

前陆盆地及其确定和研究*

刘池洋, 赵红格, 杨兴科, 王 锋

(西北大学大陆动力学教育部重点实验室, 西北大学含油气盆地研究所, 陕西西安 710069)

摘要: 经典的前陆盆地的概念可定义为: 形成于收缩造山带与相邻克拉通之间, 平行于造山带呈狭长带状展布的不对称冲断挠曲盆地。此定义包含了前陆盆地的分布位置和地壳性质、动力学机制与发育时限、平面展布、剖面结构以及相应的沉积建造等主要特征。但前陆盆地的基本结构和主要单元的位置在不同演化阶段是变化的; 其规模和形态及含油气性也差别较大。以盆地所处的地球动力学环境为基础, 将前陆盆地分为周缘前陆盆地、弧背前陆盆地和分裂前陆盆地三类。前两类为基本类型。中国中西部一些造山带周缘的压性盆地, 总体具有前陆盆地的结构、变形和沉积特征。根据其形成的动力来源、发育时限和主要特征, 将其作为一种新的盆地类型列出, 命名为陆内前陆盆地。与弧背前陆盆地和周缘前陆盆地相并列, 并对应于板块构造演化历程中的大洋消减、大陆碰撞和陆内缩短三个不同性质的聚敛阶段。前陆盆地的确定依据和研究内容主要有: (1) 构造属性; (2) 发育时限; (3) 盆山耦合; (4) 区域背景; (5) 原盆面貌; (6) 演化过程; (7) 沉积响应; (8) 纵向分区等。在确定前陆盆地时, 应注重该类盆地的共性; 在研究时, 应突出具体对象的个性。

关键词: 前陆盆地; 陆内前陆盆地; 中国中西部盆地; 确定依据; 研究内容; 盆山关系; 油气勘探

第一作者简介: 刘池洋(笔名刘池洋), 男, 49 岁, 教授(博士生导师), 油气地质与勘探和盆地动力学

中图分类号: P618.130.2

文献标识码: A

1 意义与问题

1.1 重要意义

前陆盆地构造位置重要、油气资源甚丰, 是盆地分析和油气勘探的重要领域^[1~7]。

地质学家重视前陆盆地, 主要是其形成的特殊大地构造位置和演化过程, 记录和反映了会聚构造环境演化的重要特征和关键时期。如在大陆会聚进入实质性的硬碰撞造山阶段, 位于原来两大块之间的大陆边缘沉积物开始发生较强烈褶皱和隆升; 此时期不仅没有较广泛的区域沉积, 而且遭受强烈而不均匀的剥蚀。于是, 从造山带本身确定硬碰撞和强造山的确切时期及具体过程困难很多, 甚至无能为力。就在此时期, 前陆盆地应运适时而生。盆地的形成和其内沉积地层的时代、厚度、物质组成和变形特征等, 是碰撞造山作用的结果和响应; 从另一个侧面翔实地记录了碰撞造山作用的时限、过程、阶段和强度等。显而易见, 前陆盆地在地球动力学演化和大地构造研究中占有重要的地位。

勘探家和产业部门关注前陆盆地, 自然是其蕴

藏有丰富的油气资源。20 世纪 90 年代, 我国西北地区油气勘探捷报频传; 后期在塔里木盆地库车坳陷和酒西盆地又获重大突破。这两个地区均在晚新生代以来具前陆盆地的典型结构和构造演化特点^[4~14]。于是, 前陆盆地成为我国当前油气地质研究和勘探的“热点”地区。

1.2 存在问题

中国大陆活动性强, 后期改造强烈, 盆地特征复杂^[15, 16]。对前陆盆地概念的理解方面, 目前尚因人而异、差异较大; 对其确定和研究, 仍众说纷纭、各行其是。

如在笔者最近阅及的有关晚三叠世楚雄盆地构造属性的文献中, 就有“周缘前陆盆地”^[17~19]、“弧后前陆盆地”^[20]、“是裂谷而不是前渊(前陆)”^[21]等迥然不同的认识。即使观点相同或相近者, 对有些重要问题的认识仍有较大差别。如关于周缘前陆盆地的发育时限, 朱同兴等^[19]认为从晚三叠世到早第三纪古新世; 而许效松等^[17, 18]则主张仅限于晚三叠世。再如, 蔡立国等^[20]认为, 楚雄弧后前陆盆地的形成, 是晚三叠世“墨江洋盆向东俯冲消减”的结果。然钟大赉等^[22]指出: 岩石、构造变形和地球物理等研究资料, “均支持墨江支洋盆地的消减方向是由东向西的, 扬子陆块为下驮俯

* 国家重点基础研究发展规划项目(G1998040808)资助

收稿日期: 2002-09-30

冲地块,而思茅地块为上驮仰冲地块。”类似的分歧,在其他地区前陆盆地的研究中也屡见不鲜^[13,14]。由此可见,对前陆盆地的概念及其确定和研究的内容,确有进一步讨论的必要。

2 概念和特征

前陆盆地(foreland basin)及其相关术语在地学中出现较早,可追溯到上世纪初^[1,4,7]。其涵义虽因人而异,与时有变,但其内涵却大同小异。板块构造学兴起以来,更重视和强调其形成的地球动力学环境和过程及其大地构造意义。

综合已有研究^[1~3],经典的前陆盆地的概念可定义为:发育在收缩造山带与相邻克拉通之间,平行于造山带呈狭长带状展布的不对称冲断挠曲盆地。此定义包含了前陆盆地以下主要特征。

2.1 分布位置和地壳性质

形成于造山带前缘与相邻克拉通之间的前陆地区;主体坐落在与克拉通相关的陆壳上,靠造山带一侧可卷入部分褶皱基底。

2.2 动力学机制与发育时限

前陆盆地的形成主要与收缩造山带及相关俯冲体系的地球动力学过程有关。盆地的发育时限与此造山过程大致同步。挤压构造负荷引起的挠曲沉降是盆地形成的主因;构造变形以挤压褶皱、冲断-推覆为鲜明特色。

2.3 平面展布

平行于造山带呈狭长带状延展;其纵向范围大致与相邻造山带前缘的冲断-褶皱带的长度相当;不包括纵向上溢出到残留洋盆地(如孟加拉湾和印度的海下扇)或裂谷中的沉积物,因其不直接受造山带地球动力学作用的控制。

2.4 剖面结构

前陆盆地的横剖面结构明显不对称(图1,2)。由造山带往克拉通方向,典型前陆盆地依次呈冲断褶皱带→前渊深拗陷→斜坡带和前隆四元结构特点(图1C)。毗邻造山带一侧,遭受挤压构造变形强烈。向克拉通方向,变形强度递减,在克拉通一侧可发育正断层^[1];盆地基底埋深变浅;沉积地层厚度减薄、粒度变细,并逐渐过渡为克拉通层序。

值得注意的是:(1)随造山过程的发展,前陆盆地的剖面四元结构常发生往克拉通方向的横向迁移。所以,前陆盆地的基本结构和主要单元的位置在不同演化阶段是动态变化的;常会出现不同时期

各构造单元上下错位叠置的现象(图1B,C)。(2)受多种因素的影响,前陆盆地的规模和形态不尽一致,甚至差别较大,致使盆地的剖面四元结构中有的单元发育不完全,特征不典型。如有的盆地斜坡带宽度很窄,与前渊深拗陷或前隆难以明显区分,常将其与相邻某一单元合并。

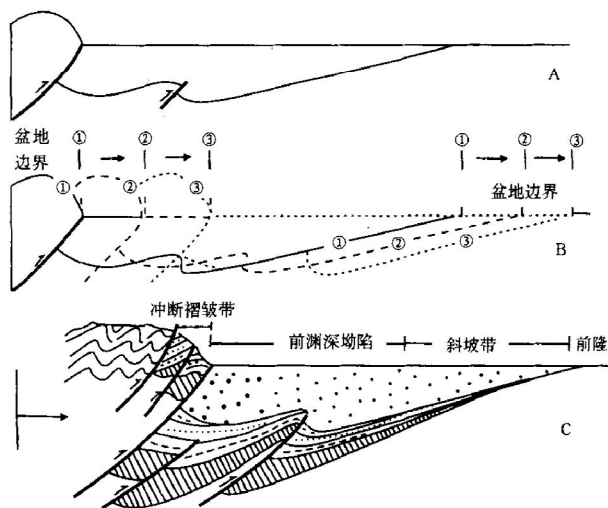


图1 前陆盆地演化横向迁移图

Fig. 1 Lateral migration during the evolution of foreland basin
A—早期(第一)阶段; B—盆地演化的3个阶段,盆地位置横向迁移和前期盆地结构改造,假定各阶段盆地结构和规模相同;
C—晚期(第三)阶段

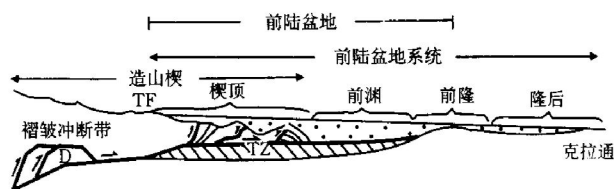


图2 前陆盆地系统横剖面几何形态图^[3]

Fig. 2 geometric pattern of foreland basin system in cross-section (from DeCelles et al, 1996; supplement)
(据 DeCelles 等, 1996, 补充)

D—双重构造; TF—冲断带地形前缘; TZ—前缘三角带; 黑点—前陆盆地; 斜线区—卷入图左侧冲断褶皱带中的前期陆缘沉积地层

DeCelles 等^[3]将前陆盆地不同形式复杂的构造单元作为一个整体,称之为“前陆盆地系统”。将其分为楔顶、前渊、前隆和隆后4个沉积-构造单元(图2)。在这4个单元中,没有列出斜坡带;而楔顶相当于前述的冲断褶皱带;所增添的隆后(拗陷)实际上与前陆盆地发育没有太多的直接联系,若确存在,应属克拉通盆地的一部分。DeCelles 等^[3]也承认,“在一些前陆盆地系统中,前隆和隆后沉积带可能不发育或缺失。”

2.5 沉积建造

前陆盆地在强烈挤压环境中挠曲沉降;山盆相邻隆降同步;地形高差大且不断发展,并逐步向陆

迁移。故前陆盆地的沉积建造以堆积速度快(过补偿)、厚度大、粒度粗,向克拉通方向递变较快为特征。磨拉石建造为其(近山一侧)常见且具代表性的岩石类型。沉积物源主要来自造山带,也有部分可能源自克拉通;建造以河流-三角洲杂岩体较为常见,也发育重力流沉积^[1],一般缺乏同期火山建造。

3 类型及讨论

3.1 经典的分类方案

在前陆盆地分类中,Dickinson^[1]的分类方案影响较大,有代表性。他根据大地构造背景和盆地变形-改造特征的不同,将前陆盆地分为周缘前陆盆地、弧背前陆盆地和分裂前陆盆地3种类型。前两种为其基本类型(图3)。

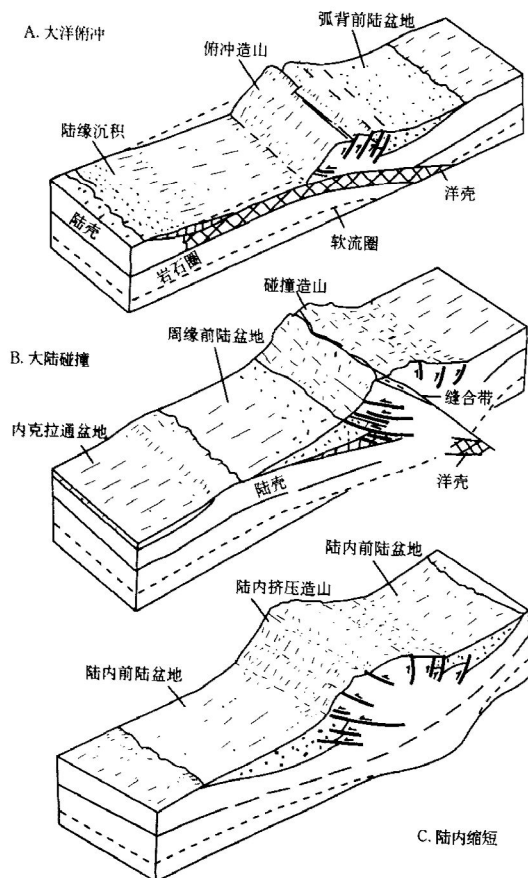


图3 各聚敛构造环境成盆-造山基本类型图

Fig. 3 Basic types of basin and orogen forming in each convergence tectonic environment

3.1.1 周缘前陆盆地(peripheral foreland basin)

又译为边缘前陆盆地;也称之为碰撞前陆盆地,是“典型的前陆盆地”^[1]。

盆地常常位于陆-陆碰撞造山带的外缘,与A型俯冲有关(图3B)。代表板块缝合的蛇绿岩带比

岩基岩浆岩带、火山岩带更靠近盆地。如印度西瓦利克盆地和阿尔卑斯北部的磨拉石盆地等。

这类盆地一般下伏有前期被动大陆边缘海相沉积(图3B)。后者的分布规模和保存程度,与盆地的发育背景、演化阶段和变形特征密切相关;对盆地的含油气性有重要影响。

3.1.2 弧背前陆盆地(retro-arc foreland basin)

这类盆地于大洋岩石圈向大陆消减俯冲过程中,在压性岩浆弧后形成,与B型洋壳俯冲有关(图3A)。蛇绿岩消减杂岩体比岩基岩浆岩带、火山岩带更远离盆地。如南美西部安第斯山东麓的系列盆地。

有必要指出,大洋岩石圈的B型俯冲,在岩浆弧之后地区常形成张性环境,发育扩张弧后盆地(back-arc basin)。如西太平洋宏伟的边缘海盆及弧间盆地。这与弧背盆地发育的压性弧后地区截然不同。现今东、西太平洋陆缘地区地质构造和地貌特征的显著差异,正是这两类性质不同的B型俯冲作用和弧后地区的典型代表和特征反映^[23]。这两种环境和盆地常同时存在,各自独立发展;在演化过程中,一般并无必然的直接转化关系。二者的另一个显著区别是,弧后扩张盆地多发育在洋壳及过渡壳上;而弧背前陆盆地形成于陆壳上,是“一种真正的内陆盆地”^[1]。

为了有所区别,通常分别用“backarc”和“retroarc”表示这两类弧后地区和盆地^[1,24]。正如Busby等^[24]所指出的,虽然这两个单词“在字面上是同义的,但前者用于张性和中性弧-沟体系;而后者用于压性弧-沟体系”。故对其汉译名,也应有相应的区别。弧后(backarc)扩张作用和其弧后盆地的称谓,早已为人们所熟悉和接受。笔者建议采用将“retroarc basin”译为“弧背盆地”^[25]的译名。

3.1.3 分裂前陆盆地(broken foreland basin)

在前陆盆地形成演化过程中,基底卷入前陆变形。由于盆地结构复杂和变形-改造强烈,断褶隆起的基底,可将前陆盆地的部分地区分隔成相对孤立的构造凹地(图4),称其为分裂前陆盆地,或破裂(肢解)和分割(partitioned)前陆盆地^[5]。因其被隔离在隆起较高的前陆断褶带内或造山带中,故也有foreland intermontane basin(前陆山间盆地)或intraforeland basin(内前陆盆地)^[24]的称谓。其他有关名称,诸如“tilted-block”(翘倾断块)和“Laramide”(拉勒米)盆地^[1,24]等,则是对一些具体

特征盆地或典型地区盆地(如美国落基山拉勒米构造带中的盆地)的称呼。

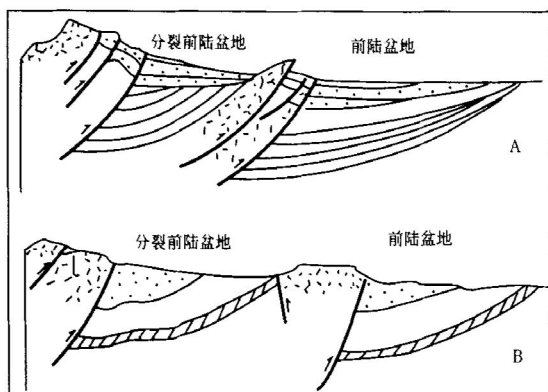


图4 分裂盆地基本类型图

Fig. 4 Major types of broken foreland basins

A—中期改造分裂, 晚期独立沉降;

B—晚期改造分裂, 后期剥蚀残留

按改造时期不同, 可将分裂盆地分为晚期独立发展沉降和后期剥蚀残留两大类型(图4)。

上述变形-改造过程复杂, 盆地形成方式和特征多样, 在各类前陆盆地演化过程中均可以发生, 也可看作背驮式前陆盆地^[24]的极端情况。

3.2 具前陆盆地结构的中国盆地

我国中西部一些造山带周缘的压性盆地, 总体具前陆盆地的结构、变形和沉积特征^[4~14, 17, 26]。其形成亦与大陆岩石圈的挤压挠曲作用有关(图3C)。但在该造山-成盆作用发生地区, 并不存在同期的碰撞或俯冲作用。因而缺乏同期岩浆弧或蛇绿混杂岩带。这类盆地的发育时限一般在碰撞造山期之后间隔较长时间; 其形成与距该区颇远的板块发生碰撞和进一步会聚产生的远程挤压造山作用有关^[27]。对这种在中国存在普遍、特征典型的陆内会聚, 罗立志等^[8]称之为“C型”俯冲。

这类盆地与前述经典前陆盆地发育的大地构造背景和时限明显不同。在沉积前, 前期的被动大陆边缘海相沉积多已遭受不同程度的改造。因而对其曾有多种称谓, 如类(准、似)前陆盆地、再生(复活、复合、碰撞后继)前陆盆地、前陆类盆地、中国(型)盆地等^[4~14]。这类盆地形成于已相对统一的大陆内部的古褶皱带周缘(图3C), 在经典前陆盆地类型^[1, 24]中并未包含。故笔者曾建议将其作为一种新的盆地类型列出, 并赞同称之为陆内前陆盆地(intracontinental foreland basins)^[26, 7, 14], 旨在与弧背前陆盆地和周缘前陆盆地在形成的大地构造

环境上相并列且有区别, 从而弥补以往盆地分类方案^[1, 24]中前陆盆地在类型上的缺陷。这样, 经典的前陆盆地概念没有改变, 但其内涵却得到了进一步的补充和发展。于是, 在板块构造演化的历程中, 大洋消减、大陆碰撞和陆内缩短(收缩)3个不同性质的聚敛阶段, 均有相对应的前陆盆地代表(图3)。

陆内前陆盆地作为一种新的盆地类型, 在形成机制、发育时限和沉积环境等方面自有其特有的个性; 但列入前陆盆地类型, 无疑应具有该大类盆地固有的共性。这是前陆盆地确定和研究应遵循的基本规则。

4 确定和研究内容

在地质历史上, 适于前陆盆地发育的地球动力学环境, 在时间和空间上均是相当有限的。

根据上述前陆盆地的概念、基本特征和类型, 结合油气勘探的具体实际, 研究前陆盆地应明确以下主要问题。其主要内容也相应为前陆盆地确定的依据。但二者的侧重点不同, 确定应注重同类的共性; 研究须突出对象的个性。

4.1 构造属性

现将前陆盆地分为4种类型, 即周缘前陆盆地、弧背前陆盆地、陆内前陆盆地和分裂前陆盆地。首先应明确研究的盆地属那一种类型。

属前三类盆地的那一种, 根据盆地发育期间所处的大地构造位置和发育时限即可界定; 后一种须通过再现盆地的演化-改造过程确定。

4.2 发育时限

适于前陆盆地发育的时期, 一般较为短暂, 但其地球动力学意义重要。

前陆盆地(1)通常叠加在前期不同类型的盆地之上, 使上、下盆地现今总体具有前陆盆地的结构特征; 或(2)被后期不同类型盆地所叠加, 使前陆盆地原始特征遭到不同程度的改造; 或(3)为不同时期、不同演化阶段前陆盆地的叠合; 或(4)为不同地区前陆盆地的复合等。注意识别、区别和剔去这几种情况可能产生的影响, 确切厘定前陆盆地的发育时限并非易事, 但这是该盆地研究的关键内容。

4.3 盆山耦合

前陆盆地与收缩造山带相伴而生、同步消长、有机耦合。有前陆盆地, 必有与之有成因联系的收缩造山带。确定与盆地发育时间相当、位置相邻、

有成因联系的收缩造山带及其规模和物质组成等,是确定前陆盆地及其对应特征的必要条件之一。对形成较早的前陆盆地,即使与之相伴的造山带现今可能已荡然无存,也应寻找其曾造山隆升较高或后期较大范围消减的证据。

但有造山带,不一定就有前陆盆地形成。因造山带的成因颇多,除收缩挤压型外,还有拉张块断、走滑隆升、热力作用等成因类型。

即使是收缩造山带,也未必一定伴有前陆盆地。因只有(较)强烈挤压、断褶和隆升的造山带,才同生有前陆盆地。然中国大部分陆块都较小,在其拼接碰撞时,大多会聚欠强烈,碰撞不造山;通常并不发育(典型的)前陆盆地^[28]。

4.4 区域背景

收缩造山带和前陆盆地的形成,均需要强度较大、持续时间较长的区域挤压构造环境。是否存在这种环境,是确定前陆盆地的另一个必要条件。若存在,须研究此区域挤压构造环境的:(1)形成背景;(2)持续时间;(3)区域挤压方向与前陆盆地和相邻山系是否近于垂直或呈大角度相交。这是一些重要而又常被忽视的问题。

应将前陆盆地形成所需要的持续区域挤压时期,与其他类型盆地演化末期或某一阶段末期发生的短暂挤压、盆地萎缩,甚至沉积间断相区别。后者常形成压性断裂或褶皱构造,并对前期盆地结构和沉积有明显改造。但由于此挤压环境存在时间短,一般不能作为该盆地属性或该阶段特征的代表。即使在某些地区形成与前陆盆地结构相似的特征,也不能将整个盆地或演化阶段定为前陆盆地。

目前有一种值得注意的趋势,即将一切压性构造都与前陆盆地相联系,或用前陆盆地囊括所有压性构造。压性构造有多种成因,其形成的构造环境复杂多样。前陆盆地仅是压性构造的一种类型,有其特定的分布位置和成因机制。有压性构造,即使为冲断褶皱和推覆构造,也未必与前陆盆地有必然的联系。

4.5 原盆面貌

在前陆盆地演化过程中,盆地本身就遭受强烈改造为特色。在盆地内部,改造与建造同步、改造和迁移共存。前期和早期的盆地,经晚期和后期的强烈改造,其原始面貌已大为改观甚至面目全非^[15,16](图1)。切不可简单地将今当古,进而据今

论古,探讨前陆盆地及其演化。所以,剔去后期改造的影响,恢复盆地原始面貌,是前陆盆地研究不可或缺的内容。此研究涉及领域广泛,至少包括以下3个方面。

(1)盆地原始沉积边界:特别是临山一侧后期遭强烈改造的不同时期的盆地沉积边界。

(2)盆地规模:主要应探究原始前陆盆地的展布长度、宽度和基底埋藏深度(即沉积充填物的厚度)及其内部变化和不同时期的演变;和其与相邻收缩造山带规模及特征的关系等。

(3)盆地结构:应查明①是否具明显的不对称结构;②此不对称结构是相对简单,还是较为复杂;③何时形成;④沉积建造与盆地结构是否协调及其时空变化特点;⑤与相邻山系和克拉通在结构上呈何耦合关系,在物源上有何联系。

4.6 演化过程

在前陆盆地演化过程中,不同阶段盆地的位置、结构、沉积和构造特征及下伏地层展布是不完全相同的(图1)。应研究:(1)盆地演化经历了几个主要阶段和各阶段的基本特征;(2)各时期前陆冲断带和盆地结构的横向迁移和纵向展布特点;(3)前陆冲断带总体为层间滑覆的薄皮拆离,还是基底卷入的厚皮褶覆;(4)是否存在重力滑覆等非压性构造;(5)不同时期盆地结构和构造特征的继承与改造关系等。

4.7 沉积响应

前陆盆地所在地为盆山耦合的典型地区,发生深浅不同层次、多种形式的物质交换。

深部的物质交换形式复杂、意义重大,是盆山形成和耦合的动力来源;物质总体以自陆(盆)向山运动为主,但研究难度大,探索性强。

表浅层的物质交换相对简单,主要是将山地风化剥蚀物搬运到盆地沉积。对此已从多方面进行了有益的探讨。其中沉积响应研究较多,为盆地沉降和山脉隆升及其演化等研究的基础和约束条件。前陆盆地沉积物的相带、厚度、岩性、粒度和物质成分等及其分布,具有明显的特点和规律;本身代表和蕴含着重要的盆山演化和区域构造信息,是研究盆山耦合、确定前陆盆地性质和特点、探讨盆地演化过程的重要途径。如可根据岩相组合、沉积速率及其变化,研究构造变动;通过沉积建造、地层层序和旋回,探讨盆地演化及其阶段;依据地层厚度、岩性和物质组成,反溯相邻山系隆升、母岩关系和物

源变化等。

4.8 纵向分区

前陆盆地复杂的构造变形,除表现为明显的横向分带(图2)外,沿盆地走向地质特征多变,即纵向分区也普遍存在^[28]。对后者,以往研究薄弱。如在从前陆盆地方面论及鄂尔多斯盆地西部构造时,多以由西向东逆冲推覆的马家滩地区构造为例(或为据),而对其北侧紧相连的由东向西逆冲的横山堡地区构造却很少提及。这相邻两地区构造的形成有机相联,厚此薄彼必然会使研究结论失之偏颇,并直接影响油气勘探成效。

所以在确定和研究前陆盆地时,要重视对横向(转换)构造带及其分区作用和各区地质构造特征的研究。同时应注意寻找在分区差异变形和隆升背景下,可能诱发的纵向拆离滑覆构造。这些都是体现前陆盆地个性的重要方面。

国内外油气勘探实践证明,前陆盆地油气资源丰富,但地质构造复杂,油气成藏条件多样。不同地区的含油气性相差悬殊,即使在同一前陆地区,不同区段的油气贫富程度和成藏特点也差别极大。受篇幅所限,本文对此重要内容暂不展开讨论。但须指出,据前陆盆地的共性确定盆地类型;从盆地动态演化与改造入手,进行深入研究,探讨盆地的个性,是客观认识研究区油气赋存-成藏特点和提高油气勘探成效的基础。

最后,引用《前陆盆地》会议论文集主编 Allen 等^[2]在该书开篇综述性论文中的最后一段话,作为本文的结语:“目前,关于前陆盆地沉积作用和构造作用已有了基础良好的模式。本此会议交流和本专集出版的论文,无论从当代到现代,还是到第三纪和中生代,或是古生代的实例,一个鲜明特点是相同。这种明显的一致性,部分可能是对一些流行的教条不加批判地简单盲从。我们应当谨防可能发生的这种情况。……对前陆盆地的研究肯定尚未完结,继续研究和进一步调查定能得出不同的概念和认识。我们希望本专集的出版能促进此进程。”笔者也希望本文的发表,能促进我国在前陆盆地研究方面的深化和繁荣。

参 考 文 献

1 Dickinson W R. Plate tectonic evolution of sedimentary basin[A]. In:

* 刘池洋. 大陆横向转换构造及其地质作用. 第四届世界华人地质科学研讨会论文摘要, 2002

Dickinson W R, Yarborough H. Plate tectonic and hydrocarbon accumulation[C]. AAPG Continuing Education Course Note Series, 1997, 1: 1~ 63

- 2 Allen P A, Homewood P, Williams G D. Foreland basin: an introduction [A]. In: Allen P A, Williams G D, ed. Foreland basin [C]. London: Blackwell Science Publication, 1986. 3~ 12
- 3 DeCelles P G, Giles K A. Foreland basin system [J]. Basin Research, 1996, 8: 105~ 123
- 4 何登发, 吕修祥, 林永汉, 等. 前陆盆地分析 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1996. 1~ 11
- 5 刘和甫. 前陆盆地类型及褶皱-冲断层样式 [J]. 地学前缘, 1995, 2(3): 59~ 68
- 6 高长林, 叶德燎, 钱一雄. 前陆盆地的类型及油气远景 [J]. 石油实验地质, 2000, 22(2): 99~ 104
- 7 张明利, 金之钧, 汤良杰, 等. 前陆盆地研究的回顾与展望 [J]. 地质论评, 2002, 48(2): 214~ 220
- 8 罗志立. 试论中国型(C-型)俯冲带及其油气勘探问题 [J]. 石油与天然气地质, 1984, 5(4): 315~ 323
- 9 陈发景, 汪新文, 张光亚, 等. 中国中生代前陆盆地的构造特征和地球动力学 [J]. 地球科学, 1996, 21(4): 366~ 372
- 10 勒久强. 中国中西部前陆盆地的油气勘探 [J]. 石油勘探与开发, 1997, 24(5): 11~ 14
- 11 杨明慧, 刘池洋. 中国中西部类前陆盆地特征及含油气性 [J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(1): 46~ 49
- 12 马新华, 魏国齐, 钱凯, 等. 我国中西部前陆盆地天然气勘探的几点认识 [J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(2): 114~ 117
- 13 张抗. 对塔里木盆地“前陆”的讨论 [J]. 新疆石油地质, 2000, 21(5): 370~ 374
- 14 孙肇才. 中国中西部中-新生代前陆类盆地及其含油气性 [A]. 见: 中国石油学会石油地质专业委员会. 油气盆地研究新进展 [C]. 北京: 石油工业出版社, 2002. 73~ 95
- 15 刘池洋, 杨兴科. 活动性强, 深部作用活跃——中国沉积盆地的两个重要特点 [J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(1): 1~ 6
- 16 刘池洋. 后期改造强烈——中国沉积盆地的重要特点之一 [J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(4): 255~ 261
- 17 许效松, 刘宝珺, 徐强, 等. 中国西部大型盆地分析及地球动力学 [M]. 北京: 地质出版社, 1997. 39~ 312
- 18 尹福光, 许效松, 万方, 等. 楚雄前陆盆地的油气特征 [J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(4): 308~ 312
- 19 朱同兴, 黄志英, 尹福光. 楚雄中生代前陆盆地的构造沉降史研究 [J]. 沉积与特提斯地质, 2000, 20(4): 20~ 30
- 20 蔡立国, 汪集暘. 楚雄弧后前陆盆地形成与充填特征 [A]. 见: 中国石油学会石油地质专业委员会. 油气盆地研究新进展 [C]. 北京: 石油工业出版社, 2002. 118~ 125
- 21 吴根耀, 吴浩若, 刘善印, 等. 楚雄盆地演化及其含油气远景 [J]. 长春科技大学学报, 1998, 28(专集): 143~ 147
- 22 钟大赉, 吴根耀, 翟明国, 等. 滇川西部古特提斯造山带 [M]. 北京: 科学出版社, 1998. 179~ 183
- 23 刘池洋. 对弧后扩张作用的探讨 [J]. 地质论评, 1993, 39(3): 187~ 195
- 24 Busby C J, Ingersoll R V. Tectonics of sedimentary basins [M]. Lon-

- don: Blackwell Science Publication, 1995. 1~ 51, 331~ 362, 393~ 424
- 25 金性春. 板块构造学基础[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1984. 160~ 162
- 26 田作基, 罗志立, 罗蛰潭, 等. 新疆阿瓦提陆内前陆盆地[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(4): 282~ 285
- 27 赵重远, 刘池洋. 大陆地质构造特点及其研究方法的思考[J]. 西北大学学报(自然科学版), 1991, 21(2): 55~ 63
- 28 刘池洋, 魏永佩, 赵红格. 造山带研究中值得注意的几个问题[A]. 见: 马宗晋, 杨主恩, 吴正文, 编. 构造地质学-岩石圈动力学研究进展[C]. 北京: 地震出版社, 1999. 130~ 137

FORELAND BASIN AND ITS DEFINITION AND RESEARCH

Liu Chiyang Zhao Hongge Yang Xingke Wang Feng

(The Key Laboratory of Continental Dynamics, the Ministry of Education; Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Oil Bearing Basin Research Institute of Northwest University, Xi'an, Shaanxi)

Abstract: A classical concept of foreland basin can be defined as follows: Formed between the contracted orogen and its neighboring craton, an asymmetrical thrust flexure basin parallels to the orogen and extends in a long and narrow type. This definition includes the main characteristics of distribution location, crustal feature, dynamic mechanism developing stage, planar distribution and profile structures along with corresponding sedimentary formation. However, the basic structures and the location of main units of the foreland basin are variable in various stages of its evolution and also with difference both in its pattern and oil and gas bearing features. The foreland basin, on the basis of its geodynamic environment, can be subdivided into three types of peripheral foreland basin, retro-arc foreland basin and broken foreland basin. The former two types are the fundamental subdivisions.

Many compressive basins around orogens in mid-west China generally have the structural features, deformation and deposition of foreland basins. According to dynamic sources, developing stages, and main characters during the development of the foreland basin, the basin could be named in a new type of foreland basin namely, intra-continent foreland basin that can be discriminated from the peripheral foreland basin and retro-arc foreland basin. Therefore they are corresponding to the three different featured convergent stages of ocean subduction, continental collision and intra-continent contraction in the structural evolution of plates.

The basis for the definition and the contents for the research of the foreland basin are as follows: (1) tectonic attribute in which kinds the foreland basin belongs to; (2) developing states; (3) basin and orogen coupling; (4) regional background; (5) prototype basin topography; (6) evolutionary process; (7) sedimentary reaction; (8) vertical distribution. Attention should be paid to the generality of the foreland basin while defining it; Importance should be attached to the individuality of the foreland basin when studying it.

Keywords: foreland basin; intra-continent foreland basin; mid-west basin in China; definition base; research content; relations between basin and orogen; oil and gas exploration