

文章编号: 1009-3850(2008)01-0065-05

中国中西部前陆盆地含油气的有序性

郭海洋^{1,2}, 常智², 赵容容³, 莫耀汉²

(1. 成都理工大学 能源学院, 四川 成都 610059; 2. 四川石油管理局 地球物理勘探公司, 四川 成都 610213; 3. 中国石油 西南油气田分公司 勘探事业部, 四川 成都 610041)

摘要: 前陆盆地是世界上油气资源最丰富、大油气田最多的一类盆地。笔者通过分析发现中国中西部的盆前陆盆地有丰富的烃源岩, 配套的生储盖组合, 油气在纵横向上的发育都有其有序性: 前陆盆地的沉积演化控制着盆地油气纵向上的有序性, 构造单元控制着油气横向上的有序性。前陆冲断带构造活动强烈, 主要形成背斜油气藏, 中浅层都含气, 适宜采用立体勘探思路。前渊凹陷带主要发育有岩性油气藏, 前缘隆起由于地层向克拉通方向尖灭, 常形成岩性油气藏。

关键词: 前陆盆地; 构造单元; 沉积演化; 有序性

中图分类号: TE121.1 **文献标识码:** A

1 引言

前陆盆地是世界上油气资源最丰富、大油气田最多的一种盆地类型, 也是世界上最早进行油气勘探, 发现油气田的领域, 受到构造地质学家和石油地质学家的普遍重视^[1]。随着石油勘探开发技术的不断发展, 中国石油勘探在其中西部也取得了很好的成绩。20 世纪 90 年代以后相继发现一大批油气田, 如新疆库车冲断带发现的克拉 2 井大气田、大北 1 构造、迪那 2 构造、依拉克构造、野云 2 构造, 同时, 在塔西南地区发现阿克 1 构造、柯深 101 构造; 川西前陆冲断带的邛西构造、矿山梁构造; 准噶尔盆地南缘的霍尔果斯构造等^[2]。均很好地印证了前陆盆地有丰富的油气资源。

同时, 我们也发现中国的前陆盆地不同于国外典型的前陆盆地。它有自己的独特特性, 中国大陆是以塔里木、中朝和扬子单个古板块为核心, 以及 38 个微板块拼合而成^[3], 在印度板块与欧亚大陆碰撞背景下, 除产生的南北向挤压、缩短作用, 除使青藏

高原隆升和地壳加厚外, 还使高原周边断裂俯冲、走滑、抬升; 同时触发陆内俯冲, 即 C 型复俯冲 (罗志立, 刘树根, 1984), 使西昆仑山、天山、阿尔金山、祁连山、龙门山于新近纪不断抬升, 分布在前缘的前陆盆地剧烈沉降, 一直到前陆盆地发育完成^[3]。这也是为什么中国的前陆盆地主要处于中西部的原因。前人对前陆盆地做过大量的研究, 尤其对前陆盆地油气地质特征及富集规律进行了深入的研究, 提出了很多独特的见解^[3~9]。总结这些盆地的特征, 我们发现, 中国中西部前陆盆地最大的特点之一是其含油气的有序性。本文主要分析这些有序性, 以及相应的油气勘探策略。

2 中国前陆盆地及构造单元

经典的前陆盆地最早由 Price (1973)^[10] 提出, 指位于造山带与克拉通之间的一个狭长状沉积带, 是大陆岩石圈受上覆逆冲推覆体加载引起挠曲变形而形成的边缘拗陷盆地。经典的前陆盆地分类是 Dickinson (1974) 在研究板块构造与沉积作用时, 首

收稿日期: 2007-06-30 改回日期: 2007-11-04

作者简介: 郭海洋 (1978—), 男, 博士, 主要从事油气普查与勘探研究。Tel: 13982204008; E-mail: guohayang.619@

次提出来的,按成因分为两类:第一类称周缘前陆盆地,因陆陆碰撞时形成于造山带外弧;第二类称弧后前陆盆地,因大洋岩石圈向大陆消减俯冲作用,在岩浆弧后形成的盆地。罗志立、刘树根(2005)通过研究中国的板块构造,在C型俯冲的基础上,提出了C型前陆盆地的概念。前陆盆地是指位于造山带前缘与相邻克拉通之间的沉积盆地,主要是由于逆冲推覆造山楔加载于拉伸变薄的克拉通前缘岩石圈之上,使其被动下弯而形成的。

前陆盆地从造山带向克拉通方向按其构造特征可分为前陆冲断带、前渊拗陷带、斜坡带和前缘隆起带4个构造单元。前陆冲断带处于造山带与前陆盆地之间的过渡部位,是造山带向盆地方向大规模逆冲推覆,前陆盆地所在地块向造山带之下俯冲碰撞所形成的冲断系统^[11];前渊拗陷带是指前陆上水较深的部分,并紧靠冲断带前缘;前缘隆起带是指地壳的挠曲弯曲在前陆盆地的远端产生隆起,该隆起即是前缘隆起。

3 前陆盆地油气的有序性

3.1 沉积演化控制着油气纵向分布上的有序性

前陆盆地的沉积演化方式虽然随盆地不同而有差异,但从深水远洋沉积向深海碎屑岩再向浅海和非海相碎屑岩过渡的总趋势人们早已了解。何登发

(1996)将其分为早期深海半深海复理石阶段、海相磨拉石阶段和陆相磨拉石阶段。复理石阶段在前渊主要沉积浓缩相的钙质泥岩、腐泥的沉积物,而向水体变浅的克拉通方向主要沉积浅水台地向碳酸盐岩沉积,其烃源岩以产油为主;海相磨拉石阶段主要发育浅水海相沉积物,从盆地边缘冲积扇砾岩向河流、三角洲和滨浅海碎屑岩沉积逐渐过渡,向盆地中心由于水体受限充填变浅,常发育碳酸盐岩和蒸发岩沉积,此阶段的烃源岩产油又产气;陆相磨拉石阶段随着冲断载荷向前陆方向的进一步推进和造山隆起,早期前陆盆地沉积会部分卷入变形,前陆盆地由浅海环境转变为陆相环境,烃源岩以产气为主。前陆盆地在纵向上的沉积演化使得油气纵向上表现为复理石阶段和浅海及海相磨拉石阶段产油为主,陆相磨拉石阶段产气为主。而在我国中西部前陆盆地中,海相地层不发育,前陆盆地以产气为主。

同时,由于前陆盆地在其演化过程中,前陆冲断带不断隆升,前渊被动下凹,导致前陆冲断带地层遭到破坏,前渊地层深埋。由于埋深不同导致烃源岩的成熟度不同,在平面上表现为油与气的环状分布(图1)。所以,油气在纵向上的有序性最终以在平面上的环状分布表现出来。

3.2 构造单元控制着油气横向上的有序性

横向上的油气分布主要受构造单元以及油气运

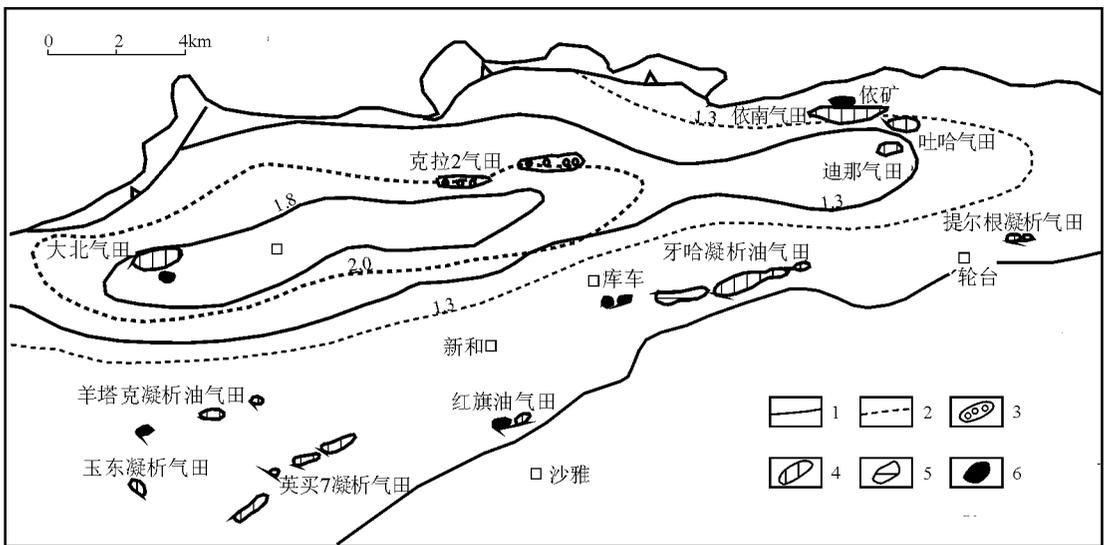


图1 库车前陆盆地烃源岩成熟度及油气藏平面分布图(据宋岩,2006)

1中侏罗统底 R₀ 2中三叠统底 R₀ 3干气气藏; 4.凝析气藏; 5挥发性气藏; 6油藏

Fig 1 Plan of the maturity of the source rocks and distribution of oil and gas reservoirs in the Kuqa foreland basin

1= R₀ of M-Jurassic bottom; 2= R₀ of M-Triassic bottom; 3= dry gas reservoir condensate reservoir; 4= condensate reservoir; 5= volatile oil reservoir; 6= oil reservoir

移的控制。前陆盆地构造单元有前陆冲断带、前渊拗陷带、斜坡带、前缘隆起带等 4 个构造单元。由于每个构造单元受力强度不同,所在烃源岩聚集中心位置不同,油气运移情况不同,必然具有不同的成藏条件,所以就有不同圈闭类型(图 2)。

1. 前陆冲断带

中国的前陆冲断带构造复杂,主要发育背斜、断背斜、断块和盐拱背斜油气藏(图 2)。前陆冲断带背斜构造是前陆冲断带最常见的圈闭类型,也是主要的油气藏类型。受挤压作用而成,背斜的分布一般平行于逆冲带成带状分布。形态上背斜两翼一般不对称,造山带一侧平缓,而向凹陷一侧比较陡,有的甚至为平卧褶皱^[12]。前陆冲断带断层、裂缝发

育,油气主要沿着断层和裂缝作垂向运移。较为典型的冲断带背斜气藏如川西的中坝背斜气藏和平落坝油气藏(图 3 图 4)。其特点是上三叠统和下侏罗统均发育有气藏,二者以断裂沟通;平落坝气田上三叠统和中侏罗统构造圈闭继承性较好。因此,龙门山前缘构造带,具有中浅层均含气的特征。所以,前渊拗陷所生成的油气,沿着断层或裂缝,进入前陆冲断带中各套生储盖组合,具有立体勘探的价值^[9]。但同时,由于前陆冲断带强烈的挤压作用,使油气可能遭到破坏,所以成藏的关键是看保存条件。如库车前陆盆地中克拉 2 号气田,因有古近系膏盐层做良好的盖层,得以形成巨型大气田;而川西前陆盆地冲断带上的海棠铺构造,成油气条件虽好,

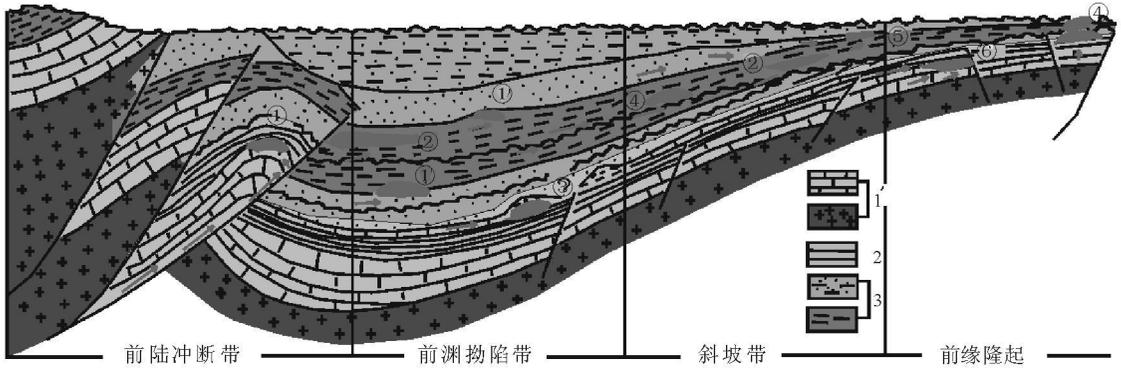


图 2 前陆盆地含油气有序性示意图(据李景明, 2006 修改)

1 前前陆盆地地层; 2 海陆过渡相的蒸发岩; 3 前陆盆地地层。①. 构造圈闭; ②. 地层圈闭; ③. 深盆地气藏; ④. 岩性圈闭; ⑤. 地层岩性圈闭; ⑥. 断块圈闭

Fig 2 Sketch to show the regularity of the oil and gas accumulation in foreland basins

1= Pre foreland basin strata 2= transitional evaporite 3= foreland basin strata (1) = structural trap (2) = stratigraphic trap (3) = deep basin gas reservoirs (4) = lithologic trap (5) = stratigraphic lithologic trap (6) = fault block trap

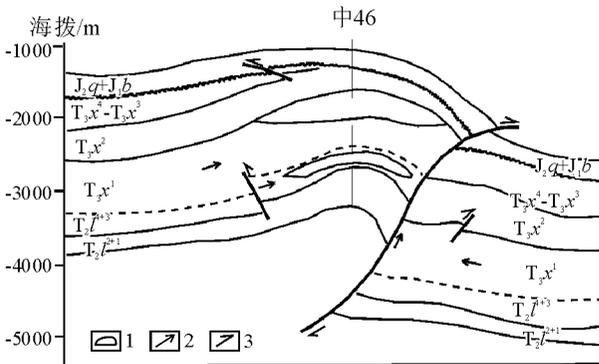


图 3 中坝冲断带背斜气田模式图(据李耀华等, 2002)

1 气藏; 2 运移方向; 3 逆断层

Fig 3 Model for the anticline gas reservoirs in the Zhongba thrust fault zone

1= Gas reservoir 2= migration direction 3= thrust fault

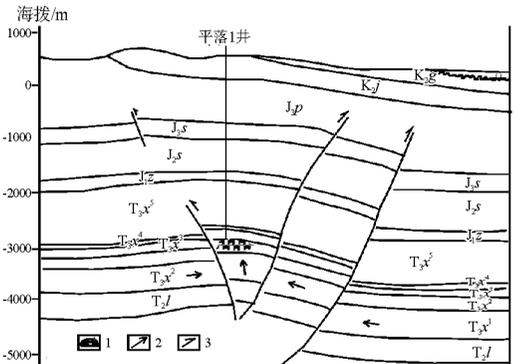


图 4 平落巴气田模式图(据李耀华等, 2002)(图例同图 3)

Fig 4 Model for the Pingluoba gas field

1= gas reservoir 2= migration direction 3= thrust fault

但因断层发育又缺乏良好的盖层, 油气苗遍地, 油气藏受到破坏^[3]。

2 前渊拗陷带

前渊拗陷带沉积有时盆地的沉降中心也是沉积中心。如川西前陆盆地和塔西南前陆盆地的前渊深达数千米甚至上万米。是盆地烃源岩的主力发育区, 但是, 由于构造变形较弱, 以地层、岩性油气藏为主要发育的油气藏类型。但也存在低幅度的构造油气藏, 在构造复杂的前陆盆地或受晚期冲断作用较强的前陆盆地前渊, 除岩性圈闭外, 构造油气藏及构造岩性复合的油气藏也有发育(图 2), 如川西前陆盆地白马庙气田(图 5)等。油气通过断裂垂向运移到冲断带, 通过不整合面或砂体侧向运移到前缘隆起。即前人所说的“前后有利, 左右逢源”。前渊拗陷带岩性油气藏的主控因素是沉积相带, 所以其成藏关键是对沉积相带的准确预测。另外在前渊带的深部还可能发育深盆气藏, 如鄂尔多斯前陆盆地和川西前陆盆地的前渊拗陷^[12]。

3 前缘斜坡

前缘斜坡带位于前渊与前隆之间, 属于过渡地带, 前渊拗陷所生成的油气向前缘隆起作侧向运移, 在斜坡处遇到地层圈闭或岩性圈闭则首先在此聚集成藏。所以常形成地层油气藏, 其次为岩性油气藏(图 2)。

4 前缘隆起

前缘隆起是前陆盆地的重要组成部分, 它是岩石圈受构造侵位产生挠曲变形的均衡补偿, 整体表现为拱张背形。也是油气运移的指向区。由于中西部前陆盆地具有多期叠合的特点, 对于早期前陆盆地形成的前缘隆起往往为后期构造所改造或叠加,

使得早期形成的前缘隆起构造结构复杂化, 从而导致其油气藏的类型也多样化, 有与不整合有关的地层岩性油气藏^[12], 也有构造油气藏(图 2)。川西前陆盆地的前缘隆起是川中古隆起, 须一段和须二段向川中尖灭, 主要形成岩性油气藏。而库车前陆盆地的前隆, 即塔北隆起, 主要油藏类型为断背斜油气藏。

4 结 论

中国中西部的 前陆盆地有丰富的烃源岩, 配套的生储盖组合。油气在纵横向上都有其自身的有序性: 前陆盆地的沉积演化控制着盆地油与气在纵向上分布的有序性。在复理石阶段和海相磨拉石阶段以产油为主, 而陆相磨拉石阶段以产气为主。但由于成熟度的不同, 使得油气在纵向上的分布最终以油与气在平面上的环状分布表现出来。构造单元控制着油气藏类型在横向上分布的有序性: 前陆冲断带构造活动强烈, 主要形成背斜油气藏, 中浅层都含气, 适宜采用立体勘探思路; 前渊拗陷带主要发育有岩性油气藏, 同时由于其地层异常压力高, 应注意利用深盆地勘探理论进行勘探; 前缘隆起由于地层向克拉通方向尖灭, 常形成岩性油气藏, 应利用隐蔽(岩性)油气藏的勘探理论进行勘探。同时, 根据前陆盆地的力学机制, 在前隆由于板块挠曲常形成断背斜油气藏, 前陆盆地是世界油气勘探的重要领域, 也是中国油气勘探前景之一。我们应该根据其特定的含油气性规律, 寻求其具体的切合实际的勘探策略, 为中国石油勘探贡献一分微薄的力量。

参考文献:

- [1] 张利明, 金之钧. 前陆盆地研究的回顾与展望[J]. 地质评论, 2002, 48(2): 214-220
- [2] 贾承造. 中国中西部前陆冲断带构造特征与天然气富集规律[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(4): 9-15
- [3] 罗志立. 中国板块构造与含油气盆地[M]. 北京: 石油工业出版社, 2005
- [4] 贾承造, 宋岩, 魏国齐, 等. 中国中西部前陆盆地的地质特征及油气聚集[J]. 地学前缘, 2005, 12(3): 3-13
- [5] 宋岩, 赵孟军, 柳少波, 等. 中国前陆盆地油气富集规律[J]. 地质论评, 2006, 52(1): 85-92
- [6] 罗志立, 李景明, 李小军, 等. 中国前陆盆地特征及含油气远景分析[J]. 石油地质, 2004, (2): 1-12
- [7] 张光亚, 薛良清. 中国中西部前陆盆地油气分布与勘探方向[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(1): 1-6
- [8] 曾宪斌, 张静华, 金惠, 等. 我国中西部前陆盆地天然气分布规律与有利勘探区带优选[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(1): 12

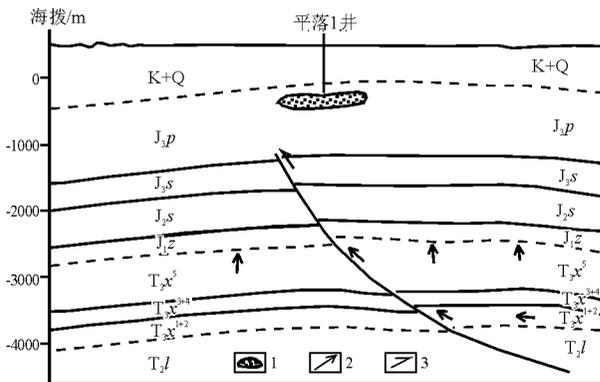


图 5 白马庙气田模式图(据李耀华等, 2002)(图例同图 3)

Fig 5 Model for the Bai Ma Miao gas field

1= gas reservoir 2= migration direction 3= thrust fault

- 14

[9] 吴世祥,汪泽成,张林,等. 川西前陆盆地勘探思路分析[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(3): 210-216

[10] Large-scale gravitational flow of supracrustal rocks, southern Canadian Rockies [A]. In: Gravity and Tectonics [C]. New York:

Wiley, 1973: 491-502.

[11] 贾承造,何登发,雷振宇,等. 前陆冲断带油气勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000

[12] 李景明,刘树根,李本亮,罗志立,等. 中国西部 C-型前陆盆地形成演化与油气聚集[M]. 北京: 石油工业出版社, 2006

Regularity of the oil and gas accumulation in the foreland basins in western China

GUO Haiyang², CHANG Zhi¹, ZHAO Rongrong³, MO Yaohan¹

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Geophysical Prospecting Company, Sichuan Petroleum Administration Bureau, Chengdu 610212, Sichuan, China; 3. Prospecting Company, Southwestern Branch, PetroChina, Chengdu 610041, Sichuan, China)

Abstract: It is widely perceived that the foreland basins tend to be rich in oil and gas resources throughout the world. The foreland basins in western China also have an abundance of source rocks and advantaged reservoir rocks and excellent source-reservoir-seal associations. The present paper focuses on the regularity of the horizontal and longitudinal accumulation of oil and gas in the foreland basins in western China. The longitudinal accumulation of oil and gas tend to be controlled by sedimentary evolution, while the horizontal accumulation of oil and gas by tectonic units. The lithologic oil and gas reservoirs are developed in the foreland thrust fault zones due to highly structural activity. The lithologic oil and gas reservoirs are developed in the foredeep depression zones and forebulge zones due to the cratonward pinching of strata.

Key words: foreland basin; tectonic unit; sedimentary evolution; regularity