

油田产量日、月、年递减率的关系及应用

王权鑫

大庆油田有限责任公司第一采油厂, 黑龙江 大庆 163000

摘 要:在油田开发动态分析、配产和产量规划中,常用递减率来分析预测油田的开发变化规律和未来趋势。为了快速、准确地进行油田产量预测,利用递减理论,推导了日、月、年综合递减率之间的相互关系;依据等比数列产量公式,提出折算生产天数概念。通过大量的计算、拟合,建立了递减率、月份与折算生产天数参数对照表,提出了快速、准确预测油田采油区块产量的方法,为油田日常开发管理工作提供了方便。

关键词:递减率;递减天数;产量预测

DOI:10. 3969 /j. issn. 1006 - 5539. 2016. 02. 011

0 前言

油田产量递减率是反应油田变化趋势的一项重要指标,是开发生产管理和油田调整的重要依据。因此油田产量递减率的概念应用极其广泛,但在日常工作中常常把油田产量月递减与年递减简单定位在乘以 12 的关系,从而导致实际发生值与利用油田产量递减率求取的分月产量出现偏差,为了准确找出油田产量日、月、年递减率之间的关系,非常有必要对油田产量日、月、年递减率的关系进行理论推导。

1 油田产量递减率应用问题

在油田开发中,预测产量与评价开发效果,要用到油田产量递减率^[1],通常用到的油田产量递减率计算公式为^[2]:

$$D' = (Q^0 - Q^1) / Q^0 \quad (1)$$

式中: D' 为油田产量递减率^[3],%; Q^0 为上年年产油量,t; Q^1 为本年老井年产油量,t。

式(1)的油田产量月、年递减率之间是线性关系^[4],在实际生产中月度产油之间是非线性关系^[5],如果用式(1)预测油田开发区块下一阶段的产量,结果与实际存在一定的偏差,特别是聚合物驱油区块。聚合物驱油区块在含水下降和含水上升阶段,油井含水变化大,月产

油变化大,如果用式(1)预测产量,会产生较大的偏差。本文依据等比数列公式,推导了油田产量日、月、年递减率之间的关系^[6],并导出表格查询形式,为水聚驱快速、准确地预测油田开发区块下一阶段的产量提供了方便。

2 油田产量日、月、年递减率关系

利用日、月数据之间的等比例数列关系,求取上一年产油与当年产油量,计算出油田产量年递减率,建立起油田产量日、月、年递减率之间的关系^[7]。

已知 q_0 为日产油基数, D_r 为年递减率^[8], D_{mr} 为月递减率, D_{dr} 为日递减率。

则采用日递减率当年的日数据对应为:

$$q_0, q_0 \times (1 - D_{dr}), q_0 \times (1 - D_{dr})^2, q_0 \times (1 - D_{dr})^3, \dots, q_0 \times (1 - D_{dr})^{364}$$

采用日递减率下一年的日数据对应为:

$$q_0 \times (1 - D_{dr})^{365}, q_0 \times (1 - D_{dr})^{366}, \dots, q_0 \times (1 - D_{dr})^{729}$$

则采用月递减率当年的月数据对应为:

$$q_0 \times 30, q_0 \times (1 - D_{mr}) \times 30, q_0 \times (1 - D_{mr})^2 \times 30, \dots, q_0 \times (1 - D_{mr})^{11} \times 30$$

采用月递减率下一年的月数据对应为:

收稿日期:2015 - 11 - 16

作者简介:王权鑫(1975 -),女,黑龙江大庆人,工程师,学士,主要从事油田开发方案设计工作。

$$q_0 \times (1 - D_{mr})^{12} \times 30, q_0 \times (1 - D_{mr})^{13} \times 30, \dots, q_0 \times (1 - D_{mr})^{23} \times 30$$

从上面的每个数据序列进行分析,均为等比数列,利用等比数列求和公式,日递减方法对应上年产油量和当年产油量为^[9]:

$$Q_{n-1} = q_0 \times \frac{1 - (1 - D_{dr})^{365}}{1 - (1 - D_{dr})} \tag{2}$$

$$Q_n = q_0 \times (1 - D_{dr})^{365} \times \frac{1 - (1 - D_{dr})^{365}}{1 - (1 - D_{dr})} \tag{3}$$

月递减方法^[10]对应上年产油量和当年产油量为:

$$Q_{n-1} = q_0 \times 30 \times \frac{1 - (1 - D_{mr})^{12}}{1 - (1 - D_{mr})} \tag{4}$$

$$Q_n = q_0 \times 30 \times (1 - D_{mr})^{12} \times \frac{1 - (1 - D_{mr})^{12}}{1 - (1 - D_{mr})} \tag{5}$$

把式(2)、(3)和(4)、(5)分别代入式 $D_r = \frac{Q_{n-1} - Q_n}{Q_{n-1}}$ 则有:

$$D_r = 1 - (1 - D_{mr})^{12} = 1 - (1 - D_{dr})^{365} \tag{6}$$

对式(6)进行变形则有:

$$D_{mr} = 1 - (1 - D_r)^{\frac{1}{12}} = 1 - (1 - D_{dr})^{\frac{365}{12}} \tag{7}$$

$$D_{dr} = 1 - (1 - D_r)^{\frac{1}{365}} = 1 - (1 - D_{dr})^{\frac{12}{365}} \tag{8}$$

从式(6)、(7)和(8)可以看出三者的关系是与时间成幂指数的关系^[11]。

3 递减时间

由于预测产量与初始产量、油田递减率间是幂指数

关系^[12],在实际预测过程中很难直接计算,我们采用油量不变,把油田递减率作用到时间上,让时间发生变化,这个变化的时间定义为递减时间^[13]。推算出递减时间后乘以固定的产量基数^[14],实际产量不变,计算简便,为快速求取实际产量提供一种新方法。

依据式(4)可以求取任意时间段 n 对应的产量求和公式为^[15]:

$$Q_0 = q_0 \times \frac{1 - (1 - D_{dr})^n}{1 - (1 - D_{dr})} \tag{9}$$

公式分析表明,其中 $\frac{1 - (1 - D_{dr})^n}{1 - (1 - D_{dr})}$ 是时间在油田递减率作用下的等比求和公式^[16],时间 n 也就是新引入的递减时间。

4 递减时间参数对照

由式(9)推导出式(10):

$$n = \lg_{(1-D_{dr})} \{1 - Q_0/q_0[1 - (1 - D_{dr})]\} \tag{10}$$

用不同区块的递减率、不同区块不同时间的真实产油,代入式(10),求出递减时间 n ^[17],经过大量计算、拟合,建立递减时间^[18],参数对照见表1。油量不变,把递减率作用到时间上。以2014年3月为例,3月以后对应的实际生产天数为275 d。递减率为0%时,对应的折算生产天数为275 d;递减率为5%时,对应的折算生产天数为269.2 d;递减率为10%时,对应的折算生产天数为263.2 d,以此类推。

表1 2014年折算天数与月份、递减率对照表

递减率 / (%)	折算天数 /d										
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
0	334	306	275	245	214	184	153	122	92	61	31
5	325.5	298.9	269.2	240.3	210.4	181.3	151.1	120.7	91.2	60.6	30.9
8	320.4	294.6	265.6	237.5	208.1	179.6	149.9	119.9	90.7	60.4	30.8
10	316.9	291.7	263.2	235.6	206.6	178.5	149	119.3	90.4	60.2	30.7
15	308	284.3	257.1	230.6	202.8	175.5	146.9	117.9	89.5	59.8	30.6
20	299	276.6	250.8	225.5	198.8	172.5	144.7	116.5	88.7	59.3	30.4
25	289.8	268.8	244.4	220.3	194.6	169.4	142.5	114.9	87.7	58.8	30.3
30	280.3	260.8	237.7	214.8	190.3	166.1	140.1	113.3	86.7	58.3	30.1
35	270.6	252.5	230.7	209.2	185.8	162.6	137.6	111.6	85.7	57.8	29.9
40	260.6	243.9	223.6	203.3	181.1	159	134.9	109.8	84.5	57.2	29.7
45	250.3	235.1	216.1	197.1	176.2	155.2	132.1	107.8	83.3	56.6	29.5
50	239.6	225.8	208.2	190.6	170.9	151.1	129.1	105.8	82.1	55.9	29.3

5 递减时间法应用实例

为了检测递减时间法预测产量的准确性,采用递减

时间法对 2014 年 3 月以后的产量进行预测^[19],结果符合率达到了 98.43 %,预测结果见表 2。

表 2 2014 年实际产量与折算天数法预测对比表

区块	实际年产量 / 10 ⁴ t	实际产量		预测产量			符合率 / (%)
		3 月日产量 /t	3 月累计产量 /10 ⁴ t	递减率 / (%)	折算天数 / d	年产量 / 10 ⁴ t	
1	4.26	116.00	1.02	30.0	237.7	3.78	88.62
2	1.41	41.00	0.36	30.0	237.7	1.33	94.46
3	2.74	78.00	0.71	30.0	237.7	2.56	93.28
4	0.77	20.00	0.20	30.0	237.7	0.68	87.83
5	3.01	82.00	0.66	30.0	237.7	2.60	86.44
6	8.27	268.00	2.35	50.0	208.2	7.93	95.96
7	7.00	215.00	1.92	50.0	208.2	6.40	91.37
8	37.41	1 289.00	12.24	50.0	208.2	39.08	104.46
9	30.97	940.00	8.40	35.0	230.7	30.09	97.17
10	26.98	813.00	7.69	35.0	230.7	26.45	98.03
合计	122.8	3 862.0	35.5	—	—	120.9	98.43

6 结论

- 1)油田产量日、月、年综合递减率之间关系是幂指数关系。
- 2)预测油田区块下一阶段产量时,油量不变,把递减率作用到时间上,让时间发生变化,提出了递减时间的概念。
- 3)利用递减时间法可以快速准确地进行产量预测。
- 4)日、月、年综合递减率间关系的建立,为动态分析、配产、生产组织及规划预测提供了方便。

因素分析模型的建立[J]. 新疆石油地质,2005,26(6):67-69.

Li Juhua, Gao Wenjun, Yang Yongli, et al. Multifactor Analytical Model for Natural Decline Rate in Waterflood Field [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2005, 26 (6): 67-69.

[4] 汤志,朱婵,邢淑霞,等. 辽河油田不同类型油藏产量递减规律研究[J]. 新疆石油天然气,2014,10(2):46-49.

Tang Zhi, Zhu Chan, Xing Shuxia, et al. The Production Decline Law Research on Different Types of Reservoirs in Liaohe Oilfield [J]. Xinjiang Oil and Gas, 2014, 10 (2): 46-49.

[5] 田晓东,王凤兰,石成方,等. 大庆喇萨杏油田产量递减率变化规律[J]. 石油学报,2006,27(增刊):137-141.

Tian Xiaodong, Wang Fenglan, Shi Chengfang, et al. Variation Law of Production Decline Rate in Lasaxing Oilfield [J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27 (suppl 1): 137-141.

[6] 梁宇宁,宋考平,单五一,等. 递减率的一种宏观改进算法[J]. 数学的实践与认识,2015,45(11):149-155.

Liang Yuning, Song Kaoping, Shan Wuyi, et al. Composite Decline Rate is Put Forward [J]. Mathematics in Practice and Theory, 2015, 45 (11): 149-155.

[7] 殷代印,王蕊,袁赫,等. 产量递减多因素分析理论模型的建立与应用[J]. 数学的实践与认识,2013,43(18):104-109.

Yin Daiyin, Wang Rui, Yuan He, et al. Establishment and Application on Multi-factor Analytical Theoretical Model of

参考文献:

[1] 张宗达,邓维佳,胡海燕. 油田现行的产量递减率计算方法及分析[J]. 西南石油学院学报,1998,20(2):61-65.

Zhang Zongda, Deng Weijia, Hu Haiyan. Calculation Method and Analysis of Oil Production Decline Rate Used in Oil Field [J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 1998, 20 (2): 61-65.

[2] 姚猛,胡佳,李勇,等. 页岩气藏生产井产量递减规律研究[J]. 天然气与石油,2014,32(1):63-67.

Yao Meng, Hu Jia, Li Yong, et al. Research on Production Decline Regularity of Production Wells in Shale Gas Reservoir [J]. Natural Gas and Oil, 2014, 32 (1): 63-67.

[3] 李菊花,高文君,杨永利,等. 水驱油田产量自然递减率多

- Production Decline [J]. Mathematics in Practice and Theory, 2013, 43 (18): 104 - 109.
- [8] 赵晓燕, 崔传智, 王洪宝, 等. 水驱油藏产量递减影响因素诊断模型研究[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2009, 31(4): 99 - 102.
- Zhao Xiaoyan, Cui Chuazhi, Wang Hongbao, et al. The Diagnose Model for the Affecting Factors of Production Decline Rate in Water Flooding Reservoirs [J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2009, 31 (4): 99 - 102.
- [9] 陈元千, 郭二鹏. 新型油田产量递减模型的建立与应用[J]. 中国海上油气, 2008, 20(6): 379 - 381.
- Chen Yuanqian, Guo Erpeng. Building and Applying a New Decline Model of Oilfield Production [J]. China Offshore Oil and Gas, 2008, 20 (6): 379 - 381.
- [10] 俞启泰. 水驱油田产量递减规律[J]. 石油勘探与开发, 1993, 20(4): 72 - 80.
- Yu Qitai. Decline Curve Analysis for a Water Drive Reservoir [J]. Petroleum Exploration and Development, 1993, 20 (4): 72 - 80.
- [11] 王俊魁, 潘洪真. 对产量衰减曲线的进一步探讨[J]. 新疆石油地质, 1995, 16(1): 48 - 52.
- Wang Junkui, Pan Hongzhen. Further Discussion of Production-Rate-Decline Curve [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1995, 16 (1): 48 - 52.
- [12] 张虎俊. 衰减曲线分析的简易方法[J]. 断块油气田, 1996, 3(3): 43 - 47.
- Zhang Hujun. A Simple Analytical Method for Attenuation Curve [J]. Fault-Block Oil and Gas Field, 1996, 3 (3): 43 - 47.
- [13] 陈元千, 李剑, 雷占祥, 等. 产量递减阶段开发指标的预测方法[J]. 新疆石油地质, 2013, 34(5): 545 - 548.
- Chen Yuanqian, Li Jian, Lei Zhanxiang, et al. Model for Forecasting Development Index in Production Decline Stage [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2013, 34 (5): 545 - 548.
- [14] 熊敏, 刘中云, 李光. 调和递减下年递减率与月递减率关系式的推导及应用[J]. 石油学报, 1995, 16(4): 112 - 117.
- Xiong Min, Liu Zhongyun, Li Guang. An Application and Derivation of Relationship Between the Yearly Production Declining Rate with a Harmonic Decline [J]. Acta Petrolei Sinica, 1995, 16 (4): 112 - 117.
- [15] 俞启泰. 一种新型递减曲线[J]. 石油勘探与开发, 1999, 26(3): 72 - 75.
- Yu Qitai. A New Decline Curve [J]. Petroleum Exploration and Development, 1999, 26 (3): 72 - 75.
- [16] 吴森光, 余刘应. 油田产量递减曲线与衰减曲线的关系[J]. 石油钻探技术, 1995, 23(3): 49 - 52.
- Wu Senguang, Yu Liuying. Relations Between Decline and Attenuation Curves in Oilfield Production [J]. Petroleum Drilling Techniques, 1995, 23 (3): 49 - 52.
- [17] 吴森光. 一种有效的产量递减分析方法[J]. 石油勘探与开发, 1992, 19(6): 51 - 57.
- Wu Senguang. A New Production Analysis Method [J]. Petroleum Exploration and Development, 1992, 19 (6): 51 - 57.
- [18] 胡建国, 张盛宗. 应用典型曲线进行产量递减分析[J]. 中国海上油气(地质), 1995, 9(5): 325 - 332.
- Hu Jianguo, Zhang Shengzong. Production Decline Analysis by Means of Type Curve Matching Technique [J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 1995, 9 (5): 325 - 332.
- [19] 姜汉桥. 确定产量递减指数的改进方法[J]. 石油大学学报(自然科学版), 1993, 17(1): 53 - 55.
- Jiang Hanqiao. A New Method for Determining the Decline in Production [J]. Journal of University of Petroleum (Edition of Natural Science) 1993, 17 (1): 53 - 55.