_change_penalty} (\text{PENWGT}) \cdot \text{spinneret_changeover}_{fst} (\text{XS})$
- $\sum_{ft} \text{Additive_cluster_penalty} (\text{PENWGT}) \cdot \text{additive_cluster_excess}_{ft} (\text{AZ})$
- $\sum_{mm't} \text{Substitution_cost}_{mm't} (\text{SUBCOST}) \cdot \text{substitution}_{mm't} (\text{SB})$
- $\sum_{mlt} \text{Inventory_value}_m (\text{INGVAL}) \cdot \text{Cost_of_capital} (\text{CONS}) \cdot \text{Period_length}_t (\text{PDUR}) / 365 \cdot \text{inventory}_{mlt} (\text{I})$
- $\sum_{mvt} \text{Inventory_penalty_above}_v (\text{IAPNLTY}) \cdot \text{Inventory_value}_m (\text{INGVAL}) \cdot \text{Cost_of_capital} (\text{CONS}) \cdot \text{Period_length}_t (\text{PDUR}) / 365 \cdot \text{global_inventory_above}_{mvt} (\text{IGA})$
- $\sum_{mwv} \text{Inventory_penalty_below}_w (\text{IBPNLTY}) \cdot \text{Inventory_value}_m (\text{INGVAL}) \cdot \text{Cost_of_capital} (\text{CONS}) \cdot \text{Period_length}_t (\text{PDUR}) / 365 \cdot \text{global_inventory_below}_{mwv} (\text{IGB})$
- $\sum_{ll'xt} \text{Transport_cost}_{ll'xt} (\text{TRNCST}) \cdot \text{transport}_{ll'xt} (\text{T})$
- + $\sum_{mludt} \text{Price}_{mt} (\text{PRICE}) \cdot \text{demand_satisfied}_{mludt} (\text{D})$
- + $\sum_{mlt} \text{Price}_{mt} (\text{PRICE}) \cdot \text{discretionary_demand}_{mlt} (\text{DD})$
- $\sum_{mludt} \text{Demand_shortfall_penalty}_d (\text{SHRTCST}) \cdot \text{demand_shortfall}_{mludt} (\text{DS})$
- $\sum_{mludt} \text{Demand_infeas_penalty} (\text{PENWGT}) \cdot \text{demand_infeasibility}_{mludt} (\text{ZD})$
- $\sum_{mgt} \text{Lot_demand_penalty} (\text{PENWGT}) \cdot \text{lot_demand_shortfall}_{mgt} (\text{DZ})$
- $\sum_{mlt} \text{Disposal_penalty} (\text{PENWGT}) \cdot \text{disposal}_{mlt} (\text{SC})$

经实验数据模拟运行 LP 优化器后的所得运算结果如下图：

Expense	Production	Inventory	Sales	Purchase	Transportation	Total	Profit
Revenue	12,155	13,221	16,273	18,446		60,095	10,016
Sub Total Revenue	12,155	13,221	16,273	18,446		60,095	10,016
Expenses							
Raw	-11,973	-18,422	-17,807	-16,328	-19,823	-11,247	-10,503
Prod	-868	-783	-359	-1,052	-195	-28	-3,125
Inv							
Transportation	-28	-20	-28	-34	-65	-273	-68
Production	-18	-6	-6	-6	-5	-2	-16
Inventory	-105	-141	-104	-170	-30	-9	-624
Sub Total Expenses	-12,984	-19,372	-18,994	-17,586	-18,028	-17,365	-18,627
Net Profit	-829	-6,151	-2,721	-1,140	-18,028	-17,365	-8,611

图 4.4.6 LP 运行结果

4.5 工厂调度 (PS)

4.5.1 概述

AspenTech MIMI 工厂调度模型采用了 20 种以上的调度算法(包括启发式算法)和专家系统,其中包括: JIT、ASAP、Network、Critical Path、Simulated Annealing、Genetic Algorithm、Dynamic Exchange 等,用于解决生产活动中生产顺序、时间和数量的问题。这个动态的过程包括对客户定单、需求预测、原料可用性和产出率等的反应。

PS 模型在考虑库存和生产能力后决定一系列的生产排程是否可行。因此模型决定的调度安排在满足客户需求的同时又不违背原料、能力和产品库存等方面的限制,如能力约束和牌号间的切换成本等约束条件。PS 动态地决定在各生产阶段的生产任务时间安排,并将库存和生产任务与客户定单及需求预测相联系。在决定是晚交货还是马上切换以满足客户要求时,需要充分权衡客户满意度(非量化)和切换成本,因此在调度模型建立的初期,需要进行大量的调优工作。在很多情况下,计划调度员需要在定性的决策(提高客户服务水平)和定量的决策(生产成本最小化)间作出平衡。调度模型的调度面板正是提供了大量必须的工具进行各种情况下的模拟分析,使调度员能选择出既满足客户需求又能降低生产成本的调度方案。通过 PS 的调度可以减少总体切换成本和库存持有成本。

调度模型也与 SAP 进行数据交流,优化后的调度任务(生产订单)将从调度模型下载到 SAP 中进行执行并进行生产成本统计等工作。调度模型不追踪有关生产订单如何执行的详细资料,但是需要生产执行的结果,比如当天已经完成的生产等。

4.5.2 设计范围和细节程度

模块的设计范围包括 6 个缩聚反应器, 三厂 7 条 FDY 和 13 条 POY 生产线, 五厂 4 条 FDY、9 条 POY 生产线和 98 台加弹机, 以及 2 条中空纤维生产线。三厂切片生产线用于平衡 POY、FDY 和中空纤维生产线对 PET 的需求。调度时间范围为 3 个月。

4.5.3 模型使用周期

模型运作包括三个周期: 每月, 每天和事件驱动。

每当 SP 模块生成了一个新的生产计划, 新的调度单必须基于这个计划而生成。现有调度安排将被忽略并且被新的调度安排所取代, 用以满足新计划的生产目标和最小化切换成本。

在每天的开始, 调度单将和实际生产状况和物料库存同步。包括新订单和调整后的净预测在内的需求数据将被读入。调度员识别新出现的问题(例如, 预计的库存短缺)调整调度单。

每天的任何时刻, 新的事件(包括生产波动或者未预计的短期需求)可能要求手工修改调度单。

4.5.4 调度单的表达

一个 PS 模块中的调度单是通过以下方式表达的:

- 时间: 在调度时间范围内, 事件(例如: 产品切换)是以分钟为单位表示的。库存通常以天为单位进行跟踪的。
- 物料: 每个产品的库存根据不同工厂进行跟踪, 反映初始库存, 生产, 和被满足的需求。产品同时按照等级进行跟踪, 物料短缺是通过库存负值来表示的, 同时系统会进行标识。
- 设备: 每一个 PET 反应器, FDY, POY, DTY 和中空纤维生产线都将看作一个设备。它们与一定的生产能力, 产率和计划性停车相关联。
- 活动: 一个活动是某个设备上的按照固定比例生产或者消耗某些物料的生产操作。POY 和 FDY 生产线的活动将包括附加信息, 用以表示每个位上生产何种产品。一个产品组中的不同等级产品按照固定比例同时生产。

在很多情况下, 两活动间的切换意味着与一定的时间和成本相关联的切换调整。在仪征化纤的模型中, 即使仅仅是一条线的部分位发生产品切换时, 也必须定义一个新的活动。切换过程中的调整过程将通过降低产率来表示。PS 中还把设备的空闲、停车等事件也作为一个活动显示在计划面板中。

为了在调度中得到净库存以用于 CTP 模块, PS 还把物料外购和订单需求的信息作为活动显示在计划面板中, 从而与生产活动一起算出净库存计划曲线。

4.5.5 模型功能

PS 模块所有功能都可以通过选择 MIMI 工作区的树型控件中的命令项获得:

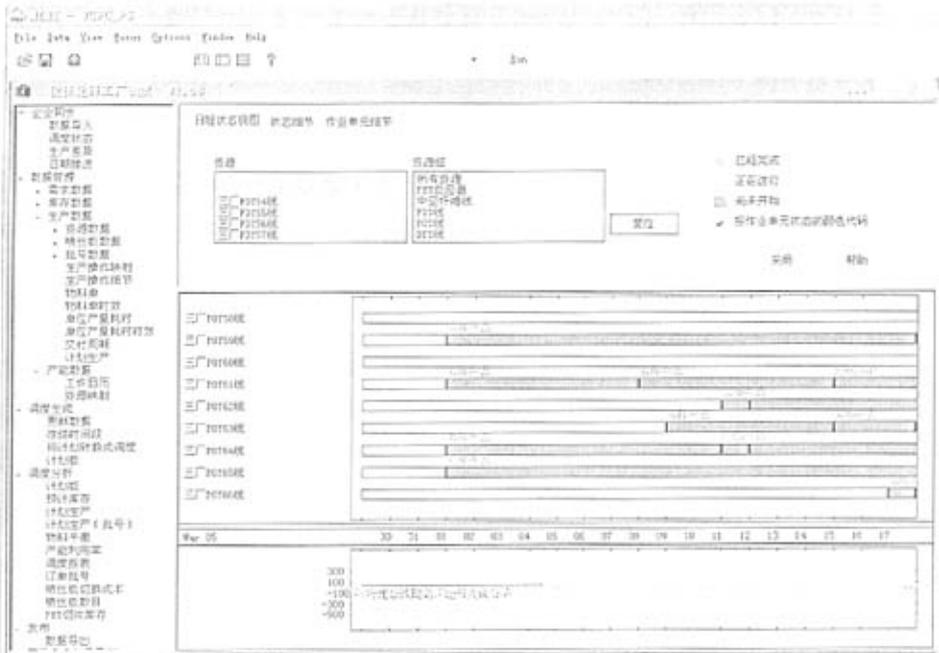


图 4.5.1 PS 模块功能菜单

4.5.4.1 企业同步

企业同步是进行模块数据更新的过程，用于和仪征化纤当前的生产状态相同步。它包括 3 个步骤：数据导入，同步生产状态和推进开始时间。

4.5.4.2 数据导入

数据将从供应链数据仓库中导入。数据导入每天进行，以保证 PS 模块和实际操作状况相一致。这个过程将通过一个夜间运行的批处理程序实现。

数据导入也可以根据用户的控制在其他时间进行，用户可以选择导入独立的几个数据项，或者静态数据或动态数据。

导入的静态数据包括：

- 物料的列表
- 产品组的列表（第五层物料组代码）
- 批次的列表
- 生产设备的列表
- 生产线单元的列表

- 生产线上的位的列表
- 喷丝板组件的列表
- 产品集群的列表
- 送达方的列表
- 客户（售达方）的列表
- 生产速率
- 生产调达时间
- 生产配方
- 喷丝板组件的切换成本
- 喷丝板组件的切换时间
- 产品和生产线的匹配关系
- 生产线和批号，产品的匹配关系
- 客户期望的每个物料的批号
- 每个产品组在每条线上使用的喷丝板组件类型
- 每个产品集群包含的产品
- 每个产品集群所对应的生产线

导入的动态数据包括：

- 初始库存
- 前一天或者前几天的实际生产情况
- 在途库存
- 安全库存
- 确定的订单
- 预测需求（包括中空纤维生产线对熔体的需求）
- 计划的停车安排
- 喷丝板组件剩余使用时间
- 更新动态数据的时间

当每月或者根据需求由 SP 模块生成新计划后，新计划可以导入 PS 模块并重建 POY 和 FDY 生产线的调度单。

4.5.4.3 生产状态

在每天导入数据之后，当前生产状态需要和调度安排进行比较。有一些生产可能

推迟运行，或者由于意外、设备停车或者非预测需求导致生产和调度安排产生偏差。

通常而言，系统假设所有的生产线将按照计划进行。一个计划面板将根据不同颜色显示活动的状态。（对于一个 POY 和 FDY 生产线，一个活动表示一段持续的没有产品切换的生产）活动的状态可以是已经完成，正在进行或者尚未开始。如果活动正在进行中，规划的结束时间定义了活动还需进行多久。

系统将提供一个报表用于比较每条线实际生产的数量和调度单安排的生产数量，并且识别有较大差异的生产线。

对于在新的调度开始时刻正在进行的的活动，调度员可以调整它们的生产状态，包括还需多久完成这些活动。系统假设这些活动的生产顺序不会变化，任何一个处于运行状态的活动意味着在它们之前的活动已经完成，而在它们之后的活动还没有开始。

4.5.4.4 时间推进

调度的开始时间会不断的向前推进以保持和企业操作的同步。新的调度开始时间往往与 ERP 系统相同。（或者为了方便起见，也可以是每天第一个班次的开始时间）调度开始时间是计划面板上显示的最早时间。

时间推进功能是由以下几个步骤组成，用户可以通过选项框管理和执行这些步骤：

- 同步生产状态：根据生产状态数据，从计划面板删除已经完成的活动。部分完成的活动可以进行适当的调整以反映调度员制定的计划完成时间。
- 推进开始时间：现有的调度单被保存，开始日期和时间向前推进。然后所有与时间相关的结构都将进行更新，重新读取保存的调度单。计划性的停车在新的调度单里得到更新。
- 处理输入数据：所有导入的动态和静态数据都将进行分析处理。
- 重新调度需求：所有订单活动都从计划面板中删除，然后基于从 ERP 系统获得的更新订单重建。
- 应用冻结时间限制：调度起始阶段的活动可以标记为固定的，这样就可以禁止对它们进行修改。可以根据设备对冻结时间的长度进行配置。

4.5.4.5 数据管理

所有从供应链数据仓库导入的或者在 MIMI 内人工维护的数据都可以通过数据浏览窗口访问。数据分为需求数据，库存数据，生产数据和生产能力数据几个组。可以对大部分 MIMI 中的数据进行修改，包括覆盖从 ERP 或者其他系统导入的数据。

4.5.4.6 调度的生成

根据如下的几种不同设备，调度单将按照不同的方法自动生成：

- PET 反应器：将自动调度，以满负荷连续生产，除非出现计划性停车。

- POY 和 FDY 生产线：由于 POY 和 FDY 生产线中产品切换和物料相容性非常复杂，这些生产线的调度必须基于 SP 模块的输出，使用一个专门为客户创建的混合整数规划模型。这个模型将在下节详细描述。
- DTY 加弹机：将根据新的需求和库存信息进行再调度，根据业务流程的需要，对这些生产线可以进行如下两种配置：当遇到新的需求时，尽量保证最小的调度单修改；或者删除所有未冻结的活动，全部重建调度单。
- 中空纤维生产线：将根据 SP 模块输出的生产计划进行调度。计划面板上将创建与生产计划相匹配的生产活动。对于这些活动将不进行排序。

PS 调度的生成是根据 CAP 预置的步骤把 SP 的月计划转换为日调度单：

- 1) 选择设备：选择要调度生产的设备。
- 2) 设置冻结活动标记：把固定生产设备上的活动冻结起来，在生成调度时这部分活动不受影响。
- 3) 删除起始时间点前的活动，第 2 步冻结的活动保留。
- 4) 运行用于 POY 和 FDY 生产线调度的混合整数规划模型。
- 5) 基于 MIP 运行结果生成 POY 和 FDY 生产线的调度活动。
- 6) 基于 SP 结果生成中空纤维生产线的调度活动。
- 7) 基于需求用 MIMI MRP 算法 (MAKE 命令) 生成 DTY 加弹机的调度活动，但要根据 SP 的结果选择具体的物料单和生产线。
- 8) 持续调度 PET 反应器，除非出现计划性停车。
- 9) 基于物料平衡生成切片生产库存报表—PET 生产出的熔体量在 POY 和 FDY 生产线消耗后的剩余作为切片的产量。

MIMI 采用三种方法创建调度活动：用 MRP 算法、手工在调度面板上创建、用 M ADDNEW 命令。MRP (MAKE) 算法是一种有效快速地解决供需平衡的常用算法。MAKE 运用 MRP 逻辑，从产成品开始首先在一定时段内平衡外部的需求与所需的产量，再根据生产工艺流程向后平衡生产各阶段物料的需求量，最后推导出原料的需求数量。它是 MIMI 离散调度算法之一，能够考虑生产批量。

4.5.4.7 调度分析

当前调度单可以在计划面板显示并且分析，将在下节进行详细描述。

针对当前的调度单可以生成多种报表，并且在数据浏览窗口中查看：

- 规划库存：该报表将按照时间片断显示每个物料的规划库存。库存数量可以以各种聚集方式显示，也可以选择不同的时间片断组合。

- 计划的生产：该报表按照物料，产品和时间片断显示计划的生产。物料，设备和产品可以以多种聚集方式显示。
- 物料平衡：该报表按照物料和时间片断显示初始库存，物料接收，消耗，生产，需求和期末库存的物料平衡。
- 生产能力利用情况：该报表按照设备，物料和时间片断显示生产能力的利用百分比，包括用于生产的时间，切换准备时间，和设备空闲时间。
- 设备表现报表：该报表显示那些没有在（针对客户和产品的）最佳设备上生产的订单。该报表给调度员提供了重新调度的机会，或者和客户协商是否能够推迟订单。
- 切换成本报表：该报表按照设备和时间片断显示喷丝板组件的切换成本。并且支持对备选的生产顺序进行情景分析。

4.5.4.8 调度交互

用户可以通过计划面板，以多种方式修改调度单：

- 删除一个活动，使所有后续的活动提前进行
- 更改活动的时间长度，推迟或者提前所有后续的生产活动
- 更改一个活动中每个位生产的产品
- 在一个选择的活动后面插入一个新的活动，新的活动的初始生产模式与选择的相同，用户可以对其进行编辑，修改每个位上生产的产品
- 在调度单中插入一个空置（无任何生产的）活动。

库存规划和调度报表，包括新的喷丝板组件更换都将随着这些修改自动更新。

4.5.4.9 调度发布

调度的数据可以用于其他系统。调度规划的生产订单可以送到 ERP 系统，并进一步发布和执行。固定生产数量可以送到 SP 模块，规划中的生产可以送到 CTP 模块。和数据导入类似，PS 模块通过供应链数据仓库和其他系统进行交互。

4.5.6 计划面板和库存曲线

在供应计划模型提供的月生产计划范围内，生产调度模型建立各生产线每日的详细调度任务。调度结果在调度面板上显示。MIMI 的计划面板是对调度单的一种交互式的图形表示方法，通常是调度员操作调度单的主要方式。它垂直的分为两个窗口：甘特图和库存规划窗口。这两个窗口共享一个代表时间的水平坐标，从当前开始时间到调度的截止时间。两个窗口间的分隔线可以上下拖动以修改每个窗口大小。

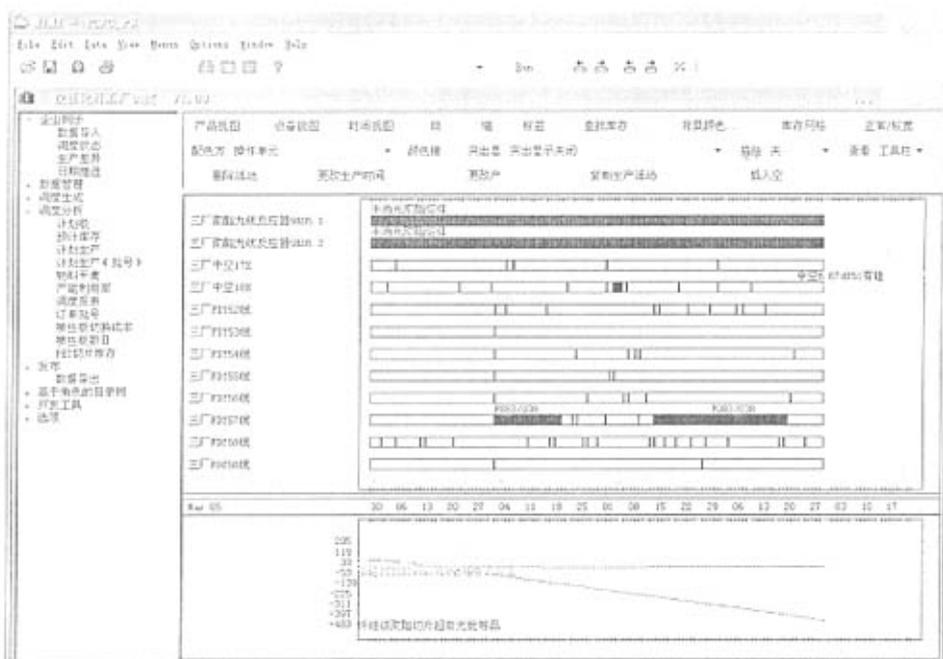


图 4.5.2 计划看板

在甘特图上每个设备显示在垂直坐标上，活动以矩形块显示在对应设备上。这些矩形块有文字标签，并且可根据不同的类型显示为不同的颜色，例如产品组，操作类型或者状态。甘特图有一个垂直滚动条使得用户可以查看所有设备。

库存规划窗口以一组线条显示物料的规划库存水平。这些线条可以根据不同产品类型显示为不同颜色。垂直滚动条允许用户查看所有物料。

用户可以通过以下特性在计划面板上对调度单进行分析：

- 设备显示：用户可以选择在计划面板显示独立的某个设备，或者预先定义的一组设备。例如，用户可以预定义只显示三厂的所有生产线。
- 时间显示：用户可以选择一些预定义的时间范围（例如，仅显示前4周），或者自行指定一段时间范围，或者指定当前所选活动前后的一段时间范围。
- 缩放：显示更高或者更低分辨率的时间尺度。
- 活动的颜色：用户可以按照物料和活动选择创建不同的活动颜色类型。
- 查找库存，用户可以选择一个特定的物料，库存规划窗口显示其规划库存，并且在甘特图中高亮显示消耗或者生产该物料的活动。
- 高亮显示：用户可以根据预设的规则高亮显示对应的活动，例如：高亮显示所有在冻结时间段内的活动，或者所有延误的订单。

- 开启/关闭跟踪: 在选择一个活动后, 用户可以跟踪所有生产该活动的进料的活
动和所有消耗该活动出料的活动。

库存标尺是一个方便的识别调度问题的方法。它以不同的颜色显示所有物料（垂直滚动）在调度时间范围（水平滚动）的库存状况。绿色表示该物料在库存限制内，黄色表示该物料低于库存下限（或者安全库存），红色表示该物料为负库存（短缺）。如果定义了最大库存，则蓝色表示超过最大库存。库存标尺显示在计划面板旁边。

4.5.7 FDY/POY 调度生成模型

一个混合整数规划（MIP）模型将用于生产基于 SP 模块输出数据的 POY 和 FDY 的最优调度。通常该模型仅当 SP 模块生成一个新的计划（固定的每月计划流程或者特殊情况下进行计划）后运行。

该模型的目的是将 SP 生产的基于线的每周/每月的生产计划转换成每天的基于位和产品组的调度安排。该转换过程将考虑 SP 模块没有考虑的约束，同时优化喷丝板组件的切换。为了最快地找到优化解，每条线的模型将被独立运行。

模型将根据生产约束限制，从计划中该时间段需要生产的产品中分配这条线上每个位每天应该生产的产品。模型会根据这些决策计算每个产品每天生产的总数，并且和 SP 模块生成的生产计划相比较，对于两者间的偏差实施一定的惩罚。

同时模型将确定每个位应该在何时进行组件切换，以及其相应的成本。由于产品切换会导致生产不稳定，这是生产所不希望的，所以对于产品切换也需要一定的惩罚。成本和惩罚将根据以下一些约束进行最小化：

- 每个线将定义一个每天能够生产的不同产品的上限
- 组件切换只能在每周的固定几天进行
- 每个位的组件使用寿命到期后必须至少发生一次组件切换
- 只有属于同一个产品集群的产品能够在同一条线的相同单元内同时生产
- 对于五厂的 POY 和 FDY 生产线，只有属于同一个添加剂集群的产品能够在同一条线的相同单元内同时生产。

FDY/POY MIP 模型如下：

1) 变量和约束方程的域

域	符号	MIMI 集合	描述
具体操作	o	OPRM	物料单和加工路径的组合，从设备能用的 OPR 取值
具体加工路径	r	RTGM	能力使用方案，从设备能用的 RTGID 中取值

域	符号	MIMI 集合	描述
喷丝板类型	s	SPNM	使用同一类型喷丝板的加工路径(产品)切换成本较低, 从设备能用的 SPN 取值
设备单元	g	GRPM	每条生产线把具有相同加工条件的连续的纺丝位做为一个设备单元, 用于限制不在同一产品集群的产品不能在同一单元生产的不同品种, 一般半条线为一个单元或整条线为一个单元
生产线	l	RESM	生产线, RES 的成员
产品集群	k	GCLM	可在同一设备单元生产的品种集合, GCL 的子集
时段	t	PER	SP 模型所用的时段-为了每个时段计划与调度的匹配
天	d	TIMM	调度模型求解以天为单位

2) 系数和常数项

数据项	MIMI 表	描述
Operation_routing _o	OPRMAP	操作 o 使用的加工路径
Group_positions _g	GRPPOS	设备单元 g 的纺丝位数
Group_line _g	GRPRES	设备单元 g 所在的生产线
Routing_spinneret _r	RTGSPN	加工路径 r 所用的喷丝板类型
Group_cluster _k	RTGGCL	加工路径所在的产品集群 k
Cluster_line _k	GCLRES	产品集群 k 所用的生产线
Isolated _r	RTGISO	不属于任何产品集群的加工路径
Day_period _d	TIMPER	以天为单位的时段
Day_length _d	TIMLEN	生产线日可使用的天数(天, 通常为 1 天)
Change_day _d	CHGTIM	在天 d 内喷丝板要切换(是或否)
Routing_limit _l	RESMXR	生产线 l 能够运行的加工路径个数
Initial_operations _{og}	INIOPR	模型起始时正在运行操作 o 的设备单元 g 的纺丝位数
Initial_spinnerets _{sg}	INISPN	模型起始时正在使用喷丝板类型 s 的操作所在设备单元 g 的纺丝位数
Target _{ot}	PRDTGT	t 时段操作 o 所要生产的计划产量(SP 的输出计划)(位·天)
Spinneret_penalty	APPDATA	纺丝位上喷丝板类型的切换所受的惩罚 (元)

数据项	MIMI 表	描述
Change_penalty	APPDATA	纺丝上同一喷丝板类型不同加工路径的切换所受的惩罚(元)
Target_penalty	APPDATA	没生产出计划的数量所受的惩罚 (元/天)
Day_scale _d	TIMSCL	随着时间的推进惩罚权重的系数越来越小, 为了鼓励惩罚事件越晚发生越好 (元/元)
Period_scale _t	PERSCL	时段的第一天 Day_scale, 即第一天的惩罚权重的系数(元/元)

3) 决策变量

决策变量	ID	描述, 存在性, 界限
operation_count _{ogd}	ON	d 天设备单元 g 上运行的操作 o 的纺丝位数 $\leq \text{group_positions}_g$, 整型变量, 要求 $\text{Target}_{ot} > 0 (t = \text{Day_period}_d)$
routing_on_group _{rgd}	RG	d 天是否在设备单元 g 的纺丝位上运行的加工路径 r (1 是, 0 否), 初始分支可能为二进制, 要求 $\text{Target}_{ot} > 0$, 操作 o 是指 $r = \text{Operation_routing}_o$, $t = \text{Day_period}_d$
routing_on_line _{rd}	RL	d 天是否在纺丝位上运行的加工路径 r (1 是, 0 否), 要求 $\text{Target}_{ot} > 0$, 操作 o 是指 $r = \text{Operation_routing}_o$, $t = \text{Day_period}_d$
operation_changes _{ogd}	OC	d 天开始时设备单元 g 上切换到操作 o 的纺丝位数, 要求 $\text{Target}_{ot} > 0$ for $t = \text{Day_period}_d$
spinneret_changes _{sgd}	SC	d 天开始时设备单元 g 上切换到喷丝板类型 s 的纺丝位数, 要求 Change_day_d 和 $\text{Target}_{ot} > 0$, o 是指 $s = \text{Routing_spinneret}_s$, $r = \text{Operation_routing}_o$, $t = \text{Day_period}_d$
group_cluster _{gkd}	GC	d 天设备单元 g 上选用了产品集群 k (1 是, 0 否), 要求 $\text{Target}_{ot} > 0$, $t = \text{Day_period}_d$, o 是指 $\text{Group_cluster}_{rk}$, $r = \text{Operation_routing}_o$
shortfall _{ot}	OZ	t 时段操作 o 花费的时间低于计划时间值(位·天), 要求 $\text{Target}_{ot} > 0$

4) 约束方程

(1) 操作总数 (OT) : d 天设备单元 g 上的纺丝位数不超过设备单元的可用位数

$$\sum_o \text{operation_count}_{ogd} [\text{ON}] \leq \text{Group_positions}_g. [\text{GRPPOS}]$$

(2) 设备单元上的生产(MG): d 天设备单元 g 上一个操作正在使用的加工路径 r 会在设备单元所有纺丝位上运行

$$\text{Group_positions}_g \cdot [\text{GRPPOS}] \text{routing_on_group}_{rgd} [\text{RG}] \geq \sum_o \text{operation_count}_{ogd} [\text{ON}]$$

操作 o 是指 $\text{Operation_routing}_o = r$.

(3) 生产线上的生产(ML): d 天在设备单元 g 上运行的路径 r 必在设备单元所在生产线上运行

$$\text{routing_on_line}_{rd} [\text{RL}] \geq \text{routing_on_group}_{rgd} [\text{RG}]$$

(4) 最多加工路径数 (RM): 每条线每天能生产品种最大数

$$\sum_r \text{routing_on_line}_{rd} [\text{RL}] \leq \text{Routing_limit}_t [\text{REMXR}]$$

(5) 操作切换(OX): d 天设备单元 g 操作 o 的切换数不少于在本时段运行操作 o 的纺丝位数减上一时段运行操作 o 的纺丝位数

$$\text{operation_changes}_{ogd} [\text{OC}] \geq \text{operation_count}_{ogd} [\text{ON}] - \text{operation_count}_{ogd-1} [\text{ON}]$$

模型初始时段 $\text{operation_count}_{ogd}$ 将被 $\text{Initial_operations}_{og}$ 替代。

(6) 喷丝板切换(SX): d 天设备单元 g 喷丝板类型 s 的切换数不少于在本时段运行喷丝板类型 s 的纺丝位数减上一时段运行喷丝板类型 s 的纺丝位数

$$\text{spinneret_changes}_{sgd} [\text{SC}] \geq \sum_o \text{operation_count}_{ogd} - \sum_o \text{operation_count}_{ogd-1}$$

操作 o 是指 $\text{Spinneret_type}_r = s (r = \text{Operation_routing}_o)$

模型初始时段 $\sum_o \text{operation_count}_{ogd-1}$ 将被 $\text{Initial_spinnerets}_{sg}$ 替代。

* (7) 产品集群中的加工路径 (CR): 产品集群 k 应当被选用, k 中的加工路径 r 才能运行

$$\text{routing_on_group}_{rgd} [\text{RG}] \leq \sum_k \text{group_cluster}_{gkd} [\text{GC}]$$

k 是指 $\text{Group_cluster}_{rk}$.

(8) 设备单元限制 (GL): 同一单元上的位只能生产同一产品集群中的品种或一次只能生产一个品种

$$\sum_k \text{group_cluster}_{gkd} + \sum_r \text{routing_on_group}_{rgd} \leq 1$$

加工路径 r 是指 Isolated_r .

(9) 目标产量 (TR): t 时段操作 o 的产量应当至少等于目标产量(计划产量)

$$\sum_{gd} \text{Day_length}_d [\text{TIMLEN}] \cdot \text{operation_count}_{ogd} [\text{ON}] + \text{shortfall}_{ot} [\text{OZ}] \geq \text{Target}_{ot} [\text{PRDTGT}]$$

d 是指 $\text{Day_period}_d = t$.

5) 目标函数

最小化切换成本和目标产量不足所受的惩罚:

$$\begin{aligned} & \Sigma_{sgd} \text{Day_scale}_d \cdot \text{Spinneret_penalty} \cdot \text{Spinneret_changes}_{sgd} \\ & + \Sigma_{ogd} \text{Day_scale}_d \cdot \text{Change_penalty} \cdot \text{Operation_changes}_{ogd} \\ & + \Sigma_{\alpha} \text{Period_scale}_t \cdot \text{Target_penalty} \cdot \text{Shortfall}_{\alpha} \end{aligned}$$

4.6 客户承诺能力 (CTP)

4.6.1 概述

客户承诺能力 (CTP) 模型考虑有限的生产能力, 按客户和定单的优先级对库存和能力作出分配。通过库存和能力分配的再优化, CTP 模型将需求的变化或新定单作为一个利润机会。

客户承诺模型的目标是当每次有客户定单时, 优化库存的分配和能力的分配(对于未生产的产品)。这样可以主动地对客户的定单作出如何处理的决定而不是被动地接受抱怨。承诺模型可以根据已接收的定单和各时期的净预测对各客户事先进行库存和能力分配。

CTP 模型必须建立与 SAP SD 模块的接口, 而且是实时的接口。SAP SD 必须支持输入客户要求的发货日期和 CTP 模型给出的承诺日期, CTP 承诺后最终的库存分配在 SAP 中完成。MIMI CTP 负责保证有足够的产品来满足销售承诺和库存分配。

客户服务人员使用客户承诺能力 (CTP) 模块, 以用于确定在现有的生产调度下客户的订单是否能够满足。该模块将提供以下功能:

- 对产品的可获得性、预测、分配和订单接受的权利进行多用户查询
- 基于网页的数据访问接口
- 包括工厂和配送中心在内的配送网络表达, 用于查询是否有备选的物料来源
- 预留功能, 确保一定数目的产品只能被承诺一次
- 根据客户等级设定的预测时间保护范围和数量保护阈值
- 对承诺能力的分析和报表。

4.6.2 体系结构

CTP 的主要组成部分包括:

- WebLogic 应用服务器
- Oracle 数据库
- 客户承诺能力业务逻辑的 MIMI 案例
- 客户承诺能力控制的 MIMI 案例

WebLogic 应用服务器生成一个基于网页的前端, 该前端可以通过 Internet 由客户服务人员在远程访问。所有用户功能, 包括一些管理设置功能都可以通过该前端获得。

Oracle 数据库保存 WebLogic 服务器需要的数据, 包括 CTP 用户, 用户组, 产品, 客户, 地点, 未完成订单和当前用户提交的查询等信息。

业务逻辑模块在后台运行, 由 WebLogic 应用服务器控制。该模块包含了一个 LP 模型用于确认或者拒绝一个客户对某个产品的查询。

控制模块允许管理员设置不同的参数, 由此控制和改变业务逻辑模块的操作, 并且建立业务逻辑模块需要的一些数据。

4.6.3 模型使用周期

CTP 模块将以天为周期运行。每天晚上一个自动的批处理进程会在选定的时间运行, 这个时间要确保 ERP 系统已经更新, 并且每天从 ERP 到供应链数据仓库的同步也已经完成。业务逻辑模块将根据实时的调度信息, 当前库存, 确定订单和预测进行更新。所有前一天的没有转变成正式订单的预留将会被清除。控制模块在前一天的设置将会被导入并且控制业务逻辑模块。

在工作时间内, 客户服务人员将通过专门的方式访问系统以对客户的查询进行反应。如果客户需要对产品的可获得性有一个大致了解, 客户服务人员可以得到一份关于该产品的可获得性及被确认部分的图表或报表。

如果客户希望加入一个订单, 客户服务人员将会输入一个查询以确认是否在客户要求的日期有足够的物料, 或者物料到位的最早日期。他可以查询发送比要求等级高或者低的产品是否可行。

如果查询以“预留”选项提交并且物料也是可获得的, 则这些物料将为客户预留下来, 并且生成一个确定的订单。由于系统在发货前不会保存订单, 这些订单将保存在供应链数据仓库。

客户可能希望修改订单, 比如变更发货时间, 数量或者干脆取消订单。在这种情况下, 客户服务代表将提交一个订单修改单。如果数量增加或者发货时间提前, 系统必须进行检查以确定修改后的订单是否能够满足。成功的变更将保存在 SCR 中。

最终客户服务人员能够获得一个对所选客户的综合报表, 显示控制系统执行过程的各个参数的值, 或者显示该客户确定的订单的摘要信息。

客户服务人员的查询将自动在系统中排序, 所以多用户可同时进行查询, 每个客户服务人员可以独立的工作。(对同一产品的需求竞争将根据先来先保留的原则解决)

管理员可以在任何时间访问基于网页的系统, 他可以创建, 修改或者删除 CTP 用户, 用户组, 还可以设置访问权限和修改密码。

管理员可以在 MIMI 中运行控制模块, 设置参数以改变控制, 这些变更将在夜间

自动运行批处理进程后生效。(事实上这些进程可以在任何时间运行,但是必须保证所有用户都已经退出系统)

4.6.4 模型功能

本节描述用户通过网页界面能够获得的功能。每一个显示页面都有在线帮助信息。

4.6.4.1 登陆

通过键入相应的 URL 网址,用户可以进入登陆 CTP 页面。用户将要求输入用户名和密码,用户也可以在另一个独立的页面修改密码。一旦登陆结束,系统可能会要求用户选择一个业务单位。当前假设定义了两个业务单位,因为存在两个销售科,分别负责 POY, FDY 和 DTY (由管理员配置)。如果该用户与唯一的业务单位关联,系统不会提醒,而是自动选择。

4.6.4.2 主页

选择业务单元后,CTP 的主页将显示出来,包括如下四个选项:

- 产品可获得性报表
- 录入一个新订单
- 查看或者修改现有订单
- 客户信息

选择一个功能选项将显示一个新的页面,下面几节将详细说明。

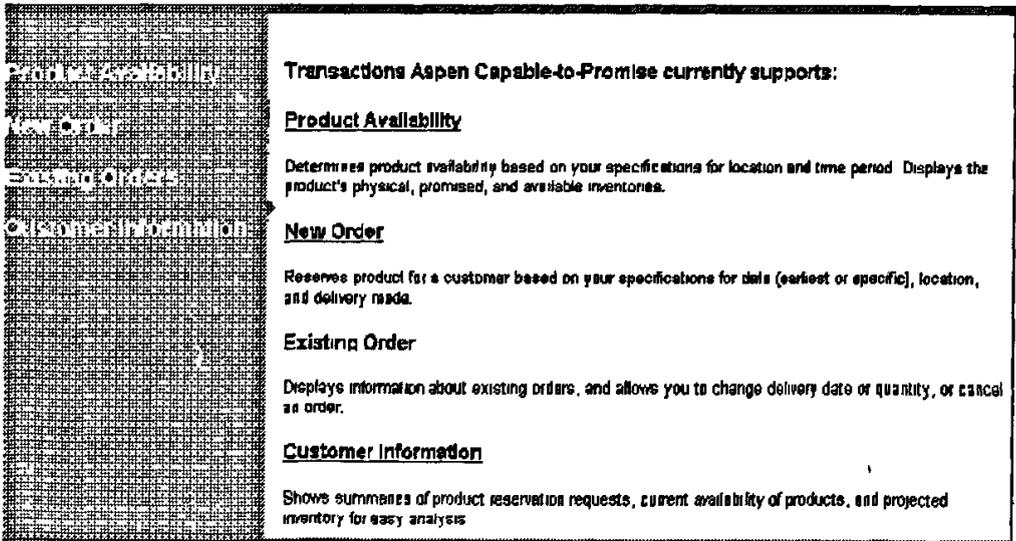


图 4.6.1 CTP 主页

4.6.4.3 检查产品可获得性

第一个页面显示选择希望查看的产品和地点。产品可以通过产品名或者 SAP 物码查询。如果有多个符合查询的选项，系统提示用户选择一个。如果没有符合的结果，用户必须更改后重新查询。用户也可以列出所有产品，选择其中的一个。

当选择了一个产品后，将出现一个能够生产该产品的所有设备组的列表。如果用户从中选择了一个设备组，系统将仅显示在该特定设备组上生产的该产品。否则，系统将显示在所有设备上生产的该产品。

地点是通过一个库存地点列表选择的。

系统会提示用户选择表格方式还是图形方式显示。

表格方式将以天为单位显示定义的时间范围的如下信息：

- 该地点的调度规划中的生产（如果是配送中心，则为 0）
- 调度规划中的发往其他工厂或者仓库的发货计划
- 调度规划中的对工厂发出的货物的接收
- 调度规划中的给客户的发货
- 每天结束时的规划库存
- 库存中已经确认用于满足客户订单的部分。
- 尚未分配给客户需求的库存

图形方式将以图表的形式显示相同的信息。

4.6.4.4 录入新订单

第一页允许用户选择一个送达方客户。采用与产品相同的选择方式。

一旦选择了某个客户，系统将要求用户定义新订单，包括：产品，批号（从有效的批号列表中选择），数量，发货选项，日期，发货地点。

发货选项将定义该物料是否必须完全生产出来后一次发货还是可以多批发货（允许在发货日期前多批送出部分物料）。选项还包括如果整个订单不能完全满足，系统是否需要返回能够满足的最大产品数量。

日期可以是发货日期或者送达日期，用户可以指定一个特定的日期，或者在该特定日期前能够获得的最早日期。

如果用户选择了预留选项，如果该订单的物料能够满足，系统将自动将这部分物料保留给该客户。相应的订单将会在供应链数据仓库中创建。如果该订单无法满足，系统将报告“失败，无法满足”。

如果预留选项没有选择，系统将报告成功或者失败，但是并不为客户预留物料，新订单也不会生成。

4.6.4.5 显示和修改订单

第一页将允许用户选择一个特定客户的订单。选择方式和放置新订单的方式相同。系统将提示用户从符合要求的订单中选择一个显示。

一旦订单被选择，订单的所有细节都将显示，包括：

- 订单号
- 订单状态
- 客户
- 产品
- 批号
- 要求的数量
- 要求的日期
- 要求的发货地点
- 允许的延误时间
- 运行的数量不足

用户可以修改订单日期，数量或者取消订单。在前两种情况下，系统必须检查物料的可获得性，并返回操作成功或者失败。如果成功，订单数据将根据要求更改，否则订单不会更改。

4.6.4.6 显示客户信息

第一页将要求用户选择一个客户，选择方式和前述相同。

一旦客户被选择，系统将显示该客户的所有细节和参数，以及每月分配给该客户的产品细节信息。

这些统计信息包括：

- 客户代码和描述
- 客户分组（一个售达方客户可以有多个送达方客户）
- 客户等级
- 客户分配控制参数
- 预测保护阈值（客户分配可以削减的天数）
- 数量保护阈值（当达到预测保护阈值时，不能被消除的对该客户原始分配物料的百分比）
- 最大偏差百分比（允许客户提取的偏离预测的最大百分比）

对每个产品，设备组的每月客户分配细节包括：

- 原始分配（通常和约束预测相同）
- 剩余的仍可放置订单的分配
- 已经放置了订单的分配
- 从其他客户（已经超过了它们的保护阈值）获得的分配
- 转移给其他客户的分配（只有当该客户超过其保护阈值）

4.6.5 管理功能

4.6.5.1 管理用户

用户管理可以通过网页界面实现。管理员可以通过一个 URL 地址在中访问 IE 系统，第一页要求输入管理员用户密码。

CTP 管理员主页将提供以下的用户管理选项：

- 创建用户
- 重置用户密码
- 修改用户属性
- 删除用户

一个新用户将通过设置如下属性来创建：用户名，密码，用户组，业务单位或者一组业务单位。除了用户名其他几项都可以在今后修改。

用户可以划分到一个用户组中以限制其功能。例如如果客户服务人员以外的用户想访问系统以便查看产品可获得性，必须禁止他们创建订单。业务单位限制了用户能够查看到的产品种类。

主页将提供用户组的管理功能有：创建组，修改组内用户，删除组。

4.6.5.2 CTP 参数

管理员可以通过 MIMI 的 CTP 控制模块修改 CTP 参数。当管理员打开这个模块，他将能够访问和修改：

- 分配控制（如下描述）
- 配置参数
- 无法从其他系统获得的业务逻辑模块需要的数据

以下是用于定义客户分配组的分配控制项：

- 预测保护阈值。表示每月可以释放对该客户当月的预测需求分配的日期。当到达该日期后，如果对该客户的分配没有被消耗（即没有放置订单）。则该部分分配将可以释放。在该日期前，分配不能释放。

3) 各部门沟通协调不够, 还只关心与自己相关的业务决策点, 决策过程往往相互冲突, 使供应链上的业务形聚而神不聚, 效率没有提升, 削弱了供应链系统的整体功能的发挥。因此模型的使用者和维护者必须集中, 由他们以整个供应链系统效益最大化为目标来综合和平衡各部门的经济利益。

4) 决策支持模型需要大量数据驱动, 数据的及时准确地与外界交互是系统运行成功的必要条件。在技术上通过 ASCC 接口可以实现与外围系统和模块间数据的准确交互, 并且能通过夜间的批处理程序来减轻工作量。通过模型修改锁定功能保证修改操作的唯一性。但是在业务上, 及时准确地把生产经营数据收集起来并录入至 SCR 中还是一项复杂而繁琐的工作。因此模型使用过程中往往由于数据收集的不及时或存在大量错误造成了“Garbage in, garbage out”, 影响了决策系统功能的发挥。所以企业还要加大信息化建设力度, 实施诸如实时数据库和 MES 系统, 尽可能让生产经营数据通过信息系统来提取, 以减少手工收集和录入的工作量, 避免人为出错, 同时也保证了数据的及时性。目前要保证静态数据的准确, 对 BOM 等周期变化的数据要及时跟踪修正, 对影响决策质量的关键数据一定要加强审核。

5) 决策支持系统不能对生产经营中所有的决策项进行求解, 只能关注并对生产经营活动成本影响较大的决策项进行优化。所以要综合考虑模型的规模、求解的速度以及所需输入数据量的大小来设定 LP 和 MIP 模型决策变量、约束方程, 根据经验和模型运算结果, 通过分析对偶值和影子价格来判断决策变量对目标函数的影响大小, 以不断调优模型。对目标函数和约束方程的系数设定也需不断调整优化。目前 SP 和 PS 模型都较庞大, 其中 LP 模型生成的变量数目多达 20 几万个, 约束方程达 8 万多个, 所以运算速度较长(约 4 小时), 这就影响了生产经营决策的速度, 降低了决策系统的作用, 因此今后还需继续花很多精力来优化模型。

6) 模型初步运行结果往往要比用传统预算工具计算出来的效益大的多, 这未免会引起管理决策者的质疑。造成这种结果的原因主要是: 用量化模型运算出来的结果没有考虑生产经营中所有的风险和成本, 这会虚增一块利润; 模型利用科学的决策手段对生产经营决策进行优化, 比用传统预算方法更科学, 这块利润增长是合理。因此对于模型运行人员来说, 要能够对运算结果进行合理的分析, 削除虚增利润, 推动决策者按照模型提供的合理的决策信息来改进生产经营方式, 让模型优化出的合理的效益变为现实。

7) 定量决策支持模型往往将简单的决策问题复杂化。因为对于有经验的管理人员来说, 对某些决策事项人为来决策要比系统运算来得快而且准确。这也是决策人员经常对系统进行抱怨的因素之一。通过系统来决策要有足够和准确的数据、还要有合理的数据模型, 收集数据和运行模型都是件比较费时费力的工作, 而运算出的结果还往往并不一定满意。因此使用系统的人员一定要有这样的观念, 这只是决策辅助系统,

它为决策提供了手段,尽可能帮助你实现科学决策,但不可能也没必要完全取代经验决策,毕竟生产经营中有很多决策是定性的不能定量的,如明知生产某产品亏损还是要生产来满足某些客户的需求,是为了能与该客户建立长期战略合作伙伴关系,从长远来说是可以赢利的。定量决策支持系统的优势更多地是体现在对复杂的生产经营活动的决策,如预测、运输、排产等方面。因为对于复杂活动的决策靠经验去做会很难考虑全面的、也是缺乏科学性的。

8) 当生产经营组织机构变动或者生产经营策略发生重大调整后,原先定制的一套供应链管理决策系统就不能适应新的生产经营决策需要。所以供应链管理决策支持系统在建模初始时一定要考虑到灵活性和柔性,使得要根据新的组织机构和新的生产经营策略对模型进行调整的工作量不会太大,这样才能保证模型得以长期运行。

9) DM 模型初始运行中统计预测值与客户确认的订货量差异会较大:可以针对统计预测值主动征询客户,可以弥补缺失的订单,改被动营销为主动营销;可以依据经验综合多部门信息协同预测然后手工调整以形成工作预测。通过一段时期的运行,比较不同水平下不同预测方法下所得预测值,再结合经验可以在客户-产品水平上固定预测方法,保证后面时段预测的更加准确、快速。

10) IP 模型中安全库存、经常库存、库存阈值的计算公式选用也需要通过多次运行或通过情景分析来找出规律。

11) PS 模型在决定是晚交货还是马上切换以满足客户要求时,需要充分权衡客户满意度(非量化的)和切换成本,因此在调度模型建立的初期,也需要进行大量的调优工作。在很多情况下,计划调度员需要在定性的决策(提高客户服务水平)和定量的决策(生产成本最小化)间作出平衡。可以利用调度面板提供的大量工具进行各种情况下的模拟分析,使调度员能选择出既满足客户需求又能降低生产成本的调度方案。

12) PS 模型生产同步时需要大量调整调度面板生产起始点、时间、产量,特别是生产线发生故障造成大面积停车时初始化工作量非常大,使得调度节奏跟不上实际生产变化节奏,造成大量事后调整工作,影响了 CTP 模型的正常工作。所以要用好 PS 模型,数据须及时收集整理录入,要及时根据生产实际情况调整面板上的活动,这样才能使得整套供应链决策支持系统能够平衡顺畅运行下去。

6 总结

6.1 研究成果

1) 本文综述了供应链管理相关的理论及其发展状况,并以聚酯生产企业为例以 Aspen MIMI 供应链管理系统为工具,构建了一套能够实际运作的供应链管理决策支持系统,对供应链管理决策支持系统的关键技术和主要功能进行了较详细的叙述,包括以供应链管理思想对现有业务流程进行分析以及对未来业务流程的优化设计、供应链各功能模块的模型和系统建模所运用的各种算法。

2) 本文的主要工作是将供应链管理理论在企业中进行了实际应用。仪征化纤股份有限公司是具有代表性的流程制造企业,仪征化纤供应链管理决策支持系统的项目使用了 Aspen MIMI 供应链管理系统,它能与 SAP R/3 及任何外围系统进行数据集成,特别是其所套装的 CAPs 总结了几十年的行业实践经验,代表了先进的管理思想,提供了成熟的参考模型,大大减化了开发的工作量。本文力图运用国外先进的供应链管理软件,为已经应用 ERP 系统的企业建立供应链管理决策支持系统探索出有效的途径,同时希望能为供应链管理决策支持系统的研究和应用起到借鉴作用。

3) 在技术方面,本文研究了 DM 模块所运用的预测模型、IP 模块的安全库存算法、SP 模块的 LP 建模、PS 模块的 MIP 建模及调度算法等关键技术,并就供应链管理决策支持系统在建模和实际应用中遇到的一般性问题进行了研究,有组织管理上的问题,如关键用户的选择和培训,有技术上的问题,如供应链管理决策支持系统与外围系统数据交互、模型运行时数据输入输出问题、关键决策点及实现决策的方法等。

6.2 论文创新点

本文的创新点主要体现在以下两个方面:

1) 通过消化吸收国外成熟的供应链管理决策支持理论和技术,结合国内企业生产经营的实际,构建了适合国内流程制造企业(聚酯化纤)供应链管理决策支持模型。

2) 总结和分析了供应链管理决策支持系统在实施和运行过程中的问题,并提出了解决问题的建议和措施。

6.3 需进一步研究的问题

从集成化供应链管理实施的步骤对照来看,本文所讨论的供应链管理决策支持系统模型只处于供应链管理实施的第三步—内部供应链集成。当前国内产品供应链上的

企业管理信息化水平还不足以实施第四步—外部供应链集成，更难以实现集成化供应链动态联盟。因此，无论对于供应链管理的研究者还是实施者，为了使国内的企业也能达到国外先进企业供应链管理应用的水平，后面的任务还相当艰巨，留下的研究空间也很大。

1999年，S. Selcuk Erenguc^[35]在《欧洲运筹学》杂志上提出了供应链未来研究的四个方向，值得借鉴。

1) 目前供应链中的三个阶段(供应、制造和销售)仍存在大量值得进一步深入研究的问题。很多问题只考虑单个企业内部因素，未来要在更加广阔背景下加以研究。

2) 供应链各个阶段库存管理决策的集成化方法。目前库存管理决策模型主要集中在单一阶段，或至多两个阶段，但已经看到了通过消除需求不确定和根据能力约束来协调库存管理决策带来的巨大好处。未来研究应面向三阶段能力转移和不间断物流，以及降低整条供应链成本的方法和模型。

3) 多合作伙伴供应链中的信息共享问题。特别要注意两点，其一是供应链成员间的契约协议，其二是如何引导供应链合作伙伴进行信息共享。

4) 供应链三个阶段的集成将是未来非常重要的一个研究方向。早期模型中大多假定信息流无阻不间断，而且在必要阶段和恰当时刻总是可获得的。但这个假设过于严格，随着供应链的延长和跨越国界，用于支持复杂系统有效运作的沟通和信息系统基础设施将非常必要。

就本论文而言，还需继续研究的有如下两个问题：

1) LP 和 MIP 模型中决策变量的选择和约束方程的设定方法还需进一步探讨，实现以较小的模型规模快速准确地求解出决策值。

2) 供应链管理决策支持系统中决策事项的选择问题，即在生产经营活动中决定哪些决策事项可以直接由经验来做，哪些决策事项通过定量优化模型来运算较好。

致 谢

本文能够按时顺利完成，首先要感谢的是我的导师，南京理工大学的博士生导师薛恒新教授。在他的悉心指导下，我结合了自己的工作经验选择了合适的课题，这为我顺利开展论文的研究打下了坚实的基础。在论文书写期间，他对论文内容及布局有着严格要求，甚至对其中的细节也不放过，同时还指导我解决了遇到的一个个技术难题，使我从他的言传身教中掌握了治学方法，领会了治学态度，这比我从他身上学到具体的知识要重要的多，因为这会一直影响到我今后的学习和工作。

再要感谢的是我的论文选题所在项目的 AspenTech 公司项目实施成员。他们是 AspenTech 公司顾问 Bob Hattersley、Hans Wüst、Chee KoK Wei、Betty peng、吴建昱和项目经理王凤瑞先生。正是和他们一起共同参加为期近两年的 Aspen MIMI 供应链管理项目，才使我从他们那里学到了供应链管理的理念、供应链管理决策支持系统的建模方法和系统运用的核心技术，以及学会了怎样把业务流程转换为系统流程的能力。这些知识和能力也是本文得以形成的保证，而且本文中有一些知识点也有他们的劳动成果，特此再次表示感谢。

最后还要感谢的是仪征化纤项目组成员，他们是仪化的项目经理毛锡林、成员周华、全宏、孟学明和蒋旭东，正是经与他们的共同努力，对仪征化纤长丝事业部的生产经营流程进行了优化，才保证了项目的顺利实施，其中的经验也是本论文内容的一部份。

还要感谢的是论文期间给予我很多帮助的南京理工大学经管院的其他老师及王雷、傅冬和钱学庆同学。

参考文献

- [1] 董安邦. 供应链管理的研究综述. 工业工程, 2002, 5(5): 16-20.
- [2] 马士华, 王一凡, 林勇. 供应链管理对传统制造模式的挑战. 华中理工大学学报(社会科学版), 1998(2): 65-68.
- [3] 陈国权. 供应链管理. 中国软科学, 1999. 101-104.
- [4] 陈志祥, 马士华, 陈荣秋等. 供应链管理与基于活动的成本控制策略. 工业工程与管理, 1999, (5): 32-36.
- [5] 蓝伯雄, 郑小娜, 徐心. 电子商务时代的供应链管理. 中国管理科学, 2000, 8(3): 1-7.
- [6] 黄小原, 李宝家. 供应链集成化动态模型与控制. 系统工程学报, 2001, 16(4). 2: 54-260.
- [7] Simon Croom. Supply Chain Management: an analytical framework for critical literature review. European J. of Purchasing & Supply Management, 2000(6): 67-83.
- [8] Supply-Chain Council. Supply-Chain Operations Reference-model Overview Version 7.0. <http://www.supply-chain.org/page.wv?section=SCOR+Model&name=SCOR+Model>, 2006-03.
- [9] 张莉. 供应链管理文献综述. 煤炭经济研究, 2004, 281: 45-46
- [10] 梁浩, 汤哲川, 吴启迪. 敏捷供应链管理决策支持系统的研究. <http://www.xa.cnki.net>, 2000-09 / 2001-12.
- [11] 黄河, 但斌, 刘飞. 供应链的研究现状及发展趋势. 工业工程, 2001, 4(1): 16-20.
- [12] 陈安, 刘鲁, 李刚等. 虚拟企业协作博弈中的双优策略. 系统工程理论与实践, 2000, 20(8): 11-17.
- [13] 但斌, 张旭梅, 黄河. 虚拟供应链体系结构和运作模式研究. 工业工程与管理, 2000, 5(5): 8.
- [14] 鲁晓春, 郭树东. 电子商务技术对供应链模式的影响. <http://www.xa.cnki.net>, 2001-12.
- [15] 武春友, 朱庆华, 耿勇. 绿色供应链管理与企业可持续发展. 中国软科学, 2001, (3): 67-71.
- [16] 马士华, 林勇. 供应链管理[M]. 机械工业出版社, 2002.
- [17] 周秀云, 冯俊文. 供应链管理的定量研究方法综述, 科技进步与决策, 2004(1): 141-143.
- [18] A.J.Clark, H.Scarf, optimal policies for a multi-echelon inventory problem, management Science, 6(4), 1960, 475-490.
- [19] A. M. Geoffrion, G. W. Graves, Multicommodity distribution system design by Benders' decomposition, Management Science, 20(5), 1974, 822-844.

- [20] D. J. Thomas, P. M. Griffin. Coordinated supply chain management, *European Journal of Operational Research*, 94(1), 1996, 1-15
- [21] Bhatnagar, Rohit, Chandra Pankaj, S. K. Goyal, Models for multi-plant coordination, *European Journal of Operational Research*, 67(2), 1993, 141-160.
- [22] M. A. Cohen, H. L. Lee, Manufacturing strategy: concepts and methods, in P.R.Kleindorfer, ed., *The Management of Productivity and Technology in Manufacturing*, Plenum, New York, 153-188.
- [23] M. A. Cohen, H. L. Lee, Strategic analysis of integrated production-distribution system: Models and methods. *Operations Research*, 1988, 36(2): 216-228.
- [24] M. A. Cohen, H. L. Lee, Resource deployment analysis of global manufacturing and distribution networks. *Journal of Manufacturing and Operations Management*, 1989, 55(2):81-104.
- [25] Brown G Graves, Honezarenko M. Design and operation of a multicommodity production/distribution system using primal goal decomposition. *Management Science*, 1987.33(11): 1469-1480.
- [26] Abdullah Dasci, Vedat Verter. A continuous model for distribution system. *European Journal of Operational Research*, 2001, 129(2): 287-298.
- [27] Daganzo C F. *Logistics Systems Analysis*. New York: Wiley, 1991.25-27.
- [28] 卢震, 黄小原, 栗东生. 供应链集成化动态模型与控制. *系统工程学报*, 2001, 16(4): 254-260.
- [29] 卢震, 黄小原, 栗东生. 一类供应销售条件下的供应链模型与决策应用. *系统工程方法理论应用*, 2000,9(4):289-295.
- [30] Hockey Min, Genguizhou. Supply chain modeling: past, present and future. *Computer & Industrial engineering*, 2002, 43: 231-249.
- [31] Inmon W H. 数据仓库. 王志海, 黄厚宽, 田盛丰, 等译. 机械工业出版社. 2000
- [32] Ralph Kimball, Laura Reeves. 数据仓库生命周期工具箱: 设计、开发和部署数据仓库的专家方法. 肖明, 王永红等译. 北京:电子工业出版社. 2004
- [33] 张延成. 数据仓库技术在审判智能决策系统中的应用. 机械工业出版社. 2000
- [34] Jiawei Han, Micheline Kamber. 数据挖掘概念与技术. 范明, 孟小峰等译. 机械工业出版社. 2001
- [35] Selcuk Erenguc S, Simpson N C, Asoo J Vakharia. Integrated production / distribution planning in supply chain: an invited review[J]. *European J. of Operational Research*. 1999, (115): 219-236.