

## 基于正演模型的地震处理技术 保幅性分析与评价

王 军<sup>1,2,3</sup>, 吕小伟<sup>3</sup>, 王立歆<sup>4</sup>

(1. 北京大学 地球与空间科学学院 北京 100871; 2. 北京大学 石油与天然气研究中心 北京 100871;

3. 中国石化股份胜利油田分公司 新疆勘探项目管理部 山东 东营 257000;

4. 中国石化股份石油物探技术研究院 江苏 南京 210014)

**摘要:** 目前在地震资料处理技术的相对保幅性评价方面,还缺少行之有效的方法。实际资料由于受到噪声和地表变化等因素的影响,不确定因素比较多,对处理技术的相对保幅性难以进行定量评价。针对这种情况,提出了基于正演模型的振幅曲线统计法、残差法、AVO 属性分析法和振幅比法等 4 种保幅性评价方法,即利用正演数据,在影响因素比较单一的条件下,采用相应的保幅性评价方法,对比分析了处理前后正演数据的变化,对几何扩散补偿、预测反褶积和地表一致性振幅补偿处理技术的保幅性进行了评价。速度场精度对几何扩散补偿处理的相对保幅性有较大影响,采用准确的速度是提高处理保幅性的基础。预测反褶积虽然能提高分辨率,但相对保幅性较差,实际资料处理时应结合井资料进行细致的参数分析,提高处理的相对保幅性。对于地表一致性振幅补偿处理,参与运算的炮数越多,处理结果的相对保幅性越好,实际资料处理时,应该利用尽可能多的数据进行运算。

**关键词:** 正演模型 相对保幅性 残差法 振幅曲线 反褶积 振幅补偿

中图分类号: P631.44

文献标识码: A

文章编号: 1009-9603(2012)04-0046-04

地震数据中不仅包含构造信息,而且还包含丰富的岩性信息和含油气信息<sup>[1]</sup>,做好相对保幅处理,尽可能多地保留地震数据中的真实有效信息,是隐蔽油气藏勘探成功的重要保证。但在地震资料处理的各个环节,如能量补偿、反褶积、去噪和偏移成像等,都对振幅有不同程度的改造或破坏,影响了油气预测的精度和准确性<sup>[2-6]</sup>。

目前,保幅处理技术研究主要集中在理论和算法的保幅性改进方面<sup>[7-8]</sup>,对现有处理技术缺少行之有效的保幅性定量评价方法,因此进行地震资料处理时,在方法和参数的选择方面还有一定的盲目性,对处理结果的保幅性也没有明确的判断。针对这种情况,提出了基于正演模型的几种地震处理技术保幅性评价方法,并对几何扩散补偿、预测反褶积、地表一致性振幅补偿等关键处理模块进行了保幅性分析。通过对处理前后正演数据的振幅、残差、AVO 特征保持性等特征进行综合对比分析,能够评价处理方法和技术的保幅性,进而指导实际资料处理中方法和参数的优选,对建立保幅性较高的处理

流程,提高处理成果的相对保幅性有重要意义。

### 1 基于正演模型的保幅性评价方法

实际地震资料由于受噪声、地表条件和吸收衰减等多种因素影响,难以对单个处理环节及处理流程的保幅性进行定量评价<sup>[9]</sup>,因此提出基于正演模型的保幅性评价方法。根据不同处理技术的特点,建立相应的速度模型,并得到振幅、频率、能量等已知的标准正演数据。以标准正演数据为基础,向其中加入噪声、时移量及能量变化等,就得到用于保幅性评价的正演数据<sup>[10]</sup>。通过分析处理前后正演数据特征的变化,来评价相应处理技术及流程的保幅性。保幅性评价方法包括振幅曲线统计法、残差法、AVO 属性分析法和振幅比法等。

振幅曲线统计法 对同一个标准层或时窗内处理前后的振幅进行统计,得到振幅变化曲线,并与真实曲线对比,曲线间的相似程度可以作为相对保幅性评价的一种方法。用不同方法、参数进行振幅补

收稿日期: 2012-05-17。

作者简介: 王军,男,在站博士后,从事油气勘探综合研究。联系电话: (0546) 8558493 E-mail: wangjun056\_slyt@sinopec.com。

基金项目: 国家科技重大专项“渤海湾盆地南部精细勘探关键技术”(2008ZX05000-006-04)。

偿后所得到的曲线与真实曲线越接近,保幅性较好。此方法主要适用于地表一致性振幅补偿、几何扩散补偿等振幅处理类技术的保幅性分析。

**残差法** 对处理前后的数据进行求差计算,分析差异记录中是否包含有效信号,来判断处理方法的相对保幅性,此方法适用于叠前叠后去噪、静校正等技术的保幅性评价。

**AVO 属性分析法** AVO 是建立在叠前地震资料基础上的地震属性分析方法,AVO 特征在处理前后的保持程度,可以作为对处理技术进行保幅性评价的一种方法。首先建立合适的地质模型,产生具有 AVO 特征的道集,对处理前后模型数据的 AVO 特征曲线进行定量分析,可以评价相应处理技术的保幅性。该方法适用于能量补偿、去噪等处理技术的保幅性评价。

**振幅比法** 地震资料保幅处理保持的是相对振幅,如果处理后数据的整体能量发生变化,但振幅的相对强弱关系没有被破坏,也是相对保幅的处理过程<sup>[11-13]</sup>。因此计算处理前后相同标准层的相对振幅比,可以对相应处理技术及流程的保幅性进行评价,此方法适用于反褶积、能量补偿处理等技术的保幅性评价。

## 2 保幅性评价

为了增强对某项处理技术保幅性评价的准确性,建立了影响因素比较单一的模型。地质模型(图 1a)主要由几个层速度不同的水平层组成,中间黄色层位分为由薄到厚的 3 段,叠前正演并进行偏移叠加处理后的数据如图 1b 所示,基于该模型对几何扩散补偿处理技术、预测反褶积技术及地表一致性振幅补偿技术进行保幅性评价。

### 2.1 几何扩散补偿处理技术

几何扩散补偿处理是消除随传播距离增加,波前面不断扩大造成的能量衰减,是地震资料处理必不可少的步骤,处理结果对地震资料保幅性有较大影响。

根据弹性水平层状介质几何扩散补偿公式<sup>[14-15]</sup>可知,在地震记录中,反射波双程旅行时间为已知,地层最小速度为常数,影响处理结果的主要参数是介质的均方根速度。对几何扩散补偿处理进行保幅性评价时,选择图 1a 最右侧黄色厚层及红色层位的顶面作为研究对象,正演计算时考虑了有几何扩散的影响和没有几何扩散的影响 2 种情况。没

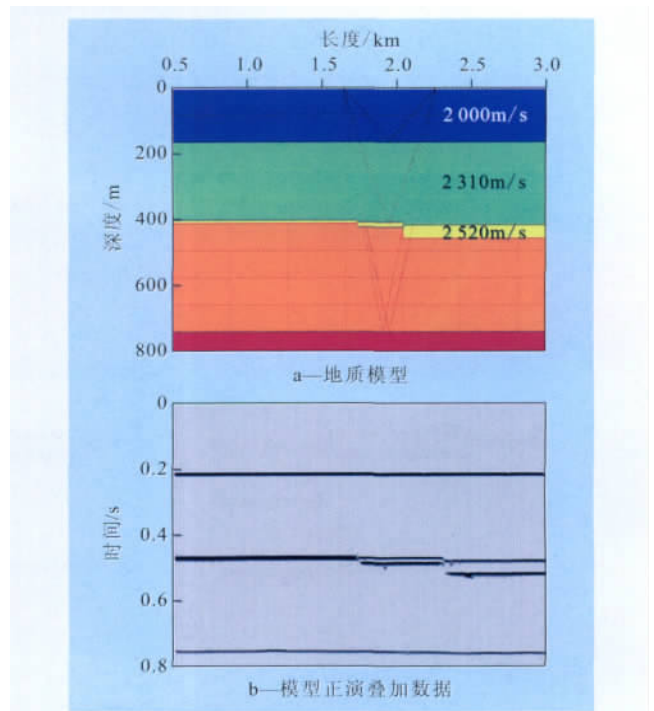


图1 地质模型及模型正演叠加数据

有几何扩散影响时得到的道集可以作为标准数据;对几何扩散影响的道集,分别采用已知速度的叠加速度场和模型中间点的时间速度对进行几何扩散补偿处理。对处理结果采用残差法进行了保幅性分析,从图 2 的分析结果可以看出,利用叠加速度场进行几何扩散补偿处理的误差比较小,相对保幅性较强;利用时间速度对进行几何扩散补偿处理的误差比较大,因此在进行几何扩散补偿处理时,采用准确的速度是提高处理保幅性的基础。

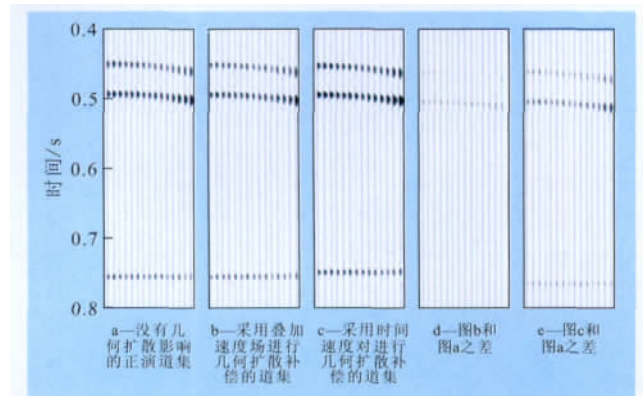


图2 采用不同速度对正演道集进行几何扩散补偿及残差分析结果

### 2.2 预测反褶积技术

反褶积是提高地震资料分辨率的主要手段,目前生产中采用的一般是地表一致性预测反褶积或预测反褶积<sup>[16-17]</sup>。采用图 1 中的模型和数据,利用振

幅比法对预测反褶积技术的保幅性进行分析。

在地质模型(图 1a)中,中间黄色层位由左至右分为由薄到厚的 3 段,正演时采用零相位子波,主频为 50 Hz,左边层段的厚度为 10 m,略小于  $1/4$  波长,顶底反射不能分开;中间层段的厚度为 20 m,顶底反射基本能分开;右侧层段的厚度为 50 m,顶底反射能分开。采用预测反褶积技术进行提高分辨率处理,预测步长为 8 ms。原始正演结果(图 3a)添加

了 5% 的白噪,中间层段顶底反射的振幅比为 0.61,右侧层段顶底反射振幅比为 0.85;采用零相位预测反褶积处理,左侧层段的复波分开了,振幅比为 0.42,中间层段顶底反射的振幅比为 0.63,右侧层段顶底反射振幅比为 0.73(图 3b),预测反褶积对反射振幅及层间的振幅比都有较大的影响;采用最小相位预测反褶积处理,相位特征发生明显变化,振幅及振幅间的相对关系也发生明显变化(图 3c)。

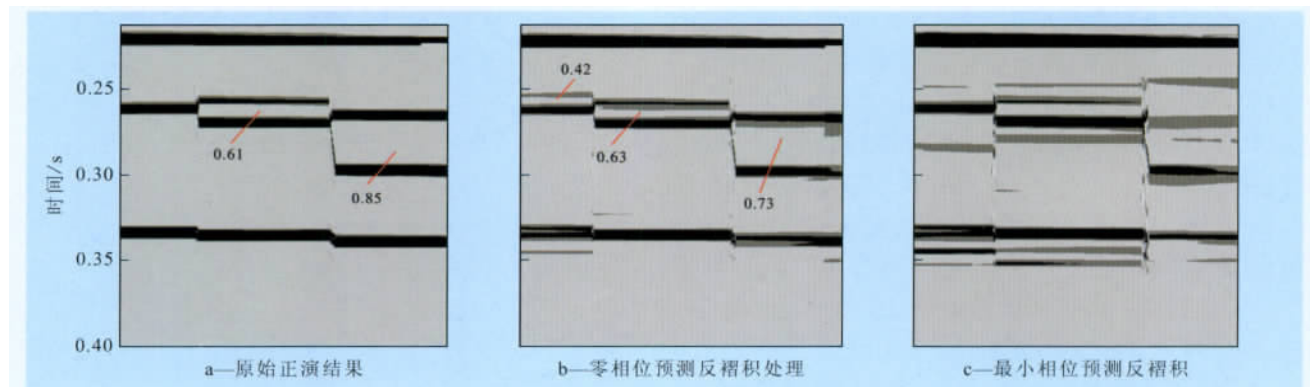


图 3 预测反褶积处理技术的振幅比分析结果

分析认为,预测反褶积虽然能提高分辨率,但相对保幅性较差,实际资料处理时应结合井资料进行细致的参数分析,提高处理的相对保幅性。

### 2.3 地表一致性振幅补偿技术

地表一致性振幅补偿是基于多道统计的振幅补偿技术,处理时首先设定时窗,计算时窗内的振幅,

然后根据地震记录能量符合地表一致性的假设,把地震记录能量分解为炮点项、检波点项、共中心点项和共偏移距项,再通过地表一致性振幅补偿处理,使地震记录的炮与炮、道与道之间能量达到一致。

利用正演的单炮数据(图 4a)作为保幅性评价的标准数据,在正演标准数据中加上随机能量变化

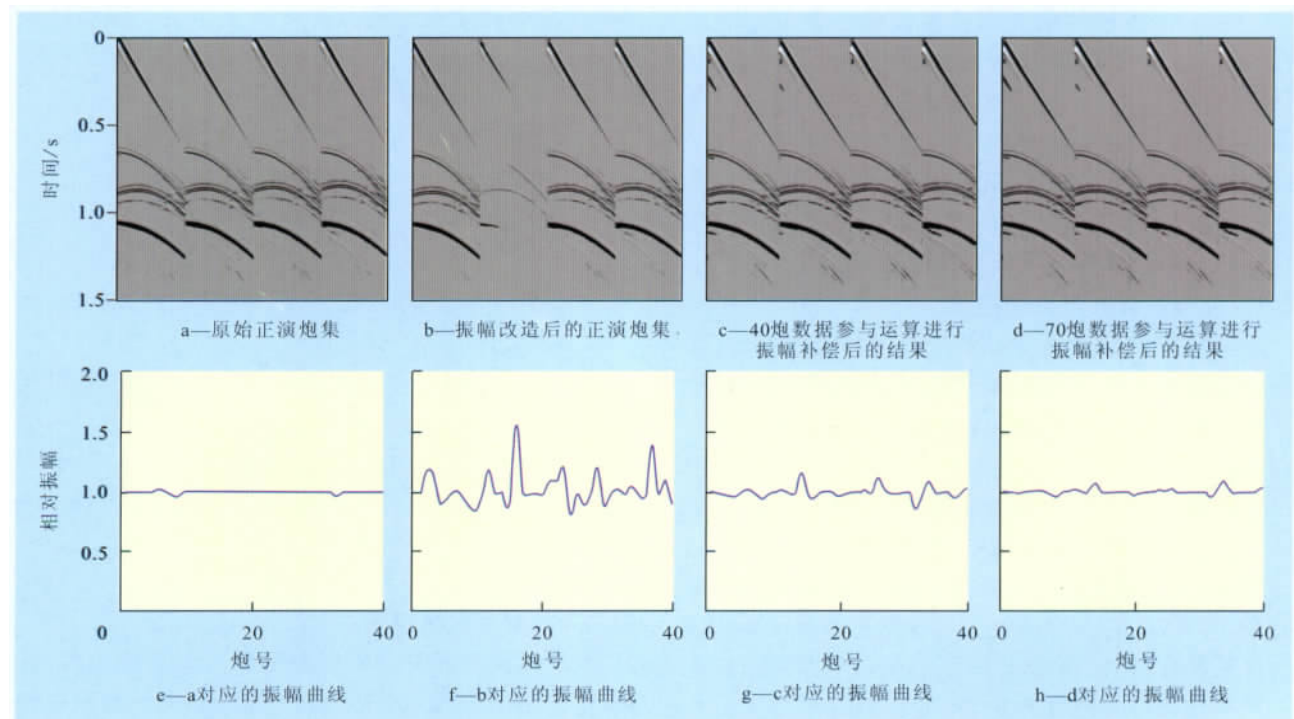


图 4 正演单炮和地表一致性振幅补偿结果以及相对应的振幅曲线

进行振幅改造(图4b),分别利用40炮数据和70炮数据进行地表一致性振幅补偿,从补偿结果(图4c,图4d)上难以直接看出两者的差异。但对相关数据求取归一化振幅的结果显示,图4h和图4e中振幅曲线的吻合度较高,因此,对地表一致性振幅补偿处理,参与运算的炮数越多,处理结果的相对保幅性越好,实际资料处理时,应该利用尽可能多的数据进行运算。

### 3 结束语

随着勘探目标的日益复杂化、隐蔽化,地震资料相对保幅处理显得越来越重要,通过分析相对保幅技术研究的现状,提出了基于正演模型的振幅曲线统计法、残差法、AVO属性分析法和振幅比法等4种地震处理技术保幅性评价方法,并应用相应的方法,对几何扩散补偿、预测反褶积、地表一致性振幅补偿等关键处理技术的保幅性进行评价。

采用基于正演模型的保幅性评价方法,对地震处理技术的相对保幅性进行分析评价是切实可行的。速度场精度对几何扩散补偿处理的相对保幅性有较大影响,但对实际资料进行几何扩散补偿处理时,由于不知道该区的叠加速度,通常采用的是区域内的时间速度对,容易带来较大误差。因此,在后续处理得到准确的叠加速度场后,先用原始的时间速度对进行反几何扩散补偿,再用准确的叠加速度场进行一次几何扩散补偿,可以有效提高处理结果的保幅性。反褶积处理技术的相对保幅性较差,处理时应对算子类型、预测步长等进行详细分析测试,尽量改善处理效果。采用地表一致性振幅补偿处理时,尽量增加用于统计分析的炮数,最好对全区数据进行统一处理,可以提高处理结果的相对保幅性。

### 参考文献:

- [1] 张永华,罗家群,田小敏.高精度三维地震在泌阳北部复杂断块群勘探中的应用[J].石油物探,2005,44(3):278-282.
- [2] 张永华,杨道庆,孙耀华,等.高精度层序地层学在隐蔽油藏预测中的应用[J].石油物探,2007,46(4):378-384.
- [3] 于海铨,周小平.模型子波处理技术在消除地震相位差异中的应用[J].油气地质与采收率,2010,17(4):33-34,42.
- [4] 张建宁,于建国.地震属性应用中的不确定性分析[J].石油物探,2006,45(4):373-379.
- [5] 季敏,谭丽娟.隐蔽油气藏研究的现状和发展趋势[J].断块油气田,2009,16(4):45-48.
- [6] 王西文,刘全新,吕焕通,等.储集层预测技术在岩性油气藏勘探开发中的应用[J].石油勘探与开发,2006,33(2):189-193.
- [7] 张宇.振幅保真的单程波方程偏移理论[J].地球物理学报,2006,49(5):1410-1430.
- [8] 王立歆,马方正.基于改进的时移成像条件的保幅叠前深度偏移研究[J].石油物探,2010,49(3):222-226.
- [9] 袁非,梁桂美.地震数据处理质量控制体系建设及效果[J].质量管理与质量监督,2010,22(7):1674-1678.
- [10] 张永刚.地震波场数值模拟方法[J].石油物探,2003,42(2):143-148.
- [11] 周能丰,李青.振幅补偿与保幅处理探讨[J].小型油气藏,2005,10(4):23-25.
- [12] 王延光.胜利油区时移地震技术应用研究与实践[J].油气地质与采收率,2012,19(1):50-54.
- [13] 王西文,刘全新,吕焕通,等.相对保幅的地震资料连片处理方法研究[J].石油物探,2006,45(2):105-118.
- [14] 陆基孟.地震勘探原理(上册)[M].东营:石油大学出版社,1993:160-191.
- [15] 董敏昱.地震勘探[M].东营:石油大学出版社,2000:138-148.
- [16] 云美厚,丁伟.地震分辨率新认识[J].石油地球物理勘探,2005,40(5):603-608.
- [17] 王西文,赵邦六,吕焕通,等.地震资料相对保真处理方法研究[J].石油物探,2009,48(4):319-331.

编辑 经雅丽

欢迎订阅《油气地质与采收率》

China

**Tong Minbo, Gao Fei, Li Chunxia et al. Pre-stack density inversion in reservoir and hydrocarbon prediction application in Yong block, Subei Basin. *PGRE*, 2012, 19(4):42–45.**

**Abstract:** Yong block is located in the center of Dongtai depression in north Subei Basin, and its reservoir type is complex and diverse. This paper predicts reservoir and hydrocarbon in study area using pre-stack seismic inversion method which is used to guide the rock-physics analysis. With log data correction and standardization, the log curves perform the real stratigraphic rock characteristics, and then carry out the effective stratigraphic correlation to ensure the accuracy of geological understanding. With different lithology and fluid rock-physics sensibility analysis, we distinguish reservoir sands and hydrocarbon, and then identify the best parameter for pre-stack inversion. According to system analysis of elastic parameters of seismic rock physics, and aimed at the complex reservoir characteristics in study area, we combine the rock-physics analysis with pre-stack seismic inversion technology and using approximate Zeoppritz equation method to predict the reservoir sands and hydrocarbons. Finally, combined the well with seismic correction, the results indicate that: pre-stack inversion results can predict reservoir sands distribution well, because of the limit of reservoir itself complexity, hydrocarbons prediction can't exposit its distribution characteristics completely. The next step of oil and gas exploration should enhance the study of sedimentary facies and sequence stratigraphy.

**Key words:** petrophysics; sensitivity; pre-stack seismic; density inversion; hydrocarbon prediction

**Tong Minbo**, Research Institute of Shaanxi Yanchang Petroleum (Group) Co., Ltd, Xi'an City, Shaanxi Province, 710075, China

**Wang Jun, Lü Xiaowei, Wang Lixin. Model-based relative-amplitude-preserved estimation methods and application of seismic processing technology. *PGRE*, 2012, 19(4):46–49.**

**Abstract:** Now, there are few effective methods in the relative amplitude preserved estimation of seismic processing technology. It is difficult to evaluate the amplitude-preserved feature using real seismic data, which are affected by many factors such as noise, surface condition, and so on. Based on model data, four kinds of amplitude-preserved estimation methods are proposed, including amplitude statistics curve, residual difference, amplitude ratio and AVO attribute-preserved method. In addition, using model data, the amplitude-preserved features of some key processing techniques are estimated by means of methods mentioned above. By the estimation result, processing parameters and flows can be optimized for geometrical spread compensation, predictive deconvolution and surface consistent amplitude compensation techniques. In consequence, the research is very useful for the improvement of amplitude-preserved of seismic processing results.

**Key words:** forward model data; relative amplitude preserve; residual difference; amplitude curve; deconvolution; amplitude compensation

**Wang Jun**, School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing City, 100871, China

**Song Xinwang, Li Zhe. Study on seepage characteristics of hydrophobic associated polymer in porous media. *PGRE*, 2012, 19(4):50–52.**

**Abstract:** In order to know whether the hydrophobic association polymer can keep high effective viscosity during migration in porous media, different types of hydrophobic association polymer solution character evaluation and physical simulation test are discussed in the paper to give guidance to the field application. The viscosifying performance is tested for different types of polymer solution with different concentration and shear rate. It shows that hydrophobic association polymer has better viscosifying performance than traditional HPAM in high concentration, but shear rate takes great effect on its pseudo-viscosity. It also shows that ultra high molecular weight hydrophobic association polymer with high molecular weight and some degree of association action performs well viscosifying capacity and even pressure transmitting character in porous media by the test of effective apparent viscosity, flow migration characteristic and displacement characteristics. It perhaps has well application feasibility as oil displacement agent. And, the traditional hydrophobic association polymer with its viscosity generation mainly depending on intermolecular association action perhaps should be further improved as oil displacement agent.

**Key words:** hydrophobic association polymer; viscosity; porous media; filtering flow; injection pressure; displacement performance

**Song Xinwang**, College of Chemical Engineering, China University of Petroleum (Beijing), Beijing City, 102249, China

**Yuan Shibao, Sun Xiyong, Jiang Haiyan et al. Ignition experimental analysis of in-situ combustion under condition of preheating. *PGRE*, 2012, 19(4):53–55.**

**Abstract:** In-situ combustion is an important way of development mode on heavy oil reservoir, and it is increasingly becoming one of the key replacing technologies after steam soaking. Ignition is the first link in the process of in-situ combustion, in order to examine the different impact of reservoir conditions on ignition combustion and improve the thermal efficiency and success rate of ignition, the impacts for crude oil of different preheating temperature (210 ~ 300 °C), different flow rate and combustion adjuvant with combustion tube experiments are studied. It concluded that, based on a certain air flux, high preheating temperature is beneficial to reservoir fast ignition, and combustion adjuvant can improve the combustion status of crude oil. For in-situ combustion test, preheating, combustion adjuvant technology is a simple and effective combustion ignition technology, so it is worthy of promotion and application.

**Key words:** laboratory experiment; in-situ combustion; preheating; combustion adjuvant; ignition; thermal recovery

**Yuan Shibao**, College of Petroleum Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an City, Shannxi Province, 710065, China