

基于 ANP 模糊综合评判法的分段生产流程优化

赖志向 叶家玮*

(华南理工大学土木与交通学院, 广州 510640)

摘要 针对造船中间产品形成的多分段生产流程优化问题。运用 ANP 改进传统模糊综合评判法,以某一双层底分段生产方案为对比例,研究了分段生产流程优化问题。计算结果表明提出的评判法能合理综合主客观因素,在理论上更完备、更具科学性。

关键词 网络层次分析法 模糊综合评判法 分段生产 流程优化

中图分类号 U673.2; **文献标志码** A

随着国内大型船舶生产厂的新建及船舶行业的发展,研究中间产品、建立专业化生产体系、优化分段生产流程、提高单位面积分段率、缩短分段生产周期等问题的重要性日益彰显。这些都是用数学模型无法进行精确描述的复杂问题,而网络层次分析法(ANP)是用来解决社会经济系统无结构和半结构化的决策问题。国外已经将其应用到政府事务、军事应用、商业生产等诸多领域,关于 ANP 法的运用得到了广泛的重视^[1,2]。基于 ANP 的模糊综合评判法可对许多受到复杂因素影响的生产过程进行综合评价,赵刚^[3]把基于 ANP 的模糊综合评判法运用于工程建设项目的风险评价取得了不错的效果。现将 ANP 的模糊综合评判法运用到生产流程优化上是一种新的尝试,在一定程度上丰富了流程优化理论。与传统的模糊综合评判法^[4]相比,ANP 对影响生产方案的多因素进行主客观权重集结,可以增强权重的科学性,操作简易。改进后的模糊综合评判结果能够为中间产品生产形成的多目标决策提供支持,这有助于进一步研究平面分段模块生产流程。

1 基于 ANP 的模糊综合评判模型

1.1 基于 ANP 的目标属性权重计算

第一步:构造超矩阵。以控制层元素 $p_s (s = 1, \dots, m)$ 为准则,以 C_j 中元素 $e_{jl} (l = 1, \dots, n_j)$ 为次准则,元素组 C_i 中元素按其对应 e_{jl} 的影响力大小进行间接优势度比较,经过以每一个元素为次准则的比较判断和计算后按下式建立超矩阵

$$W = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \cdots & W_{1N} \\ W_{21} & W_{22} & \cdots & W_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{N1} & W_{N2} & \cdots & W_{NN} \end{bmatrix}。$$

这里 W_{ij} 的列向量就是 C_i 中元素 $e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{ini}$ 对 C_j 中元素 $e_{j1}, e_{j2}, \dots, e_{jni}$ 的影响程度排序向量。

第二步:构造加权矩阵。对每个类别中的 $C_j (j = 1, \dots, N)$ 评价指标类别发生概率的影响程度大小进行判断比较。与 C_j 无关的元素组对应的排序向量分量为零,由此得加权矩阵 A :

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{N1} & \cdots & a_{NN} \end{bmatrix}。$$

第三步:加权超矩阵的构造。构造矩阵 $\bar{W} = (-\bar{W}_{ij})$, 其中元素 $\bar{W}_{ij} = a_{ij} W_{ij}, i = 1, \dots, N, j = 1, \dots,$

2009年8月17日收到

第一作者简介:赖志向(1983—),男,硕士研究生,研究方向:船舶优化制造。

*通信作者简介:叶家玮,教授,博士生导师。E-mail: dxshwsui@163.com。

N 。 $W = (W_{ij})$ 为系统的超矩阵, $A = (a_{ij})$ 为系统的加权矩阵, $\overline{W}$ 则为加权超矩阵。

1.2 基于 ANP 的模糊综合评判模型

(1) 确定评价因素集和评判集 假定某类事物由 n 个因素决定, 评价因素集为 $U = \{U_1, U_2, \dots, U_i, \dots, U_n\}$ 。 假设可能出现 m 个评语, 评判集为 $V = \{V_1, V_2, \dots, V_j, \dots, V_m\}$ 。

(2) 建立单因素模糊评判矩阵 $R_i = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} = (r_{ij})_{nm}$, 这几个步骤和模糊综合评判一致^[5]。

(3) 用 ANP 确定权重 对加权超矩阵, 根据所属类型采用相应的计算方法, 确定元素的相对排序向量, 即各个元素的权重。

(4) 综合评价 由模糊评估矩阵及综合权重向量, 利用模糊数学理论得到模糊综评判模型:

$$Z_{ij} = W_j r_{ij} \tag{1}$$

由于 W_j 已经归一化, 故模糊关系合成可以采用普通实数的加法及乘法运算:

$$z_j = \sum_{i=1}^m w^i r_{ij}, z_j \in [0, 1], j = 1, 2, \dots, n \tag{2}$$

其中, z 表示被评价方案的优劣值向量, 现采用最大隶属度法进行评判, z_j 值越大, 表明被评价方案的综合效益越好。 即可根据 $z_1, z_2, \dots, z_n$ 的大小对所有评价方案进行综合排序, 对应 $\max\{z_j\}$ (即隶属度最大) 的评语就是分段生产流程最优的方案。

2 应用实例

2.1 实例简介

双层底分段生产在船体分段生产中是典型的例子。 文献[1]介绍的双层底分段包括上下两层底板, 板上装焊纵骨, 板间装焊纵桁和肋板。 根据内外底侧纵骨开口型式不同, 可以产生多种方案, 现介绍四种典型双层底分段生产流程^[4,6]。

图 1 中四种流程 A、B、C 和 D, 内外底纵骨都是 T 型材。 各方案除基本的加工工序相同外, 所不同的是方案 A 先安装焊接内底板, 吊装肋板、纵桁, 焊接, 分段翻转, 定位焊接外底板; 方案 B 先安装焊接内底板, 吊装肋板、纵桁, 焊接, 外底板扣合定位在分段上, 然后翻转、焊接; 方案 C 先安装焊接内底板, 肋板拉入、吊装纵桁, 焊接, 分段翻转, 定位焊接外底板; 方案 D 先安装焊接内底板, 肋板拉入、吊装纵桁, 焊接, 外底板扣合定位在分段上, 然后翻转、焊接。

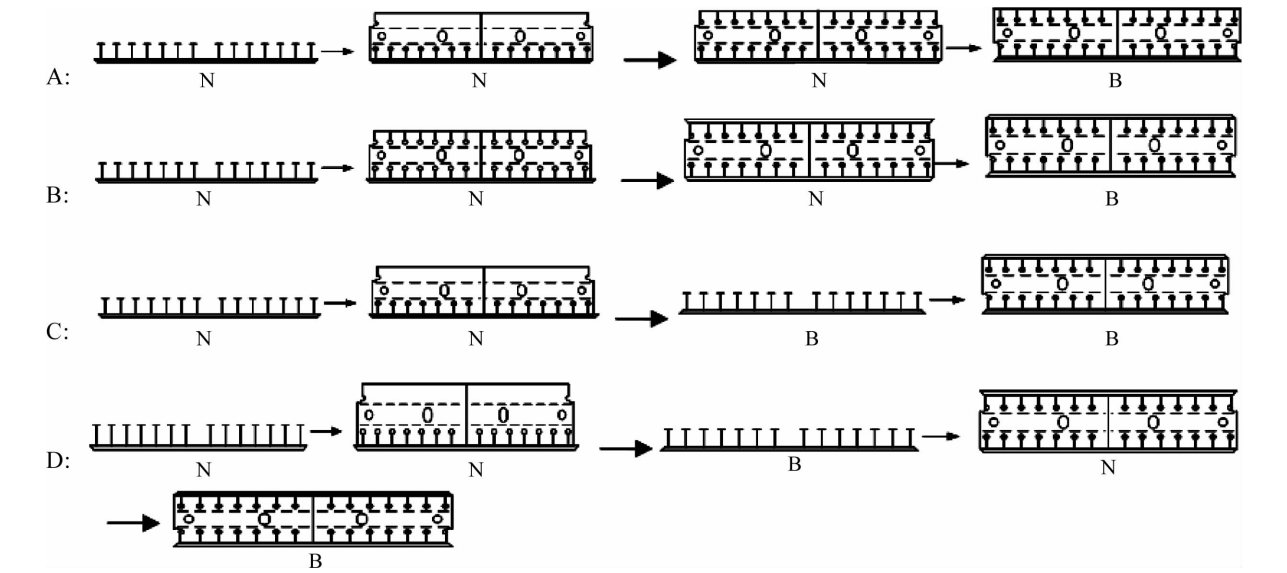


图 1 双层底分段的四种生产流程

对以上介绍的四种流程 A、B、C 和 D 设定相应的等级分值,即为 $V' = \{1.0, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2\}$ 之后,通过专家调查对每种装配方案进行单因素隶属程度确定,建立评价矩阵,以方案 A 工艺路线为例

$R = \begin{bmatrix} 0.366 & 0.366 & 0.293 & 0.366 & 0.366 & 0.293 \\ 0.303 & 0.303 & 0.379 & 0.303 & 0.303 & 0.379 \\ 0.153 & 0.229 & 0.306 & 0.153 & 0.153 & 0.306 \\ 0.125 & 0.250 & 0.250 & 0.125 & 0.125 & 0.250 \end{bmatrix}$

表 1 实例数据^[1]

评价指标		评价方案			
		A	B	C	D
质量满足 (0.25)	简化操作精度(0. 5)	1.0	0.8	0.4	0.2
	满足船级社要求(0. 5)	1.0	0.8	0.6	0.4
自动化程度 (0.25)	调整能力(0. 25)	0.8	1.0	0.8	0.4
	自动化设备利用率(0. 5)	1.0	0.8	0.4	0.2
	具备自动化程度(0.25)	1.0	0.8	0.4	0.2
焊接效率 (0.30)	俯焊操作比例(0. 33)	0.9	1.0	0.8	0.4
	翻身次数(0. 33)	0.0	0.4	1.0	0.8
	辅助措施(0. 17)	0.4	0.8	1.0	0.4
成本合理 (0.20)	结构装配难度(0. 17)	0.0	0.4	1.0	0.8
	工时消耗(0. 34)	1.0	0.8	0.6	0.4
	工人数量(0. 33)	0.2	0.4	1.0	0.6
	现有设备利用率(0. 33)	1.0	0.8	0.6	0.0

2)由表 1 评价指标下的数据建立影响各评价因素相互关系的 ANP 结构模型,构造加权超矩阵 $\bar{W}$ 。根据加权超矩阵 $\bar{W}$ 计算出各评价指标的 ANP 权重,具体数值如表 2。

表 2 评价指标权重

评价指标	ANP 权重	评价指标	ANP 权重
简化操作精度	0.068 2	翻身次数	0.065 3
满足船级社要求	0.068 7	辅助措施	0.079 6
调整能力	0.068 2	结构装配难度	0.094 6
自动化设备利用率	0.077 1	工时消耗	0.079 6
具备自动化程度	0.065 3	工人数量	0.128 2
俯焊操作比例	0.077 1	现有设备利用率	0.128 2

3)依据综合模糊评价模型(1)与(2),得到最终评价指数 $Z = (0.2418 \ 0.2705 \ 0.2804 \ 0.2476)$,因此,得到四种双层底装配方案的优序为: $C > B > D > A$,因此方案 C 是双层底分段的最优生产流程。

得到如表 1 所示数据。

2.2 计算过程

1)根据表 1 评价方案下的数据构造评价指标矩阵并归一化得到模糊评价矩阵 $R^{[7]}$ 如下:

$\begin{bmatrix} 0.000 & 0.146 & 0.000 & 0.366 & 0.073 & 0.366 \\ 0.152 & 0.303 & 0.152 & 0.303 & 0.152 & 0.303 \\ 0.382 & 0.382 & 0.382 & 0.229 & 0.382 & 0.229 \\ 0.500 & 0.250 & 0.500 & 0.250 & 0.375 & 0.000 \end{bmatrix}^T$

表 3 两种评价方法的优化结果

方案	基于 ANP 的模糊综合评判		传统模糊综合评判 ^[4]	
	评判指数	优序结果	评判指数	优序结果
A	0.241 8	4	0.727 6	2
B	0.270 5	2	0.631 8	4
C	0.280 4	1	0.765 8	1
D	0.247 6	3	0.665 3	3

4 结果分析

为造船分段生产形成的多目标优化决策提供了一种解决方法。从实例分析可以看出,方法在各目标属性数据基础上进行数据分析,并对多目标优化评判指标进行定性与定量结合,得到的优化结果更具科学性。同时本方法还在属性数据基础上对 ANP 权进行权重的确定,在一定程度上克服了传统权重集主观确定对结果造成的分歧。本文优化结果与文献[1]对比,如表 3 所示,可以得出方案 C 是双层底分段的最优生产流程。这与当前我国各船厂在生产过程中对通过优化工人数量与现有设备利用率的调度来缩短造船周期的控制是一致的。按计算过程来看,基于 ANP 改进的模糊综合评判法避免了传统模糊综合评判必须将分段生产的各属性评判指标层级细化的工作,其计算结果更具合理性,在计算量上大为减少,适合于船厂的实际应用。

参 考 文 献

1 Saaty T L. Decision making with dependence and feedback. Pittsburgh,PA:RWS,1996

Experimental Study of Dry Centrifugal Granulation of Molten Blast Slag

YANG Zhi-yuan, ZHOU Yang-min, YAN Zhao-min, YI Chui-jie

(Qingdao Technological University, R&D Center of Energy and Environmental Equipment, Qingdao 266033, P. R. China)

[Abstract] based on experimental test-bed of blast furnace slag waste heat recovery, on the changes of the key parameters such as blast furnace slag discharged temperature, the speed of the granulation device, which impacts on the results of particle diameter distribution and sphericity coefficient, so as to master the best operating parameters of the blast furnace slag dry centrifugal granulation, and provides a experimental basis for blast furnace slag waste heat recovery. The results show that: when the discharged temperature of the blast furnace slag is controlled in (1 400 ~ 1 450) °C, and the speed of the granulation device is controlled above 2 000 r/min, there is a good sphericity of the blast furnace slag, and there is up to 80% particle diameter distribution of (2 ~ 5) mm.

[Key words] B. F. slag centrifugal granulation experimental study

(上接第 7253 页)

2

Saaty T L. Decision making the analytic hierarchy and network process. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 2004; (1): 1—35

3

赵刚. 基于 ANP 的模糊综合评判法在工程项目风险分析中的应用. 节水灌溉, 2009; (5): 63—65

4

孔凡凯, 张家泰, 薛开. 双层底分段装配方案的模糊综合评判. 船舶工程, 2006; (1): 65—68

5

杨开云, 张亮. 城乡水务 BOT 项目风险分析. 中国农村水利水电, 2007; (4): 69—72

6

Storch R I, Sudapanpotharam S. Design for production: principles and implementation. Journal of Ship production, 2000; 16(1): 27—39

7

张波, 叶家玮. 基于熵权的中间产品生产方案模糊综合评判. 船舶工程, 2008; (6): 74—77

Optimization in Sub-production Processes Based on ANP Fuzzy Comprehensive Judgment

LAI Zhi-xiang, YE Jia-wei*

(South China University of Technology, Guangzhou 510640, P. R. China)

[Abstract] Shipbuilding intermediate products bring about optimized question in multi-sub-production process. Double-decked bottom sub-production program is taken as contrast example. Utilizing the method based on ANP fuzzy comprehensive judgment, the optimized question in sub-production processes is researched. The optimized result can synthesize subjective and objective factor reasonably. The computation result indicates this judgment law is theoretically more complete and scientific.

[Key words] ANP fuzzy comprehensive judgment sub-production process optimization