

[引著格式] 王宏伟. 大庆长垣外围油田萨葡油层综合分类研究 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2015, 37 (1+2): 47~50.

大庆长垣外围油田萨葡油层综合分类研究

王宏伟 (中石油大庆油田有限责任公司勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712)

[摘要] 以往主要是依据反映油藏物质基础的一两个主要指标对油藏进行分类, 缺乏普遍性和系统性。运用主成分分析法对反映大庆长垣外围油田萨葡油层特点的 6 项指标进行降维处理, 提炼出 3 个主成分因子, 分别为物性因子、丰度因子和裂缝因子, 3 个主成分携带了原 6 项指标 81% 的信息, 且提取的主成分意义清晰, 符合储层发育特点; 应用层次聚类法剔除奇异值后, 将 27 个类别比较清晰的区块分成 3 类, 把得到的各类重心作为动态聚类法的初始凝聚点, 应用动态聚类法对 125 个区块重新分类, 应用判别分析对分类结果回判, 回判正确率达 76.8%。由此可见, 以此建立的判别函数判断正确率高, 可用于后续投产区块类别的判定。分类动用状况及递减模式表明分类结果符合油藏开发实际, 能够为砂岩油藏分类区块治理以及开发调整方案编制提供科学依据, 同时也为其他多因素分类评价工作提供借鉴。

[关键词] 主成分分析; 动态聚类; 判别分析; 物性因子; 丰度因子; 裂缝因子; 油藏综合分类

[中图分类号] TE321 [文献标志码] A [文章编号] 1000-9752 (2015) 01+02-0047-04

大庆长垣外围油田萨葡油层经过 20 多年开发暴露出各种问题, 主体区块已逐步进入综合调整阶段。怎样及时、正确地对各种区块进行有针对性的治理、调整, 是目前迫切需要解决的问题。大庆长垣外围油田以往只在该油田内进行过简单的地质或开发分类, 部分投入开发较晚的油田未进行过分类, 且分类参数及标准不统一, 分类结果适应性差。近年来, 也尝试采用系统聚类、灰色关联等进行多因素综合分类, 但最终得到的是当时情况下已开发区块的综合分类结果, 对于新投入区块的类别判定, 只有重新分类才能确定, 应用受到很大限制^[1~7]。笔者结合主成分分析和动态聚类分析法, 从优选的多项具有代表性的油藏参数中提炼出 3 个主成分, 应用动态聚类分析对 3 个主成分进行综合分类, 运用判别分析对分类结果回判, 建立了判别函数及判别准则以对新样品进行判别, 使后续投入开发区块分类更快捷, 更方便。

1 综合分类过程

1.1 主成分的提取

本着全面性、可测性、客观性以及定量分析与定性分析相结合的原则, 根据萨葡油层的储层发育特点, 选择渗透率、有效厚度、孔隙度、流量、储量丰度和裂缝频率对开发效果影响较大的 6 项指标作为分类参数。

应用主成分分析对萨葡油层 125 个区块的分类参数进行降维处理, 由相关系数矩阵计算得到特征值、方差贡献率和累积贡献率, 如表 1 所示, 前 3 个因子的累积方差贡献率达到 81.06% ($\geq 75\%$), 选前 3 个因子作为主成分。

从主成分载荷矩阵 (表 2) 可以看出, 第 1 主成分在渗透率、孔隙度、流量上有较大载

表 1 主成分优选结果

主成分	特征值	方差贡献率/%	累积贡献率/%
1	2.29	38.20	38.20
2	1.46	24.27	62.46
3	1.12	18.60	81.06

表 2 主成分载荷矩阵

分类参数	主成分		
	1	2	3
孔隙度	0.755	-0.369	0.007
渗透率	0.873	-0.355	0.113
有效厚度	0.254	0.930	0.014
流量	0.880	-0.061	0.103
储量丰度	0.519	0.798	6.529×10^{-5}
裂缝频率	-0.203	0.037	0.977

[收稿日期] 2014-07-23

[基金项目] 国家科技重大专项 (2011ZX05013-006)。

[作者简介] 王宏伟 (1981-), 女, 硕士, 工程师, 长期从事油藏工程方面的研究工作, yjy-whw@petrochina.com.cn。

荷，主要表现物性各指标的综合影响，解释为物性因子；第2主成分在有效厚度和储量丰度上载荷较大，解释为丰度因子；第3主成分只在裂缝上有很大大载荷，解释为裂缝因子。这3个主成分的性质及其顺序较好地体现了外围油藏萨葡油层的储层发育特点，即物性的好坏在油藏开发中占主导地位；其次是丰度；由于外围油田萨葡油层裂缝不发育，因此裂缝因子作用最弱。

1.2 综合分类结果

层次聚类法是单向的，样本点一旦进入某类就不能出类。动态聚类则可以对初始分类反复调整，其缺点是对初始凝聚点非常敏感，为此把层次法与迭代法结合起来使用。首先用层次聚类法检查是否有奇异值，剔除奇异值后对27个类别清晰的区块的物性因子、丰度因子、裂缝因子进行初步分类，经专家分析后确定初始类中心，结果如表3所示。

表3 初始类中心

初始类中心	物性因子	丰度因子	裂缝因子
1	0.53	0.85	-0.40
2	0.33	-0.18	0.06
3	-0.87	-0.54	0.27

把层次聚类法得到的初始类中心作为动态聚类法的初始凝聚点，对125个区块的物性因子、丰度因子、裂缝因子进行动态聚类分析，分类结果见表4。从图1所示的分类结果及各类因子特点上看出，一类区块物性和丰度较好，裂缝不发育；二类区块物性较好，丰度低，个别区块有裂缝发育；三类区块物性和丰度较差，裂缝较发育。

表4 分类结果

类别	区块 /个	渗透率	孔隙度	有效厚度	流度	裂缝频率	储量丰度
		/mD	/%	/m	/(mD·(mPa·s) ⁻¹)	/(条·m ⁻¹)	(10 ⁴ t·km ⁻²)
一类	25	207.13	20.96	4.58	25.97	0.025	43.98
二类	49	128.5	19.5	3.42	16.07	0.041	28.63
三类	51	76.87	19.07	2.81	8.13	0.065	23.06
平均(合计)	(125)	123.16	19.61	3.4	14.81	0.043	29.43

1.3 建立判别函数和判别准则

运用Bayes判别法对萨葡油层125个区块的分类结果进行判别分析，表5的上半部分采用自身验证法对初始分类中76.8%的区块进行了正确分类。下半部分用交叉验证法对初始分类中76%的区块进行了正确分类。可见，建立的判别函数的正确判断率较高，可用于后续投产区块类别的判定。

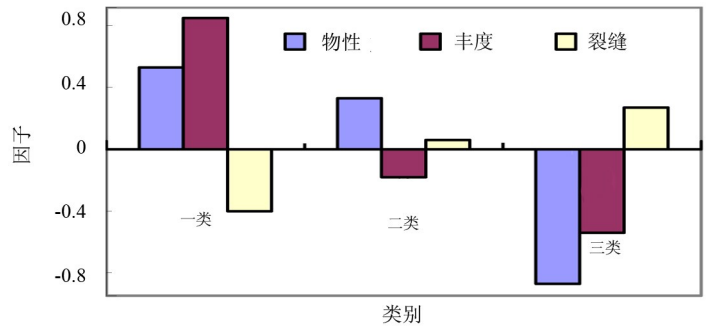


图1 各类因子特点

表5 判别分析结果

类别	判别结果			聚类结果	正确判断率 /%	
	一类	二类	三类			
自身验证	18	7	0	一类	25	72
	4	35	9	二类	48	73
	5	4	43	三类	52	83
分类正确区块数	96			区块总数	125	76.8 (平均)
交叉验证	18	7	0	一类	25	72
	4	34	10	二类	48	71
	5	4	43	三类	52	83
分类正确区块数	95			区块总数	125	76 (平均)

由判别函数系数，写出 Bayes 判别函数式如下：

$$F_1 = 2.029\phi - 0.027K + 1.592h + 0.451K/\mu - 0.01\omega + 9.044f - 28.35 \quad (1)$$

$$F_2 = 2.077\phi - 0.025K + 1.883h + 0.257K/\mu - 0.099\omega + 9.865f - 23.381 \quad (2)$$

$$F_3 = 2.195\phi - 0.021K + 2.288h + 0.0641K/\mu - 0.156\omega + 10.435f - 23.435 \quad (3)$$

式中： ϕ 为孔隙度，1； K 为渗透率，mD； h 为厚度，m； μ 为黏度，mPa·s； f 为裂缝频率，条/m。

判别准则：将待判区块数据代入分类函数，概率 F 最大的一类为该区块所属类别。

2 分类结果合理性分析

从地质认识上看，萨葡油层一类区块主要发育三角洲分流平原相，平均砂岩厚度 9.6m；二类区块主要发育三角洲内前缘相，平均砂岩厚度 7.4m；三类区块主要发育三角洲外前缘相，平均砂岩厚度 5.8m，分类结果与地质认识符合较好（图 2、3）。

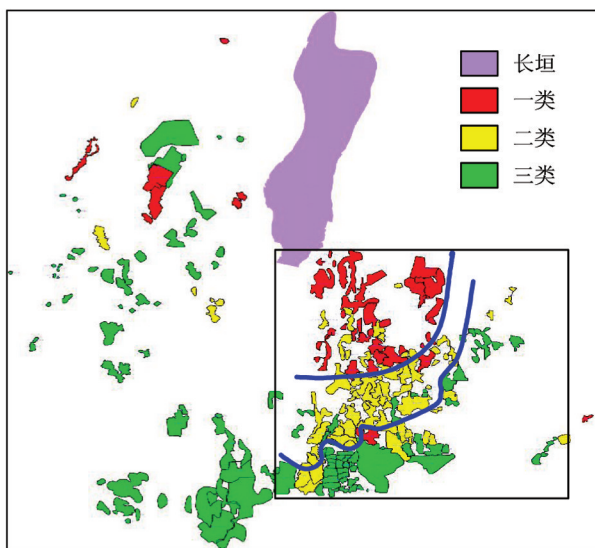
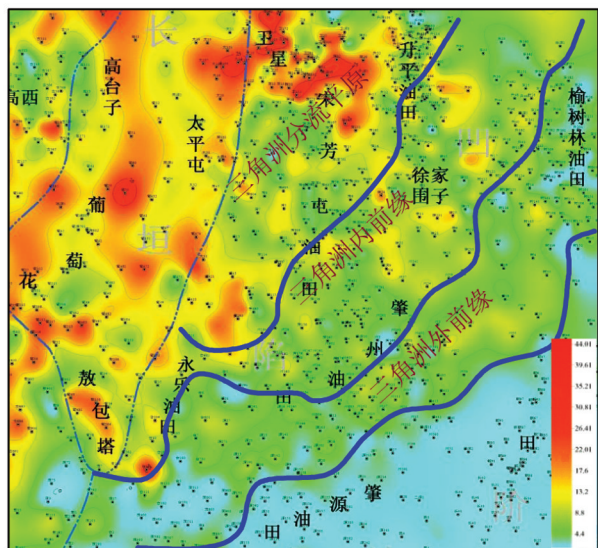


图 2 长垣东部萨葡油层砂岩厚度及沉积环境演化图

图 3 萨葡油层各类区块分布图

从开发动态上看，动用状况及产量递减模式表明（图 4、5），物性好、丰度高的萨葡一类区块动用程度高，符合梯形递减模式，具有一定稳产阶段，开发效果好；二类区块动用程度较高，符合抛物线形递减模式，稳产时间短，开发效果较好；物性差、丰度低的三类区块动用程度低，符合折线形递减模式，基本没有稳产阶段，开发效果较差。分类结果与各类开发效果一致。

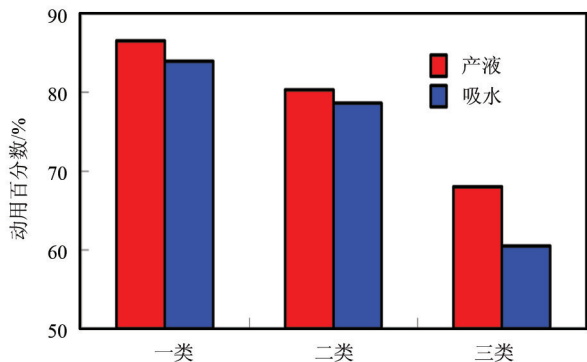


图 4 各类区块动用状况

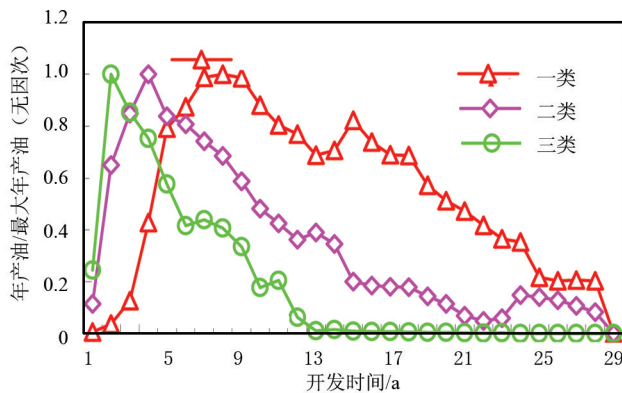


图 5 萨葡各类区块产量递减模式

3 结论

1) 应用主成分分析将多个相互关联的变量指标转化为少数几个互不相关的综合指标,使得复杂的多变量变得易于分类操作。提取的主成分意义清晰,符合储层发育特点。

2) 运用动态聚类方法完成了125个区块的综合分类。从地质认识上看,萨葡一类区块主要发育三角洲分流平原相;二类区块主要发育三角洲内前缘相;三类区块主要发育三角洲外前缘相,分类结果与地质认识符合较好。从开发动态上看,分类区块动用状况及递减模式表明分类结果符合油藏开发实际,能够为砂岩油藏分类区块治理以及开发调整方案编制提供科学依据,同时也为其他多因素分类评价工作提供借鉴。

3) 运用Bayes判别分析对分类结果回判,对初始分类中的76.8%的区块进行了正确分类,建立的判别式判断正确率高,可以用于新区块判别类别,使后续投入开发区块分类更快捷、更方便。

[参考文献]

- [1] 杨满平,任宝生,贾玉梅.低流度油藏分类及开发特征研究[J].特种油气藏,2006,13(4):48~50.
- [2] 孙敬,刘德华,张亮,等.低渗透油藏递减影响因素的灰色关联分析[J].特种油气藏,2012,19(2):90~93.
- [3] 周锡生,李莉,韩德金,等.大庆油田外围扶杨油层分类评价及调整对策[J].大庆石油地质与开发,2006,25(3):35~37.
- [4] 李武广,邵先杰,康园园,等.油藏分类体系与方法研究[J].岩性油气藏,2010,22(2):123~126.
- [5] 游秀玲,张玲,罗云秀.原油采收率影响因素探讨及油藏综合分类[J].石油与天然气地质,2004,25(3):314~318.
- [6] 李洁,张善严.喇萨杏油田特高含水期油层分类[J].大庆石油地质与开发,2007,26(6):86~90.
- [7] 舒萍,杨晓丽,刘玉萍,等.大庆油田气藏分类评价及开发次序优化[J].大庆石油地质与开发,2004,23(3):57~58.
- [8] 庞小宁,王柳.基于主成份分析法的循环经济综合评价的指标体系构建[J].统计与决策,2012,(14):56~57.
- [9] Johnson R A, Wichern D W. Applied multivariate statistical analysis 实用多元统计分析[M].第4版.陆璇,等译.北京:清华大学出版社,2001:545~589.
- [10] SY/T 6169—1995,油藏分类[S].

[编辑] 黄鹂