

Analysis of Sub-salt Tectonic Pattern and Exploration Potential in Kuqa Keshen Area

Xin Gong^{1,2,3} Yongxing Gu³ Xin Chen³ Yinglin Hong⁴ Yuan Liang³

1.School of Earth Sciences and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi, 710065, China

2.Shaanxi Key Laboratory of Petroleum Accumulation Geology (Xi'an Shiyou University), Xi'an, Shaanxi, 710065, China

3.Korla Institute of BGP, CNPC, Korla, Xinjiang, 841000, China

4.Production Capacity Construction Division of Tarim Oilfield, CNPC, Korla, Xinjiang, 841000, China

Abstract

The Keshen area in China is located in the eastern section of the Kuqa depression Kelasu tectonic belt, and a double-slip tectonic model has been established by previous authors for this area. However, due to the complex geological conditions of surface and subsurface in Keshen area, the imaging effect of deep sub-salt seismic data is poor and the resolution is low, and at present, only sub-salt Cretaceous strata are drilled in the area, and no well is drilled to encounter Jurassic strata, so there are multiple solutions to the understanding of deep Jurassic stratigraphic pattern and morphology. In this paper, based on the double-slip tectonic model, the quantitative analysis of sub-salt tectonics in Keshen area is carried out, the initial tectonic model of this section is established and the reliability of the model is verified by the area-depth method, and favorable exploration areas are found based on the newly established tectonic model. The study concluded that the Keshen area is developing multi-layer slip tectonics controlled by the Paleozoic Kumgrem Group, Jurassic Kizilnur Group and Triassic base. The structural zone is bounded by The Kelasu fault. Decollement structures are developed in the south of the fault, and high-angle thrust structures are developed in the north of the fault. The northern structural belt is a favorable exploration target due to the strong thrust nappe action, which leads to the shallow burial depth of Jurassic strata and good petroleum geological conditions.

Keywords

Keshen area; area-depth method; double-slip construction; exploration potential

库车克深地区盐下构造模式与勘探潜力分析

龚鑫^{1,2,3} 谷永兴³ 陈新³ 洪英霖⁴ 梁元³

1. 西安石油大学地球科学与工程学院, 中国·陕西 西安 710065

2. 陕西省油气成藏地质学重点实验室(西安石油大学), 中国·陕西 西安 710065

3. 中国石油东方地球物理公司研究院库尔勒分院, 中国·新疆 库尔勒 841000

4. 中国石油塔里木油田产能建设事业部, 中国·新疆 库尔勒 841000

摘 要

中国克深地区位于库车坳陷克拉苏构造带东段, 前人对该区建立了双滑脱构造模式。但由于克深地区地表及地下地质条件较为复杂, 导致盐下深层地震资料成像效果差、分辨率低, 且目前该区钻井仅钻达盐下白垩系地层, 无井钻遇侏罗系地层, 因此对深层侏罗系地层构造模式及形态认识存在多解性。为此, 论文在双滑脱构造模式基础上, 开展克深地区盐下构造量化分析, 建立该区段初始构造模型并利用面积深度法验证模型可靠性, 依据新建立的构造模式寻找有利勘探区域。研究认为, 克深地区发育受古近系库姆格列木群、侏罗系克孜勒努尔组以及三叠系底控制的多层滑脱构造, 且构造带以克拉苏断裂为界, 断裂以南发育滑脱构造, 断裂以北发育基底卷入高角度逆冲构造; 北部构造带由于受到强烈的逆冲推覆作用, 导致侏罗系地层构造埋深浅, 且其石油地质条件好, 为有利勘探目标。

关键词

克深地区; 面积深度法; 双滑脱构造; 勘探潜力

1 引言

中国库车坳陷位于塔里木盆地北缘, 与南天山造山带相接, 受喜山晚期造山构造运动影响, 使得库车坳陷发育多个构造单元, 由北向南依次为北部构造带、克拉苏构造

带、秋里塔格构造带、拜城凹陷、阳霞凹陷、南部斜坡带^[1]

(见图1)。库车前陆冲断带石油地质条件优越, 具有丰富的天然气资源, 勘探开发实践证明该区的断裂活动与油气成藏关系密切, 断裂活动控制构造圈闭形成、改造与油气运聚成藏, 因此明确深部断裂展布形态、探明深部构造样式对该区油气勘探具有重要意义。由于库车山前地表地下构造双复杂变形等影响, 研究区深部地震资料反射波杂乱,

【作者简介】龚鑫(1989-), 女, 中国重庆人, 本科, 工程师, 从事地震资料解释与地质综合研究。

波阻抗界面不明显,成像品质不理想,导致深部构造解释存在争议。论文以克拉苏构造带东段盐下构造为例,通过白垩系内部成像精度较好的地层为基础,利用面积深度法开展量化研究,推测探讨其下覆地层侏罗系的构造样式,深化对克拉苏构造带深部构造样式的认识,并寻找有利的勘探目标。

2 研究区地质概况

克拉苏构造带位于库车坳陷北部,众多学者对其进行了大量的研究,由于古近系库姆格列木群巨厚膏盐层的存在,使得构造变形具有上下分层,南北分带,东西分段的特征,基本建立了“分层滑脱,垂向重叠”的收缩构造模式^[2]。受库姆格列木群膏岩盐的影响,克拉苏构造带发育了一系列盐相关构造,膏盐岩层可以作为优质的区域盖层,且盐下发育紧密排列的逆冲叠瓦状构造,为形成构造圈闭提供了的良好保障。

克拉苏构造带根据构造变形特征,由西往东可划分为阿瓦特段、博孜段、大北段、克深段。东部的克深段在盐下表现为典型的叠瓦状构造,在构造变形后缘发育由高角度逆冲断层控制的基底卷变形,向南很快过渡为盖层滑脱变形,克深段绝大部分表现为盖层滑脱变形特征^[3]。目前,认为克深段受古近系库姆格列木群膏岩盐层和侏罗系煤系地层为主的两大套滑脱层控制,整体以三叠系底为滑脱面,中生界

地层全部卷入变形(见图2),但通过利用最新的三维地震资料剖面显示,目前的构造解释模式存疑,首先,侏罗系煤系地层强波组反射特征从南往北基本处于同一深度,没有表现出明显的抬升特征;其次,白垩系断裂向下发育断至三叠系底滑脱面的解释方案,存在强制断穿侏罗系内强波组反射特征的情况;最后,侏罗系克孜勒努尔组的下伏地层构造形态与上覆不一致(见图3)。因此,亟须建立新的构造解释模式,并利用面积深度法确定新构造模式的可靠性。

3 面积深度法原理

面积深度法由 Epard 和 Groshong 建立^[4],被广泛应用于检验构造解释的合理性,预测滑脱面的深度及计算滑脱面的滑脱距离,是根据浅层信息研究深部变形的有效方法。

面积深度法是建立在面积守恒的基础上的,如图4所示,当一个地区的岩层发生断层、褶皱和层间滑动等构造变形时,局部岩层将被推挤并超出相应的区域基准面,这些超出部分的面积显示为多余面积,或者一部分岩层将陷入其基准面以下的地方,该部分面积显示为丢失面积。

Epard 和 Groshong 提出同一构造变形中每一层多余面积同该层的深度以及区域位移量(D)相关^[5]。底滑面以下的岩层保持着原始产状,不产生变形,从底滑面到地表,变形程度逐渐加大,每个层面多余或丢失面积(S)与岩层深

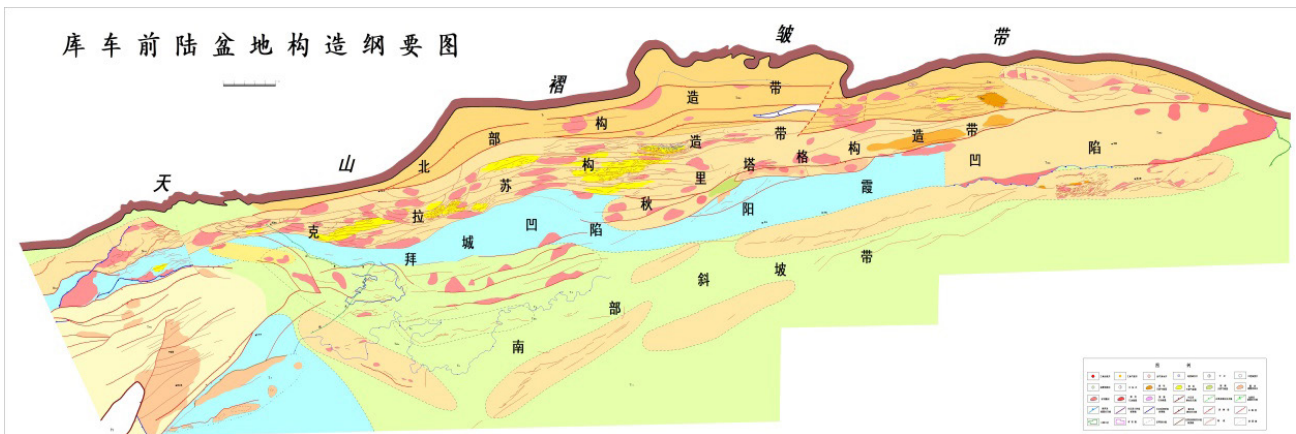


图1 库车前陆盆地构造纲要图

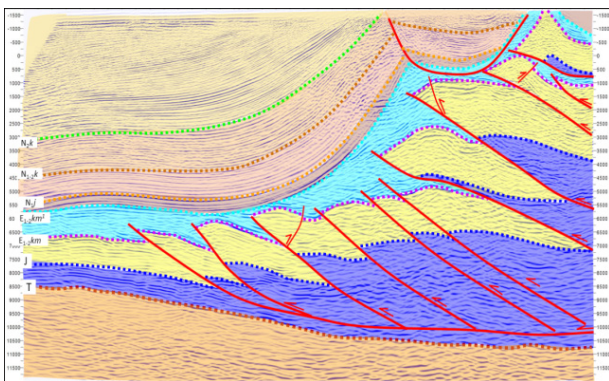


图2 克拉苏构造带克深段构造解释模式剖面

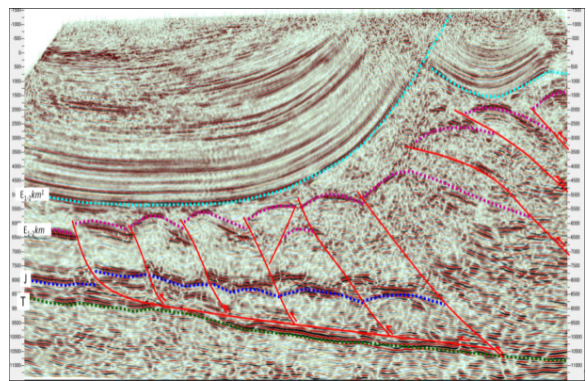


图3 克拉苏构造带克深段新地震资料解释剖面

度 (h) 以及底滑面位移 (D) 之间成线性关系 (见图 5) :

$$S = Dh + Sa$$

其中, D 为区域位移量, S 为多余面积或者丢失面积, h 为所计算的层面同参考面之间的距离, Sa 为面积深度拟合直线在面积轴上的截距。在实际应用中, 通过测量得到多个层位的 S , 将这些数据投到图中, 拟合出一条直线, 如果这些点拟合函数基本呈一条直线, 那么这个剖面内部达到平衡, 解释合理。直线与深度坐标轴的交点值 (h) 就是底滑面到参考面的深度, 直线斜率就是岩层整体在底滑面上的位移量 (D)。

面积深度法通过建立多个层面的多余面积和深度的拟合直线, 可以准确计算滑脱构造变形中滑脱层的深度和构造缩短量, 该方法应用前提条件是准确刻画浅层构造前沉积清晰的几何形态, 识别沉积地层变形前地层基准面的位置, 同时没有物质的流入和流出。克深地区地震剖面中, 白垩系内地震反射较为清晰, 可通过面积深度法推测下伏侏罗系地层特征。

4 面积深度法在克深地区的应用

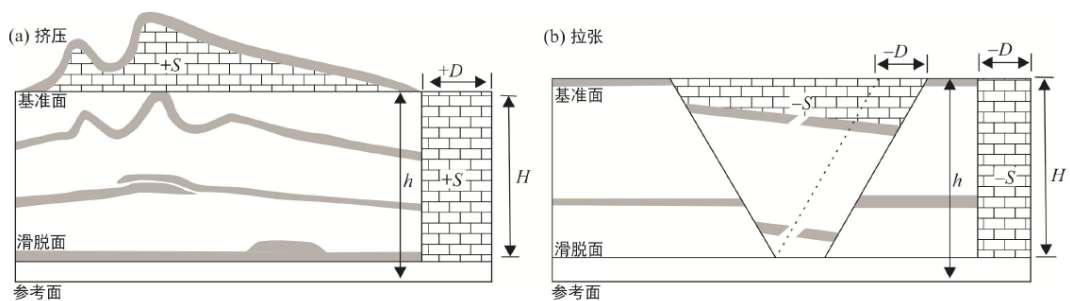
论文以克拉苏构造带克深段为例, 研究克深地区盐下层的构造变形, 平行于基底斜坡设定参考面和层面, 对盐下层白垩系内幕可追踪识别的三组强反射波组解释层做面积深度分析, 以克拉苏断裂以南的挤压变形区域为研究, 分别测量识别出三组地层的多余面积, 及距离参考面的距离,

通过曲线拟合判定构造解释的合理性, 且分析克拉苏断裂以北, 深部侏罗系地层的构造形态。

克深段盐下构造整体成近东西走向的背斜, 选取该区块南北向剖面作面积深度分析。首先建立初始构造模型 (见图 6), 克拉苏断裂以南建立以三叠系底为下滑脱面, 侏罗系克孜勒努尔煤层为上滑脱面, 发育上下分层的构造变形模式; 克拉苏断裂以北, 建立基底卷入高角度逆冲构造模式。其次做两个校正, 校正一为选取参考面应选择与底滑脱面平行的倾斜面, 校正二, 由于面积深度法规定只能计算由构造变形流进剖面的多余面积, 所以要剔除中生界斜坡沉积引起的加厚面积。校正后, 选取白垩系内部三组可追踪强反射轴分析, 面积分析结果如图 7 所示。

剖面得到的面积深度拟合直线为 $y = 25.72x - 4.647$, $R^2 = 0.993$, 拟合直线交 x 轴于 $x = 0.18$, 表明滑脱面在参考面以上 180m 处, 拟合度 0.993 表明构造解释合理。在克拉苏断裂以北选取一点计算剩余面积, 结果表明剩余面积偏离直线, 不能与南部滑脱构造面积直线拟合, 证明克拉苏断裂以北发生基底卷入高角度逆冲构造。

通过计算, 证明该地区初始构造模型可靠, 克深地区盐下发育多滑脱层的叠瓦逆冲楔构造, 滑脱层分别为三叠系底和侏罗系克孜勒努尔组底, 克孜勒努尔煤层塑性层上下分别变形, 克拉苏断裂北部发育基底卷入构造, 白垩系至三叠系发生地层卷入变形。北部构造带石油地质条件优越^[6], 储层侏罗系阿合组砂岩孔隙度渗透率优良, 其上有侏罗系煤层



D - 盐层整体在底滑面的位移; S - 盐层的多余面积或丢失面积; h - 某个岩层距离参考面的距离; H - 底滑面的位置

图 4 面积深度法示意图

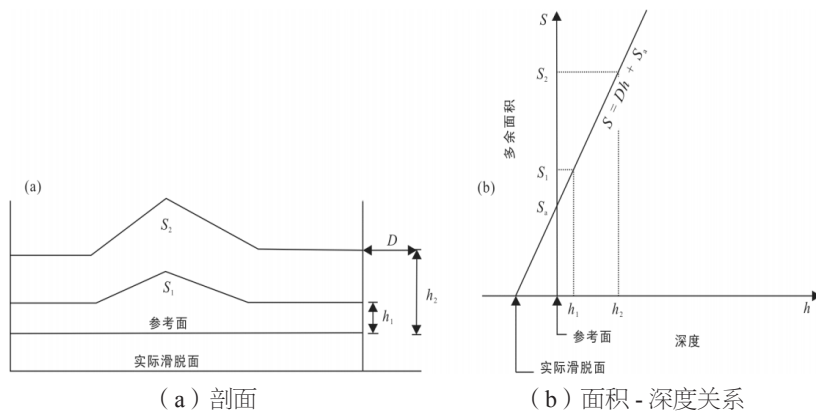


图 5 单滑脱层的面积深度关系示意图 (据 Groshong, 1994)

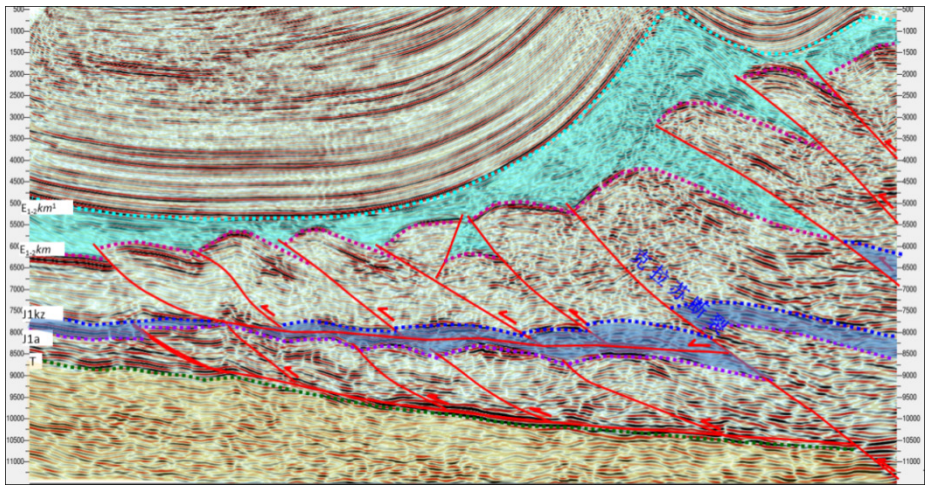


图6 克深地区南北向初始构造解释模型剖面

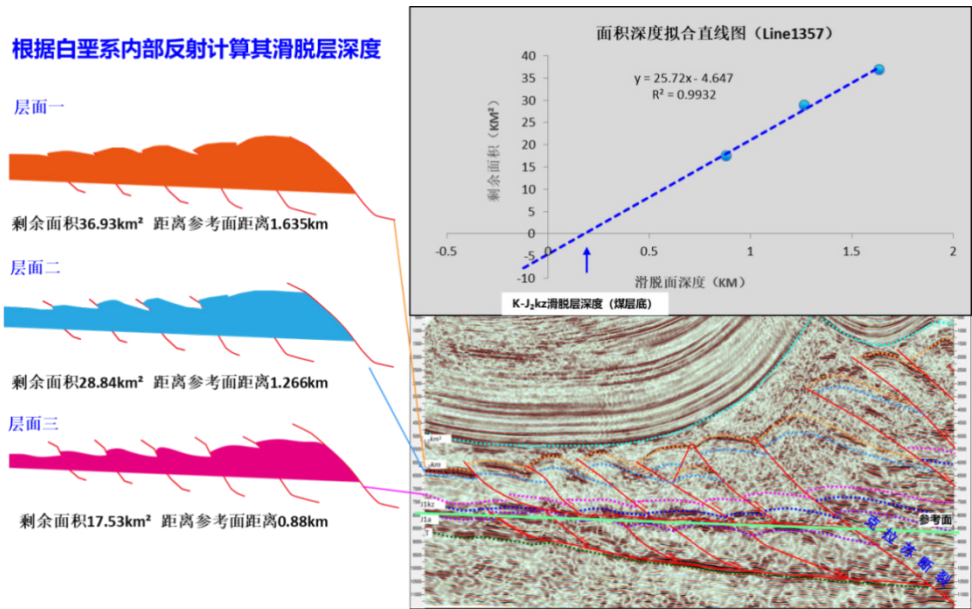


图7 克深地区南北向剖面面积深度综合数据图

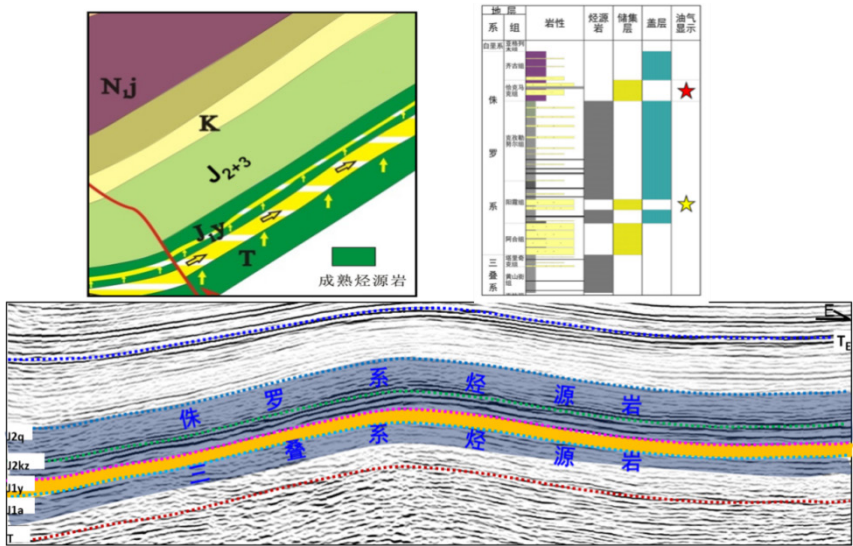


图8 北部构造带生储盖综合示意图

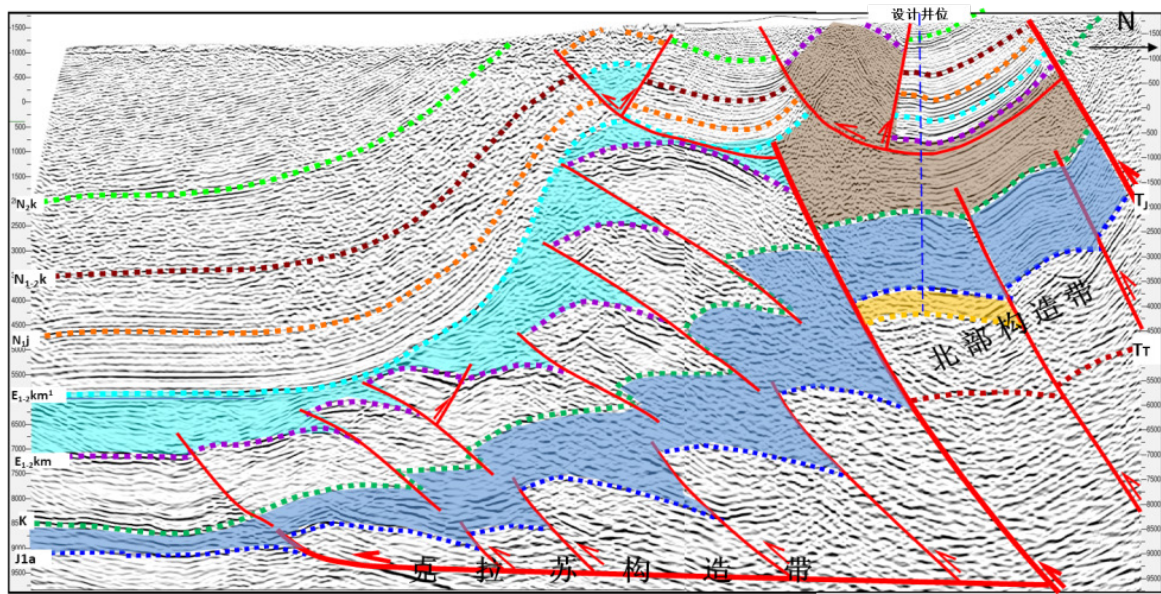


图9 北部构造带地震解释剖面及有利目标示意图

烃源岩,同时作为盖层,下有三叠系塔里奇克组和黄山街组烃源岩,这种“三明治”式生储盖组合十分优越(见图8),且北部侏罗系储层被卷入较高位置,埋藏较浅,因此具有较高勘探潜力(见图9)。

5 结论

①克拉苏构造带东段即克深段盐下构造发育分别以侏罗系克孜勒努尔组和三叠系底为滑脱面的构造变形,其中克孜勒努尔组为中间滑脱层,上下地层构造分层变形,上覆白垩系为目前已勘探层析,下伏侏罗系阿合组地层发育为深层构造。

②克深段构造以克拉苏断裂为分界,断裂以南发育以克孜勒努尔组和三叠系底为滑脱面的滑脱构造,断裂以北发育基底卷入高角度逆冲构造。

③北部构造带发育的逆冲构造侏罗系石油地质条件好,

且埋深浅,存在较高勘探潜力,可作为有利目标开展研究工作。

参考文献

- [1] 田作基,胡见义,宋建国.塔里木库车前陆盆地构造格架和含油气系统[J].新疆石油地质,2000(5):379-383+446.
- [2] 能源,谢会文,孙太荣,等.克拉苏构造带克深段构造特征及其石油地质意义[J].中国石油勘探,2013,18(2):1-6.
- [3] 管树巍,陈竹新,李本亮,等.再论库车克拉苏深部构造的性质与解释模型[J].石油勘探与开发,2010,37(5):531-536+551.
- [4] 谢会文,尹宏伟,唐雁刚,等.基于面积深度法对克拉苏构造带中部盐下构造的研究[J].大地构造与成矿学,2015,39(6):1033-1040.
- [5] Epard Jean-Lun, Groshong Jr RH. Excess area and depth to detachment[J]. AAPG Bulletin,1993,77(8):1291-1320.
- [6] 漆家福,Groshong R H Jr,杨桥.用面积平衡原理预测伸展断陷盆地中岩层内部应变及亚分辨正断层的方法[J].地球科学,2002(6):696-702.