



海外油气效益产量“二步决策法”研究及应用

李婷

Research and application of a two-step decision-making method for efficient overseas oil and gas production

LI Ting

引用本文:

李婷. 海外油气效益产量“二步决策法”研究及应用[J]. *工程科学学报*, 2024, 46(6): 1161–1168. doi: 10.13374/j.issn2095–9389.2023.12.22.002

LI Ting. Research and application of a two-step decision-making method for efficient overseas oil and gas production[J]. *Chinese Journal of Engineering*, 2024, 46(6): 1161–1168. doi: 10.13374/j.issn2095–9389.2023.12.22.002

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13374/j.issn2095–9389.2023.12.22.002>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

油气资源开发的大数据智能平台及应用分析

Big data intelligent platform and application analysis for oil and gas resource development
工程科学学报. 2021, 43(2): 179 <https://doi.org/10.13374/j.issn2095–9389.2020.07.21.001>

基于云理论的油气管道滑坡危险性综合评价

Comprehensive evaluation of landslide risks of oil and gas pipelines based on cloud theory
工程科学学报. 2018, 40(4): 427 <https://doi.org/10.13374/j.issn2095–9389.2018.04.005>

中国页岩气开发理论与技术研究进展

Research progress in theories and technologies of shale gas development in China
工程科学学报. 2021, 43(10): 1397 <https://doi.org/10.13374/j.issn2095–9389.2020.11.10.003>

基于二步法的多芯电缆非侵入式电流测量校正方法

Calibration method for the noninvasive current measurement of multicore cables based on two-step estimation
工程科学学报. 2017, 39(12): 1898 <https://doi.org/10.13374/j.issn2095–9389.2017.12.017>

中牟区块过渡相页岩气藏产能分析及压裂参数优选

Production analysis and fracturing parameter optimization of shale gas from Zhongmou Block in southern North China Basin
工程科学学报. 2020, 42(12): 1573 <https://doi.org/10.13374/j.issn2095–9389.2020.04.10.002>

中国致密油藏开发理论研究进展

Research progress on tight oil exploration in China
工程科学学报. 2019, 41(9): 1103 <https://doi.org/10.13374/j.issn2095–9389.2019.09.001>

海外油气效益产量“两步决策法”研究及应用

李 婷[✉]

中国石油化工股份有限公司勘探开发研究院, 北京 100083

✉通信作者, E-mail: liting.syky@sinopec.com

摘 要 海外油气项目具有投入大、风险大、回收期长等特点,开展效益产量决策方法研究对提升石油公司整体经营实力、提高抗风险能力举足轻重.本文旨在建立一套系统全面的效益产量经营决策方法,通过抓准项目效益影响因素,构建基于全局满意解集的效益产量“两步决策法”,实现一套“可全面可聚焦”的系统决策优选技术模型,最终以优选出的组合作为效益产量推荐方案,助推海外油气资产保值增值.本文创建的海外油气效益产量“两步决策法”,在国内某石油公司海外业务板块近 4 年的油气资产生产经营中取得了较好的应用效果,为该石油公司海外油气资产提效增效和高质量发展提供了可靠的技术支持.该方法也同样适用于国内上游油气开发板块效益产量优化决策,值得借鉴及推广.

关键词 海外油气;效益产量;两步决策法;全局满意解集模型;最优解优选技术

分类号 F416.22

Research and application of a two-step decision-making method for efficient overseas oil and gas production

LI Ting[✉]

Research Institute of Exploration and Development, SINOPEC, Beijing 100083, China

✉Corresponding author, E-mail: liting.syky@sinopec.com

ABSTRACT The commitment of substantial resources to overseas oil and gas assets signifies a strategic endeavor of considerable scale, implicating consequential impacts on the asset valuation of comprehensive petroleum corporations. Consequently, the adept management of these assets, specifically in terms of profitability, has surfaced as a paramount area of scholarly inquiry within the domain of production and operations management for overseas oil and gas assets. In this context, the formulation of a holistic profit management decision-making framework emerges as a critical fulcrum, pivotal for harnessing and optimizing the overarching benefits of such projects. This study focuses on the formulation of an advanced optimization technique rooted in a “two-step decision-making” paradigm, predicated on a comprehensive set of globally satisfactory solutions. This technique is not merely a methodological innovation but also a strategic tool designed to achieve dual-objective optimization—it is both encompassing and focused. Such a methodological proposition enables a nuanced and refined decision-making process, enhancing the efficacy and strategic alignment of decisions within the ambit of overseas oil and gas asset management. The essence of the proposed technique lies in its capability to provide a robust and versatile decision-making framework, facilitating a balanced and informed decision-making process for stakeholders. By leveraging this approach, decision-makers are endowed with a methodological tool that aids in navigating the complexities inherent in managing overseas oil and gas assets, thereby ensuring that strategic decisions are both informed and aligned with broader organizational objectives. The practical utility of the proposed “two-step decision-making” technique has been substantiated through its application in overseas oil and gas asset management over the recent triennium. Its application has yielded noteworthy outcomes, enhancing the

收稿日期: 2023–12–22

基金项目: 中国石油化工股份有限公司科技部项目 (P19020-3)

efficiency and production optimization of overseas oil fields and contributing to the high-quality development of these assets. The pronounced effectiveness of this technique in practical scenarios underscores its potential as a strategic tool, offering significant insights and operational advantages that extend beyond the immediate context of its application. Moreover, the implications of this technique are not only confined to the overseas context but also resonate with the operational dynamics of domestic oil companies. By providing a nuanced framework for decision-making and optimization, this technique offers valuable lessons and strategic insights that can be adapted and applied within the domestic oil sector, potentially catalyzing efficiency enhancements and operational optimization. In conclusion, the proposed technique represents a significant methodological advancement in the strategic management of overseas oil and gas assets. Its dual focus on comprehensiveness and specificity, coupled with its proven practical applicability, positions it as a valuable strategic resource, meriting consideration for broader adoption and integration within the strategic frameworks of oil and gas companies operating globally.

KEY WORDS overseas oil and gas; production efficiency; two-step decision method; globally satisfactory solution set model; optimal solution optimization technology

国内外对油气效益产量经营决策技术的研究较少,主要集中在投资优化组合方法研究、基于油价与成本分级的简单对比效益配产方案、基于油气创效综合指标的资产配置管理等方面.实际生产中海外油气产量构成变化快,投资风险和复杂程度均较高^[1],因此,对现有的基于海外项目特点的效益产量经营决策综合技术研究较少.经过大量调研及分析,本研究所创建的“效益产量全局满意解集模型”和“油气项目效益产量‘二步决策法’优选技术模型”尚未在已有文献中被涉及.前者可以考虑全效益层级,以覆盖油价高低全波段的边际效益、现金流、利润优化目标为目标决策点,在兼顾收益性与风险性的同时,创建客观科学的模型求取全局满意帕累托解集及满意决策区间,以增加决策者的选择范围^[2];在此基础上,形成“油气项目效益产量‘二步决策法’优选技术模型”,整体建成基于全局满意解集的“二步决策法”.

关于“效益产量全局满意解集模型”,俞启泰^[3]与胡建国^[4]总结了油井产量的预测方法,并将其归纳为递减曲线法、回归分析法和神经网络等;刘键焯等^[5]构建了基于线性优化的效益产量优化模型,采用 0-1 规划方法构建效益产量优化组合方法;赵旭^[6]结合海外油气投资项目的特点,将灰色评价理论融入到了油气投资筛选的模型之中,并开发设计了对应的决策系统对海外油气项目进行遴选.由于在优化各个投资组合时,排队过滤法、遗传算法、线性优化法均存在一定不足,如排队过滤法不大可能求出最优解,线性优化法和遗传算法不便于决策者理解.因此,王光兰等^[7]设计了新型遗传算法求取参数以确定最优估计值,并通过应用实例验证了该方法在油气产量预测中具备较强的操作性;曲德斌和武若霞^[8]设计了用于油田

开发规划预测的软件系统;刘斌等^[9]以单井效益评价数据为基础,在油田内部打破采油单位界限,通过盈亏分析建立配产优化模型,从而实现油田公司的效益配产,该方法为油田配产提供了一种思路,可以实现从能力配产到效益配产的转变,使油田达到最佳生产规模;吕肖东和张涛^[10]在企业勘探、开发以及财务部门提供的数据资料基础上,依据油气投入产出平衡的基本原理,探讨了效益储量及效益产量的计算方法,并建立效益产量模型. Rodriguez 等^[11]对中石油海外资产进行了优化方法研究,通过对不同合同模式的经济效果分析,提出优化后的建议及经营策略,为低油价环境下的效益经营管理决策提供了基础; Nicoletti 和 You^[12]建立了一个上中下游全产业链的油气线性优化模型,对影响效益产量的内在平衡点做了深入解析,以确定性利润及预期利润之间的潜在空间来预测效益产量规模; Echendu 等^[13]对几内亚湾 (GOG) 的安哥拉、赤道几内亚、加蓬和尼日利亚的产量分成合同的结构、实施和绩效进行了评估,发现尼日利亚深水投资风险随着水深的增加而增加,投资回报率也随之上升.

关于“油气项目效益产量‘二步决策法’优选技术模型”,在国内外的文献中少有类似研究.王永兰等^[14]将改进的 TOPSIS (Technique for order preference by similarity to ideal solution) 方法应用于某油田开发方案优选的实例中,在综合考虑油田开发效果指标、经济效益指标的基础上建立方案优选评价模型,将改进的 TOPSIS 方法优选结果与模糊决策方法优选结果进行对比,说明了改进的 TOPSIS 方法在油气田开发方案优选中的有效性以及简捷易操作性.崔志骅等^[15]通过构建油气资源综合潜力水平指标体系,结合 TOPSIS 方法与熵

权法确定指标权重,从石油地质基本条件、油气储量特征、勘探情况 3 个方面出发,论证客观选取权重对于决策的重要性,对非洲进行油气选区勘探投资与合作的建议具有一定效果. 陈亚强等^[16]在中石油海外复杂合同模式及经营环境多变的情况下,针对如何实现产量、投资、效益、风险等多个目标优化配置的问题,开展多目标投资组合优化研究,并验证了该优化组合方法对于海外项目的适用性,为海外项目规划方案设计提供了科学适用的思路和方法. 黄山明和蒋丽维^[17]将层次分析法和灰色关联分析法相结合,构建了关于油气开发项目投资效果评估的评价指标体系,并用关联系数对投资效果的优劣程度进行区分,较好地规避了采用单一经济指标的弊端. 杨宇和何则^[18]深入分析了我国海外油气面临的地缘政治风险,分析了中国海外油气的依存现状及多方面风险因素. Abughazaleh^[19]以国际石油公司、油服公司作为投资决策主体,兼顾风险及资本配置管理,建立资本决策模型,选取投资分析常用指标来作为资本配置管理的决策指标,该资本决策模型成为确保石油公司盈利能力及偿付能力的必要抓手.

效益产量经营决策方法技术是油气行业的重要研究方面,油气行业的盈利能力、创效能力以及增值保值能力与该项研究息息相关、密不可分. 油气行业的创效能力诉求牵引着优化决策技术的创

新与进步,技术进步又反过来推动着油气行业的创效能力发展,创效能力诉求与决策技术创新进步相辅相成、共同促进.

1 “两步决策法”创新方法体系与技术路线

决策者在多目标约束下确定最终的决策方案通常考虑两种思路. 其一,将多目标求解转化为单目标求解;其二,求解得到帕累托解集,并根据特定的排序方式确定最终的最优解. 当前存在的问题是:前者无法将决策者对项目的要求考虑在内,使决策结果有较大的片面性;后者帕累托求解虽能规避此问题,但对于决策者而言“优中选优”是未知的. 因此,本文首先求取油气效益产量全局满意解集,再应用改进的 TOPSIS 模型直观展示帕累托解集即全局满意解集的排序优选过程,并且依据决策者对于项目的要求对排序的过程进行调整,对于海外油气项目的经营决策管理有着重要意义.

海外油气效益产量“两步决策法”技术路线图如图 1 所示. 第一步,利用多目标规划模型求解得到帕累托解集,帕累托解集是指在多目标优化中,无法在不损失一个目标的情况下优化另一个目标所对应的解的集合,这里应用帕累托解集是为了满足第一步找到效益产量全局满意解集;第二步,实现在全局满意解集中“优中选优”,选取

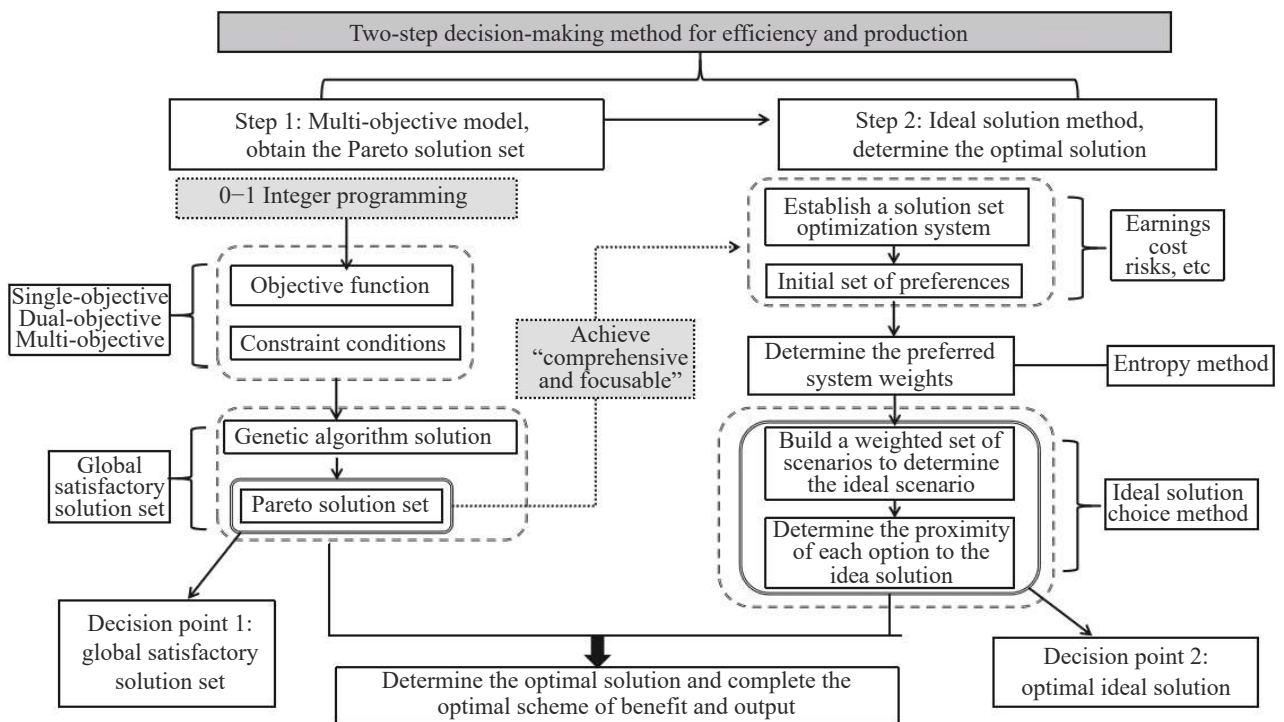


图 1 海外油气效益产量“两步决策法”技术路线图

Fig.1 Roadmap of the two-step decision optimization technology for overseas oil and gas efficiency management

出符合石油公司战略需求及决策者偏好的唯一最优效益产量解. 综上所述, 经过第一步和第二步, 最终实现石油公司海外油气项目的“可全局可聚焦”的效益产量决策满意解集或唯一最优效益产量解.

2 “二步决策法”技术模型构建及应用

2.1 创建全局满意解集模型

创建全局满意解集模型时首先注重模型的灵活组合这一功能, 共列举了 14 个目标函数与约束条件^[13], 可以根据公司战略目标与约束条件互相匹配. 14 个目标函数与约束条件可以根据决策目标组合为单目标、双目标或多目标模型, 再根据不同财税合同模式的海外项目实际经营情况场景, 建立效益产量决策优选常用模型库 114 个, 常用的组合模型表达式可参考文献 [2]. 多个目标和约束条件在指标中可以同时选择设置, 比如: 给定操作成本上限约束条件, 同时将追求操作成本最小化作为目标, 求出对应约束和目标条件下的海外效益产量全局满意解集.

侯春华等^[20]在对油田效益开发优化模型中已考虑了效益最大、投资与成本最小等目标, 本文在前人研究的基础上, 设计了全效益多维度产量决策模型可同时考虑产量最大化(目标产量偏差最小化)、利润最大化、现金流最大化、单位操作成本最小化、单位付现成本和风险最小化等多个目标. 在第一步中, 全局满意解集技术能够在多目标条件下找到一个可选满意解集, 在这个解集中, 反向要求设置目标函数和约束条件时, 可以同时考虑产量、利润、现金流等指标最大化, 也可以要求设置操作成本、付现成本、完全成本、风险等指标最小化.

研究全局满意解集模型旨在改善多目标规划应用在优化求解方面的局限性, 传统的多目标规划求解, 往往先将多目标转化为单目标形式, 再对单目标规划进行求解. 而多目标向单目标转化的方式不能很好地解决多个目标函数值的量级和量纲存在差异的问题, 且转换量纲后的多目标规划常用线性加权方法得到一个最优解, 难以满足石油公司在现实中的多维条件综合决策需求, 一定程度上制约了石油公司在海外油气资产效益经营决策方面的可供选择区间及实操性.

本文用遗传算法求解得到效益产量全局满意解集, 对应不同模型中的指标, 提供多组解决方案. 石油公司进行海外项目决策时可根据战略考量进

行目标函数和约束条件的选择, 应用非支配排序遗传算法进行求解, 是一种进步和优化. 该算法适合求解涵盖多个目标函数的模型, 在各领域的实际应用中取得了很好的效果, 尤其是在油气行业得到了一定的有效应用, 求解流程如图 2 所示^[2].

2.2 建立“二步决策法”优选技术模型

参考前人已总结的有关熵权-TOPSIS 法的流程与方法^[21-25], 本文构建“二步决策法”优选技术模型的基本流程是: 通过熵权法确定不同评价指标的权重, 然后基于 TOPSIS 法对全局满意解集中的各方案与理想方案间的接近程度进行排序, 最终完成唯一最优效益产量解的推荐.

2.2.1 构建初始决策矩阵

根据第一步得到的全局满意解集和评价指标, 形成由 m 个方案和 n 个评价指标组成的初始决策矩阵 $X = (x_{ij})_{m \times n}$, $x_{ij} = (i = 1, 2, 3, \dots, m, j = 1, 2, 3, \dots, n)$ 表示第 i 个方案关于第 j 个指标的取值. 其中:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

2.2.2 矩阵标准化

考虑到海外油气效益产量决策指标涉及多经济评价、油田开发、风险评估、战略规划等多个专业, 而各评价指标的单位和量纲不同, 为统一量纲进行客观科学地比选方案, 需要对初始决策矩阵进行标准化处理, 得到标准化矩阵 $Y = (y_{ij})_{m \times n}$. 其中, $\min(\chi_i)$ 和 $\max(\chi_i)$ 为第 i 个指标的最小值和最大值.

$$y_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij} - \min(\chi_i)}{\max(\chi_i) - \min(\chi_i)}, & \text{正向指标} \\ \frac{\min(\chi_i) - x_{ij}}{\max(\chi_i) - \min(\chi_i)}, & \text{负向指标} \end{cases} \quad (2)$$

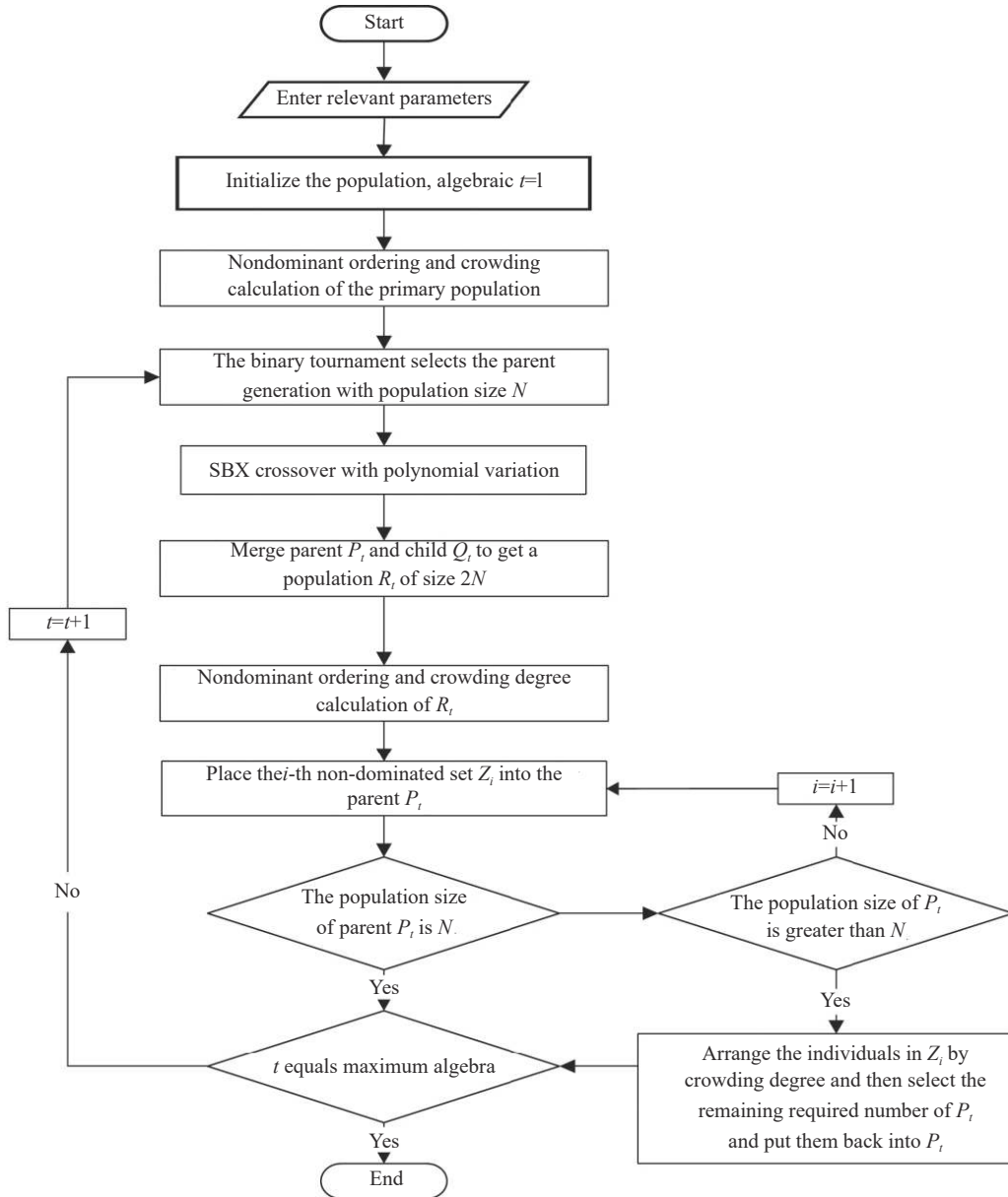
2.2.3 确定熵值及权重

首先, 第 j 个指标的熵值 E_j 的计算如式 (3) 和式 (4) 所示. 其中, y_{ij} 为标准化后的值, 且 $0 \leq E_j \leq 1$.

$$E_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (3)$$

$$p_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^m y_{ij}} \quad (4)$$

其次, 由熵值可以得到第 j 项的权重 ω_j 构成的权重矩阵 W , 具体如式 (5) 所示. 其中, $\omega_j \geq 0$, $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$.



P_t —The original population; Q_t —Progeny population; R_t —A new population; Z_i —Nondominated sort, resulting in a nondominated set; SBX—Simulated binary crossover

图2 遗传算法流程图^[2]

Fig.2 Flowchart of the genetic algorithm^[2]

$$\omega_j = \frac{\sum_{q=1}^n E_q + 1 - 2E_j}{\sum_{q=1}^n \left(\sum_{q=1}^n E_q + 1 - 2E_j \right)} \quad (5)$$

2.2.4 构建加权决策矩阵

已知各标准化矩阵 Y 和权重矩阵 W , 将二者相乘则得到加权决策矩阵 $R = (\gamma_{ij})_{m \times n}$, 其中:

$$\gamma_{ij} = \omega_j y_{ij} \quad (6)$$

2.2.5 确定正负理想方案

通过加权决策矩阵, 来确定正负理想方案, 其

中, 正理想方案的表达式为:

$$S_i^+ = \begin{cases} \max_{1 \leq j \leq n} \gamma_{ij}, & \text{正向指标} \\ \min_{1 \leq j \leq n} \gamma_{ij}, & \text{负向指标} \end{cases} \quad (7)$$

负理想方案的表达式为:

$$S_i^- = \begin{cases} \min_{1 \leq j \leq n} \gamma_{ij}, & \text{正向指标} \\ \max_{1 \leq j \leq n} \gamma_{ij}, & \text{负向指标} \end{cases} \quad (8)$$

2.2.6 确定加权欧式距离

加权欧氏距离即各方案与正理想方案的距离

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - x_j^+)^2}$$

和各方案与负理想方案的距离

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - x_j^-)^2}$$

其中, $x_j^+ = \max_i x_{ij}$, $x_j^- = \min_i x_{ij}$.

3 “二步决策法”技术模型应用案例分析

建立“二步决策法”技术模型后,对其进行应用效果实证分析,以某石油公司海外项目效益产量决策方案为例,验证“二步决策法”技术模型的应用效果.

3.1 一步实证应用效果

首先不设置约束条件,针对某石油公司下一年度关键开发生产效益指标进行单目标优化,形成各项经营及风险指标极值,如表 1 所示.

通过单目标优化各指标极限值,再设置各种约束条件.为契合国际石油公司的低成本、抗油价波动风险经营战略目标,选取以下两项指标设置组合目标,即单位边际贡献最大,单位完全成本最低.应用全局满意解集模型及遗传算法,求解运算生成 47 套优化方案,此 47 套方案均成为在满足设定目标、设定约束条件下,能够兼顾所有目标及约束条件的解集,即效益产量全局满意解集,如表 2 所示.其生产经营含义为,在某石油公司在当年战略经营目标条件下,能够安排效益生产经营的所有产量方案组合,即这 47 套方案各有优劣,但总体均满足条件,选择其一,都可相比优化前显著提高某石油公司效益产量比例.

3.2 二步实证应用效果

求解得出全局满意解集后,应用“二步决策法”优选技术模型来求取唯一最优效益产量解.用“二步决策法”优选技术模型对 47 个方案解进行优选排序,得出各方案贴进度与排序,如表 3 所示,其中解 41、解 19、解 29、解 16、解 43 贴进度相比其他解明显更优,位于 47 个方案中前 5 名,说明这 5 个解的可选性均优于其他全局满意解集中的解.经过综合比选,兼顾石油公司经营战略偏好,从全局满意解集 47 个解中最终选择方案解 41,其贴进度为 0.776,比其他解贴进度更高,更能体现石油公司当年降本增效的经营战略.

总之,将效益产量“二步决策法”应用到某石油公司海外项目决策实证研究中,其应用结果实现了推荐效益产量决策方案的“可全局可聚焦”的双维度可选空间;推荐后的效益产量最优方案,经石油公司海外项目生产经营及降本增效工作的实践验证,证明了效益产量“二步决策法”的较好应用性,既能增加石油公司海外项目效益经营决策的科学客观性,又能够综合多元地体现石油公司的海外经营战略.

4 结论与建议

本文针对国内石油公司提升海外效益及资产价值的经营目标,建立了一套全面系统的效益产量“二步决策法”技术模型,第一步创建效益产量全局满意解集模型,第二步建立基于全局满意解

表 1 某石油公司海外资产单目标优化极值结果

Table 1 An oil company's overseas asset single-objective optimization extreme value results

Yield the most/(10 ⁴ t)	Maximum operating cash flow/¥	Maximum operating cash flow per unit/(¥·t ⁻¹)	Maximum profit/¥	Unit profit/(¥·t ⁻¹)	Lowest unit operating cost/(¥·t ⁻¹)	Lowest unit cash cost/(¥·t ⁻¹)	Lowest total cost per unit/(¥·t ⁻¹)	The largest contribution per unit margin/(¥·t ⁻¹)	Risk
3729	23390640	538	10764600	248	410	697	1079	946	0.17

表 2 某石油公司海外资产效益产量全局满意解集

Table 2 Overall satisfactory solution set of an oil company's overseas asset efficiency management

Solution	Construction method	Program evaluation	Production/(10 ⁴ t)	Investment/¥	Net profit/¥	Operating cash/¥	Full cost/¥
Solution 6	Model construction	☆☆☆☆☆	3687	6686190	6230350	17999030	43609580
Solution 7	Model construction	☆☆☆☆☆	3689	6644330	6249180	17967320	43580810
Solution 8	Model construction	☆☆☆☆☆	3835	6461000	7204050	19089980	45700830
Solution 9	Model construction	☆☆☆☆☆	3891	6926920	7409920	19769960	46877460
Solution 10	Model construction	☆☆☆☆☆	3660	6881070	6114990	17740170	43113490
Solution 11	Model construction	☆☆☆☆☆	3896	6934900	7440230	19749730	46852260
Solution 12	Model construction	☆☆☆☆☆	3892	6985860	7334390	19831490	46999120

表3 某石油公司海外资产效益产量全局满意解集各单解贴近度

Table 3 Closeness degree of each single solution to the global solution set of overseas assets of an oil company

Serial number	Close degree	Ranking	Serial number	Close degree	Ranking	Serial number	Close degree	Ranking
Solution 1	0.337	31	Solution17	0.387	28	Solution33	0.741	6
Solution2	0.176	42	Solution18	0.48	24	Solution34	0.494	22
Solution3	0.063	47	Solution19	0.756	2	Solution35	0.284	34
Solution4	0.227	38	Solution20	0.494	21	Solution36	0.142	44
Solution5	0.169	43	Solution21	0.664	11	Solution37	0.686	8
Solution6	0.216	40	Solution22	0.647	13	Solution38	0.477	25
Solution7	0.2	41	Solution23	0.612	15	Solution39	0.348	30
Solution8	0.492	23	Solution24	0.476	26	Solution40	0.587	17
Solution9	0.43	27	Solution25	0.374	29	Solution41	0.776	1
Solution10	0.292	33	Solution26	0.586	18	Solution42	0.527	20
Solution11	0.652	12	Solution27	0.232	36	Solution43	0.742	5
Solution12	0.741	7	Solution28	0.085	46	Solution44	0.267	35
Solution13	0.608	16	Solution29	0.752	3	Solution45	0.622	14
Solution14	0.112	45	Solution30	0.299	32	Solution46	0.224	39
Solution15	0.544	19	Solution31	0.678	9	Solution47	0.671	10
Solution16	0.748	4	Solution32	0.228	37			

集的“两步决策法”优选技术模型. 这套方法技术的创建, 为石油公司海外资产实现资产保值增值及提效增效提供了科学可靠的技术支持. 该方法近4年应用于某石油公司海外项目效益配产、海外项目经营策略制定、降本增效工作等方面, 均取得了较好的应用效果, 使公司的效益产量比例提高5%以上. 建议将“两步决策法”在海外项目应用的基础上继续加深方法研究、拓宽应用实践领域, 最终形成能够兼容国内油气项目特点的整套效益产量决策研究方法体系, 总体上未来创效前景可观.

参 考 文 献

- [1] Cheng W, Zhang G J, Dong W H, et al. Establishment of oilfield development planning models their solution. *J Daqing Petrol Inst*, 2006, 30(2): 112
(程伟, 张广杰, 董伟宏, 等. 油气田开发规划模型的建立及求解. 大庆石油学院学报, 2006, 30(2): 112)
- [2] Li T. Development and application of an optimization model for overseas oil and gas production benefits. *Chin J Eng*, 2023, 45(10): 1771
(李婷. 海外油气效益产量决策模型研究及应用. 工程科学学报, 2023, 45(10): 1771)
- [3] Yu Q T. A study of featurfs for seven decline curves. *Xingjiang Petrol Geol*, 1994, 15(1): 49
(俞启泰. 七种递减曲线的特性研究. 新疆石油地质, 1994, 15(1): 49)
- [4] Hu J G. A simplified method of establishing hyperbola decreasing equation. *Petrol Geol Oilfield Dev Daqing*, 1991, 10(2): 53
(胡建国. 建立双曲线递减方程的一种简便方法. 大庆石油地质与开发, 1991, 10(2): 53)
- [5] Liu J Y, Liu B F, Zhao Y B, et al. Study on investment portfolio optimization method of overseas oil and gas project based on utility theory. *Int Petrol Econ*, 2021, 29(11): 64
(刘键烽, 刘博峰, 赵永博, 等. 基于效用理论的海外油气项目投资组合优化方法研究. 国际石油经济, 2021, 29(11): 64)
- [6] Zhao X. Research on decision support system to choose overseas oil and gas investment based on multi-level gray model. *Technoeconomics Manag Res*, 2011(3): 8
(赵旭. 海外油气投资目标筛选决策支持系统研究. 技术经济与管理研究, 2011(3): 8)
- [7] Wang G L, Jia Y L, Ke Y H, et al. Application of genetic algorithm in production forecast of oilfield. *J Southwest Petrol Univ*, 2000, 22(2): 34
(王光兰, 贾永禄, 柯益华, 等. 遗传算法在油田产量预报中的应用. 西南石油学院学报, 2000, 22(2): 34)
- [8] Qu D B, Wu R X. Optimum study and simulator of oilfield development planning. *Acta Petrolei Sin*, 2002, 23(2): 38
(曲德斌, 武若霞. 油田开发规划科学预测的理论和实践. 石油学报, 2002, 23(2): 38)
- [9] Liu B, Guo F J, Xie Y Y. Efficiently configuring oilfield production on the basis of evaluating of single well efficiency. *Int Petrol Econ*, 2011, 19(7): 90
(刘斌, 郭福军, 谢艳艳. 基于单井效益评价的油田效益配产方法研究. 国际石油经济, 2011, 19(7): 90)

- [10] Lv X D, Zhang T. Determination method of reservoir benefit production. *Oil Gasfield Surf Eng*, 2007, 26(9): 5
(吕肖东, 张涛. 油藏效益产量的确定方法. *油气田地面工程*, 2007, 26(9): 5)
- [11] Rodriguez L, Moreland B, Kirk G. Portfolio optimization in high and low risk environments // *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*. San Antonio, 2012: SPE-159603
- [12] Nicoletti J, You F Q. Multiobjective economic and environmental optimization of global crude oil purchase and sale planning with noncooperative stakeholders. *Appl Energy*, 2020, 259: 114222
- [13] Echendu J, Iledare O, Onwuka E. Comparative economic-performance analysis of production-sharing contracts in Angola, equatorial Guinea, Gabon, and Nigeria. *SPE Econ Manag*, 2015, 7(4): 157
- [14] Wang Y L, Sun L, Sun L T, et al. Application of the improved TOPSIS method in oil and gas field development. *J Southwest Petrol Univ Sci Technol Ed*, 2008, 30(2): 109
(王永兰, 孙雷, 孙良田, 等. 改进的 TOPSIS 法在油气田开发中的应用. *西南石油大学学报(自然科学版)*, 2008, 30(2): 109)
- [15] Cui Z H, Lou Z H, Zhu R, et al. Evaluation of African oil and gas resource based on entropy-TOPSIS. *Bull Sci Technol*, 2017, 33(2): 24
(崔志骅, 楼章华, 朱蓉, 等. 基于熵权-TOPSIS 模型的非洲油气资源评价. *科技通报*, 2017, 33(2): 24)
- [16] Chen Y Q, Mu L X, Zhai G H, et al. The multi-objective portfolio optimization method for overseas oil & gas projects. *Syst Eng Theory Pract*, 2017, 37(11): 3018
(陈亚强, 穆龙新, 翟光华, 等. 海外油气项目多目标投资组合优化方法. *系统工程理论与实践*, 2017, 37(11): 3018)
- [17] Huang S M, Jiang L W. Comprehensive evaluation method for investment performance of overseas oil and gas development projects. *World Petrol Ind*, 2023, 30(4): 17
(黄山明, 蒋丽维. 海外油气开发项目投资效果综合评价方法. *世界石油工业*, 2023, 30(4): 17)
- [18] Yang Y, He Z. China's overseas oil and gas dependence: Situation, geographical risks, and countermeasures. *Resour Sci*, 2020, 42(8): 1614
(杨宇, 何则. 中国海外油气依存现状、地缘风险与应对策略. *资源科学*, 2020, 42(8): 1614)
- [19] Abughazaleh W. Redefining capital investment: A steady hand in an unsteady time // *Offshore Technology Conference*. Houston, 2018: 4
- [20] Hou C H, Bing S X, Wang B. Optimization model for oilfield benefit development based on existed/incremental production. *Petrol Geol Recovery Effic*, 2015, 22(6): 102
(侯春华, 邴绍献, 王滨等. 基于增量和存量的油田效益开发优化模型. *油气地质与采收率*, 2015, 22(6): 102)
- [21] Qian Y. The evaluation of overseas oil and gas investment schemes based on entropy weighting and TOPSIS. *Sci Technol Ind*, 2023, 23(11): 143
(钱媛. 基于熵权-TOPSIS 法的海外油气投资方案评价. *科技和产业*, 2023, 23(11): 143)
- [22] Zhang Y X. Research and application of TOPSIS profile control and layer selection based on entropy weight method in PL Oilfield. *Petrol Geol Eng*, 2020, 34(3): 122
(张延旭. 基于熵权法的 TOPSIS 调驱选层方法在 PL 油田的研究及应用. *石油地质与工程*, 2020, 34(3): 122)
- [23] Li X W, Gu H P, Bai M X. The TOPSIS method based on interval number in the application of water drive oilfield development effect evaluation. *Math Pract Theory*, 2016, 46(19): 171
(李晓威, 顾海鹏, 柏明星. 基于区间数的 TOPSIS 方法在水驱油田开发效果评价上的应用. *数学的实践与认识*, 2016, 46(19): 171)
- [24] Zhao X H, Wang D Y, Zhu K J. An evaluation approach for oil exploration and exploitation investment based on TOPSIS. *Math Pract Theory*, 2015, 45(10): 1
(赵峭含, 王德运, 诸克军. TOPSIS 法在油田企业勘探开发投资一体化效益评价中的应用. *数学的实践与认识*, 2015, 45(10): 1)
- [25] Feng Y G. Application of TOPSIS in investment decision making of oil-field development. *J Xi'an Shiyou Univ Nat Sci Ed*, 1995, 10(2): 64
(冯玉国. TOPSIS 法在油田开发投资决策中的应用. *西安石油学院学报(自然科学版)*, 1995, 10(2): 64)