

文章编号: 0253-9985(2000)02-0114-04

我国中西部前陆盆地天然气勘探的几点认识

马新华, 魏国齐, 钱 凯, 李亚红

(石油勘探开发科学研究院廊坊分院, 河北廊坊 065007)

摘要: 我国中西部中、新生界前陆盆地, 具有优越的天然气地质条件, 天然气资源量约占全国天然气资源量的四分之一。近年来, 在这些盆地中天然气勘探取得了一系列重大突破, 发现了克拉2、依南2、白马庙、呼图壁、南八仙等多个大、中型气田, 充分证实中西部前陆盆地是当前我国陆上天然气最有利的勘探领域, 其中库车、川西、准噶尔南缘、柴达木北缘是今后勘探的重点。为使中西部前陆盆地天然气勘探取得更大的突破, 必须加强山前地震勘探、复杂储集层的识别与预测, 以及钻井完井工艺等技术的攻关。

关键词: 中国; 前陆盆地; 天然气; 勘探领域; 技术对策

第一作者简介: 马新华, 男, 37岁, 高级工程师, 石油天然气地质

中图分类号: TE1.11 文献标识码: A

中、新生代受特提斯本部在印支期、燕山期、喜山期先后关闭的影响, 我国中西部包括四川盆地西北缘、陕甘宁盆地西缘、塔里木盆地的库车、塔西南、准噶尔盆地南缘、柴达木盆地北缘等形成了多个前陆盆地^[1]。近年来, 这些前陆盆地的天然气勘探取得了一系列重大突破, 先后在库车前陆盆地、川西前陆盆地、准噶尔盆地南缘前陆盆地、柴达木北缘前陆盆地等发现了克拉2号、依南2号、白马庙、新场、呼图壁、南八仙等多个大中型气田, 充分证实了中西部前陆盆地良好的天然气勘探前景, 是当前我国陆上天然气最有利的勘探领域。

1 地质条件优越

1.1 天然气资源丰富, 勘探潜力大

据研究*, 四川盆地西北缘、陕甘宁盆地西缘、塔里木盆地的库车、塔西南、准噶尔盆地南缘、柴达木盆地北缘等6个前陆盆地天然气资源量达 $100\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$, 约占全国的1/4, 其中库车、塔西南、川西前陆盆地分别达 $22\,300 \times 10^8 \text{ m}^3$, $37\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $12\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。目前已在库车发现克拉2号和依南2号两个储量规模超 $2\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的大型气田以及多个大型含气构造; 川西松华-白马庙地区在侏罗系蓬莱镇组-上三叠统须家河组发

现天然气储量规模超千亿立方米的场面。

1.2 天然气地质条件优越

(1) 上述前陆盆地大多由前陆冲断带、前渊、前缘斜坡和前缘隆起组成。由于晚期的强烈挤压构造作用, 前陆冲断带往往形成多个与断层、褶皱有关的成排成带圈闭, 如库车前陆冲断带就形成北部边缘冲断-单斜带、喀桑托开-依奇克里克背斜带、拜城拉分盆地、秋里塔格背斜带以及英买7-牙哈早期前缘隆起张扭性构造带等5个构造带^[2,3]。

(2) 发育一套煤系及相应的腐殖型气源岩, 主要是侏罗系, 局部包括三叠系。由于埋藏深度大、演化程度高、烃源岩厚度大, 生气强度大, 最大生气强度大于 $100 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。准噶尔南缘和库车前陆盆地侏罗系最大生气强度达 $120 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。由此可见前陆盆地具有形成大气田的气源岩基础。

(3) 发育以砂岩储层为主体的多套储集体, 但储层物性差异较大。如库车克拉2号井白垩系巴什基奇克组, 砂岩厚度达259.2 m, 孔隙度一般在 $10\% \sim 17\%$, 最大达 22.2% , 渗透率一般 $1 \times 10^{-3} \sim 50 \times 10^{-3} \text{ } \mu\text{m}^2$, 最大达 $1\,407.6 \times 10^{-3} \text{ } \mu\text{m}^2$, 储量丰度达 $50 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 是世界高丰度气田之一; 而川西地区侏罗系蓬莱镇组、上三叠统须家河组砂岩常呈透镜状, 储集空间为残余粒间孔构成的孔隙型和由次生溶孔与微裂缝构成的裂缝-孔隙型, 孔隙度一般为 $3\% \sim 5\%$, 渗透率在 $0.01 \times 10^{-3} \sim 0.1 \times 10^{-3} \text{ } \mu\text{m}^2$ 之间, 属低孔低渗储层。

(4) 我国前陆盆地普遍表现为异常高压, 天然

* 马新华, 钱凯, 李景明, 等. 21世纪初叶集团公司天然气勘探方向及发展前景. 内部报告, 1999

收稿日期: 2000-02-23

气藏的分布与异常压力关系密切。如库车地区天然气主要产自高压层段(以克拉2气田为代表);准噶尔南缘天然气主要产自安集海高压泥岩层段之下的紫泥泉子组。

(5)在前陆盆地的演化过程中,隆起构造对天然气的富集具有重要的控制作用。川西北段的中坝、梓潼西斜坡,中段德阳—绵竹—中江一线及南段的新津—邛崃—蒲江一线,就因在前陆盆地的演化过程中处于隆起状态,形成侏罗系蓬莱镇组次生气藏的富集与分布。

2 陆上天然气最有利的勘探领域

近年来我国陆上天然气勘探实践表明,天然气增储层系逐渐年轻,新生界储量比重显著增大,而下古生界则明显下降(表1)。同时大中型砂岩气田数和储量也明显高于碳酸盐岩气田^[4]。这些大中型砂岩气田主要发育在我国中西部前陆盆地中,是当前我国陆上天然气最有利的勘探领域。

表1 我国天然气探明储量层系分布对比表

Table 1. A comparison of sequence distribution of discovered gas reserves in China

层系	1995年前		1996~1998年	
	储量/ 10^8 m^3	比例/ $\%$	储量/ 10^8 m^3	比例/ $\%$
新生界	1 506.73	17	1 787.19	51
中生界	1 182.91	13.3	388.73	11
上古生界	3 846.16	43.3	1 192.84	34
下古生界	2 339.23	26.4	130	4

2.1 库车可能是我国天然气最富集的前陆盆地

库车前陆盆地除天然气资源量大,发育侏罗系煤系及三叠系暗色泥岩等优越条件外,还具以下特征。首先,近年来天然气勘探连续取得重大突破,先后发现牙哈、羊塔克、红旗、提尔根、玉东、克拉2、依南2等大、中型气田和大北1、吐孜1、克拉3等含气构造,圈闭钻探成功率达53%。更可喜的是,随着山地地震技术攻关和复杂构造解释技术的提高,库车前陆盆地发现了新的隐伏构造带——克深构造带,落实了一批规模较大的圈闭,圈闭准备充足。其次,库车前陆盆地发育巨厚的白垩系、侏罗系等砂岩储层。白垩系巴什基奇克组是克拉2号气田的主要产层,也是一套优质储层,平均孔隙度9.3%~13.74%,最大22.4%,平均渗透率 $14.76 \times 10^{-3} \sim 6.96 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最大 $2\,340 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,总体属中孔中渗储层。侏罗系(依南2

号气田主要产层),在北部露头区以东段吐格勒明背斜、油苗沟、矿苗沟、吐孜克沟一带储层物性较好,孔隙度一般10.7%~17.25%,最大19.44%,渗透率一般 $0.71 \times 10^{-3} \sim 418 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最大 $3\,075 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。这两套储层以及第三系、上第三系吉迪克组构成了库车前陆盆地良好的储集层。再次,库车前陆盆地发育一套厚约100 m的下第三系膏岩层区域性盖层,这是除塔西南前陆盆地外,其它前陆盆地无法比拟的。

鉴于上述有利天然气地质条件,库车前陆盆地有可能成为我国陆上天然气最为富集的地区。库车前陆盆地今后天然气勘探的重点是克依构造带、秋里塔格构造带、克深构造带、北部单斜带,并有望探明天然气地质储量 $7\,000 \times 10^8 \sim 10\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

2.2 川西前陆盆地是近期勘探重点

川西前陆盆地勘探面积 $3\,000 \text{ km}^2$,资源量 $12\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$,已发现中坝、平落坝、新场、孝泉、八角场等5个气田和10个含气构造,探明储量 $378.24 \times 10^8 \text{ m}^3$,另在白马庙—松华地区控制+预测储量 $1\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。勘探主要目的层包括侏罗系蓬莱镇组及上三叠统须家河组,储集类型为孔隙—裂缝性储层,主要气源岩为上三叠统须家河组五段煤系。上三叠统潜在资源量 $2\,100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。浅层气主要分布在龙门山前燕山期3个古隆起和龙泉山断裂带等4个有利区带,包括3种主要成藏类型:侏罗系构造—岩性型、上三叠统深盆型、上三叠统地层尖灭型。侏罗系勘探方向明确,天然气富集受古河道、断裂、古隆起三种因素控制。

川西前陆盆地侏罗系浅层气有利勘探区为彭山—新津、大邑—邛西、名山—百丈构造带。上三叠统须家河组有利勘探领域:深盆气——梓潼拗陷南端的中部及拗陷东斜坡的下部;构造气藏——灌口—平落坝—固驿镇区带;地层—构造复合尖灭气藏——川中地区须家河组—三段尖灭带,包括文井场—泸溪场和踏水桥—柳树沱两个大型地层复合圈闭,总圈闭面积 960 km^2 。

2.3 准噶尔南缘前陆盆地有望取得新的突破

准噶尔南缘前陆盆地天然气资源量为 $7\,500 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。早在20世纪30年代和50年代就发现了独山子油田和齐古油田。特别是1996年天然气勘探取得重大突破,在第三排构造带上发现呼图壁气田,探明天然气地质储量 $138 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。今后勘探的重点为二、三排和隐伏构造带。第二排构造带包

括吐谷鲁、玛纳斯、霍尔果斯等背斜构造,以勘探侏罗系为烃源,下第三系为安集海组中下部、紫泉子组和白垩系东沟组为目的层的次生气藏为主;第三排构造带包括安集海、呼图壁、独山子、安西等背斜构造,寻找以侏罗系为烃源,东沟组、紫泉子组、安集海组中下部为储层的次生油气藏为主;隐伏背斜构造带(东湾潜伏背斜构造带),是寻找以侏罗系为烃源,以东沟组、紫泉子组、安集海组中下部为储层的次生油气藏的有利区带。

2.4 柴达木北缘前陆盆地有望成为天然气勘探重点

柴达木北缘侏罗纪至第三纪属前陆盆地性质,自北向南可划分为4个构造带:祁连断褶山系、前陆逆冲叠瓦扇带、前陆隐伏逆冲前缘带和前陆斜坡带。最近研究^{*}表明柴达木北缘天然气资源量达 $9\,576 \times 10^8 \text{ m}^3$,目前已发现南八仙气田和冷湖四、七号含气构造,前者探明天然气地质储量 $152 \times 10^8 \text{ m}^3$,后两者预测天然气地质储量 $965 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。主要气源岩为侏罗系煤系,储层为侏罗系和第三系,今后天然气勘探的重点是冷湖-南八仙构造带的冷湖四号、冷湖七号构造、冷湖六号构造,鄂博梁-葫芦山-鸭湖构造带的鄂博梁I、II、III号构造,葫芦山构造,鸭湖构造以及赛什腾凹陷潜伏构造带等。

2.5 塔西南前陆盆地为天然气勘探的重要接替地区

塔西南前陆盆地发育了侏罗系和石炭系两套烃源岩。其中的叶城和田以及喀什三个凹陷发育侏罗系烃源岩,麦盖提斜坡区发育石炭系烃源岩。目前已找到与侏罗系烃源岩有关的储层为上、下第三系柯克亚凝析气田,与石炭系烃源岩有关的巴什托普和鸟山含气构造,另在英吉沙构造英科1井下第三系见到良好显示,证实该区具有广阔的含气前景。柯克亚构造带、麦盖提斜坡和喀什凹陷是天然气勘探的主要战场。

2.6 鄂尔多斯西缘前陆盆地是天然气勘探值得重视的地区

鄂尔多斯盆地西缘前陆盆地在掩冲带马家滩段和横山堡段已有油气发现。1960年在马家滩地区首次见油,至今已在该段东部发现4个中生界油田和一些出油井。1969年在横山堡段的刘家庄构

造首次见工业气流,至今已在该段发现3个古生界气藏和一些见气井,1986年又在西缘掩冲带前渊部位的天1井获高产气流。西缘掩冲带的深层、前渊部位是今后天然气勘探的重要战场。

3 天然气勘探的技术对策

我国中西部前陆盆地天然气勘探取得了一系列重要突破,使我国天然气地质储量大幅度增长,并进入迄今天然气发展的最好时期;山地地震和复杂构造地质建模及解释技术,低孔低渗非均质性储层、薄层、薄互层储层预测技术,复杂地质条件下的钻井技术还不能满足前陆盆地天然气勘探的需要,为使中西部前陆盆地天然气勘探取得更大的突破,必须针对中西部前陆盆地天然气勘探涉及的重要地质、技术问题,开展下列关键性技术攻关^[5]:

3.1 完善和建立一套山地地震勘探技术系列

库车、塔西南、准噶尔盆地南缘、柴达木北缘、鄂尔多斯盆地西缘等5个前陆盆地地表均为山地,地下均为复杂构造变形的冲断构造,受这些复杂地质地理条件的限制,上述地区地震资料的采集、处理与解释技术并未完全过关,其信噪比、分辨率仍很低,这在一定程度上影响了大中型气田的发现进程,因此,必须完善和建立一套针对这些复杂地质地理条件的地震勘探技术系列,包括山地地震的采集、处理技术,复杂构造的地质建模与解释技术,重磁电联合反演技术等,以便在前陆盆地天然气勘探中发挥更大的作用。

3.2 发展一套复杂储集层的识别与预测技术

随着前陆盆地天然气勘探的不断深入,天然气的勘探对象将由构造型圈闭转向构造-岩性型圈闭,低孔低渗非均质性储层、薄层、薄互层储层所占的比重会越来越大,库车前陆盆地的依南2号气田、川西前陆盆地均属这些复杂储集层。因此开展和建立一套针对复杂储集层的测井、地质识别与横向预测技术已迫在眉睫。

3.3 建立一套针对复杂地质条件下的钻井完井工艺技术

复杂地质条件是指高地应力、大地层倾角、多层高压盐水层、盐膏层、煤层、长段泥页岩、漏失层。库车、塔西南、准噶尔盆地南缘、柴达木北缘等前陆盆地均不同程度地存在这些复杂地质条件,钻遇这些地层常发生喷漏、塌、斜、卡等井下事故,这些盆地的钻井、完井、气层保护、测试等技术还没有完全

* 青海石油管理局勘探开发研究院. 柴达木盆地侏罗系天然气富集规律及勘探目标评价研究. 内部报告, 1999

过关。这些问题如不解决, 势必影响山前带的天然气勘探。

在本文完成过程中, 石油勘探开发研究院廊坊分院汪泽成博士、曾宪斌、李小军工程师给予了帮助, 在此表示诚挚的谢意!

参 考 文 献

1 马新华, 钱凯, 魏国齐, 等. 中国陆上大中型气田形成的区域地质

背景和科学探索井探索领域及目标[J]. 勘探家, 1999, 4(3): 1~ 7

2 魏国齐, 贾承造. 塔里木盆地逆冲带构造特征与油气[J]. 石油学报, 1998, 19(1): 11~ 17

3 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 205~ 389

4 杜韞华, 钱凯, 张守鹏. 中国天然气储层的岩石、古地理类型与勘探方向[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(2): 140~ 147

5 魏国齐, 钱凯, 郑德文, 等. 我国天然气勘探开发技术研究现状与 21 世纪初叶发展展望[J]. 天然气地球科学, 1999, 10(3- 4): 12~ 19

RECOGNITION OF NATURAL GAS EXPLORATION IN FORELAND BASINS OF CENTRAL-WEST CHINA

Ma Xinhua Wei Guoqi Qian Kai Li Yahong

(Langfang Branch of Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Langfang, Hebei)

Abstract: Mesozoic Cenozoic foreland basins in Central-west China have favourable geological conditions and gas resource potential, and their natural gas reserves are one fourth of the total amount of China's gas reserves. In recent years, a series of important breakthroughs in gas exploration have been made, a number of big and medium gas fields including Kela 2, Yinar 2, Baimamiao, Hutubi and Nanbaxian gas fields have been discovered. This thus further proved that the foreland basins in Central-west China are the most favourable target areas for gas exploration, and Kuqa, west Sichuan, the south marginal area of Junggar Basin and the north marginal area of Qaidam Basin should be the focal point targets. To make even great breakthrough of gas exploration in the study area, seismic exploration in mountains, the recognition and prediction of complex reservoirs, well drilling and well completion technologies should be strengthened.

Key Words: China; foreland basin; natural gas; exploration realm; technical countermeasure

(上接第 113 页)

HYDROCARBON RESOURCES AND EXPLORATION STRATEGY OF FORELAND BASINS IN SOUTHWEST TARIM BASIN

Jin Zhijun Lü Xiuxiang

(Basin and Reservoir Research Center, Petroleum University, Beijing)

Abstract: The southwest foreland basins in Tarim Basin is composed of Paleozoic basins and the Mesozoic Cenozoic foreland basins. The basin is in dust-pan shape uplifted northward. The basin possesses multi-set of source rocks, multi-reservoir-cap rock assemblage and various trap types. The hydrocarbon resources amount is about 6 billion tons calculated by different methods in different exploration stages. The strategy for further exploration of the basin is that the piedmont structure of Kunlun Mountains should be drilled and tested, geological survey should be made in Maigaiti slope so as to find traps, to study hydrocarbon migration and accumulation model in the transitional faulted belt between the slope and Bachu Uplift.

Key Words: oil and gas resources; assessment; oil and gas exploration; southwest Tarim; foreland basin