鄂北上古生界天然气成藏地质特征

尤欢曾 *　李　良
(中国石化新星公司华北石油局)

尤欢曾等. 鄂北上古生界天然气成藏地质特征. 天然气工业 ,2001 ;21(增刊) :14～17

摘　要　勘探和研究表明在鄂尔多斯盆地北部上古生界 ,大、中型砂岩岩性圈闭是天然气赋存的主要场所 ,由于构造作用较弱 ,沉积作用严格控制了圈闭的形成与分布。与生气中心叠合的砂体发育带构成了天然气成藏的最佳生储盖组合 ,气藏展布范围主要与二叠系山西组、下石盒子组等不同时期河道砂体的发育范围有关。盆地北部的伊金霍洛旗 - 红石桥砂体带、杭锦旗 - 鄂托克旗砂体带、布伦庙砂体带皆具备良好的富集条件 ,仍将是今后三大勘探目标区。因此 ,近期的勘探思路应当是在选择有利相带主体部位的基础上 ,进一步寻找与微相、岩性有关的高质量储集岩发育带。

主题词　鄂尔多斯盆地　北　上古生界　天然气成藏　岩性圈闭

鄂尔多斯盆地晚古生代是由克拉通盆地向内陆盆地演化的过渡时期 ,多年的油气勘探和地质研究证实上古生界是一个独立的含气系统 ,“九五”以来 ,盆地北部(北纬 38°以北范围) 上古生界天然气勘探取得突破性进展 ,大中型气田接连发现。受古构造作用形成的大型沉积中心[1]、平缓的西倾单斜与广覆性复合叠置的砂岩是盆地北部上古生界天然气成藏的基本地质条件 ,也决定了其圈闭类型以大中型岩性圈闭为主。仅在盆地边缘构造变动相对较大的区域发育小型构造圈闭。

成藏地质特征分析

1. 充足的煤系烃源条件

经历了加里东期漫长的风化剥蚀之后 ,受区域整体沉降作用的控制 ,盆地从中石炭世早期开始接受沉积。盆地北部在中石炭统本溪组(盆地西缘称羊虎沟组) 填平补齐的基础上 ,上石炭统太原组和下二叠统山西组煤系源岩呈广覆性展布[2]。在伊陕斜坡 ,作为气源岩的煤层、碳质泥岩和暗色泥岩厚度为 60～170 m。源岩有机碳含量分别为 :煤 53 %～63 %、暗色泥岩 1. 92 %～2. 34 % ,主要生烃组分为镜质组和丝质组 ,其中镜质组含量达 70 %～80 % ,属腐植型干酪根 ,具有高的生气能力 ,且普遍已进入高成熟阶段。

受沉积中心和热演化中心控制 ,在乌审旗一带形成了主要生气中心、布伦庙一带形成次要生气中心(图 1) ,其面积约占伊陕斜坡北部面积的 60 % ,生气强度可达 (15～40) ×$10^8 m^3/km^2$。如此强大的生气中心不但为上古生界大中型气田形成提供了充足的气源 ,同时也有相当数量进入下伏地层 ,为奥陶系风化壳气藏的形成作出了贡献。目前 ,盆地北部发现的上古生界气田主要分布在生烃中心范围。

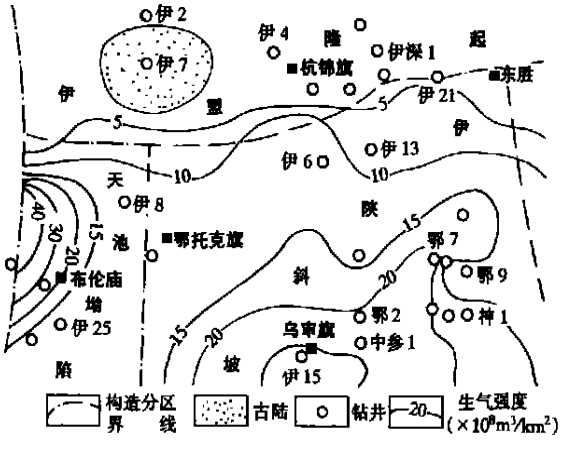

图 1　盆地北部上古生界生气强度分布图

2. 良好的区域性储盖组合

由于长期持续的物源供给及宽阔平坦的地形条

*尤欢曾 ,高级工程师 ,1950 年生 ;1980 年毕业于原成都地质学院 ,长期从事石油天然气地质勘探开发研究工作 ,现从事油气勘探开发科技管理工作。地址 :(450006) 河南省郑州市伏牛路 197 号。电话 :(0371) 8619095。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

件,盆地北部二叠系广泛发育了冲积扇、河流、三角洲以及干旱湖泊沉积体系,形成良好的区域生储盖组合(表 1)。

石炭系太原组主要为一套近岸沼泽煤层、泥岩

表 1　鄂尔多斯盆地北部上古生界生储盖组合特征

地层				岩相	生储盖层分布	圈闭类型	勘探现状
系	统	组	段				
与上覆三叠系平行不整合接触							
二叠系	上统	石千峰组(P_2sh)		干旱湖相泥岩为主	区域性盖层		
		上石盒子组(P_2s)		湖相泥岩夹河流砂岩	局部储层、盖层		
	下统	下石盒子组(P_1x)	盒 3 段	冲积扇—河流相砂岩为主,由三～四个次一级正旋回构成	局部盖层	盆地内部(伊陕斜坡)以岩性和构造—岩性复合圈闭为主,盆地边缘以构造圈闭和构造—岩性复合圈闭为主。	已有中小型气田探明
			盒 2 段		区域性储层		已有大中型气田探明
			盒 1 段				已有大型气田探明
		山西组(P_1s)	山 2 段	冲积—三角洲砂岩和湖沼相泥岩、煤层	局部盖层		已有小型气藏探明
			山 1 段		区域性储层 区域源岩		
石炭系	上统	太原组(C_3t)	太 2 段	近岸沼泽泥岩、煤层	局部储层		已有小型气藏探明
			太 1 段	潮坪砂岩	区域性源岩		
	中统	本溪组(C_2b)		铝土岩、泥质岩	下伏层的区域性盖层		
与下伏奥陶系平行不整合接触							

夹潮坪砂岩和灰岩沉积,是上古生界第一套区域性烃源岩层,其上部所夹的潮坪砂体可形成一些小型岩性圈闭。下二叠统山西组主要为三角洲平原沉积,下部发育的煤和炭质泥岩层是第二套区域性烃源岩层,其分流河道砂体为区域性储集岩,发育二个储集层段,岩性以中—粗粒石英砂岩、岩屑石英砂岩和岩屑砂岩为主,孔隙度一般为 2 %～12 %,渗透率一般为(0.2～2.5) $\times10^{-3}\mu m^2$,有些区域储层渗透率平均可达 20 $\times10^{-3}\mu m^2$,粒间溶孔和粒内溶孔是砂岩的主要孔隙类型。下二叠统下石盒子组由下部网状河向上逐步演变成曲流河沉积,主要发育河道砂体,可分为三个岩性段。盒 1 段是上古生界砂体发育鼎盛时期,岩性为含砾粗—中粒岩屑砂岩、石英砂岩和岩屑石英砂岩,孔隙度一般为 10 %～16 %,渗透率为(0.2～2.0) $\times10^{-3}\mu m^2$,主要储集空间为粒间溶孔、粒内溶孔和粒间余孔。

主要储集层段砂体的纵向叠置在盆地北部形成了 3 条近南北向分布的上古生界河流—三角洲复合砂体带(图 2),分别为伊金霍洛旗—红石桥砂体带、杭锦旗—鄂托克旗砂体带、布伦庙砂体带。复合砂体带与生气中心大面积叠合,主体部位有效砂岩累加厚度均在 60 m 到百余米,砂体带宽度可达 5～20 km,一般为 10 km 以上,南北延伸达百余公里,具有良好的天然气富集条件。目前前二者勘探程度较高,已探明和发现的上古生界气藏 90 %以上分布于此。

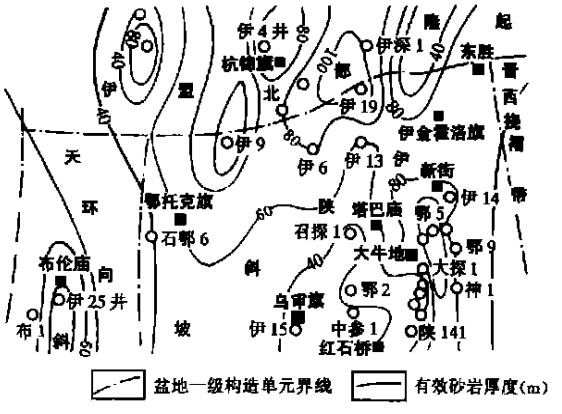

图 2　鄂尔多斯盆地北部上古生界有效砂岩厚度分布图

晚二叠世早期河流体系逐渐退化,盆地北部上石盒子组主要为河流—干旱浅湖相沉积,这种沉积环境一直延续到石千峰期末,其中泥质岩的累计厚度达 260 m,约占地层总厚度的 80 %以上,是上古生界气藏的区域性盖层;山西组和下石盒子组内部广泛发育的三角洲平原分流河间洼地、沼泽、泛滥平原相泥质岩,单层厚度一般 5～20 m,为山西组、下石盒子组气层的直接盖层或气藏的侧向遮挡层。分析资料表明,上古生界泥质岩类具有较强的封盖能力,其突破压力为 10.6～15.5 MPa,封盖高度 1 032～1 504m,遮挡系数 2 063～3 008。由于山西组、下石盒子组泥质岩本身是烃源岩,其作为盖层同时具有物理封闭和烃浓度封闭能力。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3. 圈闭形成于油气大规模生成运移之前

图3是依据盆地模拟和区域成藏条件研究结果作出的本区砂岩岩性圈闭的成藏演化史,大量生气及运移发生在中侏罗世—早白垩世,储、盖组合形式在沉积时即已形成,优势储集岩相也定型于油气大规模运移之前,有利于油气的及时聚集成藏。

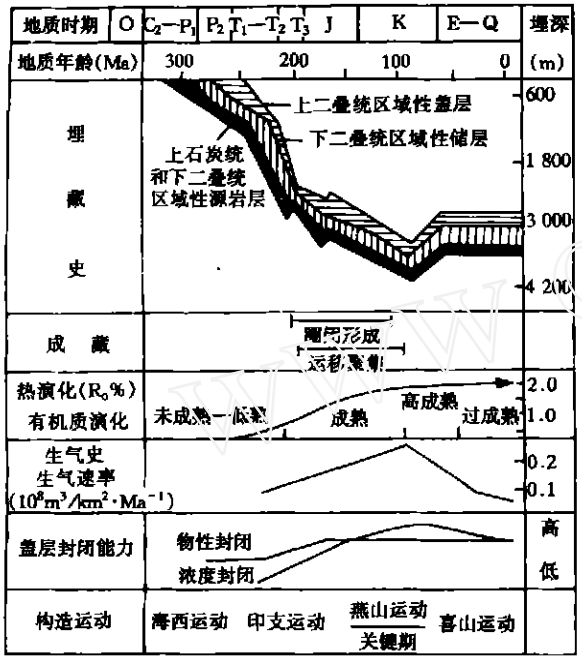

图3　上古生界天然气成藏演化史

4. 多类型的圈闭

盆地北部受地史期多阶段演化的影响,上古生界圈闭类型具多样化,按照成因机理与形态特征,并结合封堵类型和性质,圈闭可分为4类14种,圈闭的分布具有明显的规律。褶皱与断裂成因的构造圈闭主要分布于盆地周边的伊盟隆起区、西缘断褶区;沉积作用控制的差异压实构造圈闭及沉积、成岩控制的岩性圈闭主要分布于盆地内部;古潜山控制的差异压实构造圈闭和地层圈闭主要分布于加里东侵蚀面附近。勘探实践表明,盆地北部上古生界具有勘探价值的圈闭类型是岩性圈闭和构造—岩性圈闭,也是寻找大中型气田的主要目标。具有大中型规模的岩性圈闭,主要受砂体侧向岩性尖灭、成岩作用等因素影响,形成其上倾方向的遮挡,圈闭面积从数十平方千米到数百平方千米。

气藏类型分析

鄂尔多斯盆地北部上古生界含气层分布范围广泛,产气层位多且纵向叠置,已具有大气区的雏形。目前已发现的气藏和含气圈闭主要分布在伊陕斜坡北部、伊盟隆起以及西缘断褶带北部,其中在伊陕斜坡以大中型岩性气藏为代表,伊盟隆起和西缘断褶带主要发育构造—岩性圈闭和构造圈闭气藏。含气层段以山1段、盒1段为主,局部有太2段、山2段、盒2段、盒3段和石千峰组等层段。

1. 塔巴庙地区大牛地岩性气藏

大牛地圈闭处于伊陕斜坡北部东段伊金霍洛旗—红石桥砂体带上,其南部是陕141气田。该区域是山1段、山2段、盒1段和盒3段气层的复合发育带。主力气层为山西组山1段、下石盒子组盒1段,储集层为三角洲平原分流河道砂体和河道砂体,主要岩性为含砾粗粒岩屑砂岩、岩屑石英砂岩,孔隙类型以粒间溶孔、粒内溶孔和高岭石晶间孔为主,局部发育微裂缝。山1气藏平均孔隙度6.0%、渗透率(0.08～2.5)×10^{-3}μm^2,气层平均有效厚度10 m左右,压力系数0.96;盒1气藏平均孔隙度8.0%,渗透率(0.25～2.5)×10^{-3}μm^2,气层平均有效厚度13.7 m,压力系数0.88,埋深2 650～2 880 m,无边底水。目前已在大探1井区155 km^{2}的范围提交山1、盒1气层天然气地质储量300余亿方。

大牛地圈闭山1气藏、盒1气藏主要受近南北向沉积砂体展布的控制[3],含气砂体东西宽10～15 km,主要储集层由多期发育的三角洲平原分流河道横向迁移和多重叠置而成。剖面上主砂体呈透镜状、向两侧尖或分叉变薄,处于砂体上倾方向的平原沼泽泥质沉积成侧向遮挡(图4),加之成岩因素的变化在局部造成砂体物性变差也可形成封堵带,从而形构成大型岩性气藏,预测该气藏面积达600 km^2。

2. 杭锦旗什股壕岩性—构造气藏

杭锦旗地区普遍发育中小型构造气藏,含气层位由下石盒子组至石千峰组。什股壕气藏位于该区东北部,构造位置处于伊盟隆起杭锦旗断阶。为一在古侵蚀残丘控制下,超覆沉积、后期差异压实共同形成的披盖构造。该构造在下、上石盒子组盒1～4段发育6个油气层,仅盒1段、盒2段气层有效厚度即达25 m,各层具有独立的气水界面。储层岩性为河流相含砾中、粗粒岩屑石英砂岩和岩屑砂岩,主要孔隙类型为粒间溶孔、粒间溶蚀扩大孔和高岭石晶间孔,平均孔隙度13%,平均渗透率1.5×10^{-3}μm^2。气藏埋深2 250～2 400 m,压力系数0.85左右。含气面积受构造、岩性因素的双重控制而相对较小,属于中小型低压岩性—构造复合气藏。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

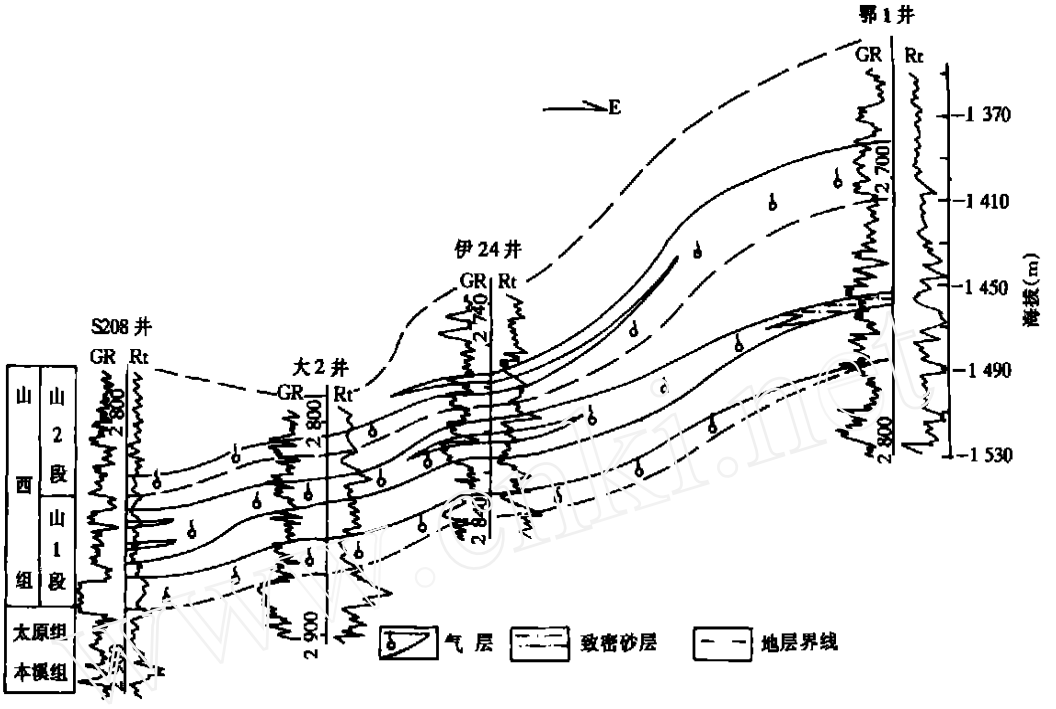

图 4　大牛地气田山西组气藏剖面图

参 考 文 献

1　袁志祥、李良、惠宽洋、刘树平. 鄂尔多斯盆地北部天然气地质. 成都:四川大学出版社,2000

2　杨华、张军、王飞雁等. 鄂尔多斯盆地古生界含气系统特征. 天然气工业,2000;20(6):7～11

3　李良、袁志祥、惠宽洋、刘树平. 鄂尔多斯盆地北部上古生界天然气聚集规律. 石油与天然气地质,2000;21(3)

(收稿日期　2001 - 08 - 30　编辑　黄君权)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Add: No. 197, South Section, Tuniu Road, Zengzhou, Henan (450006) or No. 1, Dongsan Road Erxian Bridge, Chengdu, Sichuan (610059), China Tel: (0371) 8619087

.....

SEQUENCE STRATIGRAPHIC STUDY AND TRAP IDENTIFICATION OF SHANXI FORMATION AT TABAMIAO REGION IN NORTH E'ERDUOSI BASIN

Li Liang (3rd Petroleum Prospecting and Exploration Brigade of North China Petroleum Bureau, CNSPC, Sinopec). *NATUR. GAS IND.* v. 21, supplementary issure. pp. 10～13, 11/30/2001. (ISSN1000 - 0976; **In Chinese)**

ABSTRACT: Shanxi Formation (Permian) in North E'erduosi Basin is the product of basin development from marine facies to terrestrial facies and it is composed of the deposits of lacustrine deltaic-plain facies at Tabamiao region. Daniudi trap is a large-sized lithologic trap controlled by sedimentary facies zone, being found in recent two years and it mainly consists of interdistributary sandbodies. According to the basic principle and techniques of high-resolution sequence stratigraphy, a high-resolution sequence stratigraphic correlation pattern of Upper Paleozoic at Tabamiao region was set up through analyzing and identifying datum cycles on the basis of core data and loggings. In light of regional river-washout planes, stagnant deposits, lithologic mutation, sedimentary cycles and regional-spread coal beds, Shanxi Formation is classified as a medium-term stratigraphic datum cycle (MSC2) in the paper, in which four short-term datum cycles (SSC4～7) can be identified and the coal beds and their coexisting dark mudstones in the middle-upper part of SSC4 indicate the position of the largest flood-plane in MSC2. In accordance with the spacial distribution characteristics of the sands of every cycle in SSC4～7, it is predicated that the area of Daniudi trap is about 600km^2.

SUBJECT HEADINGS: E'erduosi Basin, North, Permian Period, Shanxi Formation, Sequence stratigraphy, Trap

Li Liang *(senior engineer, Master)*, born in 1961, graduated in petroleum geology from the former Chengdu College of Geology in 1982 and received his Master's degree in geochemistry from the Lanzhou Institute of Geology, Academia Sinica, in 1991. Now he is engaged in the research on oil and gas geology and exploration. Add: No. 10, East Biyuan Road, Xianyang, Shaanxi (712000), China Tel: (0910) 3753350

.....

FORMATION FEATURES AND EXPLORATION TREND OF GAS RESERVOIRS IN UPPER PALEOZOIC IN NORTH E'ERDUOST BASIN

You Huanzeng and Li Liang (North China Petroleum Bureau, CNSPC, Sinopec). *NATUR. GAS IND.* v. 21, supplementary issue, pp. 14～17, 11/30/2001. (ISSN1000 - 0976; **In Chinese)**

ABSTRACT: Through exploration and research, it is shown that natural gas is mainly accumulated in the medium-and large-sized lithologic (sandstone) traps in Upper Paleozoic in North E'erduosi Basin. The formation and distribution of traps are strictly controlled by sedimentation because of a relatively weak tectonism. Sandbody growth zone superposing on gas source center is the optimal source-reservoir-seal assemblage of gas reservoir formation and the scope of gas reservoir distribution is mainly related to the extension trend of channel sandbodies in Shanxi Formation and Lower Shihezi Formation, Permian, at different stages. In the north part of the basin, the Yijinhuoluo Banner-Hongshiqiao-Wushen Banner sandbody zone, Hangjin Banner-Etuoke Banner sandbody zone and Bulunmiao sandbody zone will be still the three large objective exploration areas in the future, being of good accumulation conditions. Therefore the exploration trend in the near future should be to further find out the high-quality reservoir facies zones relative to microfacies and lithology on the basis of choosing the major portions of beneficial facies zones.

SUBJECT HEADINGS: E'erduosi Basin, Late Palaeozoic Era, Gas reservoir formation, Exploration trend

You Huanzeng *(senior engineer)*, born in 1950, graduated from the former Chengdu College of Geology in 1979. He has been engaged in the research on oil and gas exploration and development for a long time. Now he takes up scientific and technological management of oil and gas exploration and development. Add: No. 197, Funiu Road, Zhengzhou, Henan (450006), China Tel: (0371) 8619095

.....

FACTORS CONTROLLING THE GROWTH OF RESERVOIRS IN UPPER PALEOZOIC AT TABAMIAO REGION IN NORTH E'ERDUOSI BASIN

Jia Huichong (3rd Petroleum Prospecting and Exploration Brigade of North China Petroleum Bureau, CNSPC, Sinopec) and Zhang Shaonan (Chengdu College of Technology). *NATUR. GAS IND.* v. 21, supplementary issue, pp. 18～23, 11/30/2001. (ISSN1000 - 0976; **In Chinese)**

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net