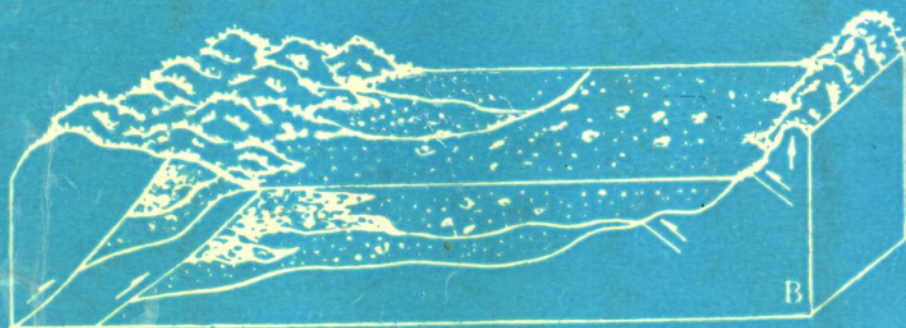
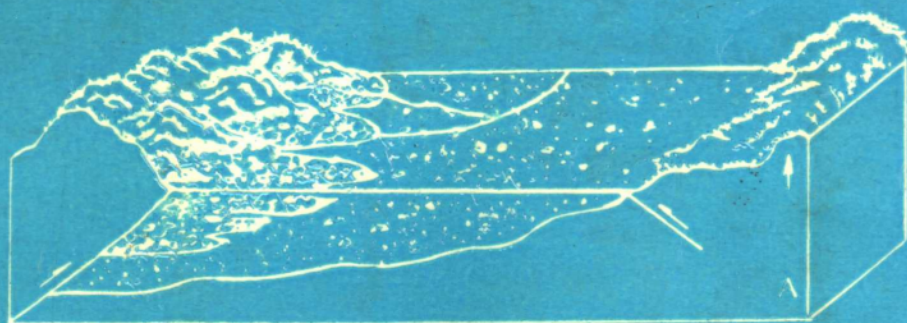




献给第三十届国际地质大会

龙门山前陆盆地 沉积及构造演化

李 勇 曾允孚 伊海生 著



成都科技大学出版社

SEDIMENTARY AND TECTONIC EVOLUTION OF THE LONGMENSHAN FORELAND BASIN, WESTERN SICHUAN, CHINA

by Li Yong, Zeng Yunfu and Yi Haisheng

Press of Chengdu University
of Science and Technology

ISBN 7-5616-3163-4



9 787561 631638 >

ISBN 7-5616-3163-4/P • 73

定价: 20.00 元

龙门山前陆盆地沉积及构造演化

李 勇 曾允孚 伊海生 著

成都科技大学出版社

(川)新登字 015 号

责任编辑 赵成永 周兴泰

封面设计 卢奇勋

内 容 简 介

本书系统地研究了龙门山前陆盆地与龙门山造山带的成因关系,首次系统地明确了龙门山前陆盆地的含义和性质,确定了龙门山造山带、龙门山前陆盆地和前陆隆起为一个三维一体的地质整体。龙门山前陆盆地属于挠曲盆地,它的弯曲下沉主要与龙门山造山带的逆冲推覆构造负荷有关。采用构造分析与盆地充填历史分析相结合的构造-地层分析方法,查明了龙门山前陆盆地充填序列和沉积体系三维配置型式及其在时间上的演变,探索了龙门山造山带造山过程对龙门山前陆盆地形成演化的控制作用和龙门山前陆盆地沉积对龙门山造山带造山过程的响应,建立了龙门山造山带造山过程的沉积响应模式,进而根据能反映龙门山造山带造山过程的地层标识,恢复了龙门山造山带构造发展序列和演化历史,总结了以陆内(板内)陆相前陆盆地为特色的龙门山前陆盆地沉积-构造演化模式,并探索出了一套分析陆相前陆盆地沉积-构造演化的思路和方法,为我国前陆盆地研究提供了一个典型实例。

在评审该项研究成果时国内有些同行院士、教授认为“是当前对龙门山前陆盆地形成演化研究的一项高水平的权威性著作”;“其思路新颖,能够和国际上同领域研究接轨”;“对陆内前陆盆地作这样系统、深入研究,在国内尚属首例”。

该专著实际材料丰富,立论有据,图文并茂,文字简洁,其研究思路可供我国其它前陆盆地和造山带研究时借鉴,可供从事盆地分析、层序地层学、大地构造学、区域地质工作的科技人员和研究生参考。

龙门山前陆盆地沉积及构造演化

李 勇 曾允孚 伊海生 著

成都科技大学出版社出版发行

西南冶金地质印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 6.125

1995 年 11 月第 1 版

1995 年 11 月第 1 次印刷

印数 1—500 册

字数 149 千字

ISBN 7-5616-3163-4/P·73

定价:20.00 元

序

在我国,龙门山前陆盆地的研究,占有特殊重要地位;对其为前陆盆地的认识,也只是近些年的事,但是尚存在不少问题。正如作者在本书绪论中所说的,龙门山前陆盆地研究之所以尚未能达到国际同类研究的水平,其原因在于,在观点上,长期将龙门山前陆盆地作为四川盆地的一部分,忽视了龙门山前陆盆地固有的个性和自身演化规律,没有将其独立出来作为与龙门山冲断带相对应的前陆盆地,因而一直未能系统地将龙门山前陆盆地和龙门山冲断带作为一个地质整体进行研究,探索它们之间内在的联系性和统一性;在盆地分析方法上,未能将构造地层学和层序地层学作为分析龙门山前陆盆地的基础,因而未能查明龙门山前陆盆地充填序列、沉积体系配置型式和沉积构造演化。

李勇等同志的《龙门山前陆盆地沉积及构造演化》专著将龙门山前陆盆地从四川盆地中相对独立出来,作为与龙门山冲断带相对应的陆内前陆盆地,研究龙门山前陆盆地沉积记录与龙门山冲断带逆冲推覆作用的耦合关系。首先,运用构造分析与盆地充填历史分析相结合的构造-地层分析方法,将龙门山前陆盆地的充填序列按不整合面性质分割为若干构造层序和层序,对应于不同成盆期和同一成盆期的不同演化阶段,查明了前陆盆地的层序和沉积体系的时空展布,揭示了盆地的形成和演化。再就龙门山前陆盆地充填序列与龙门山冲断带不同幕次的推覆构造带之间的时序关系作了比较性研究,初步查明了龙门山逆冲推覆作用对龙门山前陆盆地形成和演化的控制作用,以及龙门山前陆盆地沉积对龙门山逆冲推覆作用的响应。首次建立了龙门山逆冲推覆作用的沉积响应模式,探索出

了一套分析陆相前陆盆地沉积-构造演化的思路和方法,对我国特殊类型的龙门山陆内前陆盆地做出这样系统的深入研究,在国内尚属首例。这种探索性研究是成功的,富有创新意义。这是一份高水平的学术成果,值得推广。值此专著出版之际,为序,向读者推荐,并向作者表示祝贺之忱。

刘书珩

1995年11月22日

目 录

1. 绪论	(1)
2. 区域构造格架	(6)
2.1 松潘-甘孜褶皱带(东缘)	(6)
2.2 龙门山冲断带及其构造分带	(7)
2.3 龙泉山褶隆带	(8)
2.4 龙门山前陆盆地	(8)
3. 龙门山前陆盆地的沉积体系及其类型	(11)
3.1 冲积扇沉积体系	(11)
3.2 河流沉积体系	(16)
3.3 三角洲沉积体系	(18)
3.4 湖泊沉积体系	(24)
4. 龙门山前陆盆地的充填序列	(25)
4.1 构造层序 I	(25)
4.2 构造层序 II	(29)
4.3 构造层序 III	(31)
4.4 构造层序 IV	(34)
4.5 构造层序 V	(35)
4.6 构造层序 VI	(37)
5. 龙门山逆冲推覆作用的沉积响应模式	(38)
5.1 成都盆地沉积特征	(38)
5.2 成都盆地形成演化及其控制因素	(40)
5.3 龙门山逆冲推覆作用的沉积响应模式	(41)
6. 龙门山逆冲推覆作用的特征及其地层标识	(45)
6.1 龙门山逆冲推覆作用的地层标识	(45)
6.2 龙门山逆冲推覆作用的特征	(62)
7. 龙门山前陆盆地的形成与演化	(65)
7.1 龙门山前陆盆地成盆前的沉积和构造背景	(65)
7.2 龙门山前陆盆地的形成与演化	(65)
8. 结论与认识	(74)
致 谢	(75)
参考文献	(76)
图版	(79)
英文摘要	(86)

CONTENTS

1. Generals	(1)
2. Regional structural framework	(6)
2.1 Songpan-Ganzi fold belt	(6)
2.2 Longmenshan thrust belt	(7)
2.3 Longquanshan forebulge	(8)
2.4 Longmenshan foreland basin	(8)
3. Sedimentary system in Longmenshan foreland basin	(11)
3.1 Alluvial fan system	(11)
3.2 Fluvial system	(16)
3.3 Delta system	(18)
3.4 Lacustrine system	(24)
4. Tectonic Sequences and sequences in Longmenshan foreland basin	(25)
4.1 Tectonic sequence I	(25)
4.2 Tectonic sequence II	(29)
4.3 Tectonic sequence III	(31)
4.4 Tectonic sequence IV	(34)
4.5 Tectonic sequence V	(35)
4.6 Tectonic sequence VI	(37)
5. Sedimentary response model to thrusting in the Longmenshan thrust belt	(38)
5.1 Sedimentary characteristic in Chengdu basin	(38)
5.2 The formation and evolution of Chengdu basin	(40)
5.3 Sedimentary response model to thrusting in the Longmenshan thrust belt	(41)
6. Stratigraphic signatures to thrusting of Longmenshan thrust belt	(45)
6.1 Stratigraphic signatures	(45)
6.2 Thrusting of the Longmenshan thrust belt	(62)
7. Sedimentary and tectonic evolution of the Longmenshan foreland basin	(65)
7.1 Geological background before the formation of the Longmenshan foreland basin	(65)
7.2 Sedimentation and thrusting	(65)
8. Conclusions	(74)
Acknowledgment	(75)
References	(76)
Photos and notes	(79)
Abstract	(86)

1. 绪 论

70年代以来国外掀起了研究前陆盆地的热潮,其原因不仅在于前陆盆地中油气勘探取得了突破性进展,推动了前陆盆地研究的进程,而前陆盆地分析的理论和方法的不断成熟,又促进了油气勘探不断深入;而且在于人们也愈来愈认识到前陆盆地的形成和演化与其相毗邻造山带的逆冲推覆作用存在着密切的联系性和统一性,前陆盆地充填地层分析是推断和恢复毗邻造山带逆冲推覆构造形成发展历史和岩石圈流变过程的基础。因此,对前陆盆地的分析和研究具重大的理论意义和实际意义。

龙门山前陆盆地是中国典型的前陆盆地之一,也是一个重要的含油气盆地,长期以来受到国内地学界的重视,开展了大量工作,取得了不少成就和认识,但在盆地性质、形成机制和发展演化等方面尚存在着严重分歧,不仅影响了盆地基础地质研究,而且严重影响了对盆地的油气远景评价和开发。针对这种现状,我们提出了本次研究课题。在认识上,首先将龙门山前陆盆地从四川盆地中相对独立出来,作为与龙门山冲断带相对应的前陆盆地。现今龙门山前陆盆地位于龙门山冲断带与龙泉山前陆隆起之间。而地质历史时期,龙门山前陆盆地范围曾发生了明显变迁。如在晚三叠世时期,龙门山前陆盆地则位于当时的龙门山冲断带与开江—泸州前陆隆起之间。由于龙门山冲断带逐渐向东逆冲推覆扩展和前陆隆起向西迁移,才演变为现今的龙门山前陆盆地。盆地中充填了自晚三叠世诺利克期以来的中生代地层,并具典型的西陡东缓的不对称性结构。其次,将龙门山前陆盆地与龙门山冲断带作为一个地质整体进行研究。龙门山前陆盆地的弯曲下沉和前陆隆起的隆升是对龙门山冲断带逆冲推覆构造负载的地壳均衡响应,它们是一个动力系统的产物。这一地球动力学机制可从现今龙门山冲断带—龙门山前陆盆地—龙泉山前陆隆起的地壳均衡重力异常变化规律(正—零—负)得到清楚的显示。据我们研究和分析,作为陆内(板内)前陆盆地的龙门山前陆盆地,它的沉积-构造演化历史与现已提出的几种前陆盆地沉积-构造演化模式(如稳态发展模式、弹性流变模式和粘弹性流变模式等)均不相同或相似,显示了龙门山前陆盆地的独特性和复杂性,因此我们应通过扎实的基础研究,提出具有龙门山前陆盆地特色的板内前陆盆地沉积-构造演化模式。在盆地分析方法上,我们将构造地层学分析方法作为分析龙门山前陆盆地的核心方法,研究龙门山前陆盆地构造对沉积的控制作用和沉积对构造的响应这两个相互关联和相互制约的领域,并借鉴层序地层学的研究思路,解析龙门山前陆盆地充填序列和沉积体系在三维空间上的配置型式,以不整合面为界,划分构造层序和层序,建立龙门山前陆盆地地层格架和地层模型。

根据上述认识,本次研究将龙门山前陆盆地和龙门山冲断带作为一个地质整体进行研究,查明龙门山前陆盆地充填序列和沉积体系三维配置型式及其在时间上的演变,建立地层格架和地层模型,揭示龙门山前陆盆地沉积演化历史;探索龙门山逆冲推覆作用对龙门山前陆盆地形成演化的控制作用和龙门山前陆盆地沉积对龙门山逆冲推覆作用的响应,建立龙门山逆冲推覆作用的沉积响应模式,进而根据能反映龙门山逆冲推覆作用的地层标识,并结合龙门山冲断带构造变形特征和主干断裂与地层的切割关系以及岩浆活动序列和变质作用序列,恢复龙门山冲断带构造发展序列和演化历史。

1.1 国内外前陆盆地研究现状

前陆(foreland)最初是由徐士(Suess, 1883)提出的一个术语,系指与造山带相毗邻的稳定地区,且造山带的岩层向它逆冲或掩覆。一般来说,前陆是地壳的大陆部分,应是克拉

通或地台区的边缘。Bertraud(1897)和 Haug(1900)曾将阿尔卑斯山脉的磨拉石作为前陆的沉积物,并认为它是地槽发育晚期的产物。Kay(1951)更具体地将前陆称为外地槽(Exogeosyncline),其同义词为前渊。板块构造问世后,Price(1973)和 Dickison(1974)先后提出了前陆盆地这一术语,并指出前陆盆地是大陆岩石圈受上叠地壳加载引起挠曲变形而形成的边缘拗陷盆地(Price, 1973)。Dickison(1974)根据成因和位置,将前陆盆地划分为周缘前陆盆地(Peripheral foreland basin)和弧后前陆盆地(Retroarc foreland basin):其中周缘前陆盆地是在大陆碰撞及其以后,由于板块自身重力作用造成陆内俯冲而形成的岩石圈挠曲,其以北美古生代阿巴拉契亚前陆盆地为例;弧后前陆盆地位于仰冲板块上,既可以与板块碰撞相联系,也可以形成于洋壳俯冲作用时期,其以北美落基山中新世代阿尔伯塔(Alberta)盆地和北美白垩纪锡弗尔(Sevier)盆地为代表。

Bally 和 Nelson(1980)把前陆盆地称作缝合带周缘盆地(Perisutural basin),即在大陆岩石圈之上发育的与巨型缝合带有关的盆地,并且认为前陆盆地的形成与 A 型俯冲带有关。H. G. Reading(1986)认为前陆盆地是在褶皱冲断带与被冲断层逆掩的克拉通之间发育的大型沉积盆地。T. E. Jordan(1991)认为前陆盆地是由于板块碰撞产生的逆掩推覆体加载于大陆边缘,并使大陆前缘隆起而形成的一种不对称盆地。

70 年代以来,国外掀起了研究前陆盆地的热潮,其原因在于前陆盆地中油气勘探取得了重大突破。据统计,前陆盆地中油气资源占世界油气总量的 45% 左右,表明前陆盆地为一类重要的含油气盆地。前陆盆地中油气勘探的突破加快了前陆盆地的研究进程,同时前陆盆地研究中的新理论和新方法又促进了油气勘探。

Price(1973)在分析逆冲岩席运移引起的均衡反应后,提出了前渊连续形成和推移发展的概念。Gretener(1979)从造山带逆冲推覆作用提出了前陆盆地连续形成和波浪式发展模式,认为前陆盆地的弯曲下沉主要与造山带的逆冲推覆构造负荷有关,逆冲推覆的构造负荷不仅造成了持续的异常压力带,而且也将引起地壳的均衡反应;随着逆冲推覆体向前推进和扩展,构造负荷也将随之向前推移;地壳对地面负荷的增加和减少的反应敏感,表现为均衡沉降和隆起,而且这种反应在地质上是瞬时的,并具间歇性发展的特点;前陆盆地的形成是造山带及其逆冲推覆作用的自然结果。

M. Covey(1986)从前陆盆地沉降与沉积作用的关系提出了前陆盆地稳态发展模式,解释了台湾前陆盆地的形成和演化。并认为造山带与前陆盆地是一个动力系统,二者受均衡作用的调节;造山带逆冲推覆作用控制前陆盆地的沉降,提供沉积物源,同时由于造山带横向迁移引起盆地沉积物抬升、侵蚀及与其相匹配的盆地远端沉降;一旦造山带达到稳定状态,构造负荷保持不变,盆地生长的构造动力也就不再发生作用。

随着岩石圈流变系统研究的不断发展,人们开始注意到前陆盆地沉降及沉积充填与岩石圈流变特性相关。P. B. Flemings 和 T. E. Jordan(1981, 1990)用弹性流变模型模拟了岩石圈随负载作用而发生的变形、盆地沉降和沉积演化,成功地解释了北美落基山前陆盆地沉积和构造演化;并认为通过前陆盆地沉积记录和沉积体分布可以确定冲断运动的时间和解释岩石圈弹性流变。而 C. Beaumont 和 G. Quinlan(1984, 1988)则用粘弹性流变模型证明了岩石圈应力松弛是造山时期内相和前陆隆起迁移的主要因素。A. J. Tankard(1986)将前陆盆地粘弹性流变变形分为三个阶段,并解释了阿巴拉契亚前陆盆地与科迪勒拉前陆盆地的构造-沉积演化。以上两个模型具明显的差异,其区别在于:在粘弹性流变模型中,冲断负载期间(岩石圈假定为刚性),盆地宽而浅,冲断带与前隆之间的距离较大;在平静期,岩石圈松弛导致邻近逆冲断裂处发生沉降,前隆向逆冲断裂迁移,盆地变窄。而

在弹性流变模型中,在变形开始时,盆地变窄,前陆和相向逆冲断裂迁移;在变形停止后,盆地变宽,前隆和相向远离逆冲断裂方向迁移。

上述前陆盆地沉积-构造演化模式的提出,一方面显示前陆盆地沉降和沉积演化与毗邻造山带逆冲推覆构造负载密切相关,可以根据前陆盆地充填地层推断毗邻造山带变形历史,另一方面也显示前陆盆地的复杂性和特殊性,尚不能用单一的模式概括所有的前陆盆地随构造负载作用而发生的变形、沉降和沉积演化。尽管如此,上述研究已大大地提高了人们对前陆盆地的认识,开拓了研究思路。值得指出的是,上述研究均肯定了构造作用在前陆盆地演化中的中心地位,前陆盆地沉积作用是对造山带构造作用的响应。造山带每次挤压逆冲均导致相应的前陆盆地沉降和沉积物充填,并直接控制前陆盆地沉积响应;造山带周期性逆冲推覆事件在前陆盆地中造成幕式沉积作用,活动期和相对静止期不仅在剖面上显示粗碎屑沉积楔的周期性出现,同时在横向上显示沉积体系配置型式和古流向体系的根本改组。因此,构造地层分析成为前陆盆地分析的基本内容,研究前陆盆地中构造对沉积的控制作用和沉积对构造的响应这两个相互制约、相互关联的领域。

近年来,人们已开始将层序地层学的理论和方法应用于前陆盆地分析之中,Swift(1987)等和 Brett(1990)等分别分析了北美科迪勒拉前陆盆地、阿巴拉契亚前陆盆地和安特勒前陆盆地的层序地层。研究表明,前陆盆地属于构造活动区,层序地层复杂多样,影响层序界面和层序模式的因素,不仅是海平面升降,更为重要的是构造沉陷和沉积物供给。曾允孚和李勇等(1992)首先将层序地层学研究方法借鉴于龙门山前陆盆地陆相地层分析之中,其研究表明,影响层序界面和层序结构的主要因素为构造作用和湖平面升降,并指出在陆相前陆盆地分析中,只能借鉴层序地层学的研究方法,而不能机械地照搬。同时也肯定了构造作用对前陆盆地地层层序和内部结构的控制作用。因此,只有将构造地层学和层序地层学结合起来,才能在前陆盆地分析和研究中产生有特色的成果。

目前,前陆盆地的研究已取得如下认识:

(1)前陆盆地一般分布于造山带和前陆隆起之间,并与它们的走向平行;具有不对称结构,其沉积物呈楔状,靠近造山带一侧较厚,靠近克拉通一侧较薄;其地壳厚度比山脉区薄,比克拉通地区一般要厚。

(2)前陆盆地主要有两种类型,即周缘前陆盆地和弧后前陆盆地。其发育的构造背景可以是被动大陆边缘、克拉通周缘盆地和拗拉槽等。前陆盆地沉积基底一般是被动大陆边缘上盆地至斜坡、陆架的沉积物等。

(3)前陆盆地是一类重要的挠曲盆地,其挠曲程度取决于盆地岩石圈的刚度、构造负荷和沉积负荷的大小。其形态有简单型和复杂型(背驮型)两种。挠曲模型有弹性模型、粘弹性模型和热挠曲模型等。

(4)前陆盆地充填物包括巨厚的海相至陆相沉积物,一般为陆源碎屑岩,缺乏碳酸盐岩沉积。下部岩系与造山带主造山幕同龄,上部岩系为冲断和抬升的产物,其间多以角度不整合面为界。根据充填序列中出现的不同碎屑类型或特征重矿物组合,可以确定冲断带岩浆岩、变质岩和特征沉积岩的脱顶次序和年龄,同时也可据之推断推覆体前进的次序和年龄。

(5)前陆盆地的沉降曲线具有缓、陡两段,早期一般较缓,晚期较陡,并具上凸型构造沉降曲线类型。其沉降速率一般比被动大陆边缘、裂谷和克拉通盆地的沉降速率大,并具有自中心向盆缘递增的趋势。沉降中心和沉积中心不一致,沉降中心一般向克拉通方向迁移。

(6)前陆隆起是前陆盆地的重要组成部分,它是岩石圈受上叠地壳加载于克拉通侧发生均衡挠曲的结果。其向上的挠曲幅度与冲断体规模和前陆盆地沉降中心下沉幅度成正比。

(7)前陆盆地沉积充填物一般具有双物源,物源供给型式主要受冲断造山有关的地形起伏影响。物源区的演变决定前陆盆地沉积类型。

(8)前陆盆地一般为冷盆,缺乏区域性火山活动。

(9)前陆盆地的构造样式主要为薄皮逆冲断层带、被动双重构造、往克拉通方向发育背冲和对冲的基底卷入型逆冲断层等。

1.2 龙门山前陆盆地及龙门山冲断带研究现状及存在的问题

龙门山前陆盆地和龙门山冲断带研究历史悠久,始于二三十年代,黄汲清、李春昱、叶连俊、朱森、潘钟祥等老前辈首先在该区进行了研究。解放后,该区的研究工作有了迅速发展,先后进行了1:20万区域地质调查、石油普查和勘探、物化探、航磁、地震等研究工作。特别是四川地矿局、西南石油地质局、四川石油管理局、成都理工学院等单位均对该区进行了深入的研究和勘探。四川地矿局(1982)在1:20万区域地质调查的基础上较系统地总结了四川盆地陆相中生代地层古生物。王胜等在“六五”和“七五”期间研究了龙门山前陆盆地上三叠统地层,建立了比较完善的上三叠统层序剖面,确定了印支运动构造控制的晚三叠世盆地的范围和结构,并认为龙门山前陆盆地上三叠统地层是由性质不同的两种坳陷沉积物构成,其中须下盆为大陆边缘坳陷,须上盆为强烈造山后的前渊坳陷,导致须下盆转变为须上盆的重要构造运动为安县运动(王金琪,1990)。此外,夏文杰等(1991)和曾允孚、李勇等(1992)分别对龙门山前陆盆地侏罗系和白垩系一下第三系的沉积相、盆地充填序列和岩相古地理进行了研究。此外,四川地矿局成都水文工程地质队(1980,1985)对成都盆地进行了详细的勘探和研究。对于龙门山冲断带的形成机制及其与龙门山前陆盆地之间的关系,一直是一个争论的问题。板块构造理论出现后,朱夏(1983)率先提出了龙门山冲断带为A型俯冲带,其后国内大多数地质学家均引用A型俯冲带观点来解释龙门山的形成;罗志立(1984)提出了C型俯冲的概念,刘树根(1990,1991)提出了L型俯冲的概念。而许志琴(1992)认为龙门山构造带是松潘-甘孜造山带的一部分,是造山带主体向扬子克拉通逆冲推覆的前缘地带。

近几年来,人们才逐渐认识到四川盆地西部(川西坳陷)具有前陆盆地的性质,并将其称为龙门山前陆盆地或川西前陆盆地,开始探索龙门山前陆盆地与龙门山冲断带的关系(罗志立、崔秉荃等,1991;邓康龄,1992;刘和甫、蔡立国等,1990,1993;刘树根,1993 博士论文)。

在总结前人富有成效的研究基础上,我们感到龙门山前陆盆地研究之所以尚未能达到国外同类研究的水平,其原因在于:在观点上,长期将龙门山前陆盆地作为四川盆地的一部分,忽视了龙门山前陆盆地固有的个性和自身演化规律,没有将其独立出来作为与龙门山冲断带相对应的前陆盆地,因而一直未能系统地将龙门山前陆盆地和龙门山冲断带作为一个地质整体进行研究,探索它们之间内在的联系性和统一性;在盆地分析方法上,未能将构造地层学和层序地层学作为分析龙门山前陆盆地的基础,因而未能查明龙门山前陆盆地的充填序列、沉积体系配置型式和沉积构造演化。

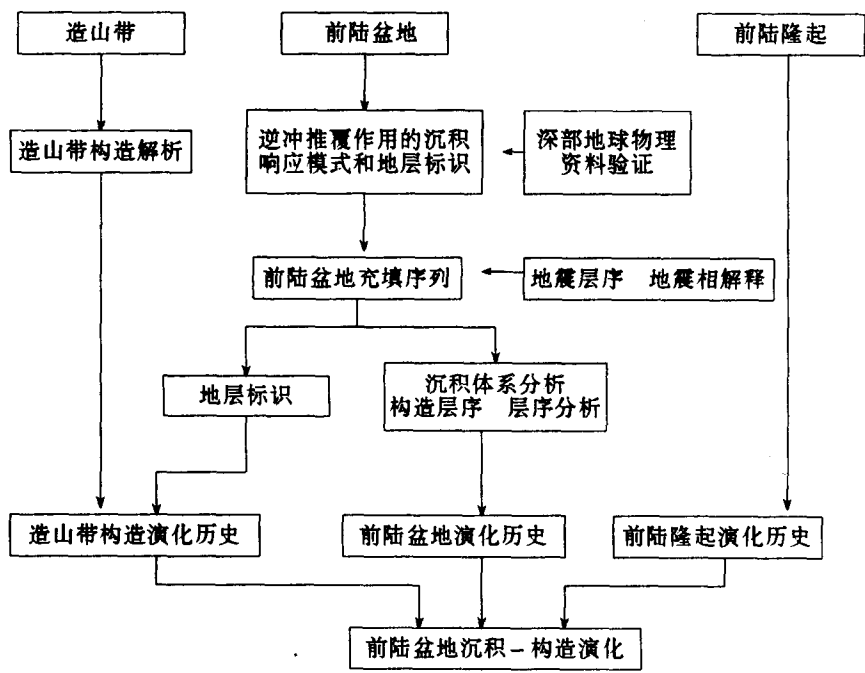
因此本次在上述研究的薄弱领域开展研究工作,把龙门山前陆盆地和龙门山冲断带的研究推向一个新的高度。

1.3 研究思路和方法

在前人研究的基础上,本文根据当前前陆盆地分析的新理论和新方法,将龙门山前陆

盆地从四川盆地中相对独立出来,作为与龙门山冲断带相对应的前陆盆地,并将龙门山前陆盆地和龙门山冲断带作为一个地质整体进行研究,查明龙门山前陆盆地充填序列和龙门山冲断带推覆构造分带及物质构成,探索龙门山逆冲推覆作用对龙门山前陆盆地形成和演化的控制作用,以及龙门山前陆盆地沉积对龙门山逆冲推覆作用的响应,建立龙门山逆冲推覆作用的沉积响应模式,进而根据能反映龙门山逆冲推覆作用的地层标识,恢复龙门山冲断带地质演化的历史 and 特点。因此本次研究的思路和方法的特点在于:将构造地层学和层序地层学相结合的综合地层学的分析方法作为分析龙门山前陆盆地的基础;借鉴层序地层学所提出的对盆地充填进行三维解析的方法系统,以不整合面和其对应面作为分割盆地充填序列的界面,并按不整合面的规模和性质,将盆地充填序列分割为构造层序和层序,对应于不同成盆期和同一成盆期的不同演化阶段,查明龙门山前陆盆地充填序列和沉积体系三维空间配置模式及其在时间上的变化,建立龙门山前陆盆地的地层格架和地层模型,揭示龙门山前陆盆地的形成和演化。同时根据构造地层学原理,研究龙门山冲断带逆冲推覆作用对龙门山前陆盆地形成和演化的控制作用和龙门山前陆盆地沉积对龙门山逆冲推覆作用的响应,揭示龙门山冲断带逆冲推覆作用与龙门山前陆盆地沉积记录之间的联系性和统一性;论证龙门山造山带与龙门山前陆盆地的耦合程度和控制因素,进而根据龙门山前陆盆地沉积记录中能反映逆冲推覆事件的地层标识,结合龙门山冲断带推覆构造分带、物质组成和主干断裂与地层切割关系以及年龄资料,恢复龙门山冲断带形成时序和演化历史,总结出做为陆内(板内)前陆盆地的龙门山前陆盆地的沉积-构造演化模式,并提出了一套研究前陆盆地沉积-构造演化的思路和方法(表1)。

表1 前陆盆地沉积-构造演化研究思路



2. 区域构造格架

根据已获得的地表、钻井和深部物探资料,本文将现今川西地区分为四个构造区,即松潘-甘孜褶皱带(I)、龙门山冲断带(Ⅰ,Ⅱ,Ⅳ)、龙门山前陆盆地(V、或成都盆地)和龙泉山褶皱带(Ⅵ,前陆隆起),见图1,图2。

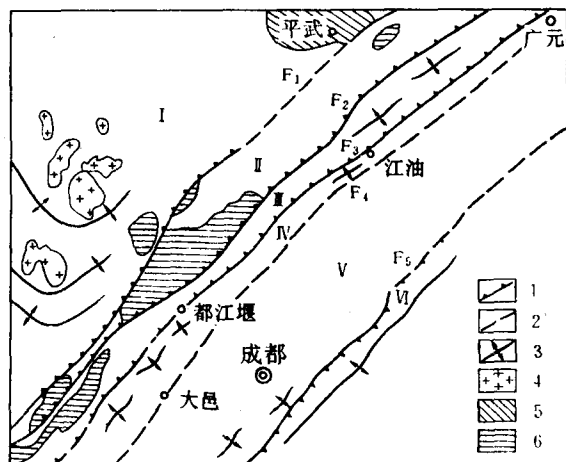


图1 川西区域构造格架简图

I 松潘-甘孜褶皱带; II 龙门山冲断带 A 带; III 龙门山冲断带 B 带; IV 龙门山冲断带 C 带; V 龙门山前陆盆地(D 带); VI 龙泉山褶皱带(前陆隆起); F₁ 青川-茂汶断裂; F₂ 北川-映秀断裂; F₃ 马角坝-灌县断裂; F₄ 广元-大邑断裂; F₅ 龙泉山断裂;
1 冲断层; 2 隐伏冲断层; 3 褶皱轴; 4 燕山期花岗岩; 5 碧口群; 6 前震旦系杂岩体

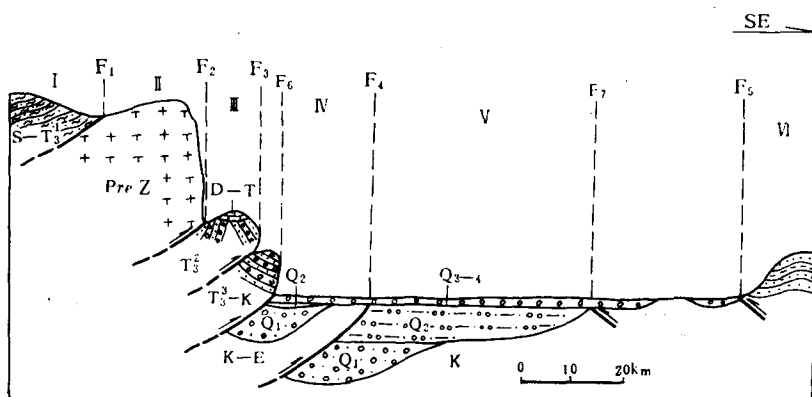


图2 龙门山冲断带(中段)一成都盆地一龙泉山褶皱带地质剖面示意图

F₁—F₅ 断裂名称同图1; F₆ 关口隐伏断裂; F₇ 新津-成都隐伏断裂; I—VI 说明同图1

2.1 松潘-甘孜褶皱带(I)

该带位于龙门山冲断带西北侧,为松潘-甘孜褶皱带东缘部分,为高应变带,构造线方向以北东为主,主要由志留系—上三叠统西康群浅变质岩构成,区域变质作用达绿片岩

相,其前缘断裂为青川-茂汶断裂(F_1),见表 2。

表 2 龙门山冲断带主干断裂带的特征

断裂 特征	青川-茂汶断裂(F_1)	北川-映秀断裂(F_2)	马角坝-灌县断裂(F_3)	广元-大邑断裂(F_4)
走向	北东-南西	北东-南西	北东-南西	北东-南西
倾向	北西	北西	北西	北西
断裂性质	韧性	韧-脆性	脆性	脆性
应变矿物	绿泥石、黑云母、石榴子石等	绿泥石、绿帘石、黑云母等		
变质相	绿片岩相	绿片岩相		
形成温度	400℃	300℃		
形成深度	10~15km	5~10km	浅层次	浅层次
逆冲抬升幅度	10~15km	5~10km		
切割最新地层	T_3^1	T_3^2	J_2	Q_1

2.2 龙门山冲断带及其构造分带

龙门山冲断带位于松潘-甘孜褶皱带与扬子准地台的接合部位,既是青藏高原的东界,又是现今龙门山前陆盆地(成都盆地)的西界。它北起广元,南至天全,长约 500km,宽约 30km,呈北东-南西向展布,北东与大巴山冲断带相交,南西与康滇地轴相截,系由一系列大致平行的叠瓦状冲断带构成,具典型的推覆构造特征。深部物探资料(包括布格重力异常和航磁异常(四川地矿局,1988),莫霍面深度图(宋鸿彪等,1991))显示,龙门山地区的地壳由若干个刚性块体拼合而成,从龙门山前陆盆地向西部高原地壳厚度急剧增厚,形成一个莫霍面向西倾斜的陡变带,即龙门山梯度带。该线的中心线在龙门山冲断带的深部位置,其与地表位置相比较,不同程度地向西移了一段距离,表明龙门山冲断带向西倾斜,并缺乏山根,同时也显示龙门山为陆内山链系统。此外,龙门山及邻区均衡重力异常(孟令顺等,1987;宋鸿彪等,1991;刘树根,1993,博士论文)也表明,龙门山地区为正均衡异常,而成都盆地为零,龙泉山及其以东为负均衡异常,显示了龙门山地区壳内质量过剩,构造负荷明显,川西地区地壳尚未达到均衡,仍处于均衡调整状态,龙门山为正均衡异常应下降,龙泉山及其以东为负均衡异常应上升。这种均衡作用极有可能是导致龙门山前陆盆地深部岩石圈弯曲下沉和龙泉山前陆隆起隆升的根本原因。

根据龙门山冲断带的构造变形特征、样式和构造层次,我们将龙门山冲断带划分为 A、B、C 三个逆冲推覆构造带(图 1,图 2)。

2.2.1 A 带

该带位于青川-茂汶断裂与北川-映秀断裂之间,为龙门山后山带,主要由志留系茂县群浅变质岩和前震旦系杂岩体组成,其构造样式主要为斜歪-倒转的相似褶皱,轴面倾向北西,枢纽为北东-南西走向,内部面理和线理都比较发育,在杂岩体中发育脆-韧性剪切带,表现为强烈的片理化带。其后缘断裂为青川-茂汶断裂(表 2),断面倾向北西,呈犁式向下延伸,具韧性断层特征,其应变矿物一般为绿片岩相。其前缘断裂为北川-映秀断裂(表 2),走向北东,倾向北西,断裂构造岩发育,应变矿物具低绿片岩相,具脆-韧性断层

特征。显然,该构造带属强变形带,具有变形,变位和变质的“三变”特征,相当于典型的褶皱-冲断带中的 A 带(孙肇才等,1991)。

2.2.2 B 带

该带位于北川-映秀断裂与马角坝-灌县断裂之间,为龙门山前山带,主要由未变质的古生界和三叠系地层构成。该带发育两种构造样式:一种为叠瓦状冲断系,见于龙门山中北段,由一系列向南东逆冲的近平行的冲断层构成,卷入的地层为上古生界及三叠系中下统碳酸盐岩地层;另一种为飞来峰构造,具双层推覆的性质,见于龙门山中南段,上层为由古生界及中下三叠统地层构成的飞来峰,底面及地层产状较平缓,变形较弱,而下层主要由上三叠统小塘子组和须家河组地层构成,褶皱及断裂发育,属“近外来岩”。地震反射剖面显示 2000m 以下才是真正原地岩系,地层相对平缓(王金琪,1990)。

该带的前缘断裂为马角坝-灌县断裂(表 2),走向北东,倾向北西,倾角较陡,叠瓦状次级断裂发育,断裂构造岩以角砾岩和碎裂岩为主,具浅层次的脆性断层变形特征。因此该带属于较强变形带,具变形、变位的“两变”特征,相当于典型的褶皱-冲断带中的 B 带(孙肇才等,1991)。

2.2.3 C 带

该带位于马角坝-灌县断裂和广元-大邑隐伏断裂之间,主要为侏罗系一下第三系红层和第四系分布区,发育一系列轴向为北东的背、向斜构造,属不对称同心褶皱,并呈左行雁列展布。其前缘断裂为广元-大邑隐伏断裂(表 2),地震反射剖面显示该断裂走向北东,倾向北西,呈犁式向下延伸。由此可见该带的变形特征是背、向斜完整,断层较不发育,以脆性变形为特征,属于浅层次变形的中等变形带,相当于典型的褶皱-冲断带中的 C 带(孙肇才等,1991)。

2.3 龙泉山褶皱带

龙泉山褶皱带位于现今龙门山前陆盆地(成都盆地)的东侧,北起中江,南至仁寿、乐山一带,主体构造为龙泉山背斜,均由中生界侏罗系红层构成。据地震资料显示,龙泉山背斜和熊坡背斜构造均属北东向断面之上的表皮褶皱,地腹深处都变为单斜式鼻状隆起。现代地震和大地测量均显示龙泉山褶皱带是一个正在上升的隆起,是现今龙门山前陆盆地(成都盆地)的前缘隆起。它的隆升是龙门山冲断带第四纪构造负荷加剧,导致成都盆地深部岩石圈弯曲下沉后均衡调整的产物。

2.4 龙门山前陆盆地

2.4.1 前陆盆地的轮廓

现今龙门山前陆盆地即成都盆地,位于龙门山冲断带与龙泉山褶皱带之间,北起安县秀水,南抵名山、彭山一线,面积约 8400km²。其西部已卷入龙门山冲断带,为 C 带的一部分。盆地轴向为 NNE30°—40°,地貌上为成都平原。

盆地限于广元-大邑隐伏断裂与龙泉山断裂之间,均为第四系沉积物覆盖。其地层变形较弱,盆地基底发育一些宽缓的背、向斜,在蒲江—新津的熊坡—苏码头一带发育向北西逆冲、并与龙门山冲断带大致平行的反向冲断层,其特征与龙泉山断裂相似。该带前缘断裂为龙泉山断裂,地表和深部地球物理勘察资料表明,该断裂走向北东,延伸 120 余公里,断面向东倾斜,倾角 35°~62°,呈犁式。该带的变形特征一方面显示了龙门山冲断带在此消失,地层变形极弱,同时也显示了龙门山冲断带与川东褶皱-冲断带前锋带 D 带(孙肇才等,1991)以龙泉山断裂为界。

现今龙门山前陆盆地是四川盆地的一部分,相当于前人所指的川西凹陷区。根据四川盆地基底构造、沉积盖层和现今构造,我们认为自晚三叠世以来四川盆地内部构造具分带性,并以断裂为界可将四川盆地内部分为川西凹陷区、川北凹陷区、川东凹陷区和川中隆起区,其中三个凹陷区分别为龙门山冲断带、大巴山褶皱-冲断带和川东褶皱-冲断带相对应的前陆盆地,而川中隆起区则为三个前陆盆地共同拥有的一个前陆隆起区,是不同构造域的构造叠加、干涉的区域。因此四川盆地总体上处于西、北、东三面挤压,向南面蠕散的构造环境。

虽然现今龙门山前陆盆地分布范围狭小,但根据地层记录,在地质历史时期中龙门山前陆盆地范围变化很大,最大时期可能为晚三叠世诺利克期,其西界在现今北川-映秀断裂一线以西,东界可达开江-泸州隆起的西侧。随着龙门山冲断带逐渐向东逆冲推覆扩展,前陆盆地向东迁移,而前陆隆起则向西迁移,这样盆地范围就越来越小,呈现为现今的成都盆地。

2.4.2 前陆盆地的沉积基底

据目前所获资料,龙门山前陆盆地形成于印支运动中晚幕,盆地充填最老的地层为晚三叠世诺利克期小塘子组,其与下覆中、上三叠统地层(卡尼期)为区域性的微角度一平行不整合接触。因此龙门山前陆盆地的沉积基底是扬子地台西缘(卡尼期)上三叠统及其以下的沉积岩层,显示了龙门山前陆盆地是在晚三叠世卡尼期扬子地台西缘被动大陆边缘的基础上形成的。

2.4.3 前陆盆地的沉积充填

龙门山前陆盆地充填地层的厚度巨大,包括上三叠统小塘子组和须家河组;侏罗系白田坝组、千佛崖组、上、下沙溪庙组、遂宁组、莲花口组;白垩系城墙岩群、夹关组、灌口组;下第三系名山组、芦山组以及第四系。垂向上显示为由海相—海陆过渡相—陆相沉积物构成,总体呈向上变浅、变粗的沉积充填序列,其特点在于:其一,地层均呈旋回式沉积,并按规模可分为若干级别;其二,地层不整合面发育,并可以用盆地范围内的不整合面和其对应面将盆地充填地层划分为一系列的不同级别的沉积层序,每个沉积层序都是一个三维空间的充填实体,并有特定的沉积体系配置模式、沉积中心和边缘;其三,以巨厚层砾岩为特征的粗碎屑楔状体具周期性出现的特征。

2.4.4 前陆盆地的结构

由于受龙门山冲断带自印支运动以来不断向东扩展和推进,以及前陆隆起向西迁移的影响,龙门山前陆盆地西部已卷入龙门山造山带,从而使得龙门山前陆盆地变得十分复杂,且不完整。根据地震反射剖面和钻井剖面揭示,龙门山前陆盆地的结构在晚三叠世成盆期(图4)、晚侏罗世—早白垩世成盆期、晚白垩世—早第三纪成盆期(图3),以及第四纪成盆期(图2)均保存较好,显示了龙门山前陆盆地及各个成盆期的盆地结构主要为西陡东缓,并向西倾斜的不对称盆地,西部为深凹陷,并与龙门山冲断带以一系列冲断层相接,部分已卷入龙门山冲断带;东部较浅,并以平缓的沉积斜坡与前陆隆起过渡。其地层厚度总体上呈现为西厚东薄,沉降中心位于紧靠龙门山冲断带一侧,并发育多套巨厚的砾岩楔状体。因此龙门山前陆盆地基本上具有典型前陆盆地的盆地结构。