

文章编号: 1001-0920(2009)11-1629-06

钢铁企业集团订单分配模型研究

刘晓冰, 王宇春

(大连理工大学 CIMS 中心, 辽宁 大连 116024)

摘要: 在集团统一销售的管理模式下, 如何将订单在多个成员企业之间进行分配是钢铁企业集团需要研究的重要问题. 为此, 在对钢铁企业集团订单分配原则进行归纳总结的基础上, 建立了以集团订单排产量最大和集团利润最大为目标的钢铁企业集团订单分配多目标优化模型; 同时结合问题的特点, 提出了模型求解的算法流程; 最后, 通过应用实例验证了模型和算法流程的可行性和有效性.

关键词: 钢铁企业集团; 订单分配; 多目标优化

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A

Study on order allocation model in steel enterprises group

LIU Xiao-bing, WANG Yu-chun

(CIMS Center, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China. Correspondent: WANG Yu-chun, E-mail: wangyuchun_001@163.com)

Abstract: Under the management pattern of group sales, how to assign all market orders to member enterprises is one of the important aspects of steel enterprises group to study. On the basis of classification and summary of the order allocation principles of steel enterprises group, a multi-objective optimization model is established to maximize the total demands of assigned orders and the overall profits of enterprises group. At the same time, based on the characteristics of the problem, the algorithm flow is proposed to attain the model solution. Finally, the application case of the model shows the feasibility and effectiveness of this model and its algorithm.

Key words: Steel enterprises group; Order allocation; Multi-objective optimization

1 引言

近年来, 为了积极应对世界钢铁企业快速整合所带来的竞争压力, 顺应世界钢铁业发展的潮流, 我国积极推进企业集团化管理战略, 推动钢铁企业之间的集团化兼并、战略性重组、区域性联盟, 提高行业集中度, 重视培育实力雄厚、竞争力强的大型企业和企业集团. 为了充分体现集团优势, 钢铁企业集团在销售上实行集团统一销售, 即集团的销售职能集中于集团总部, 由集团统一接收市场订单, 再将订单统一分配到各成员企业(生产基地).

集团对订单的合理分配是实现对企业集团资源合理利用的关键, 对集团订单分配问题的研究已成为企业集团研究的一个重要方面. 目前, 对企业集团订单分配问题的研究还很少. 向晋乾等^[1]对横向型企业集团的订单分配问题进行研究, 主要考虑了股权、资金成本、固定运营成本等因素, 建立了以集团

利润最大化为目标的集团订单分配模型. 相关领域的研究有供应链订单分配^[2-4]和多工厂生产计划^[5-9].

上述研究对钢铁企业集团订单分配有一定的借鉴意义, 但他们都以最小化成本或最大化利润为唯一优化目标. 而在钢铁企业集团实际工作中, 决策者通常需要对订单排产量和集团利润两个目标进行综合考虑. 为此, 本文在上述研究的基础上, 结合钢铁企业集团订单分配的实际, 建立了钢铁企业集团订单分配多目标优化模型, 并提出了相应的模型求解算法流程.

2 钢铁企业集团订单分配问题描述

钢铁企业集团由集团总部和分布于不同地域的多个股份公司(成员企业)组成, 各成员企业的生产流程基本相似, 一般都要经过炼铁、炼钢、连铸(模铸)、轧钢、再处理(如冷轧、退火、固熔、酸洗、修磨及

收稿日期: 2008-12-19; 修回日期: 2009-03-03.

基金项目: 国家自然科学基金项目(70572098).

作者简介: 刘晓冰(1956—), 男, 长春人, 教授, 博士生导师, 从事先进制造模式、企业信息的研究; 王宇春(1973—), 女, 沈阳人, 博士生, 从事企业信息化和 CIMS 的研究.

精整等)等工序,钢铁企业生产流程如图1所示.

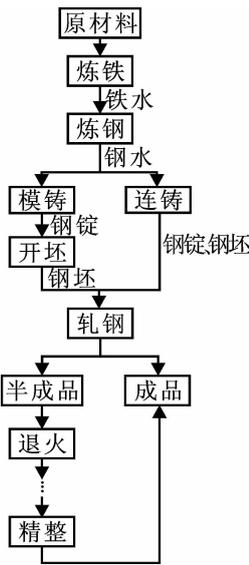


图1 钢铁企业生产流程

钢铁企业集团生产的产品中包括几个成员企业都有能力生产的共同产品,这是钢铁企业集团需要对订单进行分配的前提.集团在销售上实行集团统一销售,为此提出了集团订单分配问题.与各成员企业单面向市场、接收订单、组织生产的传统销售模式相比,集团统一销售模式实现了集团统一对外订货、统一分配订单,体现了企业集团在市场中的统一性,避免了各成员企业之间的相互竞争,提高了产品集中度,增强了企业集团的市场竞争力和抗风险能力.在集团统一销售模式下,具体的集团订单处理流程如图2所示.

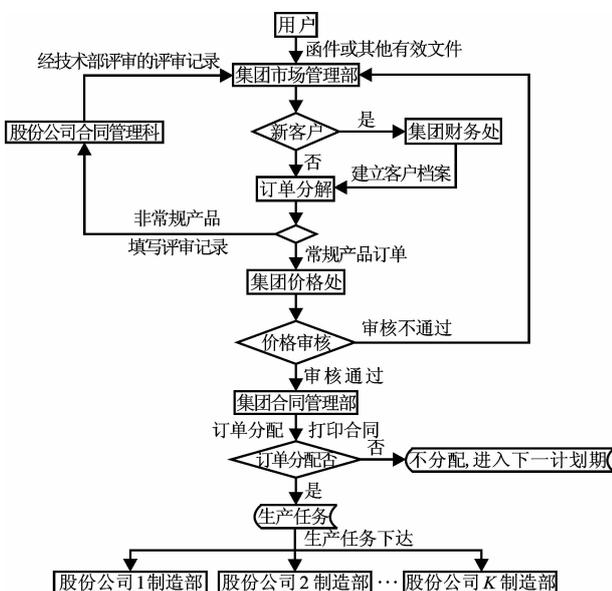


图2 集团订单处理流程

由图2可知,钢铁企业集团订单分配问题就是对计划期内的订单做出是否分配(即是否在计划期内安排生产),如果分配,分配到哪个成员企业的决

策过程.假定企业所处的内外部环境都处于正常时期,企业对任一订单都有利可图,不存在赔钱生产的情况.经过对企业的调研与分析,可得以下集团订单分配原则:

1) 在资源约束条件下,将计划期内接收到的订单合理地分配到各成员企业,使得在计划期内完成的订货数量最大(即订单排产量最大),避免订单流失,以提高客户满意度和扩大集团的市场占有率;

2) 由于生产不同的产品,企业的获利能力不同,在产品需求量大,而集团生产能力相对不足的情况下,集团要优先安排获利能力强的产品进行生产,以实现集团利润最大化;

3) 由于各成员企业所处地理位置不同、管理水平不同,以及所拥有生产线水平的差异等原因,导致各成员企业生产同样的产品,其生产时间、生产成本、运输成本等也不相同,因此集团在订单分配过程中,总是将订单分配给生产时间短、成本低的企业,其目标仍然是追求集团利润最大化;

4) 在产品订货量小,不能满负荷生产的情况下,集团还需考虑成员企业间生产任务的平衡,照顾到各成员企业的利益(这时可能还会涉及到很多社会问题、人事问题等,使订单分配问题变得更加复杂化);

5) 订单分配应兼顾客户的实际需求,客户对产品产地有特殊要求的,应予以满足;

6) 订单分配应体现订单的完整性,避免订单的拆分,即任何订单的任何一种产品需求,在计划期内都只能由某一个成员企业来完成,不允许对其进行数量上的拆分后,分配给多个成员企业进行生产.

3 集团订单分配模型建立

模型建立之前,首先假设企业为连续生产,一旦开始某个订单的某种产品就按工序连续生产,直到该订单的该种产品生产完毕,即订单生产过程不允许中断.

设在一定时期内共接到 I 个客户订单,生产的产品共有 J 个品种.产品 j 的单位(吨钢)制造成本分别为:直接材料费用、直接人工费用和制造费用3部分;期间成本也可分为:管理费用、销售费用和财务费用3部分.以上数据可由成本管理系统的统计数据获得.钢铁企业集团订单分配模型参数和变量定义如下:

$I = \{1, \dots, i, \dots, I\}$ 为计划期内接收到的订单集合; $J = \{1, \dots, j, \dots, K\}$ 为计划期内订单需求的产品集合; $K = \{1, \dots, k, \dots, K\}$ 为成员企业集合; w_{ij} 为订单 i 对产品 j 的订货量; $d_i^{(k)}$ 为成员企业 k 与订单 i 所对应的客户之间的距离; p_j 为集团提供给

产品 j 的市场价格, 假定集团提供给所有客户的产品 j 的价格相同; $c_{dmj}^{(k)}, c_{dlj}^{(k)}, c_{mfj}^{(k)}$ 分别为计划期内产品 j 在成员企业 k 生产的单位直接材料费用、直接人工费用和制造费用; $c_{mgj}^{(k)}, c_{sdj}^{(k)}, c_{laj}^{(k)}$ 分别为计划期内产品 j 在成员企业 k 生产的单位管理费用、销售费用和财务费用; $C_{Mj}^{(k)} = c_{dmj}^{(k)} + c_{dlj}^{(k)} + c_{mfj}^{(k)}$ 分别为计划期内产品 j 在成员企业 k 生产的单位制造成本; $C_{Pj}^{(k)} = c_{mgj}^{(k)} + c_{sdj}^{(k)} + c_{laj}^{(k)}$ 为计划期内产品 j 在成员企业 k 生产的单位期间成本; C 为计划期内集团可用资本水平; $\gamma_{jl}^{(k)}$ 为计划期内成员企业 k 生产产品 j 需要关键作业中心 l 的单位标准工时; $H_l^{(k)}$ 为成员企业 k 的关键作业中心 l 在计划期内的可用能力工时; λ_j 为计划期内产品 j 单位重量单位距离的运输成本, 假定产品 j 的运输成本只与重量和距离有关; β_i 为订单 i 的单位数量单位价值产品的拖期惩罚因子。

$$a_{ij}^{(k)} = \begin{cases} 1, & \text{若计划期内订单 } i \text{ 中产品 } j \\ & \text{可在成员企业 } k \text{ 生产;} \\ 0, & \text{其他。} \end{cases}$$

$a_{ij}^{(k)}$ 的作用是淘汰掉不能生产订单 i 中产品 j 的企业, 这种企业不参与订单 i 中产品 j 的分配, 这样便缩小了分配对象集。 k 企业不参与订单 i 中产品 j 的分配有两种情况: 一是 k 企业不具有生产产品 j 的能力; 二是根据订单分配原则 5), 订单 i 对产品 j 的产地有要求, 而要求的产地不是 k 企业。

定义决策变量

$$x_{ij}^{(k)} = \begin{cases} 1, & \text{若订单 } i \text{ 中产品 } j \text{ 分配在企业 } k \text{ 生产;} \\ 0, & \text{其他。} \end{cases}$$

根据订单分配原则 1), 以订单排产量(分配订单的订货数量之和) 最大为目标, 建立目标函数

$$\max Z_1 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \omega_{ij} a_{ij}^{(k)} x_{ij}^{(k)}. \quad (1)$$

根据订单分配原则 2) 和 3), 以集团利润最大为目标, 建立目标函数

$$\begin{aligned} \max Z_2 = & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K p_j \omega_{ij} a_{ij}^{(k)} x_{ij}^{(k)} - \\ & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (C_{Mj}^{(k)} + C_{Pj}^{(k)}) \omega_{ij} a_{ij}^{(k)} x_{ij}^{(k)} - \\ & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \lambda_j \omega_{ij} d_i^{(k)} a_{ij}^{(k)} x_{ij}^{(k)} - \\ & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \beta_i p_j \omega_{ij} (1 - \sum_{k=1}^K a_{ij}^{(k)} x_{ij}^{(k)}). \quad (2) \end{aligned}$$

根据订单分配原则 6), 建立订单完整性约束

$$\sum_{k=1}^K x_{ij}^{(k)} \leq 1, \quad \forall i, j; \quad (3)$$

关键作业中心能力约束

$$0 \leq \sum_{j=1}^J \gamma_{jl}^{(k)} \sum_{i=1}^I \omega_{ij} x_{ij}^{(k)} \leq H_l^{(k)}, \quad \forall k, l; \quad (4)$$

可用资本水平约束

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (C_{Mj}^{(k)} + C_{Pj}^{(k)}) \omega_{ij} a_{ij}^{(k)} x_{ij}^{(k)} + \\ & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \lambda_j \omega_{ij} d_i^{(k)} a_{ij}^{(k)} x_{ij}^{(k)} \leq C. \quad (5) \end{aligned}$$

订单分配原则 4) 是一个涉及面广、非常复杂的问题, 在此对涉及的各种因素不予考虑, 只对最后产生的结果进行简化。 因此问题可简化为: 当订货量小于集团生产能力时, 每个成员企业分配到的任务量不小于给定的最低排产量 $\omega^{(k)}$, 其具体数值由集团决策者确定, 因此建立最低排产量约束为

$$\omega^{(k)} \leq \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \omega_{ij} x_{ij}^{(k)}, \quad \forall k; \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^K \omega^{(k)} \leq \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \omega_{ij} x_{ij}^{(k)}; \quad (7)$$

决策变量约束为

$$x_{ij}^{(k)} = 0 \text{ or } 1. \quad (8)$$

4 模型求解

该集团订单分配模型有两个目标函数, 属于多目标规划模型, 多目标问题属于 NP-hard 问题。 多目标问题的目标就是找到一个多个目标函数之间的最优均衡解。 对于实际应用问题, 必须根据对问题的了解程度和决策人员的个人偏好, 从多目标优化问题的 Pareto 解集中选一个或若干个解作为所求多目标优化问题的最优均衡解。 目前, 应用较多的方法有综合评分法、优序法、功效系数法、虚拟目标法、线性加权和法、主要目标法等^[10]。 本文受主要目标法的启发, 在对钢铁企业集团订单分配问题进行深入分析研究的基础上, 建立了适合该问题的求解方法, 该方法两次将多目标优化问题转化为单目标优化问题进行求解。 下面给出对问题的分析与算法流程的详细描述。

集团每次分配订单有两种情况: 1) 在计划期内全部订单都能进行分配。 此时, 显然企业集团没有理由拒绝任何一个订单, 集团订单分配问题的第 1 个目标排产量也就是全部订单订货量之和。 这时, 有两个优化目标的集团订单分配问题可转化为在排产量确定条件下, 以利润最大化为目标的单目标优化问题。 2) 在计划期内订单不能全部进行分配。 此时, 为了集团的长远利益, 集团必然要以多安排订单生产, 以提高客户满意度和市场占有率为第一目标。 将该目标作为唯一目标, 可将原来的多目标优化问题转化为单目标优化问题。 通过求解可得此时的排产量, 确定了排产量之后, 集团订单分配问题又可转化为以利润最大化为目标的单目标优化问题, 然后再对单目标优化问题进行求解。

综合上述分析过程,集团订单分配问题的求解步骤如下:

Step1: 不考虑利润最大化的目标,将集团订单分配多目标模型转化为以下单目标模型:

$$\max Z_1 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K w_{ij} a_{ij}^{(k)} x_{ij}^{(k)}. \quad (9)$$

s. t.

$$\sum_{k=1}^K x_{ij}^{(k)} \leq 1, \forall i, j; \quad (10)$$

$$0 \leq \sum_{j=1}^J \gamma_{jl}^{(k)} \sum_{i=1}^I w_{ij} x_{ij}^{(k)} \leq H_l^{(k)}, \forall k, l; \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (C_{M_j}^{(k)} + C_{P_j}^{(k)}) w_{ij} a_{ij}^{(k)} x_{ij}^{(k)} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \lambda_j w_{ij} d_i^{(k)} a_{ij}^{(k)} x_{ij}^{(k)} \leq C; \quad (12)$$

$$w^{(k)} \leq \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J w_{ij} x_{ij}^{(k)}, \forall k; \quad (13)$$

$$\sum_{k=1}^K w^{(k)} \leq \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K w_{ij} x_{ij}^{(k)}; \quad (14)$$

$$x_{ij}^{(k)} = 0 \text{ or } 1. \quad (15)$$

Step2: 对上述单目标优化模型进行求解,可得目标函数值 Z_1^{\max} .

Step3: 将 Z_1^{\max} 代回原式并作为约束条件,将集团订单分配多目标模型转化为以利润最大化为目标的单目标模型,即

$$\begin{aligned} \max Z_2 = & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K p_j w_{ij} a_{ij}^{(k)} x_{ij}^{(k)} - \\ & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (C_{M_j}^{(k)} + C_{P_j}^{(k)}) w_{ij} a_{ij}^{(k)} x_{ij}^{(k)} - \\ & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \lambda_j w_{ij} d_i^{(k)} a_{ij}^{(k)} x_{ij}^{(k)} - \\ & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \beta_i p_j w_{ij} (1 - \sum_{k=1}^K a_{ij}^{(k)} x_{ij}^{(k)}). \end{aligned} \quad (16)$$

s. t.

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K w_{ij} a_{ij}^{(k)} x_{ij}^{(k)} = Z_1^{\max}; \quad (17)$$

$$\sum_{k=1}^K x_{ij}^{(k)} \leq 1, \forall i, j; \quad (18)$$

$$0 \leq \sum_{j=1}^J \gamma_{jl}^{(k)} \sum_{i=1}^I w_{ij} x_{ij}^{(k)} \leq H_l^{(k)}, \forall k, l; \quad (19)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (C_{M_j}^{(k)} + C_{P_j}^{(k)}) w_{ij} a_{ij}^{(k)} x_{ij}^{(k)} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \lambda_j w_{ij} d_i^{(k)} a_{ij}^{(k)} x_{ij}^{(k)} \leq C; \quad (20)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \lambda_j w_{ij} d_i^{(k)} a_{ij}^{(k)} x_{ij}^{(k)} \leq C; \quad (20)$$

$$w^{(k)} \leq \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J w_{ij} x_{ij}^{(k)}, \forall k; \quad (21)$$

$$\sum_{k=1}^K w^{(k)} \leq \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K w_{ij} x_{ij}^{(k)}; \quad (22)$$

$$x_{ij}^{(k)} = 0 \text{ or } 1. \quad (23)$$

Step4: 对 Step3 中的单目标优化模型进行求解,可得优化结果 $x_{ij}^{(k)}$,以及目标函数值 Z_2^{\max} .

5 应用实例

东北某特钢集团是以废钢、铁合金为主要原料的电炉、模铸、轧制短流程生产线为特征的钢铁企业,是我国国有重点特种钢骨干企业.在为其开发的销售管理系统中,采用了上述集团订单分配方法.同时,通过与各股份公司制造执行系统的接口,可将分配后的订单生产任务直接下达给各成员企业的制造执行系统.整个销售管理系统采用B/S开发模式,并运用UML建模方法,开发工具主要使用Borland公司的JBuilder集成开发环境,Weblogic和oracle9i分别作为应用服务器和数据库服务器.

下面以该特钢集团某段时间内接收的合同为例,引入本文研究的集团订单分配模型和算法,进行实例验证.该特钢集团下属3个股份公司A,B,C,它们在某段时间内共接到5份订单,对产品没有产地的特殊要求,需生产的产品共有5种,生产流程如图3所示.

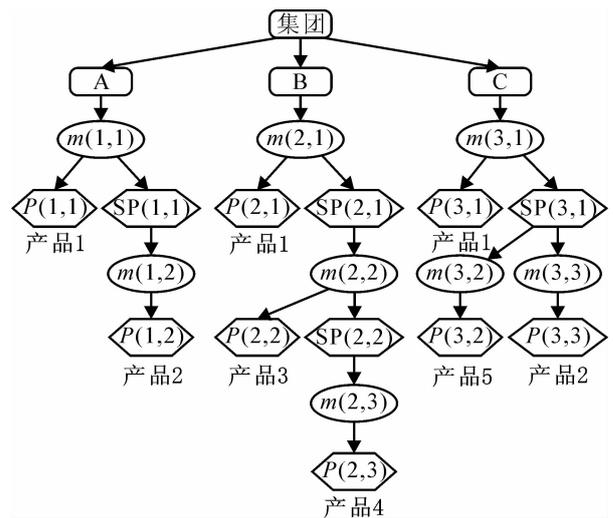


图3 5种产品生产流程

由图3可知,股份公司A,B,C都有能力生产产品1;股份公司A,C都有能力生产产品2.计划期内集团可用资本水平 $C = 350$,其他相关数据如表1~表9所示.

模型求解步骤如下:

表1 产品单价

产品单价	j				
	1	2	3	4	5
p	3.96	5.0	4.6	5.3	4.8

表 2 产品单位成本

$C_1^{(1)}$	$C_2^{(1)}$	$C_1^{(2)}$	$C_3^{(2)}$	$C_4^{(2)}$	$C_1^{(3)}$	$C_5^{(3)}$	$C_2^{(3)}$
2.74	3.48	2.45	2.93	3.28	2.68	3.15	3.37

表 3 关键作业中心可用工时

$H_1^{(1)}$	$H_2^{(1)}$	$H_1^{(2)}$	$H_2^{(2)}$	$H_3^{(2)}$	$H_1^{(3)}$	$H_2^{(3)}$	$H_3^{(3)}$
30	15	32	19	10	40	9	6

表 4 产品在关键作业中心的单位标准工时

$\gamma_{11}^{(1)}$	$\gamma_{21}^{(1)}$	$\gamma_{22}^{(1)}$	$\gamma_{11}^{(2)}$	$\gamma_{31}^{(2)}$	$\gamma_{32}^{(2)}$	$\gamma_{41}^{(2)}$
0.85	0.98	0.78	0.82	0.91	0.74	1.05
$\gamma_{42}^{(2)}$	$\gamma_{43}^{(2)}$	$\gamma_{11}^{(3)}$	$\gamma_{51}^{(3)}$	$\gamma_{52}^{(3)}$	$\gamma_{21}^{(3)}$	$\gamma_{23}^{(3)}$
0.87	0.65	0.84	0.92	0.75	0.97	0.72

表 5 订单对产品的需求量

i	j				
	1	2	3	4	5
1	2.10	1.80	2.05	2.45	2.00
2	8.30	3.87	1.93	2.30	2.40
3	16.00	4.64	1.60	4.72	3.40
4	10.67	7.22	3.53		1.63
5	9.72	8.25	2.28	1.05	3.15

表 6 成员企业 k 与订单 i 所对应的客户之间的距离

k	i				
	1	2	3	4	5
1	0.400	2.238	1.066	1.937	1.270
2	0.044	2.058	0.870	1.757	1.090
3	0.837	2.725	1.537	2.410	1.743

表 7 产品 j 单位重量单位距离的运输成本

λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5
0.090	0.0905	0.0902	0.0905	0.0901

表 8 订单 i 单位数量单位价值的拖期惩罚因子

β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
0.2	0.2	0.25	0.2	0.25

表 9 成员企业的最低排产量

$w^{(1)}$	$w^{(2)}$	$w^{(3)}$
0.2	0.2	0.25

Step1: 不考虑利润最大化的目标,将原订单分配模型转化为带约束的以订单排产量最大为唯一目标的单目标优化模型,目标函数和模型的约束如式(9)~(15)所示。

Step2: 针对上述的单目标优化问题,采用遗传算法进行求解.限于篇幅,遗传算法的求解过程在此不再详述,求解结果为 $Z_1^{\max} = 105.06$. 此时对应的集团利润为 102.0938.

Step3: 建立以集团利润最大化为目标的单目

标优化模型,目标函数同式(2).模型的约束除原订单分配模型的约束外,增加订单排产量约束

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K w_{ij} a_{ij}^{(k)} x_{ij}^{(k)} = 105.06. \quad (24)$$

Step4: 仍然采用遗传算法对上面的单目标优化模型进行求解,得到的订单分配结果如表 10 所示.此时集团利润为 102.7701.

表 10 订单分配结果

i	j				
	1	2	3	4	5
1	2	1	2	2	0
2	3	1	2	2	3
3	3	1	2	2	3
4	1	3	2		3
5	2	1	2	2	3

表中:数字 1 表示分配到企业 A,2 表示分配到企业 B,3 表示分配到企业 C,0 表示此计划期内企业对该订单的该种产品不安排生产,不予分配.表中第 4 行第 4 列为空,是因为订单 4 对产品 4 没有需求,与 0 表示的意义不同。

6 结 论

关于企业集团的研究是现今的一个研究热点,但对于集团统一销售模式下集团订单统一分配问题的研究还不多见.企业集团订单分配问题比较复杂,它受企业集团的组织形式、管理模式以及分配策略的影响.本文针对钢铁企业集团集团化管理模式,建立了以订单排产量最大和集团利润最大为目标的集团订单分配模型,并建立了模型求解的算法流程.在某特钢集团的实际应用表明,该集团订单分配模型较好地解决了集团的生产能力粗平衡.与原来由人工进行订单分配相比,使用该模型后订单分配更为合理,使原来认为分配不了的订单得到了合理分配,订单排产量和集团利润都得到了较大提高,实现了集团资源的全局优化。

参考文献 (References)

- [1] 向晋乾,黄培清,王子萍. 横向型企业集团利润最大化的订单分配模型[J]. 西南交通大学学报, 2006, 41(2): 241-244.
(Xiang J Q, Huang P Q, Wang Z P. Order allocation model based on profit maximization of horizontal conglomerate[J]. J of Southwest Jiaotong University, 2006, 41(2): 241-244.)
- [2] Gupta A, Maranas C D. Managing demand uncertainty in supply chain planning[J]. Computers and Chemical Engineering, 2003, 27(2): 1219-1227.
- [3] Moon C, Kim J, Hur S. Integrated process planning

- and scheduling with minimizing total tardiness in multi-plants supply chain [J]. *Computer and Industrial Engineering*, 2002, 43(1/2): 331-349.
- [4] 姬小利. 供应链订单任务分配模型及其混合遗传算法[J]. *西南交通大学学报*, 2005, 40(6): 811-815.
(Ji X L. Order allocation model in supply chain and hybrid genetic algorithm[J]. *J of Southwest Jiaotong University*, 2005, 40(6): 811-815.)
- [5] Sambasivan M, Schmidt C P. A heuristic procedure for solving multi-plant, multi-item, multi-period capacitated lot-sizing problems [J]. *Asia-Pacific J of Operational Research*, 2002, 19(1): 87-105.
- [6] Sambasivan M, Yahya S. A Lagrangean-based heuristic for multi-plant, multi-item, multi-period capacitated lot-sizing problems with inter-plant transfers[J]. *Computer and Operations Research*, 2005, 32(3): 537-555.
- [7] Vercellis C. Multi-plant production planning in capacitated self-configuring two-stage serial systems[J]. *European J of Operational Research*, 1999, 119(2): 451-465.
- [8] 周金宏, 汪定伟. 分布式多工厂单件制造企业提前/拖期生产计划研究[J]. *计算机集成制造系统*, 2000, 6(5): 52-57.
(Zhou J H, Wang D W. Earliness and tardiness production planning with due-date for multi-location OKP manufacturing systems[J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2000, 6(5): 52-57.)
- [9] 周金宏, 汪定伟. 软计算求解分布式多工厂单件制造业的提前/拖期生产计划问题[J]. *控制理论与应用*, 2002, 19(2): 235-238.
(Zhou J H, Wang D W. Soft computing for earliness and tardiness production planning of multi-location OKP manufacturing systems [J]. *Control Theory and Applications*, 2002, 19(2): 235-238.)
- [10] 林铨云, 董加礼. 多目标优化的方法与理论[M]. 长春: 吉林教育出版社, 1992.
(Lin C Y, Dong J L. The methods and theories of multi-object optimal problems[M]. Changchun: Jilin Education Press, 1992.)

~~~~~

(上接第 1628 页)

- [9] Dunn T J, Walmsley I A, Mukamel S. Experimental determination of the quantum-mechanical state of a molecular vibrational mode using fluorescence tomography[J]. *Physical Review Letters*, 1995, 74(6): 884-887.
- [10] Leonhardt U. Quantum-state tomography and discrete wigner function[J]. *Physical Review Letters*, 1995, 74(21): 4101-4105.
- [11] Leibfried D, Meekhof D M, King B E, et al. Experimental determination of the motional quantum state of a trapped atom[J]. *Physical Review Letters*, 1996, 77(21): 4281-4285.
- [12] Klose G, Smith G, Jessen P S. Measuring the quantum state of a large angular momentum [J]. *Physical Review Letters*, 2001, 86(21): 4721-4724.
- [13] Chuang I L, Gershenfeld N, Kubinec M. Experimental implementation of fast quantum searching[J]. *Physical Review Letters*, 1998, 80(15): 3408-3411.
- [14] White A G, James D F V, Eberhard P H, et al. Nonmaximally entangled states: Production, characterization, and utilization[J]. *Physical Review Letters*, 1999, 83(16): 3103-3107.
- [15] D'Ariano G M, De Laurentis M, Paris M G A, et al. Quantum tomography as a tool for the characterization of optical devices[J]. *J of Optics B: Quantum and Semiclassical Optics*, 2002, 4(3): 127-132.
- [16] D'Ariano G M, Paris M G A, Sacchi M F. Quantum tomography [J]. *Advances in Imaging and Electron Physics*, 2003, 128(2): 205-308.
- [17] Arkhipov A S, Lozovik Y E. Quantum tomography as a new approach to simulating quantum processes[J]. *J of Experimental and Theoretical Physics*, 2004, 98(2): 231-239.
- [18] 张永德. 量子力学[M]. 北京: 科学出版社, 2002.  
(Zhang Y D. Quantum mechanics [M]. Beijing: Science Press, 2002.)
- [19] 陈宗海, 董道毅, 张陈斌. 量子控制导论[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2005.  
(Chen Z H, Dong D Y, Zhang C B. Introduction to quantum control[M]. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2005.)
- [20] James D F V, Kwiat P G, Munro William J, et al. Measurement of qubits [J]. *Physical Review A*, 2001, 64(5): 052312/1-052312/15.