

文章编号:1008-2336(2006)04-0013-05

环太平洋活动大陆边缘盆地类型及油气成藏条件

周树青¹, 黄海平¹, 林畅松¹, 李存贵²

(1. 中国地质大学 能源学院, 北京 100083;

2. 中国石油化工股份有限公司 中原油田分公司 第四采油厂, 河南 濮阳 457073)

摘要:环太平洋地区是主要的活动大陆边缘发育地, 发育许多与活动大陆边缘有关的盆地。安第斯型大陆边缘主要发育弧前盆地和弧后前陆盆地, 日本海型大陆边缘主要发育弧前盆地、陆架盆地和弧后盆地, 转换断层大陆边缘主要发育走滑盆地。通过从盆地的形成模式、构造演化、沉积特征方面分析各类盆地的特征, 并进一步从生烃条件和储集条件等方面分析了各种盆地的油气形成条件, 认为转换断层边缘盆地、陆架边缘盆地、弧后盆地成藏条件较好, 可以形成大型的油气藏; 而弧前盆地成藏条件较差。

关键词:环太平洋; 活动大陆边缘; 弧前盆地; 陆架边缘盆地; 弧后盆地; 弧后前陆盆地; 转换断层边缘盆地; 油气成藏条件

中图分类号: P544⁺.4; TE121.1

文献标识码: A

1 大陆边缘盆地类型和分布特征

环太平洋活动大陆边缘主要有两种类型: 俯冲边缘和转换边缘。其中俯冲边缘有两种, 一种是安第斯型俯冲大陆边缘, 弧后地区以挤压作用为主; 一种是日本海型俯冲大陆边缘, 也称岛弧-海沟型, 弧后地区以拉张作用为主(图1)。

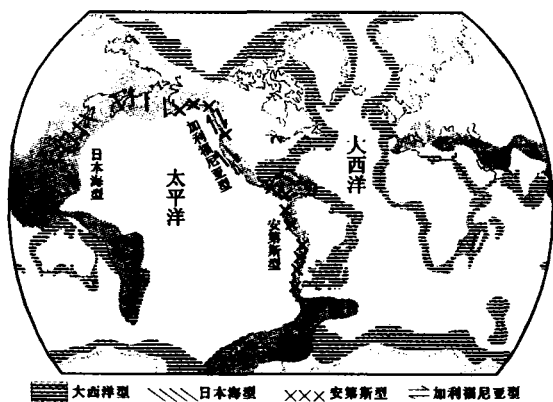


图1 大陆边缘分布(Bally等, 1979)

Fig.1 World map showing present various continental margins
(After Bally et al, 1979)

Miall(1984)根据板块构造背景, 将盆地划分为5种类型: 离散边缘盆地、聚敛边缘盆地、转换断层盆地、在大陆碰撞和缝合过程中发育的盆地和板内盆地^[1]。环太平洋地区不同大陆边缘的盆地类型不同, 日本海(西太平洋)型大陆边缘主

要为岛弧-海沟型, 与其有关的盆地主要有弧前盆地、弧间盆地、弧后盆地^[2]和陆架盆地; 南美西部亦为俯冲型大陆边缘(安第斯型), 这种大陆边缘发育弧后前陆盆地, 由于其主要位于大陆上, 这里不加详述。北美加利福尼亚西部主要为转换边缘, 与该种大陆边缘有关的盆地主要为走滑盆地。

环太平洋地区是主要的活动大陆边缘发育地, 发育许多与活动大陆边缘有关的盆地。目前被动大陆边缘发现的大油气田占世界大油气田总数的35%, 而活动大陆边缘的大油气田则微乎其微^[3]。在油气资源日益紧张的今天, 分析与活动大陆边缘有关盆地的形成机理、构造特征及其成藏条件, 对于指导今后环太平洋地区的油气勘探, 具有非常重要的意义。

2 俯冲边缘盆地

俯冲边缘盆地是与活动岩浆弧和俯冲带有关的盆地。通过地球物理方法, 以及深海钻井项目(DSDP)获得的地层和沉积信息, 太平洋中现代岛弧已经得到了广泛的研究(Von Huene 1981, Klein 1985)。然而, 这些盆地还没有象被动大陆

收稿日期: 2006-04-24; 改回日期: 2006-05-13

作者简介: 周树青(1969—), 女, 博士研究生, 矿产普查与勘探专业, 主要从事石油地质工作。

边缘那样,进行广泛的深层石油勘探和钻井。

2.1 弧前盆地特征及成藏条件

弧前盆地可以发育在安第斯型大陆边缘和西太平洋型大陆边缘,位于岛弧与海沟之间(图2)。岩浆弧和海沟之间的弧前盆地包括:弧内盆地、残留盆地、增生楔盆地和复合盆地^[2]。在俯冲过程中,增生的俯冲(消减)杂岩体不断扩大,使沟弧间

隙下部的岩石圈挠曲下沉,形成一个大的坳陷,即弧前盆地,这是狭义的弧前盆地。

弧前盆地构造比较复杂,沉积物主要是来自岩浆弧的不稳定火山和变质碎屑产物,沉积物成熟度低。一般情况下,由于构造不稳定,缺乏好的储层,盆地时代新、地热梯度低,降低了源岩成熟的可能性,所以勘探效果不好。

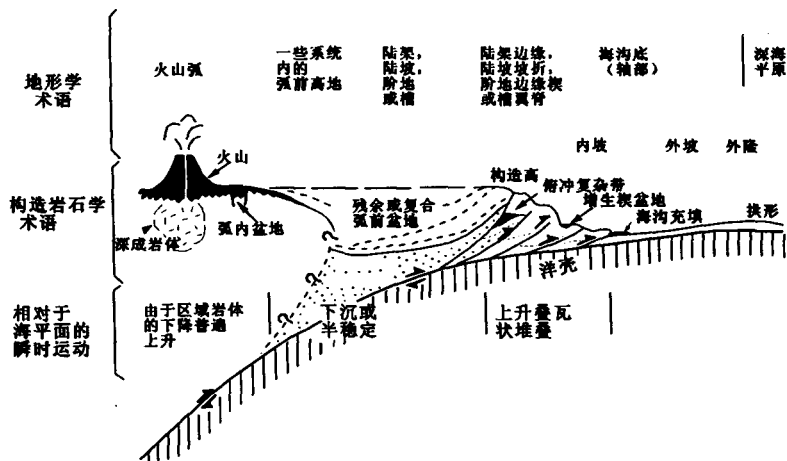


图2 与弧前地区有关的术语(Bill Dickinson 和 Don Seely, 1979)

Fig.2 Terminology related to a forearc region (Bill Dickinson and Don Seely, 1979)

2.2 扩张型弧后盆地特征及成藏条件

弧后地区位于岛弧后面向着大陆的一侧,发育于毕尼奥夫带上部的仰冲板块上。扩张的弧后地区,盆地主要为边缘海盆地,包括陆架盆地和弧后盆地,与日本海型大陆边缘有关。由于弧后微型扩张,火山岛弧与大陆分裂,形成比较复杂的盆地系统。

2.2.1 形成模式

Tamaki 和 Honza(1991)提出了弧后盆地形成的5种模式(图3),即俯冲板片引起的上涌模型、地幔羽注入模型、板块运动模型(弧后板块的消亡)、软流圈流动模型1(软流圈向东流动引起海沟向后滚动)、软流圈流动模型2(软流圈下降流的不稳定性引起海沟向后滚动)^[4]。

在以拉张为背景的弧后地区,会出现岩石圈减薄、正断层发育等特征,表现出与裂谷盆地相似的构造特征。

2.2.2 沉积特征

弧后地区通常有两个物源。一是大陆物源区,主要供给靠近大陆边缘盆地,它与次级弧后扩张轴为界,靠近大陆一侧大陆物源占主导,通常形成陆架浅水沉积层。二为岛弧物源区,主要提供

火山物质及碎屑沉积物质。在强烈的弧后扩张期有大量的玄武质、安山质火山岩浆喷发,使得靠近岛弧一侧沉积大量的火山碎屑岩及火山岩。并以海底扇相、深海相沉积环境为特征,物源来自火山岛弧^[5]。

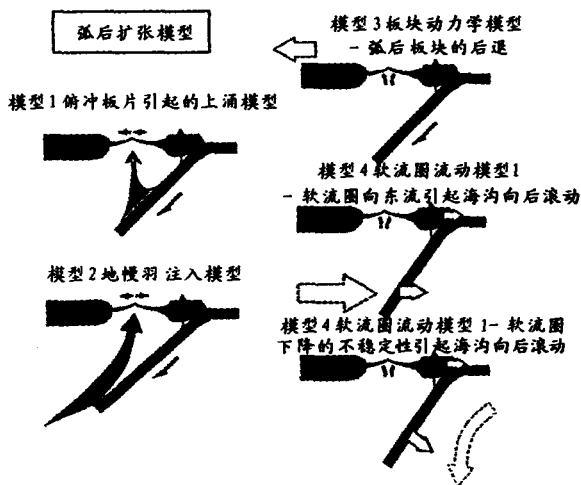


图3 弧后盆地的伸展模式(Tamaki 和 Honza, 1991)

Fig.3 Extension model for Backarc Basin

(After Tamaki and Honza, 1991)

Klein 和 Lee(1984)^[6]和 Klein (1985)^[7]综合了西太平洋地区可以获得的弧后盆地的资料,弧

后盆地主要的沉积类型有:非海相沉积物河流砂、砾岩;浅海碳酸盐岩夹风暴岩;深海相的水下扇浊积岩、碎屑流、粉砂质浊积岩、生物成因的半远洋碳酸盐沉积物、异地碳酸盐沉积物、生物成因的远洋硅质沉积物、远洋泥;发育大量的火山碎屑岩及火山岩,火山物质多属于岛弧火山系列,并与深海相沉积岩共生。

2.2.3 成藏条件分析

弧后地区主要表现为裂谷盆地的特征,具有高热流值。据日本、美国、苏联和我国台湾测量的200多个热流点,平均值约为 196 mW/m^2 ,远大于大洋中脊及其它边缘海的热流值(世界大洋平均热流值为 60 mW/m^2),成为全球热流值最高的地区(金性春,1995)。冲绳海槽地区北段热流值最高达 3140 mW/m^2 和 2010 mW/m^2 。中段160多个站位热流平均值达 243 mW/m^2 ,远大于世界大洋的平均热流值为 60 mW/m^2 (赵金海,2005)。弧后盆地的高热流值为烃源岩成熟提供了基础^[8]。

弧后地区陆架盆地和弧后盆地在早期裂谷的充填包括暗色海相富含有机质页岩。由于热流值较高,这些岩石在许多弧后盆地中是成熟的。在同裂谷发展期晚期,盆地热沉降变慢,富含有机质页岩沉积停止,在浊积体系中沉积了多个扇砂体储层,因此弧后地区成藏条件较好。日本岛弧周围有众多小的含油气沉积盆地,通常,在日本海东侧沿岸线发育的弧后盆地中油气潜能是好的;而在太平洋一侧的弧前盆地潜能较差。南海是西太平洋边缘海中最大的海盆之一,面积约 $300 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。从其构造发育史看,它具有独特的发育模式,如大西洋那样通过大陆张裂与分离、海底扩张而生成边缘海盆。南海珠江口盆地、北部湾盆地、莺歌海盆地和琼东南盆地等都是丰富的油气聚集区^[9]。中国东海盆地是一个陆架盆地,其中存在正在开发的大气田^[3]。

3 转换边缘盆地

北美加利福尼亚西部主要为转换边缘,发育与该种大陆边缘有关的走滑盆地。洛杉矶盆地是这些盆地中一个典型的例子。

3.1 盆地的形成模式

John crowell(1974a)提出了在圣安德烈亚斯

转换体系内盆地形成和沉积的观点,后来发展为拉张盆地形成的总模式(1974b),认为洛杉矶盆地的形成是从中新世早期的不规则拉张盆地开始的(图6),拉张盆地是在两个走向滑动的重叠带间拉张形成的^[10,11]。

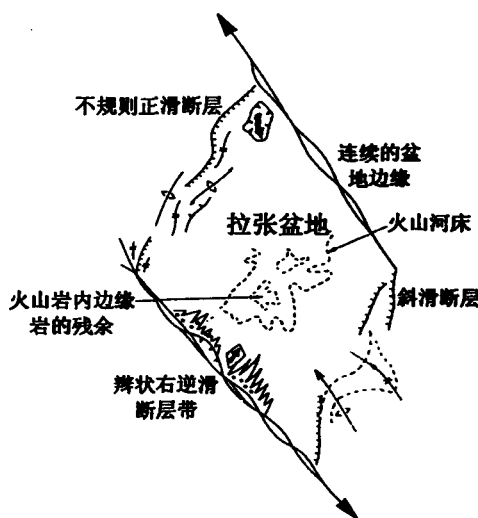


图4 理想化的拉张盆地示意图(据 Crowell,1974b)

Fig.4 A general model of pull apart basins
(After Crowell,1974b)

3.2 油气富集因素

洛杉矶盆地具有油气生成和被圈闭的最有利条件,其成藏条件的分析将会给类似盆地的勘探带来一些启示。

3.2.1 烃源岩及有机质保存

洛杉矶盆地内的烃源岩是富有机质的 Modelo, Puente, Monterey 地层中的岩石^[13],为腐泥型,有机碳达 18% ^[14],这种烃源岩在本区广泛分布, Barron(1986)认为,硅藻岩沉积物在北太平洋地区突然出现,是早中新世晚期北大西洋硅酸-侵蚀性底部水的产量增加的结果^[12],而此后的2百万年,由于主要的极地冷却作用造成天然气沿大陆边缘强烈上涌,从而使沿着北太平洋海岸线边缘的地表生产率提高。

Yerkes(1965)认为沉积物中原始的高有机质成分之所以能够保存,部分是由于收缩的洛杉矶盆地中循环不畅的结果。与走向滑动有关的沉积盆地中心狭窄且深(Ballance 和 Reading, 1980; Biddle 和 Christie-Blick, 1985),洛杉矶盆地的形成机制可能是这种受限循环的原因之一^[15]。

3.2.2 烃源岩的热演化

Pitman 和 Andrews(1985)从理论角度阐述了

小型拉张盆地的热演化历史,绝大部分异常热量是在盆地拉张期散失的,在盆地裂谷期和冷却期地温梯度保持相当稳定,这对烃源岩的成熟有重要的影响^[16]。Jeffrey等表明洛杉矶盆地中开采出来的原油绝大部分为低重质油(小于25°API)和有限高重质油、凝析油和非伴生天然气。向斜中心区产出了绝大多数油气。Philippe(1965)得出结论:盆地中大部分的石油在深于2 438 m处生成。所有这些皆表明盆地中的生油岩处于低成熟—中等成熟程度^[14]。

3.2.3 储层和圈闭

洛杉矶盆地内运移通道和储集层主要为中新统和上新统的浊积岩及相关的深海岩石^[17,18]。在盆地内的许多地方,这些浊积岩以及相关的深海岩石直接覆盖在潜在生油岩上并与之互层,使油气极好地进入沉积时形成的地层圈闭和宽阔的构造圈闭中。

洛杉矶盆地迄今已发现的油田最终可产出 10.4×10^9 bbl油当量的石油,其中约73%被圈闭于断层背斜中,12%存在于简单背斜中,10%在断层圈闭中,5%在地层圈闭中^[19]。

总之,与走向滑动有关的沉积盆地中心狭窄且深,为有机质提供了极佳的保存条件;盆地适度的温度结构使生油岩处于低成熟—中等成熟程度;深水形成的浊积岩及相关深海岩石直接覆盖在潜在生油岩上并与之互层,使油气极好地进入沉积时形成的地层圈闭和宽阔的构造圈闭中。所有这些条件使得洛杉矶盆地成为世界沉积盆地中油气资源最丰富的盆地之一。

4 油气成藏条件分析

4.1 生烃条件

Remankevich(1984)研究发现,大陆架的海底沉积物中,有机碳含量较高,主要原因是由河流、洋流带来的富营养物质及浅海区适宜的阳光等条件适合生物大规模生产。这是环太平洋大陆边缘地区发现的油气多靠近大陆的原因。同时,由弧后地区拉张作用或走滑断裂拉张作用产生的局限盆地有机质的保存创造了条件。岩石圈拉张减薄和地幔上隆产生的高热流为有机质的成熟演化提供了保证。同时,靠近大陆的地区,物源充足,沉积速率快,也是有机质能够保存和达到成熟的

一个原因。如中国的东海盆地存在拉张作用,而加利福尼亚地区也存在由转换断层引起的走滑拉张作用,为有机质的保存和成熟演化提供了条件。而弧前盆地地热梯度低,降低了源岩成熟的可能性。

4.2 储集条件

靠近大陆的陆架盆地与弧后盆地,可以有三角洲的砂、砾岩,水下扇浊积岩、碎屑流、粉砂质浊积岩,这些都可以作为良好的储集层。在转换断层为主的洛杉矶盆地,浊积体系中沉积的扇砂体储层,是有利的储集体系。而弧前盆地沉积物主要是来自岩浆弧的不稳定的火山和变质碎屑产物,沉积物成熟度低,缺乏好的储层。

总之,任何一个油气田的形成,都是多种因素综合作用的结果,缺乏油气田形成要素中的任何一个,都可能导致勘探的失败。作为活动大陆边缘,受板块俯冲的影响,环太平洋地区构造极为复杂,其成藏条件的评价远比大西洋被动大陆边缘复杂得多。环太平洋大陆边缘中,转换断层形成的走滑盆地、靠近大陆的陆架盆地和弧后盆地可能是较为有利的勘探远景区。

参考文献:

- 1 Andrew D Miall. Principles of Sedimentary Basin Analysis[M]. New York, Springer - Verlag, 1984, 371
- 2 Dickinson W R, Seely D R. Structure and stratigraphy of fore-arc regions[J]. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1977, (63): 2~31
- 3 Paul Mann, Lisa Gahagan, Mark B Gordon. Tectonic Setting of the World's Giant Oil and Gas Fields in Giant Oil and Gas Fields of the Decade 1990 - 1999[J]. AAPG Memoir, 2003, 78: 15~105
- 4 Tamaki K, Honza E. Global tectonics and formation of marginal basins: Role of the western Pacific[J]. Episodes, 1991, 14: 224~230
- 5 匡立春,王东坡. 弧后盆地的形成机制及沉积特征[J]. 世界地质, 1994, 13(3): 15~20
- 6 Klein G dev, Lee Y. L. A preliminary assessment of geodynamic controls on depositional systems and sandstone diagenesis in back-arc basins, western Pacific Ocean[J]. Tectonophysics, 1984, (102): 119~152
- 7 Klein G dev. The control of depositional depth, tectonic uplift, and volcanism on sedimentation processes in the back-arc basins of the western Pacific Ocean[J]. Journal of Geology, 1985, (93): 1~25
- 8 赵金海. 东海中、新生代盆地成因机制和演化(下)[J]. 海洋石油, 2005, 25(1): 1~10

- 9 姚伯初, 万玲, 刘振湖. 南海海域新生代沉积盆地构造演化的动力学特征及其油气资源[J]. 中国地质大学学报, 2004, 29(5): 543~549
- 10 Crowell J C. Sedimentation along the San Andreas fault[A]. Dott R H, Jr., Shaver R H, eds. Modern and ancient geosynclinal sedimentation: SEPM special publication[C]. 1974a, 19. 292~303
- 11 Crowell J C. Origin of late Cenozoic basins in southern California[A]. Dickinson W R, eds. Tectonic and sedimentation: SEPM special publication[C]. 1974b, 22. 190~204.
- 12 Barron. J A. Paleo-oceanographic and tectonic controls on deposition of the Monterey Formation and related siliceous rocks in California [J]. Palaeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1986, (53): 27~45
- 13 Gregg H Blake. 洛杉矶盆地晚第三纪生物地层学和地层学的观点在盆地演化中的作用[A]. Kevin T Biddle 编. 活动大陆边缘盆地, AAPG 论文集, 52[C]. 穆献中, 杨金凤, 李剑, 译. 北京: 石油工业出版社, 2000. 155~211
- 14 Alan W A, Jeffrey Hossein M. Alimi, Peter D J. 洛杉矶盆地油气系统地球化学特征[A]. Kevin T Biddle 编. 活动大陆边缘盆地, AAPG 论文集, 52[C]. 穆献中, 杨金凤, 李剑, 译. 北京: 石油工业出版社, 2000. 224~249
- 15 Kevin T Biddle. 洛杉矶盆地综述[A]. Kevin T Biddle 编. 活动大陆边缘盆地 AAPG 论文集, 52[C]. 穆献中, 杨金凤, 李剑, 译. 北京: 石油工业出版社, 2000. 4~25
- 16 Pitman G T, Andrews J A. Subsidence and thermal history of small pull-apart basins[A]. Biddle K T, Christie-Blick N, eds. Strike-slip deformation, basin formation, and sedimentation[C]. SEMP special publication 37, 1985. 45~49
- 17 Tom Redin. 洛杉矶盆地海底扇油气研究[A]. Kevin T Biddle 编. 活动大陆边缘盆地, AAPG 论文集, 52[C]. 穆献中, 杨金凤, 李剑, 译. 北京: 石油工业出版社, 2000. 270~290
- 18 Robert S Yeats, John M Beall. 洛杉矶盆地中油田的地层控制因素对油气运移史的指导[A]. Kevin T. Biddle 编. 活动大陆边缘盆地, AAPG 论文集, 52[C]. 穆献中, 杨金凤, 李剑, 译. 北京: 石油工业出版社, 2000. 250~269
- 19 Thomas L Wright. 加利福尼亚州洛杉矶盆地构造地质与构造演化[A]. Kevin T Biddle 编. 活动大陆边缘盆地, AAPG 论文集, 52[C]. 穆献中, 杨金凤, 李剑, 译. 北京: 石油工业出版社, 2000. 33~154

The basin types and reservoir forming condition of circum-Pacific active margins

Zhou Shuqing¹, Huang Haiping¹, Lin Changsong¹, Li Cungui²

(1. School of Energy Resources, Chinese University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Oil Plant No.4, Zhongyuan Petroleum Exploration Bureau, Puyang 457073, China)

Abstract: Many basins related to active margins locate on Circum-Pacific areas. Forearc basins and retroarc foreland basins locate on the Andean-style margins; forearc basins, shelf basins and backarc basins locate on the Japan Sea-style margins, and pull-apart basins locate on strike-slip margins. This paper analyses the forming models, tectonic evolving and sedimentary characteristics of these basins, and the reservoir forming condition. Some conclusions were as follows: reservoir forming condition is good in pull-apart basins, shelf basins and back-arc basins, but it is poor in forearc basins.

Key words: circum-Pacific; active margins; forearc basins; shelf basins; backarc basins; retroarc foreland basins; pull-apart basins; reservoir forming condition