

非常规油气资源经济评价模型构建与应用分析

喻 洲 吴 辉 汪文昌
中国石油大港油田公司 天津 300280

摘 要：随着全球能源需求的持续增长和常规油气资源的逐渐枯竭，非常规油气资源的开发成为全球能源领域的重要议题。非常规油气资源因其地质条件的复杂性和开发技术的特殊性，其经济评价具有不同于常规油气资源的独特需求。本文在分析非常规油气资源特征的基础上，探讨了经济评价模型的构建方法，并分析了其在实际应用中的效果。通过构建适合非常规油气资源特点的经济评价模型，旨在为非常规油气资源的合理开发提供科学依据。

关键词：非常规油气资源；经济评价模型；构建方法；应用分析；全生命周期优化

引言

非常规油气资源，如页岩油、页岩气、致密油和致密气等，因其储层低孔、低渗、低压等特性，开发难度较大，需要采用特殊的技术和工艺。随着全球能源结构的调整和油气勘探开发技术的进步，非常规油气资源的开发逐渐成为能源领域的重要方向。然而，非常规油气资源的经济评价因其特殊性而面临诸多挑战，如投资规模大、开发周期长、不确定性高等。因此，构建适合非常规油气资源特点的经济评价模型具有重要意义。

1 非常规油气资源特征与经济评价需求

1.1 非常规油气资源特征

非常规油气资源，作为能源领域的新兴焦点，其特性与传统常规油气资源大相径庭，这不仅体现在地质构造的复杂性上，还深入到了储层物性和流体性质的独特之处。具体而言，非常规油气资源的储层往往呈现出低孔隙度、低渗透率的特征，这意味着油气流动阻力大，难以自然产出。这类资源在地理分布上虽具有一定的连续性，但真正具备开发价值的“甜点”区域却相对局限，且分布不均^[1]。此外，非常规油气藏通常不具备自然工业产量，必须依赖人工手段，如水平钻井技术和水力压裂技术，来改造储层，提高油气流的通透性，从而实现有效开采。

1.2 对经济评价的个性化需求

1.2.1 动态化精准估算投资规模

首先，投资规模的动态化精准估算成为关键。由于技术快速迭代、原材料价格波动及地质条件的不确定性，项目投资需从全生命周期视角出发，不断调整和优化预算，确保每一分投入都能带来最大的经济回报。这要求评价模型具备高度的灵活性和实时性，能够迅速响应市场和技术变化。

1.2.2 关注风险评估

其次，风险评估在非常规油气项目经济评价中占据核心地位。资源潜力的不确定性、技术实施的风险以及市场价格波动等，都可能对项目经济性造成重大影响^[2]。因此，通过定量风险分析，如蒙特卡洛模拟等方法，评估项目在不同情境下的风险水平，对于决策制定至关重要。

1.2.3 体现地质工程经济一体化评价

最后，地质工程经济一体化评价成为提升项目价值的新路径。非常规油气开发涉及地质学、工程学、经济学等多个学科领域的紧密合作，要求经济评价不仅关注财务指标，还要深度融合地质特征和工程技术方案，通过构建一体化数据平台、软件工具及跨学科专家团队，实现信息共享、决策协同，最终推动非常规油气资源开发的经济性与可持续性双重提升。

2 非常规油气资源经济评价模型构建

2.1 评价模型构建原则

2.1.1 坚持全生命周期优化理念

在模型构建过程中，应始终秉持全生命周期优化的核心理念。这意味着，从项目初期的勘探开发规划，到中期的钻井、采油作业，再到后期的地面设施建设和生产运营，每一个环节都需纳入优化考量。通过充分利用资产与资源，不断迭代学习曲线，降低开发成本，管控潜在风险，力求实现最终采收率的最大化，以及全生命周期现金流的最优化。

2.1.2 建立一体化优化联动模型

模型构建还需注重一体化优化联动机制的建立。这要求我们在评价过程中，通过倒逼机制推动各方案的持续优化。具体而言，应综合考虑地质条件、开发策略、工程技术等多重影响参数，设计出一套涵盖开发部署、钻井作业、采油工艺、地面设施及生产运营的一体化投资成本优化与效益评价流程。通过这一流程，确保各环节之间的紧密衔接和协同作业，共同推动非常规油气资

源经济评价的科学性和合理性。

2.2 评价模型构建方法

构建非常规油气资源经济评价模型时，可以采用以下方法：

2.2.1 现金流法

现金流法是经济评价中最基础且最常用的方法之一，其核心在于通过计算项目未来各期的现金流，进而评估项目的经济效益。具体来说，现金流法主要包括净现值（NPV）和内部收益率（IRR）两个关键指标。净现值（NPV）是指项目未来现金流的折现值与初始投资之间的差额。在计算NPV时，首先需要确定一个合适的折现率，该折现率应反映项目的风险水平和资金成本。然后，将项目未来各期的现金流按照折现率进行折现，并求和得到折现值。最后，将折现值与初始投资相减，即可得到NPV。若NPV大于0，说明项目具有经济效益；若NPV小于0，则项目不具备经济效益^[3]。内部收益率（IRR）是指使得项目未来现金流的折现值与初始投资相等的折现率。IRR反映了项目本身的盈利能力，不受市场利率变化的影响。在计算IRR时，通常需要采用试错法或插值法来求解。若IRR高于企业的资本成本或行业平均水平，说明项目值得投资；反之，则项目不具备投资价值。

2.2.2 敏感性分析

敏感性分析是一种用于评估项目风险水平的方法。在非常规油气资源经济评价中，由于油价、投资、产量等关键参数存在不确定性，因此需要通过敏感性分析来考察这些参数变化对评价结果的影响。具体来说，敏感性分析可以通过改变关键参数的值，重新计算项目的经济效益指标（如NPV、IRR），并观察这些指标的变化情况。通过敏感性分析，可以识别出对项目经济效益影响较大的关键参数，从而在项目决策和实施过程中给予重点关注和管理。

2.2.3 风险评估方法

除了敏感性分析外，还可以采用其他风险评估方法来定量评价项目的风险水平。其中，蒙特卡洛模拟方法是一种常用的风险评估方法。该方法通过模拟项目未来可能的各种情况，并计算每种情况下的经济效益指标，从而得到项目经济效益的概率分布。通过蒙特卡洛模拟，可以更加全面地评估项目的风险水平，并为项目决策提供更加可靠的依据。此外，S曲线分析方法也是一种有效的风险评估方法。该方法通过绘制项目累计产量或累计现金流的S曲线，来直观展示项目的风险情况。通常来说，S曲线越陡峭，说明项目风险越大；反之，则项目风险越小。

3 非常规油气资源经济评价模型应用分析

3.1 应用示例——以某页岩气开发项目为例

3.1.1 项目概况

该项目位于国内某页岩气富集区，储层条件优越，页岩气资源量丰富，具有较高的开发潜力。项目计划采用水平井钻井和水力压裂技术进行开发，旨在实现页岩气资源的商业化利用。根据项目地质勘探结果，该区域页岩气储层平均孔隙度为8%，渗透率为0.1mD（毫达西），储层厚度为50米，分布面积约为10平方公里。

3.1.2 数据收集与处理

为确保经济评价的准确性和可靠性，项目团队收集了详尽的地质、工程和经济数据，并进行了系统处理。具体数据如下表所示：

表1 项目基本概况及评价参数

数据类型	具体参数
地质数据	孔隙度：8%
	渗透率：0.1mD（毫达西）
	厚度：50米
	面积：10平方公里
	总储量：100亿立方米（估算）
工程数据	钻井成本：6000万元/口（水平井）
	压裂成本：4000万元/口（含材料、设备、人工等费用）
	地面建设成本：2亿元（含集输、处理、储存等设施）
	运营成本：0.5亿元/年（含维护、修理、管理等费用）
经济数据	油价：假设为60美元/桶（参考国际油价，按一定比例转换为天然气价格）
	天然气价格：假设为2.5元/立方米（根据当地市场情况调整）
	税率：假设为20%（包括各种税费和附加费）
其他数据	折现率：8%（行业基准收益率）
	开发周期：10年（假设）
	年产量预测（基于不同方案）：方案一第一年1亿立方米，逐年递减；方案二第一年1.2亿立方米，逐年递减；方案三第一年0.8亿立方米，逐年递减（根据产量预测模型得出）

3.1.3 开发方案概述

针对该项目，项目团队设计了三种不同的开发方案，旨在通过对比分析选出最优方案。

方案一：采用常规水平井钻井和水力压裂技术，井间距较大，压裂级数较少。

方案二：采用优化后的水平井钻井和水力压裂技术，井间距适中，压裂级数较多，旨在提高单井产量和采收率。

方案三：采用更为密集的水平井布局 and 高级压裂技术，井间距较小，压裂级数最多，但初期投资较大。

3.1.4 模型应用

项目团队将处理后的数据输入到构建的经济评价模型中，进行了详细的计算和分析。

(1) 参数输入：一是储量参数：根据地质勘探结果，输入页岩气总储量和可采储量。二是成本参数：包括钻井成本、压裂成本、地面建设成本、运营成本等，按年度分摊到模型中。三是收益参数：根据油价和天然气价格，计算每年的销售收入，并扣除税费和附加费。

(2) 模型计算：利用现金流量法，计算项目未来10年的现金流。根据折现率，将未来现金流折算为现值，计算净现值（NPV）和内部收益率（IRR）。同时，进行敏感性分析，分析油价、投资、产量等关键参数的变化对经济效益指标的影响。

3.1.5 结果对比与选择

(1) 经济效益分析：项目团队计算了三种开发方案下的经济效益指标，并进行了对比：

表2 不同方案经济效益评价结果

开发方案	净现值 (NPV, 亿元)	内部收益率 (IRR, %)
方案一	2.0	10.5
方案二	3.5	16.0
方案三	2.8	14.0

通过对比发现，方案二的经济效益最佳，净现值最高，内部收益率也最高。方案一虽然初期投资较少，但单井产量和采收率较低，导致整体经济效益不佳。方案三虽然单井产量和采收率较高，但初期投资过大，导致净现值低于方案二。因此，项目团队选择了方案二作为最终的开发方案。

(2) 敏感性分析：项目团队还进行了敏感性分析，以评估油价、投资、产量等关键参数的变化对经济效益指标的影响：

通过敏感性分析发现，油价是影响项目经济效益的关键因素之一。油价上涨将显著提高项目的净现值和内部收益率，而油价下跌则会导致经济效益下降。此外，投资和产量的变化也会对经济效益产生一定影响。因此，项目团队建议密切关注国际油价走势，及时调整开发策略，并优化投资和产量计划。

(3) 风险评估：项目团队还利用蒙特卡洛模拟方法对项目的风险水平进行了定量评估。通过模拟不同情景下的油价、投资、产量等参数变化，计算了项目经济效益指标的概率分布和累计概率分布。结果显示，项目存在一定的资源风险和技术风险，但总体风险可控。项目

团队建议加强地质勘探和资料解释工作，提高储量评估的准确性；同时优化钻井和压裂设计，提高施工效率和质量，降低工程事故风险。

表3 项目方案敏感性分析

参数变化	变化幅度	方案二净现值 变化 (%)	方案二内部收益 率变化 (%)
油价	+10%	+16%	+2.5%
	-10%	-14%	-3.0%
投资	+10%	-9%	-1.5%
	-10%	+11%	+2.0%
产量	+10%	+13%	+2.0%
	-10%	-11%	-2.0%

3.1.6 案例总结

通过应用构建的经济评价模型，项目团队为某页岩气开发项目的合理开发提供了科学依据。通过对比不同开发方案的经济效益指标、进行敏感性分析和风险评估，项目团队选择了最优的开发方案（方案二），并提出了针对性的风险管理建议。这将有助于降低投资风险、提高资源利用效率、实现可持续发展。

3.2 应用效果

通过应用构建的经济评价模型，可以为非常规油气资源的合理开发提供科学依据。具体效果包括：①优化开发方案：通过对比不同开发方案下的经济效益指标，选择最优开发方案。②降低投资风险：通过风险评估方法定量评价项目的风险水平，为投资者提供决策参考。③提高资源利用效率：通过全生命周期优化理念和一体化统筹管理评价，提高资源利用效率 and 经济效益。

结语

本文在分析非常规油气资源特征的基础上，探讨了经济评价模型的构建方法，并分析了其在实际应用中的效果。通过构建适合非常规油气资源特点的经济评价模型，可以为非常规油气资源的合理开发提供科学依据。未来，随着非常规油气资源开发技术的不断进步和市场化水平的提高，经济评价模型也将不断完善和优化，为非常规油气资源的可持续开发提供更加精准和可靠的决策支持。

参考文献

[1]孙金凤,胡祥培.非常规油气资源开发投资决策优化模型研究[J].运筹与管理,2019,28(06):1-10.
[2]刘新建,吴磊,许琦.基于大数据分析油气资源开发及数据挖掘的模型研究[J].软件,2023,44(11):115-117.
[3]柳庄小雪,郑民,于京都,等.油气资源评价中石油运聚系数的量化分析与预测模型[J].海相油气地质,2021,26(01):35-42.