

The Application of Cluster Analysis Method in Reservoir Evaluation of Qingdong 5 Block in Shengli Oilfield

Xiaowen Wu¹, Shoujun Li¹, Fatang Yan², Hongli Zhang³

¹College of Earth Science & Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao Shandong

²Oil Development Center, Shengli Oilfield, Dongying Shandong

³Shandong Provincial Lunan Geology and Exploration Institute, Yanzhou Shandong
Email: 2356354240@qq.com

Received: Apr. 4th, 2017; accepted: Apr. 22nd, 2017; published: Apr. 26th, 2017

Abstract

Reservoir evaluation is an important part of reservoir research. It is of great significance for the exploration and development of oil and gas fields to make a reasonable and effective evaluation of the reservoir. In this paper, the reservoir parameters of typical wells in Qingdong 5 Block were selected, such as porosity, permeability and oil saturation. And next, the reservoirs were divided into 3 types of reservoirs by Q cluster analysis. Then, the 3 types of reservoirs were distributed on the plane. The results show that it is feasible and effective to apply Q cluster analysis method for reservoir classification and evaluation and the research results of reservoir distribution have certain application value for the exploration and development of this type of oil and gas fields.

Keywords

Reservoir Evaluation, Cluster Analysis, Qingdong 5 Block, Shengli Oilfield

聚类分析法在胜利油田青东5块储层评价中的应用

吴晓文¹, 李守军¹, 闫法堂², 张红丽³

¹山东科技大学地球科学与工程学院, 山东 青岛

²胜利油田石油开发中心, 山东 东营

³山东省鲁南地质工程勘察院, 山东 兖州

Email: 2356354240@qq.com

收稿日期：2017年4月4日；录用日期：2017年4月22日；发布日期：2017年4月26日

摘要

储层评价是油气藏研究的重要内容，对储层进行合理且有效的评价研究，对油气田勘探开发工作具有重要的意义。本文选取青东5块典型井的孔隙度、渗透率、含油饱和度等储层参数，运用Q型聚类分析方法，对储层进行了分类，将其划分为3种类型，然后做出了3种储层类型在平面上的分布。结果表明，应用Q型聚类分析方法进行储层分类评价是可行、有效的，储层分布的研究结果对于该类型油气田的勘探开发具有一定的应用价值。

关键词

储层评价，聚类分析，青东5块，胜利油田

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

储层评价工作贯穿于油气勘探开发的全过程中。评价储层的过程，其实就是对储层深化认识的过程。而对储层进行评价，首先要对储层进行合理的分类。目前，国内外研究储层的学者应用不同分析方法对储层评价做出了比较详细的探讨和研究，也给出了一些量化研究结果，比如刘斌在对朝阳沟油田进行储层评价时应用了层次分析法(Antalytic Hierarchy Process) [1]，高鹏宇等在研究河流相储层时应用了主成分分析法(Principal Component Analysis) [2]，唐俊等在研究鄂尔多斯盆地的姬塬地区长 8_1 储层时应用了Q型聚类分析法(Q Cluster Analysis)和判别分析法(Discriminant analysis) [3]。但是，针对某一具体研究领域，选用哪些参数、运用哪种评价方法还是一个很难解决的问题。通过对本地区储层的研究和对各种评价方法的对比，本文选用Q型聚类分析方法，对储层进行分类及评价，经分析得出了储层的平面分布特征。

2. 聚类分析

2.1. 聚类分析基本原理

聚类分析(Cluster Analysis)是一种数学方法，是根据研究对象的特征对研究对象进行分类的一种多元统计分析技术[3]。聚类分析大致上可分为两类：对样本进行分类处理，称为Q型聚类分析；对变量进行分类处理，则称为R型聚类分析。本文中应用Q型聚类分析为主。

首先，假设我们所研究的样本之间存在着程度不同的相似性，根据样本可找出一些能够度量样本之间相似程度的统计变量，以此作为划分类别的依据。然后，把一些相似程度较大的样本聚合为一类，把另外一些相似程度较大的聚合为另一类，直到把所有的都聚合完毕，把不同类型一一划出来，形成由小到大的分类系统[3]。这个过程，其实就是一个逐步减少类别的过程。最后，再把整个分类系统画成一张谱系图，用这张谱系图就可以把所有样本之间的亲疏关系都表示出来。

2.2. 相似性度量的确定

聚类分析中, 样本之间的相似性(亲疏关系)通常用距离描述, 而变量之间的相似性(亲疏关系)通常用相似系数来描述。先假设每个样品可由 p 个变量描述其性质, 那么每个样品都可以看成 p 维空间中的一个点, 则 n 个样品就是 p 维空间中的 n 个点[3] [4]。将第 i 个样品 x_i 与第 j 个样品 x_j 之间的距离记为 d_{ij} , 把第 i 个样品 x_i 与第 j 个样品 x_j 之间的夹角余弦 $\cos\theta_{ij}$ 称为相似系数。则欧氏距离 $d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2}$,

$$\text{相似系数 } \cos\theta_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk}}{\sqrt{\left(\sum_{k=1}^p x_{ik}^2\right) \left(\sum_{k=1}^p x_{jk}^2\right)}}。$$

3. 研究区地质概况

3.1. 研究区地理位置

青东 5 块的地理位置位于山东省东营市莱州湾西部极浅海海域, 地势较平坦, 平均水深约 3.6 m。其构造位置位于济阳拗陷东部, 郯庐断裂带西侧青东凹陷西斜坡, 西北紧临青坨子凸起, 西南为青南洼陷, 东临青东凹陷, 其面积约 20 km² [5]。青东 5 块整体上一个被断裂系统复杂化的西高东低的斜坡, 区内断裂系统以近东西向为主, 兼有少量南北向[5]。青东 5 块的构造位置见图 1。

3.2. 储层发育特征

青东 5 块地层自下而上依次为古近系孔店组、沙河街组、新近系馆陶组、明化镇组及第四系平原组, 其中, 主要的含油气层为沙四段上亚段, 地层厚度为 140~550 m [5] [6] [7] [8]。

青东 5 块储层的主要类型为灰白色粉砂岩以及含砾粗砂岩, 储层粒度较粗。岩石的成分成熟度较低, 矿物颗粒磨圆度较差, 多为次棱角状, 分选多为中、中一差, 多为颗粒式支撑, 点式接触, 胶结类型为孔隙式胶结, 岩石的结构成熟度也较低[9]。储层岩石的矿物成分成熟度及结构成熟度均较低, 反映研究区距近物源区较近, 属于快速搬运、快速沉积[10]。其粒度累积曲线以三段式为主, 粒度分布范围宽, 累积曲线表现平缓, 反映研究区储层分选差[9] [10]。其岩性组合以砂泥互层为特征, 砂体厚度较薄。垂向上, 总体表现为向上粒度变粗的反旋回、进积沉积序列, 即表现为扇三角洲沉积特点[11] [12]。

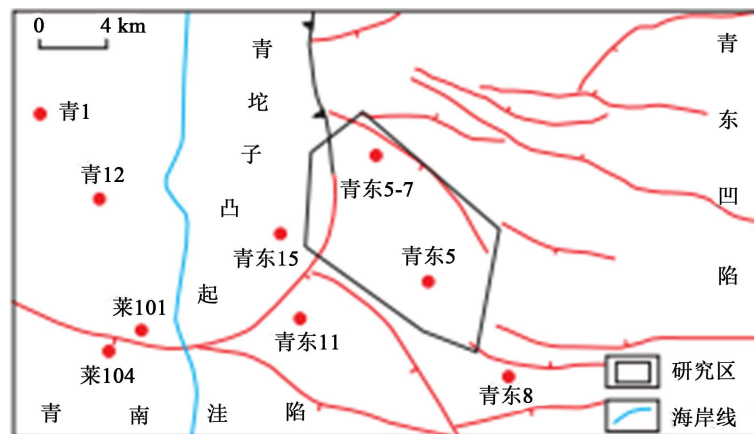


Figure 1. Location of Qingdong 5 Block
图 1. 青东 5 块构造位置图

4. 应用

4.1. 储层类型划分标准

利用 Q 型聚类分析方法进行储层分类评价时, 为尽可能合理、准确地划分储层类型, 分类样品和储层特征参数的选取是很重要的。所选用的样品应尽可能地包含各种岩性, 并且有各种分析资料相对应, 这样取得的样品才具有典型性、代表性, 有助于储层的完整分类。

不同类型的储层有不同的特征参数值, 各特征参数值的大小综合体现了该类储层的内在特征。在测井解释处理过程中总共形成了多种参数, 为了选取能够反映本区储层类型的参数, 对每个参数进行综合分析, 通过相应分析方法与地质经验相结合进行参数选取[4] [13], 最终选用孔隙度、渗透率、含油饱和度 3 个参数作为储层评价的特征参数。

(1) 孔隙度、渗透率是储层研究中的经典参数, 反映了储层的总体特征, 是表征储层质量优劣的重要参数[13]。

(2) 含油饱和度是指油在储层孔隙中的含量分别占总孔隙体积的百分数, 反映了油气藏中的含油程度。

综上所述, 经过细致分析, 筛选出了 20 口井中的样品, 各样品由 3 个参数定量表征, 从而建立了青东 5 块储层分类的样品集, 如表 1 所示。

Table 1. The reservoir classification standard samples of Qingdong 5 Block

表 1. 青东 5 块井储层分类标准样品集

编号	井名	孔隙度/%	渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$	含油饱和度/%
1	青东 5-1	33.3	2259	49.8
2	青东 5-2	31.6	1522	42.8
3	青东 5-X3	32.4	1836	42.4
4	青东 5-X4	36.4	2932	62.1
5	青东 5-X5	28.9	796	39.5
6	青东 5-X6	33.9	2574	44.3
7	青东 5-X9	32.8	1980	40.0
8	青东 5-1-X4	32.3	1787	43.2
9	青东 5-1-X11	35.7	2875	59.2
10	青东 5-2-X2	29.9	1033	34.8
11	青东 5-2-X5	31.9	1626	41.5
12	青东 5-3-X3	34.7	2838	56.2
13	青东 5-3-X6	34.2	2783	56.8
14	青东 5-3-X8	33.3	2261	48.3
15	青东 5-3-X9	30.4	1143	54.9
16	青东 5-6-X6	30.0	1040	53.6
17	青东 5-6-X7	29.0	822	32.9
18	青东 5-6-X10	31.8	1588	42.7
19	青东 5-6-X11	31.1	1348	45.6
20	青东 5-9-X3	31.6	1516	51.3

4.2. 储层分类及结果

储层分类的实质，即是把储层性质相类似的样品划分在同一类中。综合运用 Q 型聚类分析方法，对所选的 20 口井的样品进行了分类研究，将这 20 个样品分成了 3 种类型的储层，即第 1 种类型、第 2 种类型和第 3 种类型的储层。分类的结果见图 2。

结合谱系图，对划分得到的 3 种类型储层进行分析总结[3]：第 1 种类型储层物性最好，孔隙度均值为 34.5%，渗透率均值为 $2646 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，含油饱和度均值为 53.8%；第 2 种类型储层物性较好，孔隙度均值为 31.9%，渗透率均值为 $1650 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，含油饱和度均值为 43.7%；第 3 种类型储层物性较差，孔隙度均值为 29.6%，渗透率均值为 $967 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，含油饱和度均值为 43.1%。参数特征分析表明，由第 1 种类型到第 3 种类型的储层，孔隙度、渗透率和含油饱和度基本依次减小，而渗透率的变化幅度较大，基本符合该区储层非均质性较强的地质特征，不同井的储层的质量有所不同。

4.3. 储层平面展布特征

以青东 5 块 Es_4 上 1^{52} 小层为例，研究该区域储层的平面展布特征。如图 3 所示。

结合该层沉积微相的平面分布特征进行对比分析[13][14]，可以发现：平面上，青东 5 块 Es_4 上 1^{52} 小层以第 1 种类型储层为主，第 2 种类型储层次之，而第 3 种类型储层仅分布于较局限的范围内。储集性能较好的第 1、2 种类型储层主要发育于水下分流河道微相带，主要是沿着三条主河道方向分布；另外，在河口沙坝沉积以及滨浅湖沙坝沉积中也发育有少量的储层，其储层物性较好。第 3 种类型储层主要发育于水下分流河道的远缘和滨浅湖泥岩带，该区储层的岩性变细，相应地，储层孔渗性降低，储层品质变差。

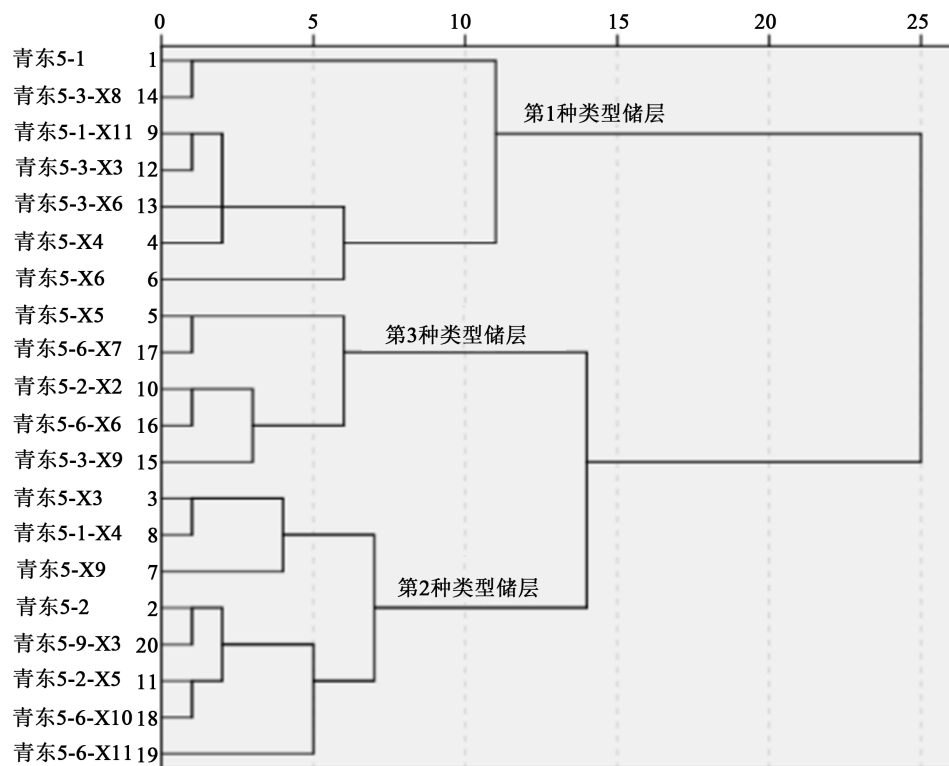


Figure 2. The dendrogram of cluster analysis to reservoirs in Qingdong 5 Block

图 2. 青东 5 块储层聚类分析谱系图

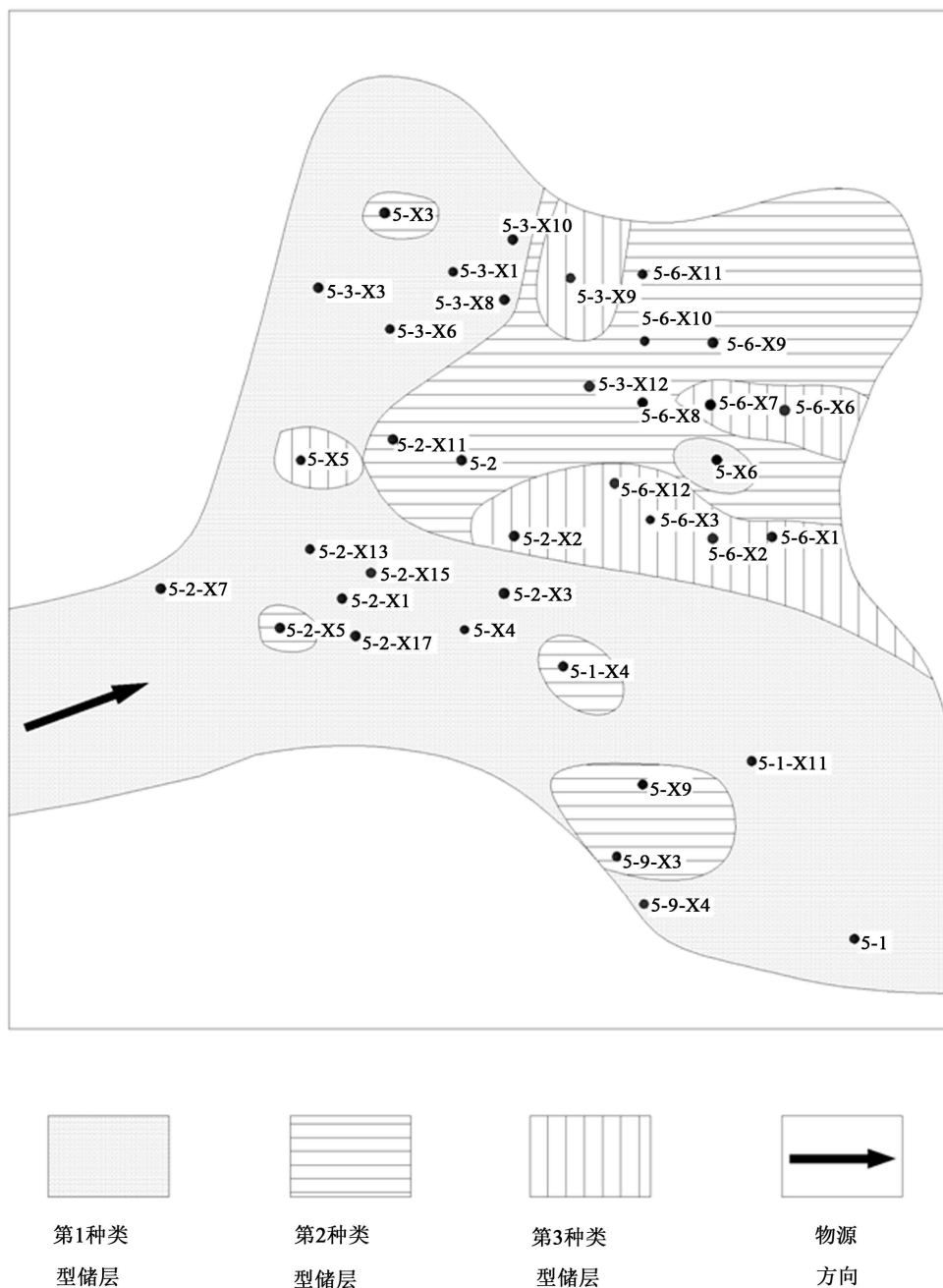


Figure 3. The classification of Es₄ 1⁵² reservoirs of Qingdong 5 Block
图 3. 青东 5 块 Es₄ 1⁵² 储层分类

5. 结论

(1) 青东 5 块储层具有高孔、中高渗、非均质性强的地质特征，在研究区域上选取孔隙度、渗透率、含油饱和度 3 个参数作为储层评价的特征参数，利用 Q 型聚类分析方法对储层进行分类评价，可大致将此储层划分为 3 种类型。第 1 种类型储层的物性较好，第 2 种类型储层次之，第 3 种类型储层的物性最差。

(2) 该区储层在平面上的分布呈现出规律性变化：第 1、2 种类型的储层主要分布于水下分流河道微

相带及附近,第3种类型储层主要分布于水下分流河道的远缘和滨浅湖泥岩带。

(3) 利用 Q 型聚类分析方法可以对储层进行定量化的分类以及评价,这在油气藏的勘探开发过程中有非常重要的指示作用。据此得到的评价结果依赖于实际的地质参数,这样可以有效避免由评价者的主观因素所造成的影响,有利于进行更深入的分析研究。

参考文献 (References)

- [1] Liu, B. (2014) The Analytic Hierarchy Process for the Reservoir Evaluation in Chaoyanggou Oilfield. *Advances in Petroleum Exploration and Development*, **6**, 46-50.
- [2] Gao, P., Jiang, C., Huang, Q., Cai, H., Luo, Z. and Liu, M. (2016) Fluvial Facies Reservoir Productivity Prediction Method Based on Principal Component Analysis and Artificial Neural Network. *Petroleum*, **2**, 49-53.
- [3] 唐俊,王琪,马晓峰,廖朋,郝乐伟. Q 型聚类分析和判别分析法在储层评价中的应用——以鄂尔多斯盆地姬塬地区长 8₁ 储层为例[J]. 特种油气藏, 2012, 19(6): 28-31.
- [4] 杨波, 高清祥, 杨杰. 聚类分析法在城壕油田西 259 井区长 3₂ 储层分类评价中的应用[J]. 石油天然气学报, 2010, 32(6): 22-26.
- [5] 李丽. 青东 5 块沙四段上亚段沉积类型及储层发育主控因素[J]. 油气地质与采收率, 2016, 23(3): 62-66.
- [6] 乔彦国. 青东凹陷古近系沙河街组四段高分辨率层序地层及储层特征研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2012: 24-64.
- [7] 陈灏. 青东凹陷古近系沙河街组高分辨率层序地层及沉积相研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2012: 31-43.
- [8] 时丕同, 方旭庆, 陈涛, 付兆辉, 张在振. 青东凹陷石油地质特征和勘探方向分析[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2009, 31(5): 43-48.
- [9] 冯增昭. 沉积岩石学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993.
- [10] 赵澄林. 储层沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1998.
- [11] 王良忱, 张金亮. 沉积环境和沉积相[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996.
- [12] 李丹, 杨玲, 于景锋. 渤海油田五区沙三段扇三角洲沉积特征[J]. 复杂油气藏, 2010, 3(3): 13-16.
- [13] 付殿敬, 徐敬领, 王贵文. 基于 Q 型聚类分析和贝叶斯判别算法研究储层分类评价[J]. 科技导报, 2011, 29(3): 29-33.
- [14] 余伟, 屈泰来. 聚类分析法与多级评判法在储层分类评价中的应用——以英台油田姚一段为例[J]. 西部探矿工程, 2016, 28(12): 47-50.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ag@hanspub.org