

文章编号: 0253-9985(2005)06-0711-06

成藏要素的时空结构与油气富集 ——兼论近源富集成藏

周兴熙

(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 成藏要素和成藏作用的时空结构影响着油气的富集程度。在邻近烃源层与区域盖层地区的成藏组合中, 成藏期与成烃期相近的时期内形成的油气藏富集程度相对较高。盆地或油气系统之中大多的主力油气藏都属于这种类型。在纵向上以源-盖之间没有大的、明显的构造变动和沉积间断作为近源组合, 具体时间间隔初步暂定为不超过一个“期(在中、新生代)”或一个“世(在古生代)”, 反之则为远源组合。在平面上依据分布于有效烃源岩分布区——烃灶位置的内外, 划分为“近源区”和“远源区”。现有勘探成果表明, 塔里木盆地现已发现的哈德逊油田、轮古-塔河油气田、克拉 2 气田、牙哈油气田等大、中型油气田大多属自源或近源组合。松辽盆地已探明原油储量的 95% 以上分布在主要源-盖组合之间的萨尔图、葡萄花、高台子 3 个油组中。因此, 坚持“近源勘探”是发现高油气资源富集区的一个重要而实用的原则。近源油气田的勘探成效一般是非常显著的, 但是, 许多地区的近源油气田多分布在勘探难度大的构造带、复杂成藏带或探区的深部、超深部, 以至常常是在远源油气藏之后发现。

关键词: 成藏要素; 时空结构; 近源; 成烃期; 成藏期

中图分类号: TE112.1 **文献标识码:** A

Time-space structure of reservoiring elements and hydrocarbon enrichment —concurrently discussing near-source reservoiring

Zhou Xingxi

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing)

Abstract Time-space structures of reservoiring elements and process influence the level of hydrocarbon enrichment. In plays that are adjacent to the source rocks and regional cap rocks, when the reservoiring occurred close to the hydrocarbon-generating period, the reservoirs would have relatively high hydrocarbon enrichment. Most of the major reservoirs in a basin or petroleum system belong to this type of reservoirs. Vertically, if there is no large and prominent tectonic events or depositional breaks between the source and reservoir rocks, we call it near-source combination, and its specific time interval is preliminarily determined to be no longer than an “Age” (in Mesozoic and Cenozoic) or an “Epoch” (in Paleozoic); otherwise we call it far-source combination. Laterally, near-source and far-source areas can be defined according to their location to be within or outside the effective source rock area—hydrocarbon kitchen. The available exploration results indicate that most of the discovered large and medium oil and gas fields in Tarim basin, such as Hadson oilfield, Lungu-Tahe oil/gas field, Kela 2 gas field and Yaha oil/gas field, are indigenous-or near-source combinations. Over 95% of the proved oil reserves in Songliao basin is distributed in Saertu, Putaohua and Gaotaizi oil reservoirs between the major source and cap rocks. Therefore, “near-source exploration” is an important and practical principle for discovering prolific oil and gas enrichment areas. Exploration of near-source oil and gas fields is commonly very fruitful. However, most of the near-source oil and gas fields are distributed in structural zones with high exploration difficulties, in complex plays or in deep and ultra-deep horizons of the exploration area, thus they are commonly discovered behind the “far-source” oil and gas reservoirs.

基金项目: 国家重点基础研究发展规划 (973) 项目 (2001CB2091)

作者简介: 周兴熙, 男, 71 岁, 教授级高级工程师, 天然气地质和油藏地质

收稿日期: 2005-08-20

Key words reservoiring element; time-space structure; near-source; hydrocarbon-generating period; reservoiring period

物质都以一定的结构存在着,物质因具有特定结构而具有特定的功能。成藏要素——生、储、盖、圈、通道和成藏过程——生、排、运、聚、保也因具有适当的时、空结构,相互耦合而产生成藏作用,形成油气藏。优质的成藏结构是形成大型油气藏的必要条件^[1]。其中烃源岩与区域盖层的空间跨度和成烃期、主聚集期(也称关键时刻)的时间跨度对油气富集的影响最为明显。李明诚^[2]也曾指出:“所谓时空跨度是指生、储、盖地层在时间上的间隔和剖面位置上的间隔。我们希望这种间隔越小越好,这样油气二次运移的空间就小、耗散量就小,就可能提供更多的聚集量。”

在勘探工作中可以用烃源层与区域盖层的空间跨度划分出“自源(自储)”“近源(他储)”“远源(他储)”3类成藏组合(油气藏)。实际上自源和近源是很难区分的,有时可以用“近源”来概括。这种概念最近见于扬华等^[3]在研究鄂尔多斯盆地上古生界天然气成藏规律的论文中使用过。在纵向上以两个期之间没有大的、明显的构造变动和沉积间断作为近源组合,具体时间间隔初步暂定为不超过一个“期(在中、新生代)”或一个“世(在古生代)”。近成烃期形成的油气藏常常是富集程度相对较高的油气藏。在平面上,依据与有效烃源岩分布区——烃灶位置的内、外,划分为“近源区”和“远源区”。

大量的勘探成果表明,大型油气藏多属于近成烃期-近源油气藏。近成烃期-近源油气藏是指与烃源岩在时、空的间隔跨度较小的油气聚集,即成藏期与成烃期相近、平面上邻近烃灶区形成的油气藏^[4]。

1 纵向结构类型

烃源层与区域盖层的空间跨度是划分成藏

要素结构的重点依据,它往往是制约所在成藏组合油气丰富程度和大型油气藏形成几率的关键^[5]。而纵向成藏要素结构是勘探工作中最易于了解的,也是认识成藏要素结构最为重要的。以塔里木盆地的满加尔和库车两个油气系统为例:前者烃源岩是以寒武系和奥陶系为主,中、上奥陶统巨厚泥质岩、盐-膏层和石炭系、二叠系超压泥质岩形成自源和近源的区域盖层,构成了自源式和近源式成藏组合,形成了自源式和近源式油气藏(图 1);库车油气系统的早、中中生界为烃源,其自源和近源区域盖层为侏罗系泥质岩与第三系盐膏质巨厚岩层^[6],形成众多在纵向上自源式和近源式油气藏(图 1)。现有勘探成果表明,在塔里木盆地现已发现的大、中型油气田大多分属自源或近源组合之中,如哈德逊油田、轮古-塔河油气田、克拉 2 气田、牙哈油气田都分布在自源、近源成藏组合之中(表 1)^[7]。

轮南地区是塔里木盆地勘探程度较高的地带,已经发现的储量和潜在储量规模:自源式和近源式为远源式的 10 倍以上(图 2)。

满加尔油气系统		库车油气系统	
N ₁ (E)	远源区域盖层		N ₂
Mz+(E)	远源他储式油气藏	远源他储式油气藏	N ₂
C+(P)	近源区域盖层		E+N ₁ J
S+D+C	近源他储式油气藏	近源他储式油气藏	K+E ₁
ε+O	自源区域盖层		T+J
	烃源岩 自源自储式油气藏	自源自储式油气藏 烃源岩	

图 1 塔里木盆地油气藏结构类型模式
Fig. 1 Mode chart showing structural types of oil and gas reservoirs in Tarim basin

表 1 塔里木盆地油气藏分类模式与大、中型油气田分布概况
Table 1 Summary of classification pattern of reservoirs and distribution of large and medium oil and gas fields in Tarim basin

克拉通型油气系统(台盆区)			前陆型油气系统(前陆区)		
层系	油气藏类型	油气田实例	层系	油气藏类型	油气田实例
Mz	远源他储式成藏组合(油气藏)	轮南油田、桑塔木油田、解放渠东油田、雅克拉气田	N	远源他储式成藏组合(油气藏)	柯克亚油气田、依奇克里克油田、大宛齐油田
O—P	近源他储式成藏组合(油气藏)	东河塘油田、塔中 4 油田、和田河气田、哈得逊油田、轮古—塔河(奥陶系风化壳)油气田	K—N ₁	近源他储式成藏组合(油气藏)	牙哈油气田、英买 7 号油气田、羊塔克油气田、克拉 2 气田、迪那气田
ε—O (烃源岩)	自储式成藏组合(油气藏)	塔中 45—塔中 16 油气田,轮古—塔河(奥陶系内幕)油气田	T+J (烃源岩)	自储式成藏组合(油气藏)	依奇克里克南气田

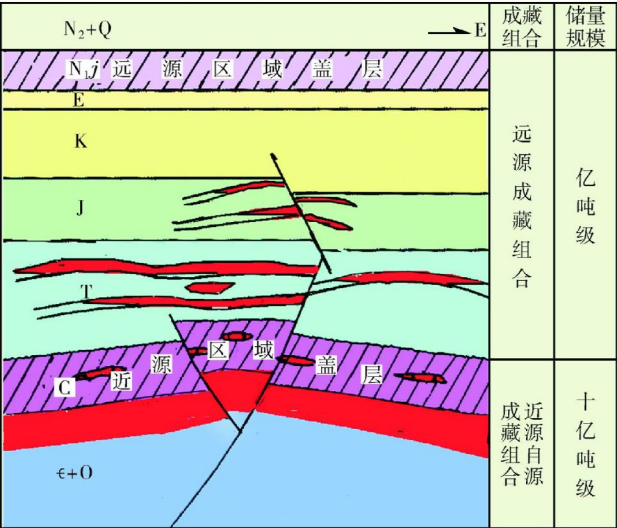


图 2 塔里木盆地轮南地区成藏模式与储量分布示意图
Fig. 2 Sketch map showing reservoiring pattern and distribution of reserves in Lunan region, Tarim basin

如此的实例比比皆是, 如松辽盆地油气成藏“中组合”中, 主要烃源岩为青山口组, 优质区域盖层是嫩江组一段和二段, 其探明原油储量的 95% 以上分布在主要源-盖之间的萨尔图、葡萄花、高台子 3 个油组^[8-9]中, 所形成的油气聚集均属自源式和近源式油藏(图 3)。

2 平面结构类型

胡朝元等^[9]统计了全球 200 个大、中型油气田和油区的油气藏分布数据(图 4), 提出“绝大多数盆地(凹陷)成油系统属短距离或超短距离运移”形成的。可见靠近烃源区的距离是油气富集

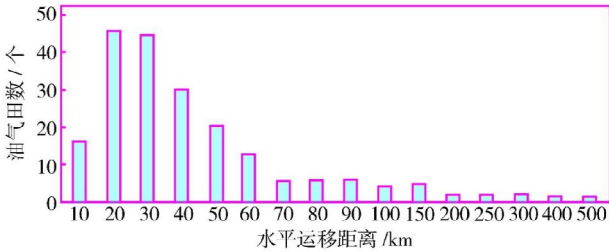


图 4 油气运移最大距离与含油气盆地(凹陷)成藏系统频率直方图^[9]

Fig. 4 Frequency histogram showing relation between the maximum distance of hydrocarbon migration and reservoiring system in petroliferous basins (sags)

的重要条件。
塔里木盆地库车油气系统油气分布是近年来非常引人注目的勘探成果。在烃源区内(近源区)外(远源区)都探明了丰富的储量, 其中近源区占 67%, 后者即远源区占 33%(表 1、图 5)。迄今盆地中最大的克拉 2 气田就分布在近源区。显示了近源区的富集程度较高的规律。众所周知松辽盆地最大的油田大庆油田紧邻古龙、三肇两大生烃强度为 $5 \times 10^6 \sim 10 \times 10^6 \text{ t/km}^2$ 烃源区^[7](图 3), 也是众多例证之一。

3 时间结构类型

目前研究油气藏的时间结构类型主要是分析各种成藏事件, 特别是成烃-成藏时间。成烃-成藏时间的跨度与油气聚集丰度的相关性早已引起石油地质界的关注。1991 年 Miller^[10]对全球 50

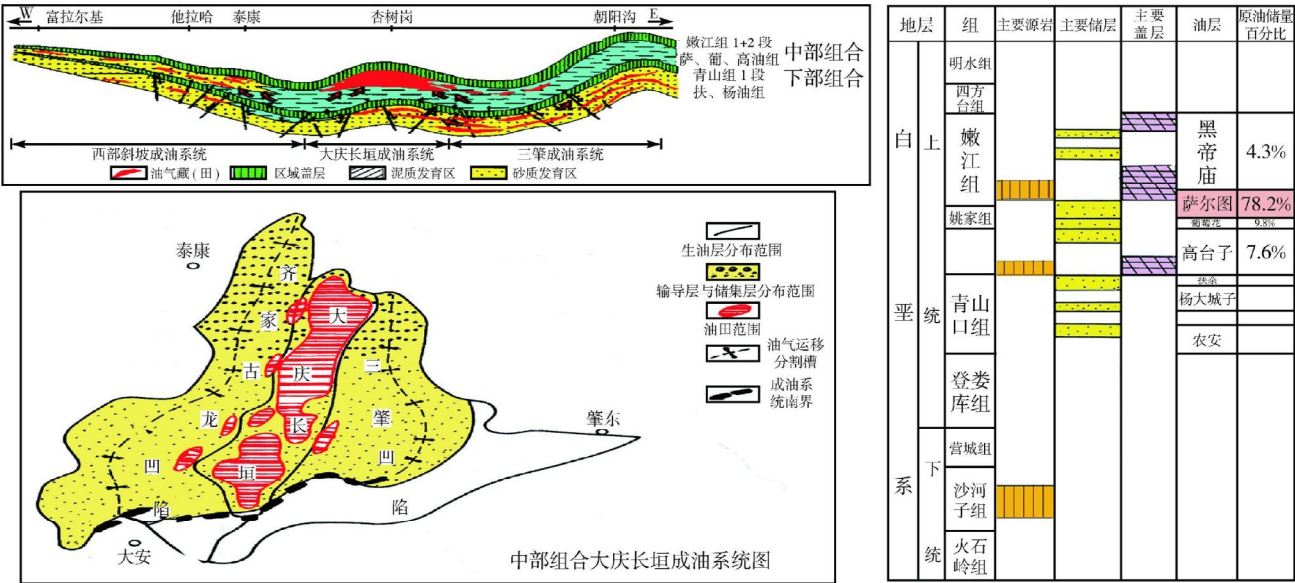


图 3 松辽盆地原油储量分布^[8-9]
Fig. 3 Map showing distribution of oil reserves in Songliao basin

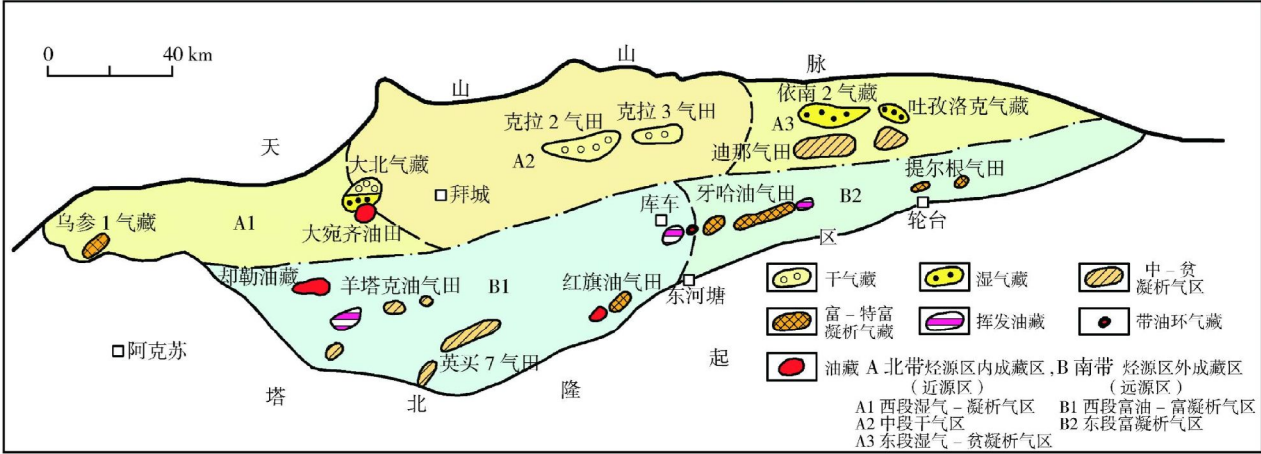


图 5 塔里木盆地库车油气系统油气藏分布

Fig. 5 Distribution of reservoirs in Kuqa petroleum system in Tarim Basin

多个富含油气盆地的储量分布进行分析,提出世界石油储量“半衰期”的概念(图 6)。其要义为油气聚集成藏期后储量会在 28.6Ma 内减少一半。虽然其应用的普遍性还有待证实,但是成烃-成藏时间的跨度对油气聚集丰度的制约已被广泛应用。

在塔里木盆地,库车油气系统的克拉 2 大气田主要干气生成期与气藏形成时期(即关键时刻)都在上新世晚期之后(图 7 上)^[7]。这一点是该大气田形成的重要条件之一。轮南地区巨型多层系复合油气田有 3 个主油气生成和相应的成藏时期,以海西期为主的成烃、成藏,形成稠油(其成因与成藏后降解有关)油藏,主要分布在西部的轮南

11-轮古 40 井区域,而其东部的广大地区凝析油气非常丰富,为印支-早燕山时期正常原油聚集和喜马拉雅晚期天然气大规模聚集、气浸作用的结果(图 7 中)^[5]。在松辽盆地大庆油田也同样是成烃和成藏期都是在白垩纪晚期及以后的嫩江期末至更新世(图 7 下)^[8]。

成烃与成藏的时间跨度和源盖空间跨度,对油气丰度也有重要影响。如李明诚^[2]把生、储、盖层时空跨度作为控制油气富集的主要因素之一。塔里木盆地满加尔油气系统几个成藏条件相近的油气田,表现了其时、空跨度越大,油气储量规模相对越小的现象(表 2)。

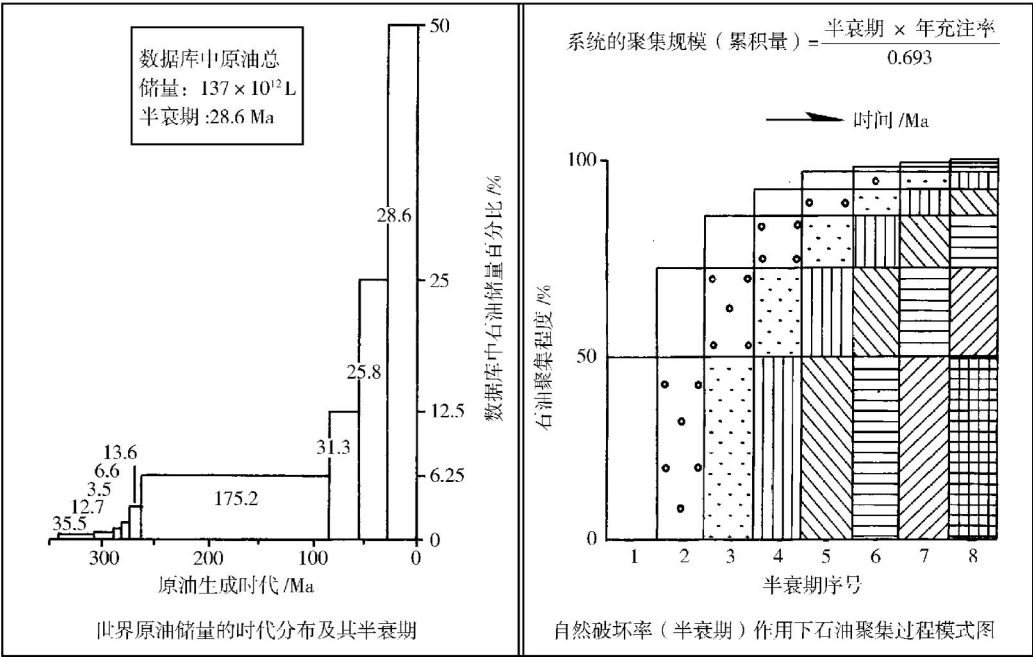


图 6 原油储量“半衰期”概念模式^[9]

Fig. 6 Conceptual mode chart showing “half life” of oil reserves

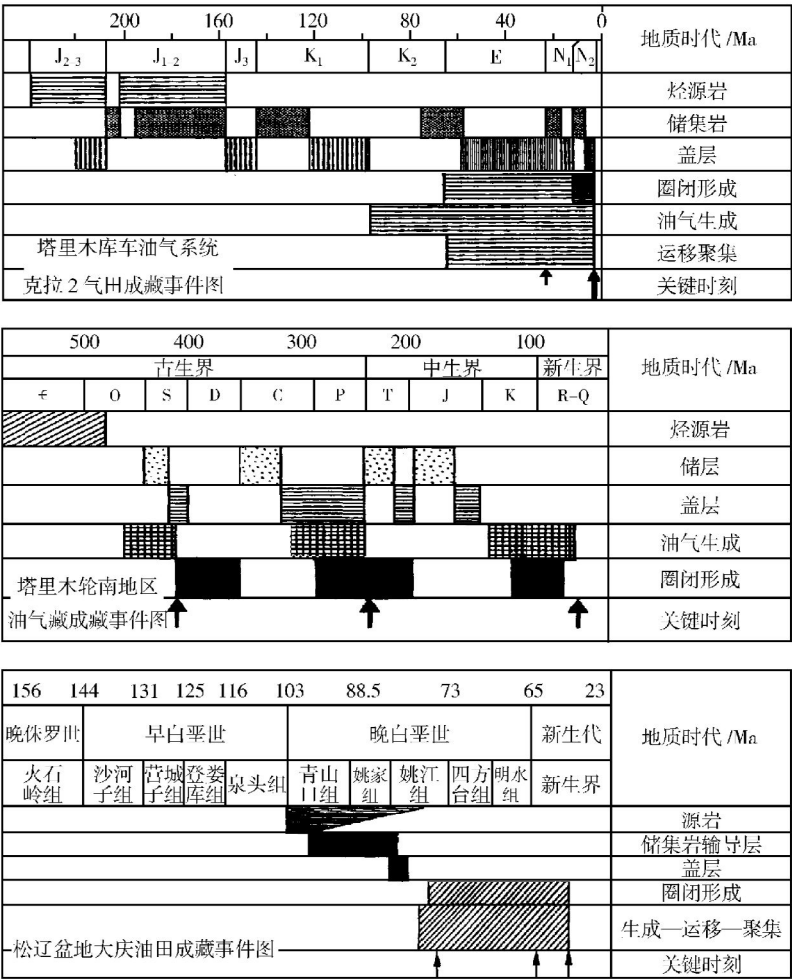


图 7 克拉 2 气田、轮南油气田及大庆油田成藏事件

Fig. 7 Diagram showing reservoiring events in Kela 2 gas field Lunnan oil/gas field and Daqing oil field

表 2 塔里木盆地满加尔油气系统油田储量
规模控制因素

Table 2 Factors controlling the size of reserves in
Manjiaer petroleum sytm, Tarim basin

油田	源盖时空跨度		油藏规模
	时间间隔 /Ma	垂直间隔 /m	
塔中 4	180	300	高丰度, 大中型
东河塘	200	300~ 500	高丰度, 中型
轮南	360~ 410	500~ 700	中丰度, 中型
解东- 吉拉克	200~ 360	200~ 1 300	中丰度, 中型
桑塔木	360	1 000	低丰度, 中小型

4 坚持近源勘探

近源油气田的勘探成效一般是非常显著的, 但是, 许多地区近源油气田多分布在勘探难度大的构造带、复杂成藏带或探区的深部、超深部, 以至常常是在远源油气藏之后发现。近年来塔里木盆地的勘探就遇到了这种情况。

1987年、1988年在塔里木盆地的轮南低凸起

的高部位发现了三叠系和侏罗系远源油田, 继而到 1993 年又发现了桑塔木、吉拉克油气田, 探明了可观的储量^[11]。在对近源奥陶系的探索过程中, 1987 年至 1993 年间仅在该层系获得 9 口工业油气流井, 这主要由于当时对该区油气藏的类型和特点认识不够深刻, 尤其是对其含油气的超常非均匀性认识不足, 特别是相关的勘探技术不够完善, 未能从整体上掌握其资源潜力造成的^[12]。1996 年、1997 年随着解放 128 井和邻区轮南围斜带沙 46 和沙 48 井高产油气流的喷出和勘探综合技术系列的开发, 迄今盆地中最大的油气富集区——轮南- 塔河油气田已经基本建成^[13~ 15]。

塔里木盆地北缘的库车油气系统今天已经成为我国油气最为富集地区之一。并以国家“西气东输”重大工程项目的天然气资源基地而著称于世。早在 20 世纪 50 年代该系统中已经找到依奇克里克小型轻质油田。其后, 由于库车油气系统北带构造十分复杂, 地震勘探成像困难, 油气

勘探工作主要集中在系统的南带。南带在平面上距烃源区较远,但地质和勘探工程条件较北带相对简单,易于勘探。1990年至1993年在南带相继探明了英买力7号、牙哈等6个油气田,获得了迄今系统中30%以上的储量;近年,随着地质认识的深化和勘探技术的完善,1998年取得了克拉2井的突破^[16],展开了系统北带大规模的油气勘探,相继发现了迪那、吐孜、大北等人中型气田,其探明的储量已经占到全系统的70%^[6]。实际上,库车油气系统天然气资源主体的发现和探明是在1998年至2002年间。

上述两个实例,说明在许多情况下,坚持“近源勘探”是发现高油气资源富集区的一个重要而实用的原则。

参 考 文 献

- 赵重远. 石油地质学发展: 反思和展望 [J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(1): 8~14
Zhao Zhongyuan. Development in petroleum geology: review and ahead [J]. Oil & Gas Geology, 1998, 19(1): 8~14
- 李明诚. 温度、压力与油气运移聚集 [A]. 见: 胡见义. 石油地质前缘 [C]. 北京: 石油工业出版社, 2002 270~297
Li Mingcheng. Temperature, pressure and migration-accumulation of oil and gas [A]. In: Hu Jianyi, ed. Petroleum geology frontiers [C]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002 270~297
- 杨华, 席胜利, 魏新善, 等. 鄂尔多斯盆地上古生界天然气成藏规律及勘探潜力 [J]. 海相油气地质, 2003, 8(3~4): 45~53
Yang Hua, Xi Shengli, Wei Xinshan, et al. Law of natural gas pool forming and potential of Upper Paleozoic in Ordos basin [J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2003, 8(3~4): 45~53
- 周兴熙. 源盖共控论还要 [J]. 石油勘探与开发, 1997, 24(6): 4~7
Zhou Xingxi. Essentials about hydrocarbon distribution controlled by source and seal [J]. Petroleum Exploration & Development, 1997, 24(6): 4~7
- 周兴熙. 库车坳陷第三系盐膏质盖层特征及其对油气成藏的控制作用 [J]. 古地理论, 2000, 2(4): 51~57
Zhou Xingxi. The feature of Tertiary halite-gypsum caprocks and their control on formation of oil and gas pools in Kuqa depression [J]. Journal of Palaeogeography, 2000, 2(4): 51~57
- 周兴熙. 库车油气系统成藏作用与成藏模式 [J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(2): 8~10
Zhou Xingxi. Pool forming process and model in Kuqa petroleum system [J]. Petroleum Exploration & Development, 2001, 28(2): 8~10
- 周兴熙, 王红军. 源-盖共控论与塔里木盆地油气勘探实践 [J]. 新疆石油地质, 2000, 21(1): 27~29
Zhou Xingxi, Wang Hongjun. Source-cap co-control theory and its application in prospecting in Tarim Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2000, 21(1): 27~29
- 赵文智, 邹才能, 汪泽成, 等. 富油气凹陷“满凹含油”论 [J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(2): 5~13
Zhao Wenzhi, Zou Caineng, Wang Zecheng, et al. The intention and signification of “sagw idle oil-bearing theory” in hydrocarbon-rich depression with terrestrial origin [J]. Petroleum Exploration & Development, 2004, 31(2): 5~13
- 胡朝元, 孔志平, 廖曦. 油气成藏原理 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2002 16~56
Hu Chaoyuan, Kong Zhiping, Liao Xi. Formation principles of oil and gas reservoirs [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002 16~56
- Miller R G. The global oil system: relationship between oil generation, loss, half-life and the world crude resource [J]. AAPG Bull, 1992, 76(4): 489~500
- 梁狄刚. 塔里木盆地九年勘探历程与回顾 (续 1) [J]. 勘探家, 1999, 4(1): 54~60
Liang Digang. Review on nine years history of exploration in Tarim basin (continue 1) [J]. Explorer, 1999, 4(1): 54~60
- 梁狄刚. 塔里木盆地九年勘探历程与回顾 (续 3) [J]. 勘探家, 1999, 4(3): 57~62
Liang Digang. Review on nine years history of exploration in Tarim basin (continue 3) [J]. Explorer, 1999, 4(3): 57~62
- 梁狄刚. 塔里木盆地九年勘探历程与回顾 (续 5) [J]. 勘探家, 2000, 5(1): 50~60
Liang Digang. Review on nine years history of exploration in Tarim basin (continue 5) [J]. Explorer, 2000, 5(1): 50~60
- 张抗. 塔河油田的发现及其地质意义 [J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(2): 120~132
Zhang Kang. The discovery of Tahe oilfield and its geologic implication [J]. Oil & Gas Geology, 1999, 20(2): 120~132
- 周永昌, 王维新, 杨国龙. 塔里木盆地阿克库勒地区奥陶系碳酸盐岩成藏条件及勘探前景 [J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(2): 104~109
Zhou Yongchang, Wang Weixin, Yang Guolong. Oil and gas pool forming condition and exploration prospects of Ordovician carbonate rocks in Akekule region, Tarim basin [J]. Oil & Gas Geology, 2000, 21(2): 104~109
- 孙冬胜, 金之钧, 吕修祥, 等. 沉积盆地超压体系划分及其与油气运聚关系 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 14~20
Sun Dongsheng, Jin Zhijun, Lu Xiuxiang, et al. Classification of overpressure systems in sedimentary basins and their relationship with hydrocarbon migration and accumulation [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(1): 14~20

(编辑 李树森)