

文章编号: 1001-6112(2000)01-0028-07

鄂尔多斯盆地下古生界含气系统及勘探方向

唐文连¹, 张万选¹, 邢 军², 于永生²

(1. 石油大学盆地与油藏研究中心, 北京 102200; 2. 中国地质大学能源系, 北京 100083)

摘要: 含油气系统作为油气勘探过程中一种新的研究思路和方法, 目前正受到越来越多学者的重视。文中依据油气源、油气赋存的层位及储盖组合, 将鄂尔多斯盆地初步划分为中生界含油气系统、上古生界含气系统和下古生界含气系统。同时, 重点描述了下古生界含气系统的特征, 总结了下古生界天然气分布的规律, 并指出了潜在的有利勘探区带。

关键词: 特征; 划分; 含油气系统; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

1 盆地概况

地^[1], 其构造演化受控于华北地台的整体构造背景。早元古代末期的吕梁运动使太古界和下元古界的岩系褶皱形成褶皱带; 晚元古代, 随着加里东褶皱带形成并镶接于华北地台周缘, 盆地内部比较稳定的刚性块体基本保持整体沉降的特征^[2], 形成巨厚的沉积盖层。盆地内主要发育 3 套烃源岩: 下古生界海相碳酸盐岩烃源岩、上古生界煤系烃源岩及中生界湖沼相烃源岩。根据古构造形态、今构造形态及盆地演化历史, 将鄂尔多斯盆地划分为 7 个构造单元: 伊盟隆起、伊陕斜坡、中央古隆起、渭北隆起、天环凹陷、晋西挠褶带和西缘掩冲带。

2 含油气系统划分

自 1972 年 Dow 在 AAPG 年会上提出石油系

统(Oil System)以来, 经过近 30 年的发展, 目前已演化成人们普遍接受的概念——含油气系统^[3]。其实有关油气成藏系统方面的研究, 早在油气勘探初

2.1 含油气系统划分原则

目前含油气系统在我国尚处于初步应用和发展阶段, 加上我国陆相含油气盆地与海相相比具有独特的地质背景和石油地质条件, 因此如何将该理论和方法合理地应用到油气勘探工作中去, 还有待于不断探索和进一步发展。虽然目前从事含油气系统研究的学者很多, 但还未形成统一的标准, 对于含油气系统的划分, 更是有众多观点。笔者在总结国内外众多学者研究成果的基础上, 提出如下含油气系统划分原则:

(1) 一个含油气系统必需具备烃源岩、储集层、盖层及上覆岩系等基本要素, 并发生或曾经发生过油气的生成、运移和聚集过程。

(2) 一个含油气系统中, 油气藏与生烃岩必须有成因联系。

收稿日期: 1999-05-05; 修订日期: 1999-11-21.

基金项目: 中国石油天然气集团公司“九五”重点科技攻关项目《伙、中型油气藏类型、特点和分布规律》(960007-01-02).

作者简介: 唐文连(1971-), 男, 江苏阜宁人, 博士, 现从事油气地质和盆地模拟方面的研究工作。

(3) 每个含油气系统有其独立的油气运移通道体系。

(4) 一个含油气系统中, 形成油气藏的地质要素和作用应相同或相近。

(5) 含油气系统是一个相对独立的成藏单元, 具有相对独立的流体动力系统。

2.2 含油气系统划分方案

目前, 对于鄂尔多斯盆地含油气系统的研究还不够深入。一些专家、学者进行了宏观的研究, 如胡见义、赵义智^[4]等认为鄂尔多斯盆地古生代属克拉通含油气系统; 宋建国^[5]等认为中生代以后为叠加在古克拉通之上的拗陷型含油气系统; 张厚福^[6]对盆地石炭-二叠系含气系统作了分析; 戴金星^[7]等将盆地划分为 P_{z1} 含气系统、 O_1-T_2 含气系统和 $J-T_3$ 含油气系统。

鄂尔多斯盆地是一个多套烃源岩叠置的含油气盆地, 具有多期生烃、多期运移的历史, 因而造成了油气形成在时间上连续演化、在空间上相互叠置、交叉分布的复杂局面, 但其油气分布规律从宏观上来讲, 仍受大的层系控制。根据前述划分原则, 依据油气源、油气赋存层位及储盖组合等, 将其划分为以下几个系统(表1):

(1) 中生界含油气系统

该系统内既有油, 也有气, 以油为主。烃源岩有上三叠统延长组和下侏罗统延安组的浅湖相-半深湖相粉砂岩及泥(页)岩, 主要分布于马家滩-定边

-延安-直罗-环县范围内, 有机质类型属腐殖-腐泥型。含油气层大多位于三叠-侏罗系中, 下侏罗统延安组和富县组储集层属分流河道及三角洲前缘砂体, 上三叠统延长组主要储集体为分流河道、三角洲前缘砂体及水下扇砂体。中侏罗统安定组湖相泥岩为其直接盖层, 白垩系泥岩是该系统的上覆区域盖层。圈闭以地层和岩性圈闭为主。

(2) 上古生界含气系统

该系统以产气为主。烃源岩主要是山西组、太原组和本溪组的煤层、暗色泥岩, 在全盆地内分布基本稳定, 但在不同部位厚度和生烃强度有所差异, 盆地中部及伊陕斜坡东区生烃强度最高。上古生界含气系统中的储集岩是发育于石炭系及二叠系下石盒子和山西组的一套以砂岩为主的河道砂坝、边滩砂体以及三角洲分流河道砂、滨岸砂坝及河口砂坝沉积。二叠系石千峰组和石盒子组泥质岩是上古生界含气系统的区域盖层, 并将该系统与中生界含油气系统分隔。圈闭类型有地层岩性圈闭和构造圈闭。

(3) 下古生界含气系统

目前的勘探成果表明, 该系统以产气为主, 已发现的气田主要分布于盆地中部的中央隆起带及伊陕斜坡, 并以奥陶系顶部风化壳型气藏最具远景。烃源岩有奥陶系碳酸盐岩和石炭-二叠系煤系两套储集层以奥陶系顶部马家沟组为主; 以石炭系底部的一套铝土质泥岩、泥岩及铝土岩作为上覆区域性盖层。

表1 鄂尔多斯盆地含油气系统划分及特征简表

Table 1 Division and characteristics of Petroliferous systems in the Ordos Basin

含油气系统	烃源岩	储集层	盖层	油气形成演化
中生界含油气系统	T_3 延长组、 J_1 延安组	延安组、富县组、延长组砂岩	J_2 泥岩、K 泥岩	早白垩世中、晚期开始生油, 现仍继续生油
上古生界含气系统	C-P 煤系	C_3 、 P_1 砂岩	石盒子组、石千峰组泥质岩	三叠纪末开始生油, 侏罗纪末大量生油, 中、晚白垩世大量生气
下古生界含气系统	O 碳酸盐岩、C-P 煤系	O_1 顶部风化壳	C_3 铝土质泥岩、C-P 泥质岩	O 碳酸盐岩三叠纪中期开始生油, 侏罗纪大量生油, 早白垩世过成熟生气; C-P 煤系三叠纪末开始生油, 侏罗纪末大量生油, 中、晚白垩世大量生气

3 下古生界含气系统特征描述

描述含气系统的特征, 应涉及从“源岩到圈闭”的一切要素和作用过程。下古生界含气系统事件图(图 1)中简明地表述了形成下古生界含气系统的各种事件。

3.1 烃源岩及其演化

下古生界含气系统的烃源岩有两套: 奥陶系海相碳酸盐岩和石炭-二叠系煤系烃源岩。奥陶系地层在盆地内发育不全, 厚度在靖边-榆林及盆地南部边缘地区最大(> 500m), 在中央隆起区较薄(100~200m)。干酪根类型以腐泥型为主, 部分为腐殖-腐泥过渡型。下奥陶统有机碳含量为0.03%~

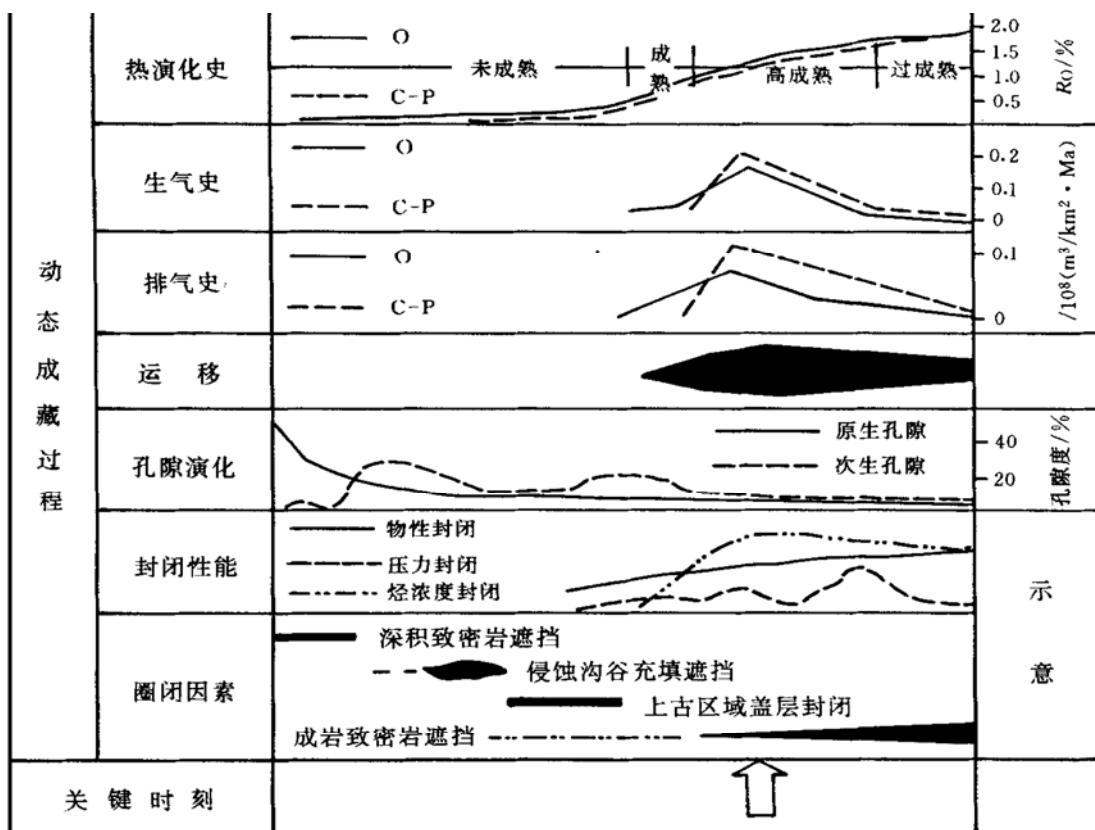
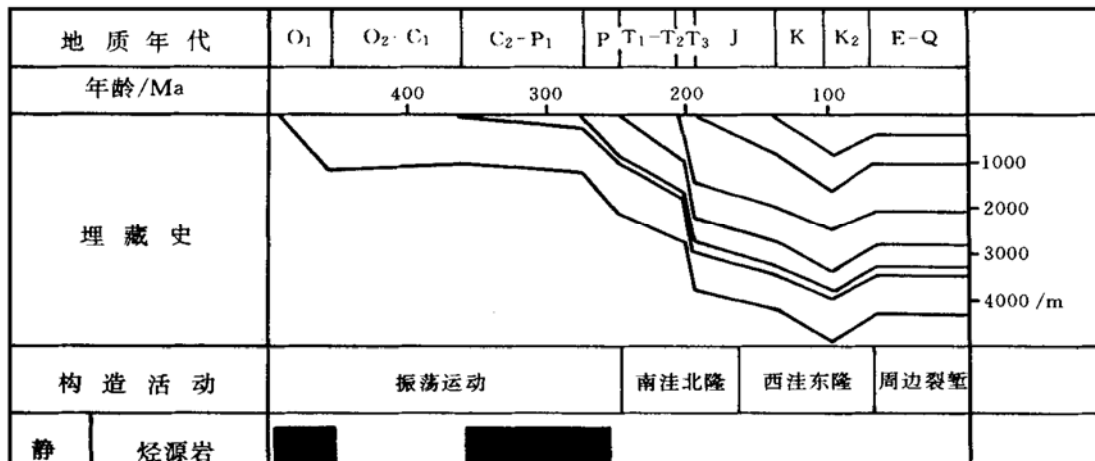


图 1 鄂尔多斯盆地下古生界含气系统事件图

Fig. 1 Event chart of the Lower Paleozoic gas-bearing system in the Ordos Basin

1.38%,平均0.22%;中奥陶统为0.09%~2.26%,平均0.41%。有机碳含量在平面呈东高西低的分布趋势。石炭-二叠系煤系烃源岩有煤、暗色泥岩和薄层灰岩,烃源岩厚度在盆地西部最大(表2)。灰岩中干酪根类型为腐殖-腐泥过渡型,而煤和暗色泥岩中则多为腐殖型。有机碳丰度较高,尤其是煤的有机碳含量很高(表3)。

奥陶系烃源岩在加里东-海西构造运动期下奥陶统埋藏较浅,有机质热演化程度低,仅在西南缘坳陷区有少量油和气生成;印支构造运动期,三叠系沉积厚度大,埋藏深,有机质成熟,开始大量生成液态烃和少量气;燕山构造运动期是盆地内古生界埋藏最深的时期,有机质演化达到高熟-过熟阶段,是生气的主要时期。以后随着盆地东部区域构造的抬升,生气中心的范围也逐渐向西、向北收缩到绥德-靖边-延安一带。喜山运动以后至现今,有机质绝大部分达过成熟, $R_o > 2.0\%$;在东北部 R_o 相对较低,处于高成熟阶段,但仍具生气能力。

石炭-二叠系煤系有机质热成熟时期南早北晚,热演化速率南高北低,全区演化程度最高的是吴旗-庆阳-黄陵地区。印支旋回石炭-二叠系烃源岩已成熟,进入生油峰值期;燕山旋回有机质已普遍达到高成熟,进入生气峰值期,大部分地区已经生成

的液态烃也开始裂解;现今鄂尔多斯盆地上古生界烃源岩皆达高成熟或过成熟,以产干气为主,仍具有较强的生烃能力。

3.2 储集层

鄂尔多斯盆地地下古生界天然气储集层主要是奥陶系顶部的风化壳,且产层主要集中在马家沟组马五段及其以上层段。据张吉森⁴等的研究成果,储集层岩性以白云岩为主,夹灰岩、泥质岩及蒸发岩。储集空间有孔、洞缝等,储集物性不太好,孔隙度为2%~5%,渗透率值为 $0.01 \times 10^{-3} \sim 100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

3.3 盖层和上覆岩系

下古生界气藏的直接盖层是风化壳表面石炭系底部的铝土质泥岩,呈填平补齐的方式超覆在中央古隆起之上,分布较广,仅在古隆起顶部缺失,厚约2~15m。石炭-二叠系的泥岩和灰岩封闭能力较强,是气藏的区域盖层。奥陶系地层内致密灰岩、膏盐层等也对气藏起封闭作用,是气藏的局部盖层。

上覆岩系是指覆盖在油气系统生储盖层之上的沉积岩系,下古生界含气系统的上覆岩系主要为三叠系到白垩系的河湖相碎屑岩地层。

3.4 运移和聚集

运移和聚集是油气成藏过程中至关重要的环

表2 鄂尔多斯盆地上古生界烃源岩类型及厚度

地 区	煤 层	暗色泥岩	灰 岩
西缘灵陶地区	15~30	100~200	20~30
西缘马家滩地区	10~20	90~250	0~5
天环北段	5~10	50~100	0~10
伊盟斜坡	10~20	30~50	0~5
榆林-绥德地区	10~20	60~90	20~35

表3 鄂尔多斯盆地上古生界不同类型烃源岩有机碳含量

Table 3 Organic carbon content for different types of the Upper Paleozoic source rocks in the Ordos Basin

岩 性	煤	泥 岩	灰 岩
有机碳含量/%	65.05	1.66	0.61

⁴ 张吉森,等. 陕甘宁盆地气区地质构造及勘探目标选择. 国家“八五”项目(85-102-04-03)成果报告, 1995.

节。油气生成后,经初次运移从烃源岩排入储集层,开始二次运移,在运移过程中,遇到合适的圈闭便聚集起来形成油气藏。

下古生界两种来源天然气的运移时期稍有差异。奥陶系烃源岩在侏罗纪中、晚期达到高成熟演化阶段,进入生气高峰期,而此时烃源岩及储集层中的微裂缝网络已经形成,在各种运移动力的作用下,天然气开始较大规模地运移。上古生界烃源岩演化稍晚于下古生界,其大量排运天然气时期为侏罗纪末到白垩纪初。

天然气二次运移的方向主要受古构造背景的控制。在印支旋回期,盆地呈南低北高的格局,已生成的天然气主要向靖边-乌审旗一带及东侧榆林-绥德地区运移;燕山旋回,盆地北高南低,向西倾斜的构造格局基本定型,天然气大的运移指向为向北、向东。盆地中部的靖边古潜台始终位于主要运移路径上,是天然气有利富集区。

由于鄂尔多斯盆地是刚性基底,其构造运动以升降为主,盆地现今的构造格局为一宽缓的西倾斜坡,局部构造不发育。下古生界的圈闭都与古地貌和成岩作用有关,圈闭类型主要为古地貌圈闭、古地貌-成岩圈闭、成岩圈闭及构造-成岩圈闭。

3.5 保存条件

鄂尔多斯盆地的保存条件较好,形成的含油气系统基本未受破坏。鄂尔多斯盆地地下古生界含气系统形成后,构造运动以升降运动为主,构造活动不强烈,盆地内部基本无大的断裂,对已形成的天然气藏影响很小。良好的封闭层和上覆岩系较好地封闭了天然气,阻止其逸散。从水文地质条件来看,鄂尔多斯盆地地下古生界地层水为 $CaCl_2$ 水型,说明其水文地质开启程度低,有利于天然气的保存。

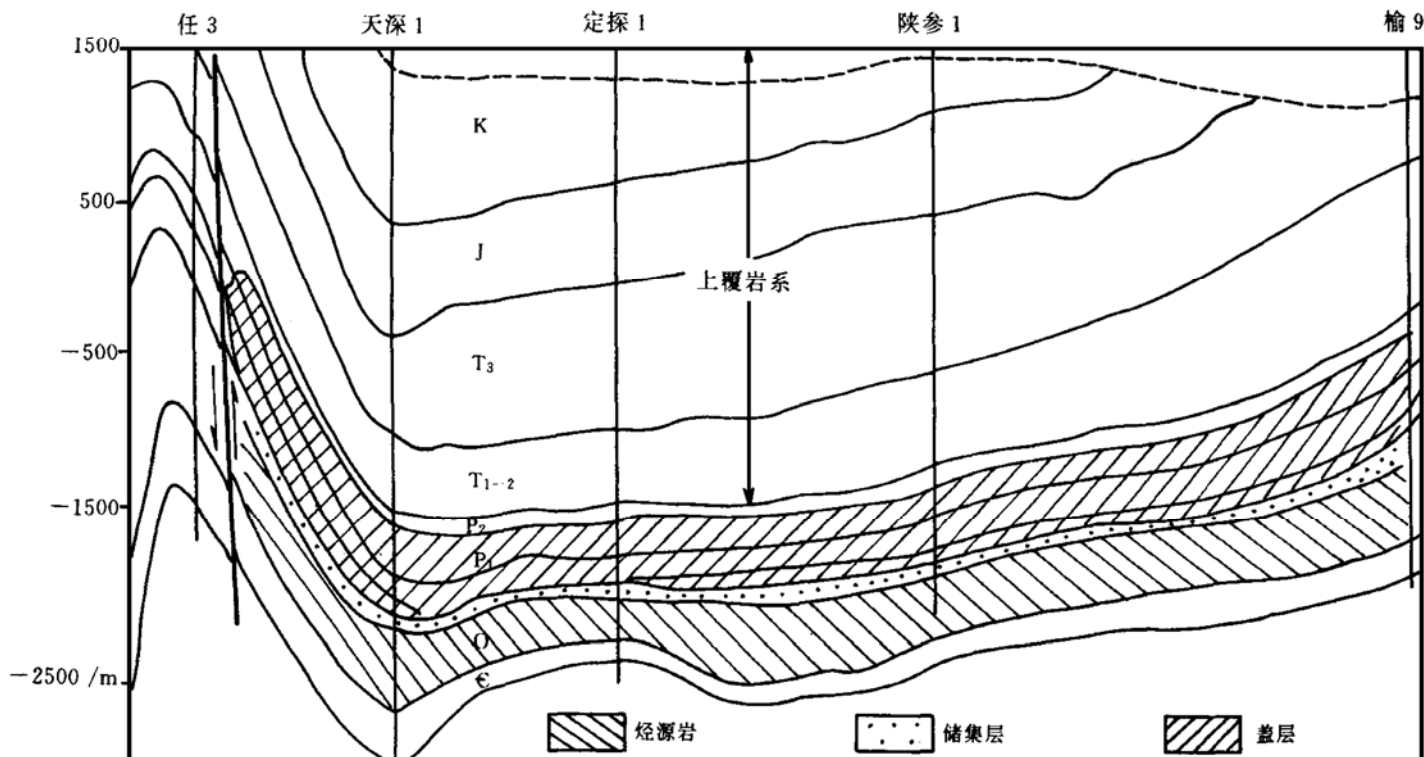
3.6 下古生界含气系统范围

含油气系统的空间范围主要由成熟烃源岩和油气二次运移的范围确定,其边界一般有分割烃源岩体及油气运移通道的区域性断层、地层超覆线和区域岩性尖灭线及分隔油气运移通道体系的凸起或凹陷的轴线等。通过前面的研究,确定了下古生界含气系统的地质和地理展布范围(图 2 和图 3)。

4 天然气分布规律

鄂尔多斯盆地的天然气分布有如下特点:

(1) 盆地基底的镶嵌增生结构控制了沉积盖层的不均衡发展,造成盆地北高南低的构造格局,使烃



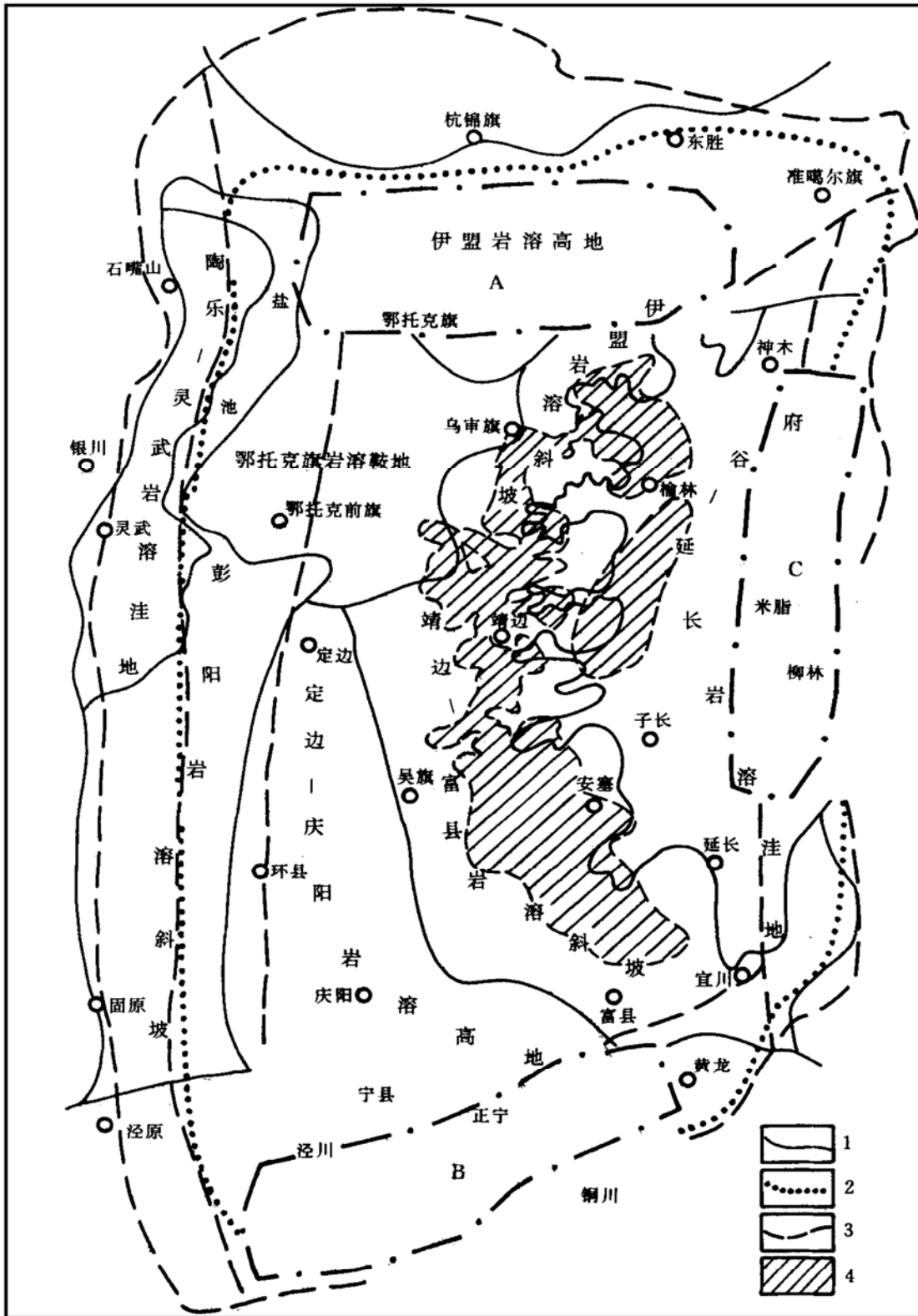


图 3 鄂尔多斯盆地古生界含气系统地理展布范围图

Fig. 3 Geographic distribution range of the Lower Paleozoic gas-bearing system in the Ordos Basin

源岩演化呈北低南高的特点, 因此天然气分布以中南部为主。

(2) 有利沉积相带是储层发育的基础, 风化、淋滤作用造就了下古生界风化壳储集体。据冯增昭^[8]等的研究成果, 在早奥陶世马家沟组沉积期, 尤其是

马三期和马五期, 盆地中部普遍发育了潮上云坪沉积。这些微相带在长期的风化、淋滤作用下, 形成各种孔、洞、缝等储集空间, 成为良好的储集体。

(3) 具有良好的封闭条件和有利的生、储、盖组合。石炭系底部铝土质泥岩是下古生界气藏的直接

盖层, 石炭-二叠系广泛分布的泥质岩是良好的区域盖层, 奥陶系内部的泥质云岩、膏盐层及成岩致密岩等可作为局部盖层。在古地貌和成岩作用共同作

成孔隙发育区。加里东抬升期, 正处于古隆起东斜坡上, 是岩溶作用活跃区, 强烈的侵蚀作用形成了广泛的孔、洞、缝网络。燕山旋回晚期, 盆地东部抬升, 使盆地由西隆东洼变为东隆西洼的构造格局, 在上倾方向各种遮挡条件作用下, 天然气大规模聚集。现今探明的风化壳气藏的分布范围与古岩溶台地的展布轮廓非常相似(图 3)。

5 有利勘探方向

鄂尔多斯盆地中部气田无疑是目前最有利的勘探区块。在前面研究分析的基础上, 我们提出了 3 个潜在的有利勘探区块(图 3):

A 区: 位于伊盟斜坡南部鄂托克旗以东, 属于伊盟岩溶高地。从沉积角度来看, 马五期为云坪相, 古岩溶条件与中部基本相似。储集条件较好, 紧邻上、下古生界北部生气中心。从燕山期至喜山期一直处于运移主要指向上。与中部气田相比, 主力气层马五 1 亚段大部分被剥蚀, 因此潜力远不如中部气田。

B 区: 位于盆地南部渭北隆起泾川至铜川一带。沉积相主要为开阔海相, 岩性以白云岩为主, 孔隙、溶孔发育, 是良好的储集体^[2]。该区位于奥陶系

的天然气会运移至此并在适当的圈闭中聚集起来, 因此有一定的远景。

参考文献:

- [1] 李克勤主编. 长庆油田石油地质志编写组. 中国石油地质志(卷十二)——长庆油田[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992. 3~9.
- [2] 杨俊杰, 裴锡古主编. 中国石油地质学(卷四)——鄂尔多斯盆地[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996. 4~17.
- [3] L B Magoon, W G Dow. Petroleum system——from Source to trap[J]. AAPG Memoir, 1994, 60.
- [4] 胡见义, 赵文智, 等. 中国叠加复合盆地综合研究及其在油气勘探中的应用[A]. 第十五届世界石油大会论文[C]. 北京: 1997.
- [5] 宋建国, 窦立荣, 等. 中国东部中生代盆地分析和含油气系统[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 119~122.
- [6] 张厚福. 浅论油气系统及其应用——以鄂尔多斯盆地上古生界为例[A]. 中国含油气系统的应用与进展[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 50~59.
- [7] 戴金星, 等. 中国大中型天然气田形成条件与分布规律[M]. 北京: 地质出版社, 1997. 20~27.
- [8] 冯增昭, 等. 鄂尔多斯奥陶纪地层岩石岩相古地理[M]. 北京: 地质出版社, 1998. 92~132.

THE LOWER PALEOZOIC GAS-BEARING SYSTEM OF THE ORDOS BASIN AND ITS EXPLORATION DIRECTION

TANG Wen-lian¹, ZHANG Wan-xuan¹, XING Jun², YU Yong-sheng²

(1. Basin & Reservoir Research Center, China University of Petroleum, Beijing 102200, China;

2. Department of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: As a new thinking and method of research during hydrocarbon exploration, the petroliferous system has got attention from more and more scholars recently. In this paper, the Ordos Basin is preliminary divided into the Middle, the Upper and the Lower Paleozoic three gas-bearing systems according to the source of hydrocarbon, the stratohorizon of hydrocarbon occurrence and the assemblage of reservoir and cover. At the same time, the characteristics of the Lower Paleozoic gas-bearing system are described emphatically, the distributive rule of the Lower Paleozoic natural gas is summarized, and the favorable prospecting zones potential are pointed out.

Key words: characteristics; division; petroliferous systems; the Ordos Basin