

金湖凹陷西斜坡崔庄变换带研究

戴俊生¹, 宋世君¹, 王霞田², 张宏国^{1,3}, 张虎⁴

1. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 山东青岛 266555
2. 中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司勘探开发研究院, 新疆克拉玛依 834000
3. 中国海洋石油有限公司天津分公司勘探开发研究院, 天津 300452
4. 中国矿业大学(徐州)资源与地球科学学院, 江苏徐州 221116

摘要 变换带是构造变形区调节构造平衡的重要地质构造。金湖凹陷西斜坡存在崔庄变换带, 为了研究崔庄变换带的地质特征及其与油气藏的关系, 分析了西斜坡构造演化历史、断层生长特征及沉积相分布规律, 在此基础上, 研究了变换带的构造分区、沉积分区作用及其与油气藏的对应关系。结果表明, 金湖凹陷西斜坡崔庄变换带是控制阜宁组油气藏的重要因素, 古近纪阜宁期是崔庄变换带发育的主要时期, 变换带是凹陷侧向物源的入口, 控制砂体的展布方向, 并且是西斜坡南北分区的界限, 变换带两侧构造、沉积存在很大差异。变换带的砂体连通性好, 是有利的油气聚集区带, 崔庄变换带兼具油气运移和储集的双重作用。

关键词 金湖凹陷西斜坡; 崔庄变换带; 变换带的分区作用; 油气运移指向带

中图分类号 TE121.2

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.11.005

Study of the Transfer Zone in Cuizhuang Area of the West Slope of Jihu Sag

DAI Junsheng¹, SONG Shijun¹, WANG Xi Tian², ZHANG Hongguo^{1,3}, ZHANG Hu⁴

1. College of Geo-Resource and Information, China University of Petroleum, Qingdao 266555, Shandong Province, China
2. Research Institute of Exploration and Development, Xinjiang Oilfield Company, China National Petroleum Corporation, Karamay 834000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China
3. Institute of Exploration and Development, Tianjin Branch, CNOOC, Tianjin 300452, China
4. School of Resource and Earth Science, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, Jiangsu Province, China

Abstract Tectonic transfer zone is an important component of the extensional tectonic system to balance deformation. Cuizhuang Transfer Zone is located in the middle of the western slope of Jihu Sag. This paper studies the geological characteristics of Cuizhuang Transfer Zone, the relationship between it and hydrocarbon reservoirs and its division effect based on the analysis of the tectonic evolution history of the west slope, the distribution of faults and the sedimentary facies. It is shown that Cuizhuang Transfer Zone influences the provenances, the deposition of sand and the distribution of hydrocarbon reservoirs. It is the entrance of the lateral provenance and controls the distribution of the sand body. It is the boundary between the north and the south, where the structures and the sedimentary conditions are different. The sand in the transfer zone enjoys a good porosity and permeability. The transfer zone is a favorable zone for the accumulation of oil and gas. The transfer zone in the western slope acts as oil and gas reservoirs and the channel for oil and gas migrations. Cuizhuang Transfer Zone is one of the important factors to control hydrocarbon reservoirs of Funing Group in the western slope.

Keywords western slope of Jihu Sag; Cuizhuang transfer zone; deposition and structural division; oil and gas accumulation zone

收稿日期: 2011-11-28; 修回日期: 2012-03-01

基金项目: 国家重大科技专项课题(2011ZX05011-001)

作者简介: 戴俊生, 教授, 研究方向为油气区构造解析、构造应力场和区域及大地构造学, 电子邮箱: djsh@hdpu.edu.cn

0 引言

变换带(Transfer Zone)的概念是由 Dahlstrom 于 1970 年在研究挤压变形中褶皱-逆冲断层的几何形态时首次提出的,最初被译为传递带。1990 年, Morley 等^[1]将这种传递带概念应用于研究伸展构造,之后很多学者对这一构造现象进行了阐述^[2-6]。比较有影响的是 Morley 和 Fauld 的阐述。Morley 将由于正断层活动导致的它们之间的地层所发生的构造变形统称为“变换带”,强调两组断层趋近和叠覆的情况,如果这种构造变换表现为横向、斜向断层则称为变换断层。Fauld^[2]将变换带分为调节带和传递带。调节带是由于“调节叠覆的正断层组或正断层之间的应变”所发生的构造变形,通常表现为突起、斜坡或由正断层相互交织、叠覆构成的过渡性构造带;“传递带”是指连接正断层之间的“具有一定走滑分量的

横向、斜向断层或断层带”。近年来,国内专家对变换带有了更深的研究^[3-12]。刘德来等^[3]将变换带分为 5 种类型——离散型变换带、汇聚型高凸起与低凸起变换带、同向型高凸起与低凸起变换带。漆家福^[4]将变换带定义为正断层位移沿走向发生变化及多条正断层相互作用引起的断块变形。简单来讲,伸展构造区内,由于构造部位的差异、基底的差异^[7]、边界条件的变化,造成不同区域断层位移不同,变换带就是缓和这些不同的“软连接地带”^[4]。

Morley 等^[1]将变换带分为共轭型(反向型)和同向型,分别代表调节倾向相反的断层和倾向相同的断层之间传递位移的构造。共轭型变换带可进一步分为对向型和背向型。根据断层组叠覆量对共轭型和同向型变换带进行次级分类,划分为接近型、叠覆型、平行型和共线型。变换带分类见图 1^[5]。

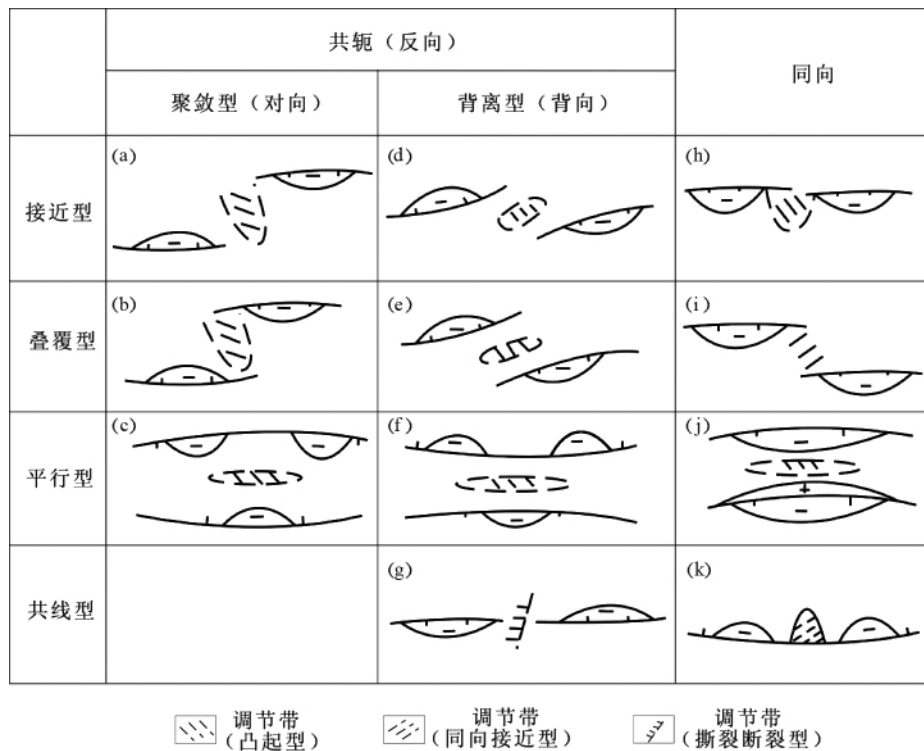


图 1 变换带的分类

Fig. 1 Classification of transfer zone

1 西斜坡崔庄变换带的产生与分布

金湖凹陷是在晚白垩世发育起来的断陷盆地,金湖凹陷西斜坡是指金湖凹陷石港断层带以西的斜坡带,北东走向延伸,北西被建湖隆起所环绕,西南邻张八岭隆起(图 2)。西斜坡是形成油气藏的有利地带,已发现多个断块型油气藏,是金湖凹陷的重点勘探区之一。

晚白垩纪—古近纪(K2—E)期间,苏北盆地在太平洋板块俯冲-地幔上涌-岩石圈伸展剪切作用下,张性单断裂谷处

于强烈的沉降演化阶段,以伸展为主^[8],同时由于郯庐断裂产生右旋扭动,导致盆地整体处于拉伸-扭动并存的应力场中^[9]。在此构造背景之上,西斜坡地区自晚白垩世以来一直处于北西—南东向拉张的区域平面应力场环境中,同时受到来自建湖隆起、张八岭隆起以及离散型右行走滑的石港断层等边界条件综合作用,在西斜坡西北、东南地区,各发育 1 组雁列式断层,主要为北东—北北东走向,倾向为北西向,而在西斜坡的中部,即高集、崔庄一带地区发育 1 组东西走向为主的雁列式断层,倾向向南(图 3)。西斜坡地区断层发育时间大致相

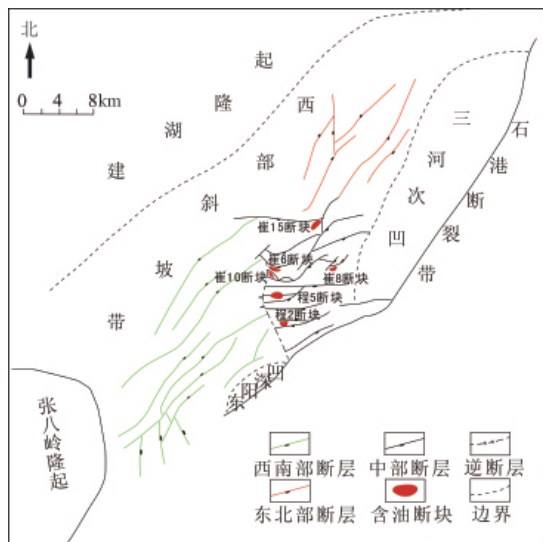
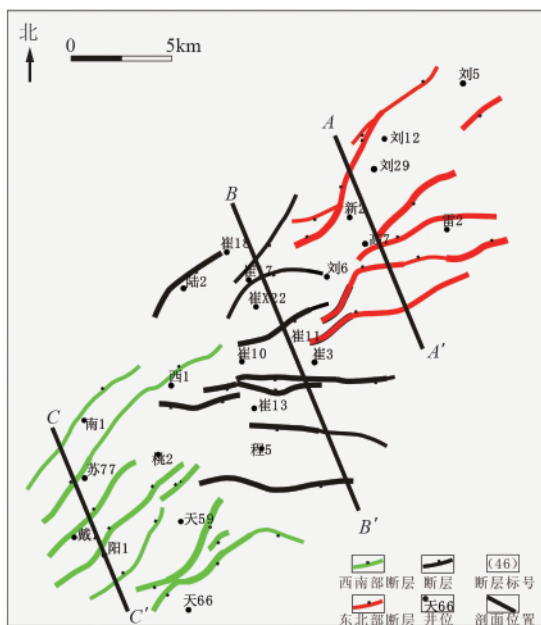


图2 金湖凹陷西斜坡位置
Fig. 2 Structural location of western slope in Jinhu Sag

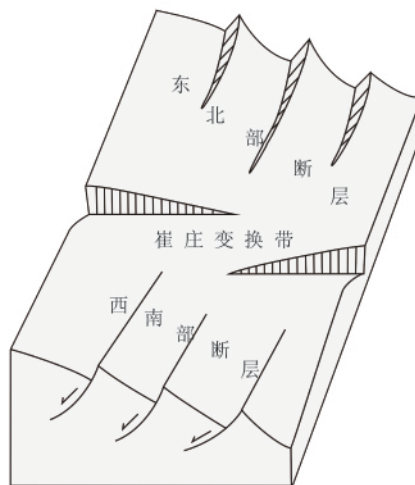
同,其东北部与西南部两组断层走向一致,倾向相同,其间无大范围的叠覆,推断西斜坡中部断层是由两侧断层形成的变换带,称为崔庄变换带。根据 Morley 的分类,属于 I 型变换带,即同向叠覆型变换带。图 4 为西斜坡构造模式图。

2 变换带对砂体的控制

西斜坡是继承性斜坡,从上白垩统泰州组至东台组的地质沉积的地质历史时期,西斜坡的构造格局一直保持西抬东倾。西斜坡东北部与西南部的两组断层走向均为北东—南西向,倾向为北东向(图 3(b)),这就在一定程度上缓和了斜坡地形。而西斜坡中部的构造变换带走向近东西向,倾向向南,呈雁列式分布,加剧了已有的斜坡地形,地势呈台阶状向东南递降。与两侧相比,构造变换带处水流阻力更小,易于形成沉积物源入口。来自建湖隆起的沉积物源以变换带为入口,在变换带内发育三角洲沉积体系,分布三角洲前缘砂体。三角洲前缘砂体进入斜坡后,受变换带控制,向断层下降盘前进,继而流向下一层台阶,整体呈“歪脖状”向斜坡南部推进。



(a) 西斜坡断层分布(阜四期)
(a) Distribution of faults in western slope



(b) 构造模式
(b) Structure model of western slope

图3 西斜坡断层分布图与构造模式
Fig. 3 Distribution of faults in western slope and the structural model

来自张八岭隆起的物源从西南进入,向西北推进,终止于斜坡中部的变换带处。由于变换带处地势低于西南、东北两侧,接受来自建湖隆起的沉积物,包揽了几乎所有经过此处的来自张八岭隆起的沉积物。即使物源充足,也很难逆流而上,到达斜坡东北部(图 4)。这样,在崔庄变换带部位广泛发育三角洲前缘砂体,为油气成藏提供了良好的储层条件。

箕状断陷湖盆的物源补给往往具有多物源的特征,按物源方向可分为侧向物源和轴向物源^[10]。来自建湖隆起的沉积物源方向与西斜坡的展布方向垂直,属于侧向物源。崔庄构造变换带是侧向物源的入口,控制砂体的推进方向,从而控制地层中砂体分布。伸展盆地中,平行断层间形成的变换带控制盆地的轴向物源,接近或部分叠置的断层间形成的变换

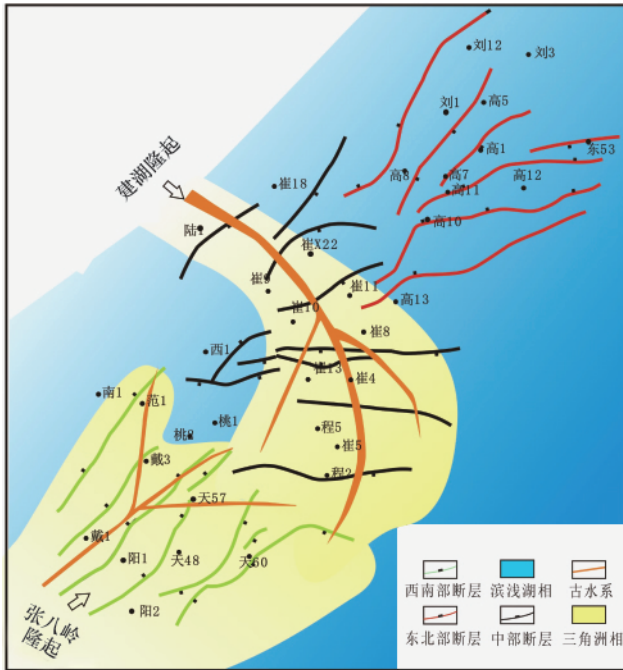


图4 阜三期沉积相与主要断层关系

Fig. 4 Relationship between sedimentary facies and faults in Fusan Group

带控制盆地的侧向物源。

3 变换带的分区作用

变换带是两侧断层活动减弱直至终止的地带,变换带两侧断层和地层应变差异很大,这就造成了西斜坡南北分区的情况。

3.1 变换带的沉积分区作用

如上所述,来自建湖隆起和张八岭隆起的沉积物主要在斜中部和西南部发生沉积,而很少越过变换带沉积于斜坡东北部。从图4可以看出,由于缺乏物源供给,斜坡东北部发育浅湖相沉积。以变换带为界,西斜坡的沉积出现明显差异。测井资料显示,西斜坡中部和西南部地区阜宁组多为中孔中渗-高渗储集层,而在东北部多为低孔低渗储集层。

3.2 构造分区作用

分别从西斜坡东北部、中部崔庄变换带、西南部各选取1个剖面(图5),对比3个构造剖面发现,3个地区构造特征存在显著差异。东北部地区除发育北西倾向的正断层外,还存在南东倾向的顺坡正断层,且具有一定规模,使斜坡地势变陡。崔庄变换带内的断层基本为南南东倾向,断层倾角大,具有走滑性,属于变换带断层的典型特征^[11]。西南部断层均为北西倾向,斜坡形态平缓。

除上述断层形态上的差别外,各地区断层活动强度也不同。西斜坡地区断层属于渐进式发育,主要是阜宁期发育起来的,本文主要研究阜宁期的构造活动强度。根据地质资料,计算AA'剖面、CC'剖面在阜宁期的伸展量。计算结果AA'剖面阜宁期区域水平伸展系数为1.022,CC'剖面阜宁期区域水

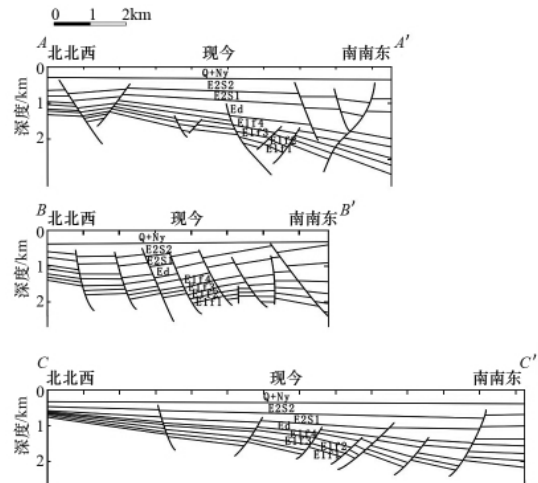


图5 西斜坡各地区构造剖面对比图(剖面位置如图4所示)

Fig. 5 Comparison of structural evolutionary section in various parts of the western slope

平伸展系数为1.024。

主要发育时期阜宁期又可以分为阜一期、阜二期、阜三期和阜四期,其中阜四期断层最为活跃,断层活动最典型,选取阜四期活动的断层进行比较分析。根据地质资料,计算西斜坡东北部AA'剖面、西南部CC'剖面断层在阜四期的断层落差,通过断层的生长情况对比两地区的构造差异。结果表明,AA'剖面阜四期断层平均落差约为35m,CC'剖面阜四期断层平均落差约为45m。伸展系数的对比和断层落差的对比都表明西南部构造活动相对于东北部较为强烈^[13-15]。

4 变换带的石油地质意义

变换带为长期继承性发育的构造,是油气运移的指向,往往控制砂体分布,形成高产富集油气田^[6]。崔庄变换带作为沉积物源通道,将来自建湖隆起的碎屑搬运进金湖凹陷,并向前推进形成大范围的三角洲砂体。构造变换带处以三角洲前缘砂体为主,砂体连通性好,是油气运移的良好通道。

崔庄变换带是油气聚集的有利场所。变换带是不同地区受到应力和应变的差异而形成的,以不同尺度来衡量,存在与该尺度相对应的变换带。以西斜坡中部变换带的伸展正断层为主干断层,在断层之间又存在次一级的变换带。变换带部位是通过多级断层伸展实现伸展平衡的,断陷规模小,因此成为断陷之间的高部位^[7]。变换带两侧紧邻深凹陷,处于相对高的构造部位,是油气运移指向区带^[4]。根据变换带的理论,结合研究区的沉积及构造特征、油气运移时间,可判断有潜力的含油断块。崔庄变换带次一级变换构造以鼻状构造和凸起为主,是形成构造油气藏的有利圈闭,崔庄地区已探明油藏基本属于这两类圈闭成藏;就储层特征而言,崔庄地区发育三角洲前缘砂体,孔渗性良好;西斜坡油气大规模成藏时间在三垛期末^[8],同时期崔庄变换带活动强烈^[12]。这些都是崔庄变换带形成油气藏的有利条件。如已探明的崔4断块、

崔 15 断块等是典型的断鼻圈闭,程 5 断块、程 2 断块、崔 8 断块等属于断层间凸起含油(图 2)。在今后的勘探过程中,可以上述 3 点为依据,在崔庄变换带寻找三垛期活动强烈的断层间圈闭。

5 结论

(1) 金湖凹陷西斜坡崔庄地区断层特征与两侧断层明显不同,是由两侧断层形成的构造变换带,属于同向叠覆型构造变换带。

(2) 构造变换带控制来自建湖隆起的侧向物源的入口,并控制砂体进入斜坡后的推进方向。变换带具有分区作用:沉积分区造成两侧沉积相不同;构造分区使其两侧断层形态不同,构造活动强度不同。

(3) 变换带内砂体发育,是油气运移的良好通道;崔庄次一级变换带处于相对较高的构造部位,是油气运移的指向区带。

参考文献 (References)

- [1] Morley C K, Nelson R A, Patton T L, et al. East african rift system and their relevance to hydrocarbon exploration in rifts [J]. *AAPG Bull*, 1990, 74(8): 1234-1253.
- [2] Faulds J E, Varga R J. The role of accommodation zones and transfer zones: in the regional segmentation of extended terranes [C]//Faulds J E, Stewart J H. *Accommodation Zones and Transfer Zones: The Regional Segmentation of the Basin and Range Provinces Special Publication 323*. Boulder Colorado: Geological Society of America, 1998: 1-45.
- [3] 刘德来, 王伟, 马莉. 伸展盆地转换带分析——以松辽盆地北部为例 [J]. *地质科技情报*, 1994, 13(2): 4-8.
Liu Delai, Wang Wei, Ma Li. *Geological Science and Technology Information*, 1994, 13(2): 4-8.
- [4] 漆家福. 裂陷盆地中的构造变换带及其石油地质意义 [J]. *海相油气地质*, 2007, 12(4): 43-50.
Qi Jiafu. *Structural Marine Origin Petroleum Geology*, 2007, 12(4): 43-50.
- [5] 李宝刚. 高邮凹陷断裂调节带发育特征及其石油地质意义 [J]. *中国石油大学学报: 自然科学版*, 2008, 32(1): 19-23.
Li Baogang. *Journal of China University of Petroleum: Edition of Natural Science*, 2008, 32(1): 19-23.
- [6] 陈发景, 贾庆素, 张洪年. 传递带及其在砂体发育中的作用 [J]. *石油与天然气地质*, 2004, 25(2): 143-148.
Chen Fajing, Jia Qingsu, Zhang Hongnian. *Oil and Gas Geology*, 2004,

- 25(2): 143-148.
- [7] 孙思敏, 彭仕宓, 黄述旺. 渤海湾盆地东濮凹陷横向调节带特征成因及其区域分段作用 [J]. *地质力学学报*, 2006, 12(1): 55-63.
Sun Simin, Peng Shifu, Huang Shuwang. *Journal of Geomechanics*, 2006, 12(1): 55-63.
- [8] 马力, 钱基. 苏北—南黄海盆地的构造演化 [J]. *江苏油气*, 1990, 10(1): 7-25.
Ma Li, Qian Ji. *Oil and Gas of Jiangsu*, 1990, 10(1): 7-25.
- [9] 朱光, 王道轩, 刘国生. 郯庐断裂带的伸展活动及其动力学背景 [J]. *地质科学*, 2001, 36(3): 269-278.
Zhu Guang, Wang Daoxuan, Liu Guosheng. *Chinese Journal of Geology*, 2001, 36(3): 269-278.
- [10] 吴亚军. 东部地区箕状断陷盆地构造演化与沉积充填特征 [J]. *天然气工业*, 2004, 24(3): 28-31.
Wu Yajun. *Natural Gas Industry*, 2004, 24(3): 28-31.
- [11] 李亚辉. 构造转换带对复杂断块油气勘探的意义 [J]. *小型油气藏*, 2002, 7(2): 7-9.
Li Yahui. *Small Hydrocarbon Reservoirs*, 2002, 7(2): 7-9.
- [12] 刘世丽, 陈平. 金湖凹陷西斜坡油气运移特征及成藏模式 [J]. *小型油气藏*, 2001, 6(1): 13-15.
Liu Shili, Chen Ping. *Small Hydrocarbon Reservoirs*, 2001, 6(1): 13-15.
- [13] 黄超义, 刘志宏, 高军义. 海拉尔盆地乌尔逊断陷构造特征和基底伸展量研究 [J]. *世界地质*, 2005, 24(1): 48-52.
Huang Chaoyi, Liu Zhihong, Gao Junyi. *Global Geology*, 2005, 24(1): 48-52.
- [14] 曹忠祥. 营口—潍坊断裂带新生代走滑拉分—裂陷盆地伸展量、沉降量估算 [J]. *地质科学*, 2008, 43(1): 65-81.
Cao Zhongxiang. *Chinese Journal of Geology*, 2008, 43(1): 65-81.
- [15] 谭开俊, 张帆, 赵应成, 等. 准噶尔盆地西北缘构造特征分段性对比分析 [J]. *石油地质与工程*, 2008, 22(2): 1-6.
Tan Kaijun, Zhang Fan, Zhao Yingcheng, et al. *Petroleum Geology and Engineering*, 2008, 22(2): 1-6.
- [16] 张亚敏. 苏丹国穆格莱德盆地构造特征及演化 [J]. *西安石油大学学报: 自然科学版*, 2008, 23(3): 38-42.
Zhang Yamin. *Journal of Xi'an Petroleum University*, 2008, 23(3): 38-42.
- [17] 胡望水. 松辽盆地北部变换构造及其石油地质意义 [J]. *石油与天然气地质*, 1994, 15(2): 164-172.
Hu Wangshui. *Oil and Gas Geology*, 1994, 15(2): 164-172.
- [18] 王霞田. 金湖凹陷西斜坡阜宁组构造沉积演化研究 [D]. 青岛: 中国石油大学, 2011: 124-125.
Wang Xi Tian. *Structural and sedimentary evolution of funing formation in west slop of Jinhu Sag* [D]. Qingdao: China University of Petroleum, 2011: 124-125.

(责任编辑 安莹, 刘志远)

·学术不端行为举报·



举报信箱

kjdbbjb@cast.org.cn

“聚 L-赖氨酸接枝聚乙二醇刷状共聚物添加剂摩擦学性能研究”, 全文主体为 “Whitney Hartung, Antonella Rossi, Seunghwan Lee, Nicholas D. Spencer. Aqueous Lubrication of SiC and Si₃N₄ Ceramics Aided by a Brush-like Copolymer Additive, Poly(L-lysine)-graft-poly(ethylene gly-

河南农业大学机电工程学院王向中、华北水利水电学院机械学院孙志强刊登在《科技导报》2009 年第 22 期第 86-89 页的文章

col). *Tribol Lett*, 2009, 34: 201-210”的翻译, 内容抄袭比重超过 95%。中文文章共有 7 个图表, 其中有 3 个图表直接截取自上述英文文章, 另有 3 个图表数据与上述英文文章相同, 只是图表形式不同。中文文章共引用 12 篇参考文献, 全部来自上述英文文章的参考文献。

Whitney Hartung 等的论文收稿日期为 2008 年 12 月 8 日, 在线发表日期为 2009 年 3 月 10 日。

王向中的中文文章收稿日期为 2009 年 8 月 11 日。

特此通报, 对王向中、孙志强的抄袭行为予以谴责, 本刊对该文予以撤稿。

《科技导报》编辑部