

# 从中国北方中生代中小型盆地成油(藏) 条件展望油气勘探新领域<sup>①</sup>

范小林

(中国新星石油公司实验地质研究院, 无锡 214151)

侏罗—白垩系地史阶段适宜的古气候与古地理为秦祁昆造山带以北区域内发育成油盆地提供了良好的沉积环境。燕山期构造活动在侏罗纪末和白垩纪末表现突出, 导致盆地反转并使侏罗—白垩系沉积实体中富含有机质岩石成为烃源岩且在该大套地层中分别生成早、中侏罗世和晚侏罗—早白垩世两套主要成油体系, 相对晚期的燕山—喜山造山作用为在这些盆地侏罗—白垩系地层中构成成藏组合奠定了基础。本文从“控油成藏动力学”(Perrodon, 1992) 角度, 对北方中生代中小盆地成藏组合典型范例特征、成油盆地组构、盆地成藏条件进行论述, 明确指出在北方西部中生代中小前陆型盆地中寻找来自早、中侏罗世湖沼煤系源岩垂(侧)向排运方式高阻捕集的油气和东部裂谷作用背景下垂向排烃为主体的晚侏罗世—早白垩世湖沼相含煤火山碎屑岩为主体烃源岩油气聚集构造带作为油气勘探新领域。

**关键词** 勘探新领域 成藏条件 中小型盆地 中生代 中国北方

**作者简介** 范小林 男 40 岁 高级工程师 石油物探

含油气盆地的资源分布通常与下列 3 个基本控制因素有某种相关性: (1) 成藏过程中有足够的生烃系统对应供给; (2) 具备利于油气运移的排运体系; (3) 新生代以来仍然有从早期(晚中生代)单向充填油气并上覆有效的封堵体系。它对我们涉及中小盆地油气聚集带和油气勘探靶区位置的钻前预测, 解决从成油盆地至含油气(藏)盆地内在关联十分有用。

北方中生代中小盆地群大都展布于中生代板内形变构造活动带上。这些盆地在成油盆地或含油气盆地形成过程中, 控油成藏动力学与“关键时刻”(Magoon, 1994) 以及生烃系统相互关联且与中生代以来的板内穿时递进形变(孙肇才, 1991)。

最富有油气的中小盆地一般是复合叠置盆地, 油气产自早、中侏罗世及晚侏罗—早白垩世, 部分油气产自上三叠统地层(如西部边陲地区)。本文在揭示具代表性独特构造幕式作用的演化基础上, 讨论成油盆地成因条件并推测一些未证实的勘探机遇, 其目的是提供这些复杂盆地递进演变过程中从成油盆地至油气(藏)盆地的简单框架。

## 1 成油盆地格架

晚三叠世始, 中国北方陆块已成为古欧亚大陆

东南的组成部分, 适宜的古气候使得其中发育的盆地利于堆积烃源岩。当时的北方古大陆盆地构造环境是处于面对特提斯, 古太平洋的“弧后”背景下的相对板内伸展构造作用及板缘碰撞造山作用下的前陆伸展, 古构造格架总体呈“条块相间”(朱夏, 1990) 控制下的“造山带与盆地正负相伴生”(范小林, 1996)。北方中生代中小盆地构造风格与成油作用及其含油气性由表 1 给出。

在中国北方西部, 随特提斯域“开合构造”(姜春发等, 1992), 使得新疆及邻区早、中侏罗世前陆伸展盆地以“山中湖”形式叠座于准平原化的板内新克拉通之上, 晚侏罗世—早白垩世盆地以“再生前陆”(陈发景等, 1996) 与山系平行展布。前者盆地实体在博格达山(喻春辉等, 1996) 和天山(阿尔金) 地区均可见到, 以发育含煤层系夹有长石石英砂岩为代表的弯曲河流相及湖盆边缘相为主。笔者(1996) 在祁连山北山地区野外工作期间, 同样见到了类似于前述盆地的建造, 况且后者利于油气储集的岩系从祁连地区可向西延伸。

贺兰山之东, 晚三叠世—早、中侏罗世, 华北北侧与西伯利亚(蒙古) 板块, 南侧与扬子板块之间发生“俯冲拼合”及拼合后的板内敛合(走滑) 作用(近南北向挤压) 和西北太平洋板块(伊泽奈崎) 俯冲产生 NW—SE 挤压剪切双重应力作用, 区域构造由近

表1 中国北方中生代中小盆地风格与成油作用关系简表

地史阶段 (幕式作用)	西 部	东 部
	盆地实例: 祁连山地区盆地群、天山山间盆地群	盆地实例: 松辽外围盆地群、二连、海拉尔
$K_2-E$ (晚燕山—早喜山期)全区板内聚敛动力背景	陆内俯冲前陆。干旱,河流相。圈闭作用强。垂向排烃为主,高阻含油气系统。	后裂谷塌陷。暖湿,湖相。垂向排烃高阻含油气系统,聚油作用强。 $K_2$ 以来圈闭作用强。
$J_3-K_1$ (中燕山期) 西部板内造山作用,东部板内裂谷作用	再生前陆盆地,河湖相碎屑岩,半干旱古气候。侧向排烃为主,高阻含油气系统。聚油作用强。	同裂谷断陷。含煤,湖泊,湖沼;暖湿气候条件,垂向排烃,高阻含油气系统,成油作用强。
$J_{1-2}$ (早燕山期) 全区弧后伸展构造环境	山前为前陆伸展盆地;山间为走滑前陆盆地。含煤,湖,湖沼相,暖湿气候,成油作用强。	初始裂谷。含煤火山碎屑岩,半干旱,成油作用弱。
$T_3$ (晚印支期)	前陆盆地,成油作用弱。	?

东西向转为北东向,白垩纪东部地区处于NW—SE压剪应力作用为主的构造环境。处于这样板缘动力学格架中的华北—东北—内蒙古区域内,发育 $J_{1-2}$ 初始裂谷盆地和 $J_1-K_1$ 裂谷断陷盆地群,晚白垩世后裂谷盆地主要在“泛松嫩平原”地区。

综合以上所述,图1简略展示北方板内中生代中小盆地在适宜的古气候条件和总体处于挤压大地构造背景下的板内伸展构造作用下发育以河湖相为主体的前陆挠曲型与裂谷断陷型成油盆地群。

## 2 成藏组合条件

油气是一种可流动性资源,其本身是两种封闭系统下产物:一是盆地发育过程中烃源岩生成于封闭还原环境,二是源岩成熟后排运聚集乃至保存的整体封闭体系。当人们意识到中国盆地为多旋回盆地之际,立刻感到相对早期的成油盆地中成藏条件的平衡曾被破坏,相对晚期含油气盆地中最终成藏条件的考虑必然令人关注。

勘探事实已经证明,早、中侏罗世和晚侏罗—早白垩世层序中生成和排出石油的烃源岩具一定数目。中国西北典型烃源岩 $J_1b$ (八道湾组) $J_2x$ (西山窑组)和代表中国东北中生代主力源岩 $J_3-K_1$ (九佛堂组,阜新组等)层序在上覆层足够厚的地方显然可以形成有效源岩“豆荚体”(Magoon等,1994),且在“关键的时刻”使油气生排。作者以图2表达北方中生代中小盆地主要成油盆地不同板内动力学背景下形成以烃源岩为核心的成藏组合条件的理想模式。若它们上叠盆地地层薄或有效封盖层缺失,那么单有烃源岩但不成熟,就不是有效源岩,成藏组合数目等于零。

北方中生代中小盆地大多具双层以上结构(叠置或并列,表1)。从准平原化作用下发展起来的 $J_{1-2}$ 造山期后前陆伸展或走滑前陆(如焉耆盆地)到 $J_3-K_1$ “再生前陆”,并从 $K_2$ 以来转变成为陆内俯冲前陆盆地的叠加,这类多层结构首先在中国西北提供了早、中侏罗世湖相泥岩及沼泽含煤层系为主体的生油岩系;在相同的地史阶段,中国东北地区表现出从初始裂谷作用( $J_{1-2}$ 第一层结构)上叠同裂谷期断陷盆地( $J_3-K_1$ ,第二层结构)并在此基础上发展为 $K_2$ 以来后裂谷期热塌陷盆地,同样为该地区多层结构盆地提供以湖相泥岩及含煤火山碎屑岩占主体的生油岩系。

无论是北方东部还是北方西部,无论是 $J_{1-2}$ 还是 $J_3-K_1$ ,湖相泥岩及含煤河湖相泥质岩系构成了北方中生代中小盆两套主源岩体系。

北方中生代中小盆地的显著构造地质特点之一,是受到燕山期幕式构造作用的改造与叠加。以著名的燕山造山作用为标志,从盆地几何学,运动学和动力学控油气角度出发,我们由图2概略地表达北方中生代中小盆地含油(气)成藏组合具“双源两期”特色,成藏核心是以早、中侏罗世和晚侏罗—早白垩世层序中生、储、盖互为匹配过程中分别受控于统一的区域构造环境中暖湿古气候和“两条锋线”(朱夏,1980)介入后东西分异的区域构造演化及相应的暖湿古气候的向东迁移,其分布范围参见图1。

在北方中生代中小盆地油气勘探亟待进一步发展的形势下,作者以为中国西北地区以晚三叠世和早、中侏罗世为油源的主要生排油期是受控于侏罗纪末早燕山运动(~135Ma),当时特提斯构造域内冈底斯地体增生于古亚洲陆缘后的板内“远场效应”叠加滨太平洋构造域伊泽奈崎板块相对古亚洲陆块

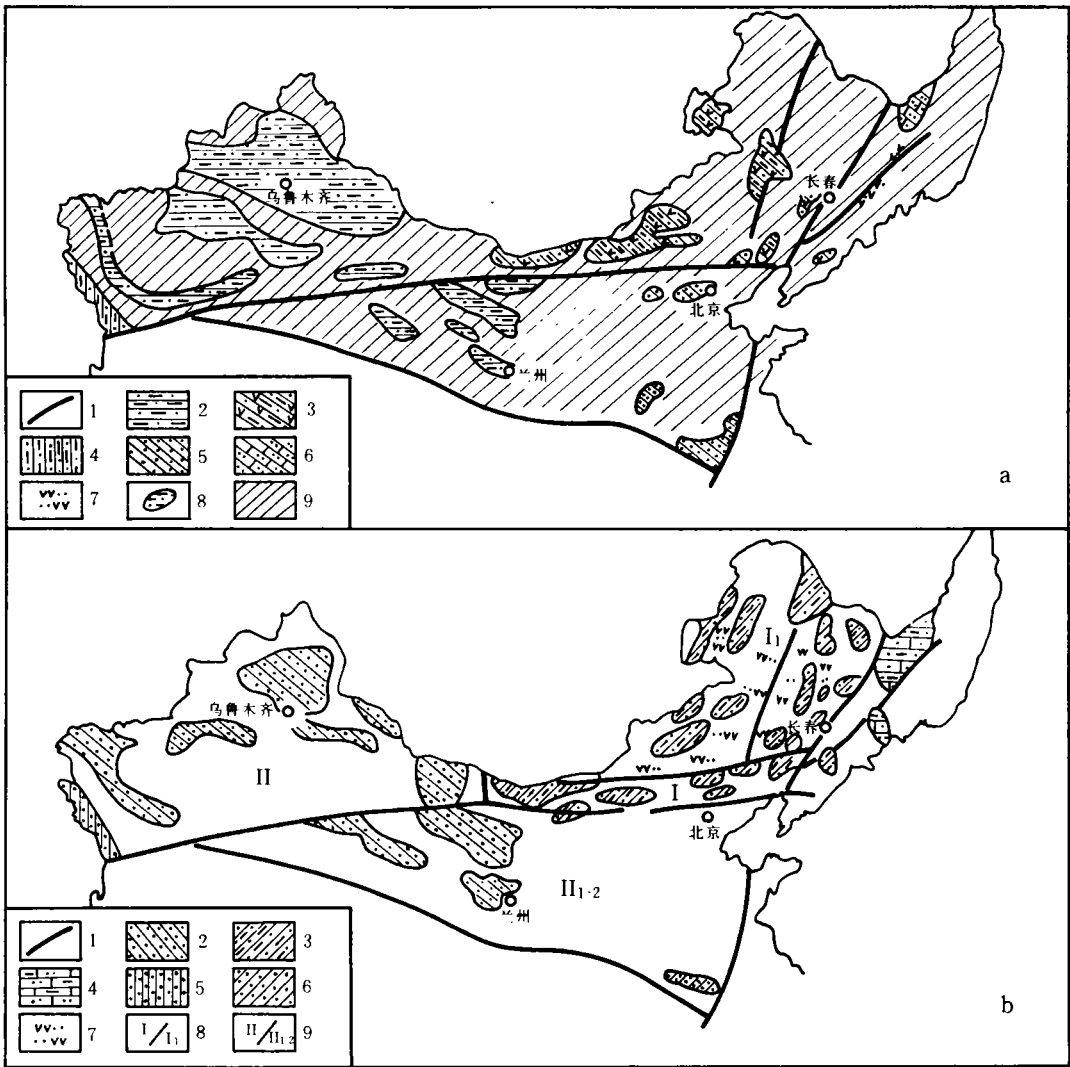


图1 中国北方侏罗纪—早白垩世成油盆地群展布示意

- a. 早、中侏罗世: 1. 主要断层; 2. 前陆类盆地; 3. 初始裂谷盆地; 4. 近特提斯海盆; 5. 同造山伸展盆地; 6. 近古太平洋海盆; 7. 板内火山活动带; 8. 湖相沉积; 9. 温带潮湿区
- b. 晚侏罗世—早白垩世: 1. 主要断层; 2. 前陆类盆地; 3. 断陷盆地; 4. 近古太平洋海盆; 5. 近特提斯海盆; 6. 同造山断陷盆地; 7. 火山活动带; 8. 温带潮湿—半潮湿区; 9. 热带—亚热带干旱—半干旱区

的西向俯冲作用效应,使得早、侏罗世地层在相对周边为山系的盆地中深埋而使富含有机质源岩成熟生烃并排出;其主要运聚油期则取决于白垩纪末晚燕山运动(~65Ma)乃至整个喜山期“造山作用”对北方板内侏罗—白垩纪盆地的改造,特提斯构造域内科希斯坦地体的拼贴及碰合后板内递进形变叠加“东部锋线”库拉板块相对东亚大陆的俯冲效应促使油气处于生、排、运聚高峰期。这两期构造活动为西北地区在中生代油气生成、运移、聚集条件的空间配置关系上提供了极有利的成藏机遇。同样,在中国东

北地区晚侏罗世—早白垩世的同裂谷伸展期和晚白垩世—老第三纪后裂谷—裂谷反转期,使得早、中侏罗世,晚侏罗世—早白垩世两套生油岩系以有序时差方式进入生、排、运、聚阶段,并在晚白垩世末期受强烈“构造反转”(王燮培等,1996)而聚油成藏。

### 3 油气勘探展望

北方中生代中小盆地油气勘探展望应该从油或气的显示开始,油或气的显示需要成油体系就如沉

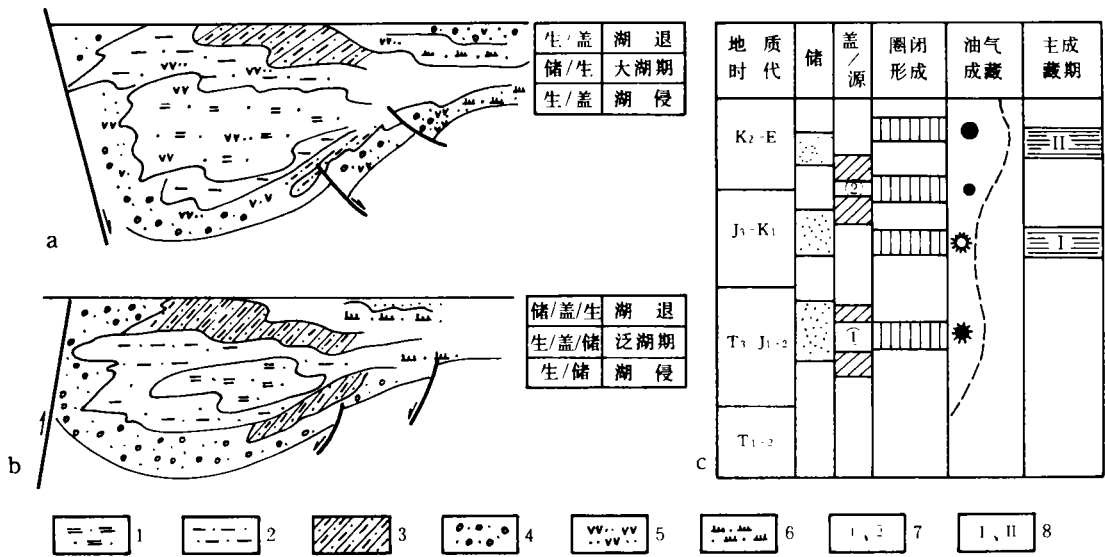


图 2 北方中生代中小盆地成藏组合条件模式

a. J<sub>3</sub>-K<sub>1</sub> 伸展构造环境 b. J<sub>1-2</sub> 聚敛构造环境 c. “双源”两期成藏

- 1. 半深湖湖相(泥岩); 2. 浅湖相(沼泽泥岩); 3. 河、湖沼相(砂、泥岩); 4. 河流相(砂、砾岩); 5. 火山碎屑岩; 6. 滨湖沼泽(含煤系泥岩); 7. 代表“双源”; 8. 代表“双期”

积岩需要盆地一样,盆地中烃源岩堆积后的构造沉降决定有机质转化成油的盆地条件,相对后期的盆地构造形变决定油气聚集成油藏的盆地条件。从已有的油气成果把握中小盆地中生代油气调查,作者试以图 3 提供在含油气盆地勘探中应用的成藏组合典型范例(a. 准西南前陆挠曲;b. 额济纳前陆伸展;c. 松东南裂谷断陷),并由此对北方中小盆地中生代油气新区勘探提出建设性意见。

由图 3 及前述(含表 1),显而易见北方中生代中小盆地成藏组合的最终有效性同样是以我们曾提出的“板内形变与晚期成藏”(孙肇才等,1990)为特色。西北地区,65Ma 以来板内形变对三叠纪一早、中侏罗世源岩的油气生排运聚有重要意义,23Ma 以来的“造山作用”对油气运聚成藏至关重要,如图 3, a 中“关键时刻” I 和 II 分别代表控油成藏的两期构造运动阶段。东北地区, J<sub>2</sub>-K<sub>1</sub> 成油盆地中烃源岩成熟并转化成烃是后裂谷期大湖盆发育阶段, K<sub>2</sub> 末(明水期)构造正反转作用对侏罗-白垩纪油气的生成排运及喜山期(老第三纪)挤压对“早期”油气运聚成藏有重要作用(图 3, c)。介于东北与西北之间枢纽地带的额济纳盆地(图 3, b)同样经历了伸展与聚敛,白垩纪以来的两期“关键时刻”促使侏罗纪(部分早白垩世)烃源岩的成熟、排出并发生运聚作用。

我们预测成藏组合的位置及其潜在的含油气丰度,重要的是去识别油气一旦从源岩排出后那些导致油气聚集的形式,辨别正在形成或刚刚完成的油气汇聚机制。

生、排、运聚方式受构造控制,因而可根据盆地的主要构造及地层的组构来预测,图 3 给出有单个或两个有效源岩在关键时刻充注油气,但是我们注意到储盖层系形成了盆地最近的形态,源岩沉积于转老的盆地,况且无论是准噶尔还是松东南,都遭受了中等程度的压性构造变形,虽然在某些盆地中存在相对完整的单斜坡带(前陆类盆地,如图 3, a, b)。由于构造活动的不均一性,这就给在北方中小盆地中找寻有效成藏组合设置了种种障碍。笔者从构造变形程度及盖层完整性两个与油气圈闭相关因素出发,在确认盆内有效源岩作为“烃厨”(Perrodon, 1995)存在前提下,考虑聚油方式、保存条件。盆地组构等方面,仅从成藏组合角度提出以下粗略选区建议:

(1) 在如图 3a 类型盆地中注意侧向排烃及向生烃区倾没的低幅度大背斜,这是极为有利的构造背景(距“烃厨”一定距离的前陆斜坡带)。

(2) 考虑如图 3a 类型盆地中侧向运移油气距离短,垂向排烃汇聚作用已在近山前(前陆盆地近山

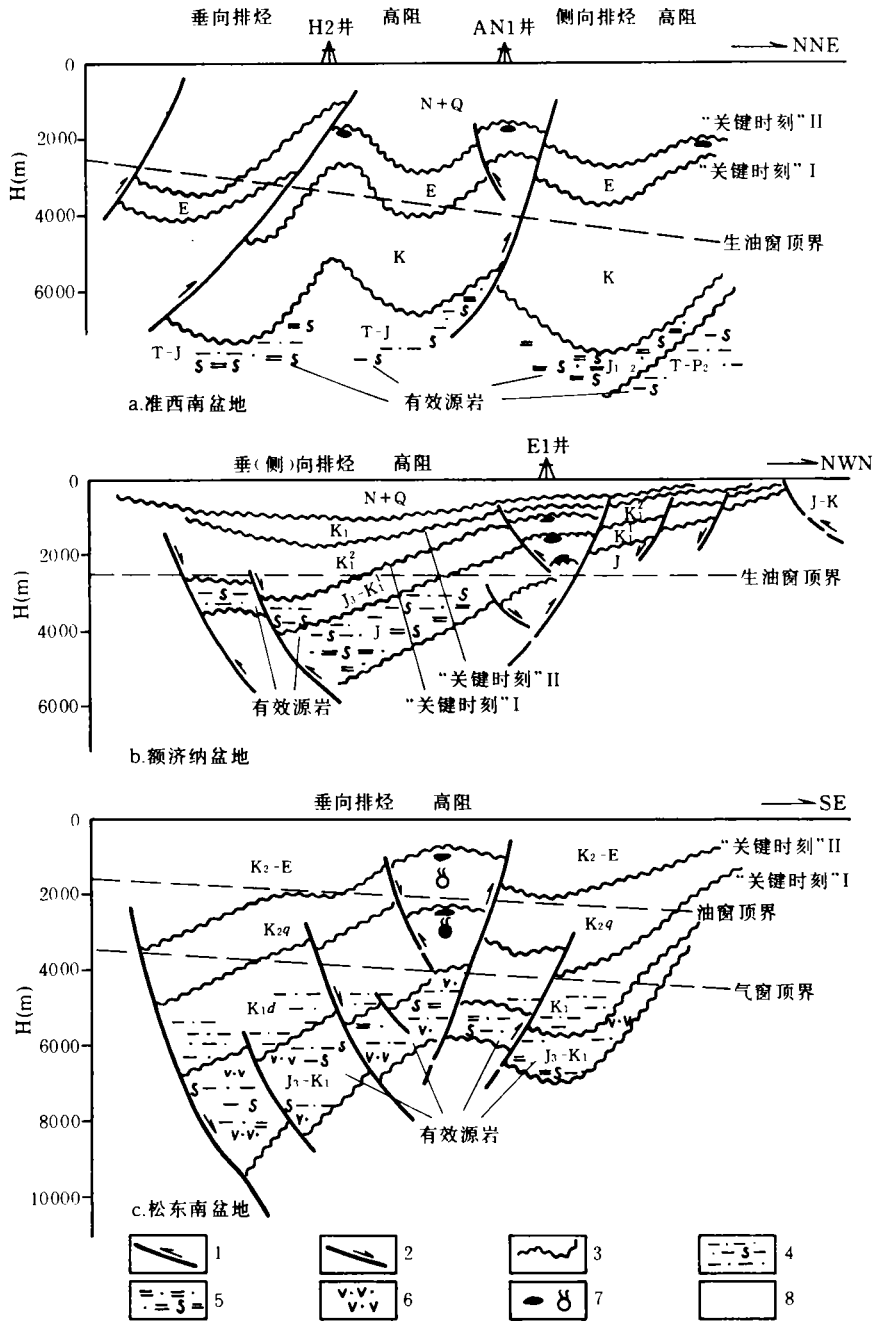


图 3 北方中生代中小含油气(藏)盆地成藏组合典型范例

1. 逆断层; 2. 正断层; 3. 构造不整合面; 4. 湖相泥质岩; 5. 含煤河相泥质岩; 6. 火山碎屑岩; 7. 油气显示; 8. 储集空间与封盖层互层

前活动翼区带), 处于“烃厨”正上方的高陡背斜构造带作为勘探目标。

(3) 主张在如图 3c 类型盆地中注意深盆气圈闭的有利地带应在盆地构造反转后“挠曲高部位”, 以垂向排烃汇聚油气为主体的区域充注方式, 直到

顶上的有效盖层为止而后充注成藏构造带。

(4) 主张在如图 3b 类型盆地中注重连续盖层(相对深层次)遭受形变后, 油气集中在穿过盖层的断层及盖层中的裂隙或其他窗口, 在区域有效盖层封闭之下以垂(侧)向排烃方式成藏组合构造带。

(5) 主张在新疆区域内制定三叠系、侏罗系油气勘探和研究部署,在走廊区域内勘探侏罗系油气成藏组合,在东北—内蒙古注重早、中侏罗世盆地研究和加强内蒙古西部早白垩世油气成藏条件研究。

致谢:本文工作的研究过程中,得到原地矿部石油地质中心实验室的大力支持,以及盆地研究室项目组研究人员的大力协助。在此致以最诚挚的谢意。

### 参 考 文 献

- 1 孙肇才等. 板内形变与晚期次生成藏. 石油实验地质, 1991, 13(2)
- 2 朱夏. 中国中生代沉积盆地构造发展述略. 见: 朱夏, 徐旺主编, 中国中生代沉积盆地. 北京: 石油工业出版社, 1990, 1~15
- 3 范小林. 造山带与盆地正负相伴生——塔里木盆地构造风格剖析. 西北地质科学, 1996, 17(1): 91~99

- 4 陈发景等. 中国中、新生代前陆盆地的构造特征和地球动力学. 地球科学, 1996, 21(4): 366~372
- 5 喻春辉等. 准噶尔盆地与吐哈盆地侏罗系沉积边界的探讨. 岩相古地理, 1996, 16(6): 48~54
- 6 王燮培等. 从松辽盆地构造反转看中国东部盆地构造圈闭的形成. 地球科学, 1996, 21(4): 373~382
- 7 Perrodon A. Petroleum systems: models and applications. *Journal of Petroleum Geology*, 1992, 15(3)
- 8 Magoon L B, Dow W G. The petroleum system—from source to trap. AAPG Memoir 60, 1994, 3~22
- 9 Perrodon A. Petroleum systems and global tectonics. *J. of Petroleum Geology*, 1995, 18(4): 471~476

(收稿日期: 1997年2月18日)

## PROSPECT OF PETROLEUM FRONTIER IN THE MID-SMALL SIZED MESOZOIC BASINS, NORTH CHINA: A VIEW OF PETROLEUM ACUMULATION CONDITION

Fan Xiaolin

(*Institute of Experimental Geology, CNSPC, Wuxi 214151*)

### Abstract

The suitable paleoclimatic and paleogeographic condition in the Jurassic-Cretaceous period provided a favourable depositional environment for formation of hydrocarbon-bearing basins in the north of Qinglin-Qilian-Kunlun orogenic belt. The Yanshanian tectonic activity was strong in the end of the Jurassic and the end of the Cretaceous, which resulted in inversion of basins and formation of two petroleum systems of the Early-Middle Jurassic and the Late Jurassic-Early Cretaceous. Accumulation was formed in late Yanshanian and Himalayan movement. It was pointed out that hydrocarbon was sourced from the Lower and Middle Jurassic coal-bearing sequence via vertical or lateral migration in the mid-small Mesozoic foreland basin in northwestern China, and hydrocarbon was sourced from the Upper Jurassic-Lower Cretaceous coal-bearing sequence in faulted basins in northeastern China. The related accumulations formed in those areas are the potential targets for exploration.