

四川盆地西南边缘地区天然气保存条件研究

成 艳¹, 陆正元¹, 赵路子^{1,2}, 李其荣²

(1. 成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 成都 610059;

2. 中国石油 西南油气田分公司 蜀南气矿, 四川 泸州 610018)

摘要: 四川盆地西南边缘地区具有深层震旦系、二叠系产淡水, 浅层下三叠统产天然气的特殊性。在充分利用地层流体性质、地层压力等资料综合分析边缘地区各构造保存条件的基础上, 认为研究区保存条件主要影响因素为盖层、断层、储集层岩性、露头地表水渗入。震旦系和下二叠统为厚层块状灰岩, 在构造作用下容易产生裂隙带, 为露头区地表水渗入提供通道。嘉陵江组透镜状储集层的分布特点决定了嘉陵江组受地表水的影响较小。建议盆地西南边缘地区勘探以三叠系嘉陵江组气藏为主。

关键词: 油气保存; 地层流体; 地层压力; 边缘地区; 四川盆地

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

四川盆地腹部现代油气勘探开发已有 40 余年, 获得了富有成效的勘探开发效果。近几年来, 勘探重点逐渐向成熟探区外围延伸, 盆地边缘构造的油气勘探得到重视。四川盆地西南边缘地区构造褶皱面积大, 烃源层、储层、盖层等成藏要素均发育, 除麻柳场构造外, 其余各构造勘探程度低。边缘地区由于靠近地表露头区, 褶皱强度大, 盖层剥蚀、断层发育等对油气藏保存有较大影响。本文在前人研究的基础上, 借鉴四川盆地内部各主要产层的成藏研究成果, 通过对四川盆地西南边缘地区已钻井的地层流体性质、地层压力等资料的综合分析, 认为地表淡水通过露头侧向渗入地层造成天然气逸散; 断层及构造抬升剥蚀破坏了上覆盖层的封闭性, 也造成天然气向上逸散。保存条件的 2 种破坏方式与储层性质、断层发育及盖层完整性等因素有关。研究认为四川盆地西南边缘地区勘探以三叠系嘉陵江组气藏为主。

1 基本地质背景

研究区局部构造包括老龙坝、大窝顶、麻柳场和天宫堂构造(图 1), 五指山构造带因二叠、三叠系均已出露或接近地表失去勘探价值。本区及相邻地区的地质研究和勘探实践已证实, 震旦系、下二叠统和下三叠统嘉陵江组为主要勘探目的层。震旦系烃源

岩为下寒武统泥页岩, 储层为震旦系裂缝溶蚀孔洞储层, 盖层为下寒武统的泥岩^[1]。下二叠统为大套厚层块状灰岩, 局部发育的构造裂缝和溶洞带为天然气储集层, 自身也是一套极好的烃源岩, 盖层为上二叠统页、泥岩层^[2-4]。嘉陵江组为白云岩、灰岩和石膏层的互层, 储层主要为白云岩, 盖层主要为石膏层, 其气源主要来自于下二叠统或更深层系。本区构造与断层主要形成于第三纪末的喜山期构造运动^[5,6]。

2 基于钻井资料对保存条件的认识

2.1 麻柳场构造

麻柳场构造地面为完整背斜, 出露最老地层为侏罗系沙溪庙组。从地面至地腹构造均有存在(图 1), 地腹断裂较发育, 其中规模较大的断层由深层震旦系断达侏罗系, 沿构造走向发育。

麻 1 并于 1974 年 12 月 24 日开钻, 钻至井深 3 350 m(层位奥陶系宝塔组)完钻。完井后对嘉四¹-嘉三³井段 1 954~ 1 974 m 测试, 获气 0.39 × 10⁴ m³/d, 发现嘉四¹气藏; 下二叠统中途测试产水, 约 1 000 m³/d, 水型为 NaHCO₃、Na₂SO₄ 型, 矿化度 3.5~ 4.5 g/L(淡水)。由于深部下二叠统产淡水, 且水量大, 当时认为该构造的所有气藏保存条件均遭受破坏。1999 年 8 月在麻柳场构造中部以嘉

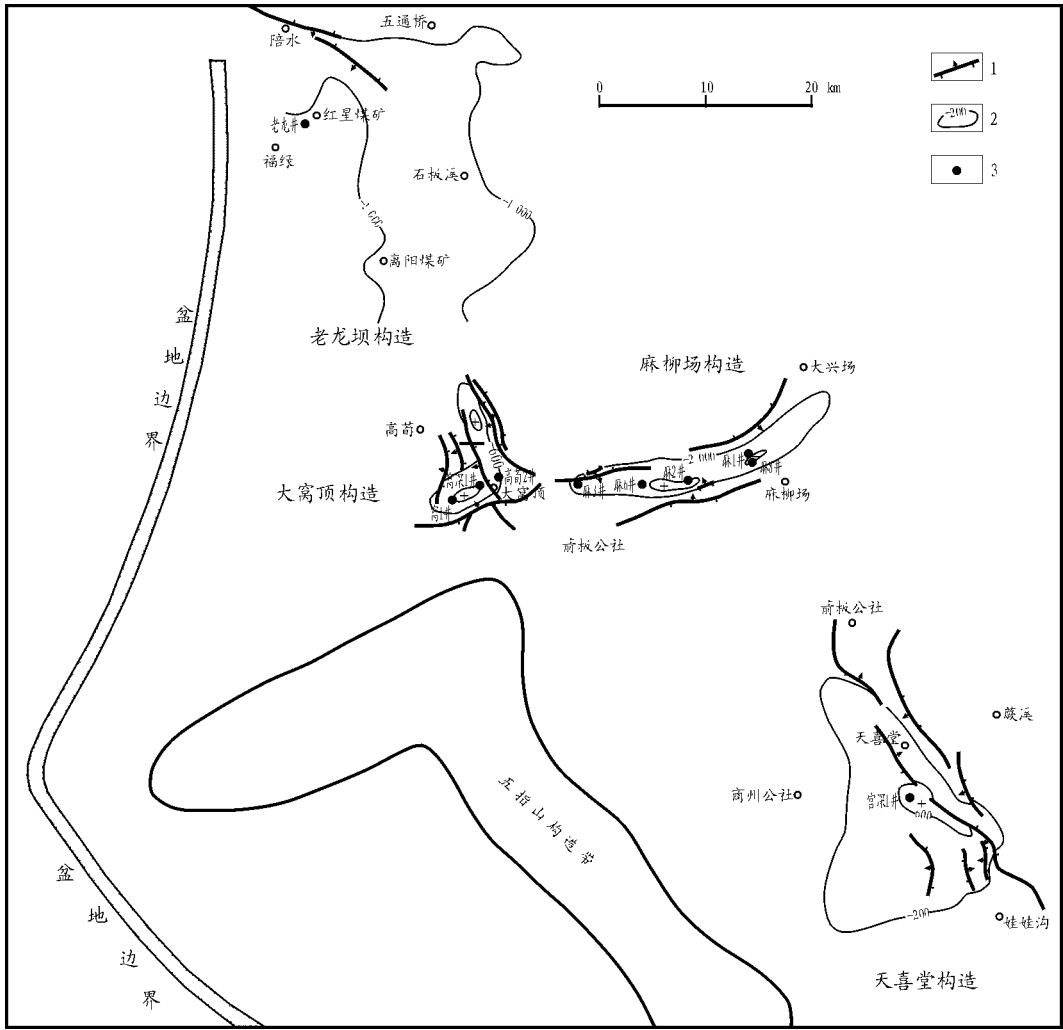


图1 四川盆地西南边缘局部构造简图

1. 逆断层; 2. 等高线; 3. 井位
 说明: 老龙坝、大窝顶、麻柳场和天喜堂等4个构造均为中三叠统侵蚀面等高线;
 五指山为地表构造形态, 该构造带核部已出露二叠、三叠系。

Fig. 1 Sketch map showing the local structures in southwest of Sichuan Basin

陵江组为目的层钻探麻2井, 钻至嘉二²井段2 120.00 m完钻, 对嘉三²—嘉二²井段2 050.00~2 120.00 m试油获气 10.27 × 10⁴ m³/d。随后又钻了麻3、6、8等井, 发现了嘉四²、嘉四¹—嘉三²个气藏。整个构造范围内嘉陵江组均为天然气聚集。

嘉陵江组地层压力系数在1.2左右, 基本未见地层水, 说明嘉陵江组保存条件好, 气藏盖层的有效性基本未被断层破坏。

麻柳场构造嘉陵江组具有良好保存条件, 而其深部下二叠统保存条件极差, 产淡水。这种浅部保存条件好, 深部保存条件非常差的情形在四川盆地内部尚无先例。

2.2 老龙坝构造

老龙坝鼻状构造紧邻四川盆地边缘, 出露最老地层为上三叠统须家河组。该构造为多鼻突的裙边

形鼻状构造(图1)。老龙1井钻于1986年, 震旦系中途测试产气 55 m³/d, 其天然气组分与威远构造一致, 但完井测试产淡水 104.95 m³/d, 矿化度 2.58 g/L(淡水), 说明中途测试产天然气应该是局部储集空间的残余气。震旦系水层压力为正常地层压力。该井下二叠统 1 690~1 697 m完井试油产淡水。本构造内老龙1井震旦系、下二叠统测试产淡水表明深层保存条件较差。

2.3 大窝顶构造

大窝顶构造地面为一完整背斜, 出露最老地层为上三叠统须家河组。地腹构造分为大窝顶构造和高苟潜伏构造(图1)。

窝深1井钻于1982年, 钻达震旦系, 井深5 880 m, 震旦系测试未取得代表性水样。1993年对上二

叠统玄武岩井段射孔测试,产低压淡水,矿化度 3.3 g/L 。大窝顶构造地震资料表明,该构造发育多组断层,而且基本上所有的断层都断至中三叠统雷口坡组,气藏盖层的有效性变差。钻井中自地表至深层均出现明显井漏,推算各层地层压力均低于静水压力。2003年钻探的窝1井嘉二³—嘉一产层和高苟1井嘉四⁴—嘉四¹产层的地层压力均明显小于静水压力,表明大窝顶构造各层天然气均有散失。深层震旦系、二叠系保存条件较差,产淡水。但是上三叠统嘉陵江组仍然产低压天然气,并不产水,说明各层具有不同的油气保存条件。

2.4 天宫堂构造

天宫堂构造地面为完整背斜,地表出露上三叠统须家河组,零星出露中三叠统雷口坡组,地腹构造断层发育(图1)。

宫深1井钻于1985年,震旦系测试产水,根据液面上升折算日产水 400.24 m^3 ,水型为 CaCl_2 型,矿化度 74.12 g/L ,与威远气田震旦系地层水一致,表明无地表淡水影响。从该井浅层至震旦系均出现大量清水漏失,保存条件受到了不同程度破坏。

3 天然气藏保存条件影响因素

根据已钻井揭示的地层流体性质及地层压力资料,研究区各构造均在震旦系、二叠系产淡水,麻柳场和大窝顶构造在三叠系嘉陵江组产天然气。研究认为影响该区气藏保存条件的因素主要有盖层、断层、地表水下渗和储集层岩性特征等。

3.1 上覆盖层影响

盖层包括直接盖层和上覆盖层^[7]。研究区各主要储层的直接盖层均发育,对二叠系以下的深层而言也具备很好的上覆盖层条件。嘉陵江组气藏的上覆盖层厚度有较大差异,直接影响了其天然气保存条件。麻柳场构造嘉陵江组气藏的埋深较大,上覆盖层较厚,天然气保存较好。大窝顶构造地表已出露须家河组,上覆盖层较薄,削弱了直接盖层的封闭效果,天然气保存条件变差。

3.2 断层的影响

断层对成藏影响具有双重性,一方面可使某些层位的储渗条件得以改善,另一方面则使构造的油气保存条件受到破坏^[8,9]。断层发育可能在盖层中形成张性裂缝,形成向上开启的通道,甚至导致地表水渗入较深,对构造的保存条件起破坏作用。大窝顶构造断层明显破坏了盖层的封闭性,造成了嘉陵江组天然气逸散,地层压力已明显低于静水压力。

但是没有造成地表水下渗,故窝1井及高苟1井均只产低压天然气,不产水,尤其不产淡水。

3.3 地表淡水下渗的影响

地层水的成因主体上有沉积埋藏水、下渗大气水和内生水三种,并以前两者为主。沉积埋藏水包括了沉积水和沉积间断的表生期进入地层的水(可能是大气淡水)。沉积埋藏水经过长期的水岩交换,地层水的矿化度较高,变质程度较高,一般为 CaCl_2 水型。但是,一旦受大气淡水下渗影响时,地层水的矿化度变低,水型为 Na_2SO_4 型,这时地层保存条件差^[10]。

大气淡水可以通过多种形式渗入地层,其影响气藏的方式表现为两种:垂向渗入和侧向渗入。垂向渗入主要是由于上覆盖层裂隙发育,地表水通过盖层缓慢下渗进入地层,在地层剖面上由上而下形成所谓自由交替带、交替阻滞带(或交替过渡带)和交替停止带。本区嘉陵江组未见产水或矿化度未见降低,表明垂向上地表水渗入影响不明显。

侧向渗入主要表现为大气淡水通过邻区露头下渗进入深层,下渗深度及其影响范围与储层岩性、渗透性和连通性有关。分析认为本区大窝顶构造、麻柳场构造、老龙坝构造的震旦系、二叠系等受地表水侧向渗入影响。

3.4 储集层岩性上的差异

研究区主要储层均在相邻构造或断裂带出露,大气水通过露头均可向目的层渗入,但是不同特征储层的大气水渗入范围有所差异。震旦系为块状白云岩,二叠系为大套厚层块状灰岩,在喜山期构造运动作用下容易产生断裂破碎,形成裂缝网络,同时连通沉积期后的古岩溶洞穴。随着地表露头区地表水溶蚀作用的进行,储层的横向连通性得到加强,地表淡水渗入较远,从而为天然气的逸散提供了通道。

嘉陵江组的岩性主要为白云岩、灰岩和石膏的互层,储集岩主要是白云岩层段,呈薄层状,一般在十几厘米至几十厘米,且侧向连续性差,但高孔层数较多。每一薄层均被致密灰岩包围,其相互之间的连通性主要由后期构造运动产生的断层、裂缝和裂隙来改善。地表淡水对这种薄层灰岩的溶蚀改造规模一般不大,因此透镜状储集层的分布特点决定了嘉陵江组受地表水的影响较小,地表水只能影响到距露头区较近的部分储集体。

4 结论

四川盆地西南边缘地区保存条件主要受盖层、

断层、储集层岩性、露头地表淡水渗入等因素的综合影响。研究区地表水下渗的主要方式为侧向渗入,地表水通过相邻的露头或断层带下渗,对溶洞发育的震旦系和下二叠统有更大的破坏性,因此深部天然气逸散,地层产淡水。而对薄层低孔隙的嘉陵江组储层,这种侧向渗入影响较为有限。但在上覆盖层减薄时,由于断层或裂隙发育会造成盖层封闭性变差,天然气通过盖层垂向散失,地表水垂向渗入的可能性较小,所以嘉陵江组仍然具有天然气成藏条件。建议盆地西南边缘地区勘探以三叠系嘉陵江组气藏为主。

参考文献:

- 1 罗志立. 四川盆地震旦系含气层中有利勘探区块的选择[J]. 石油学报, 1998, 19(4): 1~ 7
- 2 陆正元, 陈立官, 王洪辉. 四川盆地地下二叠统气藏储层模式的再

认识[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(1): 11~ 14

- 3 胡志水, 陈琴芳, 童崇光等. 川南下二叠统碳酸盐岩中的裂缝类型与天然气运聚[J]. 石油实验地质, 1995, 17(3): 281~ 285
- 4 樊生利, 童崇光. 四川二叠系碳酸盐岩裂缝系统成因模式探讨[J]. 石油实验地质, 1995, 17(4): 343~ 350
- 5 张继铭. 中国石油地质志(卷十)四川油气区[M]. 北京: 石油工业出版社, 1989. 389~ 421
- 6 向鼎璞. 四川盆地油气藏主要特征[J]. 石油实验地质, 1992, 14(4): 359~ 371
- 7 石宝衡. 关于盖层与油气聚集关系的探讨[J]. 西南石油学院学报, 1989, 11(1): 28~ 33
- 8 陆正元. 缝洞气藏断层油气保存条件评价[J]. 成都理工大学学报, 2003, 30(1): 64~ 68
- 9 王洪辉. 川南二叠系阳新统大断裂封闭性研究[J]. 石油实验地质, 2002, 24(5): 403~ 407
- 10 楼章华, 蔡希源, 高瑞祺. 松辽盆地流体历史与油气藏形成分析[M]. 贵州: 贵州科技出版社, 1998. 16~ 21

STUDY ON THE PRESERVATION CONDITION OF GAS RESERVOIR IN SUOTHWESTERN EDGE OF SICHUAN BASIN

Cheng Yan¹, Lu Zhengyuan¹, Zhao Luzi^{1,2}, Li Qirong²

- (1. State Key Laboratory for Oil & Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu, Sichuan 610059, China;
2. Shunan Gas Mine, Southwest Branch Company of Oil and Gas Field, Petrochina, Luzhou, 610018, China)

Abstract: In the southwestern edge area of Sichuan Basin there is an abnormal phenomenon, i. e. the lower strata (Upper Sinian and Lower Permian) produce the formation water with low salinity, but the upper stratum (the Jialingjiang formation of Lower Triassic) produces gas. On the basis of comprehensive studies for the properties of formation liquid and formation pressure of all wells in the area, the author has drawn out the influencing factors of the gas preservation. They are, faults, the reservoir character, and the subaerial meteoric water penetration from the outcrop of reservoir. Under the influence of structure movement, the thick and tight carbonate in the Upper Sinian and the Lower Permian is easy to create fissure zone, through which the subaerial meteoric water could penetrate into the deeper formations from the outcrop. The thin and low – porosity carbonate of the Jialingjiang formation was little influenced by the subaerial meteoric water. It has been advised that Jialingjiang Formation is the main prospecting formation in the southwestern edge area of Sichuan Basin.

Key words: gas preservation; formation liquid; pressure; Sichuan Basin