

Application of Seismic Shield Removal of Stratum Pinch-out Line Based on Principal Component Analysis (PCA)

—A Case Study of Unconformity Surface T_5^0 in Block 678 of Tahe Oilfield

Feng Deng, Yu Shi, Dong Jiang

Research Institute of Exploration and Development, Northwest Oilfield Company, SINOPEC, Urumqi Xinjiang
Email: 34511493@qq.com

Received: Jan. 3rd, 2017; accepted: Dec. 1st, 2017; published: Feb. 15th, 2018

Abstract

The identification and characterization of stratum pinch-out line were very important for stratum pinch-out trap description. The buried depth of stratum pinch-out line in Carboniferous Kalashayi Formation was larger, and its seismic reflection energy was weaker with low resolution. On the top of the Carboniferous Kalashayi Formation, there was an unconformity surface T_5^0 with strong seismic reflection, by which the effective reflection signal of stratum pinch-out line was hidden, so it was very difficult to accurately identify the pinch-out position. In this paper, principal component analysis (PCA) method is used to shield the strong seismic reflection signal of unconformity surface T_5^0 ; therefore the pinch-out point is more clear, and more precise stratum pinch-out line position is obtained for accurately describing the boundary of stratum traps which develops along the stratum pinch-out line. The method provides a solid foundation for accurately calculating the reservoir reserves of stratum traps.

Keywords

Principal Component Analysis, Stratum Pinch-out Line, Stratum Trap, Reservoir

基于主成分分析法去屏蔽的地层尖灭线识别技术及应用

——以塔河油田678区不整合面 T_5^0 屏蔽为例

邓 锋, 石 玉, 姜 冬

中石化西北油田分公司勘探开发研究院, 新疆 乌鲁木齐

作者简介: 邓锋(1984-), 男, 工程师, 主要从事地震解释和储层预测工作。

Email: 34511493@qq.com

收稿日期: 2017年1月3日; 录用日期: 2017年12月1日; 发布日期: 2018年2月15日

摘 要

地层尖灭线的识别与刻画对地层尖灭圈闭的描述极为重要。塔河油田石炭系卡拉沙依组地层尖灭线埋深较大,地震反射层能量较弱,分辨率较低,上覆不整合面 T_5^0 的强反射隐蔽了地层尖灭线的有效反射信号,使地层尖灭位置很难准确判断。利用主成分分析法去不整合面 T_5^0 的强屏蔽,使尖灭点信息在地震剖面上更加清晰,从而获得地层尖灭线较精确的位置,使沿其发育的一批地层圈闭边界刻画的更加精确,为地层圈闭类油藏储量的准确计算打下坚实基础。

关键词

主成分分析, 地层尖灭线, 地层圈闭, 油藏

Copyright © 2018 by authors, Yangtze University 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

近年来,随着多元统计方法的普及和应用,主成分分析(principal component analysis, PCA)法作为一种评估方法在各行各业均得到了较好的运用[1] [2] [3] [4]。主成分分析法在石油地质中的储层分类评价、属性优化、岩性识别、计算孔隙度等方面得到了有效利用[5] [6] [7] [8]。彭仕宓等[6]应用主成分分析法在储层非均质性和微观孔隙结构研究的基础上,对储层进行了分类评价;张莹等[7]针对火山岩储层岩性识别难的问题,提出了一种将主成分分析和 SOM 神经网络相结合的对测井资料进行处理的岩性识别方法。对尖灭点位置的预测主要应用正演模拟及地震属性分析、频谱成像、时频分析等技术[9]-[14]。王军等[9] [11]提出了“调谐尖灭带”的概念,并应用该技术有效刻画了低位楔形三角洲砂体的岩性尖灭线;王志杰[10]在小层对比、钻井和测井资料统计分析的基础上,通过频谱成像、相位属性分析等技术对主力含油砂

体尖灭线进行了精细描述。

地层油藏是一种复杂的油藏类型, 在地震描述中根据地震反射特征追踪的尖灭线与实际的尖灭线常常存在较大误差, 因此精确落实地层尖灭线的位置对预测尖灭型油藏存在指导意义。塔河油田石炭系卡拉沙依组顶部与上覆上二叠统火山岩或下三叠统柯吐尔组泥岩之间存在不整合面 T_5^0 , 其强反射屏蔽了下伏削截地层的有效反射信号, 使地层尖灭点的准确识别受到极大影响。针对 T_5^0 强反射背景屏蔽下伏削截地层的情况, 利用主成分分析法去不整合面 T_5^0 强屏蔽, 即提取地震数据中代表背景的信息, 去掉其屏蔽效应, 剩余的有效信息则反映地层尖灭信息; 也就是把 T_5^0 强反射背景隐藏下的不整合面下伏削截地层的有效反射信号释放出来, 使地层尖灭点更加清晰, 地层尖灭线轮廓的刻画更加准确, 进而精细刻画沿尖灭线发育的地层圈闭边界, 用以准确指导油藏的储量评价。

2. 主成分分析(PCA)法

主成分分析(PCA)法是由皮尔逊首先引入的, 后来经霍特林发展, 是一种将多个指标化为少数几个综合指标的多元统计方法[12]。主成分分析法是统计分析中变量简化最著名的技术之一, 其核心思想就是对数据进行降维, 是最为常用的特征提取方法。基本原理是用最少的、相互独立的变量取代原有的多维变量来概括信息, 而每一个独立的变量都代表某一方面的性质, 具体是把数目较多的变量做线性组合, 组合成几个能反映主要特征的新变量, 将原有的多种指标重新组合成一组新的、互不相关的几个综合指标来代替原来的指标。该方法能在最大限度保留原有信息的基础上, 对高维变量系统进行最佳的综合与简化, 并客观确定各个指标的权重, 从而避免了主观随意性[13] [14]。

3. 塔河油田 678 区应用效果

3.1. 研究区概况及研究难点

塔河油田 678 区经历了晚期海西运动, 石炭系只保留了下石炭统巴楚组和卡拉沙依组, 上石炭统剥蚀殆尽。研究区卡拉沙依组沉积之后经历了 2 次较强烈的构造剥蚀: 第 1 次发生于二叠系火山岩沉积之前, 构造剥蚀极为强烈, 研究区北部剥蚀更加剧烈; 第 2 次发生于二叠系火山岩沉积之后、三叠系柯吐尔组泥岩沉积之前, 也主要发生于研究区北部。因此, 卡拉沙依组顶部与上覆上二叠统火山岩或下三叠统柯吐尔组泥岩呈角度不整合接触, 其顶部存在一个明显的古风化剥蚀面, 界面为 T_5^0 。

T_5^0 是一个大的区域上的不整合面, 在地震上特征较为明显, 表现为强波峰, 强连续性反射, 是较强的地震反射界面, 在全区追踪对比性较强, 与下伏地层存在明显的削蚀现象。从电性上看, 界面上下地层岩石组合及测井响应差异明显, 其上覆三叠系泥岩在测井上具有高自然伽马、中子、声波时差, 低密度、电阻率的特征, 而石炭系顶部多发育含砾砂岩, 具有较高的密度和较低的声波时差, 因此 T_5^0 表现为一个岩性及电性的突变面。 T_5^0 的强反射屏蔽了不整合面下伏削截地层的反射。石炭系卡拉沙依组埋深约为 4900~5400 m, 尖灭线埋深大, 地震反射层能量较弱, 分辨率较低。在用原始纯波地震数据识别地层尖灭线的过程中, 发现地震剥蚀点与实际剥蚀点存在一定的误差, 在现有的地震资料的分辨率条件下难以准确判断尖灭位置, 从而给地层圈闭边界的准确刻画和相应储量的准确描述带来困难。

3.2. 地层尖灭线刻画

在原始地震剖面上, 不整合面 T_5^0 的强反射屏蔽了下伏削截地层的有效反射信号, 使地层尖灭点的准确识别受到极大影响。PCA 法处理后, 去掉了 T_5^0 强反射的屏蔽效应, 使不整合面下伏削截地层的有效反射信号释放出来, 从而使地层尖灭点更加清晰(图 1)。从图 1 可以看出, PCA 去屏蔽使地震分辨率明显提高, 更加有利于地层尖灭点位置的识别。

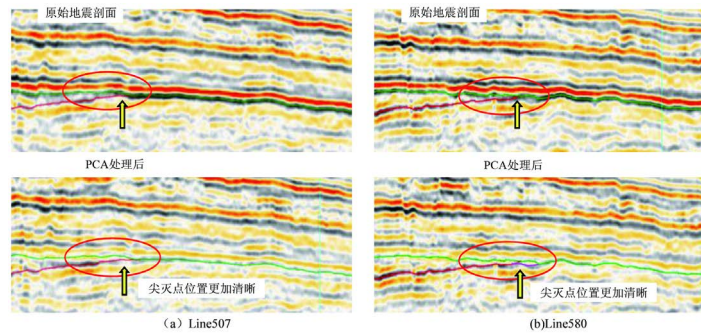


Figure 1. The contrast of T_5^0 strong reflection profile before and after the shielding using PCA
图 1. PCA 法去 T_5^0 强反射屏蔽前、后剖面对比图

研究区下石炭统南倾, 造成卡拉沙依组一段(Ck_1)在该区北部遭受不同程度的剥蚀。去不整合面 T_5^0 屏蔽处理精细刻画了 T_5^0 之下 Ck_1 的 4 条地层尖灭线。整体来看, Ck_1 各小层从下至上呈现出由北往南逐渐尖灭的趋势, 北部剥蚀程度较南部严重, 尖灭点依次向南部移动。 Ck_{1-1} 底的地层尖灭线位于 TK674X 井-TK635H 井-TK614 井-T606 井-TK622 井-TK735 井-TK617 井附近一带; Ck_{1-2} 底的地层尖灭线位于 TK642 井-S67 井-TK638 井-TK447 井附近一带; Ck_{1-3} 底的地层尖灭线位于 TK712 井-T607 井-TK744 井-TK625 井-TK602 井-TK678 井-TK640 井-TK451 井附近一带; Ck_{1-4} 底的地层尖灭线位于 TK872X 井-TK842 井-TK746X 井-TK738 井-T444 井附近一带(图 2)。

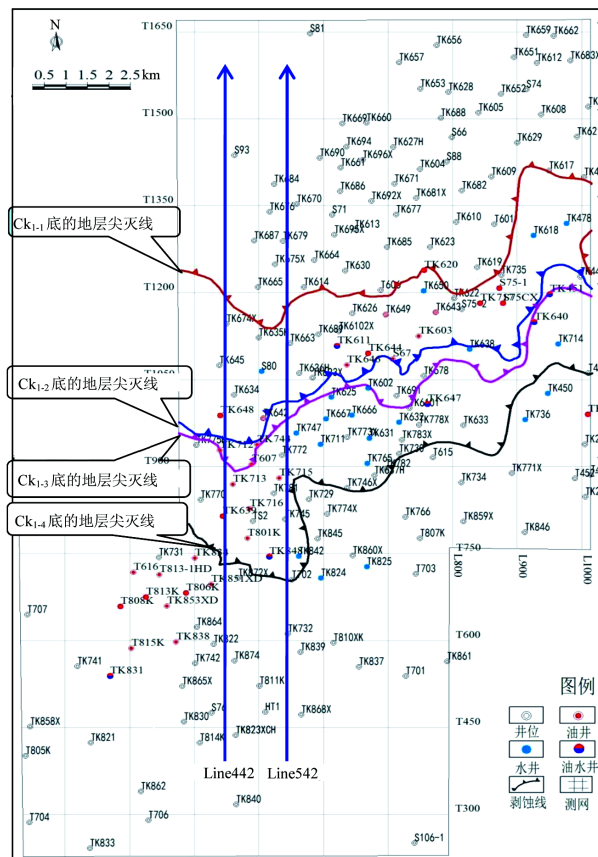


Figure 2. The profile position of pinch-out line of each sub-layer of Ck_1
图 2. Ck_1 各小层地层尖灭线剖面位置图

地震剖面图(Line442 与 Line542) (图 3)显示, 地震波组尖灭特征反映清晰。T₅⁰ 去屏蔽以后刻画的尖灭线与实际钻井揭示的剥蚀情况符合度极高, 说明主成分分析法能够达到去除强屏蔽的目的, 且准确性较高。

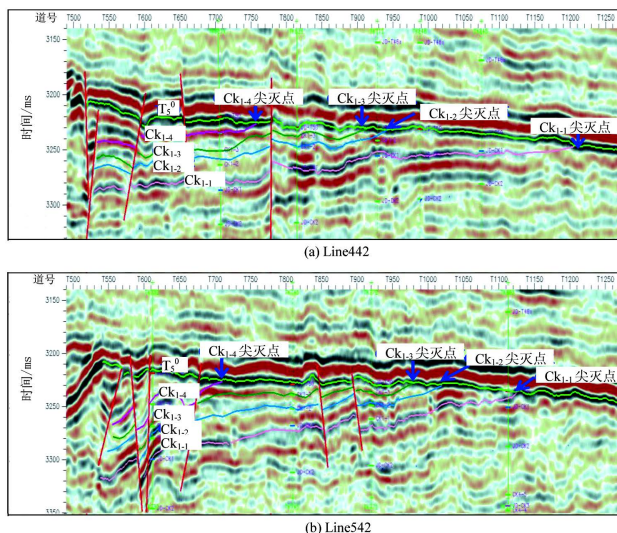


Figure 3. The plane position of pinch-out line of each sub-layer in Ck₁
 图 3. Ck₁ 各小层地层尖灭线平面位置图

地层尖灭线构成了部分圈闭的地层岩性遮挡条件, 沿地层尖灭线形成了一系列地层圈闭, 部分地层圈闭有优质砂体发育且获得高产。如沿 Ck₁₋₁ 底的地层尖灭线发育的 S75 地层圈闭中, 砂体发育较好, S75 井累产油已达 9.8×10^4 t。研究区油气井基本分布在地层尖灭线附近的砂体发育较好的构造相对高部位。地层剥蚀面成为油气运移的良好通道, 油气沿地层剥蚀面向上运移并在砂体发育较好的构造相对高部位聚集成藏(图 4)。

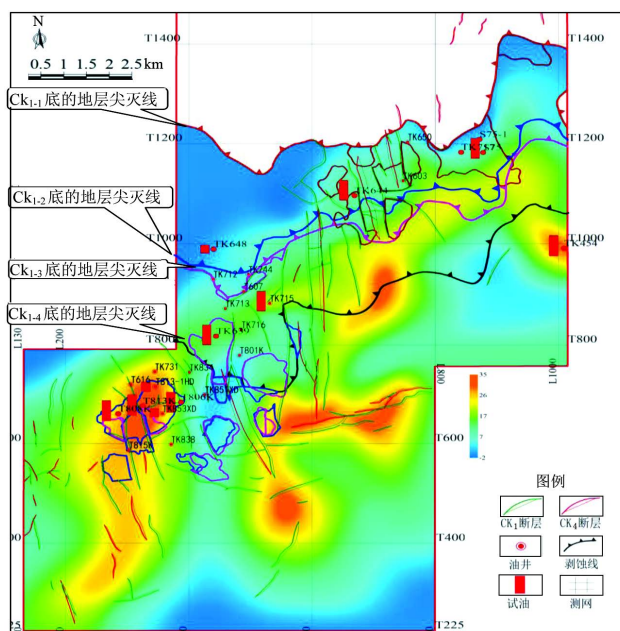


Figure 4. The superposition diagram of sand-body thickness, sub-layer pinch-out line and traps in Ck₁
 图 4. Ck₁ 砂体厚度、小层尖灭线和圈闭叠合图

4. 结语

塔河油田 678 区石炭系卡拉沙依组埋藏深度较大,顶部覆盖的不整合面 T_5^0 强辐射对其下伏地层有很强的屏蔽作用。利用主成分分析法去不整合面 T_5^0 强屏蔽,能够比较准确地刻画其下地层的尖灭点位置,更加精确地刻画地层尖灭线轮廓,从而更加精确地刻画沿地层尖灭线发育的一批地层圈闭的边界,对该区后期的滚动勘探开发评价、增储上产具有深远的指导意义。该技术对于塔里木盆地其他具有 T_5^0 屏蔽效应的区块具有推广和应用价值,对其他具有相似地质条件下的沉积地层也有很大的应用发展空间。

基金项目

国家科技重大专项(2011ZX05002-003)。

参考文献 (References)

- [1] Hower, P.W. (2001) Principal Components Analysis of Protein Structure Ensembles Calculated Using NMR Data. *Journal of Biomolecular NMR*, **20**, 61-70. <https://doi.org/10.1023/A:1011210009067>
- [2] Ouyang, Y. (2005) Evaluation of River Water Quality Monitoring Stations by Principal Component Analysis. *Water Research*, **39**, 2621-2635. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.04.024>
- [3] 陈扬, 张太宁, 郭澎, 等. 基于主成分分析的复杂光谱定量分析方法的研究[J]. 光学学报, 2009, 29(5): 1285-1291.
- [4] 骆行文, 姚海林. 基于主成分分析的岩石质量综合评价模型与应用[J]. 岩土力学, 2010, 31(S2): 452-455.
- [5] 张国英, 王娜娜, 张润生, 等. 基于主成分分析的 BP 神经网络在岩性识别中的应用[J]. 北京石油化工学院学报, 2008, 16(3): 43-46.
- [6] 彭仕宓, 熊琦华, 王才经, 等. 储层综合评价的主成分分析方法[J]. 石油学报, 1994, 15(S1): 187-194.
- [7] 张莹, 潘保芝. 基于主成分分析的 SOM 神经网络在火山岩岩性识别中的应用[J]. 测井技术, 2009, 33(6): 550-554.
- [8] 熊冉, 赵继龙, 刘少治, 等. 草南地区东河砂岩尖灭线地震识别与预测[J]. 长江大学学报(自科版), 2010, 7(4): 57-60.
- [9] 王军, 张中巧, 滕玉波, 等. 基于地震瞬时谱分析的三角洲砂体尖灭线识别技术[J]. 断块油气田, 2011, 18(5): 585-588.
- [10] 王志杰. 东营凹陷小营油田沙二段砂体尖灭线地震描述技术[J]. 石油地球物理勘探, 2012, 47(2): 305-309.
- [11] 王军, 周东红, 张中巧, 等. 低位楔形三角洲砂体岩性尖灭线地震响应特征探索[J]. 石油地质与工程, 2010, 24(5): 33-37.
- [12] Buckley, P.J. (1988) Measures of International Competitiveness: A Critical Survey. *Journal of Marketing Management*, **4**, 175-200. <https://doi.org/10.1080/0267257X.1988.9964068>
- [13] 康永尚, 沈金松, 谌卓恒. 现代数学地质[M]. 北京: 石油工业出版社, 2005: 67-71.
- [14] 杨永国. 数学地质[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2010: 110-113.

[编辑] 龚丹

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2471-7185，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

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

期刊邮箱：jogt@hanspub.org