

文章编号: 1004-4051(2024)01-0061-07

DOI: 10.12075/j.issn.1004-4051.20230159

“三类六区”单井效益评价方法在 油田配产中的应用

刘畅, 张宇, 张蔓, 陈程, 彭梦芸

(中国石油新疆油田公司勘探开发研究院, 新疆 克拉玛依 834000)

摘要: 油气田上游企业单独配置产量与成本造成资源配置长期不均衡的现象, 传统按油井能力配产已无法满足油田高质量、可持续发展的需求, 投资、成本、产量等资源如何合理配置是油田生产经营中需要解决的难题。为此, 以油井为单元建立“三类六区”效益评价方法, 引入最低变动成本识别无效益产量, 在此基础上通过最低变动成本及单井效益贡献值的统一优化排序, 利用盈亏平衡、成本最低及利润最大三种模型测算经济产量规模, 以指导高成本及无效益产量进行效益优化, 提出分类治理措施。此研究应用于制定 XJ 油田效益配产方案, 基于油田能力配产方案及成本预算方案, 以油田盈亏平衡产量、成本最低产量及利润最大产量为参考, 调整产量规模、优化配置成本, 得到量效兼顾产量方案, 为油田生产经营决策提供依据。

关键词: 单井; 效益评价; 最低变动成本; “三类六区”; 效益配产

中图分类号: TD-9 **文献标识码:** A

Application of “three types and six areas” single well benefit evaluation method in oilfield production allocation

LIU Chang, ZHANG Yu, ZHANG Man, CHEN Cheng, PENG Mengyun

(Research Institute of Exploration and Development, PetroChina Xinjiang Oilfield Company, Karamay 834000, China)

Abstract: The long-term imbalance in resource allocation caused by the separate allocation of production and costs by upstream oil and gas field enterprises has resulted in the traditional allocation of production based on the capacity of oil wells being unable to meet the needs of high-quality and sustainable development of oilfield. How to rationally allocate resources such as investment, cost, and production is a difficult problem that needs to be solved in the production and operation of the oilfield. To this end, a “three types and six areas” benefit evaluation method is established based on oil wells, and the lowest variable cost is introduced to identify ineffective production. On this basis, through the unified optimization ranking of the lowest variable cost and the benefit contribution value of a single well, the economic production scale is calculated using the three models of breakeven, lowest cost, and maximum profit, to guide the benefit optimization of high cost and ineffective production, and classified governance measures are proposed. This study is applied to the formulation of the benefit production allocation plan for XJ Oilfield. Based on the oilfield capacity production allocation plan and cost budget plan, with the oilfield’s breakeven production, lowest cost production, and maximum profit production

收稿日期: 2023-03-15 责任编辑: 刘硕

基金项目: 中国石油科技重大专项“中高渗油田水驱进一步提高采收率关键技术研究”资助(编号: 2021DJ1202)

第一作者简介: 刘畅(1994—), 女, 汉族, 新疆克拉玛依人, 硕士, 工程师, 主要从事油气田开发及经济评价研究工作, E-mail: LiuChang_1214@163.com。

引用格式: 刘畅, 张宇, 张蔓, 等. “三类六区”单井效益评价方法在油田配产中的应用[J]. 中国矿业, 2024, 33(1): 61-67.

LIU Chang, ZHANG Yu, ZHANG Man, et al. Application of “three types and six areas” single well benefit evaluation method in oilfield production allocation[J]. China Mining Magazine, 2024, 33(1): 61-67.

as a reference, adjust the production scale, optimize the allocation cost, and obtain a yield plan that takes into account both quantity and efficiency, providing a basis for oilfield production and operation decisions.

Keywords: single well; benefit evaluation; lowest variable cost; “three types and six areas”; benefit based production allocation

长期以来,油气田企业都将产量任务作为衡量生产经营水平的刚性指标^[1],产量与成本单独配置,造成资源配置不均衡的现象。某些采油单位配置产量指标过高,为达成产量指标,成本居高不下;某些采油单位产量任务轻松完成,结余大量成本^[2],产量与成本的不合理配置损害着油田长期效益;另外,油田企业成本控制难度越来越大,面临的降本增效压力也日渐加剧^[3];与此同时,致密油及页岩油等非常规油气开发使得投资大幅度增加。在此形势下,如何合理配置产量和成本,实现油田效益最大化,将企业管理模式由重产量向重效益转变,成为油田高质量发展需要解决的问题。

将配产单元明确界定为油井^[4],基于“三类六区”单井效益评价方法,进行产量优化配置,从盈亏平衡、成本最低及利润最大角度得到合理经济产量规模,从而实现产量与成本的有效联动,针对低效及无效益产量开展分类施策,对于改善油田开发效益具有一定指导作用^[5-7]。

1 “三类六区”效益分类方法

1.1 指标体系

以往油田生产作业过程中成本的最小层级是基本运行费,而基本运行费能够根据随产量变动而发生变化的相关性进一步划分,目前成本向最小核算单元单井进行细化,以最低变动成本为最小层级(图1)。“三类六区”评价标准提出最低变动成本线,从维持油井生产的操作成本中剥离出与开井直接相关的动力费、油气处理费、稠油热采费及天然气净化费,作为判别油井有无效益的标准,从而以油井产

量直接发生的各项成本来精确定位无效益产量。最低运行费则是在最低变动成本基础上考虑直接材料费、直接燃料费、驱油物注入费、拉油费及维护性井下作业费等基本运行费中相对变动部分,属于油井生产过程中增量成本,同样与产量直接相关。

“三类六区”效益评价方法将各作业过程中包含的人员费用剔除出来,统一归集至油气生产下的人工成本,与财务口径相一致,从而将效益评价与财务、经营管理结合得更加紧密,效益配产结果更加可行和严谨。

1.2 分类标准

按照对油气田企业效益贡献大小的原则,可将单井效益划分为“三类六区”。“三类”是以完全成本及最低变动成本线将油井划分为有效益类、边际效益类及无效益类。完全成本低于税后油价为有效益类,有效益类产量能够产生利润;税后油价介于完全成本与最低变动成本之间为边际效益类,边际效益类产量无法盈利,但能够高于维持油井正常生产的成本部分,具有效益贡献;而税后油价低于最低变动成本为无效益类(表1),有效益类产量和边际效益类产量构成效益产量配置基础。“六区”是指针对边际效益类产量,进一步将税后油价与生产成本、操作成本、基本运行费、最低运行费及最低变动成本五条成本线进行对比,以油井收入能否摊薄公司级期间费用、折旧折耗、生产过程中的人工成本、油井生产中相对固定成本及相对变动成本,体现油井不同级别的边际贡献,由此将边际效益类和无效益类产量划分为六个区间。

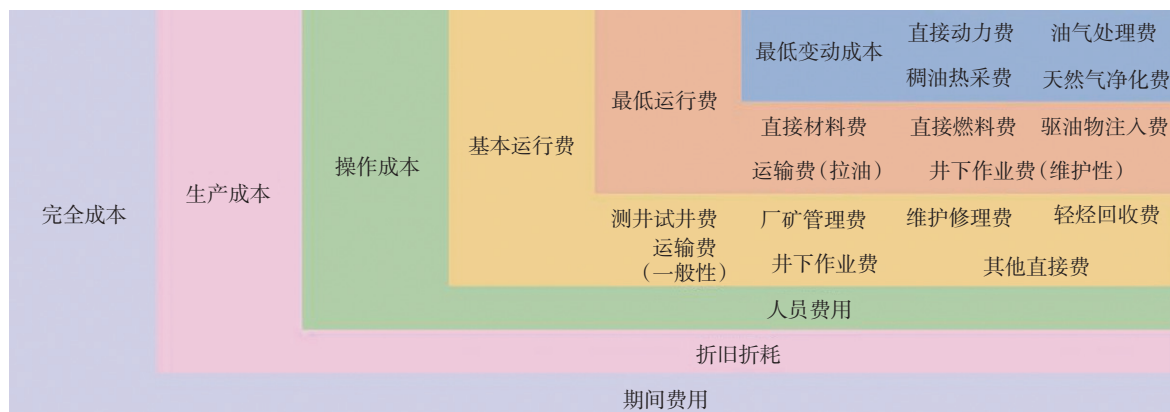


图1 分级成本构成

Fig. 1 Components of tiered cost

表1 “三类六区”单井效益评价分类标准

Table 1 “Three types and six areas” single well benefit evaluation classification standard

三类	六区	判别标准	含义
有效益类	—	税后油价>完全成本	能够收回全部成本,产生利润
	公司级边际效益	完全成本>税后油价>生产成本	不能产生利润,但能摊薄公司级销售及管理费用、人工成本等固定成本
	厂级边际效益	生产成本>税后油价>操作成本	不能产生利润,但能摊薄折旧折耗
边际效益类	作业区级边际效益	操作成本>税后油价>基本运行费	不能产生利润,但能摊薄生产过程中的人工成本
	区块级边际效益	基本运行费>税后油价>最低运行费	不能产生利润,但能摊薄操作及维持油井生产中的相对固定成本
	井组级边际效益	最低运行费>税后油价>最低变动成本	不能产生利润,能够收回油井生产直接相关的相对变动成本
无效益类	无效益类	税后油价<最低变动成本	连维持油井正常生产的最低变动成本都无法收回,无任何效益

2 效益配产方法

2.1 基本原理

“三类六区”法对单井效益的评价结果是配置油田合理产量规模的基础,效益配产通常包含四个步骤:①依托历史效益评价结果,分别预测老井(自然递减、措施)、新井产量;②以单井分类预测产量为依据,以历年实际成本核算数据为基础进行成本预测;③基于“三类六区”单井效益评价结果,将油井按最低变动成本及单井贡献值进行排序,利用盈亏平衡、成本最低及利润最大模型确定经济产量规模,制定效益配产方案;④针对高成本及无效益产量进行效益优化,提出分类治理措施,调整产量成本配置方案。

2.2 配置产量

各生产单位考虑所属区块不同油藏类型生产规律,老井、新井、措施井生产能力等因素,按照产量构成法进行配产,优先配置新井及措施产量,其中新井以产能计划最大产能为目标,分别配置当年新井产能及贡献率、上年投产井产能及到位率;措施井参照历年措施产量占未措施产量比重,确定措施工作量;老井则通过上年末标定产量情况,应用递减曲线法预测当年老井产量,得到产量初步配置方案。

依托历史效益评价结果,进一步优化配产方案,对于不同效益类型生产单位调整递减率取值,最终制定出“量效兼顾”配产方案。

1)有效益产量占比高的生产单位在考虑潜力前提下递减取值收紧。对于有效益产量占比高的生产单位,适当收紧递减率提升产量,在同样的固定成本规模下配置更多产量,能够避免成本等投入的资源浪费。例如效益一类采油厂在近五年递减率基础上考虑适当减小递减率。

2)生产规律平稳且有一定稳产能力的生产单位

采用近两年平均或目前规模递减。有一定稳产能力的生产单位可保持目前规模,保持效益平稳;例如效益二类采油厂以近五年递减率均值为参考确定当年递减率,或延续采用上年递减率,保持平稳生产。

3)近年稳产基础减弱且后期稳产措施和能力不足的生产单位考虑适当加大递减。对于产出不足以收回最低变动成本部分的产量,或者能够收回最低变动成本而不足以收回全部固定成本的产量,增加产量只会造成成本投入增大,而无法贡献效益,可以考虑适当加大递减力度,减小产量规模,从而降低其增量成本,减少亏损。例如效益三类采油厂可考虑在近五年递减率基础上适当增大递减率,减少低效无效益产量对应的投入。

2.3 配置成本

成本预测基于成本动因法,把成本与发生成本的各项开发指标联系起来,据此进行成本分析^[8]。首先,明确油气生产过程中可能导致成本发生变动的生产因素,主要包括开井数、产油量、产气量、产液量、注水量等;其次,将基本运行费中各项成本依次与以上生产因素进行相关性分析,若具有较高 Pearson 系数,即认为与之具有较强的相关性,则将该项生产因素作为此项成本的主控因素。

以 XJ 油田某水驱开发油藏为例,将采出作业费依次与开井数、注水量、产油量、产液量进行相关性分析(图 2),计算采出作业费与开井数、注水量、产油量及产液量的 Pearson 系数分别为 0.81、0.41、0.44、0.44,由此确定采出作业费与开井数具有较强的相关性。以此类推,建立其他各项成本与生产参数间的相关关系,得到该油藏基本运行费各项成本的回归预测模型(表 2)^[9-10]。由表 2 可知,采出作业费、井下作业费、测井试井费、维护修理费及运输费均以开井数为成本主控因素;轻烃回收费与产油量相关;油

气处理费与产液量相关;驱油物注入费与注入量相关;天然气净化费与产气量相关。其他区块不同类

型油藏同样可按照此方法得到基本运行费回归预测模型。

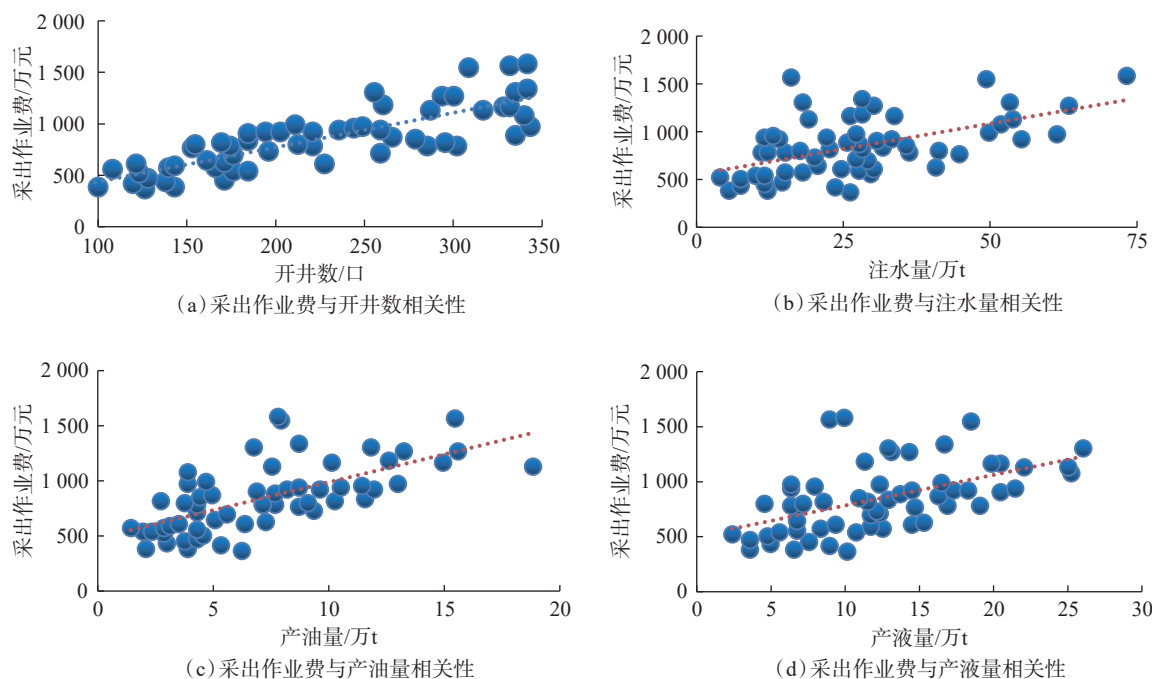


图2 采出作业费与各项生产参数相关性分析

Fig. 2 Correlation analysis of production cost and various production parameters

表2 XJ油田某水驱开发油藏成本回归预测模型
Table 2 Regression prediction model of reservoir cost regression for waterflooding development in XJ Oilfield

基本运行费项目	回归模型
采出作业费	$y_1=11.559x_1+3.556\ 6$
驱油物注入费	$y_2=15.284x_4+0.038\ 4$
井下作业费	$y_3=10.535x_1+6.592\ 2$
测井试井费	$y_4=2.216x_1+0.142\ 2$
维护修理费	$y_5=2.727x_1+0.629\ 5$
油气处理费	$y_7=6.083x_3+0.144\ 0$
轻烃回收费	$y_8=0.330x_2+0.007\ 6$
天然气净化费	$y_9=0.014x_5-0.184\ 9$
运输费	$y_{10}=2.830x_1+0.120\ 2$

其基本运行费总额与开发指标关系见式(1)。

$$A=29.87x_1+0.33x_2+6.08x_3+15.28x_4+0.01x_5+11.05 \quad (1)$$

式中: A 为基本运行费, 万元; x_1 为开井数, 口; x_2 为产油量, 万 t; x_3 为产液量, 万 t; x_4 为注入量, 万 t; x_5 为产气量, 亿 m³。

以单井配产为主要依据, 以历年实际成本核算数据为基础, 结合标准成本和业务预算, 考虑次年成本增减动因进行成本预测, 按照“差异化配置不同项目成本”原则, 确定成本需求方案。

2.4 确定经济产量规模

基于“三类六区”法评价结果, 在油田内部打破生产单位、油藏类型、油品的界限, 对油田所辖的全部单井按照最低变动成本由低到高、单井贡献值由高到低可得到盈亏平衡产量、成本最低产量及利润最大产量。结合不同的经济环境, 在保证油田产量规模的前提下, 结合效益排序情况, 可对各单位进行效益产量合理分配。

1) 盈亏平衡产量。油田盈亏平衡产量即收支平衡时的产量^[11-13], 只有处于盈亏平衡点以上的产量才是能够产生利润的有效益产量, 经济产量规模下限应为盈亏平衡产量, 计算见式(2)。

$$\sum_{i=1}^n (q_i \times p_i \times I - vc_i) = f_c \quad (2)$$

式中: q_i 为第 i 口油井的产量, 万 t; p_i 为第 i 口油井的税后原油价格, 元/t; I 为商品率, %; vc_i 为第 i 口油井的变动成本, 万元; f_c 为固定成本, 万元;

将油井按照最低变动成本由低到高排序, 以每口井扣除最低变动成本的收入减去固定成本测算累计利润, 则累计利润大于 0 的点为盈亏平衡点, 对应累计产油量为盈亏平衡产量, 累计成本为盈亏平衡成本。

2) 成本最低产量。根据成本理论, 一般单位成

本是随生产规模的扩大表现为递减趋势的函数。随着油田产量的增加,单位成本一般是趋于下降的,即存在最低成本^[14],超过该产量后,单位成本随产量增加表现为递增趋势,该产量即为成本最低产量,计算见式(3)。

$$\min C = \frac{(\sum_{i=1}^n q_i \times I \times v_{ci} + f_c)}{\sum_{i=1}^n q_i \times I} \quad (3)$$

式中: C 为单位成本, 元/t; q_i 为第 i 口油井的产量, 万 t; I 为商品率, %; v_{ci} 为第 i 口油井的变动成本, 万元; f_c 为固定成本, 万元。

将油井按照最低变动成本由低到高排序, 以固定成本与每口井最低变动成本求和计算累计完全成本, 并依次累加产油量, 对累加产油量部分计算单位完全成本, 成本最低时对应累计产油量即为成本最低产量。

3) 利润最大产量。利润最大产量是在单井贡献值(式(4))排序基础上, 扣除固定成本得到最大利润时对应产量(式(5))。单井贡献值是指油井的税后收入扣除单井变动成本的数值, 直接反映了某口井对油田整体效益的贡献情况^[15]。

$$G_{welli} = Q_i \times p \times I - v_{ci} \quad (4)$$

$$P = \max(\sum_{i=1}^n G_{welli} - f_c) \quad (5)$$

式中: G_{welli} 为第 i 口油井年贡献值, 万元; Q_i 为第 i 口油井年产量, 万 t; p 为税后价格, 元/t; I 为商品率, %; v_{ci} 为第 i 口油井的变动成本, 万元; P 为利润, 万元; f_c

为固定成本, 万元。

最终综合边际成本上升幅度及当期利润, 最佳经济产量应当介于成本最低与利润最大产量区间。

3 应用实例

3.1 油田基本情况

以 XJ 油田为例, 参与评价单元 136 个, 共 36 595 口油井, 总产油量 1 399 万 t, 其中, 新井产量 201 万 t, 措施井产量 62 万 t, 自然递减老井产量 1 167 万 t; 常规稀油产量占比为 46%, 非常规稀油占比为 25%, 稠油占比为 29%。

在预测产量方案基础上, 按照成本动因法建立的分区块成本预测模型对成本进行预测, 得到基本运行费 81.76 亿元, 人员费 44.59 亿元, 完全成本 336 亿元。

3.2 评价参数

根据 XJ 油田开发的实际情况, 结合现行财税价格政策, 确定评价参数: 原油价格按照国际油价 60 \$/bbl 测算; 原油和天然气商品率分别为 99.1%、95.0%; 城市维护建设税、教育费附加分别以增值税为税基, 按 7%、5% 计算; 资源税税率 5%; 综合销售及管理费用、财务费用、勘探费用及其他费用, 确定期间费用为 516 元/t。

3.3 “三类六区”产量分类结果

以原油价格按照国际油价 60 \$/bbl 计算, 能够收回完全成本的有效益类产量 1 068 万 t, 占比 76%; 无法收回最低变动成本的无效益类井 3 367 口, 产量为 18 万 t, 占比 1%(表 3)。

表 3 XJ 油田 2022 年“三类六区”评价结果

Table 3 Evaluation results of “three types and six areas” in XJ Oilfield in 2022

序号	效益类别	产量/万 t	产量占比/%
1	有效益类井	1 068	76
2	公司级边际效益	96	7
3	厂级边际效益	142	10
4	作业区级边际效益	51	4
5	区块级边际效益	16	1
6	井组级边际效益	8	1
7	无效益类井	18	1
8	合计	1 399	100

占比 1% 的无效益产量完全成本为 20.51 亿元(图 3), 占油田完全成本的 6%, 可通过分类治理措施、优化工艺技术; 加强成本对标分析, 加强成本管控^[16]; 产量与效益角度双管齐下的手段, 来减少无效益产量, 促进效益升级。具体来看, 稠油油藏无效益产量占比 86.6%, 稀油油藏无效益产量占比 13.36%, 稠油

井无效原因主要是进入“双高”阶段, 注汽效率差, 蒸汽波及效率低, 窜扰严重及原生条件差、非均质性导致, 可通过调整热采政策、加大措施投入、控关低效益井及开展试验等方式进行提效; 稀油井无效原因主要是注采连通性差、注水见效性差等, 可通过间开控关, 开展重大试验、加密挖潜、扩边挖潜、调

剖堵水等手段提效。另外,可建立不同开发方式成本典型井,即以“成本驱动因素”为理论依据,对发生成本进行分解,建立符合生产实际,涵盖各作业过程、各成本要素的消耗标准,确定标准成本,以实现成本精细对标、快速识别低效益井和无效益井、动态调整预算、深化全面预算管理。

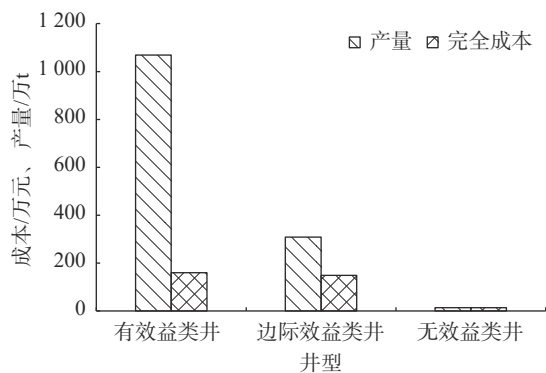


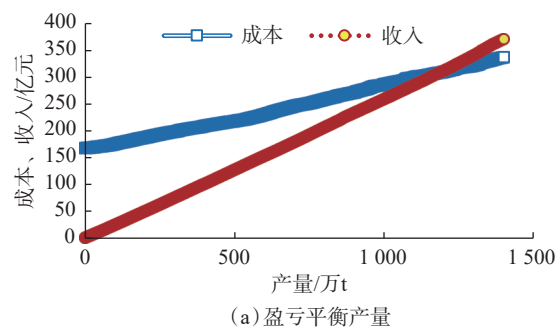
图3 不同效益类别井产量及完全成本分布

Fig. 3 Well production and full cost distribution for different benefit categories

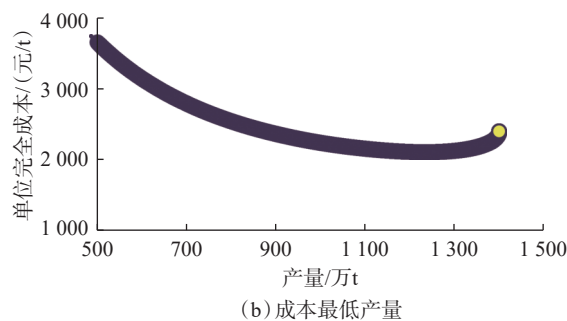
3.4 经济产量规模

在 60 \$/bbl 原油价格下,该油田盈亏平衡产量为 1 184 万 t;按单井最低变动成本由低到高排序,成本最低产量为 1 207 万 t,对应最低完全成本为 2 113 元/t;按单井利润贡献值由高到低排序,利润最大产量为 1 275 万 t,可实现最大利润为 69 亿元(图 4)。油田经济产量规模应当介于成本最低与利润最大产量即 1 207 万~1 275 万 t 之间,同时可结合经济环境确定配产方案,高油价下抵御风险能力强,可考虑采用利润最大产量,适当扩大产量规模,重在盈利;低油价下应以保守产量成本最低产量为主,避免低收入无法弥补增产投入,以完全成本最低为目标,减少亏损;长期稳定油价下,应靠近单位成本最低产量,以获得最大累计利润。

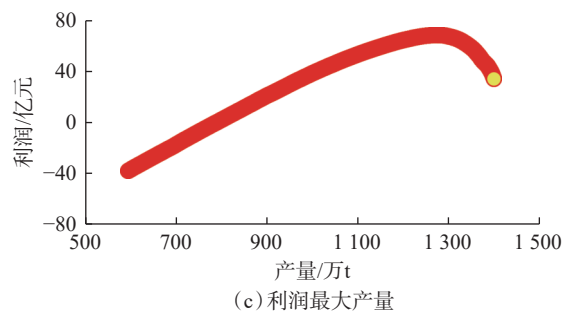
XJ 油田以经营利润最大化为目标,将利润最大产量规模 1 275 万 t 作为当年效益配置产量,对应固定成本 143.4 亿元,并可以利润最大产量规模作为成本优化基础,即根据效益分类结果,按照“无效益变有效益”的原则,对于无法收回最低变动成本的无效益类井提效配置来优化成本需求,优化得到完全成本 315.5 亿元,可贡献利润 69.1 亿元。当年原油实际产量 1 413 万 t,完全成本 363.4 亿元,实现利润总额 175.8 亿元,与效益配产方案相比实际产量增加 138 万 t,主要原因为油价上涨背景下,新井大规模建产,折旧折耗大幅增加;为夯实老区稳产,措施投入增加,基本运行费涨幅明显。



(a) 盈亏平衡产量



(b) 成本最低产量



(c) 利润最大产量

图4 三种经济产量模型

Fig. 4 Three models of economic production

4 结论与建议

1)“三类六区”法提出直接动力费、油气处理费、天然气净化费、稠油热采费构成的最低变动成本线来区分边际效益产量与无效益产量,精准聚焦无效益产量成本动因;同时各作业过程中包含的人员费用统一归集在直接人员费中,实现效益配产与财务口径的一致性,具有可操作性。

2)通过将成本与开发指标建立多因素相关性分析模型,建立各成本项目与开井数、产油量、注入量、产液量、产气量等成本动因相关关系,基于定量关系配置各评价单元基本运行费细项,各项成本动因的明确使得成本分摊及归集更加合理,为准确的效益评价结果奠定了基础。

3)面对不同经济环境制定不同经济产量规模配置策略,高油价下应以利润最大产量为主,重在盈利与发展;低油价下应以成本最低产量为主,重在减亏与生存;稳定油价下应靠近最低单位成本产量,其长期累计利润最大。

4)应用实例表明,研究不同油价下产量、成本之间关系,合理配置产量与成本,对于指导油田生产经营,提高油田整体开发效益具有重要作用。

参考文献(References):

- [1] 李映雪. 产量成本配置效益最优决策体系构建研究: 以中石化西北油田分公司为例[D]. 成都: 西南石油大学, 2016.
- [2] 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[J]. 国际石油经济, 2011, 19(7): 90-93, 112.
LIU Bin, GUO Fujun, XIE Yanyan. Research on oilfield benefit production allocation method based on single well benefit evaluation[J]. International Petroleum Economics, 2011, 19(7): 90-93, 112.
- [3] 黄宝. 油田企业区块效益评价体系研究[D]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2014.
- [4] 许艳, 刘斌. 辽河油田效益风险管控模式的创建与应用[J]. 国际石油经济, 2017, 25(10): 99-107.
XU Yan, LIU Bin. Establishment and application of benefit-risk management and control model in Liaohe Oilfield[J]. International Petroleum Economics, 2017, 25(10): 99-107.
- [5] 王卫华, 赵颖文, 张豪. 油区单井经济效益分类评价探讨[J]. 西南石油大学学报(社会科学版), 2009, 2(6): 17-20, 128.
WANG Weihua, ZHAO Yingwen, ZHANG Hao. Discussion on classification and evaluation of economic benefit of single well in Oil Field[J]. Journal of Southwest Petroleum University(Social Sciences Edition), 2009, 2(6): 17-20, 128.
- [6] 秦莉, 董蔚凯, 马思远, 等. 准噶尔盆地油气开发投资规律及效益分析[J]. 新疆石油地质, 2013, 34(6): 726-729.
QIN Li, DONG Weikai, MA Siyuan, et al. Investment law and benefit analysis of oil and gas development in Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2013, 34(6): 726-729.
- [7] 张宇, 王剑峰, 向前, 等. 克拉玛依油田二次开发经济效益评价方法[J]. 新疆石油地质, 2010, 31(5): 551-553.
ZHANG Yu, WANG Jianfeng, XIANG Qian, et al. Evaluation method of economic benefit of secondary development of Karamay oilfield[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2010, 31(5): 551-553.
- [8] 李秀生, 王灵碧. 油气操作成本动因分类方法研究[J]. 天然气工业, 2008(1): 146-148, 179.
LI Xiusheng, WANG Lingbi. Research on the classification method of oil and gas operating cost drivers[J]. Natural Gas Industry, 2008(1): 146-148, 179.
- [9] 李萍, 毛琼, 王新颖, 等. 基于多元线性回归分析的操作成本预测模型建立与应用[J]. 石油规划设计, 2018, 29(3): 33-37, 52.
LI Ping, MAO Qiong, WANG Xinying, et al. Establishment and application of operational cost forecasting model based on multiple linear regression analysis[J]. Petroleum and New Energy, 2018, 29(3): 33-37, 52.
- [10] 李丰, 张晓辉, 曲德斌, 等. 基于主成分回归模型的水驱油田操作成本预测[J]. 石油天然气学报, 2012, 34(9): 136-139.
LI Feng, ZHANG Xiaohui, QU Debin, et al. Prediction of operation cost of water drive oilfield based on principal component regression model[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2012, 34(9): 136-139.
- [11] 刘萌萌. 油田企业单井效益评价研究[D]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2016.
- [12] 苏波, 钱敏, 姜均, 等. 产量盈亏平衡分析法及其在油藏经营管理中的应用[J]. 石油科技论坛, 2012, 31(4): 30-33.
SU Bo, QIAN Min, JIANG Jun, et al. Production break even analysis method and its application in reservoir management[J]. Petroleum Science and Technology Forum, 2012, 31(4): 30-33.
- [13] 孟新. 油田不同开发阶段经济产量确定方法研究[J]. 中国矿业, 2022, 31(6): 30-34.
MENG Xin. Study on the determination method of economic production in different stages of oilfield development[J]. China Mining Magazine, 2022, 31(6): 30-34.
- [14] 刘斌. 油田经济规模产量计算方法[J]. 断块油气田, 2010, 17(4): 466-468.
LIU Bin. Calculation method of economic scale production of oilfield[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2010, 17(4): 466-468.
- [15] 郭福军. 油田效益产量计算方法探讨[J]. 石油科技论坛, 2018, 37(6): 36-39.
GUO Fujun. Discussion on the calculation method of oilfield benefit production[J]. Petroleum Science and Technology Forum, 2018, 37(6): 36-39.
- [16] 李晗, 郭福军. 油田无效井治理效果跟踪评价指标体系探讨[J]. 石油科技论坛, 2019, 38(4): 42-50.
LI Han, GUO Fujun. Discussion on tracking and evaluation index system of treatment effect of ineffective wells in Oilfield[J]. Petroleum Science and Technology Forum, 2019, 38(4): 42-50.