

四川盆地北缘下侏罗统白田坝组砾岩发育特征及对南大巴山隆升时间的制约

钱涛^{1,2}, 刘少峰^{3,4}, 王宗秀^{1,2}, 李王鹏⁵, 陈心路⁶

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2. 中国地质科学院页岩与油气调查评价重点实验室, 北京 100081; 3. 中国地质大学(北京)地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083; 4. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083; 5. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院, 北京 100083; 6. 中海石油(中国)有限公司天津分公司, 天津 300452)

摘要:通过大量详细的野外实际测量工作发现,四川盆地北缘下侏罗统白田坝组底部普遍为沉积砾岩。根据砾岩不同沉积特征将其划分为米仓山砾岩带、大巴山西段砾岩带和大巴山东段砾岩带。米仓山和大巴山西段砾岩带均为砾质冲积扇沉积,大巴山东段砾岩带相变为曲流河滞留沉积。而在重庆紫水、温泉和长滩一带缺乏砾岩沉积。依据砾岩沉积特征和沉积体系展布,从沉积学角度限定了南大巴山隆升时间为早侏罗世之后。白田坝组砾岩沉积不受南大巴山逆冲作用控制。大巴山山前砾岩在沉积之后被后期隆升的南大巴山掩盖或改造,呈现出现今的“残余”面貌。四川盆地北缘早侏罗世冲积扇砾岩带应向东延伸展布且盆地北缘分布范围比现今大得多,可能应跨过大巴山继续向东延至中扬子地区。

关键词:沉积学; 侏罗系; 冲积扇砾岩; 实测剖面; 南大巴山隆升

中图分类号: P534.52

文献标志码: A

文章编号: 2095-2783(2016)21-2402-07

Characteristics of the Baitianba Formation conglomerate of Lower Jurassic in the northern Sichuan basin and its constraint to the uplift of the south Dabashan

QIAN Tao^{1,2}, LIU Shaofeng^{3,4}, WANG Zongxiu^{1,2}, LI Wangpeng⁵, CHEN Xinlu⁶

(1. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Science, Beijing 100081, China; 2. Key Laboratory of Shale Oil and Gas Geological Survey, Chinese Academy of Geological Science, Beijing 100081, China; 3. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 4. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 5. Petroleum Exploration and Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 100083, China; 6. CNOOC Tianjin Company, Tianjin 300452, China)

Abstract: Abundant field investigations reveal that conglomerate is generally deposited at the base of the Baitianba Formation (Lower Jurassic) in the northern Sichuan basin. According to different depositional features, the conglomerate can be divided into three belts: Micangshan conglomerate belt, western segment of Dabashan conglomerate belt, and eastern segment of Dabashan conglomerate belt. The Micangshan and western segment of Dabashan conglomerate belts are deposited gravelly alluvial fan depositional system and eastern segment of Dabashan conglomerate belt progressively evolved into a meandering river system. However, there are no conglomerate deposits in Zishui, Wenquan and Changtan areas. Constrained by the conglomerate features and depositional system distributions, the south Dabashan is thrust and uplifted after the Early Jurassic. The south Dabashan thrusting don't control conglomerate developments. The original conglomerate is buried or modified by the subsequent differential uplift and thrusting of the south Dabashan. Therefore, the present conglomerate is 'residual' distribution. Alluvial fan conglomerate belt of the northern Sichuan basin could extend eastward to middle Yangtze areas.

Keywords: sedimentology; Jurassic; alluvial fan conglomerate; measured cross sections; uplift of the south Dabashan

盆地中砾岩的研究一直都是国内外地质学家关注的重点^[1-2],因为通过研究砾岩可以分析盆地物质来源、沉积环境、沉积古地理特征和盆缘构造活动等。砾岩分析的基本内容包括砾石的岩性、磨圆、球度、分选性、砾石之间填隙物、支撑胶结类型以及砾

石最大扁平面定向排列和砾岩沉积构造等。通过对砾岩中砾石的系统测量和统计,还可以进一步分析其搬运历史、沉积过程等。

众多学者对发育于龙门山褶皱—逆冲带和秭归盆地香溪一带的砾岩做了详细的研究,并取得了部

收稿日期: 2015-12-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41030318); 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20130022110002)

第一作者: 钱涛(1986—),女,博士研究生,主要研究方向为沉积盆地构造分析与沉积学

通信作者: 刘少峰,教授,主要研究方向为大陆动力学、沉积盆地构造分析和沉积学,shaofeng@cugb.edu.cn

分成果^[1,3]。然而,从米仓山褶皱—逆冲带、大巴山褶皱—逆冲带至秭归盆地地区的砾岩到目前为止还没有系统的研究。鉴于此,通过大量野外的实测和统计,探究砾岩的发育特征,为研究下侏罗统白田坝组砾岩空间发育规律、展布情况、充填格架特征及从沉积学角度限定南大巴山隆升时代提供具有参考价值的证据,并为从构造和测年数据等角度获得南大巴山隆升时代这一科学问题^[4-8]提供新的佐证资料。

1 区域地质

在中国中部,与四川盆地北缘毗邻的秦岭—大别造山带大地构造格局以“三板块两缝合带”为特

征。三大板块以北部的商丹缝合带(信阳—舒城断裂)和南部的勉略缝合带(襄樊—广济断裂)为边界,由北至南被划分为华北板块、秦岭—大别微板块(秦岭—大别造山带)和扬子板块^[4](图 1)。“三板块两缝合带”自古生代以来经历了复杂的构造演化过程^[7,9-10]。扬子板块与华北—秦岭—大别复合板块于三叠纪最终拼合,在勉略缝合带南缘发生了大规模的南北向收缩变形^[11],形成了位于四川盆地北缘的米仓山和大巴山褶皱—逆冲带,它们控制和改造了四川盆地北缘的沉降和沉积。米仓山和大巴山前地区主要出露上三叠统须家河组、下侏罗统白田坝组、中侏罗统千佛岩组、沙溪庙组和下白垩统蓬莱镇组陆相砂泥岩沉积地层,构造变形相对较弱。

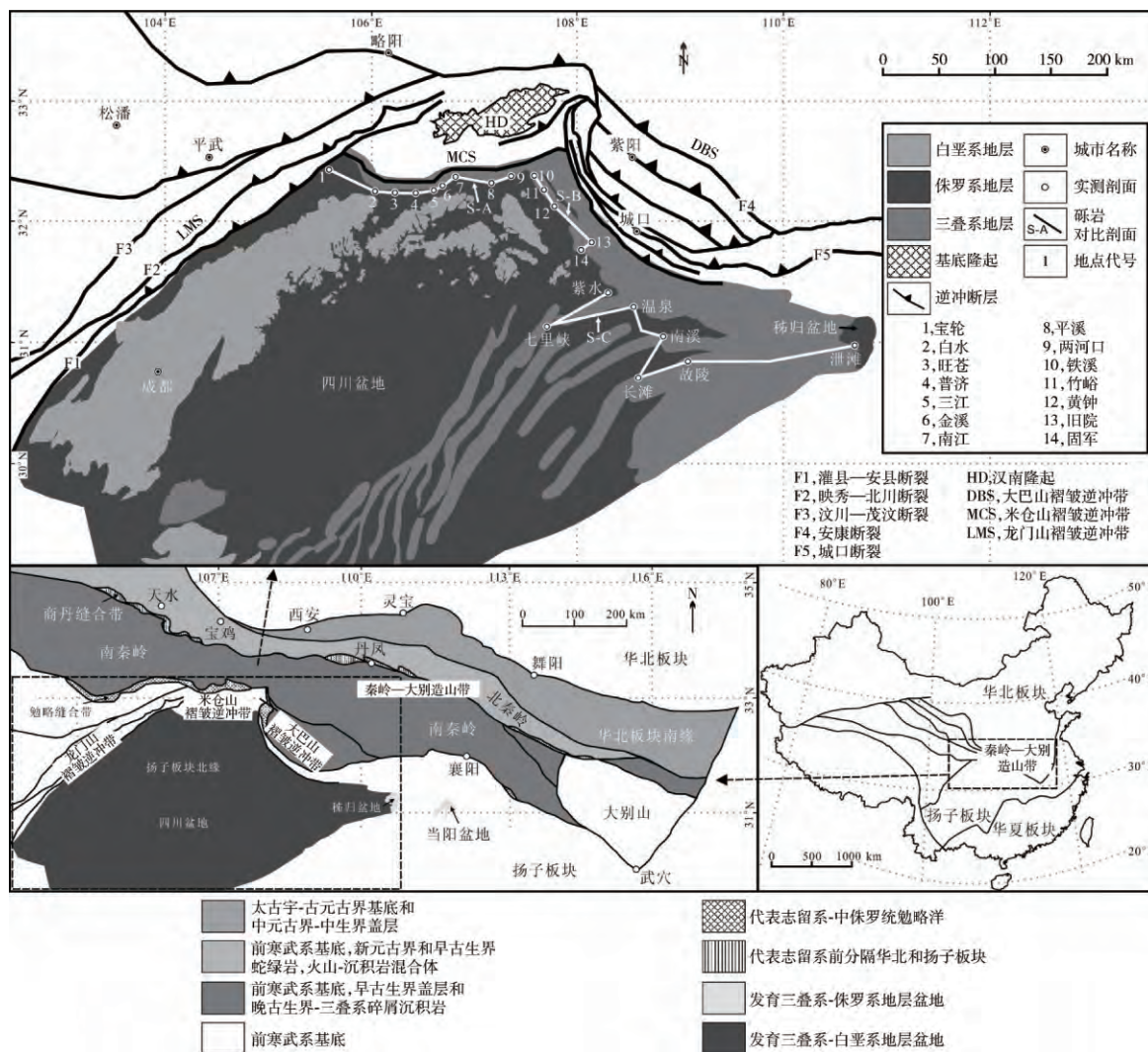


图 1 四川盆地、秭归盆地及其秦岭—大别造山带构造格架图

1.1 米仓山褶皱—逆冲带

米仓山褶皱—逆冲带向东与大巴山褶皱—逆冲带相邻,向西与北东—南西向的龙门山构造带交接转换,如图 1 所示。汉中以南的基底隆起区为汉南隆起,出露了太古代—元古代变质杂岩,发育大型基

底卷入的复背斜构造^[12-13]。背斜核部出露前震旦系地层,两翼逐渐过渡为震旦系、古生界和中生界沉积地层。响应于扬子板块和华北板块之间的斜向穿时碰撞过程,汉南隆起于晚三叠世之后发生了强烈的变形作用^[14]。米仓山褶皱—逆冲带后缘发育卷入古

生代地层的叠瓦式逆冲带,前缘发育由晚古生代至早中三叠世组成的隔档式褶皱。米仓山褶皱—逆冲带在新生代时期经历了较强烈的隆升剥蚀作用^[14]。米仓山山前盆地区出露的地层地表构造变形相对微弱,但在其深部发育被动顶板双重逆冲构造^[15-17]。

1.2 大巴山褶皱—逆冲带

大巴山褶皱—逆冲带平面上呈自北东向南西凸出的弧形展布(图 1),它位于秦岭—大别造山带南部,向西与汉南—米仓山隆起相接,向东止于神农架—黄陵隆起。依据构造变形样式、地层和岩石出露特征等,将大巴山划分为北大巴山的逆冲推覆带、南大巴山的前陆褶皱带和四川盆地区的前陆拗陷带^[18]。逆冲推覆带位于秦岭—大别微板块南缘^[4],北以安康断裂,南以城口—房县断裂为界^[11]。南大巴山前陆褶皱—逆冲带位于扬子板块北缘,南北分别以铁溪—巫溪隐伏断裂和城口—房县断裂为界,主要发育薄皮叠瓦式逆冲推覆构造,除在北缘卷入新元古代变质基底外,主要变形地层为扬子地台之上发育的沉积盖层。前陆拗陷带位于铁溪—巫溪隐

伏断裂之南的四川盆地区,主要发育 1 套侏罗纪至早白垩世地层序列。前人通过大量研究指出米仓山褶皱—逆冲带发生构造变形作用的时间(晚侏罗世)比南大巴山早(晚侏罗世或早白垩世),即南大巴山西段最早于早白垩世之后发生逆冲变形作用且截切和叠加了米仓山褶皱—逆冲带东部地区先期的变形^[14]。同时,南大巴山的构造变形受到了北大巴山的控制。

2 白田坝组砾岩沉积特征

不同地区砾岩在砾石粒径、岩性、砾岩发育的沉积构造和沉积环境等方面具有不同的沉积特征。根据这些不同特征将米仓山和大巴山山前砾岩划分为 3 个带,分别是米仓山砾岩带(S-A)、大巴山西段砾岩带(S-B)和大巴山东段砾岩带(S-C),如图 1 所示。

2.1 米仓山砾岩带

米仓山砾岩带从宝轮(1)沿米仓山褶皱—逆冲带近东西向展布,向东延伸至米仓山与大巴山褶皱—逆冲带相交的两河口(9)地区,如图 2 所示。

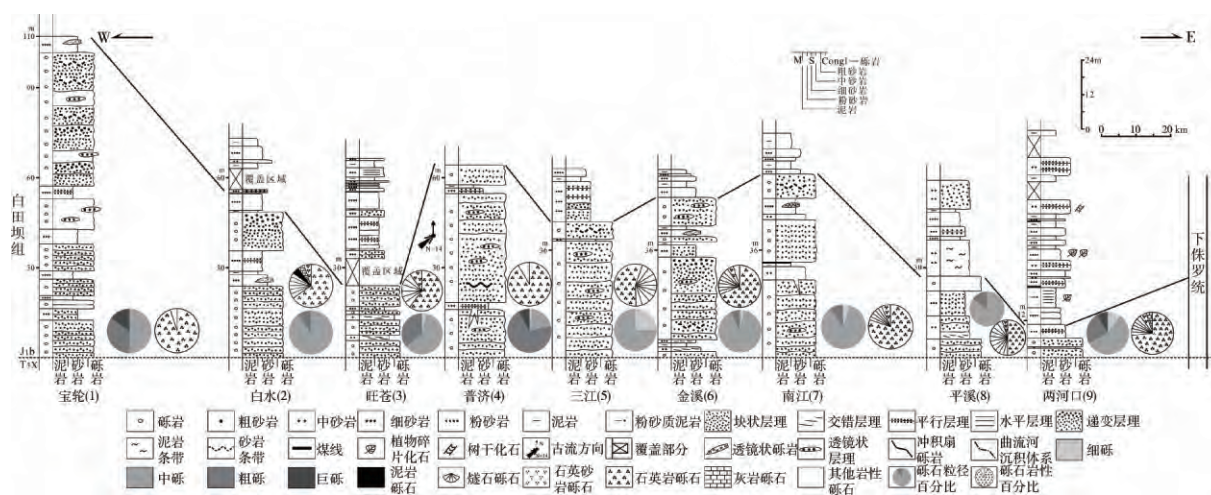


图 2 米仓山砾岩带下侏罗统白田坝组底部岩性柱状图

宝轮剖面和白水剖面,砾岩厚度较大且具有泥石流特征,如图 3(a)所示。图 2 为米仓山砾岩带下侏罗统白田坝组底部岩性柱状图。由图 2 可见,宝轮剖面厚度最大至 110 m,而白水剖面厚度有所减薄,其厚度约为 60 m。米仓山砾岩带(S-A)的砾岩整体呈灰黄色,宝轮剖面略带砖红色,反映沉积物质暴露地表,遭受不同程度的氧化作用;呈块状构造,层理总体上不发育,局部可见递变层理。砾岩砾石分选差,粒径在 2~50 cm 不等,总体以中砾(4~64 mm)和粗砾(64~256 mm)为主。宝轮剖面中砾的体积分数占统计的 50% 以上,最大可达 50 cm,如图 3(b)所示,白水剖面中砾的体积分数最多可达到 90% 以上。砾、砂、泥混杂,粒级大小相差悬殊。砾石岩性主要为石英岩,其次为燧石,少量泥岩、灰岩和其他类型岩石。砾石磨圆依据岩性不同而不

同,石英岩砾石磨圆为次棱角状—次圆状,燧石为次棱角状,球度较差。砾石最大扁平面几乎无定向排列趋势。砾石之间主要为砂质物质充填,如图 3(c)所示。剖面垂向上,砾岩体中常发育砂岩透镜体或砂岩条带。砾岩层之间夹具平行层理的片流粉砂岩、薄层细砂岩。剖面中不发育动植物化石。结合岩性、沉积构造等方面推断宝轮剖面和白水剖面砾岩属于冲积扇沉积体系,且主要为扇根沉积。

由图 2 可见,旺苍剖面的砾岩厚度约为 20 m,较之宝轮剖面和白水剖面减薄;呈块状构造,砾石排列略显定向排列趋势。砾石粒径以中砾为主,少量为细砾(2~4 mm)。砾石分选较差,但较之宝轮剖面和白水剖面有所好转。石英岩砾石的体积分数略为减少,为 65%;燧石体积分数数量约占 25%,其余为石



图 3 米仓山砾岩带砾岩野外照片

英砂岩。砾岩中普遍发育剪节理,穿切砾石和胶结物。垂向上,序列由向上变细的正旋回构成。砾岩之间发育具板状交错层理的砾质河道中粒到粗粒石英砂岩,如图 3(d)所示,前积纹层为北东至南西古水流方向,指示了物源可能来自北部的逆冲带。砾岩体之上发育具平行层理的粉砂岩、细砂岩和具水平层理的泥岩序列。旺苍剖面砾岩仍可能发育于冲积扇体系中扇根部位。

普济、三江、金溪和南江 4 个剖面砾岩体厚度较大,厚度范围为 50~85 m;呈块状构造,层理几乎不发育。剖面中砾石以中砾为主,其体积分数最多可达统计的 90% 以上。普济砾石以图 3(e)中所示的粗砾为主,体积分数多达 70%。图 3(f)所示的三江砾石、金溪砾石和南江砾石以中砾为主,不同剖面所占比例略有差异。砾石岩性以石英岩为主,各剖面的体积分数均在 50% 以上,普济剖面石英岩砾石的体积

分数多达 90%,其次是南江剖面,其体积分数为 85%。除石英岩外,砾石岩性还有部分燧石,少量石英砂岩和其他岩石。砾石最大扁平面几乎无定向排列趋势。砾石之间为砂质充填或石英质胶结。剖面垂向上,砾岩体中发育薄层具平行层理的如图 3(g)所示的细砂岩或泥岩,局部夹透镜体或条带状砂岩,如图 3(h)所示。结合砾岩成分复杂、砾石粒径大小混杂、分选差、不规则排列、砾石间充填砂质物质、不含动植物化石等这些沉积学特征,推测这 4 处砾岩为冲积扇沉积体系且主要为扇根—扇中沉积。

平溪剖面 and 两河口剖面的砾岩厚度大幅减薄至 7~12 m,呈块状构造。砾石粒径减小且以中砾为主,其体积分数占 65%~90%,砾石粒径集中在 20~40 mm;分选性从较差到中等。平溪剖面石英岩的体积分数相对减少,为 50%~75%,图 3(i)所示的燧石数量增加,少量石英砂岩和灰岩。砾岩层间夹中—粗粒石英砂岩片流沉积,序列向上为厚层具平行层理或交错层理细—中粒砂岩,发育植物碎片化石;序列顶部发育水平层理泥岩,粉砂质泥岩;两河口剖面偶夹煤线。平溪剖面 and 两河口剖面地层序列从底到顶,砾岩厚度减小,砂岩和泥岩厚度增加,为冲积扇扇间沉积。

2.2 大巴山西段砾岩带

大巴山西段砾岩带分布于米仓山与大巴山交接部位铁溪剖面(10)地区,并顺大巴山走向延伸至固军剖面(14),如图 4 所示。野外测量结果表明,黄钟剖面和旧院剖面砾岩厚度最大,其厚度约为 85 m;铁溪剖面和固军剖面厚度次之;竹峪剖面处厚度最薄,其厚度约为 6 m。该砾岩带各剖面砾岩厚度变化较大。露头上,砾岩总体呈灰黑—灰黄色,呈块状构造。砾岩中常夹条带状或透镜体状砂岩。旧院剖面中,局部发育砾岩并冲刷下伏中—粗粒石英砂岩。

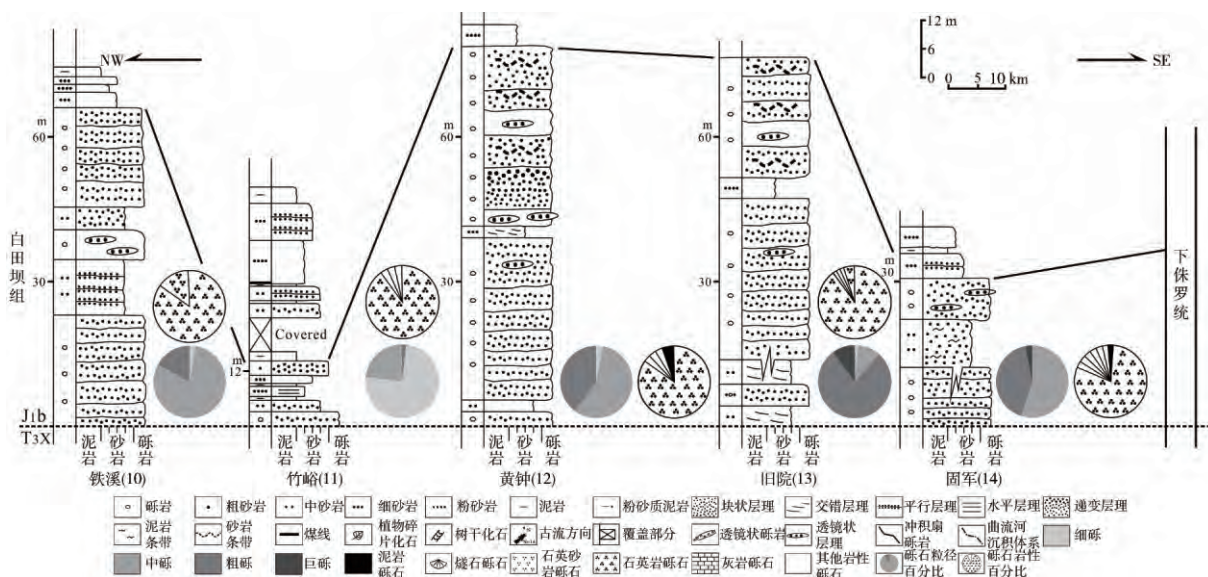


图 4 大巴山西段砾岩带下侏罗统白田坝组底部岩性柱状图

图 5 为大巴山西段和大巴山东段砾岩带砾岩野外照。铁溪剖面的砾岩以中砾为主,其体积分数约为 75%,少部分粗砾的体积分数约为 17%。图 5(a)中黄钟剖面的砾岩和固军剖面剖面的砾岩以中砾和粗砾为主,其体积分数分别约 60%和 40%,并含极少量细砾。黄钟剖面的砾石最大扁平面具有定向排列特征,如图 5(b)所示。旧院剖面的砾石粒径较大,粗砾居多如图 5(c)所示,其体积分数约为 78%。砾石岩性以石英岩为主,石英岩的体积分数为 70%~92%;次之为燧石;并含有少量石英砂岩和其他岩性。石英岩磨圆度从次圆状到圆状,燧石为次棱角状一次圆状。砾石之间主要为石英质胶结,砾石支撑。铁溪、黄钟、旧院和固军 4 个剖面垂直向上仍显示砾岩为冲积扇体系沉积物,其特征基本与米仓山砾岩带相似。但该砾岩带中发育较多具有交错层理的透镜状河道砂岩和具有平行层理的片流砂岩夹层,可能属于冲积扇扇根—扇中沉积。



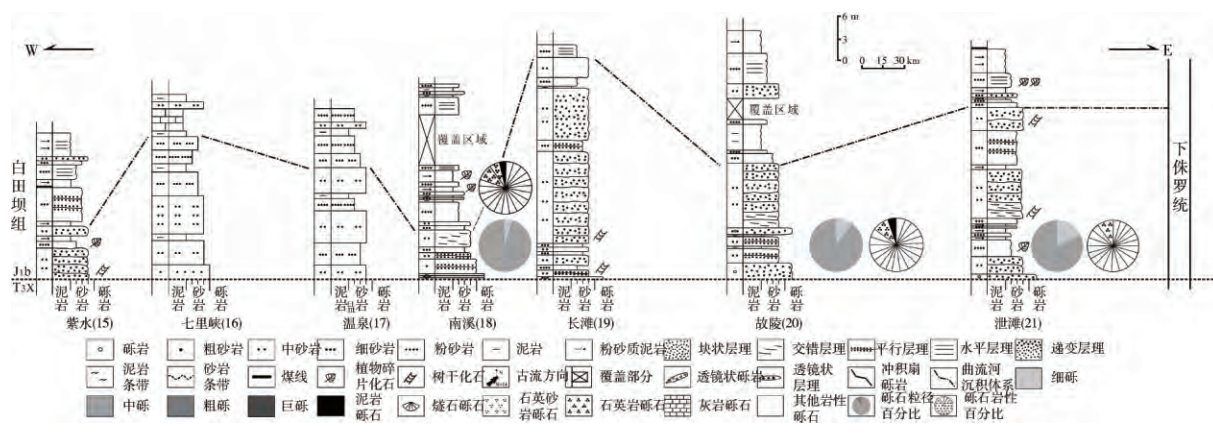
图 5 大巴山西段和大巴山东段砾岩带砾岩野外照

竹峪剖面的砾石粒径较小,以图 5(d)中所示的细砾为主,其体积分数约 65%。砾石岩性主要为石英

岩,其体积分数约 90%,并含有少量燧石。分选较差—中等分选性从较差到中等。砾石之间主要为石英质胶结,颗粒支撑。砾石最大扁平面略显定向排列。砾岩向上发育块状层理中粒石英砂岩、水平层理粉砂岩和泥岩序列,主要为扇中沉积。

2.3 大巴山东段砾岩带

大巴山东段砾岩带从紫水剖面(15)至秭归地区泄滩剖面(21),如图 6 所示。该砾岩带与米仓山、大巴山西段带具有明显不同的沉积特征。紫水、七里峡和温泉剖面侏罗系底部不发育砾岩;长滩剖面发育含砾砂岩;南溪、故陵和泄滩 3 个剖面底部沉积薄层砾岩,南溪剖面的厚度约为 0.5 m,如图 5(e)所示,泄滩剖面的厚度约为 1.5 m,故陵剖面的厚度稍大,为 2 m。露头上,砾岩为灰黑—灰黄色,隐约可见砾石定向排列。南溪剖面的砾岩以中砾为主,其体积分数约 95%,砾石粒径集中在 15~45 mm;其余为细砾,无粗砾。故陵剖面中砾含量变化不大,其体积分数约为 89%。相比前 2 条砾岩带,砾石岩性数量有较大的变化。南溪和故陵剖面的砾石岩性为燧石、石英岩、石英砂岩和其他岩石。其中,燧石的体积分数大于石英岩,约占 75%~84%,石英岩体积分数为 10%左右,如图 5(f)所示。颗粒的体积分数较之前砾岩带减少;砾石间充填砂质物质。结合序列岩性组合、沉积构造和化石等方面的信息将该砾岩带沉积环境确定为曲流河滞留沉积,表现为如下特征:1)垂直方向上,具有下粗上细结构;底部砂体厚度大;2)层理类型多样,砂体中发育块状层理、交错层理、平行层理及序列上部发育水平层理特征;3)地层序列底部发育冲刷—充填构造,冲刷面上含下伏地层砾石;4)剖面下部河道砂岩体中常含树干化石,上部细粒沉积物里含植物碎片且偶夹煤线。



七里峡和温泉剖面引自文献[19]。
图 6 大巴山东段砾岩带下侏罗统白田坝组底部岩性柱状图

白田坝组在米仓山和大巴山西段山前发育多个粗碎屑冲积扇体系,形成沿米仓山东西向展布的冲积扇群。而大巴山东段山前砾岩相变为曲流河冲积平原或者缺乏砾岩沉积。

3 白田坝组砾岩空间分布及其构造意义

野外实测剖面的沉积学分析表明,龙门山中北段、米仓山和大巴山西段发育多个粗碎屑冲积扇体

系,形成冲积扇群,如图 7 所示。平溪剖面 and 两河口剖面为扇间沉积。大巴山西段冲积扇砾岩向东延伸至旧院剖面和固军剖面。南溪剖面、故陵剖面和泄滩剖面发育曲流河河道滞留沉积,可能属于冲积扇前曲流河冲积平原,如图 7 所示。紫水剖面、七里峡剖面、温泉剖面和长滩剖面缺乏砾岩沉积。可见,四川盆地北缘砾质冲积扇群向东被大巴山弧截断,冲积扇砾岩砾石粒径自北向南减小,石英岩砾石的体积分数减少,燧石砾石增加。米仓山和大巴山西段砾岩具有相似的沉积特征,而大巴山东段截然不同。假设砾岩来自南大巴山,那么砾岩的展布应该表现为如图 7 所示的沿大巴山走向呈北西—南东向的弧形。然而,实际情况与推测的不符。依据米仓山砾岩呈东西向带状展布,并与大巴山交切这一地质事实分析,大巴山西侧侧翼砾岩发育与南大巴山的隆

升没有关系,换言之,南大巴山的隆升并没有控制砾岩沉积。南大巴山隆升发生于砾岩沉积之后即晚于早侏罗世,这与南大巴山构造变形分析和年代学分析结果相符。同沉积砾岩可能沿米仓山前呈东西向展布,向东延伸至现今大巴山以东的地区,如图 7 所示。从山前向盆地方向(即自北向南)砾岩从扇根转变为扇端,直至南部的扇前平原或平原湖泊。隆升后的南大巴山掩盖或改造了白田坝组砾岩,所以现今砾岩呈现的是被改造后的“残余”面貌。米仓山和大巴山西段砾岩以石英岩砾石为主,其源区可能为大巴山(南秦岭地区)的志留纪石英岩和变质石英砂岩。再者,早侏罗世时期四川盆地北缘分布范围比现今大得多,可能应跨过大巴山继续向东延至中扬子地区。

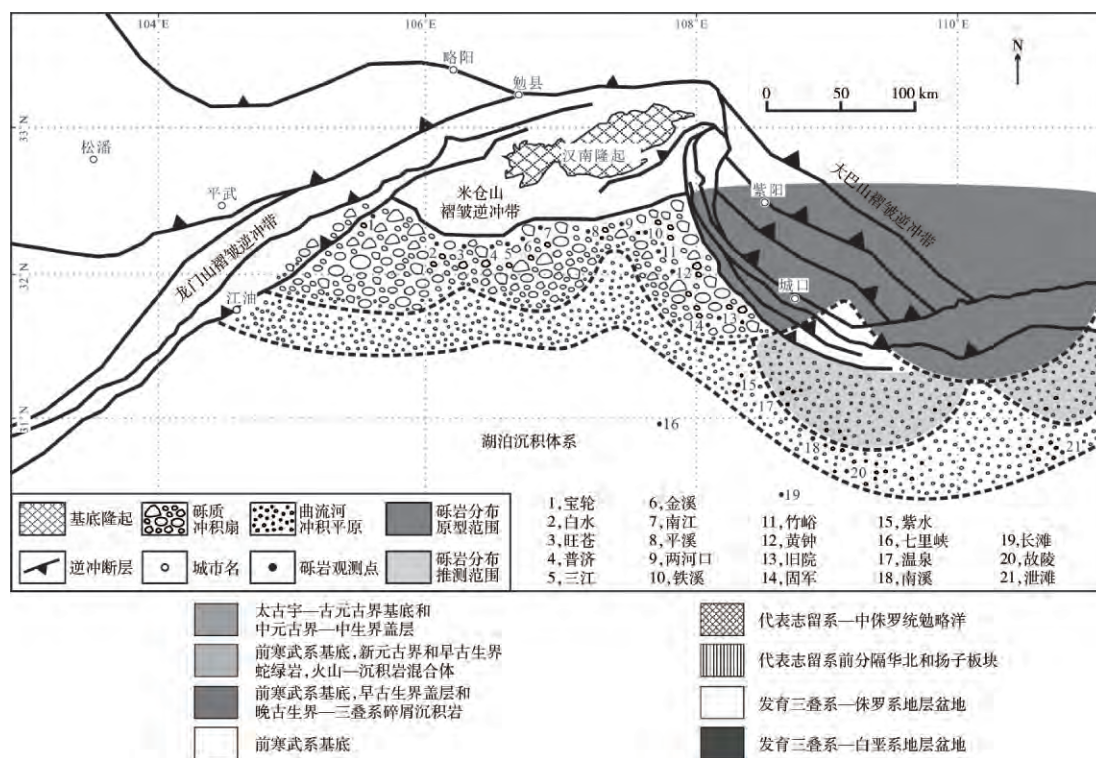


图 7 四川盆地北缘下侏罗统白田坝组砾岩分布图

4 结 论

通过研究四川盆地北缘下侏罗统白田坝组砾岩沉积特征得到以下结论:

1) 依据砾岩出露位置及沉积特征将四川盆地北缘早侏罗世砾岩划分为米仓山砾岩带、大巴山西段砾岩带和大巴山东段砾岩带。

2) 米仓山和大巴山西段发育砾质冲积扇砾岩: 厚度大, 呈块状构造, 中粗砾石为主, 砾石大部分为石英岩。大巴山东段发育曲流河河道滞留砾岩: 厚度小, 中细砾石为主, 砾石大部分为燧石。米仓山—大巴山西段和大巴山东段砾岩沉积特征截然不同。

3) 砾岩沉积特征和分布范围指示了南大巴山隆升发生在早侏罗世之后。后期南大巴山的隆升掩盖或改造了早期沉积的砾岩。

致谢: 本文得到了王永超和刘凌云野外调查工作帮助, 在此向他们表示感谢。

[参考文献] (References)

- [1] DENG B, LIU S, JANSAN L, et al. Sedimentary record of Late Triassic transpressional tectonics of the Longmenshan thrust belt, SW China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2012, 48: 43-55.
- [2] 梁伟, 陈留勤, 郭福生, 等. 江西抚崇盆地晚白垩世—古新世莲荷组砾石砾组分析[J]. 地质力学学报, 2013, 19

- (1): 35-44.
LIANG Wei, CHEN Liuqin, GUO Fusheng, et al. Analysis on gravel fabric of the Late Cretaceous to the Paleocene Lianhe formation in Fuzhou-Chongren basin, Jiangxi [J]. Journal of Geomechanics, 2013, 19(1): 35-44. (in Chinese)
- [3] 渠洪杰, 胡健民, 崔建军, 等. 大巴山构造带东段秭归盆地侏罗纪沉积充填过程及其构造演化[J]. 地质学报, 2009, 83(9): 1255-1268.
QU Hongjie, HU Jianmin, CUI Jianjun, et al. Jurassic sedimentary filling process of Zigui basin in the eastern section of Daba mountain tectonic belt and its structural evolution [J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(9): 1255-1268. (in Chinese)
- [4] 张国伟, 张本仁, 袁学诚, 等. 秦岭造山带与大陆动力学[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 117.
ZHANG Guowei, ZHANG Benren, YUAN Xuecheng, et al. Qinling orogenic belt and continental dynamics [M]. Beijing: Science Press, 2001: 117. (in Chinese)
- [5] 张国伟, 董云鹏, 赖绍聪, 等. 秦岭-大别造山带南缘勉略构造带与勉略缝合带[J]. 中国科学(D辑), 2003, 33(12): 1121-1135.
ZHANG Guowei, DONG Yunpeng, LAI Shaocong, et al. Mianlue tectonic belt and Mianlue suture on the southern margin of the Qinling-Dabie orogeny [J]. Science in China (Series D), 2003, 33(12): 1121-1135. (in Chinese)
- [6] 张国伟, 程顺有, 郭安林, 等. 秦岭-大别中央造山系南缘勉略古缝合带的再认识——兼论中国主体的拼合[J]. 地质通报, 2004, 23(9/10): 846-853.
ZHANG Guowei, CHENG Shunyou, GUO Anlin, et al. Mianlue paleo-suture on the southern margin of the central orogenic system in Qinling-Dabie with a discussion of the assembly of the main part of the continent of China [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(9/10): 846-853. (in Chinese)
- [7] DONG Y P, ZHANG G W, NEUBAUER F, et al. Tectonic evolution of the Qinling orogen, China: review and synthesis[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2011, 41(3): 213-237.
- [8] LI P Y, ZHANG J, GUO L, et al. Structural features and deformational ages of the northern Dabashan thrust belt [J]. Geoscience Frontiers, 2012, 3(1): 41-49.
- [9] LIU Shaofeng, ZHANG Guowei. Process of rifting and collision along plate margins of the Qinling orogenic belt and its geodynamics [J]. Acta Geologica Sinica, 1999, 73(3): 275-288.
- [10] 刘少峰, 张国伟. 大别造山带周缘盆地发育及其对碰撞造山过程的指示[J]. 科学通报, 2013, 58(1): 1-26.
LIU Shaofeng, ZHANG Guowei. Mesozoic basin development and its indication of collisional orogeny in the Dabie orogen [J]. Chinese Science Bulletin, 2013, 58(1): 1-26. (in Chinese)
- [11] 李鹏远, 张进江, 郭磊, 等. 北大巴山逆冲推覆构造带前缘构造特征及变形年代[J]. 地学前缘, 2010, 17(3): 191-199.
LI Pengyuan, ZHANG Jinjiang, GUO Lei, et al. Structural features and deformational ages in the front of the northern Dabashan thrust belt [J]. Earth Science Frontiers, 2010, 17(3): 191-199. (in Chinese)
- [12] 常远, 许长海, PETER W R, 等. 米仓山-汉南隆起白垩纪以来的剥露作用: 磷灰石 (U-Th)/He 年龄记录[J]. 地球物理学报, 2010, 53(4): 912-918.
CHANG Yuan, XU Changhai, PETER W R, et al. The exhumation evolution of the Micang Shan-Hannan uplift since Cretaceous evidence from apatite (U-Th)/He dating [J]. Chinese Journal of Geophysics, 2010, 53(4): 912-918. (in Chinese)
- [13] 吴磊, 钱俊锋, 肖安成, 等. 扬子地块西侧米仓山基底卷入式冲断带的结构分析[J]. 岩石学报, 2011, 27(3): 681-688.
WU Lei, QIAN Junfeng, XIAO Ancheng, et al. Structural analysis of the Micangshan basement-involved thrust belt in the western edge of the Yangtze Block [J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27(3): 681-688. (in Chinese)
- [14] TIAN Y T, KOHN B P, ZHU C Q, et al. Post-orogenic evolution of the Mesozoic Micang Shan Foreland Basin system, central China [J]. Basin Research, 2012, 24(1): 70-90.
- [15] 李岩峰, 曲国胜, 刘殊, 等. 米仓山、南大巴山前缘构造特征及其形成机制[J]. 大地构造与成矿学, 2008, 32(3): 285-292.
LI Yanfeng, QU Guosheng, LIU Shu, et al. Structural characters and mechanism in the Micang Shan and southern Daba Shan Mountains front [J]. Geotectonic et Metallogenia, 2008, 32(3): 285-292. (in Chinese)
- [16] 孙东. 米仓山构造带构造特征及中-新生代构造演化[D]. 成都: 成都理工大学, 2011.
SUN Dong. The structural character and Meso-Cenozoic evolution of Micang Mountain Structural Zone, Northern Sichuan Basin, China [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2011. (in Chinese)
- [17] 文竹, 何登发, 樊春, 等. 四川盆地北部米仓山冲断带多层滑脱系统构造分析[J]. 新疆石油地质, 2013, 34(3): 282-286.
WEN Zhu, HE Dengfa, FAN Chun, et al. Analysis of the multi-detachment structure in Micangshan thrust belt, northern Sichuan basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2013, 34(3): 282-286. (in Chinese)
- [18] 董树文, 施炜, 张岳桥, 等. 大巴山晚中生代陆内造山构造应力场[J]. 地球学报, 2010, 31(6): 769-780.
DONG Shuwen, SHI Wei, ZHANG Yueqiao, et al. The tectonic stress field in the Dabashan orogen resulting from Late Mesozoic intra-continental orogeny [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2010, 31(6): 769-780. (in Chinese)
- [19] 马永生, 陈洪德, 王国力. 中国南方构造-层序岩相古地理图集(震旦纪-新近纪)[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 181.
MA Yongsheng, CHEN Hongde, WANG Guoli. Tectonic-sequence lithofacies atlas in southern China (Sinian-Neogene) [M]. Beijing: Science Press, 2009: 181. (in Chinese)