



炼钢-热轧一体化管理的生产计划 编制问题研究¹⁾

孙福权 郑秉霖* 崔建江 汪定伟

(东北大学信息学院 沈阳 110006)

(* E-mail: zbling@pub. sy. ln. cn)

刘新胜

(抚顺特殊钢有限公司 抚顺 113001)

摘要 结合抚钢的实际,对工厂一体化管理的生产问题进行了研究,并采用模糊专家系统和运筹学模型相结合的新混合算法,处理批量间匹配问题,该系统把作业者的经验、诀窍转换成启发式规则,通过模糊专家系统生成评价函数,引用分支定界法和匈牙利法,解决了工序间匹配、协调问题.运行结果表明,提高了装炉温度,降低能耗,减少了中间半成品库存.

关键词 一体化生产计划,分支定界,模糊专家系统.

THE RESEARCH OF PRODUCTION PLANNING OF INTEGRATED MANAGEMENT IN STEELMAKING—HOT ROLLING

SUN Fuquan ZHENG Binglin CUI Jianjiang WANG Dingwei

(Department of System Engineering of Northeastern University, Shengyan 110006)

LIU Xinsheng

(Fushun Special Steel Co. Ltd, Fushun 113001)

Abstract This paper studies the production planning of integrated management according to the situation of Fushun works. To resolve the matching problems among batches, a new hybrid algorithm based on fuzzy expert system and operation research models is adopted. Furthermore, to resolve the coordination and the matching problems between processes, heuristic rules from the operator's experiment and skills are applied, a criterion function designed by the fuzzy expert system is used, and the B&B and Hungarian methods are also employed. The running result of the system shows that it is excellent in improving the temperature

1)国家九五攻关(95-524-02-05)和国家自然科学基金资助课题.

of the input furnace and decreasing the loss of energy and reducing the stock of WIP.

Key words Production planning of integrated management, fuzzy expert system, branch-and-bound.

1 引言

近年来,在钢铁行业,用户需求的多样化、高级化、多品种、小批量、短交货期的生产是目前的主流.这和以往的大批量生产有着本质区别,现在的管理对象变成大规模、复杂化,如何组织好生产已成为企业管理者的一个重大课题.企业的生产计划编制是一个大规模组合优化问题^[1],是 NP 完全问题.以往人们多是利用 LP,DP,ES 或启发式方法,但在实用时间内难以获得满意解.在解决实际问题时,又往往有些问题约束模糊,不能直接用数学表达式表达.在文献[2]中用许多篇幅详细论述了这个问题,提出 OR 和 AI 的结合以及发展方向,并提出许多可以探讨的领域.本文采用模糊专家系统(FES)和分枝定界法、匈牙利法相结合的新混合算法,处理一体化生产计划编制问题.

2 抚钢生产工艺和问题特征

2.1 抚钢新工艺流程图

如图1所示。

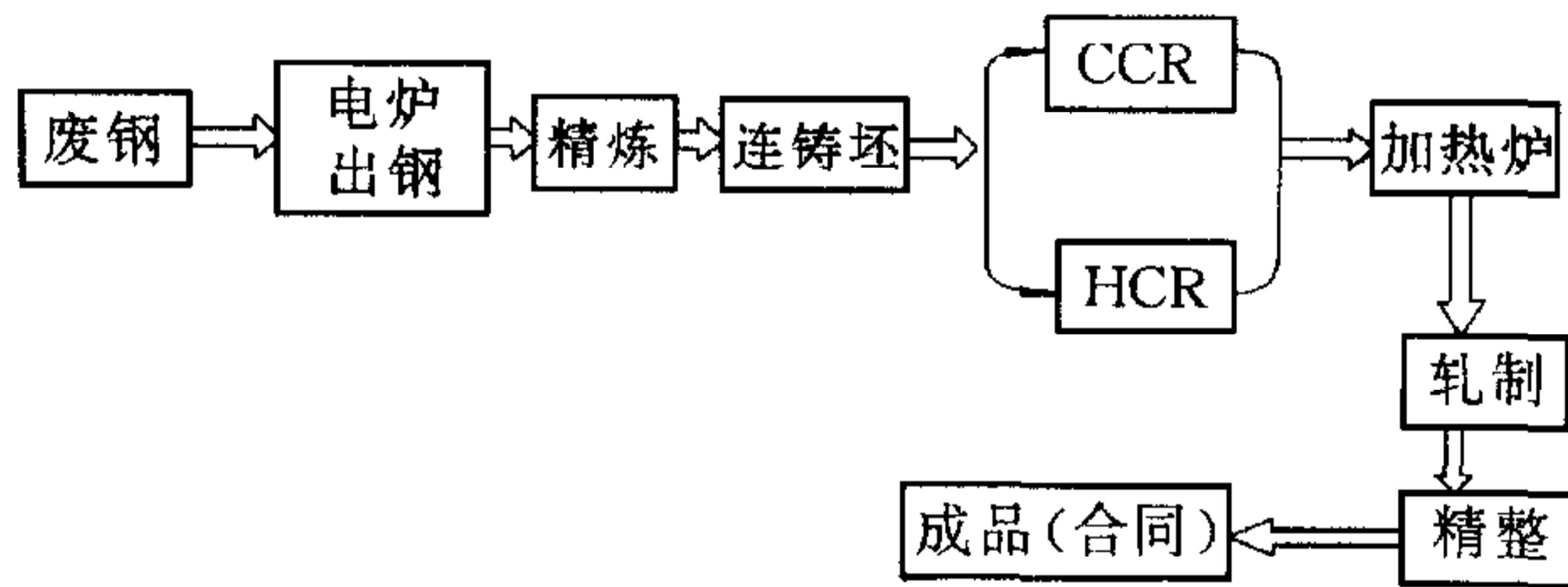


图1 抚钢新工艺流程

(CCR——Cold Charge Rolling,HCR——Hot Charge Rolling)

2.2 一体化生产计划问题

本问题具有两类限制,在这两类的限制之下,把多个目标函数同时优化进行计划设计.其计划编制的流程如图2所示.

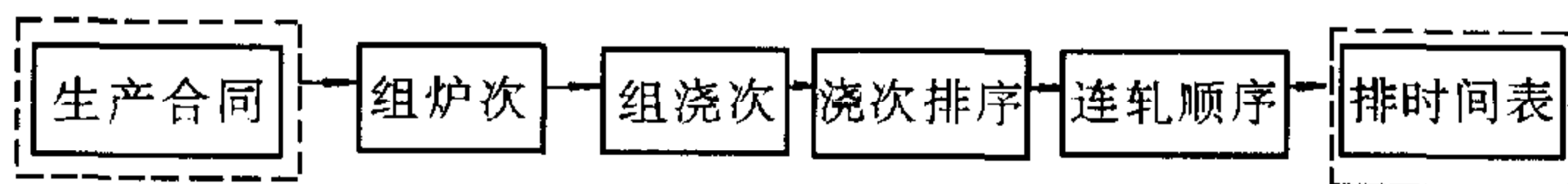


图2 钢厂生产计划编制流程

具体的计划编制从合同所对应的方坯编制开始,设计的模式以热送热装为主,欲使热送率 HCR 效果达到最大化.如何把一个轧制周期内的生产合同所需钢坯整理为浇次、炉

次单位,这也是浇次、电炉的炉容与轧制周期实现最优匹配的关键所在.对特钢来说,产品质量要求严格,小批量化,仅归并同一属性的钢种,不能整理为一个炉次的情况也有,因此在本系统中作了如下处理:

1)钢种的合并,从许多合同中,挑选出成分在允许内的合同,可将同一生产规范的钢种合并于一炉;

2)钢坯同钢种不同规格的合并,充分运用连铸机在线拉坯规格可调机能,在同一周期内钢种或可能的钢种进行归并,把规格不同的钢坯汇集为同一炉次.

为编制一体化生产计划,提高系统性能,通常考虑以下两类约束.

1)固定限制

(i)批量限制

$$v \left\{ \begin{array}{l} \sum_i W_{\Phi_i} \geq m_1, \quad \text{当 } i \in A \text{ 时,} \\ \sum_i W_{\Phi_i} \geq m_2, \quad \text{当 } i \in B \text{ 时,} \\ \sum_i W_{\Phi_i} \geq m_3, \quad \text{当 } i \in C \text{ 时,} \\ \text{月总量} \leq m_4. \end{array} \right. \quad (1)$$

上式中 W_{Φ_i} 为该规格集的合同最低组批下限重量; Φ_i 为合同产品的直径,单位为 mm; A, B, C 为第 1, 2, 3 类产品规格集合; m_1, m_2, m_3 为第 1, 2, 3 类产品规格集合组批的最低下限; m_4 为本月总生产量.

$$(ii) \text{浇铸} \sim \text{轧制时间约束} \quad b_j - q_j - T_j \geq L_j > 0. \quad (2)$$

2)模糊约束

专家经验技巧,例如

if 两批量品种相近 then 强联结,

if 两批量交货期差别大 then 弱联结;

目标函数

$$\text{浇铸} \sim \text{轧制转换时间最小} \quad \sum_j (b_j - q_j) \rightarrow \min \quad (3)$$

$$\text{交货期延迟最小} \quad \sum_i (\max(0, TS_i - TN_i)) \rightarrow \min \quad (4)$$

变量说明:

i ——合同 ($i=1 \sim I$); j ——浇铸批 ($j=1 \sim J$); b_j ——浇铸批 j 的开始轧制预定时间; q_j ——浇铸批 j 的浇铸开始预定时间; T_j ——浇次 j 浇铸时间; L_j ——浇铸批 j 的浇铸~轧制最小周期; TN_i ——合同的交货期; TS_i ——合同的入库日.

3 问题求解方法

3.1 核心模型

钢铁厂生产计划的研究已有多多年,特别是对于各生产区炼钢、连铸、热轧等独立编制生产计划的研究较多,但是,编制一体化生产计划的核心是如何协调各生产工序之间的独立生产计划.本文着重研究连铸与连轧之间协调生产计划问题.

一般而言,可对以下二类对象进行协调.

1) 浇次的排序

构造排序评价函数,除考虑连铸机的生产效率以外,还要考虑上一工序(炼钢、精炼设备等)和下一工序(连轧设备等)的负荷.通过上下工序负荷均衡进行协调.

2) 浇次和轧次协调排序

根据合同数据编制浇次和轧次后,必须对这些浇次和轧次排序.构造排序评价函数时,考虑两工序的负荷均衡(balance)、合同量、交货期、品种等.

3.2 系统结构

本系统结构构成如图3所示.

3.2.2 解法步骤

step 1. 生产合同数据的分组,依据品种、硬度、成分、规格、轧制种类等.

Step 2. 浇次和轧次协调排序:

1) 计算批量优先级

$$f_1 = a_1 * (\text{生产目标数据量}) + b_1 * (\text{交货期拖期度}), \quad (5)$$

其中 a_1, b_1 为权重;

2) 按优先级对各批量组排序;

3) 以批量大小、交货期延迟度、材质、轧制条件等状况,通过 if-then 规则确定隶属函数,如图4所示;

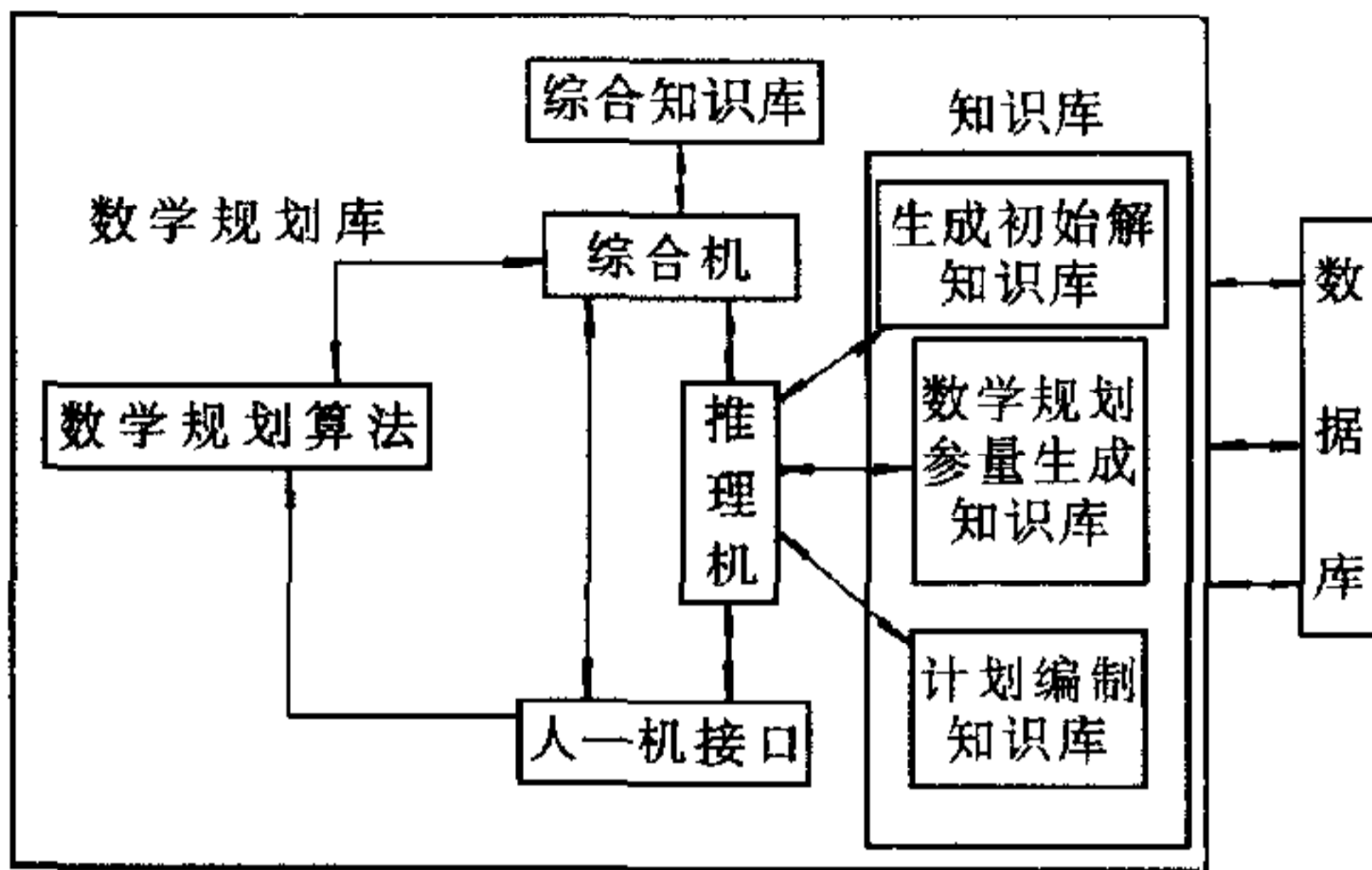


图3 系统结构

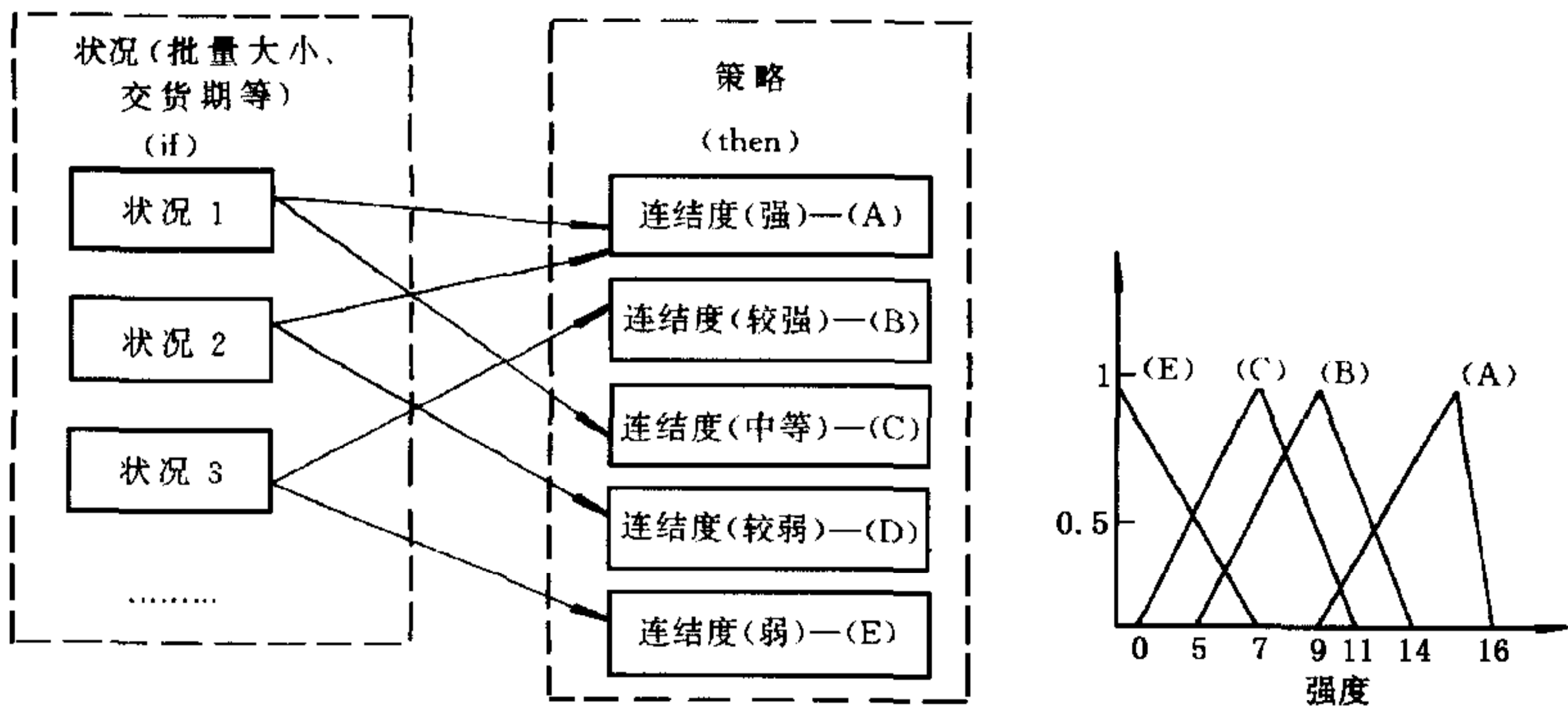


图4 FFS 推理确定隶属函数

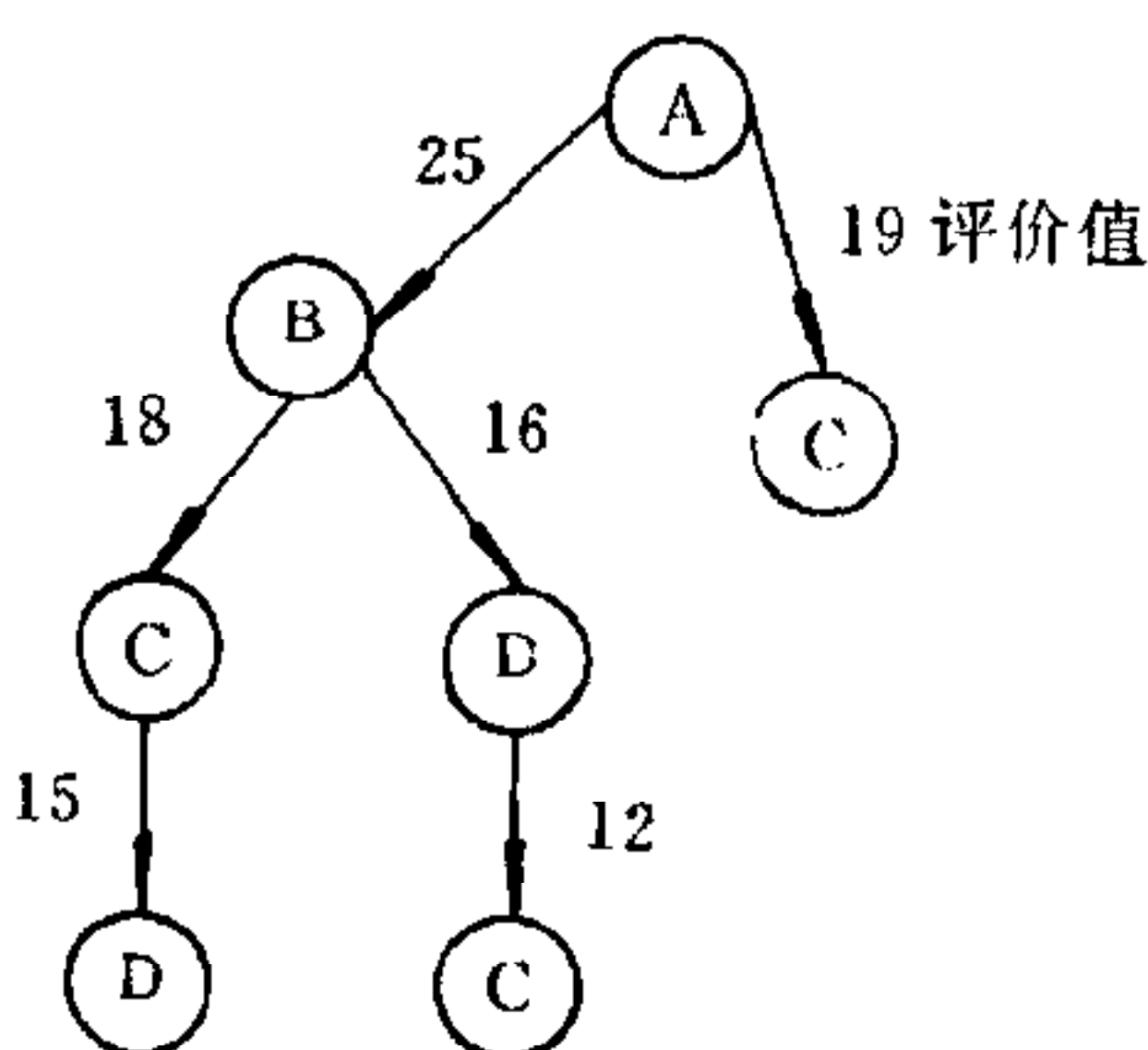


图5 浇次和轧次匹配示意图

4) 对于各种状况并合运算隶属函数,可确定联结度;

5) 采用匈牙利法,计算以联结度为效率矩阵的最优分配问题,然后使用分枝定界法,按评价价值搜索,最终获得浇次和轧次的良好匹配(A→B→C→D),如图5所示.

Step 3. 确定轧制生产量的范围:

1) 理论值的确定,先计算设备 A 月间处理的目标量 T_a 的决定,公式为

$$T_a = h_a * k_a, \quad (6)$$

式中 h_a 为设备 A 月间作业可能时间, k_a 设备 A 的作业率;

2) 确定不同规格的产量, 以运输成本最小为目标, 建立整数规划模型, 可确定不同规格产量;

step 4. 分配计划局部调整;

对于不同规格、品种、特殊要求, 下工序分配量遵照已得轧制日程计划, 依交货期次序调整生产合同的计划量.

Step 5. 形成总体分配生产计划.

4 结束语

本文采用模糊专家系统处理定性信息, 使用分枝定界法、匈牙利法处理定量数据, 计算浇次和轧次的匹配问题, 从而提高了系统有效性和灵活性. 系统若采用模糊专家系统(FES)和遗传算法(GA)相结合的新方法, 同样可获得满意效果.

本方法缩短了生产计划编制时间, 提高了坯材装炉温度, 节省能耗, 降低了生产成本. 以某月460份生产合同为样本运算, 结果表明, 交货期延迟比率从24.8%降低到3.4%, 达到了物流平衡, 使特钢的复杂物流管理提高到一个新水平, 为企业每月可节省能耗资金近百万元, 给产品在市场竞争中注入了活力.

参 考 文 献

- 1 茨木俊秀. 组合せ最適化とスケジューリング問題新解法とその动向. 計測と制御, 1995, **34**(5):340~346
- 2 Buxey G. Production scheduling: practice and theory. *EJOR*, 1989, **39**(1):17~31
- 3 梅田敏弘, 高桥哲也, 绵谷 等. 炼钢~热延间同期化スケジューリングシステム. 神戸制钢报, 1996, **46**(2):36~39
- 4 奈良. エキスパートシステムと数理計画法の融合による最適化. 人工知能学会志, 1993, **8**(3)
- 5 伊藤耕一. 制钢~压延一贯スケジューリングシステムについて. 鉄鋼のIE, 1991, **29**(4):54~56
- 6 殷钰瑞. 关于薄板坯连铸~连轧流程的工程分析. 钢铁, 1998, **33**(1):1~9

孙福权 1964年生. 现为东北大学信息科学与工程学院系统工程系博士. 研究领域为一体化生产计划与调度的理论与方法、冶金生产计划中的模糊方法与应用、专家系统与人工智能的应用.

郑秉霖 1940年生. 1964年毕业于东北工学院自动控制系. 现为东北大学信息科学与工程学院教授, 研究方向为战略一体化管理系统、生产计划与调度理论及方法、专家系统等.

崔建江 1964年生. 现为东北大学信息科学与工程学院博士, 主要研究方向为控制理论与应用、控制系统建模与仿真.