

文章编号: 1000-6524(2004)04-0318-09

从贺兰山区的三叠-侏罗系论国内前陆盆地的研究

苏春乾, 杨兴科, 刘继庆, 张忠义

(长安大学 地球科学与国土资源学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 在我国前陆盆地研究中, 谨防泛前陆盆地化, 进一步准确理解其概念和涵义, 了解国外典型前陆盆地的特征是必要的。同时, 应加强对我国中西部“中国型盆地”的研究。贺兰山山脉主体部分主要由三叠-侏罗纪沉积地层组成。西到阿拉善地块, 东至鄂尔多斯盆地, 三叠-侏罗纪地层单元为纸坊组、延长群、延安组、直罗组和安定组。贺兰山隆升的时间应在中生代末期-新生代; 地层序列表现出的特征是水由浅变深; 岩屑成分和古流向玫瑰花图显示其物源来自北部贺兰山群; 表现盆地形状和深度的地层等厚线也不是终止于山脉东侧, 而是一直延续到了阿拉善地块上; 主要逆冲断裂的逆冲方向在东侧是向西, 在西侧是向东。以上特征均表明它与前陆盆地的特征和标志不符, 鄂尔多斯盆地西缘, 至少是西缘中北部不是前陆盆地。

关键词: 鄂尔多斯盆地; 前陆盆地; 贺兰山; 阿拉善地块; 地层序列; 地层等厚线

中图分类号: P534.5; P544+.4

文献标识码: A

A study of foreland basins in the light of Triassic-Jurassic strata of the Helan Mountain

SU Chun-qian, YANG Xing-ke, LIU Ji-qing and ZHANG Zhong-yi

(Earth Science and Territory Resources College, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract: In the foreland basin researches of China, the deep and accurate understanding of the concept and meaning of the foreland basins and the comprehension of the features of the typical foreland basins abroad are absolutely necessary so as to prevent the excessive broadening of the concept of the foreland basin. In addition, the research on "Sino-type basin" in central western China should be strengthened. The main part of the Helan Mountain is composed of Triassic-Jurassic strata, which comprise from west Alxa massif to east Ordos Basin Zhifang-Yanchang Group, Yan'an Formation, Zhiluo Formation and Anding Formation. The Helanshan Mountain lifting might have taken place at the end of Mesozoic-Cenozoic period. The stratigraphic sequence is characterized by the increasing depth of water. The lithic fragment components and the rose diagram of paleocurrent show that the sediments must have come from Helanshan Group in the north. The stratigraphic isopaches which describe the shape of the basin and the depth of water extend into Alxa massif instead of being ended on the eastern side of the Helan Mountain. The thrusting direction of the main thrust faults is westward on the eastern side of the mountain and eastward on the western side. The above-mentioned features are not consistent with the characteristics and criteria of the foreland basin. The western edge of Ordos Basin, at least the central northern part of the western edge, is not a foreland basin.

Key words: Ordos Basin; foreland basin; Helan Mountain; Alxa massif; stratigraphic sequence; stratigraphic isopach

收稿日期: 2004-04-06; 修订日期: 2004-06-25

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973)资助项目(2003CB214601)

作者简介: 苏春乾(1960-), 男, 副教授, 主要从事沉积岩石学、沉积盆地分析、沉积相与沉积环境方面的教学和研究, E-mail: chunqian@pub.xaonline.com.

20世纪70—90年代是欧美地学界前陆盆地研究的高潮期,1986召开的前陆盆地会议就是其研究成果的总结。会后出版的论文集在中国地学界掀起了前陆盆地研究的热潮,取得了一大批研究成果,特别是把沉积盆地的形成和造山带造山作用联系起来的盆-山耦合研究思路,极大促进了我国在前陆盆地研究方面的深化和繁荣,同时也引起了一些有识之士的忧虑:“前陆盆地”一词在空间上有泛前陆盆地化,在地史演化中有扩大化、名词术语引用上有复杂化的倾向(刘池阳等,2002)。前人对鄂尔多斯盆地西缘构造属性的描述有地垒、地堑型盆地(苏春乾等,1995a,1995b)、前陆盆地(勒久强,1997;刘少峰等,1997;刘和甫等,2000;张光亚等,2002;解国爱等,2003;贾承造等,2003),在前陆盆地说中又有周缘前陆盆地、类前陆盆地或再生前陆盆地(勒久强,1997;车自成等,1998;杨明慧等,2000;雷振宇等,2001)等迥然不同的认识。既使持前陆盆地观点者,对有些重要问题的认识仍有较大差别。如关于前陆盆地的发育时限,一些人认为是从中三叠世到早白垩世(靳久强,1997),有人认为是从晚三叠世到侏罗纪(张光亚等,2002),部分人则主张仅限于晚三叠世(刘少峰等,1997),少数人认为鄂尔多斯盆地西缘从晚古生代就开始了前陆盆地的演化(解国爱等,2003)。类似的分歧,在其他地区沉积盆地的研究中也屡见不鲜,特别是最近又掀起了新一轮在前陆盆地中寻找新的油气远景区的高潮。因此对前陆盆地

的概念及特征确有进一步讨论的必要。

1 前陆盆地的概念

Price和Mountjoy(1971)首次将前陆褶皱(foreland fold)和逆冲带(reverse thrust belts)两个术语应用于加拿大落基山带,用以描述落基山脉以挤压作用为主的褶皱和断裂构造组合的特征。随后,Dickinson(1974)从板块构造背景出发,将前陆盆地(foreland basins)正式引入地质学中,用于描述弧后盆地和周缘盆地,认为盆地中的充填物沉积于陆壳或较早的裂谷边缘,但主要来源于相邻的褶皱和逆冲带。

Beaumont(1981)、Stockmal和Beaumont(1987)用地球动力学模型定量地说明了克拉通边缘由于逆冲断片产生的负载引起相邻前陆盆地形成的概念。Leckie和Smith(1992)把前陆盆地定义为:沉积在与活动造山带相邻的克拉通地区的沉积序列,沉积物主要来源于造山带并向造山带加厚,邻近造山带的前陆盆地沉积物通常都被卷入沉积期后的褶皱并向克拉通逆冲,导致构造缩短和先前沉积物在盆地内自源自生沉积(cannibalization)(图1)。

2 典型前陆盆地的特征、标志及类型

2.1 构造位置与动力学机制

从经典的前陆盆地定义和国内外典型前陆盆地

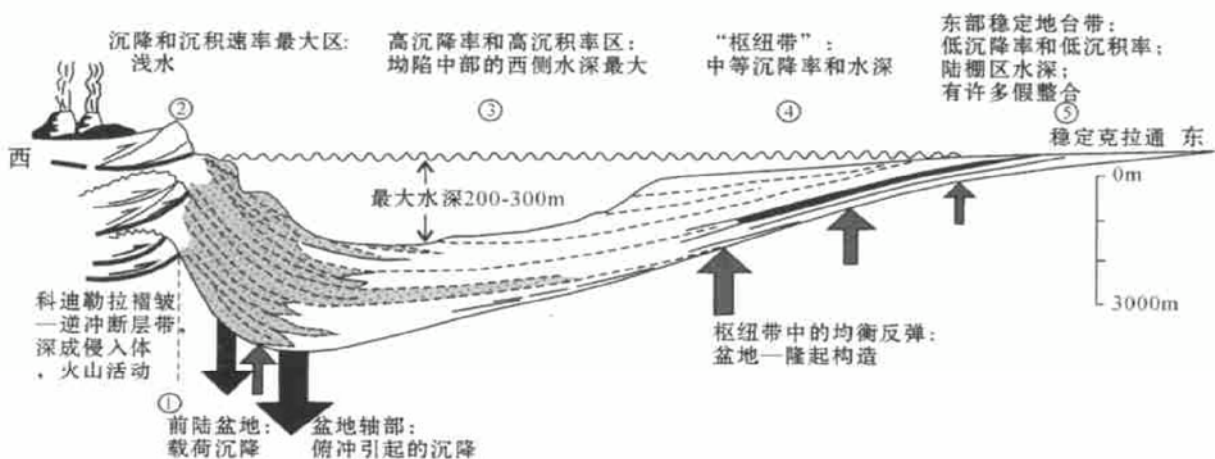


图1 横穿西加拿大前陆盆地的构造和地层理想剖面图(转引自Leckie和Smith,1992)

Fig.1 Ideal transverse tectonic and stratigraphic section across the foreland basin in West Canada (from Leckie and Smith, 1992)

箭头的位置、方向和大小分别表示相对逆冲、沉降、隆起的方向和大小

The site, direction and size of arrows indicate separately the direction and size of thrust, subsidence and uplift

的研究结果(Beaumont *et al.*, 1981; Allen *et al.*, 1986; 董云鹏等, 1997; 刘和甫等, 2000; 陆克政等, 2003)看,其构造位置处于与活动造山带毗邻的克拉通一侧,盆地的大部分处于克拉通之上(图2)。

大多数人(Beaumont *et al.*, 1981; Allen *et al.*, 1986; Dickinson, 1974; Price *et al.*, 1971; Fermor *et al.*, 1992; Jervey, 1992; Leckie and Smith, 1992; Macqueen *et al.*, 1992; Stockmal *et al.*, 1992; Busby *et al.*, 1995; Declles *et al.*, 1996; 董云鹏等, 1997; 谭富文等, 1999; 刘和甫等, 2000; 陆克政等, 2003; 伍杨洋等, 2003)认为造山带的隆升与相邻前陆盆地的拗陷是由于造山带向克拉通之上褶皱-逆冲造成上地壳的加载和前陆盆地中巨厚沉积物负荷引起的岩石圈和莫霍面的均衡调整造成的,其沉积-构造演化与毗邻造山带的褶皱逆冲构造演化密切相关,造山带的逆冲动力直接控制盆地沉降与沉积响应。

2.2 盆-山耦合的过程和时限

在盆-山耦合过程中,以边缘活动造山带向克拉通之上逆冲开始,随后岩石圈均衡形成前陆盆地,也就是说,逆冲-叠置造山在前,造山作用开始的偏后形成前陆盆地,随后才是逆冲-叠置造山和前陆盆地沉积同步。前陆盆地的发育时限与造山过程大致同步。

2.3 沉积物源和沉积建造

前陆盆地的沉积物主要来源于活动造山带(Allen *et al.*, 1986; Roger *et al.*, 1992)。其中发现的最老的沉积以细粒、浊积沉积物为主,并认为它们是与造山带最初的地形演化伴生的,因而沉积物供应相对较少。相反,前陆盆地中的晚期沉积是以浅水或陆相为主,并伴生一个发育完全的造山带。增强了地形落差,侵蚀作用可提供丰富的沉积物源,所以前陆盆地的山前地区应是近源粗碎屑堆积物,愈接近造山带沉积物愈显示出近源的特征。

前陆盆地发育在造山带边缘的强烈挤压构造环境中,造山带本身强烈的挤压-逆冲-叠置-隆升作用使前陆盆地,特别是邻近造山带的区域具有极强的活动性。所以前陆盆地的沉积建造也表现出活动性的特点,沉积物以堆积速度快、厚度大、粒度粗、成熟度低、向克拉通方向递变较快为特征,沉积建造以磨拉石建造为特征。

2.4 盆地形态与演化

前陆盆地在平面上呈平行于造山带的窄长带状(图2)。在地层等厚线图上,沉积地层向造山带边缘处加厚,并突然终止于主造山带逆冲断裂线上。剖面上表现出明显的不对称现象,呈向造山带方向迅速加厚的楔状。

盆地的基底地层是被动大陆边缘或稳定克拉

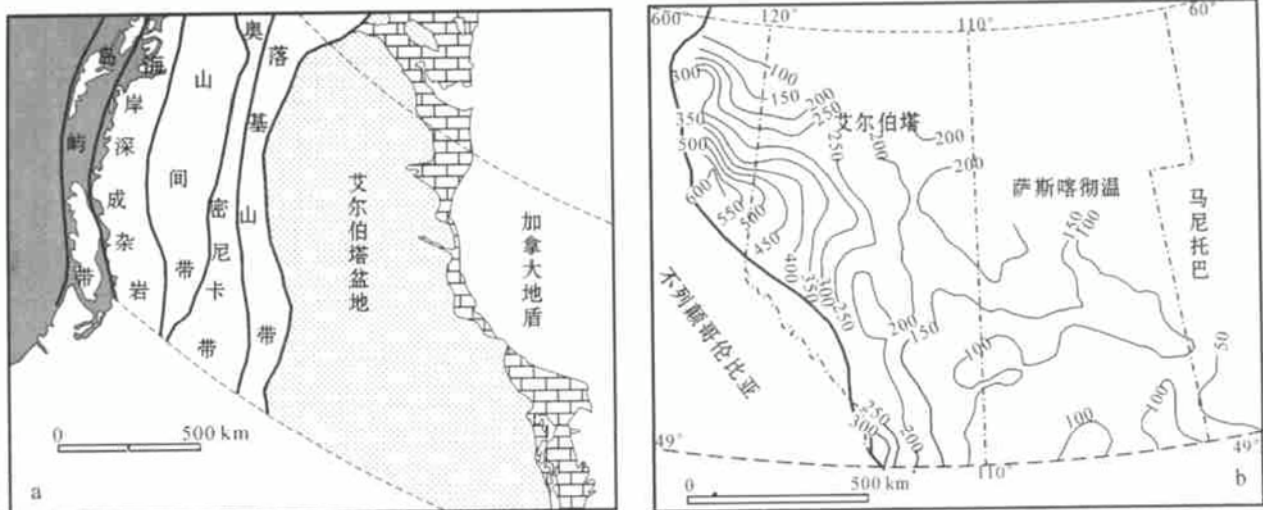


图2 西加拿大前陆盆地的构造背景和沉积特征(据 Macqueen 和 Leckie, 1992 综合)

Fig. 2 The tectonic setting and deposition feature of the foreland basins in West Canada (from Macqueen and Leckie, 1992)

a—构造和沉积分区图; b—沉积厚度等值线图

a—tectonic setting and deposition map; b—sedimentary isopach map

通。在逆冲造山期间,地形高差大且不断发展,逆冲断片逐步向陆迁移。邻近造山带的前陆盆地边缘的沉积物可被卷入后期的断褶带,平行造山带的窄长带状沉积特征(地层厚度)更加明显。沉积环境以带状分布的冲积扇群和河流相结束。

2.5 经典分类方案

对于前陆盆地, Dickinson(1974, 1976) 的分类是最初的也是最经典的分类,他将前陆盆地分为周缘前陆盆地(peripheral foreland basins)、弧背前陆盆地(retroarc foreland basins)和破裂前陆盆地(broken foreland basins) 3 大类。我国学者大多也是介绍此分类方案。

2.6 国内的研究和讨论

在 20 世纪 80 年代以后,我国学者(勒久强, 1997; 车自成等, 1998; 杨明慧等, 2000; 雷振宇等, 2001) 在前陆盆地的研究中提出了许多术语名词, 诸如类(准、似)前陆盆地、再生(复活、复合)前陆盆地、前陆盆地、陆内前陆盆地等等。这说明我国,特别是中、西部的所谓前陆盆地与世界典型前陆盆地之间存在巨大差异。之所以还将它们归属为前陆盆地,意在丰富前陆盆地的类型,但实质上已经超出了前陆盆地的范畴。既然有这么明显的差别,还不如另起名称而作为一种与前陆盆地并列的盆地类型。Bally(1980) 的“中国型盆地”就是一例。

3 贺兰山地区的区域地质概况

贺兰山位于阿拉善地块与华北地台之间,西以小松山—阿拉善左旗东侧—巴伦别立一线的隐伏断裂与阿拉善地块为界,东以石嘴山—银川一线的隐伏断裂与银川地堑(鄂尔多斯西部)相邻(图 3)。现今的阿拉善地块之上是腾格里沙漠,钻孔资料显示浅部大面积分布有白垩纪的红色陆相地层(宁夏回族自治区地质矿产局, 1990)。山脉北段(正义关断裂之北)地层以晚太古代老变质岩系贺兰山群为主,其上零星出露有盖层型的蓟县系和长城系,其次是古生代地层(华北型寒武系—奥陶系、石炭系、二叠系)。该段地形较平缓。中段(正义关断裂以南—苏峪口—土井子)是贺兰山脉的主体,大面积分布着三叠—侏罗纪沉积地层,其中小松山—苏峪口之间的地区,西到阿拉善地块边缘断裂,东至银川地堑边缘断裂,山体几乎全是由三叠—侏罗系组成,包括贺兰山主峰地带。苏峪口—土井子之间的地段以蓟县—长

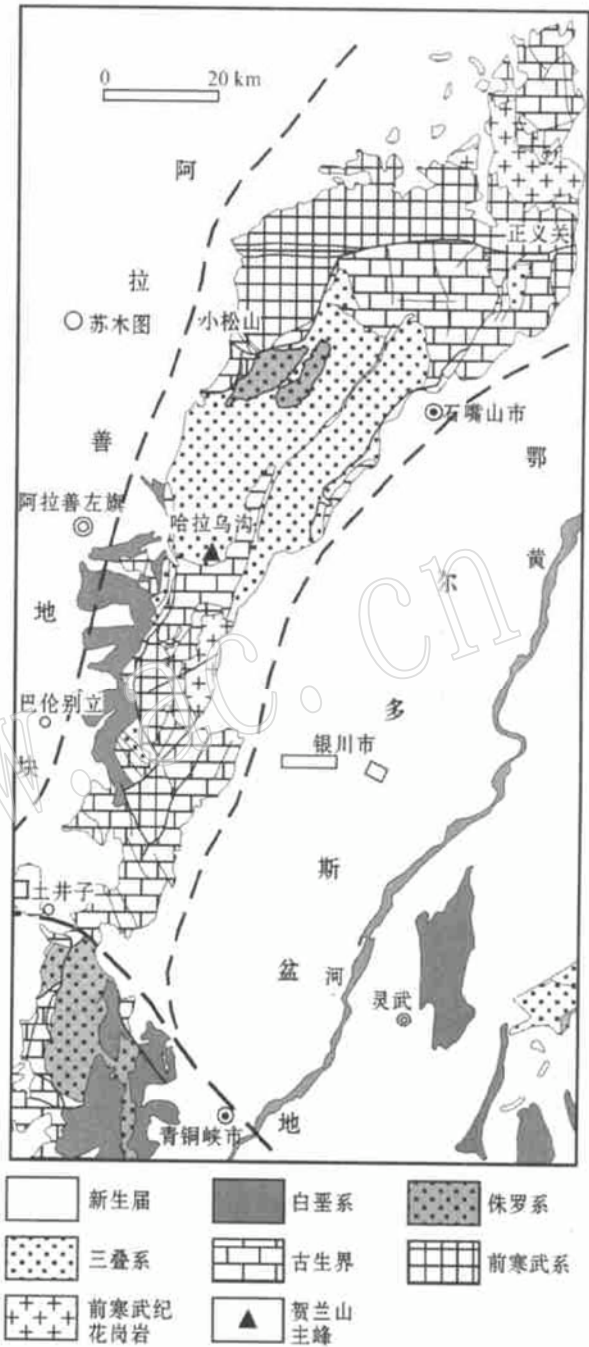


图 3 贺兰山地区地质简图

Fig. 3 Geological sketch map of the Helan Mountain

城系和华北型早古生代地层为主,山体的西侧呈南北向断续出露有部分三叠纪纸坊组和延长群。南段(土井子—青铜峡断裂西南)出露有秦岭—祁连型的古生代地层(寒武、奥陶、泥盆、石炭系)和鄂尔多斯型侏罗系及白垩系。在土井子以北,现今出露的断裂走向多为北东向和近南北向,部分为东西向。山脉东部的北东向断裂大都东倾,西部的北东向断裂

有东倾的,也有西倾的。区内侵入岩为前寒武纪的花岗岩类,其他岩类较少出现,仅在小松山有少量超基性岩出露。

4 贺兰山地区的三叠-侏罗纪地层

4.1 地层组成

经过宁夏回族自治区地质矿产局(1990)多年的研究,贺兰山区的三叠-侏罗纪地层由下而上依次为:三叠纪纸坊组、延长群,侏罗纪延安组、直罗组和安定组。

(1) 纸坊组:以紫红色、紫灰色中-细粒长石石英砂岩为主,夹少量紫红色粉砂岩薄层,上部夹含砾砂岩、砂砾岩。以含有下伏石千峰组紫红色细砂岩、粉砂岩及泥岩砾块为特征。最大厚度达1200 m。

(2) 延长群:从下而上划分为5个岩性段,组成一个完整的向上变细的沉积旋回。第1、2岩组从黄绿色、浅灰色砾岩、砂砾岩逐渐向上过渡为中厚层状长石石英砂岩。最大厚度1700 m。第3岩组为浅灰色中厚层粗-中粒长石石英砂岩夹黑色薄层细砂岩、粉砂岩、泥岩。厚约500 m。第4岩性段以浅灰色厚-中厚层状细粒长石石英砂岩、石英砂岩为主,

夹少量黑色页岩。厚约500 m。第5岩性段为黑色纸片状页岩、粉砂岩夹薄-中层状砂岩。厚度达300 m。

(3) 延安组:以普遍含有可采煤层为特征。下段为灰白色砾岩、中-粗粒长石石英砂岩、长石砂岩、石英砂岩夹灰黑色页岩、薄煤层,上段以灰黑色泥岩、页岩及粉砂岩为主,含稳定的可采煤层。最厚时达522 m。

(4) 直罗组:为浅灰色长石石英砂岩、长石砂岩夹灰绿色、灰黑色粉砂质页岩及薄层粉砂岩。厚度500 m。

(5) 安定组:以紫红色泥岩为主,夹灰白色厚层状中-细粒长石砂岩及薄层粉砂岩,局部地段夹有紫红色泥质灰岩。最大厚度1079 m。

4.2 地层对比

大区域性岩性对比表明,贺兰山区的纸坊组岩性组合与晋西的早三叠世刘家沟组、和尚沟组存在较大差异,而与陕北地区的纸坊组相近。三叠纪延长群、侏罗纪延安组、直罗组和安定组从岩性组合特征看与陕北地区的延长群基本一致,没有明显变化(表1)。从地层所含的动植物化石组合面貌看与鄂尔多斯盆地相同。众所周知,前陆盆地内毗邻造山

表1 鄂尔多斯盆地三叠-侏罗纪地层对比表

Table 1 Correlation chart of the Triassic-Jurassic strata in Ordos Basin

地层系统		贺兰山地区	宁夏东部地区	陕北	山西
侏罗系	上统		芬芳河组	芬芳河组	
		安定组	安定组	安定组	天河池组
	中统	直罗组	直罗组	直罗组	云岗组
		延安组	延安组	延安组	大同组
三叠系	上统	延长群	延长群	富县组	永定庄组
				延长群	延长群
				铜川组	铜川组
	中统	纸坊组	纸坊组	纸坊组	二马营组
	下统			和尚沟组	和尚沟组
				刘家沟组	刘家沟组
下伏地层	石千峰组	石千峰组	石千峰组	石千峰组	

带地区的沉积环境、沉积建造与克拉通内部有巨大的区别(图 1)。前者是沉积中心,以活动型沉积建造为特征,以冲积扇、河流环境为主,沉积物组分的成熟度很低,而克拉通内部则以稳定型沉积建造为特征,以海相或陆相湖泊为主,沉积物组分成熟度高。显然鄂尔多斯盆地及其西缘不具有这些特征,反而表现出岩性组合和地层单元的高度一致性。

贺兰山地区的三叠纪纸坊组和延长群之间以及延长群的 5 个岩性段之间均为整合接触关系。侏罗纪延安组、直罗组和安定组之间亦为整合接触关系。三叠系与侏罗系之间为平行不整合接触关系,而这个平行不整合面在鄂尔多斯盆地中普遍存在,说明其构造运动性质是升降型造陆运动,不是造山运动。

4.3 三叠纪沉积特征

贺兰山及其邻区的三叠纪沉积盆地格局如图 4。两个小型沉积盆地——贺兰山盆地和贺兰山脉以东的灵武盆地(都属于鄂尔多斯盆地的一部分)之间是银川隆起带。贺兰山盆地北缘和西缘均为同生断裂所围绕,断裂为正断层。沉积物粒度北部粗,东南部细,砾石含量北部最高,西部次之,东南部最低,反映沉积物主要来源于北部的贺兰山群和西部的阿拉善地块。地层等厚线图显示盆地基底北部、西部深,而东部南部浅(图 4),说明贺兰山盆地是一个半地堑型的沉积盆地。

贺兰山地区三叠系层序特征如图 5。从图可以看出,由三叠纪纸坊组到延长群的 5 个岩性段,总体特征具粒度向上变细、水体逐渐变深的演化趋势。

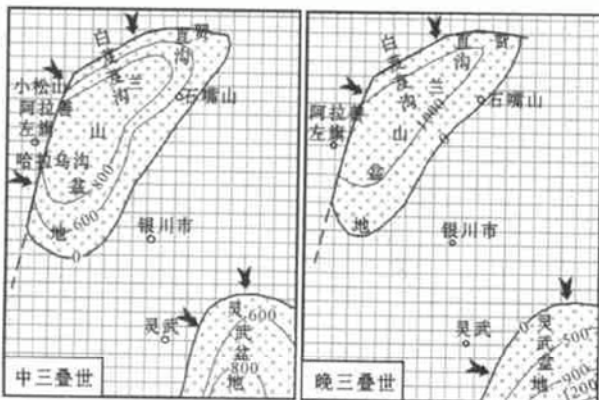


图 4 贺兰山及邻区三叠纪沉积格局示意图
[据宁夏回族自治区地质矿产局(1990)修改]

Fig. 4 Diagrammatic map of Triassic deposition in the Helan Mountain and adjacent areas(modified after Bureau of Geology and Mineral Resources of Ningxia Hui Autonomous Region, 1990)

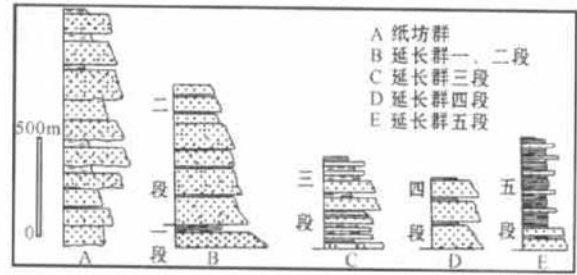


图 5 贺兰山三叠纪地层序列图

Fig. 5 Stratigraphic sequence of Triassic strata in the Helan Mountain

沉积层序的这种演化规律与前陆盆地边缘明显不同。后者随着造山作用的发展,岩片不断叠覆,山体不断升高,盆地边缘持续下沉,高差的增大使沉积物颗粒连续变粗,形成一套向上变粗的沉积序列。

纸坊组和延长群均为湖泊-三角洲沉积体系,其演化以三角洲体系和湖泊体系的多旋回进-退为特征。三叠系总体显示出湖进、三角洲退的旋回特点,与前陆盆地的水体变浅演化趋势不一致。

4.4 侏罗纪沉积特征

侏罗纪的沉积盆地分布明显继承了三叠纪的特征(图 6),但晚期由 3 个小盆地组成:除了贺兰山盆地和灵武盆地以外,在贺兰山南段还新形成了新井子盆地。显然鄂尔多斯大盆地的范围扩大到了贺兰山南段,也说明贺兰山南段在晚侏罗世时也下沉接受沉积。贺兰山盆地的沉积格局与三叠纪相似,只是盆地的面积明显缩小了,但半地堑型沉积盆地的样式仍然保存。

侏罗纪为冲积扇-湖泊体系的多旋回进退,沉积

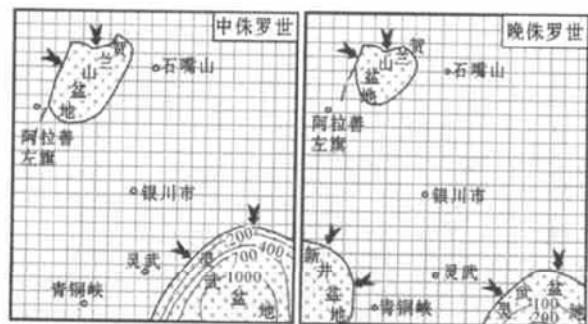


图 6 贺兰山及邻区侏罗纪沉积格局示意图
[据宁夏回族自治区地质矿产局(1990)修改]

Fig. 6 Diagrammatic map of Jurassic deposition in the Helan Mountain and adjacent areas (modified after Bureau of Geology and Mineral Resources of Ningxia Hui Autonomous Region, 1990)

层序和盆地的不断缩小说明盆地不断淤浅的发展演化过程。但这种淤浅过程是湖泊干缩(安定组红色细碎屑岩)造成的,而不是伴随成熟造山带的粗粒河流-冲积扇相结束的。

5 物源和古水流

野外和室内研究表明,盆地北缘白芨芨沟附近的侏罗系中所含的砾石成分和砂级碎屑成分为盆地边缘断裂以北贺兰山群的片麻岩、变粒岩及古花岗岩;三叠系底部含有许多断裂以北的二叠纪石千峰组紫红色泥岩碎屑,显示其主要沉积物来源于北侧的贺兰山群及石炭-二叠纪地层。侏罗系底部含有直径达5 m的贺兰山群片麻岩巨砾,说明以近源为特点,具有就地取材的性质。盆地西部边缘的沉积物碎屑成分与阿拉善地块的古生代地层及前古生代地层的成分一致,显示其碎屑物来自西侧的阿拉善古陆,而且碎屑的磨圆度和成分成熟度较高,说明碎屑物经过了较长距离的搬运,反映阿拉善古陆与沉积盆地之间高差不大。

据三叠系实测板状斜层理细层所做的古流向玫瑰花图(图7)显示:早-中三叠世早期古流向为90°型,主要有两个方向,即向南和向东;中期基本为单向型,以南东向为主;晚期为120°型,主体向南。这也反映早-中三叠世盆地的主要沉积环境是河流或湖泊三角洲;晚三叠世古流向以分散为特征,虽然主体以南东为主,但也出现其他方向,说明水流方向多变,具有湖泊环境的特点。就盆地内不同位置的古流向变化看,北部边缘地区(白芨芨沟-一直沟一带)由北向南,显示其物源来自于正义关-小松山断裂之



图7 贺兰山三叠纪地层古流向玫瑰花图

Fig. 7 Paleocurrent rose diagram of Triassic strata in the Helan Mountain

北的贺兰山群老变质岩;在盆地西缘(小松山-哈拉乌沟一带)由西向东,显示物源来自于西侧的阿拉善古陆。

6 鄂尔多斯盆地的构造属性

中生代的鄂尔多斯盆地是一个大型的内陆克拉通盆地,基底位于华北板块(地台)之上,盆地的演化与贺兰山地区基本一致。笔者对盆地北部、东部边缘的构造属性没有做进一步的研究,不能否定这些地区有前陆盆地的可能性。但在鄂尔多斯盆地西缘和南缘,特别是在中生代时期,是以边缘断陷沉降为主,不存在以逆冲推覆为特征的前陆盆地。

鄂尔多斯盆地是一个近等轴状的内陆盆地,没有前陆盆地应具有的“呈平行于造山带的窄长带状”的平面形态。同时,盆地中央的地层厚度(陕北地区)与边缘区(周边)相差不大,剖面形态也不具前陆盆地的极不对称的特征。当然,一个大型盆地内部不可能是完全水平的,因而也不能通过局部的等厚线变化来说明鄂尔多斯盆地是前陆盆地。

7 岩浆事件

贺兰山地区的中酸性侵入岩主要位于前寒武纪地层分布区,以花岗岩和花岗闪长岩为主。据1:5万呼鲁斯太、古拉本幅区域地质调查报告^①和1:20万阿左旗幅区域地质调查报告^②,这此岩体的形成年龄在 $2056 \pm 81 \sim 1062 \text{ Ma}$,即形成时代为太古宙-元古宙。

贺兰山地区的超基性-基性侵入岩体仅有小松山超基性岩体。据1:20万石嘴山市幅区域地质调查报告^③,该岩体的形成时代为加里东晚期(384.4 Ma)。

据宁夏回族自治区区域地质志(宁夏回族自治区地质矿产局,1990),贺兰山地区的大规模岩浆活动分别发生在前寒武纪和早古生代,之后便再没有大规模的岩浆活动。中生代时期,贺兰山地区惟一的一次小规模岩浆活动产物是延长群顶部的面积不到 2 km^2 、厚度仅30多米的玄武岩。其化学成分属

① 西安地质学院. 1991. 呼鲁斯太、古拉本幅1:5万区域地质调查报告(内部资料).

② 宁夏地质矿产局区调队. 1983. 阿左旗幅1:20万区域地质调查报告(内部资料).

③ 宁夏地质矿产局区调队. 1983. 石嘴山市幅1:20万区域地质调查报告(内部资料).

于板内玄武岩,不是造山期的岛弧拉斑玄武岩。

综上所述,在晚古生代及其以后,贺兰山地区没有发生过较大规模的岩浆侵入事件,因此,产生剧烈的挤压、碰撞型式的造山运动可能性也不大。

8 讨论

贺兰山脉主体区域所分布的绝大部分是三叠-侏罗纪地层,与鄂尔多斯盆地内部的该时代地层是同一套地层(纸坊组、延长群、延安组、直罗组和安定组),证明贺兰山当时是沉积盆地,而不是造山带。

从地层出露情况看,贺兰山的隆升时间应该在晚侏罗世以后,与中-新生代鄂尔多斯盆地西缘的前陆盆地的时限不符。贺兰山区三叠-侏罗纪的古流向玫瑰花图和砾石成分分析表明,沉积物源区不是贺兰山本身(当时是沉积盆地,不是剥蚀区),而是来自北部正断层之北的老变质岩、古岩体和更西部的阿拉善地块。地层等厚线也不是终止于石嘴山-青铜峡一线(贺兰山东界),而是终止于贺兰山西侧的阿拉善左旗-照壁山一线(阿拉善地块东边界)。从西到东地层单元出露完整,没有前陆盆地边缘逆冲带上应具有的特征。地层层序显示水体深度变大。山脉东侧断裂产状以东倾为特征,西侧以西倾为主,大都是逆断层。以上特征均与前陆盆地的特征和标志基本不符,说明鄂尔多斯盆地西缘不是前陆盆地。

中国的地质有中国的特点,特别是大陆内部的造山带和沉积盆地构造。中-新生代以来,其盆-山耦合过程是在大陆地壳内部完成的。由于其造山作用具多样性和复杂性,致使沉积盆地的形成和演化也具有多样性和复杂性。不能只用造山带-前陆盆地这样一种盆-山耦合形式,造山带-山前断陷盆地、变质核杂岩(造山)-伸展盆地和抽拉(盆地)-逆冲叠覆(造山)等都是盆-山耦合的形式。

在前陆盆地研究的高潮时期,理智地追踪前陆盆地原命名的涵义和沿革,正确地理解国外学者提出的前陆盆地的特征及模式,根据中国地质特征与国外典型前陆盆地的对比,冷静地总结我国西部具前陆盆地结构的沉积盆地特点,创造性地提出具有中国特色的“中国型盆地”的分类方案无疑是必要的,同时也是对世界沉积盆地研究的重大贡献。

多年的研究成果说明我国中西部的“前陆盆地”所具有的特殊性多于国外经典的前陆盆地所具有的共同性,因而在中国中西部直接引用“前陆盆地”一

词值得商榷。

致谢 在本文酝酿、成文过程中,得到了刘池阳教授的启发,姜常义教授对初稿给予了指导,审稿人对论文的评价和鼓励,主编对论文的指点使笔者受益匪浅,在此一并表示衷心感谢!

Reference

- Allen P A, Homewood P, Williams G D. 1986. Foreland basin: an introduction [A]. Allen P A, Williams G D. Foreland Basin [C]. London: Blackwell Science Publication, 3~ 12.
- Bally A W and Snelson S. 1980. Realms of subsidence [A]. Miall A D. Facts and Principles of World Petroleum Occurrence [C]. Canadian Society of petroleum Geologists Memoir, 6: 9~ 75.
- Beaumont C. 1981. Foreland basins and foldbelts [J]. The Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 65: 291~ 329.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Ningxia Hui Autonomous Region. 1990. Regional Geology of Ningxia Hui Autonomous Region [M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Busby C J and Ingersoll R V. 1995. Tectonics of Sedimentary Basins [M]. London: Blackwell Science Publication, 1~ 580.
- Che Zicheng, Luo Jinhai and Liu Liang. 1998. The Structural Styles and Genetic Analysis of Collapse Type Foreland Basins in Central Asia and North-Western China [J]. Acta Geoscientia Sinica (Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences), 19(3): 226~ 232 (in Chinese with English abstract).
- Decelles P C and Gilest K A. 1996. Foreland basin systems [J]. Basin Research, 8(2): 105~ 123.
- Dickinson W R. 1974. Plate tectonics and sedimentation [A]. Dickinson W R. Tectonics and Sedimentation [C]. SEPM Special Publication 22, 1~ 27.
- Dong Yunpeng and Zhang Guowei. 1997. Some ideas and advances in studies of tectonics and dynamics of orogenic belt and foreland basin [J]. Advance in Earthsciences, 12(1): 1~ 6 (in Chinese).
- Fermor P T and Moffat I W. 1992. Tectonics and structure of the western Canada foreland basin [A]. Leckie D A and Macqueen R W. Foreland Basins and Fold Belts [C]. Tulsa: AAPG Memoir 55, 47~ 80.
- Jervey M T. 1992. Siliciclastic sequence development in foreland basins with examples from the western Canada foreland basin [A]. Leckie D A and Macqueen R W. Foreland Basins and Fold Belts [C]. Tulsa: AAPG Memoir 55, 47~ 80.
- Jia Chengzao, Wei Guoqi, Li Benliang, et al. 2003. Tectonic evolution of two epoch foreland basins and its control for natural accumulation in China's mid-western areas [J]. Acta Petrolei Sinica, 24(2): 13~ 17 (in Chinese with English abstract).
- Jin Jiuqiang. 1997. Petroleum exploration in foreland basin of western and central, China [J]. Petroleum Exploration and Development, 24(5): 11~ 14 (in Chinese).

- Leckie D A and Smith D G. 1992. Regional setting, evolution, and depositional cycles of the western Canada foreland basin [A]. Leckie D A and Macqueen R W. Foreland Basins and Fold Belts [C]. Tulsa: AAPG Memoir 55, 9~ 46.
- Lei Zhenyu, He Dengfa and Zhang Chaojun. 2001. Oil and gas exploration prospects of the analogous foreland basins in central and west China[J]. Acta Geoscientia Sinica, 22(2): 169~ 174 (in Chinese).
- Liu Chiyang, Zhao Hongge, Yang Xingke, et al. 2002. Foreland basin and its definition and research [J]. Oil & Gas Geology, 23(4): 307 ~ 313 (in Chinese).
- Liu Hefu, Wang Zecheng, Xiong Baoxian, et al. 2000. Coupling analysis of Mesozoic– Cenozoic foreland basin and mountain system in central and western China[J]. Earth Sciences Frontiers, 7(3): 55~ 72 (in Chinese).
- Liu Shaofeng, Ke Airon, Wu Liyunand, et al. 1997. Sediment provenance analysis and its tectonic significance in the foreland basin of the Ordos southwestern margin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 15 (1): 157~ 160 (in Chinese).
- Lu Kezheng, Zhu Xiaomin, Qi Jiafu, et al. 2003. Analysis of the Basin with Oil and Gas [M]. Dongying: Petroleum University Publishing House, 1~ 424 (in Chinese).
- Macqueen R W and Leckie D A. 1992. Foreland basin and Fold belts: an introduction [A]. Macqueen R W and Leckie D A. Foreland Basin and Fold Belts [C]. Tulsa: AAPG memoir 55, 1~ 9.
- Price R A and Mountjoy E W. 1971. Geologic structure of the Canadian Rocky Mountains between Bow and Athabasca Rivers– a progress report [A]. Wheeler J O. Structure of the Southern Canadian Cordillera [C]. Geological Association of Canada Special Paper 6, 7~ 26.
- Stockmal G S and Beaumont C. 1987. Geodynamic models of convergent margin tectonics: the southern Canadian Cordillera and the Swiss Alps [A]. Beaumont C and Tankard A J. Sedimentary Basins and Basin-forming Mechanisms [C]: Canadian Society of petroleum Geologists Memoir 12, and Atlantic Geoscience Society Special Publication 5, 393~ 411.
- Stockmal G S, Cant D S and Sebastian J B. 1992. Relationship of the stratigraphy of the western Canada foreland basin to cordilleran tectonics: Insights from geodynamic models [A]. Leckie D A and MacQueen R W. Foreland Basins and Fold Belts [C]. Tulsa: AAPG Memoir 55, 107~ 124.
- Su Chunqian and Liu Fanghan. 1995a. Sedimentary facies analysis of the Jurassic fault basin in Rujigou [J]. Journal of Xi'an College of Geology, 17(1): 28~ 33 (in Chinese).
- Su Chunqian and Liu Fanghan. 1995b. Depositional system and Paleogeography analysis of the fault basin in the Helanshan Mountains [J]. Journal of Xi'an College of Geology, 17(2): 13~ 18 (in Chinese).
- Tan Fuwen and Luo Jianning. 1999. A Summary of the Advances in Research on Foreland Basin [J]. Journal of Geology in Sichuan, 19(3): 193~ 199 (in Chinese).
- Wu Yangyang and Feng Jun. 2003. Advances in research on foreland basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 24(1): 87~ 91 (in Chinese).
- Xie Guoai, Zhang Qinglong and Guo Lingzhi. 2003. The Genesis and hydrocarbon distribution of western and southern margins of Paleozoic foreland basin and central paleouplift in Ordos Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 24(2): 18~ 23 (in Chinese).
- Yang Minghui and Liu Chiyang. 2000. Characters of quasi-foreland basins in western– central China and their oil and gas potential [J]. Oil & Gas Geology, 21(1): 46~ 49 (in Chinese).
- Zhang Guangya and Xue Liangqing. 2002. Hydrocarbon occurrences and exploration suggestion in the foreland basins of central western China [J]. Petroleum Exploration and Development, 29(1): 1~ 8 (in Chinese).

附中文参考文献

- 车自成, 罗金海, 刘良. 1998. 中亚与中国西北地区陷落型前陆盆地的构造样式及成因分析 [J]. 地球学报, 19(3): 226~ 232.
- 董云鹏, 张国伟. 1997. 造山带与前陆盆地结构构造及动力学研究思路和进展 [J]. 地球科学进展, 12(1): 1~ 6.
- 贾承造, 魏国齐, 李本亮, 等. 2003. 中国中西部两期前陆盆地的形成及其控气作用 [J]. 石油学报, 24(2): 13~ 17.
- 靳久强. 1997. 中国西部前陆盆地的油气勘探 [J]. 石油勘探与开发, 24(5): 11~ 14.
- 雷振宇, 何登发, 张朝辉. 2001. 中国中西部类前陆盆地与典型前陆盆地类比及其油气勘探前景 [J]. 地球学报, 22(2): 169~ 174.
- 刘池阳, 赵红格, 杨兴科, 等. 2002. 前陆盆地及其确定和研究 [J]. 石油与天然气地质, 23(4): 307~ 313.
- 刘和甫, 汪泽成, 熊保贤, 等. 2000. 中国中西部中-新生代前陆盆地与挤压造山带耦合分析 [J]. 地学前缘, 7(3): 55~ 72.
- 刘少峰, 柯爱蓉, 吴丽云, 等. 1997. 鄂尔多斯西南缘前陆盆地沉积物物源分析及其构造意义 [J]. 沉积学报, 15(1): 157~ 160.
- 陆克政, 朱筱敏, 漆家福. 2003. 含油气盆地分析 [M]. 东营: 石油大学出版社.
- 宁夏回族自治区地质矿产局. 1990. 宁夏回族自治区区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社.
- 苏春乾, 刘仿韩. 1995a. 汝箕沟侏罗纪断陷盆地的沉积相分析 [J]. 西安地质学院学报, 17(1): 28~ 33.
- 苏春乾, 刘仿韩. 1995b. 贺兰山三叠纪断陷盆地的沉积体系及古地理分析 [J]. 西安地质学院学报, 17(2): 13~ 18.
- 谭富文, 罗建宁. 1999. 前陆盆地研究进展综述 [J]. 四川地质学报, 19(3): 193~ 199.
- 伍杨洋, 冯军. 2003. 前陆盆地研究进展 [J]. 新疆石油地质, 24(1): 87~ 91.
- 解国爱, 张庆龙, 郭令智, 等. 2003. 鄂尔多斯盆地西缘和南缘古生代前陆盆地及中央古隆起成因与油气分布 [J]. 石油学报, 24(2): 18~ 23.
- 杨明慧, 刘池阳. 2000. 中国中西部类前陆盆地特征及含油性 [J]. 石油与天然气地质, 21(1): 46~ 49.
- 张光亚, 薛良清. 2002. 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, 29(1): 1~ 8.