

四川省剑门关一带晚侏罗世沉积体系与古环境演化

徐世球, 余继完

(中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074)

摘要: 晚侏罗世是龙门山前陆盆地演化的关键时期, 因而沉积体系与古环境演化研究具有重要意义。运用比较沉积学的方法, 通过对沉积序列与旋回的详细研究, 将研究区晚侏罗世沉积体系分为湖泊沉积体系、三角洲沉积体系、冲积扇沉积体系以及河流沉积体系; 基于沉积背景和演化的分析, 确定龙门山推覆构造带是研究区晚侏罗世古环境演化和沉积体系空间配置的控制因素; 依据古流和物源分析, 确定西北部的龙门山是本区主要物源区。

关键词: 沉积序列; 沉积体系; 古环境演化; 晚侏罗世; 四川省剑门关。

中图分类号: P53

文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2001)03-0235-06

作者简介: 徐世球(1963), 副研究员, 男, 1984年毕业于武汉地质学院, 1992年毕业于中国地质大学(武汉)研究生院, 获硕士学位, 现从事沉积学、古地磁学及博物馆学研究工作。

四川剑门关位于四川盆地西北缘, 龙门山推覆构造带东南侧, 相当于龙门山前陆盆地的北段。区内广泛分布着晚侏罗世湿热气候条件下形成的杂色陆源碎屑岩, 自下而上为遂宁组和莲花口组(图1)。遂宁组厚700 m, 以鲜紫红色泥岩为主夹粉砂岩、细砂岩, 顶部夹透镜状砾岩、中粗粒砂岩; 莲花口组厚1761 m, 为砾岩、砂砾岩、砂泥岩的旋回沉积。研究区以东, 与莲花口组相当的是蓬莱镇组, 为多韵律的砂泥岩^[1]。与邻区相似^[2,3], 本区上侏罗统碎屑岩类型多变、沉积特征明显、沉积体系和古环境的时空配置独特且复杂, 与以东地区相比有显著的差别^[4~6]。在碎屑岩类型方面, 有砾岩、各种粒级的砂岩、粉砂岩、泥质岩及其间的过渡类型; 沉积构造方面, 种类丰富, 规模不一, 易于识别; 沉积体系方面, 体系类型较全, 综合成因标志清楚; 沉积环境的演化方面, 受龙门山周期性逆冲推覆作用的影响^[2,3]而出现明显的规律性。

1 沉积背景

晚三叠世, 由于印支运动的影响, 龙门山以西的松潘—甘孜地区强烈褶皱变形、岩浆侵入与区域变质, 并向东挤压, 使得龙门山区向南东逆冲推覆而上

升成古陆^[3]。从此, 四川盆地海水退出, 中三叠世以前以碳酸盐岩为主的台地沉积阶段结束, 进入了陆相沉积盆地的发展阶段。龙门山隆起成山后, 成为了四川盆地尤其是盆地西缘的主要物源区。因其不断受到来自北西的压应力作用的影响, 出现了多期次自西向东的逆冲推覆, 李勇等^[2]根据龙门山前陆盆地充填序列中不整合面的层位和性质, 确定龙门山冲断带自晚三叠世诺利克期以来至少有9次逆冲推覆事件, 晚侏罗世莲花口沉积期的推覆事件是规模较大的事件之一。龙门山每一次向东推覆都造成其东南侧的盆地西缘形成一套粗碎屑岩沉积, 如研究区晚三叠世须家河组顶部的灰质砾岩、早侏罗世白田坝组底部的石英质砾岩、晚侏罗世莲花口组底部的复成分砾岩等, 或者是形成巨厚的碎屑岩沉积, 如中侏罗世的上、下沙溪庙组。在龙门山隆升较弱或稳定期间, 盆地及其边缘为相对较细的岩性组合, 如研究区内的中侏罗世千佛岩组和晚侏罗世遂宁组等, 主要为砂、泥岩。龙门山逆冲推覆构造带是四川盆地西缘沉积体系配置型式及沉积环境演化关系的控制因素, 晚侏罗世地层正是在这种背景下形成的。

2 沉积体系的类型及其垂向沉积序列

在野外进行详细宏观沉积学研究的基础上, 结

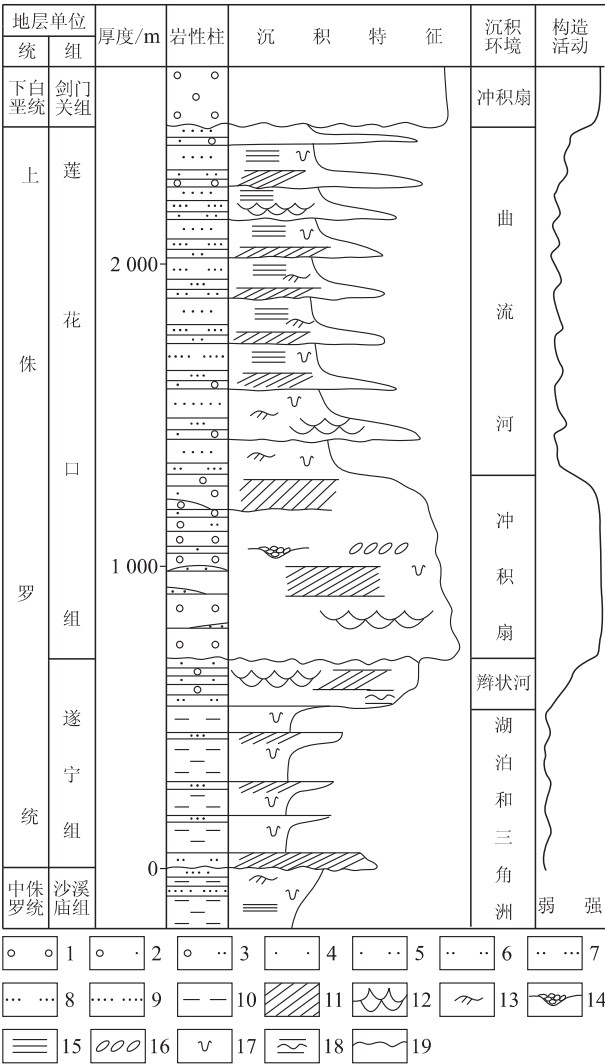


图 1 四川剑门关一带晚侏罗世地层综合柱状图

Fig. 1 Composite column of Upper Jurassic in Jianmen-guan area of Sichuan

1. 砾岩; 2. 含砾粗砂岩; 3. 含砾中砂岩; 4. 粗粒砂岩; 5. 中粗粒砂岩; 6. 中粒砂岩; 7. 中细粒砂岩; 8. 细粒砂岩; 9. 粉砂岩; 10. 泥岩; 11. 板状交错层理; 12. 槽状交错层理; 13. 波状交错层理; 14. 冲刷-充填构造; 15. 水平层理; 16. 叠瓦状砾石; 17. 生物潜穴; 18. 波痕; 19. 侵蚀面

合微观沉积学研究, 识别出研究区晚侏罗世发育 4 种沉积体系, 即湖泊沉积体系、三角洲沉积体系、冲积扇沉积体系以及河流沉积体系(图 1, 2)

2. 1 湖泊沉积体系及其垂向沉积序列

湖泊沉积体系只发育在遂宁组中、下部, 为淡水碎屑型湖泊沉积, 属于湖滨相和浅湖相, 总体上岩性较细, 自下而上常见进积型的反旋回沉积序列(图 3a)。湖滨相沉积主要为灰红、紫红色细粒石英砂岩夹紫红色泥岩, 成层性好且厚度稳定, 局部岩性变

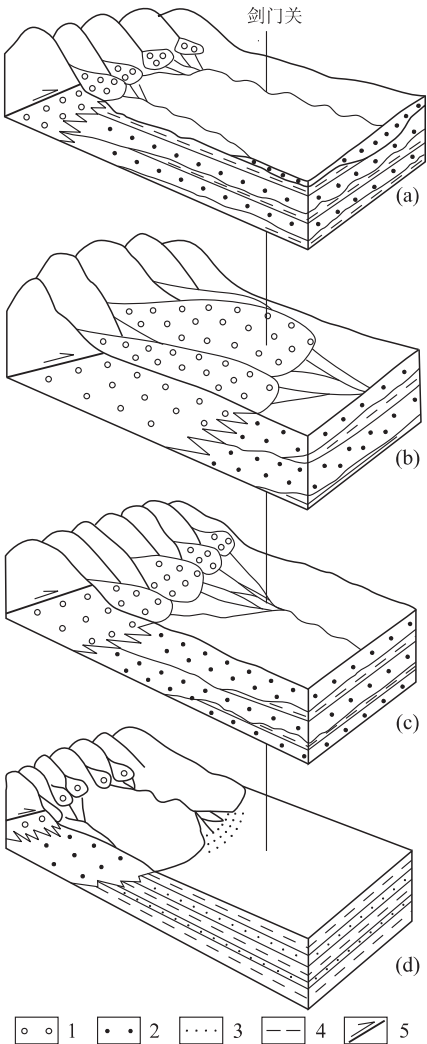


图 2 研究区晚侏罗世古环境演化及沉积体系空间配置

Fig. 2 Paleoenvironmental evolution and depositional system disposition in study area in Late Jurassic

a. 莲沱组沉积中、晚期; b. 莲沱组沉积早期; c. 遂宁组沉积晚期; d. 遂宁组沉积早、中期; 1. 冲击扇沉积体系; 2. 河流沉积体系; 3. 三角洲沉积体系; 4. 湖泊沉积体系或河流沉积体系中的洪泛盆地沉积; 5. 逆冲推覆构造

粗, 有时底部含砾, 厚度 0. 5~4 m. 颗粒分选性和磨圆度较好, 钙质胶结, 颗粒支撑. 砂岩中常见波状交错层理和波状层理, 发育有大量生物潜穴. 有时可见倾角较缓的板状交错层理.

浅湖沉积为鲜紫红色泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩的互层, 厚 5~80 m. 层理类型常见水平层理、缓波状层理、透镜状层理等, 发育大量的垂直或倾斜的生物潜穴以及生物扰动构造.

以湖泊沉积为主体的遂宁组在整个四川盆地分布广泛, 沉积特征相似, 说明该时期构造活动稳定, 周围山系尤其是龙门山隆升不明显, 湖泊分布面积

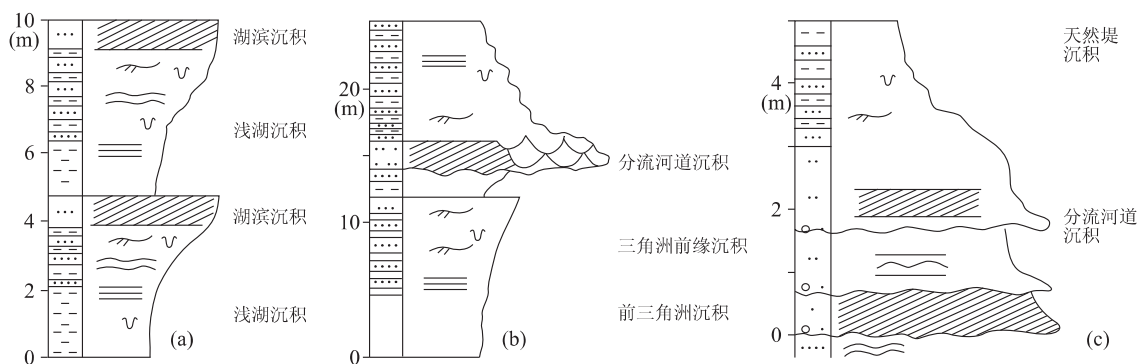


图3 遂宁组沉积序列(图例同图1)

Fig. 3 Sedimentary sequence of Suining Formation

a. 湖泊沉积; b. 三角洲沉积; c. 多期分流河道沉积

达到最大。

2.2 三角洲沉积体系及其垂向沉积序列

三角洲沉积体系主要发育在遂宁组中、下部,多出现于湖泊发展演化的水退时期,常在垂向上与湖泊沉积交互出现。体系的相组成为前三角洲相、三角洲前缘相和三角洲平原相,自下而上总体表现出由细变粗的反旋回沉积序列(图3b)。(1)前三角洲相。岩性主要为鲜紫红色泥岩夹薄层状粉砂岩,与浅湖相沉积类似,只是粉砂质含量略高一些,厚度一般为5~30 m。沉积构造常见水平层理、生物潜穴以及生物扰动构造,粉砂岩中可见缓波状层理。(2)三角洲前缘相。岩性组合特征自下而上为紫红色粉砂质泥岩与粉砂岩频繁互层到灰紫色细砂岩、中砂岩,可识别出远端坝和分流河口坝两个亚相沉积。远端坝沉积以粉砂岩为主夹泥岩,偶夹洪水期形成的细砂岩薄层,厚3~15 m。沉积构造以水平层理和缓波状层理为主,也可见波状交错层理,生物扰动构造和潜穴发育,此外,发育有负载构造。分流河口坝沉积以细砂岩为主夹粉砂岩,遂宁组上部的河口坝沉积较粗,局部见中粒砂岩,厚5~10 m,一般分选较好,磨圆中等。沉积构造常见楔状和板状交错层理以及波状交错层理,生物潜穴发育。三角洲前缘沉积序列皆为进积型反旋回序列,即自下而上为远端坝到分流河口坝沉积。(3)三角洲平原相。以分流河道沉积为主体,三角洲平原相沉积总体上岩性相对较粗,在遂宁组上部表现尤为明显,其亚相组成在本区主要是分流河道亚相和天然堤亚相。分流河道沉积表现为以砂质沉积为主且向上逐渐变细的序列特征。其底界为侵蚀面,可见负载构造。底部和下部为灰紫—紫褐色含砾粗—中粒砂岩,往上为灰紫色中—细粒砂岩,

厚度2~30 m。颗粒成分以石英为主,含量一般在70%以上,其次为岩屑,钙质胶结为主,颗粒分选性和磨圆度中等。沉积构造自下而上为大型槽状、板状交错层理到中、小型板状交错层理,上部多见波状交错层理和波状层理,局部可见水流波痕,生物潜穴非常发育。除上述单个序列外,局部还可见由于分流河道的多期侵蚀而形成的多个序列的组合(图3c)。由于上一河道对下一序列的侵蚀,因而只有最上部的分流河道序列比较完整。天然堤沉积发育在分流河道序列的上部,厚度1~3 m,系由洪水期携带泥沙的洪水漫出淤积而成。岩性为粉砂岩和粉砂质泥岩,发育明显的爬升波纹层理、波状交错层理和水平层理等,生物潜穴丰富。除上述两亚相外,本区三角洲平原相中,也常见分流河道间的洼地沉积,岩性以紫红色粉砂质泥岩为主,偶夹洪水期沉积的薄层粉砂岩,发育块状均匀层理和水平层理,常见生物扰动构造。

2.3 冲积扇沉积体系及其垂向沉积序列

冲积扇沉积体系是本区上侏罗统中最粗的、分选最差的近源沉积,垂向上发育在莲花口组的下部以及顶部的局部层位,总厚度近800 m。岩性组合为紫灰色砾岩、含砾砂岩夹薄层紫红色粉砂岩,以厚层和巨厚层砾岩的发育为显著特征(图1,2)。根据沉积特征的差异,可将该体系的相组成分为扇根相、扇中相和扇端相。(1)扇根相。扇根相沉积发育在莲花口组的底部,为扇根主河道充填沉积,岩性主要由分选极差的、无结构或局部具叠瓦状的砾岩、砂质砾岩组成。砾石成分主要为硅质岩、砂岩、灰岩等,磨圆度较好,砾径一般为10~15 cm,最大达30 cm,砾石之间为砂、粉砂等。块状构造,有时可见不明显的平行

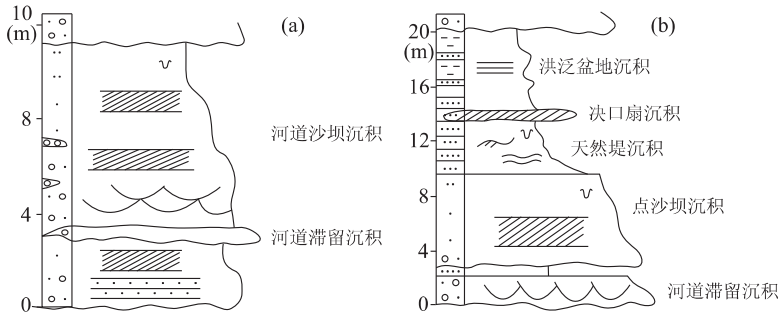


图 4 研究区晚侏罗世辫状河(a)和曲流河(b)沉积序列(图例同图 1)

Fig. 4 Sedimentary sequences of braided stream (a) and meandering stream (b) in study area in Late Jurassic

层理及大型单组板状交错层理。沉积序列底界为侵蚀面,往上砾径稍变小,单个序列厚 2~5 m。序列的顶部常为透镜状分布的薄层含砾粗砂岩,一般小于 20 cm 厚,成透镜状分布是上覆河道充填序列的侵蚀造成的,有时是上、下序列的砾岩直接为侵蚀接触。(2)扇中相。扇中相沉积是本区冲积扇沉积体系的主体,其突出特征是辫状河道充填序列极为发育。与扇根相相比,扇中砾岩砾径较小,一般为 5~10 cm,少数达 15 cm,砾石成分,砾石分选性和磨圆度基本相似,但砂质含量增加,砾石常见叠瓦状排列的特征。沉积构造类型较多,有板状、楔状和槽状交错层理以及平行层理,特别是发育典型的冲刷—充填构造。在交错层理和平行层理中,常见砾石顺纹层面定向排列。充填序列底界为侵蚀面,自下而上岩性为砾岩、含砾粗砂岩、含砾中细粒砂岩,砾径往上变小,上部砾径一般为 5 cm 左右,序列厚 1.5~4 m。沉积构造从下往上为冲刷—充填构造、大—小型槽状、楔状和板状交错层理以及平行层理等,层理规模变小。然而,由于扇中辫状河道具有快速充填、侧向迁移频繁的特点,因而垂向上表现为多个充填序列叠置且呈侵蚀接触,或者之间分布有极不稳定的河道间含砾砂岩或粉砂岩,有时在 22 m 厚的层段中,充填序列多达 11 个。(3)扇端相。扇端相沉积是冲积扇体系中岩性最细、分选性相对较好的部分,岩性为含砾粗砂岩夹砾岩透镜体以及含砾中细粒砂岩和粉砂岩等。砾径一般为 3~5 cm,含砾砂岩单层厚小于 1 m。局部见小型冲刷—充填构造、不明显的平行层理和交错层理,较细的细砂岩和粉砂岩中见块状层理、波状层理,发育大量生物潜穴。

本区冲积扇沉积序列有进积型反旋回序列和退积型正旋回序列,前者发育于冲积扇堆积速度大于盆地沉降速度时期^[7],分布于莲花口组底部,从下往

上依次为扇端沉积、扇中沉积和扇根沉积,单个序列的厚度最大可达 20 m;后者发育于堆积速度小于盆地沉降速度时期,在莲花口组下部冲积扇沉积段常见,序列特征与前者相反,但砾岩规模小,砂质含量增多。

2.4 河流沉积体系及其垂向沉积序列

本区的河流沉积体系发育于遂宁组的顶部以及莲花口组的中、上部,相组成为辫状河相和曲流河相,前者主要发育于遂宁组的顶部,后者分布于莲花口组的中、上部(图 1,2,4)。(1)辫状河相。辫状河沉积的岩性组合为砾岩、含砾砂岩、粗—中粒砂岩等。颗粒成分复杂,主要为沉积岩类,分选极差,磨圆中等,砾径一般小于 3 cm。沉积构造常见大型板状、槽状交错层理和平行层理,砾石常顺纹层面排列,叠瓦状构造清楚,有时也可见冲刷—充填交错层理,生物潜穴发育。这类大型交错层理是河道沙坝向下游和向侧方迁移所造成的^[8]。沉积序列的底部与下伏沉积之间具明显的侵蚀面(图 4a),往上颗粒变细,但不如曲流河沉积明显,层理规模往上变小。一般底部为河道滞留沉积的砾岩和砂砾岩,顶部可见低水位时期形成的薄层细粒沉积,序列厚 5~20 m。由于辫状河道频繁侧向迁移,河道侵蚀、冲刷现象常见,因而其沉积序列多不完整。(2)曲流河相。本区曲流河相可识别出河道滞留沉积、点沙坝沉积、天然堤沉积、决口扇沉积和洪泛盆地沉积 5 种亚相(图 4b)。河道滞留沉积为透镜状分布的砾岩和含砾粗砂岩,厚度一般小于 1 m,砾径小于 2 cm,成分为石英、燧石、灰岩、细晶岩等,分选差,磨圆中等,常见块状层理;点沙坝沉积是曲流河相的主体,主要为中—细粒砂岩和粉砂岩,底部有时含砾,分选中等,磨圆较好,具大—小型槽状或板状交错层理、波状交错层理和水平层理,发育水流波痕;天然堤沉积为泥质粉砂岩

到泥岩,层理为波状交错层理、波状层理到水平层理,有时可见爬升波痕纹理;决口扇沉积为透镜状分布的细砂岩,厚0~0.7 m,侧向延伸5 m左右即尖灭,发育波状交错层理,其上覆和下伏为洪泛盆地沉积;洪泛盆地沉积为紫红色泥岩,夹洪水期泥质粉砂岩薄层,可见水平层理和生物潜穴。上述5种沉积类型组成了曲流河沉积的完整序列(图4b)。底界为侵蚀面,由此往上为一由粗变细的正旋回序列,层理规模往上变小,反映水流能量逐渐减弱。序列厚度从4 m到30 m不等,有时由于河道对下伏沉积序列的强烈侵蚀,因而有些序列不完整。

3 沉积环境演化与沉积体系空间配置

对龙门山的崛起与龙门山(川西)前陆盆地(坳陷)演化的研究,十几年来成果丰硕,尤其是把构造地层学和层序地层学的研究结合起来,形成了一套研究前陆盆地沉积—构造演化的思路与方法^[2]。特殊的构造背景下,盆地自晚三叠世形成以来沉积体系的空间配置独特而且典型,这方面的研究方兴未艾^[6,9]。从晚侏罗世盆地沉积体系的展布来看,共同点是从龙门山冲断带东南侧往盆地方向依次出现冲积扇、河流、湖泊沉积体系,反映了龙门山的推覆隆升对盆地沉积体系配置的控制作用。

根据各沉积体系垂向上发育的位置以及沉积特征,结合古构造背景,可以总结出本区晚侏罗世沉积环境的演化历史以及沉积体系的空间配置(图2)。

遂宁组沉积的早、中期,构造稳定,龙门山推覆构造带处于宁静期,本区主要为湖泊环境,在潮湿、炎热的气候条件下,湖泊沉积体系发育,主要为一套鲜紫红色的浅湖和湖滨相沉积。由于龙门山推覆构造带在总体处于宁静的情况下,有轻微的波动,加之气候因素的影响,有时湖泊出现水退,此时本区则发育三角洲环境,进积型的沉积序列比较明显,且常与湖相沉积交互出现(图2d)。

在遂宁组沉积晚期,受燕山运动的影响,西北侧的龙门山逐渐开始向东推覆抬升,湖水向东退出,本区变成辫状河环境。近源的粗碎屑沉积物开始大量向区内提供,辫状河沉积发育(图2c)。

莲花口组沉积早期,龙门山出现显著的向东逆冲推覆,川西前陆盆地强烈沉降^[2,10],盆山之间高差迅速增大,原来的辫状河环境继续向东迁移,而紧靠龙门山的冲积扇环境已推进到本区,形成巨厚的冲

积扇体系的沉积,尤其是以砾岩总厚度大且层数多为突出特征,垂向上冲积扇沉积序列相互叠置(图2b)。莲花口组沉积中、晚期,龙门山推覆构造带渐趋平静,盆山高差缩小,冲积扇环境西退,沉积体系向西萎缩,本区变为曲流河环境(图2a)。曲流河沉积特征明显,沉积序列清楚。莲花口组沉积晚期,龙门山似有再一次逆冲隆升的趋势,表现为莲花口组上部夹6.5 m厚的冲积扇砾岩和含砾粗砂岩。此时期与莲花口组相当的蓬莱镇组则为三角洲、湖泊和河流沉积^[4~6,9]。

详细测量了能反映古水流方向的古流标志,经过统计分析,发现古流方向绝大部分为 $140^{\circ}\sim 160^{\circ}$,此结果与川西其他地区一致^[2]。此外,碎屑岩颗粒成分主要为花岗岩型石英、花岗细晶岩以及燧石、灰岩、粉砂岩等沉积岩类。以上两点说明,本区晚侏罗世的物源区是其西北部的龙门山。

4 结论

(1)本区晚侏罗世发育湖泊沉积体系、三角洲沉积体系、冲积扇沉积体系和河流沉积体系,湖泊和三角洲体系主要发育于遂宁组沉积早、中期,冲积扇体系主要发育于莲花口组沉积早期,河流体系发育于遂宁组沉积晚期和莲花口组沉积中、晚期,这一顺序也代表了古环境的演化阶段;(2)沉积体系的演化反映了晚侏罗世实际上是一个区域湖水面下降过程,从遂宁组沉积晚期开始,本区未见湖泊沉积;(3)基于古流及物源分析,可确定龙门山是本区晚侏罗世主要物源区;(4)龙门山推覆构造带是本区沉积体系空间配置和古环境演化的控制因素,莲花口组沉积早期是龙门山逆冲推覆最强烈的时期。

本文承杜远生教授审阅并提出宝贵意见,在此谨致谢意。

参考文献:

- [1] 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1991.
- [2] 李勇,曾允孚,伊海生. 龙门山前陆盆地沉积及构造演化[M]. 成都:成都科技大学出版社,1995. 11—62.
- [3] 郭正吾,邓康龄,韩永辉,等. 四川盆地形成与演化[M]. 北京:地质出版社,1996. 48—138.
- [4] 何鲤,柳梅青,何治国,等. 川西及邻区蓬莱镇组沉积层序特征及有利储集相带预测[J]. 四川地质学报,1999,

19(1): 50—56.

[5] 柳梅青,陈亦军,郑荣才.川西新场气田蓬莱镇组陆相地层高分辨率层序地层学研究[J].沉积学报,2000,18(1): 50—56.

[6] 叶茂才,易智强,李剑波.川西坳陷蓬莱镇组沉积体系时空配置规律[J].成都理工学院学报,2000,27(1): 54—59.

[7] 孙永传,李蕙生.碎屑岩沉积相和沉积环境[M].北京:地质出版社,1986. 97—177.

[8] 里丁 H G.沉积环境和相.周明鉴,陈昌明,张疆,等译[M].北京:科学出版社,1986. 20—79.

[9] 丘东洲.四川盆地西部坳陷晚三叠—早白垩世地层沉积相[J].四川地质学报,2000,20(3): 161—170.

[10] 刘树根,罗志立,戴苏兰,等.龙门山冲断带的隆升和川西前陆盆地的沉降[J].地质学报,1995,69(3): 205—214.

DEPOSITIONAL SYSTEM AND PALEOENVIRONMENTAL
EVOLUTION IN LATE JURASSIC IN JIANMENGUAN AREA,
SICHUAN PROVINCE, CHINA

Xu Shiqiu, She Jiwan

(Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Late Jurassic is an important period of Longmenshan foreland basin development. It is of great significance to study its depositional system and paleoenvironmental evolution. According to comparative sedimentology and the study of sedimentary sequences and cycles, Upper Jurassic in the study area can be divided into lake, delta, alluvial fan and fluvial depositional systems. The depositional setting and evolution analyses reveal that Longmenshan nappe structure belt should be responsible for the paleoenvironmental evolution and depositional system disposition of the study area in Late Jurassic. The research results show that the main provinces come from Longmengshan mountain in the northwestern part of the study area.

Key words: sedimentary sequence; depositional system; paleoenvironmental evolution; Late Jurassic; Jianmenguan area of Sichuan Province.

《地球科学——中国地质大学学报》
2001 年 第 26 卷 第 4 期 要目预告

工程地质信息化设计及其在交通工程中的应用	唐辉明	陈建平	程新生
长江中下游港口建设地质环境条件评价	刘世凯	徐凯燕	
浅析山区高等级公路中的边坡工程岩体	晏鄂川	程新生	何 森
巴东长江大桥的地质环境及其岩土工程研究	刘佑荣	唐辉明	方 云等
岩质边坡锚喷加固应用中的几个问题	陈建平	唐辉明	李学东
岷山垭公路路堑滑坡膨胀土特性及机制探讨	余宏明	严春杰	
桂柳高速公路石城坪滑坡工程地质特征及治理评价	陈学军	唐辉明	
预应力锚索桩设计与计算探讨	陈 占		