

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

前陆盆地研究的回顾与展望

张明利¹⁾ 金之钧²⁾ 汤良杰²⁾ 刘国林³⁾

1) 中国石化石油勘探开发研究院, 北京, 100083

2) 石油大学, 北京, 102200; 3) 华北矿业高等专科学校, 河北三河, 101601

内容提要 前陆盆地是指位于克拉通边缘, 外侧为活动造山带的沉积盆地, 其成因主要与克拉通边缘的被动下弯和造山带一侧的构造负荷作用有关。盆地在形成演化、构造变形和沉积特征方面表现出独特的特征, 并与造山带的演化密切相关。目前国内外这类盆地在油气方面已显示出巨大的潜力, 成为石油地质学家和构造地质学家关注的热点。

关键词 前陆盆地 分类 演化历史 成因 盆地特征

前陆盆地是世界上油气最丰富、大油气田最多的一种盆地类型, 受到构造地质界和石油地质界的普遍重视。前陆盆地学是研究在前陆构造环境中盆地形成、演化与矿产资源的学科, 近20年来, 前陆盆地学在新的大地构造理论指导下得到了迅速的发展。本文回顾了前陆盆地概念的演变, 从文献中追踪前陆盆地原命名者的涵义和沿革, 以便更好地理解国内外学者提出的前陆盆地特征及模式, 最后根据前陆盆地的构造、沉积特征分析了该类盆地的含油气性, 并提出今后有关前陆盆地概念用法上的建议。

1 前陆和前陆盆地的概念

前陆 (foreland), 又称前地, 在一般地质学中是指在其他陆地前缘或与其毗邻的陆地, 它们之间存在自然地理关系。而构造地质学中的前陆是 Suess (1909) 创造的, 用以表达后陆朝着前陆运动的想法, 前陆是指与造山带毗邻的稳定的克拉通或地台的边缘地区, 此定义为后来的地质学家所引用和发展。Stille (1936) 给前陆下的定义是指“不再受阿尔卑斯褶皱作用的大地构造单元, 至多不过发生日尔曼型变形的地区”; Hills (1940) 对前陆的定义为“地槽沉积物变形时向着它运动的稳定地块”; Horberg 等 (1949) 描述前陆是“在一系列逆掩断片前面的地区”; Eardley (1951) 将前陆定义为“在阿尔卑斯, 大量的复杂褶皱的地槽沉积物及侵入岩被向北推动了数英里。运动所指向的、北面的稳定陆地, 就叫前

陆”。Eardley 的定义已很接近现今前陆的概念, 也是板块构造学说诞生之前被普遍接受的前陆概念。确切地说, 前陆是指与造山带 (或活动带) 相毗邻的、稳定的大陆部分, 造山带的岩石向其逆冲或逆掩。也就是说, 目前大家普遍都有这样一个基本观点, 即前陆是稳定区 (克拉通区) 和活动区 (地槽或造山带) 之间的过渡带。

前陆盆地是在前陆地区发育起来的盆地。依据前陆的概念, 前陆盆地可以定义为位于造山带前缘和相毗邻克拉通之间的、平行于造山带展布的盆地。它具有4个基本特点: 靠近盆地的褶皱—冲断带的构造负荷促使盆地弯曲沉陷; 盆地剖面明显不对称; 盆地靠近造山带一侧, 在其演化过程中遭受变形作用; 盆地的克拉通一侧与地台层序逐渐合并。

关于前陆盆地概念, 许多地质学家都曾对其有过讨论。不同作者对其有不同的命名, 如 Kay (1951) 的外地槽 (exogeosyncline), Umbgrove (1947) 的边缘深渊 (marginal deep) 等, 上述概念大体上都是指同一类型的盆地, 为前陆盆地的近义名词。

在槽台说的典型模式中, 地槽由优地槽向冒地槽方向逐渐迁移, 向地台区即出现前陆, 前陆受后期地槽回返的影响十分严重。在一些前苏联学者的地槽演化模式中, 前陆区位于地向斜向地台的一翼。在槽台学说阶段的研究中, Weeks (1952)、Dallmus (1955)、Olinin (1967)、Uspenskaya (1977) 等对前陆盆地都曾有过讨论 (何登发等, 1996b), 也就是说, 此

注: 本文为国家973项目 (编号 G1999043305) 的成果。

收稿日期: 2001-04-30; 改回日期: 2001-10-08; 责任编辑: 任希飞。

作者简介: 张明利, 男, 1963年生。1986年毕业于武汉地质学院, 1998年于中国地质大学 (北京) 获博士学位, 2000年在中国地质科学院完成博士后研究工作。现为中国石化石油勘探开发研究院高级工程师, 主要从事盆地构造分析和石油地质研究。通讯地址: 100083, 北京市海淀区学院路31号, 中国石化石油勘探开发研究院; 电话: 010-82312974。

时期前陆盆地的概念已初步形成。

在板块学说发展时期,不同学者应用此学说主要对前陆盆地的成因和分类进行了讨论。特别是在大洋海沟的重力测量中首先发现了大洋岩石圈板块的挠曲作用,这一发现推动了对大陆岩石圈,尤其是前陆这一过渡区挠曲现象的研究,并探讨了前陆区盆地的成因。

Dickinson (1974)在研究板块构造与沉积作用时,提出前陆盆地一词,认为前陆盆地是介于山系前缘及相邻克拉通之间的沉积盆地。

Allen 等(1986)在《前陆盆地》专著中将前陆盆地定义为“位于一个山链前沿和相邻克拉通之间的沉积盆地”。

何登发等(1995)通过系统研究提出的前陆盆地概念是“在前陆构造环境中冲断负荷、隆升剥蚀、挠曲沉降、沉积充填相互作用的动力学过程中形成的盆地”。上述概念比 Dickinson(1974)的定义更灵活、广泛,强调冲断负荷引起的挠曲沉降是盆地形成的基本成因。

综上所述,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,是沿着前陆冲断带的克拉通一侧作线状(或带状)沉降而形成的。从全球范围看,它是一种造山作用过程中伴随的地质现象,是形成于造山环境中的挤压型沉积盆地;从形态上看它是高度不对称的,向着造山带方向增厚,向着克拉通方向变薄并逐渐与克拉通层序合并。

2 前陆盆地分类

关于前陆盆地的分类,不同学者根据不同的分类准则对其有不同的划分与理解。最具有代表性的是 Dickinson(1976)对前陆盆地的分类。

在国外的早期盆地分类方案中,Weeks(1952)将这类盆地称为活动带盆地,相应的有边缘盆地或陆外盆地、陆内盆地、山间盆地等类型^①;Kay(1951)把这类盆地称之为外地槽,其同义词是前渊(foredeep),指毗邻岛弧凸侧或其他构造带的狭长凹陷,临近克拉通,其形成与造山作用从较深的优地槽移向靠近的冒地槽有关,是由造山带向前陆逆掩形成的凹陷,其中被来自隆起的山脉上剥蚀的大量碎屑物质所充填。

Dickinson(1976)从板块构造理论出发,根据盆地所处的大地构造背景和盆地演化,将前陆盆地分为周缘前陆盆地、弧后前陆盆地和破裂前陆盆地3种类型:

(1)周缘前陆盆地(peripheral foreland basin):在大陆陆块周缘,与碰撞造山带缝合线相接处形成的盆地,蛇绿岩缝合线带比岩基岩浆岩带、火山岩带更靠近盆地(图1a)。如印度—西瓦利克盆地和阿尔卑斯北部的磨拉石盆地等。这类盆地常常位于陆—陆碰撞造山带的外缘,与A型俯冲带有关(Bally et al., 1980)。

(2)弧后前陆盆地(retro-arc foreland basin):在大陆陆块边缘岩浆弧的后面、与岛弧造山带相邻的前陆盆地,蛇绿岩消减杂岩体比岩基岩浆岩带、火山岩更远离盆地(图1b)。如北美晚中、新生代形成的落矶山盆地。这类盆地位于岩浆弧后,是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,与洋壳俯冲(B型俯冲)有关。

(3)破裂前陆盆地(broken foreland basin):盆地的形成是因基底卷入前陆变形作用,造成了块状隆起和基底一核部褶皱所分割的孤立盆地,这种变形样式在周缘环境或弧后环境都可以发生。

根据 Dickinson 以上的定义,从盆地的基本成因机制上来看,前陆盆地的基本类型实际上可以归为两类,即周缘前陆盆地和弧后前陆盆地。

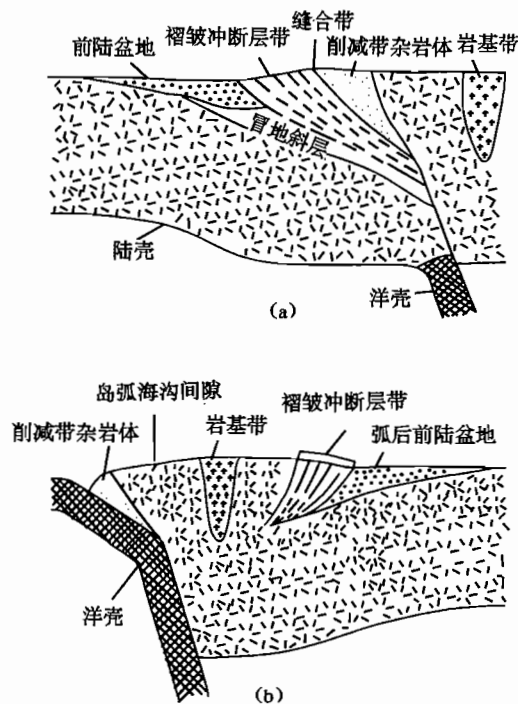


图1 前陆盆地的两种基本类型(据 Dickinson, 1976)

Fig. 1 Two basic types of foreland basin
(after Dickinson, 1976)

(a)—周缘前陆盆地; (b)—弧后前陆盆地

(a)—Peripheral foreland basin; (b)—retro-arc foreland basin

Bally 等(1980)在研究全球中、新生代巨型构造体系时对前陆盆地采用了不同的术语,把它们称之为缝合带周缘盆地(peripheral basin),即在大陆岩石圈之上发育与挤压型缝合线有关的盆地,并且认为盆地的形成与 A 型俯冲有关。Bally 把前陆盆地称为下伏地台型沉积的前渊,或与 A 型俯冲相邻并深陷在陆壳上的盆地,并细分为两种类型:具有潜伏地堑的斜坡但很少或没有断块的前渊和断块为主的前渊。但值得注意的是, Bally 特别强调碰撞后的盆地阶段是严格意义上的前陆盆地,因而必须承认前陆盆地是在挤压构造背景下形成的,目前国际上通用的前陆盆地也往往指的是这一时期的沉积盆地。

在最近前陆盆地研究中, Watts (1992) 和 Beaumont 等(1988)根据流变学将前陆盆地分为弹性板块上的前陆盆地和粘弹性板块上的前陆盆地,两者在盆地演化上也有一定的差异。

前陆盆地的剖面形态往往是不对称的,近造山

带一侧陡,向克拉通一侧宽缓,其几何形态可以是简单类型,也可以是复杂类型。在研究挤压环境的冲断作用时, Ricci Lucchi (1986) 从前陆盆地的剖面形态出发,根据逆掩冲断带对沉积体系的卷入程度,将其分出 5 种剖面类型(图 2): ①简单型: 逆掩冲断带前缘保持一个完整的前渊和不对称的地质体; ②复杂型: 沉积体遭破坏, 分成两个前渊的沉积体系; ③许多小前渊型: 沉积体遭多个掩冲席破坏, 每个掩冲席上都发育一个小沉积中心; ④背驮型: 掩冲席将一部分或全部沉积体冲断, 并背驮在逆冲席上; ⑤沉积后变形型: 沉积体全部卷入逆掩冲断带内。

国内对前陆盆地的研究起步较晚,但近年来国内学者对前陆盆地分类研究也取得了一定的进展。

陈发景^②曾提出挠曲类前陆盆地的概念。他认为有一些盆地的挠曲沉降作用类似前陆盆地,但并不毗邻造山带,可称为挠曲类前陆盆地。挠曲类前陆盆地与前陆盆地是近义词,强调了挠曲类前陆盆地形成于挤压构造环境,盆地的沉降是某种意义上的构造负荷引起的挠曲沉降。

甘克文等(1992)根据盆地的特性和演化程度将前陆盆地划分为 4 种基本类型: 边缘弯曲盆地、边缘块断盆地、碰撞前渊盆地和弧后前陆盆地。

刘和甫(1995)结合中国的实际情况,在 Dickinson (1976) 周缘前陆盆地和弧后前陆盆地分类的基础上,又进一步分出两类新的前陆盆地,即再生前陆盆地和分割前陆盆地(图 3)。

(1)再生前陆盆地(reactivated foreland basin): 中国某些陆内造山带发育地区的造山作用与同时代的俯冲作用或碰撞作用无关,也缺乏同时代的岩浆弧或蛇绿混杂岩,而与这些造山带相邻的盆地的形成常常与古特提斯构造阶段造山带在新特提斯构造阶段的再活动有关,这类盆地称之为再生前陆盆地。

(a)简单型



(b)复杂型



(c)许多小前渊型



(d)背驮型



(e)沉积后变形型



图 2 前陆盆地剖面类型(据 Ricci Lucchi, 1986)

Fig. 2 The cross section types of foreland basin
(after Ricci Lucchi, 1986)

(a)—simple; (b)—complex; (c)—split into minor basins;
(d)—associated with piggyback basin; (e)—deformed

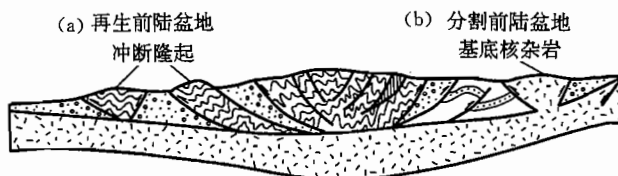


图 3 再生前陆盆地和分割前陆盆地剖面图
(据刘和甫, 1995)

Fig. 3 Cross sections of reactivated foreland basin and partitioned foreland basin
(after Liu Hefu, 1995)

(a)—Reactivated foreland basin; (b)—partitioned foreland basin

这类盆地前人称之为山前盆地或山间盆地;Bally 曾称之为“中国型盆地”,后称之为“喜马拉雅型盆地”或相当于 Graham 的“碰撞后继盆地”。再生前陆盆地的形成机制主要与多旋回造山作用所产生的地壳缩短和构造负荷有关。

(2)分割前陆盆地(partitioned foreland basin):典型前陆盆地基底往往呈现为简单宽缓连续的基底,在前陆盆地变形中基底未被卷入。而在有些前陆环境中基底已卷入到前陆变形中去,隆起的基底将前陆盆地分割成许多的小盆地,这类前陆盆地称之为分割前陆盆地。根据基底隆起方向与造山带走向关系又可以细分为与造山带近正交的分割前陆盆地和与造山带近平行的分割前陆盆地。

综上所述,目前诸多盆地分类大多数都是依据盆地所处的大地构造背景、盆地所在的构造单元及盆地成因进行命名的,个别分类是根据盆地的几何形态,另外,还有一些是根据盆地充填性质进行分类的,如复理石前陆盆地和磨拉石前陆盆地等。

3 前陆盆地的发育历史

前陆盆地的演化受控于冲断负荷、挠曲沉降、沉积充填等因素的相互作用,实际上是受控于盆地和周缘造山带的统一地球动力学环境,盆地与周缘造山带之间有机联系在不同程度上制约了盆地的发育。综合世界上诸多典型前陆盆地的特点,目前人们普遍认为前陆盆地的发展历史经过了如下阶段:①早期裂谷型被动陆缘阶段;②早期聚敛碰撞阶段;③过渡阶段;④晚期聚敛阶段。

近年来国内学者对前陆盆地发育历史的研究也取得了一定的进展,何登发(1996b)根据前陆盆地的沉积特征认为盆地的发育普遍经历了3个阶段:早期深海半深海复理石沉积阶段、海相磨拉石阶段和陆相磨拉石阶段。另外,刘和甫(1995)对周缘前陆盆地和弧后前陆盆地也建立了其相应的演化模式,认为从被动大陆边缘至周缘前陆盆地可划分为4个阶段:①大陆裂解,该阶段以构造沉降为主;②被动大陆边缘;③残留洋盆地与复理石前陆盆地;④磨拉石前陆盆地。从弧后洋盆到弧后前陆盆地可分为:①弧后裂陷;②弧后洋盆;③复理石前陆盆地;④磨拉石前陆盆地。

4 前陆盆地形成的力学机制

前陆盆地的沉积演化与毗邻的褶皱逆冲带构造演化之间有着密切关系,前陆岩石圈的弯曲形变是

前陆盆地形成的根本原因(曹守连等,1994;何登发等,1995;刘少峰,1995;甘克文,1995;潘效华,1995)。前陆盆地挠曲沉降的前提是岩石圈早期的伸展变薄和热沉降,俯冲作用的牵引力和仰冲作用的负荷力促使岩石圈挠曲形成前陆盆地。聚敛碰撞之前,前陆岩石圈表现为被动边缘的拖曳弯曲和减薄或裂谷期正断作用继续发育;聚敛之后,首先是俯冲板块刮削物质的堆积和俯冲板块对上覆板块的拖曳使前陆岩石圈弯曲。至碰撞开始时,碰撞带的增生造山负荷给岩石圈加载,同时由于地壳的均衡作用,使前陆区发生弯曲。当造山带的剥蚀产物堆积于前陆盆地中,这时的沉积物对岩石圈而言为沉积负载,对岩石圈的弯曲具有促进作用。由此看来,前陆盆地是在造山带和盆地沉积物的垂向负荷和地壳内部水平挤压作用下使下部地壳挠曲变形形成的,盆地形成的主要控制因素是构造负荷、盆地沉积物负荷以及在造山过程中形成的地壳内部水平挤压力,3种构造力同时作用于地壳,从而导致地壳在克服地幔均衡反力作用的同时发生挠曲沉降。

另外,前陆岩石圈的弯曲还受到岩石圈力学性质及流变特性的控制。根据典型前陆盆地的发育历史,许多学者认为,前陆岩石圈在弯曲过程中表现出粘弹性体的变形特征,即岩石圈在受载荷作用之后,首先发生较快速度的弹性变形,之后随着时间的推移,即使应力不再增加(即处于构造静止期),岩石圈也会由于物质调整和应力松弛,发生粘性应变,从而继续下弯(Watts,1992; Beaumont et al., 1988)。

5 前陆盆地的分布及含油气性

前陆盆地所处的大地构造位置决定了其分布必然与造山带相伴生,可以说只要有造山带的地方就有前陆盆地分布和发育。典型的弧后前陆盆地和周缘前陆盆地与地球上两种俯冲造山带相邻,即A型俯冲造山带和B型造山带。目前全球范围内的前陆盆地主要分布在如下几个带:乌拉尔古生代造山带、阿巴拉契亚古生代造山带、特提斯造山带和环太平洋造山带。世界上典型的前陆盆地有:乌拉尔前陆盆地、瑞士阿尔卑斯山北缘的磨拉石盆地,北美科迪勒拉体系东侧的加拿大西部盆地和落基山盆地,美国东部逆掩断层带西侧的阿巴拉契亚盆地,南部奥启塔山北侧的一系列盆地,阿拉斯加北坡前陆盆地,东委内瑞拉盆地,中国台湾西部前陆盆地,以及喜马拉雅体系南侧的印度—西瓦利克盆地等。从时间上看,世界上典型的前陆盆地目前已确认的最早的是在寒

武纪,最晚是在新近纪。其展布方向也多种多样,有SN向的、EW向的、NW向的,但不同方向的盆地总是平行于不同地史时期造山带的展布方向。

我国的前陆盆地主要分布在如下几个地区:塔里木盆地库车坳陷前缘、塔西南昆仑山前缘、准噶尔盆地南缘、准噶尔盆地东部博格达山前缘、贺兰山—六盘山前缘、龙门山前缘、哀牢山山前、南华北盆地南部秦岭和大别山前缘等。目前我国认识上比较一致的前陆盆地主要有:库车前陆盆地、塔西南前陆盆地、准噶尔盆地南缘前陆盆地、博格达山前缘前陆盆地、鄂尔多斯西缘前陆盆地、龙门山前陆盆地、南华北盆地南部前陆盆地、楚雄前陆盆地等。从时间上看,目前我国主要前陆盆地最早的是志留纪,最晚是新近纪。其展布方向主要为NWW—NW向和NNE—NE向,但不同方向的盆地总是同地质历史不同时期造山带的展布方向相平行。

据不完全统计,全球517个沉积盆地(沉积岩厚度大于1000m,面积大于250 km²以上)中,目前已在21个前陆盆地中发现了150个大油气田,占大油气田总数的14.2%;有22个前陆盆地中发现了中小型油气田,另外还有少数前陆盆地中有油气显示,上述表明前陆盆地内有可观的油气资源(甘克文等,1992)。Price(1994)也曾对世界典型前陆盆地含油气丰度做过统计,结果与上述结果相似,进一步证明前陆盆地有广阔的油气勘探远景。虽然前陆盆地系列是世界上油气最丰富、大油气田最多的盆地体系,但是前陆盆地的油气聚集规律却十分复杂。从全球性盆地统计分析结果看,作为前陆盆地系列而言,人们普遍看好由B型俯冲转变为A型俯冲的前陆盆地。此类前陆盆地在由被动离散陆缘转变为活动聚敛边缘时,往往出现半闭塞的深水盆地沉积,有利于形成良好的生油岩沉积环境,晚期盆地关闭萎缩期可发育蒸发岩层序,构成理想的区域性盖层,并因最终与相邻造山带属软碰撞性逆转,没有很发育的厚粗碎屑岩组成的前渊磨拉石堆积影响,虽然有明显的挤压变形构造,却无强烈的破坏和改造。欧洲的乌拉尔西侧盆地、美国的阿纳达科和二叠盆地、中东的阿拉伯湾—扎格罗斯盆地,都具有这种盆地演化特征,油气也特别丰富。而那些碰撞前渊沉积和已经逆转破坏的前陆盆地,实际上是没有油气前景的盆地。

6 建议与展望

前陆盆地作为一种特殊的构造现象和有利的油气分布区,一直受到人们的特别注意。近年来,随着

我国西部盆地油气资源的大规模勘探开发,前陆盆地一词已经成为我国学者最为关注和使用最多的地质名词之一,但目前对前陆盆地概念的理解和应用常不相同,经常出现对同一盆地给出不同的前陆盆地名称。如塔里木盆地北部的库车地区,许多学者都称为前陆盆地;曹守连等(1994)认为其与Dickinson(1974)厘定的前陆盆地性质不一样,称之为“类前陆盆地”;孙肇才^①认为中国西部陆相盆地,应属于特提斯碰撞造山带的后缘部位上的产物,因而称之为“前陆类盆地”;刘和甫(1995)认为中国西部的前陆盆地,是因为陆内俯冲(或陆内造山)所引起,有别于Dickinson(1974)的陆—洋碰撞俯冲形成的弧后前陆盆地和陆—陆碰撞形成的周缘前陆盆地,将其称为“再生前陆盆地”。另外,还有许多学者对中国前陆盆地名词和含义另有一些修正和不同的称谓,如“碰撞后继前陆盆地”(Graham et al., 1993)、“陆内前陆盆地”、“中国盆地”或“中国型盆地”(罗自立,1984)等。目前造成前陆盆地一词在中国使用上复杂化的主要原因,是中国西部盆地实际地质特征与国外典型的前陆盆地相比有很多的特殊性,这也是当前中国前陆盆地的研究现状和引起同行关注的焦点。鉴于目前种种情况,建议在前陆盆地概念上我们应该尊重前陆盆地原命名者的涵义,但也不要受其局限,可以根据我国西部含油气盆地的实际地质特征将其进一步发展。由于前陆盆地的发育与造山带密切相关,而我国多数造山带都为陆内造山带,因此建议在我国推广应用“陆内前陆盆地”名词。

近年来,国内前陆盆地研究越来越受到重视,许多学者对中国前陆盆地的构造特征和形成机理以及与油气的关系等方面都进行了很好的研究,并在该类型盆地的油气勘探中有了一定的成效(孙家振,1991;刘和甫等,1994a, 1994b;曹守连等,1994;何登发,1994;何登发等,1996a;康竹林等,1995;刘少峰,1995;刘少峰等,1999;张明山,1997;夏文臣等,1998)。但由于中国的克拉通块体面积较小,中生代以来的构造变动改造太复杂和强烈,使前陆盆地原型恢复比较困难,现存能够确认的前陆盆地目前还比较少,有许多前陆盆地的证据尚欠充分,有待于进一步研究证实。上述现象提醒我们今后应加强我国该类型盆地的研究,在此研究的基础上进一步扩大我国的找油气领域,为我国的石油工业做出更大贡献。

注 释

① 陆克政. 1992. 盆地类型及其特征. 石油大学讲义.

- ② 陈发景. 1992. 前陆(挠曲)盆地分析. 中国地质大学讲义.
 ③ 孙肇才. 2000. 中国中西部中生界前陆盆地类盆地构造演化及其含油气性. 九江:油气盆地研究新进展学术研究会文件.

参 考 文 献

- 曹守连, 陈发景, 罗传容. 1994. 塔北中生代前陆盆地沉降机制的数值模拟. 石油与天然气地质, 15(2):101~112.
 甘克文. 1995. 前陆盆地若干问题探讨. 见:丁贵明, 等编. 油气勘探工程新进展(一). 北京:石油工业出版社, 72~76.
 甘克文, 等. 1992. 世界含油气盆地地图说明书. 北京:石油工业出版社.
 何登发. 1994. 塔里木盆地新生代构造演化与油气聚集. 石油勘探与开发, 21(3):1~8.
 何登发, 李德生. 1995. 沉积盆地动力学研究新进展. 地学前缘, 2(3~4):53~58.
 何登发, 李德生. 1996a. 塔里木盆地构造演化与油气聚集. 北京:地质出版社.
 何登发, 吕修祥, 林永汉, 董大忠. 1996b. 前陆盆地分析. 北京:石油工业出版社.
 康竹林, 翟光明. 1995. 中国的前陆盆地与油气聚集. 石油学报, 16(4):1~8.
 刘和甫, 梁慧社, 蔡立国, 等. 1994a. 川西龙门山冲断系构造样式与前陆盆地演化. 地质学报, 68(2):101~118.
 刘和甫, 梁慧社, 蔡立国, 等. 1994b. 天山两侧前陆冲断系构造模式与前陆盆地演化. 地球科学——中国地质大学学报, 19(6):727~741.
 刘和甫. 1995. 前陆盆地类型及褶皱冲断层样式. 地学前缘, 2(3~4):59~68.
 刘少峰. 1995. 前陆盆地挠曲过程模拟的理论模型. 地学前缘, 2(3~4):69~77.
 刘少峰, 张国伟, 程顺有, 等. 1999. 东秦岭—大别山及邻区挠曲类盆地演化与碰撞造山过程. 地质科学, 34(3):336~346.
 罗自立. 1984. 试论中国型(C型)冲断带及其油气勘探等问题. 石油与天然气地质, 5(4):323~408.
 潘效华. 1995. 前陆盆地的特点及含油气性. 见:丁贵明, 等编. 油气勘探工程新进展(一). 北京:石油工业出版社, 15~25.
 孙家振. 1991. 前陆盆地逆冲断层类型与形成机制——以鄂尔多斯地块西缘和塔里木盆地为例. 石油与天然气地质, 12(4):406~416.
 夏文臣, 张宁, 袁晓萍, 孟科, 等. 1998. 柴达木侏罗系的构造层序及前陆盆地演化. 石油与天然气地质, 19(3):173~180.
 张明山. 1997. 陆内挤压造山带与陆内前陆盆地关系——以塔里木盆地北部与南天山为例. 现代地质, 11(4):461~470.

References

- Allen A P, Homewood P. 1986. Foreland Basin: an introduction. In: Foreland Basins. Blackwell Scientific Publication, 3, 8, 12.
 Bally A W, Snelson S. 1980. Realms of subsidence. Canadian Society of Petroleum Geologist Memoir, 9~75.
 Beaumont C, Quinlan G M, Hamilton J. 1988. Orogeny and stratigraphy: Numerical models of the Paleozoic in the eastern interior of North America. Tectonics, 7(3):389~416.
 Cao Shoulian, Chen Fajing, Luo Chuanrong. 1994. Numerical modeling of subsidence mechanism of a Meso—Cenozoic foreland basin in north Tarim. Oil & Gas Geology, 15(2):101~112 (in Chinese with English abstract).
 Dickinson W R. 1974. Plate tectonics and sedimentation. In: Dickinson W R, ed. Plate Tectonics and Sedimentation. Spec. Publ. Soc. Econ. Placount. Miner, Tulsa, 22, 1~27.
 Dickinson W R. 1976. Plate tectonic evolution of sedimentary basin. In: Plate Tectonics and Hydrocarbon Accumulation. AAPG Educational Series.
 Ding Daogui, Liu Weixin, Cui Kerui, Wang Daoxuan, Sun Shiqun. 1997. Tectonic analyses and hydrocarbon domains in the Mesozoic and Cenozoic Foreland. Experimental Petroleum Geology, 19(2):97~106.
 Eardley A J. 1951. Structural geology of North America. New York: Harper, 1~624.
 Graham S A, et al. 1993. Collisional successor basins of western China: Impact of tectonic inheritance on sand composition. Geol. Soc. Amer. Bull., 105:323~344.
 He Dengfa. 1994. Cenozoic tectonic evolution and oil-gas accumulation in Tarim basin. Petroleum Exploration and Development, 21(3):1~8 (in Chinese with English abstract).
 He Dengfa, Li Desheng. 1995. Advances in studies of the dynamics of sedimentary basin. Earth Science Frontiers, 2(3~4):53~58 (in Chinese with English abstract).
 Horberg C L, et al. 1949. Structural trends in central western Wyoming. Geol. Soc. America Bull., 60:183~216.
 Kang Zhulin, Zhai Guangming. 1995. Foreland basins and their hydrocarbon potential in China. Acta Petrolei Sinica, 16(4):1~8 (in Chinese with English abstract).
 Kay G M. 1951. Geosynclinal nomenclature and the craton. Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., 31: 1289~1293.
 Liu Hefu, Liang Huishe, Cai Liguang, et al. 1994a. Structural styles of the Longmenshan thrust belt and evolution of the foreland basin in west Sichuan Province, China. Acta Geology Sinica, 68(2):101~118 (in Chinese with English abstract).
 Liu Hefu, Liang Huishe, Cai Liguang, et al. 1994b. Evolution and structural style of Tianshan and adjacent basins, Northwestern China. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 19(6): 727~741 (in Chinese with English abstract).
 Liu Hefu. 1995. Classification of forland basin and fold thrust style. Earth Science Frontiers, 2(3~4):59~68 (in Chinese with English abstract).
 Liu Shaofeng. 1995. The theoretical models for simulating the flexural process of foreland basin. Earth Science Frontiers, 2(3~4):69~78 (in Chinese with English abstract).
 Liu Shaofeng, Zhang Guowei, Cheng Xunyou, et al. 1999. Evolution of flexural basins and process of collision orogeny in East Qinling—Dabie Mountains and its adjacent regions. Scientia Geologica Sinica, 34(3): 336~346 (in Chinese with English abstract).
 Luo Zhili. 1984. A preliminary approach on C-subduction and its hydrocarbon prospecting. Oil & Gas Geology, 5(4):323~408 (in Chinese with English abstract).
 Price L G. 1994. Basin richness and source rock disruption: a fundamental relationship. Journal of Petroleum Geology, 17(1):5~30.
 Ricci Lucchi F. 1986. Petroleum Exploration worldwide, a history of advances since 1950 and a look at future targets. Tulsa, Oklahoma: Pennwell Publishing Company.
 Stille H. 1936. Tektonische Beziehungen zwischen Nordamerika und Europa. In: 16th Internat., Geol. Cong. Rept., Washington. 829~838.
 Suess E. 1909. The face of the earth, Vol. 4. Oxford: Clarendon Press, 1~673.
 Sun Jiazhen. 1991. Types and formation mechanism of the thrust in

- foreland basin. *Oil & Gas Geology*, 12(4):406~416(in Chinese with English abstract).
- Umbgrove J H F. 1947. The pulse of the earth, 2nd ed. The Hague, Martinus,Nijhoff, 1~358.
- Watts A B. 1992. The effective elastic thickness of the lithosphere and the evolution of forland basin. *Basin Research*, 4:169~178.
- Xia Wenchen, Zhang Ning, Yuan Xiaoping, Meng Ke, Zhang Bingshan, Peng Xiaoqun. 1998. Jurassic tectonic sequences of Qaidam and foreland basin evolution. *Oil & Gas Geology*, 19(3): 173~180(in Chinese with English abstract).
- Zhang Mingshan. 1997. Relationship between intracontinental compressional orogenic belts and intracontinental foreland basin——an example of northern Tarim and southern Tianshan. *Geoscience*, 11(4):461~470(in Chinese with English abstract).

The Review and Outlook of the Study of Foreland Basin

ZHANG Mingli¹⁾, JIN Zhijun²⁾, TANG Liangjie²⁾, LIU Guolin³⁾

1) *Exploration and Production Research Institute (SEPRI), Beijing, 100083*

2) *University of Petroleum, Beijing, 102200; 3) North China Mining College, Hebei, 101601*

Abstract

A foreland basin refers to a sedimentary basin on the edge of a craton with an active orogenic belt in its outside. Its genesis is mainly related to the passive sagging of the craton edge and the structure loading on the side of orogen. The basin has distinct characteristics in its formation and evolution, structural deformation and deposition, and is closely related to the evolution of the orogenic belt. At present, basins of this type have shown enormous potential in oil and gas resources, and become a hot topic drawing great attention of petroleum geologists and structure geologists.

Key words: foreland basin; classification; evolving history; genesis; basin character
