

灰色关联系统在油田聚驱开发后期的应用

叶秀昌

(大庆油田有限责任公司第五采油厂, 大庆 163514)

摘要 聚合物驱油效果受多种因素的影响。聚驱后期, 由于在聚合物的长期作用下, 地层本身的部分属性发生了变化, 影响开发的各因素主次轻重也发生了变化。通过 A 油田 B 油层聚驱后期 9 口中心采出井的累积增油的影响因素分析, 应用灰色关联法确定了各个影响因素的关联度大小排序为: 采出井的地层系数 > 连通井的注入浓度 > 连通井的注入强度 > 阶段初期含水率 > 采出井的砂岩厚度 > 累积注入量, 为今后开发调整提供了依据。

关键词 累积增油 关联度 影响因素 灰色系统

中图法分类号 TE357.45; **文献标志码** A

所谓灰色系统是指部分信息已知而部分信息未知的系统, 灰色系统理论所要考察和研究的是对信息不完备的系统, 通过已知信息来研究和预测未知领域从而达到了解整个系统的目的。灰色系统关联法是基于灰色系统的灰色过程, 所以又称为灰因素间的关联分析, 实质上是动态发展态势的量化比较分析, 它是灰色系统分析、预测、决策的基础。在具体应用中主要包括母序列与子序列的选定、数据的无量纲化、关联系数、关联度以及权系数的确定^[1]。

1 灰色关联系统计算步骤

1.1 确定分析序列

在对所研究问题定性分析的基础上, 确定一个因变量因素和多个自变量因素。设因变量数据构成参考序列^[2]

$$\{X_i^0(0)\}; i=1, 2, 3, \dots, n.$$

各自变量数据构成比较序列

$$\{X_i^1(t)\}; i=1, 2, 3, \dots, n; t=1, 2, 3, \dots, m;$$

其中: n 为某一子因素的数据个数, m 为子因素

的个数。确定了母序列和子序列之后, 即可组成原始数据矩阵。

1.2 数据的无量纲化处理

由于不同参数的量纲不同, 数值差异大, 为了使各项参数具有可比性, 需要对各项参数进行无量纲化处理, 常用的方法有初值化和均值化两种^[2]。

$$\{X_i^1(0)\} = \{X_i^0(0)\} / \{X_i^0(0)\}; i=1, 2, 3, \dots, n;$$

$$\{X_i^1(t)\} = \{X_i^0(t)\} / \{X_i^0(t)\}; i=1, 2, 3, \dots, n; t=1, 2, 3, \dots, m.$$

1.3 关联系数的求取

对于关联系数的求取, 可以用以下公式:

$$D_i(t) = \frac{\min_{j=1}^n |X_0^1(t) - X_i^1(t)| - q \max_{j=1}^n |X_0^1(t) - X_i^1(t)|}{|X_0^1(t) - X_i^1(t)| - q \max_{j=1}^n |X_0^1(t) - X_i^1(t)|} \quad (1)$$

式(1)中 D 为关联系数, q 为一个分辨系数, 在 0 ~ 1 之间, 一般取 0.5。其中 i 为样品参考个数, t 为参数的个数^[3]。

1.4 通过下列公式求出关联度^[3]

$$Y_i = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n D_i(t) \quad (2)$$

2 方法应用

2011年5月9日收到, 6月10日修改

第一作者简介: 叶秀昌(1981—), 男, 黑龙江省明水县人, 研究方向: 油藏开发。E-mail: dqyexichang@163.com。

A 油田聚驱开发投产于 2004 年 8 月, 经过 7 年

的高效开发,含水回升速度加快,进入注聚后期开采阶段。长期的注聚开发,地层与聚合物发生作用,会导致地层本身部分属性发生变化,因此有必要对该阶段的影响增油因素进行讨论。在聚合物驱这个灰色系统中,最终要确定的就是各种影响因素(比较数列)与聚合物驱油效果(参考数列)之间的关联关系,影响聚合物驱效果的因素很多,通过定性分析可确定一些作用较明显的因素作为关联分析的比较数列^[3]。

2.1 确定分析序列

在A油田五点法面积井网开采过程中,选取9口注采系统完善、距离断层较远的中心采出井分析,确定以阶段内累积增油量作为参考序列,以砂岩厚度、地层系数、初期含水、以及周围注入井注入浓度、注入强度、累积注入量作为比较序列(表1),根据最终关联度计算公式得到不同影响因素的关联度,最终确定影响阶段增油效果各因素的主次。

表1 中心井累积增油影响因素

井号	参考序列		比较序列				
	累积增油量/t	砂岩厚度/m	地层系数/(10μm.m)	初期含水/%	注入浓度/(mg·L⁻¹)	注入强度/(m³·d⁻¹)	累积注入量/(10⁴t)
	C1 4 358	15	0.319 8	62.1	1 185	5.21	2.36
C2 4 523	12.8	0.327 1	75.9	1 123	4.98	2.18	
C3 3 965	14.9	0.258 6	89.3	1 054	5.68	3.96	
C4 7 802	18.1	0.168	92.3	1 039	5.96	4.32	
C5 5 988	10.9	0.345 7	91	998	4.01	2.54	
C6 3 421	11.5	0.327 5	81.6	986	5.26	3.21	
C7 5 498	10.7	0.054	89.5	1 021	6.85	4.16	
C8 5 098	11.2	0.221 2	86.4	1 036	5.86	3.58	
C9 3 258	21.2	0.835 4	89.9	1 038	7.21	3.59	

2.2 无量纲处理

系统中各因素的量纲不同,数值的数量级相差悬殊,这样的数据很难直接进行比较。因此,需要消除原始数据量纲,转换为可比较的数据序列,本文采用了极大值法。

2.3 关联系数的计算

在对原始数据进行数值处理后,利用公式(1)

计算比较序列的关联系数,最终得出关联度,用以考察影响因素(比较数列)和增油效果(参考数列)之间的关联关系,得出各参数的影响程度。

2.4 求取关联度

根据关联度公式(2)求出各个影响因素的关联度(表2),为了使排序更明显,使用了密切关联度,为各个关联度和最大关联度的比值。

表2 影响因素关联度、密切关联度评价表

影响因素	关联度	密切关联度	排序
地层系数/(10μm.m)	54.125	1	1
注入浓度/(mg·L⁻¹)	43.265	0.782	2
注入强度/(m³·d⁻¹)	39.532	0.743	3
初期含水率/%	28.352	0.499	4
砂岩厚度/m	23.376	0.427	5
累计注入量/10⁴t	19.801	0.379	6

以上计算了A油田9口中心采出井聚驱后期增油量与其影响因素的关联度和密切关联度,通过表2计算结果可以看出影响中心采出井累积增油效果的因素中,地层系数影响最大,其次为周围注入井的注入浓度和注入强度。

3 结论

(1) 通过上述分析可知,影响A油田B油层聚驱后期中心采出井增油量的影响因素中,影响程度排序为:采出井的地层系数>连通井的注入浓度>连通井的注入强度>阶段初期含水率>采出井的砂岩厚度>累积注入量。

(2) 聚合物驱油效果是地质、开发参数共同作用的结果,每种因素对聚合物驱效果的影响强弱关系是不明确的、灰色的,各种影响因素以增油效果为中心构成了一个灰色系统,灰色系统关联分析法可以应用于聚驱开发中一些影响因素的分析。

(3) 通过以上计算分析,调整注入浓度和注入强度,控制含水上升速度和幅度,可以有效地提高阶段内累积增油量,保持较好的开发效果。

参 考 文 献

- 葡北油田部分井为例. 内蒙古石油化工, 2009; 3
 2 李俊键, 姜汉桥. 聚合物驱效果影响因素关联性及适应性分析. 石油钻采工艺, 2008; (02): 31—34
 3 张华良. 数学地质. 冶金工业出版社, 1994

The Application of Grey Relationship System at Later Period of Polymer Drive in Oilfield Development

YE Xiu-chang

(The Fifth Oil Production Plant, Daqing Oilfield Co., Ltd. Daqing 163514, P. R. China)

[Abstract] The result of the polymer drive is effected by various factors. In the end of the polymer drive, a part of the formation properties have changed due to chronically effect of the polymer, so do the influencing factors order. By analyzing the influencing factors of cumulative incremental oil of 9 oil wells at the center square area at the later stage of the polymer drive of small layer of B reservoir, the grey theory system is used to ascertain the order of the relationship of the influencing factors: formation coefficient of the output well > input concentration of the connect well > input intensity of the connect well > the water cut of the initial phase > thickness of the sandstone of the output well > the total injection volume, to provide reference for comprehensive development adjustment in future.

[Key words] cumulative incremental oil relationship influencing factor grey theory system

(上接第 6153 页)

参 考 文 献

- 1 王顺玉, 戴鸿鸣, 王海清, 等. 四川盆地海相碳酸盐岩大型气田天然气地球化学特征与气源. 天然气地球科学, 2000; 11(2): 10—17
 2 谢增业, 田世澄, 李 剑, 等. 川东北飞仙关组鲕滩天然气地球化学特征与成因. 地球化学, 2004; 33(6): 567—572
 3 刘光祥, 陶静源, 潘文蕾, 等. 川东北及川东区天然气成因类型探讨. 石油实验地质, 2002; 24(6): 512—515

Northeast Sichuan Potential of Source Rocks

ZHANG Shao-bo¹, WANG Yi-ning², LAI Feng-peng³

(Pingbei Management Department, Jianghan Oilfield Company of Sinopec¹, Ansai 717408, P. R. China;
 Center of intelligence sources Engineering², Beijing 100083, P. R. China;
 School of Energy Resources, China University of Geosciences³, Beijing 100083, P. R. China)

[Abstract] Longmaxi Lower Silurian group and the Upper Permian Longtan Formation source rocks have on the Changxing-Feixianguan greater contribution to the gas reservoir potential. Longmaxi Lower Silurian source rocks between changes in the 0 ~ 130 m, organic carbon distribution in the 0.2% to 3.0%, the current was 2.0% ~ 4.5% R_o ; Upper Permian Longtan Formation source rock thickness of about 20 ~ 140 m, organic carbon content of more than 3%, R_o between 1.9% and 2.9%, both have access to high, over-maturation stage, to generate the gaseous hydrocarbon-based.

[Key words] Sichuan source rocks potential analysis