

文章编号:1673-5005(2010)02-0001-07

华北东部中、新生代盆地叠合特征与上古生界 天然气勘探

彭兆蒙¹, 吴智平², 彭仕宓¹

(1. 中国石油大学 资源与信息学院, 北京 102249; 2. 中国石油大学 地球资源与信息学院, 山东 东营 257061)

摘要:依据华北东部中、新生代盆地叠合过程分析及沉积区与剥蚀区的叠加关系,对华北东部渤海湾地区进行叠合单元划分,并选择处于不同叠合单元的苏桥潜山-文安斜坡、孔西潜山、林樊家凸起等地区,从叠合单元的角度对上古生界烃源岩生排烃史、油气成藏及保存条件进行总结,探讨盆地叠合单元的石油地质意义。研究认为:华北东部渤海湾地区可划分为持续沉降型、复合沉剥型、持续隆剥型3大类型叠合单元,其中复合沉剥型又可分为中沉新剥型、中复新沉型、中复新剥型和中剥新沉型4个次级类型;对于寻找源自上古生界煤系烃源岩的气藏而言,复合沉剥型中的中剥新沉、中复新沉型叠合单元最为有利,若中生代沉积厚度较薄,持续沉降型叠合单元也较为有利。

关键词:盆地演化;叠合单元;上古生界;中、新生代;华北东部

中图分类号:TE 121 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1673-5005.2010.02.001

Basin superposition characteristics of Mesozoic and Cenozoic and natural gas exploration prospect of Upper Paleozoic in the eastern North China

PENG Zhao-meng¹, WU Zhi-ping², PENG Shi-mi¹

(1. School of Resource and Information Technology in China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

2. College of Geo-Resources and Information in China University of Petroleum, Dongying 257061, China)

Abstract: Based on the basin evolution and the superposition of deposition areas and erosion areas during Mesozoic and Cenozoic, superposition units of the Bohai Bay area in the eastern North China were classified. Six areas in different superposition units, including Suqiao buried hill-Wenan slope, Kongxi buried hill, Linfanjia uplift, were chosen to study the hydrocarbon generation and expulsion history of Paleozoic source rocks. The hydrocarbon accumulation and preservation of different superposition units were summarized. The petroleum geological significance of superposition unit and its illumination to the oil and gas exploration were discussed. The results show that three different types of superposition units, including types of continuous subsidence, composite of subsidence and denudation, continuous denudation, can be classified in the Bohai Bay area in the eastern North China. Type of composite of subsidence and denudation includes four sub-types such as subsidence in Mesozoic-denudation in Cenozoic, composite in Mesozoic-subsidence in Cenozoic, composite in Mesozoic-denudation in Cenozoic, and denudation in Mesozoic-subsidence in Cenozoic. Superposition units of denudation in Mesozoic-subsidence in Cenozoic and composite in Mesozoic-subsidence in Cenozoic are the most favorable areas for Upper Paleozoic natural gas exploration. If Mesozoic is thin, superposition units of continuous subsidence are also favorable areas.

Key words: basin evolution; superposition units; Upper Paleozoic; Mesozoic and Cenozoic; the eastern North China

华北东部地区主要包括渤海湾盆地及其周边的一些小型盆地。目前渤海湾盆地中、浅层勘探程度已较高,而深部勘探程度相对较低。近年来在冀中、黄

骅、济阳等坳陷均发现了源自上古生界煤系烃源岩的气藏,展现了上古生界良好的勘探前景^[1-6]。但是,由于上古生界沉积后又受到后期构造运动的影响与改

收稿日期:2009-11-18

基金项目:国土资源部国家油气专项资助项目(XQ-2004-03)

作者简介:彭兆蒙(1982-),女(汉族),山东兖州人,博士研究生,主要研究方向为油气田勘探及开发地质。

造,不仅残留地层分布不均,也使得其煤系烃源岩经历了复杂的热演化史及生烃史,加大了古生界含油气层系的认识和勘探难度。笔者在华北东部中、新生代盆地叠合过程分析的基础上展开上古生界烃源岩的生烃史研究及煤成气成藏条件评价,以期为该区上古生界天然气勘探提供相关依据和指导。

1 中、新生代盆地叠合特征

1.1 盆地演化特征

古生代以后,华北东部地区经历了复杂的原型盆地叠合与改造过程(图1)。依据区域不整合面以

及区域构造应力场的转变,可将其中、新生代盆地演化划分为如下几个阶段:

(1)早-中三叠世。华北东部为一南陡北缓的大型内陆沉积盆地,以河湖相紫红色砂泥岩沉积为主。该时期华北东部大部分地区的上古生界烃源岩进入生烃门限^[1,5]。

(2)晚三叠世。扬子板块与华北板块之间发生剪刀式俯冲碰撞拼接,华北地区东部渤海湾地区发生隆升剥蚀,上古生界烃源岩早期生成的烃类大多散失。

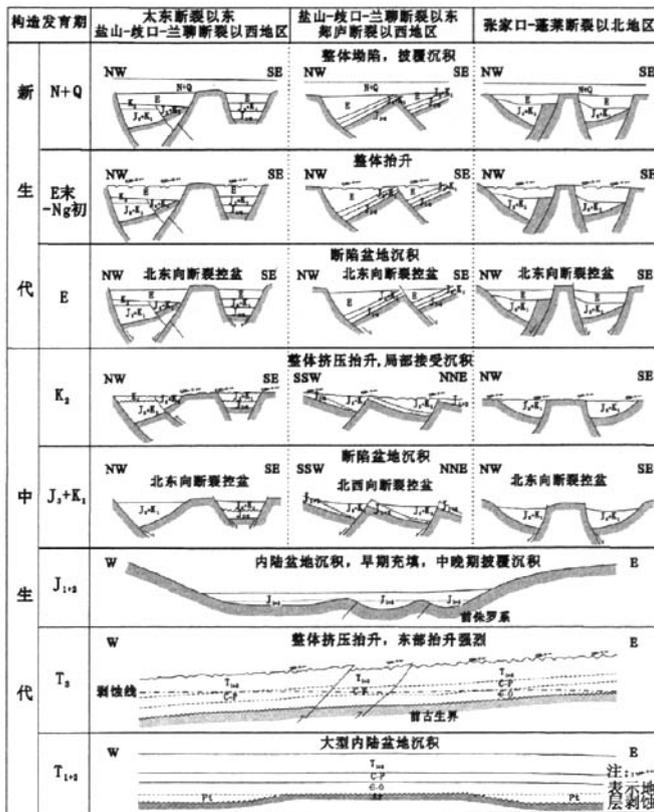


图1 华北东部渤海湾地区中、新生代盆地演化过程模式图

Fig.1 Basin evolution model of Mesozoic and Cenozoic in Bohai Bay area in the eastern North China

(3)早-中侏罗世。西太平洋区板块开始活动,华北东部主要发育弱挤压环境下的小型山间沉积盆地群,以河湖相含煤碎屑岩沉积为主^[7]。

(4)晚侏罗-早白垩世。受西太平洋区伊泽奈崎板块活动的影响,渤海湾地区进入大规模的裂陷或断陷盆地发育阶段,沉积了较厚的火山碎屑岩及河湖相碎屑岩^[8]。高地热场及巨厚的地层沉积极大地促进了上古生界煤系烃源岩的深成变质作用^[9]。

(5)晚白垩世。郯庐断裂带以西的华北东部广

大地区整体处于隆升剥蚀状态,仅冀中、临清的少数低洼地区沉积了红色河湖相碎屑岩。

(6)古近纪。华北东部发育多个断陷盆地,沉积厚度较大的深凹陷内上古生界烃源岩进入“二次生烃”门限^[10]。

(7)新近纪。华北东部进入裂后热沉降拗陷阶段,以河流相沉积为主,断层活动普遍降低,有利于晚期形成的油气成藏和保存。

1.2 盆地叠合单元的划分

华北东部中、新生代存在多个期次、多种性质的盆地垂向上的相干叠加。盆地内部不同位置的地层具有不同的构造演化史、埋藏史及热演化史。因此,笔者提出了盆地叠合单元的概念。所谓叠合单元是指在相干型叠合盆地内部,依据其在各期次原型盆地中所处构造位置的演变过程的差异性所划定的地质体。

渤海湾地区在晚古生代、早—中三叠世、晚三叠世、晚白垩世、新近纪—第四纪整体上具有相对统一的盆地演化特征,因此各叠合单元的差异性主要由早—中侏罗世、晚侏罗世—早白垩世盆地与新生代盆地的叠合关系所决定。依据上述3期的盆地格局及

其叠加效应,可将渤海湾地区划分为如下叠合单元类型(图2):

(1) I型叠合单元。为持续沉降型,在中、新生代均处于沉降区并接受沉积。

(2) II型叠合单元。为复杂叠合型,在中、新生代,有的时期处于沉降区,有的时期处于隆升剥蚀区。依据叠加关系,II型叠合单元又可细分为中沉新剥型(II₁)、中复新沉型(II₂)(中复表示早—中侏罗世或晚侏罗—早白垩世为凸—凹或凹—凸发育)、中复新剥型(II₃)和中剥新沉型(II₄)4种次级类型。

(3) III型叠合单元。为持续隆剥型,在中、新生代均处于隆升区,遭受剥蚀。

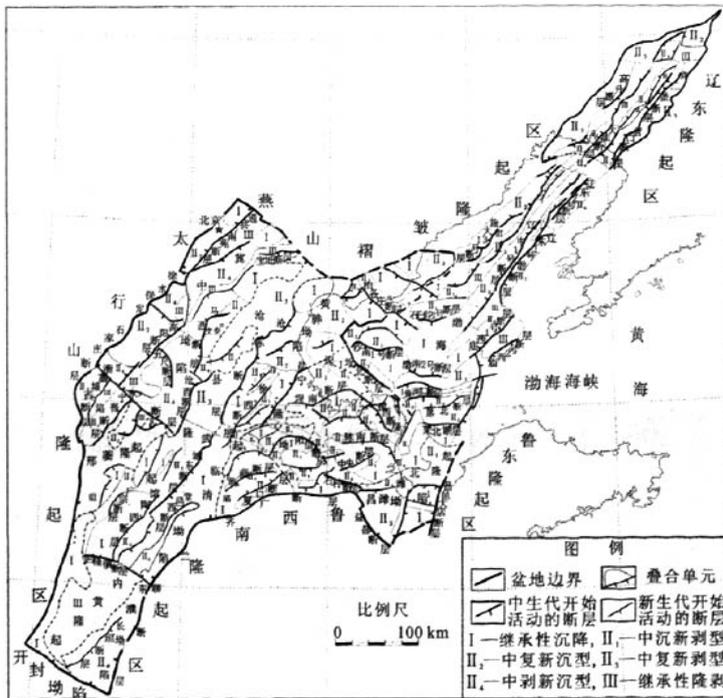


图2 华北东部渤海湾地区中、新生代叠合单元划分

Fig.2 Classification of superposition units in Bohai Bay area in the eastern North China

2 上古生界天然气成藏条件

在渤海湾地区选择处于不同类型叠合单元的苏桥潜山—文安斜坡、孔西潜山、乌马营潜山、文留潜山、孤北低潜山以及林樊家凸起,对上古生界天然气成藏条件进行分析,结果见表1。

2.1 上古生界生烃史

三叠纪末期,渤海湾地区上古生界烃源岩开始进入生烃门限而初次生烃,但随后的地壳抬升使生

烃作用停滞,因而尚未大量生烃^[1,5]。

早—中侏罗世,苏桥—文安、孔西、乌马营、孤北、林樊家等地区进入沉降埋深阶段,文留地区继续抬升遭受剥蚀(图3)。晚侏罗—早白垩世,苏桥—文安地区上古生界煤系烃源岩进入二次生烃门限,生成少量的油气^[11]。林樊家地区沉积了巨厚的侏罗—白垩纪地层,使得上古生界烃源岩的埋深再次达到3.0 km以下,开始二次生烃,但晚白垩世的构造抬升使得生烃作用停止,并使早期形成的油气藏遭受破坏^[12]。晚侏罗世—白垩纪,孔西地区早期抬升、

晚期沉降,乌马营、孤北、文留地区抬升遭受剥蚀,均未发生二次生烃。

表1 渤海湾地区典型叠合单元上古生界天然气成藏条件

Table 1 Upper Paleozoic natural gas accumulation conditions in different superposition units in Bohai Bay area

典型地区	二次生烃门限深度 H/ km	主要生烃期次	圈闭形成期	气藏类型	叠合单元类型	
冀中坳陷	苏桥潜山 文安斜坡	约 2.900 ^①	初次生烃: T ₂ 末	中生代末具锥形, 古近纪定型	上古生界生下古生界储 上古生界自生自储	持续沉降型
			二次生烃: N + Q			
黄骅坳陷	孔古4井气藏 乌马营潜山	约 3.000 ^②	初次生烃: T ₂ 末	侏罗-白垩系前逆冲褶皱形 成,喜山期挠曲形成	上古生界生中生界白垩系储 上古生界自生自储	持续沉降型
			二次生烃: N + Q			
济阳坳陷	孤北低潜山 林樊家凸起	4.000 ^[12]	初次生烃: T ₂ 末	燕山中、晚期具锥形,喜山期 改造,沙三下沉积期定型	上古生界自生自储	中复新沉型
			二次生烃: N + Q			
东濮坳陷	文留潜山	4.011 ^[2]	初次生烃: T ₂ 末	沙二段沉积期形成,沙一-东 营沉积期发育完善	上古生界生古近系储 上古生界自生自储	中剥新沉型
			二次生烃: E 末 - N + Q			

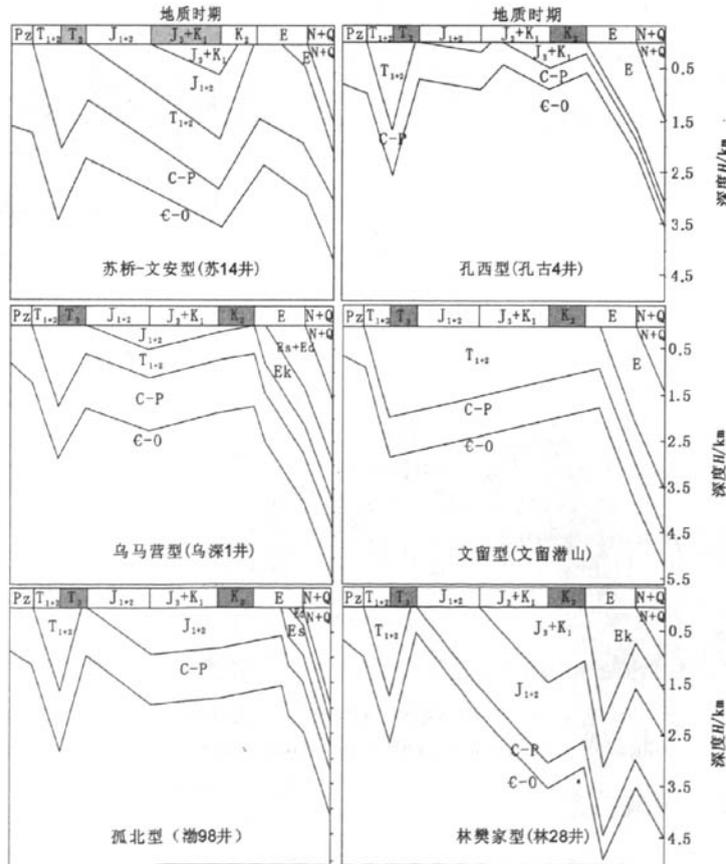


图3 渤海湾地区典型叠合单元上古生界埋藏史曲线

Fig. 3 Types of embedding history of Upper Paleozoic in different superposition units in Bohai Bay area

进入新生代,上述所有地区均进入大幅度的沉降埋深演化阶段。当埋深使得上古生界烃源岩热演

① 林玉祥,等.渤海湾盆地富油气凹陷及古生界油气资源评价(古生界部分).石油大学(华东),内部资料,1999.

② 曹忠祥,等.济阳地区煤型气气源岩特征、资源预测及勘探目标评价.中石化胜利油田有限公司,内部资料,2004.

化程度超过了初次生烃的热演化程度并克服了二次生烃的迟滞效应后便发生了二次生烃。苏桥-文安地区上古生界烃源岩于新生代晚期再次进入生烃门限,有机质成熟度高,生烃量多,成藏规模较大^[11]。古近纪初期,林樊家地区上古生界埋深达到4.0 km,煤系烃源岩达到了成熟和过成熟阶段,进入大规模生气阶段,开始聚集成藏;沙四沉积期以来,林樊家地区再次抬升遭受剥蚀,上古生界煤系烃源岩生烃作用停止,断层活动也破坏了早期的油气藏^[12]。孔西潜山上古生界烃源岩于新近纪—第四纪发生了大规模的二次生烃作用^[13]。孤北低潜山中生界沉积较薄的地区,上古生界烃源岩直到喜山晚期才开始二次生气,生气量大;中生界沉积厚度较大的地区,上古生界烃源岩二次生气早,后期可能受到构造运动破坏或散失。乌马营潜山、文留潜山二次生烃高峰也发生在古近纪末期或新近纪—第四纪(表1)。

2.2 成藏条件

目前已发现的源自上古生界的煤成气藏主要分布在下古生界碳酸盐岩、上古生界砂岩、中生界白垩系砂岩、古近纪下部砂岩储层中^[14]。从盆地演化过程看,华北东部多期不整合面的发育使得前第三系储层经历了长期的风化剥蚀,各种溶蚀孔、洞发育,储集性能好。盖层有石炭系底部的铝土质泥岩和暗

色泥岩、上古生界内部泥岩、下-中侏罗统泥岩、白垩系泥岩、古近系泥页岩和膏岩等,总体上属于好—中等的盖层。

生排气期与圈闭形成时期的匹配关系及后期保存条件是影响大规模气藏形成的重要因素。在所分析的6个典型叠合单元中,除林樊家凸起外,其他地区上古生界煤系烃源岩的二次生气期均在古近纪末期至新近纪—第四纪,圈闭定型期均早于或与二次生气期同步,有利于气藏的保存。如文留潜山上古生界烃源岩在东营组沉积早期和沙三段沉积晚期达到二次生烃的埋深4.011 km,而文留地垒式潜山开始形成于沙三期^[2],圈闭定型期与二次生气期匹配较好。

3 盆地叠合单元的石油地质意义及其对油气勘探的启示

3.1 中、新生代盆地叠合单元的石油地质意义

3.1.1 I型叠合单元(持续沉降型)

该类型叠合单元在中、新生代均处于拗陷区并接受沉积,前第三系烃源岩发育、保存较好。但是,上古生界烃源岩热演化程度较高,至白垩纪末期大都经历了二次生烃(图4),从而给油气藏的保存条件提出了较为苛刻的要求。

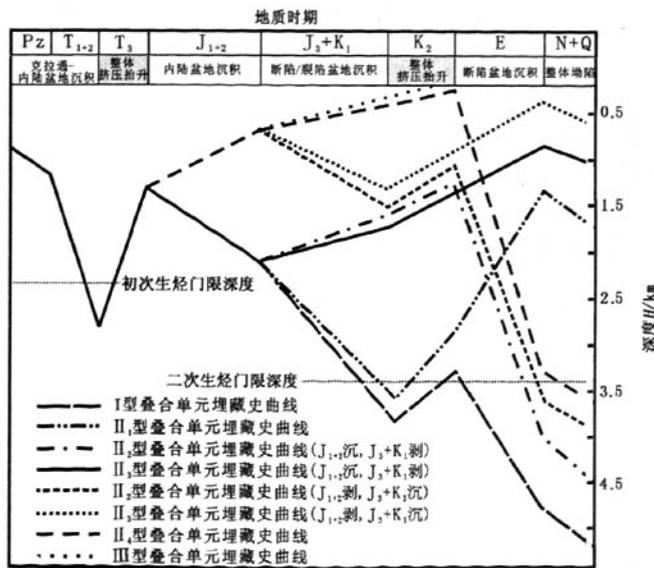


图4 不同叠合单元上古生界烃源岩的埋藏、生烃史示意图

Fig.4 Types of embedding and hydrocarbon generation history of Upper Paleozoic source rocks in different superposition units in Bohai Bay area

3.1.2 II型叠合单元(复杂叠合型)

(1) II₁型(中沉新剥型)。该类型叠合单元在中生代处于拗陷区,上古生界烃源岩在白垩纪末期之前可能就已经经历了初次或二次生排烃,加之古近纪长期处于剥蚀状态,不可能再次生排烃,而且造成了早期形成的油气藏破坏,石油地质条件不利。因此,应着重对后期构造演化程度进行研究,以确定是否残留有古生古储型原生气藏。

(2) II₂型(中复新沉型)。该类型叠合单元中生界沉积厚度不大,中生代末期上古生界烃源岩热演化程度不至过高,多在古近纪末期或新近纪初期达到初次或二次生排烃,与圈闭的形成时期相吻合或晚于圈闭形成期。另外,该类型叠合单元在早一中侏罗世或晚侏罗—早白垩世处于凸起区,使得古生界顶面风化壳发育,可以形成古生古储型气藏。

(3) II₃型(中复新剥型)。该类型叠合单元中生界沉积厚度不大,上古生界烃源岩热演化程度不会太高,但由于古近纪长期处于剥蚀状态,上古生界烃源岩不可能再次生烃,因此石油地质条件不利。但是,在中生界尤其是侏罗—白垩系本身盖层条件较好的情况下,若后期改造较弱且中生界烃源岩达到了生排烃的程度,则可能形成中生界自生自储型油气藏,如下辽河拗陷末家洼陷。

(4) II₄型(中剥新沉型)。该类型叠合单元在中生代未接受沉积,前中生界烃源岩均在古近纪末期或新近纪达到二次生烃,与圈闭的形成时期匹配关系好。由于该类型叠合单元在中生代处于凸起区,在新生代拗陷中以潜山形式存在,具备形成油气圈闭的条件。如文留潜山,可以形成古生古储或古生新储型油气藏。

3.1.3 III型叠合单元(持续隆剥型)

该类型叠合单元在中生代和古近纪均为隆起区,长期处于剥蚀状态,往往是新近系直接覆盖在太古界之上,不具备形成以前第三系为源的油气藏条件。

3.2 上古生界天然气勘探方向

上古生界烃源岩初次生排烃时间早,且生烃量较为有限,大规模的油气运移以二次生排烃为主,因此对于寻找源自上古生界煤系烃源岩的煤成气藏而言,应着重研究二次生排烃较晚的区域。从叠合单元角度来看,侏罗—白垩系沉积较薄或无沉积,且后期改造程度较弱的地区较为有利。中剥新沉、中复新沉型叠合单元上古生界煤系烃源岩具有二次生气期晚、二次生气规模大的特点,且早于圈闭的形成

期,是最有利的上古生界煤成气藏勘探区。持续沉降型叠合单元若中生界沉积厚度较小也较为有利。中沉新剥型叠合单元内上古生界煤系烃源岩二次生烃时间早,天然气逸散时期长,后期构造运动强烈,不利于形成大规模的气藏。中复新剥型、持续隆剥型由于长期的剥蚀上古生界煤系烃源岩可能无法达到二次生烃门限深度,且后期构造运动强烈,油气较难保存,对上古生界天然气成藏最为不利。综合分析认为黄骅拗陷的孔店构造带、乌马营构造带,冀中拗陷霸县凹陷东侧,济阳拗陷沾化凹陷渤南深部隆起、孤北断裂上升盘、孤北隆起构造带、东营凹陷、惠民凹陷,东濮拗陷中央隆起带等地是寻找上古生界原生气藏的有利地区。

4 结 论

(1)华北东部古生代以来经历了复杂的盆地演化过程,造成了多个期次、多种性质的盆地在垂向上的叠加。华北东部渤海湾地区可划分为持续沉降型、复合沉剥型、持续隆剥型3大类型的叠合单元。其中复合沉剥型又可分为中沉新剥型、中复新沉型、中复新剥型和中剥新沉型4种次级类型。

(2)华北东部晚中生代与新生代原型盆地的演化与叠加特征对上古生界煤系烃源岩生烃及成藏至关重要,对于寻找源自上古生界的天然气藏,中复新沉、中剥新沉型叠合单元最为有利,若中生界沉积厚度较小则持续沉降型也较为有利。其中黄骅拗陷的孔店构造带、乌马营构造带,冀中拗陷霸县凹陷东侧,济阳拗陷沾化凹陷渤南深部隆起、孤北隆起构造带等地是寻找上古生界原生气藏的有利地区。

参考文献:

- [1] 张忠民,龙胜祥,许化政.中国石化东部探区古生界原生气藏勘探前景[J].石油勘探与开发,2006,33(4):420-425.
ZHANG Zhong-min, LONG Sheng-xiang, XU Hua-zheng, et al. Prospect of primary Palaeozoic oil-gas pools in eastern exploration region, Sinopec [J]. Petroleum Exploration and Development, 2006,33(4):420-425.
- [2] 许化政,周新科.东濮凹陷文留气藏天然气成因与成藏史分析[J].石油勘探与开发,2005,32(4):118-124.
XU Hua-zheng, ZHOU Xin-ke. Gas genesis and accumulation history of Wenliu gas pool in Dongpu sag, Center China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2005,32(4):118-124.
- [3] 张亚光,杨子玉,肖枚,等.乌马营潜山天然气藏地质

- 地球化学特征和成藏过程[J]. 天然气地球科学, 2003, 14(4): 283-286.
- ZHANG Ya-guang, YANG Zi-yu, XIAO Mei, et al. Wu-maying buried hill gas reservoir geological and geochemical characters and origin analysis[J]. Natural Gas Geology, 2003, 14(4): 283-286.
- [4] 王力, 金强, 万丛礼, 等. 沾化凹陷孤北渤南地区深层天然气成因类型及其控制因素[J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2008, 32(5): 35-40.
- WANG Li, JIN Qiang, WAN Cong-li, et al. Genetic types and its controlling factors of deep natural gas in Gu-bei-Bonan area, Zhanhua depression[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2008, 32(5): 35-40.
- [5] 张忠民, 李春生, 龙胜祥, 等. 华北地区东部上古生界天然气勘探前景[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(3): 330-334.
- ZHANG Zhong-min, LI Chun-sheng, LONG Sheng-xiang, et al. Exploration prospect of upper Paleozoic natural gas eastern area of North China[J]. Natural Gas Geology, 2006, 17(3): 330-334.
- [6] 李钜源, 李政, 李剑, 等. 临南地区煤成气藏成因分析[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2004, 28(3): 13-16.
- LI Ju-yuan, LI Zheng, LI Jian, et al. Genetic analysis of coal-bed methane reservoir in Linnan area[J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 2004, 28(3): 13-16.
- [7] 徐振中, 陈世悦, 王永诗, 等. 济阳拗陷侏罗纪岩相古地理演化特征[J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2007, 31(3): 1-6.
- XU Zhen-zhong, CHEN Shi-yue, WANG Yong-shi, et al. Lithofacies paleogeography evolution characteristics of Jurassic in Jiyang depression[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2007, 31(3): 1-6.
- [8] 段秋梁, 谭末一, 杨长春, 等. 华北东部晚中生代伸展构造作用[J]. 地球物理学进展, 2007, 22(2): 403-410.
- DUAN Qiu-liang, TAN Wei-yi, YANG Chang-chun, et al. A review on the late Mesozoic extensional tectonics on the eastern North China Craton[J]. Progress in Geophysics, 2007, 22(2): 403-410.
- [9] 李政. 济阳拗陷石炭系一二叠系烃源岩的生烃演化[J]. 石油学报, 2006, 27(4): 29-35.
- LI Zheng. Hydrocarbon-generation evolution of Permian-Carboniferous source rock in Jiyang depression[J]. Acta Petroli Sinica, 2006, 27(4): 29-35.
- [10] 漆家福, 张一伟, 陆克政, 等. 渤海湾盆地新生代构造演化[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 1995, 19(增刊): 1-6.
- QI Jia-fu, ZHANG Yi-wei, LU Ke-zheng, et al. Cenozoic tectonic evolution in Bohai Bay Basin province[J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 1995, 19(sup): 1-6.
- [11] 郭绪杰, 焦贵浩. 华北古生界石油地质[M]. 北京: 地质出版社, 2002.
- [12] 周建林. 济阳拗陷上古生界煤成气成藏规律认识[J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(2): 47-50.
- ZHOU Jian-lin. Gas accumulation analysis of upper Paleozoic coal in Jiyang depression[J]. Journal of Earth Science and Environmental, 2004, 26(2): 47-50.
- [13] 朱炎铭, 魏永强, 夏筱红, 等. 黄骅拗陷孔店构造带古生界油气地质研究[J]. 煤炭学报, 2003, 28(4): 375-379.
- ZHU Yan-ming, WEI Yong-qiang, XIA Xiao-hong, et al. Research on petroleum geology of Paleozoic source rocks in Kongdian tectonic zone of Huanghua depression[J]. Journal of China Coal Society, 2003, 28(4): 375-379.
- [14] 蒋有录. 渤海湾盆地天然气聚集带特征及形成条件[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 1999, 23(5): 9-13.
- JIANG You-lu. Geological characteristics and formation conditions of the natural gas accumulation belts in Bohai Bay Basin[J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 1999, 23(5): 9-13.

(编辑 徐会永)