

准噶尔盆地陆梁地区断裂-不整合面 输导体系与油气运聚

陈中红¹⁾ 吴孔友¹⁾ 查明¹⁾ 朱筱敏²⁾

1) 石油大学地球资源与信息学院, 山东东营, 257061; 2) 石油大学, 北京昌平, 102249

摘 要 断裂是准噶尔盆地陆梁隆起油气远距离从源(盆1井西凹陷)到藏(陆梁油田)的主要通道, 其中基东断裂作为油源断裂起了关键性的作用。不整合面也是该区油气顺利从源到藏的必要条件, 不整合面分布的非均质性是造成该区油气分布差异性的一个重要影响因素。断裂与不整合面形成的断裂-不整合面输导体系是一个高效的输导网络, 是油气顺利运聚、成藏的重要条件; 二叠系顶面的不整合面与深部断裂组成的输导体系是沟通盆1井西凹陷二叠系油源向上部侏罗系运移的主要通道, 而白垩系底面的区域不整合面与中浅层正断层组成的输导体系是头屯河组和呼图壁河组油气成藏的主要因素。

关键词 准噶尔盆地 断裂 不整合面 输导体系 通道 运聚

Relationship between Passage Systems of Faults-Unconformities and Hydrocarbon Migration: A Case Study of the Luliang Uplift in the Junggar Basin

CHEN Zhonghong¹⁾ WU Kongyou¹⁾ ZHA Ming¹⁾ ZHU Xiaomin²⁾

1) University of Petroleum, Dongying, Shandong, 257061; 2) University of Petroleum, Beijing, 102249

Abstract Faults are main passages for long-distance hydrocarbon migration from source rocks to pools in Luliang uplift, and Jidong fault has played a key role in this aspect. The existence of unconformities makes up a prerequisite for hydrocarbon accumulation, and the inhomogeneity of unconformities seems to be an important factor for the differences in hydrocarbon accumulations in this area. The passage systems formed by faults and unconformities are effective pathway networks which are very important for hydrocarbon migration and accumulation. The passage system formed by the unconformity surface of Permian strata and the reverse faults at depth is a key factor for hydrocarbon migration from source rocks to Jurassic strata, and the passage system formed by the unconformity surface at the bottom of Cretaceous strata and the normal faults in Jurassic strata is a necessary element for hydrocarbon migration from Jurassic to Cretaceous strata.

Key words Junggar basin fault unconformity passage system migration pathway migration and accumulation

随着地震勘探、电测井等勘探技术的发展及观点上油藏描述、高分辨率层序地层学及地球化学方面对油藏剖析的精细化, 对油气成藏规律研究也不断深入, 尤其对成藏过程中的源与藏的认识已逐渐清晰, 而从源到藏这一运聚过程仍是研究中相对薄弱的环节。含油气系统从源岩到圈闭的概念和内涵突出反映了油气运聚的过程(Magoon, 1994), 有学者甚至认为油气运聚过程的研究是研究含油气系统的关键(李明诚等, 2000)。输导体系的提出和研究

有助于解决这一问题。输导体系是相对某一独立的油气运移单元——含油气系统而言, 是含油气系统中所有运移通道及其相关围岩的总和(张照录等, 2000)。输导体系是连接圈闭与油气源的“桥梁和纽带”, 在时间和空间上连接了含油气系统中各地质要素及各地质作用, 使它们成为一整体或系统, 从而油气能够在这一系统中实现从源到藏的转化。忽略对输导体系的研究, 会使我们不能把握油气成藏的来龙去脉, 不能正确地认识油气成藏规律, 往往会得出

本文为中国石油天然气集团“九五”重大科技攻关项目(编号: 960007-01)部分成果。

改回日期: 2005-07-29; 责任编辑: 郝梓国。

第一作者简介: 陈中红, 男, 1976年生, 博士研究生, 研究方向为油气形成与分布; E-mail: hongczh@163.com。

错误的认识,甚至会对油气勘探产生负面影响。

综合前人认识,按油气运聚主干道的不同,输导体系可分为几种类型:断层型、不整合面型、输导层型、裂隙型、流体底辟型(何登发等,2000;张照录等,2000;付广等,2001;赵文智等,2001;王敏芳,2002;殷秀兰等,2002)。本文以准噶尔盆地陆梁地区为研究对象,讨论断裂与不整合面两主导输导单元组成的输导体系对油气运聚的控制作用。

1 区域概况

陆梁隆起是准噶尔盆地一个重要的含油气区,尤其三个泉凸起上的陆梁油田侏罗系及白垩系富含

大片工业性油气。其上发育石南凹陷、三个泉凸起、陆南凸起等多个凹陷与凸起,为一典型的凹凸相间的格局。在其周围发育有玛湖凹陷、盆1井西凹陷、英西凹陷、索索泉凹陷等(图1)。前人研究表明,陆梁油田原油主要来源于盆1井西凹陷下乌尔禾组和凤城组烃源岩,以下乌尔禾组为主要油源,玛湖凹陷区和石南凹陷区的贡献基本上可以忽略(王绪龙等,1999,2001)。对研究区流体势的分析也表明,该区油气主要的运移方向为西南-东北向,盆1井西凹陷是该区的主要生油凹陷(陈中红等,2003a)。该区作为复合叠加盆地(张功成,1998),油气发生远距离多期运聚成藏,与该区的断裂-不整合面输导体系提供

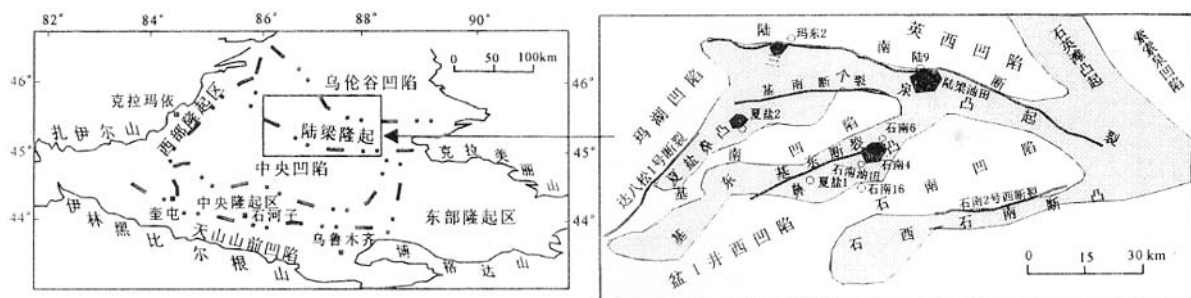


图1 陆梁地区区域概况略图

Fig. 1 Geological sketch of the Luliang region

了一个空间上的输导网络是分不开的。

2 断裂与油气运聚

2.1 断裂区域特征

在早古生代盆地裂陷阶段和晚古生代的前陆盆地阶段,由于玛纳斯地体与乌伦古地体发生碰撞,形成了陆梁隆起基底的雁列状构造格架,并在石炭纪至二叠纪产生了呈东西走向、断至基底的大型逆掩断裂。中生代燕山运动期,在盆地边缘挤压、腹部拉张应力作用下,研究区侏罗系至白垩系发育一系列正断层,这些断层部分与深部逆断层相交,构成“y”字型空间组合。早期形成的深层逆断裂,主要断开三叠系以下地层,断裂规模大,延伸长,一般深入南侧生烃洼陷内(盆1井西凹陷),是沟通古生界油源的重要通道;燕山早中期形成的浅层正断裂一般由三叠系断至白垩系底部,断裂走向与构造走向一致,呈南西-北东向,是垂向沟通深层逆断裂运移而来的油气的主要通道(王屿涛等,1999)。前后两期断裂所表现出的平面与纵向上的组合,构成了该区特定

的成藏模式——油源断层运聚的空间立体模式(张越迁等,2000)。基东断裂是研究区内连接源(盆1井西凹陷)与藏(陆9井区)的关键油源断裂(图1),是先后由几期构造活动形成的类“y”字型复合断裂。下文以该断裂为研究对象进行分析。

2.2 基东断裂与油气运聚关系

基东断裂切割盆1井西凹陷,呈东北—西南向延伸,指向陆梁油田,长度近35 km,具上正下逆结构,在剖面上构成类“y”字型,下部逆断层形成时间早,由基底切穿二叠系切入三叠纪地层,断面缓,断距大。上部正断层形成时代晚(侏罗纪至白垩纪),断面陡,断距小,向下与深部逆断层相交,活动时间持续较长,由侏罗纪到白垩纪早期,具生长性质。

断面承受应力状态与断层面的抗张能力是决定断层纵向封闭性的关键因素,若断层面所受张应力的大小超过了岩石抗张强度,就会使断面呈开启状态;若断层面所承受的压应力大于断层面岩石的抗压强度,就会使早期形成的张性断裂闭合。根据对断层面的承受应力与抗张抗压强度计算得出,基东

断裂下部逆断层早期纵向上是开启性质的,是油气运移的良好通道,到了中晚期,由于上覆重力的压应力作用,断层逐渐闭合,油气主要依靠上部的正断层进行运移。经研究,上部正断层断开的各砂体泥岩沾污因子(SSF,指断层沿一个横剖面内的位移倾斜断距 L 与断面附近发生明显位移的泥页岩厚度 H 之比。研究表明,SSF 小于 4 就能形成连续分布的泥岩沾污带,断层对油气的封堵好(付广等,1997))值介于 1.36~3.42 之间,大部分砂体可形成较连续的泥岩沾污带,侧向封堵较好,油气可以顺利的在其中进行垂向运移,或者在有利圈闭内形成断层侧向封堵油气藏。

因此相对盆 1 井西凹陷主要烃源岩排烃期和陆梁地区主要成藏期而言,风城组主要排烃期(相应于第一次成藏期)时,基东断裂可作为油气运移的通道;下乌尔禾组主要排烃期(相应于第二次成藏期)时,基东断裂逆断层部分通道作用减弱,主要依靠上部的正断层部分作为油气运移的有效通道;第三次成藏期时,逆断层基本上失去了通道作用,正断层仍然可以对油气起输导作用(图 2)。

可以看出,基东断裂为研究区内一条关键性的油源断裂,是油气从盆 1 井西凹陷到达陆梁油田的快捷通道,从而也造成盆 1 井西凹陷成为该区的主要源区。

3 不整合面与油气运聚

3.1 不整合面区域分布

不整合面的发育受构造活动控制,陆梁隆起主要发育 3 期大的构造活动。在该区隆坳错落的地质基础上,二叠纪晚海西运动在斜坡地带产生局部性质的不整合面,三叠纪末,盆地发生整体抬升,形成了三叠系和侏罗系之间的区域性不整合面。燕山运动在该区有 3 次大的构造运动(相当于燕山 I-III 幕),相应产生 3 个区域性不整合面:中侏罗统头屯河组与下伏地层之间的不整合面、白垩系底界与侏罗系之间的区域性不整合面、下第三系与白垩系之间的不整合面。

3.2 不整合面的非均质性与油气运聚

不整合面的非均质性指的是不同类型不整合面结构及其分布的差异性,从表现形式上看,该非均质性存在宏观和微观两个层次,微观上不整合面的非均质性体现在不同井区其岩性配置特征有着不同特

点,从而对油气产生不同的运聚及圈闭作用,造成油气的局部分布的差异性。宏观上在不同地区、不同层系分布有不同类型的不整合面,从而对油气的区域分布产生影响。因此,从宏观和微观两个层次结构来讨论这种非均质性,并注重其对油气运聚所产生的影响,将有助于阐明不整合面的复杂性和它与油气运聚的关系。

从微观上看,白垩系底(K/J_2t)不整合面的岩性配置组合可分为 5 种不同类型:Ⅰ型:不整合面之上为砂砾,其下依次为泥、砂;Ⅱ型:不整合面之上为砂,其下依次为泥、砂;Ⅲ型:不整合面之上为砂砾,其下依次为泥、砂砾;Ⅳ型:不整合面之上为砂,其下依次为泥、砂砾;Ⅴ型:不整合面之上为砂砾,其下依次为泥、砂、砂砾。经统计分析认为Ⅰ型、Ⅱ型岩性组合模式,对油气运聚成藏有利,不整合面下的砂岩遭受风化淋滤,成为油气横向运移的良好通道,其下的泥岩形成粘土层,是良好的遮挡层,油气在具有淋滤带的圈闭中可形成油气藏,典型井为陆 9、陆 11 井。Ⅲ型、Ⅳ型、Ⅴ型岩性组合代表构造运动环境相

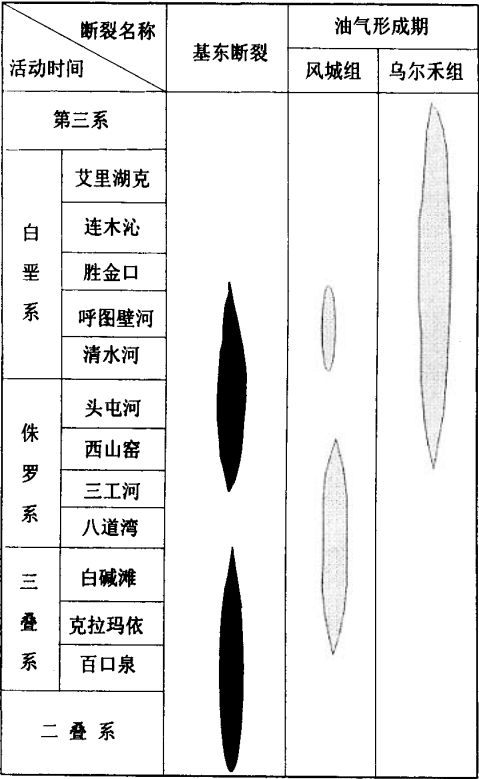


图 2 陆梁隆起主要断裂活动期与油气成藏关系图
Fig. 2 Relationship between active periods of the Jidong fault movement and hydrocarbon accumulation

对强烈,容易对油气藏产生破坏。I型、II型分布广泛,主要分布于西斜坡、三个泉凸起北斜坡及南部地区,III型、IV型、V型分布地区较为有限。

从宏观上看,由于不同的成因机制形成了褶皱、断褶、削截、超覆及平行5种不同类型的不整合面,并对油气运聚产生了不同的控制作用(陈中红等,2003b)。早期二叠系在坡度陡的斜坡出现削截不整合面,较缓的斜坡区出现超覆不整合面,而在隆起区出现褶皱不整合面。在部分地区三叠系出现超覆不整合面,在侏罗系、白垩系基本上为平行不整合面,部分平行不整合面呈褶皱不整合面形式,或平行不整合面与断层相接,构成断褶不整合面形式。从平面上看,在研究区西斜坡坡度较陡,多发育削截不整合面,向东到了陆8-夏盐3井区,不整合面角度变缓,呈现超覆不整合面形式,再向东逐渐变为平行不整合面,在基东凸起、陆9井区为断褶不整合面发育区。

在研究区内,侏罗系油藏主要分布于断褶带内,二叠系油藏基本分布于玛东及夏盐斜坡地带,石炭系油藏则发育于基岩形成的古潜山,而侏罗系头屯河组地层油气藏部分分布于平行不整合面内。这种油气分布方式与不整合类型分布的非均质性有很大关系。三叠纪末产生的油气在距离生油凹陷最近的石炭系古潜山褶皱不整合面下成藏,沿着油气运移的路径,油气到达二叠系、三叠系后,削截不整合面、超覆不整合面对油气的继续运移起了主要作用,油气到达石南区进入侏罗系后,则主要是依靠断褶不整合面到达白垩系,然后沿着白垩系底部平行不整合面向西或向东运移。

4 断裂-不整合面输导体系

油气从源(盆1井西凹陷)到藏(陆梁油田)运移时,首先沿着油源断层进行侧向运移(在不发育油源断层的地方主要依靠深部二叠系不整合面进行长距离侧向运移),到达中部侏罗系后,主要依靠其中的正断裂进行垂向运移,到达侏罗系顶部,通过白垩系底部不整合面的连接,油气顺利进入白垩系,再依靠其中的正断裂及清水河组的大套砂砾岩体向上运移,此时白垩系呼图壁河组的连通砂体对油气向四周的扩散,形成大片油气藏起了一定作用(图3)。

从具体解剖的断裂-不整合输导体系中更能看出断裂-不整合面输导体系对油气运聚的控制作用。

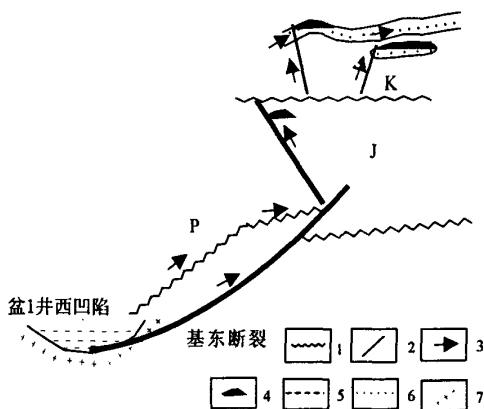


图3 陆梁地区输导网络模式图

Fig. 3 The passage net system of the Luliang area

1—不整合面;2—断裂;3—油气运移方向;4—油藏;

5—泥岩;6—砂岩;7—基岩

1—unconformities;2—faults;3—hydrocarbon migration direction;

4—oil reservoirs;5—mudstone;6—sandstone;7—bed rock

以白垩系底不整合面为例(图4)。油气一方面可以直接通过切割侏罗系与白垩系的断裂向上运移;另一方面油气通过断裂向上运移到达白垩系底不整合面后,一部分油气可以沿着该不整合面下的淋滤带横向运移,在封闭好的地方成藏,另一部分再通过该不整合面上的清水河组大套砂砾岩体或其中张性正断层向上运移。

5 结论

断裂是研究区油气远距离从源(盆1井西凹陷)到藏(陆梁油田)的主要通道,其中基东断裂起了关键性的作用。不整合面也是油气顺利从源到藏的必要条件,不整合面分布的非均质性是形成油气分布差异性的一重要影响因素。

断裂、不整合面形成的输导网络,为油气顺利从盆1井西凹陷到达陆梁油田提供了条件:二叠系顶面的不整合面与深部断裂组成的输导体系是沟通盆1井西凹陷二叠系油源向上部侏罗系运移的主要通道,而白垩系底面的区域不整合面与中浅层正断层组成的输导体系是头屯河组和呼图壁河组油气成藏的主要因素。

断裂与不整合面形成的断裂-不整合面输导体系是一高效的输导网络,是油气顺利运聚、成藏的重要条件。

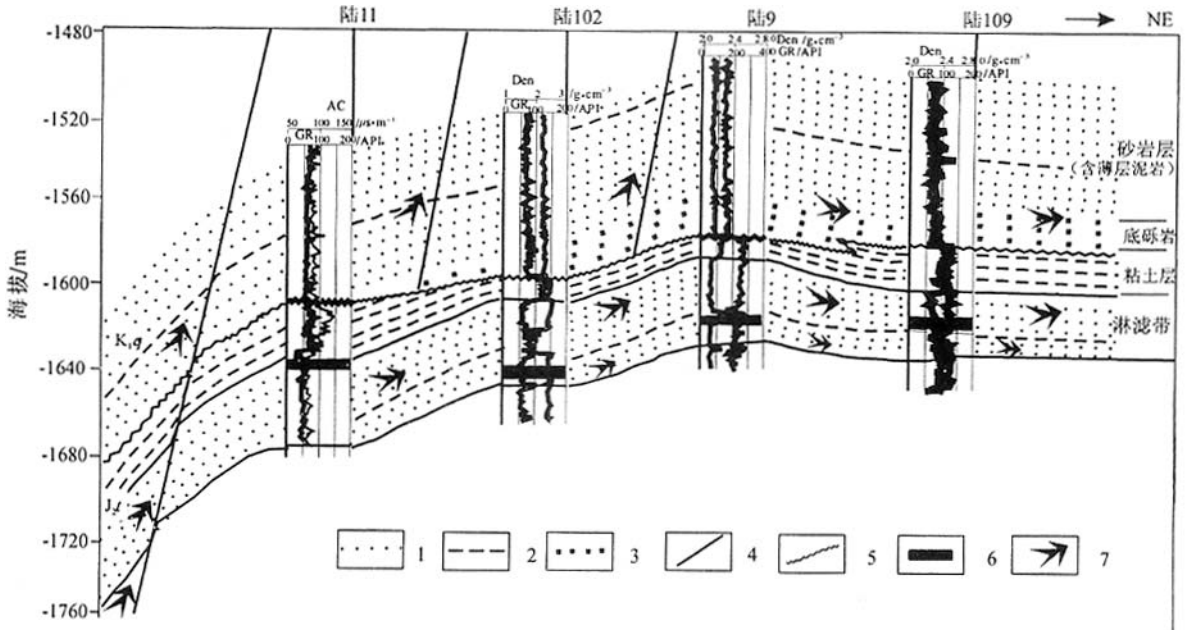


图 4 白垩系底不整合面-断裂输导体系解剖图

Fig. 4 The passage systems combined by the unconformity surface in the bottom of Cretaceous strata and the normal faults

1—砂岩; 2—泥岩; 3—砾岩; 4—断裂; 5—不整合面; 6—油藏; 7—油气运移方向

1—sandstone; 2—mudstone; 3—conglomerate rock; 4—faults; 5—unconformities; 6—oil reservoirs; 7—hydrocarbon migration direction

致谢 本文受到雷振宇先生及地球学报编辑部的热情指导,在此表示衷心感谢!

参考文献

陈中红,查明,吴孔友,等. 2003a. 准噶尔盆地陆梁地区油气运移方向研究. 石油大学学报, 27(2): 19~22.
陈中红,查明,朱筱敏. 2003b. 准噶尔盆地陆梁隆起不整合面与油气运聚关系. 古地理学报, 5(1): 120~126.
付广,王朋岩,陈章明. 1997. 断层侧向封闭性的粘土涂抹势研究方法及应用. 断块油气田, 4(1): 17~20.
付广,薛永超,付晓飞. 2001. 油气运移输导系统及其对成藏的控制. 海相油气地质, 22(1): 24~26.
何登发,赵文智,雷振宇,等. 2000. 中国叠合型复合含油气系统的基本特征. 地学前缘, 7(3): 23~36.
李明诚,孙大朋. 2000. 地流体、封闭体和含油气系统与油气运移的关系. 石油大学学报(自然科学版), 24(4): 29~33.
王敏芳. 2002. 琼东南盆地崖南凹陷崖 13-1 构造与崖 21-1 构造成藏条件的比较. 地球学报, 23(6): 559~562.
王绪龙,康素芳. 1999. 准噶尔盆地腹部及西北缘斜坡区原油成因分析. 新疆石油地质, 20(2): 108~112.
王绪龙,杨海波,康素芳,等. 2001. 准噶尔盆地陆梁隆起陆 9 井油源与成藏分析. 新疆石油地质, 22(3): 213~216.
王屿涛,徐长胜,王静. 1999. 准噶尔盆地石南油气田成藏史分析. 石

油勘探与开发, 26(1): 28~31.
殷秀兰,李思田,杨计海,等. 2002. 莺歌海盆地超压流体活动与断裂系统的相互关系. 地球学报, 23(2): 141~146.
张功成. 1998. 准噶尔盆地结构及其圈闭类型. 新疆地质, 16(3): 221~230.
张越迁,张年富,姚新玉. 2000. 准噶尔盆地腹部油气勘探回顾与展望. 新疆石油地质, 21(2): 104~109.
张照录,王华,杨红. 2000. 含油气盆地的输导体系研究. 石油与天然气地质, 21(2): 133~135.
赵文智,何登发,池英柳,等. 2001. 中国复合含油气系统的基本特征与勘探技术. 石油学报, 22(1): 6~13.

References

Chen Zhonghong, Zha Ming, Wu Kongyou, et al. 2003a. Hydrocarbon migration direction in Luliang section of Junggar basin. Journal of the University of Petroleum, China, 27(2): 19~22 (in Chinese with English abstract).
Chen Zhonghong, Zha Ming, Zhu Xiaomin. 2003b. Relation between unconformity surface and hydrocarbon migration and accumulation of Luliang uplift in Junggar basin. Journal of Palaeogeography, 5(1): 120~126 (in Chinese with English abstract).
Fu Guang, Wang Pengyan, Cheng Zhangming. 1997. The research method and application on the lateral sealing of faults by smearing

- potential of clay. Fault-Block Oil and Gas Field, 4(1):17~20 (in Chinese with English abstract).
- Fu Guang, Xue Yongchao, Fu Xiaofei. 2001. Oil-gas migration systems and their control over the formation of reservoir. Xinjiang Petroleum Geology, 22(1):24~26 (in Chinese with English abstract).
- He Dengfa, Zhao Wenzhi, Lei Zhenyu, et al. 2000. Characteristics of composite petroleum systems of superimposed basins in China. Earth Science Frontiers, 7(3):23~35 (in Chinese with English abstract).
- Li Mingcheng, Sun Daming. 2000. Relationship of geofluid, compartment and petroleum system with hydrocarbon migration. Journal of the University of Petroleum, 24(4):29~33 (in Chinese with English abstract).
- Magoon L B. 1994. The petroleum system from system source to trap. AAPG Memoir, 60:3~24.
- Wang Minfang. 2002. A comparison of petroleum accumulation between YA13-1 structure and YA21-1 structure in Yanan Depression within Qiongdongnan basin. Acta Geoscientia Sinica, 23(6):559~562 (in Chinese with English abstract).
- Wang Xulong, Kang Sufang. 1999. Analysis of crude origin in hinterland and slope of northwestern margin, Junggar basin. Xinjiang Petroleum Geology, 20(2):108~112 (in Chinese with English abstract).
- Wang Xulong, Yang Haibo, Kang Sufang, et al. 2001. Analysis on oil sources and reservoir formation of well Lu 9 in Luliang uplift in Junggar basin. Xinjiang Petroleum Geology, 22(3):213~216 (in Chinese with English abstract).
- Wang Yutao, Xu Changsheng, Wang Jing. 1999. History of pool formation of Shinan oil-gas field, Junggar basin. Petroleum Exploration and Development, 26(1):28~31 (in Chinese with English abstract).
- Yin Xiulan, Li Sitian, Yang Jihai, et al. 2002. Correlations between overpressure fluid activity and fault system in Yinggehai basin. Acta Geoscientia Sinica, 23(2):141~146 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Gongcheng. 1998. Structure and trap types of Junggar basin. Xinjiang Geology, 16(3):221~230 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Yueqian, Zhang Nianfu, Yao Xinyu. 2000. Review and prospect for petroleum exploration in hinterland of Junggar basin. Xinjiang Petroleum Geology, 21(2):105~109 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Zhaolu, Wang Hua, Yang Hong. 2000. Study on passage system of petroliferous basins. Oil and Gas Geology, 21(2):133~135 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Wenzhi, He Dengfa, Chi Yingliu, et al. 2001. Major characteristics and exploration technology of multi-source petroleum systems in China. Acta Petroli Sinica, 22(1):6~13 (in Chinese with English abstract).

(上接第 90 页)

造山带,其次是前寒武纪地块、前寒武纪地块的显生宙构造带与沉积盆地及新生代风化壳。在 34 种主要矿床类型中,以沉积型矿床的数量最多,其次是斑岩型、红土型、火山岩型、蒸发岩型、热液型、砂页岩型、岩浆热液型、砂矿型、SEDEX 型、金伯利岩型、砂卡岩型、BIF 型和铜镍硫化物型。

通过对不同矿产的大型、超大型矿床和不同成矿单元的成矿环境与成矿规律的研究,提出了“异常成矿作用”等新概念与新认识。我们认为,大型、超大型矿床的形成是常规成矿作用(过程)中发生“引潮共振”(gravitational tide resonance)而爆发的异常成矿作用的产物,具有与中、小型矿床显著不同的成矿环境与成矿机制。

异常成矿作用的发生与一定地质历史时期出现的全球性重大异常地质事件有关。隐生宙出现的“氧大气变态”(过氧事件, Oxyatmoverison)和“还原大气变态”(缺氧事件, Redoxyatmoverison)等全球性重大事件是促发异常成矿作用并形成太古宙-古元古代特大型 BIF 型铁矿床及绿岩型金矿床和中元古代-古生代特大型喷流沉积的 SEDEX 铅锌矿床的重要原因。显生宙发生了与隐生宙显著不同的地质环境大变革,地球层圈不协调运动导致的构造圈热侵蚀(Tectonosphere thermal erosion)引发大规模构造岩浆事件是显生宙(特别是中生代)异常成矿作用的主因。

(裴荣富 梅燕雄 供稿)