

文章编号:1673-5005(2006)04-0137-03

单井增产措施决策模型研究

韩 民

(中国石油大学 经济管理学院, 山东 东营 257061)

摘要:当油气田生产进入开发中后期阶段时,为了减缓原油产量的递减,需要不断地对油井实施增产措施。而选择适宜时机进行措施作业,是控制成本、提高效益的重要手段之一。如果把措施费用看作一项投资,则投资回收是判断增产措施是否可行的依据。从经济学的角度对增产措施的成本和收益进行了分析,给出了实施油井增产措施的最佳时机及措施终点产量的模型。结果表明,最佳增产措施时机是油井的收益和成本相等时;构建的措施终点产量模型可用来判断该措施是否具有经济价值,从而为单井增产措施决策提供理论依据。

关键词:单井; 增产措施; 措施产量; 决策模型

中图分类号:F 045.4; F 223 **文献标识码:**A

Study on decision-making model of single well stimulation

HAN Min

(College of Economic Administration in China University of Petroleum, Dongying 257061, Shandong Province, China)

Abstract: When the oil-gas field production enters the development mid and late part stage, well stimulation needs to be implemented on the oil well unceasingly in order to slow down the crude oil output decreasing progressively. Choosing suitable opportunity to carry on the work is one of the important methods of controlling cost and enhancing benefit. If the measure expense is regarded as an investment, then investment recycling is the basis that can judge whether the well stimulation is feasible or not. Based on the analysis of the cost and the income of well stimulation from economic angle, the best opportunity to implement the well stimulation and an output model of measure end point were given. The results show that the best time is when the profit of well equals the cost, and the constructed model can be used for assessing whether this measure has economic value or not, which provides the theory basis for the decision-making using single well stimulation.

Key words: single well; well stimulation; measure output; decision-making model

我国大多数处于开发后期的油田企业都面临着保持产量与控制成本两大压力。根据一般规律,在油井的整个经济寿命期内,其产油量逐年递减、含水量不断上升,直至没有经济价值。为了减缓原油产量的递减和控制含水量的上升,各油田企业均采取各种增产措施,而措施费用却是一笔很大的投资,因此,选择适宜时机进行措施作业,是控制成本、提高效益的重要手段之一。对一口油井,不能无限地实施增产措施来增加其产量,如果把措施费用看作一项投资,投资回收是判断增产措施是否可行的依据。而以往对单井增产措施的研究仅仅停留在判断是否有经济产量上。笔者从经济学的角度对单井增产措

施时机、增产措施终点进行全面系统的研究,提出单井增产措施决策模型,以为决策者进行单井措施决策提供理论依据。

1 油井增产措施适宜时机分析

由于油气产量呈自然递减规律,在油井生产的整个寿命期内,原油产量随着时间的推延而逐渐减少,表现为时间的函数,而成本的上升也是时间的函数。假定任意时刻的油价为 P ,则对于任意时刻油井的收益可表示为

$$R_t = PQ(t) - C(t).$$

式中, $Q(t)$ 为油井经济寿命期内的产油量函数;

收稿日期:2005-12-05

基金项目:山东省自然科学基金资助项目(Y2003H01, Q99J02)

作者简介:韩民(1970-),女(汉族),山东郓城人,讲师,硕士,研究方向为企业管。

$C(t)$ 为油井经济寿命期内的成本函数。把油井生产期内任一生产时刻的收益看成是时间的函数,则可求出在油井整个寿命期 t_n 内的总收益为

$$R_{\text{总}} = \int_0^{t_n} R_t dt = \int_0^{t_n} [PQ(t) - C(t)] dt.$$

要使油井在整个经济寿命期内的总收益最大,可使 $R_{\text{总}}$ 的导数为零,即 $PQ(t) = C(t)$ 。

在油井的整个生产过程中,由于多次增产措施作用的结果,使得油井的产油量函数和成本函数都变成阶段函数,假定每一阶段上的产油量函数为 $Q_1(t), Q_2(t), \dots, Q_n(t)$, 而每一阶段上的成本函数则为 $C_1(t), C_2(t), \dots, C_n(t)$ 。

第一阶段收益为

$$R_1 = \int [PQ_1(t) - C_1(t)] dt,$$

第二阶段收益为

$$R_2 = \int [PQ_2(t) - C_2(t)] dt,$$

第 n 阶段收益为

$$R_n = \int [PQ_n(t) - C_n(t)] dt,$$

则油井在整个经济寿命期内的总收益 $R_{\text{总}}$ 也可表示为 n 个阶段上的收益之和,即

$$R_{\text{总}} = \sum_{i=1}^n \int [PQ_i(t) - C_i(t)] dt.$$

要使总收益最大,即上述几个阶段的和最大,就应满足每一阶段上的收益最大,即 $R_i = \int [PQ_i(t) - C_i(t)] dt$ 最大,也就是 $PQ_i(t) = C_i(t)$ 。

当 n 个阶段的每一阶段都满足 $PQ_i(t) = C_i(t)$ 时实施增产措施,可使油井在整个寿命期内的总收益最大,因此应选择油井的收益和成本相等时实施增产措施。这一结论是从经济学的角度提出的,而在实际生产过程中,则可以根据实际的生产数据以及市场当时的油价状况判断成本和收益的关系,做出是否实施增产措施的决策。

2 油井增产措施终点分析

2.1 油井增产措施的产量及费用变化规律

(1) 增产措施边际产量递减规律。从油气开采的自然规律可知,油田开发初期较厚的产层陆续投入开发,这些油层渗透性较好,含油饱和度较高,随着油层含水率的上升和开发程度的加深,能够用来释放产能的只能是一些低渗透、低含油饱和度、高含水、低品位以及一些较薄产层,其单位井次增油效果肯定会越来越差。而对注水开发的油田,如果采用提

液措施,每提 1 t 液量所增加的油量也将随着油田含水率增加而下降。因此,单位井次措施所增加的产量必然呈递减的趋势。

(2) 增产措施边际费用递增规律。随着油井措施作业技术的发展及工艺的成熟与配套,单位井次的作业费用应该呈下降趋势,但据有关统计资料,该费用反而有递增趋势。随着油田开发程度的加深,作业的难度也将不断加大,从而使作业费用有上升趋势。从另一个角度考虑,由于边际产量递减规律的作用,每增产 1 t 原油的措施费用即边际费用也必然是上升的。

(3) 措施增油边际成本递增规律。措施增油的边际投入除直接的措施费用外,还包括采出这部分措施增油的直接消耗,如原材料、集输处理、注水注气费等,即措施边际成本为吨油措施费与吨油变动成本之和。由于随含水量的上升,措施的边际费用和吨油变动成本都呈上升趋势,因而措施增油边际成本必然也是上升的。

在上述规律作用下,油井增产措施的运用不是无限的,随着增产措施边际产量的下降与边际成本的上升,到达一定程度之后,措施的边际收益将小于边际成本,这时再实施增产措施是不经济的,决策者应停止对该井的措施作业。

一般油井可以连续实施措施作业多次,但若在某点实施增产措施不能获得经济效益时,则可断定此点为经济极限点,如图 1 所示。

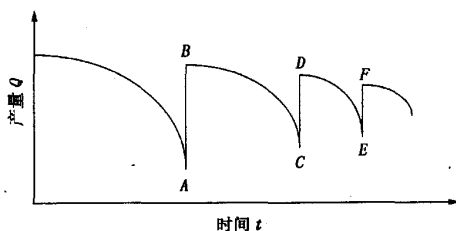


图 1 措施井的产量曲线

当产量下降,在 A 点达到投入产出平衡时,实施增产措施可以增产到 B,设该措施有效益,则会出现另一个投入产出平衡点 C;在 C 作业后又可得 D,依次为 E, F, ...。假设在 E 点作业后,投入大于可能获得的收益,即在该点作业无经济效益,则该点为经济极限点,由措施模型就可得出此时的经济产量。

2.2 增产措施极限的计算方法

(1) 实施增产措施而增加的支出。实施增产措施后必须获得一定增油量才有经济效益,设措施增油量为 ΔQ ,将措施费用看作再投资 I ,措施后因所

增油量而增加的可变成本为 ΔC_v , 所增缴税金为 ΔT_x , 则

$$\Delta C_v = \Delta Q[A_u + B_u F/(1 - F)],$$

$$\Delta T_x = \Delta Q K T_x.$$

其中

$$A_u = C_1 + C_2 M \beta / \gamma + C_3,$$

$$B_u = C_1 + C_2 M.$$

式中, C_1 为每吨产液量的油气处理费用; C_2 为每立方米水的注水费用; C_3 为每吨油提取的储量有偿使用费; M 为注采比; β/γ 为原油体积换算系数; β 为原油体积系数; γ 为原油相对密度; r 为目标利润率, %; P 为原油价格, 元/t; T_x 为税金, 元/t; F 为油井的综合含水率, %; K 为原油商品率, %。

增加的总支出为

$$\Delta C = I + \Delta C_v + \Delta T_x = I + \Delta Q[A_u + B_u F/(1 - F)] + \Delta Q K T_x.$$

(2) 实施增产措施而增加的收益。

$$\Delta R = K \Delta Q P (1 - r).$$

(3) 增产措施终点的单井产量。由 $\Delta R = K \Delta Q P (1 - r) \geq I + \Delta Q[A_u + B_u F/(1 - F)] + \Delta Q K T_x$, 得

$$\Delta Q \geq I / \{K[P(1 - r) - T_x] - [A_u + B_u F/(1 - F)]\}. \quad (1)$$

式(1)即为增产措施的经济产量。

可见, 任一次措施的增产量 ΔQ_1 要大于最低增产量 ΔQ 才有经济效益, 如果在一个投入产出平衡点上措施不能得到该最低增油量 ΔQ , 则可以认为该投入产出平衡点为经济极限点, 进而可确定该点对应的经济极限产量。

因此, 采油井增产措施决策的产量依据为

$$\Delta Q = I_t / \{K[P(1 - r) - T_x] - [A_u + B_u F/(1 - F)]\},$$

且需

$$\Delta Q_1 \leq I_{t+1} / \{K[P(1 - r) - T_x] - [A_u + B_u F/(1 - F)]\}.$$

式中, I_t 和 I_{t+1} 分别为第 t 次和第 $t+1$ 次增产措施的投资。

设第 t 次增产措施实施前的日产油量为 $Q(t)$, 第 t 次增产措施的有效期为 t_e , 则关井时油井的产油量模型为

$$Q = \Delta Q + \int_0^{t_e} Q(t) dt. \quad (2)$$

式(2)所求出的 Q 即为放弃实施增产措施时的油井产量, 决策者可根据单井增产措施的投入产出

关系判断是否具有经济价值。

应注意的是, 不同的增产措施所对应的油井应有不同的增产措施终点产量, 在应用时应视具体情况加以确定。该 Q 指标表现为具体的数值, 但其只具有参考价值, 而不能将它作为绝对的标准。

3 结论与建议

(1) 最佳增产措施时机是油井的收益和成本相等时。

(2) 建立了措施终点产量模型, 该模型可用来判断增产措施是否具有经济价值。

(3) 在实际的生产过程中, 石油生产企业可以根据生产数据用相关的软件随时监测油井的成本和收益状况, 做出是否实施增产措施以及何时停止使用增产措施的决策, 从而克服决策的盲目性。

参考文献:

- [1] 岳立, 岳登台. 老油田高含水期可采储量及增产措施经济评价方法[J]. 石油学报, 2000, 21(5): 39-44.
YUE Li, YUE Deng-tai. The economic evaluation method of recoverable reserves and stimulation measures in high water-cut maturing field[J]. Acta Petrolei Sinica, 2000, 21(5): 39-44.
- [2] 冯玉霞, 牛连峰, 朱翠琴. 用投入产出分析法确定石油经济产量规模[J]. 石油化工技术经济, 2003, 19(1): 16-19.
FENG Yu-xia, NIU Lian-feng, ZHU Cui-qin. Determining economic production scale of petroleum by input-output analysis[J]. Techno-Economics in Petrochemicals, 2003, 19(1): 16-19.
- [3] 殷爱贞, 张在旭, 黄昶生, 等. 油田产量优化的目标规划模型[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2003, 27(5): 119-121.
YIN Ai-zhen, ZHANG Zai-xu, HUANG Chang-sheng, et al. A goal programming model for optimizing output of an oilfield[J]. Journal of the University of Petroleum, China(Edition of Natural Science), 2003, 27(5): 119-121.
- [4] 李斌, 张国旗, 刘伟, 等. 年度措施产油量配产方法研究[J]. 石油学报, 2001, 22(2): 70-78.
LI Bin, ZHANG Guo-qi, LIU Wei, et al. Study of the annual measurement for oil production proration method[J]. Acta Petrolei Sinica, 2001, 22(2): 70-78.

(编辑 修荣荣)