

巴颜喀拉三叠纪沉积盆地岩相与古地理 ——以阿坝-若尔盖盆地为例

杜德勋 罗建宁 惠 兰

(地矿部成都地质矿产研究所)

[内容提要] 以阿坝-若尔盖盆地岩相与古地理研究为例,并结合区域上有关资料,认为巴颜喀拉三叠纪沉积盆地发育有世界上罕见的巨型浊流沉积,主要由一套大陆斜坡浊积扇相组合与深海盆地相组合等构成,而斜坡浊积扇、深海盆地的形成与发展与海平面的下降期与上升期存在着对应关系,发育一系列叠复的浊积扇舌状体,浊流沉积物以陆源碎屑为主,伴有火山物质和碳酸盐岩的混合源型,物源主要来自北西侧与北侧的浅变质岩区,盆地属多阶段、多物源、不同构造性质相叠加的复合盆地。巴颜喀拉地区作为独立的微板块与东部扬子板块之间会聚、碰撞表现为扬子板块为俯冲,巴颜喀拉微板块为仰冲性质。新都桥组缺氧事件沉积物中具较广泛的微细浸染型金矿化,赋存于低密度浊流沉积的扇尾—深海盆地相内,而且也是现代砂金矿床的主要源区地层。

关键词 海底扇浊积岩 三叠纪 巴颜喀拉 ①

巴颜喀拉三叠纪沉积盆地处于秦祁昆微板块与喀喇昆仑-三江微板块所夹持的地带,北以昆仑山南缘深断裂为界,东南侧以龙门山-锦屏山深断裂与扬子地块相邻,西南侧以甘孜-理塘深断裂为界,东西长1800km,南北宽45—700km,呈东宽西窄的锥形展布,面积约 $37 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

根据盆地内充填物的沉积相序、相组合、物源区性质、盆地所处大地构造背景、盆地沉积后的构造活动与变形性质,巴颜喀拉三叠纪沉积盆地可分为可可西里盆地,阿坝-若尔盖盆地,小金-马尔康盆地,雅江盆地及九龙五个盆地。本文主要讨论阿坝-若尔盖三叠纪沉积盆地的地质演化,其它盆地将另文发表。

阿坝-若尔盖盆地位于巴颜喀拉三叠纪沉积盆地的东端,北以玛沁-略阳深断裂与西秦岭相连。南界大致在阿坝柯河、红原龙日坝、松潘毛尔盖、黄胜关一线,东以岷江深断裂为界。由于盆地内露头零星,大部分被第四纪草沼所覆盖,主要出露下三叠统菠茨沟组、中三叠统杂谷脑组和上三叠统侏倭组、新都桥组。

1 主要岩相类型与相组合特征

阿坝-若尔盖三叠纪沉积盆地以发育浊积岩为特征,沉积序列、类型齐全,分布广泛,主要为大陆斜坡海底浊积扇和深海相沉积。

① 本文1997年9月8日收稿。

1.1 岩相类型与相组合划分

该盆地岩相类型与相组合划分遇到的难题是海底扇,因为古代扇的研究主要根据地层剖面和岩相的变化,但连续地层露头的缺乏和横向观察的局限性,使全面了解古代扇的时空变化难度较大。

通过Vail等(1977)建立的显生宙全球性海平面变化曲线与各地区海底扇的形成时间的对比,其结果表明海平面的变化与海底扇的出现存在着某种对应关系。海平面下降期与海底扇的形成与发展期相当,而在海平面上升期则很少形成海底扇^[2]。当海平面下降时,使得陆棚区有效沉积场所的空间变小或有负增长的沉积空间,陆源物质随着海平面的下降越过陆棚区搬运到陆坡及其盆地的海域,形成次深海斜坡海底扇和深海盆地沉积^[3]。同时,在陆源物质穿越过程中,对外陆棚区和斜坡海底沉积物产生较强的侵蚀和切割作用,造成水道切谷和沟状海底地貌。通过斜坡峡谷或似“辫状”的水道使传送到斜坡的沉积物在深水环境中形成扇体,构成向上变粗的沉积组合;当海平面上升时,海平面位置均高于陆棚区,由于海水升高而导致的海侵使大量砾、砂质陆源沉积物堆积在陆棚区,少量的细粒沉积物抵达斜坡底部和盆地深海区,构成向上变细的沉积组合,因此不利于海底扇的形成。例如印度河海底扇、密西西比海底扇和亚马逊海底扇等在更新世冰期,因海平面的下降而导致这些扇的增长速度加快,而在全新世及其以前的间冰期,由于海水上升而阻止了海底扇体的扩展^[4]。

另外,作为海底扇浊积岩的成分,是反映构造环境的最重要和最直观的标志,特别是与造山带有关的浊积岩碎屑成分,对于构造环境的恢复和盆地分析都具有极为重要的意义。如陆源浊积岩的发育往往反映盆地处于挤压上隆时期,海平面下降,陆棚带窄,大量陆源物质进入斜坡和盆地,形成陆源浊积岩;内源浊积岩的广泛分布可代表盆地处于稳定沉陷时期,与均匀缓慢下降的构造活动相对稳定相联系,海平面高,陆棚带宽阔,碳酸盐沉积作用活跃,陆源物质主要被限制在滨岸带,使得斜坡和盆地比较发育碳酸盐浊积岩;基性火山源浊积岩和中酸性火山源浊积岩则分属于盆地处于初期的拉张断陷阶段和挤压上隆时期的产物。阿坝-若尔盖盆地斜坡和盆地沉积的碎屑成分,主要以陆源碎屑成分为主,其中陆源石英占25%~50%,长石占5%~15%,高者达20%,岩屑占40%~45%,高者达60%,岩屑成分由粉砂岩、泥岩、千枚岩、片岩、石英岩、凝灰质火山岩、燧石和碳酸盐岩等组成,泥砂细碎屑填隙物占15%~35%不等;岩屑中碳酸盐岩占5%~15%,火山岩占5%~15%。上述碎屑成分表明,该盆地浊积岩是以陆源碎屑成分为主的混合源浊积岩,反映盆地处于挤压闭合的构造背景,邻近地区出现造山带,特别是火山碎屑与碳酸盐岩岩屑的混积,指示强烈的构造和火山活动已开始减弱并接近尾声阶段。

其次,浊积岩的粒度通常可反映搬运流体的力学性质。据此将阿坝-若尔盖盆地斜坡上的浊流分为泥质低密度流、砂质高密度流和砾质高密度流。泥质低密度流沉积物以泥、粉砂质泥为主,由流体湍流支撑,有牵引沉积和悬浮沉积,特别是悬浮沉积作用比较发育,这种泥质低密度流沉积往往是水下水道间的溢岸流沉积,普遍发育由牵引作用形成的小型低角度单向斜层理和交错层理,相当于鲍马序列的cde段沉积物。砂质高密度流沉积物主要是细砂,含泥、粉砂或少量细砾,由流体湍流、自身高浓度产出的阻碍沉降和基质的上举浮力联合支撑,可分为牵引、牵引毡和悬浮沉积阶段,这种砂质高密度流沉积在扇头表现为水道天然堤的沉积,发育正粒序、小型平行层理和液化滑动构造。在扇中多为分流水道和朵叶体沉积,前者为具正粒序,侵蚀底界平直,发育向上变薄、变细的层序;后者则为向上变厚、变粗的层

序。砾质高密度流沉积物为细泥砾(含卵石)、泥、粉砂和细砂,由湍流、阻碍沉降、基质浮力和分散应力支撑,沉积作用与砂质高密度浊流相同,这种砾质高密度流沉积在扇头为水道内沉积物,似河床底部的滞留砾石沉积,砾石以细泥砾(2~5cm)为主,分选差至中等,多呈次棱角状至次圆状,为砂、泥质填隙,有时可见叠瓦状构造,发育正粒序或略显正粒序,具向上变细、变薄的层序,侵蚀底界波状起伏,侵蚀幅度5~15cm,相当鲍马序列a段^[5]。

最后,从流体性质来看,自大陆斜坡至深海盆地,水下重力流流体由上部流动体制向下部流动体制转化,随水体动力能量的衰减和水体沉积物的稀释,流体的性质由重力流转变为牵引流,相应沉积特征也随之发生调整和改变。在大陆斜坡浊积扇上,扇头表现为砾质、砂质高密度浊流沉积,相应分布于河道和天然堤岸上,而泥质低密度浊流则为越过堤岸的溢岸流沉积(或称岸后沉积);扇中是以含少量砾质的砂质高密度浊流沉积为主,分布于河道与相邻的堤岸上,而泥质低密度浊流沉积似如泛滥平原广布岸后的广阔地区;扇尾是泥质低密度浊流沉积,分布于扇中叶状体外缘与深海盆地接壤的地带,随之逐渐过渡为深海盆地相沉积。由此可以看出,即便在扇头和扇中亚相沉积内,由河道至堤岸、岸后溢岸流沉积,在垂向上和平面上依然能反映出水下重力流流动体制、能量和性质的上述变化特征。

据上述海平面变化、海底扇浊积岩成分性质、粒度及流体性质等因素,拟定岩相类型与相组合的划分(图1)。

I. 低水位混合源大陆斜坡浊积扇相组

具溢岸流沉积的扇头亚相(I₁)

具堤岸—溢岸流沉积的扇头亚相(I₂)

具堤岸—溢岸流沉积的扇中亚相(I₃)

具溢岸流沉积的扇中亚相(I₄)

具堤岸流沉积的扇中亚相(I₅)

II. 低水位内源大陆斜坡浊积扇相组

具溢岸流沉积的扇中亚相(I₁)

III. 高水位混合源深海盆地相组

IV. 高水位内源深海盆地相组

1.2 岩相类型与相组合特征

1.2.1 低水位混合源大陆斜坡浊积扇相组(I)

1. 具溢岸流沉积的扇头亚相(I₁):相当于鲍马序列的ae段及ade段(图1, I₁-A、B),为扇头亚相的主要类型,分布普遍。见于阿坝—垮沙、唐克—瓦切、龙日坝—安曲、瓦切—两河口和黄胜关—川主寺的侏倭组、杂谷脑组,以及川主寺—黄龙、川主寺—隆康的杂谷脑组。该亚相a段沉积物由深灰色、灰绿色中厚层状、厚层块状凝灰质粗、中粒岩屑长石石英细砂岩^①或杂砂岩,显粒序或略具粒序,底部具侵蚀界面,侵蚀幅度5~10cm;含泥砾,偶见板岩砾石,呈椭圆形扁平状,磨圆度好,分选差,有时可见砾石相互叠置向一方倾斜;砾石大小一般为5~8cm,大者可达15~20cm,小者仅1~0.5cm,砾石层厚一般5~10cm,但垮沙剖面上厚达20~25cm,最厚可达50cm。底面上发育有大、中、小不等的槽模及沟模;d段沉积物为灰绿色、灰黑色薄层状或条纹条带状凝灰质或碳质粉砂岩、泥质粉砂岩,水平微细层理发育;e段为

① 区内岩石均遭受区域变质作用,在文中叙述时作了原岩的恢复。

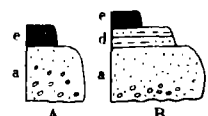
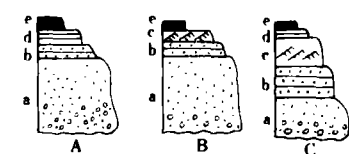
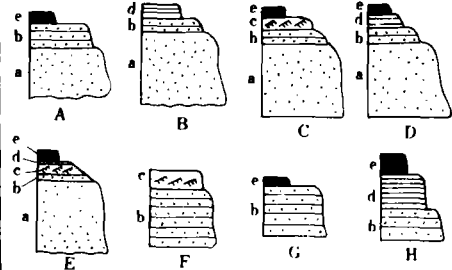
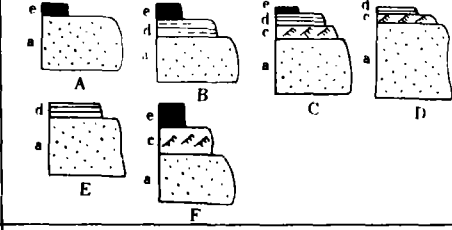
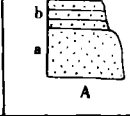
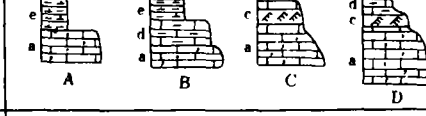
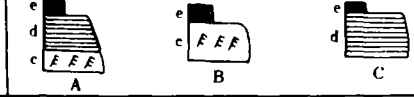
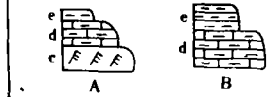
相组	亚相	沉积序列	物源性质	沉积特征	海平面	岩相类型
I	I ₁		混	溢岸流沉积	低	扇头
	I ₂			堤岸溢岸流沉积		
	I ₃		合	堤岸溢岸流沉积	水	扇中
	I ₄		源	溢岸流沉积		
	I ₅			溢岸流沉积		
II	II ₁		内源	溢岸流沉积		扇中
III			混合源		高水位	深水盆地
IV			内源			

图1 大陆斜坡浊积扇—深水盆地岩相类型

Fig. 1 Sedimentary facies types in the continental slope turbidite fan—abyssal basin in the Aba-Zoige Basin, Sichuan

灰绿色、灰黑色薄层状碳质粉砂质泥岩、泥岩。上述a段主要为水道内沉积,而d、e段为溢岸流沉积,直接覆盖在水道沉积之上,也可能是水道逐渐废弃所造成的。

2. 具堤岸—溢岸流沉积的扇头亚相(I_2):该亚相可有三种不同的组合,第一种相当于鲍马序列的abde段(图1, I_2 -A),见于阿坝—垮沙、龙日坝—安曲杂谷脑组,唐克—瓦切杂谷脑组;第二种相当于鲍马序列的abce段(图1, I_2 -B),见于阿坝—垮沙、唐克—瓦切及黄胜关—川主寺杂谷脑组;第三种相当于鲍马序列的abcde段,仅见于瓦切—两河口杂谷脑组中(图1, I_2 -C)。沉积物特征,a段为深灰色、灰绿色中薄层、中厚层一块状,粗—中粒岩屑长石石英杂砂岩、含云细砂岩,底部见侵蚀面,其侵蚀幅度约5cm,可见大型槽模,底面上含有泥砾,向上显下粗上细的正粒序;b段呈灰绿色、深灰色中薄层状、中厚层状中粒岩屑长石石英细砂岩,具平行层理;c段为灰绿色中薄层—薄层状长石石英粉砂岩,具砂纹层理;d段为深灰色、灰绿色薄层状粉砂质泥岩,具微细水平层理;e段为灰黑色、灰绿色薄层状、细薄层状泥岩、粉砂质泥岩,含碳质物。

3. 具堤岸—溢岸流沉积的扇中亚相(I_3):该亚相具八种不同的组合,第一种相当于鲍马序列的abe段(图1, I_3 -A),见于阿坝—垮沙、唐克—瓦切杂谷脑组;第二种相当于鲍马序列的abd段(图1, I_3 -B),见于龙日坝—安曲杂谷脑组;第三种相当于鲍马序列的abce段(图1, I_3 -C),见于阿坝—垮沙杂谷脑组;第四种相当于鲍马序列的abde段(图1, I_3 -D),见于阿坝—垮沙、龙日坝—安曲杂谷脑组及唐克—瓦切侏倭组;第五种相当于鲍马序列的abcde段(图1, I_3 -E),仅见于唐克—瓦切杂谷脑组;第六种相当于鲍马序列的bc段(图1, I_3 -F),见于阿坝—垮沙杂谷脑组;第七种为be段(图1, I_3 -G),见于龙日坝—安曲杂谷脑组;第八种为bde段(图1, I_3 -H),见于唐克—瓦切侏倭组中。该亚相沉积物特征,a段为深灰色、灰绿色中厚层状一块状中粗粒岩屑长石石英杂砂岩,细砂岩,呈下粗上细粒序层,底部冲刷面较平直;b段为灰绿色、灰黑色中薄层—中厚层状中细粒岩屑长石石英细砂岩,具平行层理;c段为浅灰绿色、灰黑色薄层状泥质粉砂岩,具砂纹层理;d段为深灰色、灰绿色薄层状粉砂质泥岩,具水平层理或微细水平层纹;e段为灰绿色、深灰色薄层状、细薄层状粉砂质泥岩、泥岩。

4. 具溢岸流沉积的扇中亚相(I_4):该亚相主要有六种不同的组合,第一种相当于鲍马序列的ae段(图1, I_4 -A),见于阿坝—垮沙、唐克—瓦切杂谷脑组、侏倭组,龙日坝—安曲、瓦切—两河口侏倭组、黄胜关—川主寺、川主寺—黄龙、川主寺—隆康杂谷脑组;第二种相当于鲍马序列的ade段(图1, I_4 -B),见于阿坝—垮沙、唐克—瓦切杂谷脑组、侏倭组,黄胜关—川主寺杂谷脑组;第三种相当于鲍马序列的acde段(图1, I_4 -C),见于唐克—瓦切侏倭组;第四种为acd段(图1, I_4 -D),见于阿坝—垮沙杂谷脑组;第五种相当于鲍马序列的ad段(图1, I_4 -E),见于唐克—瓦切杂谷脑组;第六种为ace段(图1, I_4 -F),见于唐克—瓦切侏倭组。沉积物特征,a段为深灰色、灰绿色中厚层、块状粗中粒岩屑长石石英杂砂岩、细砂岩,略具下粗上细粒序层,底部呈缓波状或较平直的侵蚀面,见大型槽模、棒状模及沟模,有时可见细泥砾(砾径0.5~2cm),含凝灰质;c段为灰绿色中薄层状、薄层状凝灰质含细粒岩屑粉砂岩,具砂纹层理;d段为灰绿色中薄层状—薄层状凝灰质或泥质粉砂岩,微细水平层理发育;e段呈灰绿色、深灰色薄层状粉砂质泥岩、泥岩。

5. 具堤岸流沉积的扇中亚相(I_5):相当于鲍马序列的ab段(图1, I_5 -A),仅见于唐克—瓦切杂谷脑组,缺乏溢岸流泥质低密度流沉积。沉积物a段为灰绿色中厚层状凝灰质粗中粒岩屑长石石英杂砂岩,略具下粗上细粒序层,底部见侵蚀幅度较小(小于5cm)的侵蚀面,其上可

见分布不均匀的细泥砾;b段呈浅灰绿色中层状凝灰质中粒岩屑细砂岩,具平行层理。

此外,该盆地普遍发育的扇中亚相水道沉积,表现为由ae段组成的沉积物,向上厚度变厚,粒度变粗,ae段叠置数十次甚至上百次,构成厚度为20~28m的进积型扇中水道沉积旋回(图2)。这种旋回在剖面上多次出现,显示水道间朵叶体发育,厚度较大,分布广泛,层位稳定,于阿坝—垮沙杂谷脑组及龙日坝—安曲、唐克—瓦切侏倭组中最为发育。

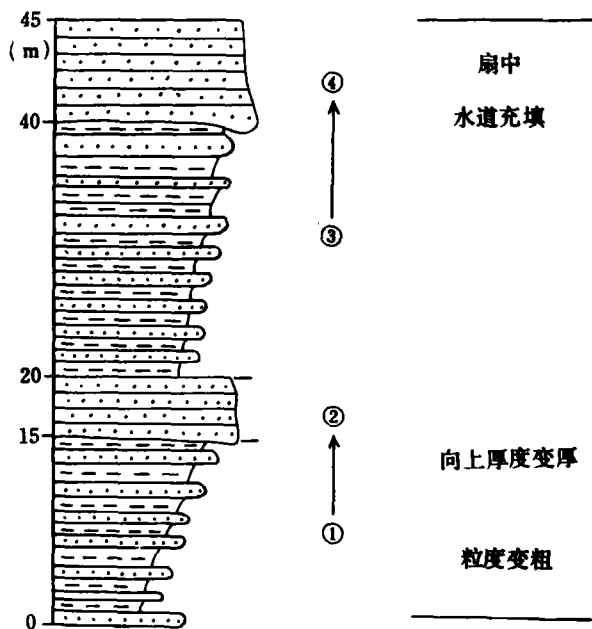


图2 扇中亚相水道沉积序列

- ①深灰色中薄层状凝灰质粉砂岩与泥岩互层;②深灰色厚层块状中粒岩屑长石石英细砂岩
③灰黑色中薄层状凝灰质粉砂岩与含碳质泥岩互层;④深灰色厚层块状粗中粒岩屑长石石英细砂岩

Fig. 2 Sedimentary sequence of the channel sediments in the mid-fan subfacies in the Aid-Zoige Basin, Sichuan

- ①=intercalations of dark grey moderate-bedded tuffaceous siltstone and mudstone;
②=dark grey thick-bedded and massive medium-grained lithic feldspathic quartz fine sandstone;
③=intercalations of greyish black moderate-bedded tuffaceous siltstone and carbonaceous mudstone;
④=dark grey thick-bedded and massive coarse- to medium-grained lithic feldspathic quartz fine sandstone

1.2.2 低水位内源大陆斜坡浊积扇相组(Ⅱ)

具溢岸流沉积的扇中亚相(I₁):该亚相有以下四种不同的组合,第一种相当于鲍马序列的ae段(图1, I₁-A),见于黄胜关—川主寺、川主寺—隆康茨茨沟组;第二种相当于鲍马序列的ade段(图1, I₁-B),见于川主寺—隆康茨茨沟组;第三种相当于鲍马序列的ac段(图1, I₁-C),见于黄胜关—川主寺茨茨沟组;第四种相当于鲍马序列的acd段(图1, I₁-D),亦见于黄胜关—川主寺茨茨沟组中。该亚相沉积物特征,a段为深灰色中薄层状、细薄层状生物碎屑泥晶灰岩,有时见砾屑,具明显或略具递变层理,底部为冲刷面;c段为深灰色薄层状、细薄层状含生物碎屑泥晶灰岩,具砂纹层理;d段为深灰色中薄层状泥灰岩,微细水平层理较发育;e段为深灰色薄层状钙质泥岩。

1.2.3 高水位混合源深水盆地相组(Ⅲ)

该相组主要有三种组合,第一种相当于鲍马序列的cde段(图1,Ⅲ-A),见于阿坝—垮沙侏倭组,唐克—瓦切杂谷脑组和侏倭组;第二种相当于鲍马序列的ce段(图1,Ⅲ-B),见于阿坝—垮沙杂谷脑组,唐克—瓦切侏倭组;第三种相当于鲍马序列的de段(图1,Ⅲ-C),见于唐克—瓦切杂谷脑组、侏倭组,龙日坝—安曲、瓦切—两河口侏倭组,黄胜关—川主寺杂谷脑组。该相组沉积物特征,c段为灰绿色薄层状、条纹条带状凝灰质粉砂岩,具砂纹层理;d段为灰绿色薄层状、条纹条带状粉砂质泥岩,具微细水平层纹;e段为灰绿色中薄层状泥岩。

1.2.4 高水位内源深海盆地相组(Ⅳ)

该相组有两种组合,第一种相当于鲍马序列的cde段(图1,Ⅳ-A),见于黄胜关—川主寺菠茨沟组;第二种相当于鲍马序列的de段(图1,Ⅳ-B),见于黄胜关—川主寺、川主寺—隆康菠茨沟组。本相组沉积物特征,c段为深灰色中薄层状含生物碎屑泥晶灰岩,具小型砂纹层理;d段为深灰色中薄层状、细薄层状泥灰岩,其中含钙、泥、铁质,风化颜色呈有序变化,故显微细水平层纹;e段为深灰色薄层状、细薄层状泥岩。

此外,高水位混合源深水盆地相沉积与低水位混合源大陆斜坡浊积扇相沉积之间,在进积型剖面结构上呈渐变过渡关系,从扇尾至深海盆地表现为向上粉砂岩层厚度变薄、泥岩层增厚和粒度变细(图3)。

综上所述,盆地主要岩相类型与相组合在阿坝、红原、若尔盖和松潘等地剖面的分布状况,见阿坝-若尔盖盆地浊积岩序列简表(表1)。

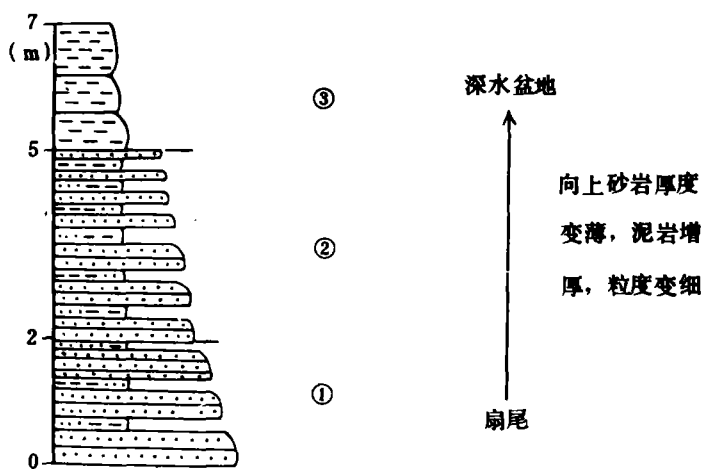


图3 扇尾—深水盆地相沉积序列

- ①深灰色厚层状岩屑长石石英粉砂岩夹强碳化薄层状黑色泥岩,向上渐变为深灰色中薄层状岩屑长石石英粉砂岩,砂岩中见不清晰的砂纹层理,厚2m;②深灰色薄层状、薄板状岩屑长石石英粉砂岩、粉砂质泥岩夹中薄层状黑色泥岩,向上渐变为二者呈互层状,砂岩中见水平层理及不清晰的砂纹层理,厚约3m;③黑色中薄层状—厚层状泥岩,见有三层以上,厚度大于2m。

Fig. 3 Sedimentary sequence of the distal fan-abyssal basin facies in the Aba-Zoige Basin, Sichuan

①=dark grey thick-bedded lithic feldspathic quartz siltstone intercalated with strongly carbonized thin-bedded black mudstone, passing upwards into dark grey moderate-bedded lithic feldspathic quartz siltstone; obscure ripple laminations are observed in the sandstone, 2 m in thickness;

②=dark grey thin-bedded and thin tabular lithic feldspathic quartz siltstone and silty mudstone intercalated with thin-bedded black mudstone; horizontal beddings and obscure ripple laminations are observed in the sandstones, about 3 m in thickness;

③=black thin-bedded to thick-bedded mudstone, >2m in thickness

表1 阿坝-若尔盖盆地浊积岩序列简表
Table 1 Turbidite sequences in the Aba-Zoige Basin, Sichuan

剖面位置	大陆斜坡浊积扇相																				深海盆地相				
	扇头亚相					扇中亚相																			
	e a	e a	e a	e a	e a	e a	d a	e a	e a	e a	e a	e a	d a	c a	c a	d a	e a	c a	b a	e b		e b	e c	e c	e d
阿坝县至垮沙	△	△	△	△		△		△	△		△	△		△						△			△	△	
红原县龙日坝至安曲	△		△				△		△		△										△				△
若尔盖县唐克至红原县瓦切	△	△	△	△		△			△	△	△	△	△			△	△	△				△	△	△	△
红原县瓦切至松潘县两河口	△	△			△					△															△
松潘县黄胜关至川主寺	△	△		△							○ △	△			○	○									○ △
松潘县川主寺至黄龙至南坪县隆康	△										○ △	○													○

△ 混合源, ○ 内源

2 盆地沉积演化特征

盆地内实测6条三叠系沉积岩相剖面(图4),辅助剖面10条分别代表了盆地不同部位的沉积地质及其演化特征。需说明的是:一是厚度上由于褶皱使地层厚度“加大”,约为原始地层厚度的三倍以上;二是在综合盆地沉积特征的基础上,划分为A、B、C、D四种层序类型。A类,具侵蚀面厚层块状或中层状含泥砾(或砾屑泥晶灰岩、骨屑泥晶灰岩)粗中粒岩屑砂岩(砂屑泥晶灰岩)与中厚层状或薄层粉砂岩和泥岩(泥灰岩)互层;B类,具平直冲刷面的中厚层状中(粗)细粒岩屑砂岩(砂屑泥晶灰岩)与中薄层状粉砂岩、泥岩(泥灰岩)互层;C类,为中薄层状中粒岩屑砂岩(含砂屑泥晶灰岩)与薄层状粉砂岩、泥岩(泥灰岩)互层;D类,为薄层状、细薄层状含细粒岩屑粉砂岩、泥质粉砂岩(泥灰岩)与粉砂质泥岩、泥岩互层。

现以阿坝-若尔盖盆地南部红原县龙日坝—安曲、东部松潘川主寺—黄龙、南坪隆康岩相剖面为代表,探讨盆地沉积地质与沉积演化特征。

2.1 红原县龙日坝—安曲中上三叠统沉积岩相剖面(图5)

沿红原县刷经寺、龙日坝至安曲公路上断续出露有杂谷脑组、侏倭组和新都桥组。

2.1.1 杂谷脑组

杂谷脑组沉积相组合为斜坡浊积扇相,其中包括有扇中亚相和扇中边滩微相。由相当于鲍马序列的abd段、be段和abde段组成的韵律层,层厚分别为52cm、180cm、41~51cm,相应的粒/泥比为4.2,17,2.2~4.7。沉积物由一套灰绿色中薄层状、中厚层状含中粗粒或中粒凝

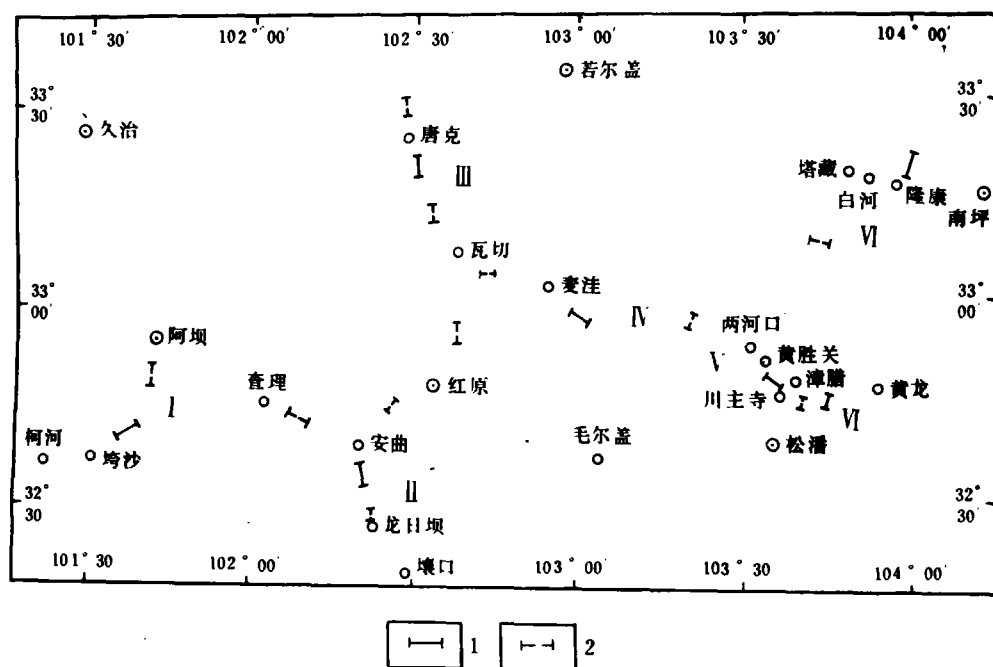


图4 阿坝-若尔盖盆地三叠系沉积岩相剖面分布图

1. 实测剖面, 2. 辅助剖面, I. 阿坝至垮沙岩相剖面, II. 红原龙日坝至安曲岩相剖面;
 III. 若尔盖唐克至红原瓦切岩相剖面, IV. 红原瓦切至松潘两河口岩相剖面, V. 松潘黄胜关至川主寺岩相剖面,
 VI. 松潘川主寺至黄龙、至南坪隆康岩相剖面

Fig. 4 Distribution of the Triassic sedimentary facies sections in the Aba-Zoige Basin, Sichuan
 1=measured section; 2=auxiliary section; I=Aba to Kuasha; II=Longriba to Anqiu in Hongyuan;
 III=Tanggor in Zoige to Waqen in Hongyuan; IV=Waqen in Hongyuan to Lianghekou in Songpan;
 V=Huangshengguan to Chuanzhushi in Songpan;
 VI=Chuanzhushi to Huanglong in Songpan further to Longkang in Nanping

灰岩与碳酸盐岩岩屑杂砂岩或长石石英粉砂岩、泥岩, 以及薄层状含细粒岩屑粉砂质泥岩、泥岩组成, 底界冲刷面清晰平直, 粒序性与水平层纹较为发育; 砂质含量向上减少, 泥质含量增多, 由扇中亚相逐渐过渡到深海盆地沉积。浊流流向95°。

2.1.2 侏倭组

侏倭组沉积相由斜坡浊积扇相的扇中亚相和深海盆地相组成。

(1) 深海盆地相组合: 由鲍马序列的de段组成韵律层, 层厚3~3.5cm, d段单层厚2~3cm, e段单层厚0.5~1cm, 该韵律层d、e段呈互层状产出, 总厚40cm; 沉积物主要由一套浅绿色细薄层状含细粒凝灰岩与碳酸盐岩岩屑粉砂岩及泥岩组成, 构成厘米—毫米级韵律层, 由颜色变化显示微细水平层纹较常见。浊流流向据上部扇中槽模所测流向可能为由北向南。

(2) 扇中亚相: 由鲍马序列的ae段组成韵律层, 层厚0.6~135cm, 其中a段平均厚为31.55cm, e段平均厚为4.4cm, 最薄者ae段各厚仅0.3cm, 最厚者ae段, 分别可达120cm、15cm; 粒/泥比介于1~16.7之间, 平均达5.67。沉积物由一套浅绿色、深灰色中厚层状、块状、薄层状含中粒凝灰岩与碳酸盐岩岩屑长石石英细砂岩、粉砂岩、泥岩组成, 底界面平直, 具冲刷面、沟模、槽模及棒状模。浊流流向为185°、210°, 由北、北东流向南、南西。

2.1.3 新都桥组

新都桥组沉积相由斜坡浊积扇相的扇尾亚相向上过渡为深海盆地相。

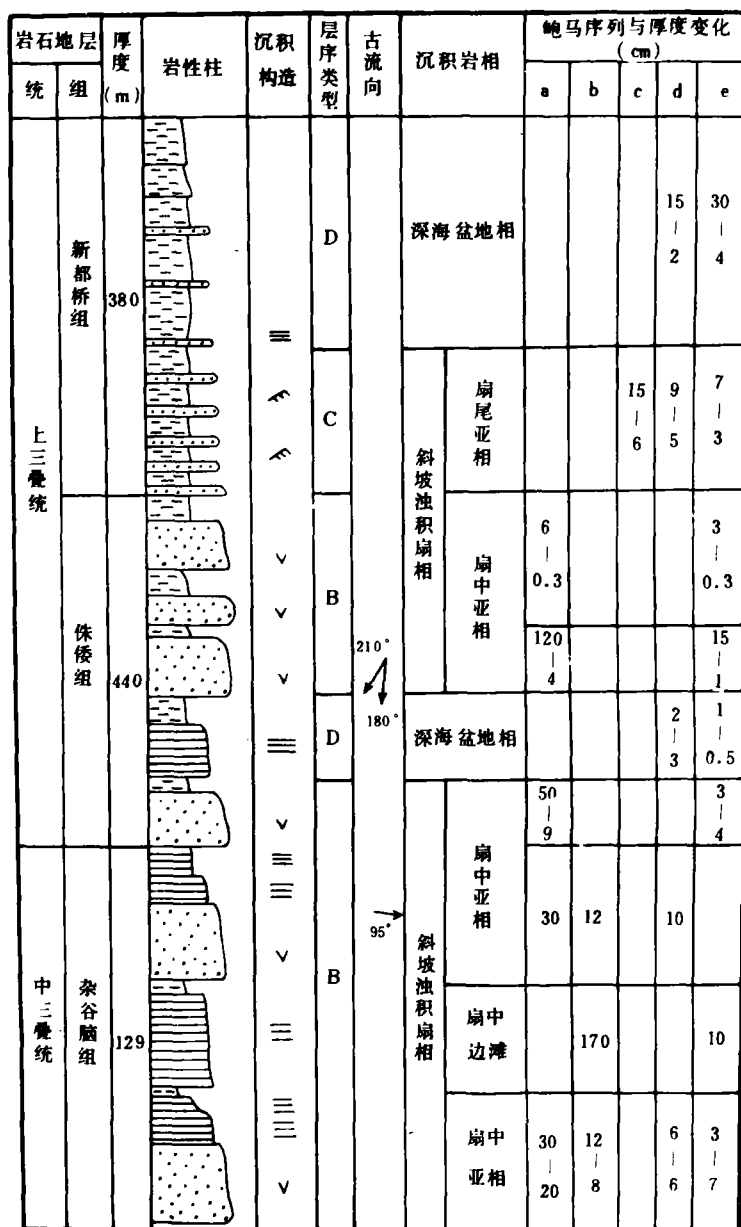


图5 红原龙日坝—安曲中上三叠统沉积岩相柱状图

Fig. 5 Middle and Upper Triassic sedimentary facies column in the Longriba-Anqog region, Hongyuan, Sichuan

由鲍马序列的cde段(扇尾亚相)和de段(深海盆地相)组成韵律层,层厚分别为31~14cm和6~45cm。沉积物下部为深灰色中薄层状含细粒凝灰岩与碳酸盐岩岩屑长石石英粉砂岩及泥岩互层,粉砂岩具砂纹层理;中部为深灰色中厚层状泥岩夹薄层状岩屑长石石英粉砂岩、粉砂质泥岩,后者具微细水平层理;上部为深灰色中薄层—厚层状泥岩。自下而上,砂质减少,泥质增加,砂/泥比由1:1增在1:5~10。最后全部为泥岩所替代。

阿坝-若尔盖盆地南部龙日坝—安曲中上三叠统浊积岩粒度概率曲线(图6)。粒度参数:XM=

2.6~3.417, $2\phi \sim 4\phi$ 占88%~90%; $D=0.548 \sim 0.781$, 分选较好居多, 中等少量; $K=1.002 \sim 1.037$, 中等; $SK=-0.119 \sim 0 \sim 0.035$, 分属负偏、对称和近对称; 曲线斜度 $43^\circ \sim 54^\circ$ 。

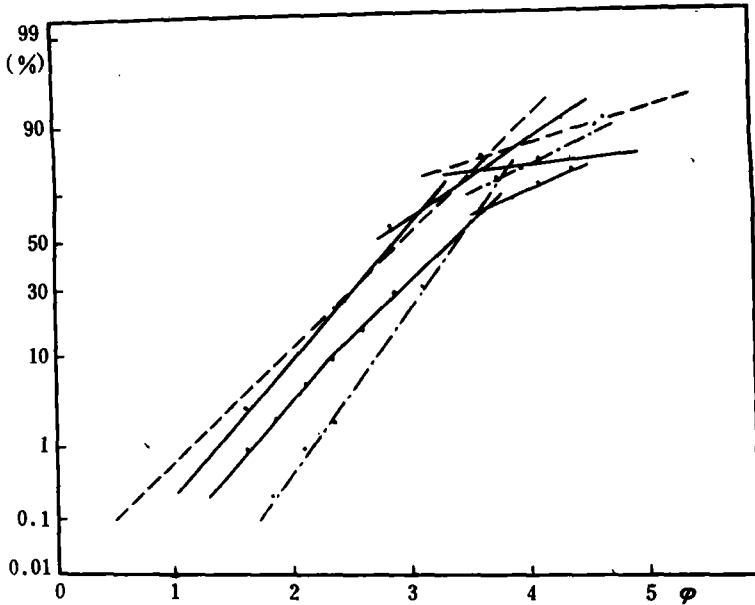


图6 龙日坝—安曲中上三叠统浊积岩粒度概率曲线图

Fig. 6 Grain size probability cumulative curves for the Middle and Upper Triassic turbidites in the Longriba-Anqog region, Hongyuan, Sichuan

综观龙日坝—安曲中上三叠统沉积相的变化, 由杂谷脑组斜坡浊积扇相的扇中亚相至侏倭组下部的深海盆地相构成一个沉积旋回; 从侏倭组上部的扇中到新都桥组的扇尾亚相、深海盆地相组成第二个沉积旋回。

2.2 松潘川主寺—黄龙、南坪隆康沉积岩相剖面(图7)

2.2.1 菠茨沟组

菠茨沟组沉积相组合由深海盆地相与斜坡浊积扇扇中亚相构成, 自扇中亚相→深海盆地相→扇中亚相组成一个半沉积旋回。

(1) 深海盆地相组合由相当于鲍马序列的de段组成韵律层, 层厚为16.5~53cm, 沉积物由一套深灰色中薄层状泥晶灰岩、泥灰岩与泥岩互层构成, 泥晶粒径介于0.01~0.03mm, d段具水平层纹, 由含铁质与钙质风化后显示不同颜色的毫米级变化, 或泥晶灰岩重结晶纹层与泥灰岩间互出现而成, 泥岩中见蛇曲形虫迹。在垂向上从泥晶灰岩渐变为泥灰岩, 从泥灰岩渐变为泥岩, 呈现有规律的变化, 泥质含量增加, 厚度增大。岩石具弱硅化和不同程度重结晶作用。

(2) 扇中亚相由相当于鲍马序列的ade段和ae段组成韵律层, 层厚分别为14~24cm、20cm, 相应粒/泥比为0.14~1.3。沉积物由一套深灰色薄层状含生物碎屑泥晶灰岩、泥灰岩与泥岩组成, 含陆源碎屑石英约10%, 泥晶粒径介于0.01~0.03mm, 局部重结晶作用使粒径达0.1~0.5mm; 生物碎屑见有孔虫、介形虫, 特别是钙质海绵骨针较为多见, 含量多者达10%~15%, 呈不均匀团块状分布, 为双轴双射或单轴双射, 长轴方向大小0.3~0.4mm。生物碎屑显示较明显下粗上细的粒序性, d段发育由铁质与钙质风化层纹或泥晶重结晶纹层而呈现水平层纹。岩石具弱硅化和不同程度重结晶作用, 往往硅化在泥晶灰岩重结晶作用强

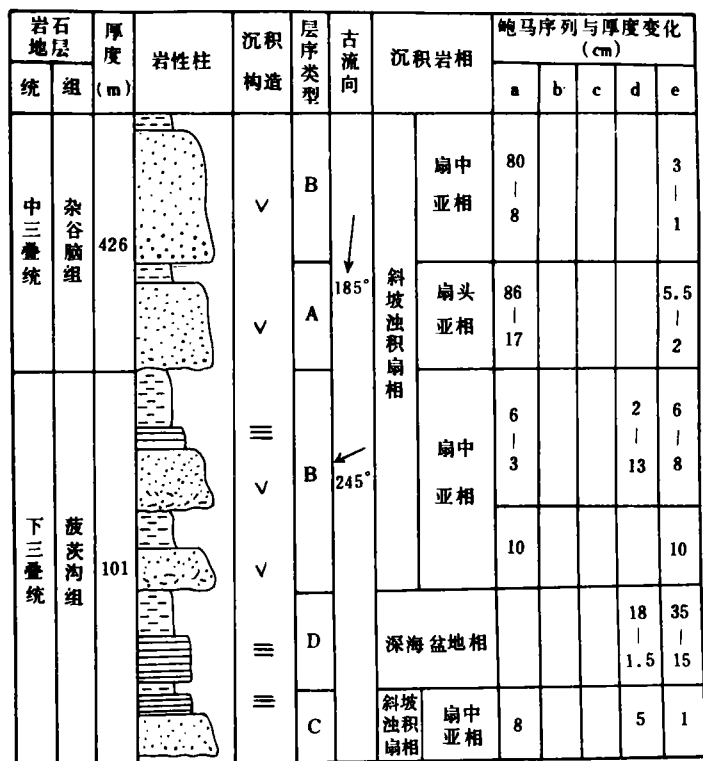


图7 松潘川主寺至黄龙、南坪隆康中下三叠统沉积岩相柱状图
Fig. 7 Lower and Middle Triassic sedimentary facies column in the Chuanzhusi-Huanglong-Longkang region, Sichuan

者处也随之增强。

2.2.2 杂谷脑组

杂谷脑组沉积相见斜坡浊积扇相组合的扇中亚相和扇头亚相,上部出露不全。

(1)扇中亚相位于杂谷脑组上部由鲍马序列的ae段组成韵律层,层厚一般为83cm,厚者达350cm左右,薄者仅9cm;相应粒/泥比为8~26.7。ae段韵律层的特点是a段呈中厚层—厚层块状,平均厚达71.2cm,韵律层总厚a段厚273~1578cm。e段呈薄层状,厚1~5cm,平均厚为2.7cm,韵律层总厚e段厚33~24.5cm。明显呈向上厚度变薄、粒度变细,可能为“游荡性”水下河道左右摆动废弃叠置造成的。沉积物为深灰色、浅灰色富含中粒或细粒碳酸盐岩岩屑长石细砂岩、粉砂岩与泥砂岩,碳酸盐岩岩屑多者可达40%。a段底面平直,具粒序性,底面上发育有中小型槽模。扇中亚相下部可为钙质细砂岩,向上钙质成分减少,砂质增多,渐变为岩屑砂岩。黄龙至川主寺一带可见强碳酸盐化岩屑长石砂岩。

(2)扇头亚相由鲍马序列的ae段组成韵律层,层厚19~91.5cm,相应粒/泥比为8.5~15.6。位于杂谷脑组下部。a段底部具起伏5cm的侵蚀界面,底面上含泥岩、板岩砾石,大小为0.5~2cm左右,磨圆度好,分选差,砾岩层厚5~10cm。岩性其它特征与扇中亚相类似,不予赘述。

在阿坝-若尔盖盆地西部的阿坝—垮沙,北部唐克—瓦切,中部瓦切—两河口等沉积岩相剖面与龙日坝—安曲沉积岩相剖面的沉积地质与沉积演化特征大同小异;盆地东部黄胜关—川主寺沉积岩相剖面与上述的川主寺—黄龙、南坪隆康沉积岩相剖面的沉积地质与沉

积演化特征也极为相似。

综上所述,阿坝—若尔盖三叠纪沉积盆地从下三叠统菠茨组至上三叠统新都桥组,至少经历了由次深海大陆斜坡浊积扇相至深海盆地相三个沉积旋回,相应海平面出现多次的降、升变化;层序类型由A、B、C向D转化;岩性由岩屑长石石英砂岩、杂砂岩或骨屑泥晶灰岩渐变为泥岩、泥灰岩;剖面结构上从浊积扇ade,abd,ad,ae等鲍马浊积序列,向上叠覆深海盆地de鲍马浊积序列;由早三叠世的钙屑浊积岩演变为次中晚三叠世陆源为主的混合源型浊积岩,而浊积扇体形态,从古流向推测向南呈辐射扇状叶状体展布。

3 盆地沉积演化阶段的划分

据前述盆地主要岩相类型与相组合特征,结合沉积旋回和海平面变化,将该盆地沉积演化阶段分述如下:

3.1 早三叠世阶段

(1)早三叠世沉积由菠茨沟组钙屑浊积岩所组成,自大陆斜坡浊积扇相组合至深海盆地相组合构成至少有两个沉积旋回。

(2)研究区的早三叠世沉积是在晚二叠世深海沉积基础上延续形成的产物。如宝兴硃磙下二叠统三道桥组为一套以滑塌角砾岩为代表的重力流沉积,属典型碳酸盐台地斜坡相;而分布在宝兴大石包、理县、汶川、康定、盐源等地的上二叠统“峨眉山玄武岩”,为一套浅绿色、灰黑色、紫色的致密块状玄武岩夹凝灰质角砾岩、凝灰岩,枕状构造发育,或产深海相化石,属深海海底喷发的产物。

(3)菠茨沟组主要分布于松潘黄胜关至黑水维古一线以东地区,如松潘淘金沟、三条沟、若你娘柯、卓尼、热戈寨、葫芦沟及扎尔山等地,以及黑水维古、德思窝沟、瓦钵梁子,宝兴硃磙和南坪箭安塘等地,沉积厚度自东向西,由南往北变薄,如东部淘金沟厚86m,至西部维古厚35.4m,南部宝兴硃磙厚175m,北部葫芦沟厚仅15m。局部地区中三叠统直接超覆于下二叠统之上。除此之外,位于盆地黄胜关—塔藏线以西的广大地区未见有菠茨沟组沉积,可谓欠补偿型深水盆地。据碎屑成分与流向分析(图8),物源主要来自北东侧,自北东 $50^{\circ}\sim 65^{\circ}$ 方向流向南西 $230^{\circ}\sim 245^{\circ}$ 。

(4)早二叠世到早三叠世盆地处于拉张阶段,与扬子陆块内早二叠世晚期大规模地裂活动相关。早二叠世晚期裂陷发生在扬子陆块西缘被动边缘碳酸盐陆棚基础上,沉积了斜坡角砾状灰岩;晚二叠世的进一步拉张,出现深海相枕状玄武岩;早三叠世处于稳定沉降阶段,形成欠补偿型深海盆地,沉积速率很低,仅为 $0.1\sim 0.3\text{cm/ka}$,为本区海平面高位时期,随着在早三叠世中期海平面逐渐下降,形成以扇中亚相为主的不发育的斜坡浊积扇,这种间歇性的升降振荡至少在早三叠世出现两次以上,构成大陆斜坡浊积扇相→深海盆地相完整的沉积旋回^[5]。

3.2 中三叠世阶段

(1)中三叠世阶段沉积基本上承袭了早三叠世沉积格架,从早期到晚期不同程度经历了大陆斜坡浊积扇相→深海盆地相的演化,组成了一个完整的海退到海进沉积旋回。但是,这种沉积旋回在盆地北部唐克至瓦切地区见有至少四次以上,东部黄胜关至川主寺一带见有三次,而盆地西部阿坝—垮沙、南部龙日坝—安曲和中部瓦切—两河口与东部的川主寺—隆康、黄龙一带则基本上为大陆斜坡浊积扇相沉积。表明该盆地北部唐克—瓦切与黄胜关—川

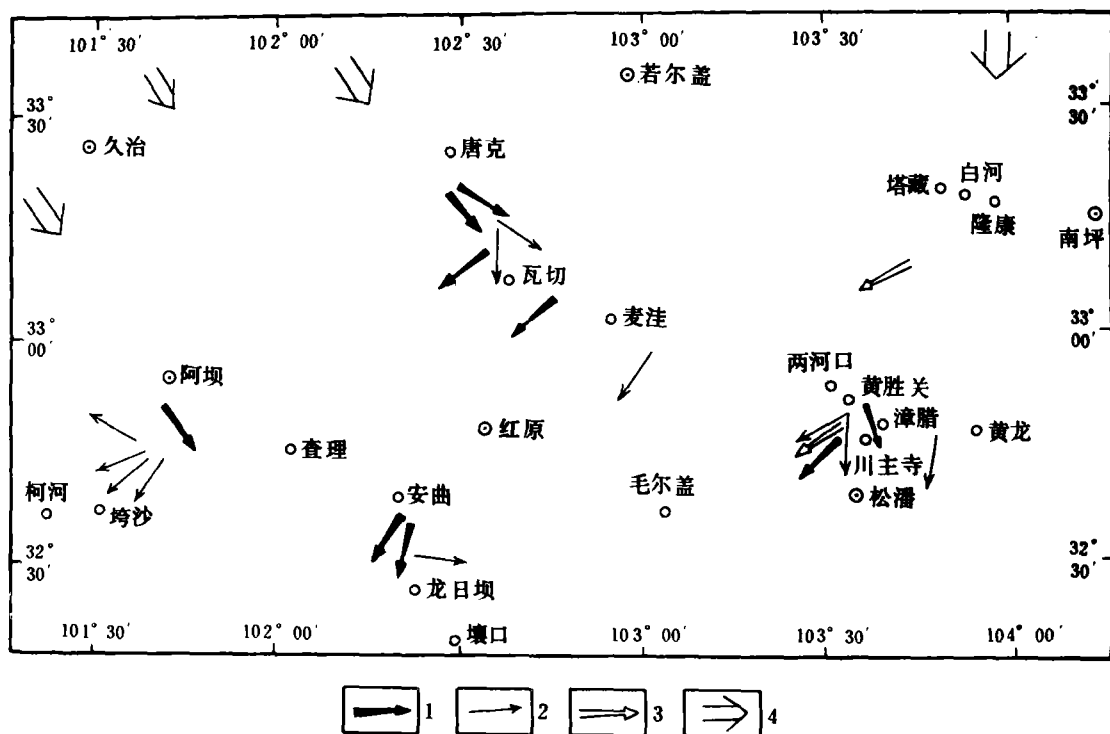


图8 阿坝-若尔盖盆地三叠纪浊流流向与源头分布简图

1. 侏倭组浊流方向; 2. 杂谷脑组浊流方向; 3. 波茨沟组浊流方向; 4. 浊流源头

Fig. 8 Triassic turbidity current directions and sources in the Aba-Zoige Basin, Sichuan

Turbidity current directions in: 1=Zhuwo Formation; 2=Zagunao Formation; and

3=Bocigou Formation; 4=turbidity current source

主寺一带多为深水盆地,而其它地区则为大陆斜坡环境;整个盆地呈南西阿坝—龙日坝大陆斜坡,至唐克—黄胜关变为深海盆地,向盆地北东隆康—黄龙向上翘起为大陆斜坡。构造背景处于进一步的拉张和沉陷阶段。

(2)中三叠世沉积物以陆源碎屑为主,伴有凝灰质岩屑(5%~15%)和碳酸盐岩屑(5%~10%)的混合型浊积岩,陆源碎屑中斜长石含量4%~10%,为钠—更长石为主的酸性斜长石,偶见基性斜长石,具钠长石、聚片和卡钠双晶,矿物多呈定向排列,碎屑颗粒多呈尖棱角状和棱角状,石英多具波状消光;岩石具方解石化、绢云母化、水云母化、高岭土化和褐铁矿化等;火山碎屑主要为石英、长石等晶屑,含少量火山灰物质。由于强碳酸盐化,使得利用岩石化学成分计算斜长石牌号(An)偏高。据碎屑成分与流向作出的浊积岩源头分布图上(图8),物源主要来自北西(300°~265°方向)和北(0°)、北东(5°~70°)方向,流向东、南东东和南、南南西。

(3)盆地沉积速率比早三叠世快,物源补给充足,沉积覆盖范围扩大,沉积厚度剧增,盆地的沉降与沉积物的供给二者接近平衡,在中三叠世中晚期,进积型浊积扇扇中亚相较为发育,浊积岩类型齐全较有特色。

(4)盆地的沉积中心大致在若尔盖县唐克至松潘县黄胜关一带。

3.3 晚三叠世早期阶段

该阶段相当于卡尼阶侏倭组、新都桥组沉积,其主要特点是:

(1)晚三叠世早期阶段至少由大陆斜坡浊积扇相组合至深海盆地相组合构成三个完整的沉积旋回,直至完全被新都桥组深海黑色页岩沉积所取代。构造背景仍为更进一步拉张演化阶段,盆地沉降幅度也随之增大,物源补给充足,沉积厚度巨大。直至晚三叠世晚期才由拉张转为挤压,在瑞替期已隆起为陆内山间盆地。

(2)晚三叠世早期沉积物以陆源碎屑为主,伴有凝灰质岩屑(侏倭组大于5%,新都桥组小于15%)和碳酸盐岩屑(5%~10%)的混合型浊积岩,而在新都桥组沉积物中含较多的碳质(5%~15%),呈黑色。陆源碎屑中斜长石是以钠—更长石为主的酸性斜长石,偶见基性斜长石,新都桥组斜长石含量为10%,侏倭组为3%~10%,具钠长石双晶、聚片双晶及卡钠与格子状双晶,矿物多呈定向排列,碎屑颗粒多呈尖棱角状,棱角状和半棱角状,石英多具波状消光,岩石具方解石化、绢云母化、高岭土化、水云母化和绿泥石化等。浊积岩源头分布图(图8),物源主要来自北西(300°~320°)方向和北东(50°~60°)方向,流向南东和南西方向。

(3)随着盆地沉降幅度增大,沉积速率加快,在新都桥期构造扩张达到本区的顶峰。此时,沉积盆地的沉积中心向南部垮沙、龙日坝和瓦切、两河口一带扩大。

4 几点认识

(1)巴颜喀拉三叠纪沉积盆地是我国两部造山带中保存最好、分布面积最大的古、中特提斯洋盆,同时,也是世界上罕见的巨型浊流沉积盆地,对研究特提斯“地质百慕大”的形成演化具有重要意义。

从阿坝-若尔盖盆地向西巴颜喀拉山、通天河经海丁诺尔、可可西里、西金乌兰、多格错仁强错、羊湖至黑石北湖西、郭扎错等,广布有三叠系巴颜喀拉群,大体为可可西里盆地分布区,是一套产于次深海、深海中大规模典型的复理石沉积。该沉积由岩屑长石杂砂岩、板岩组成的以陆源碎屑为主的混合源型浊积岩,杂基含量高,成分复杂,分选差,矿物成分成熟度低,具浊积相砂、板岩典型岩性和成分特征。物源区是一个强烈隆起的前三叠纪东昆仑-西秦岭碰撞造山带^[6]。

从阿坝-若尔盖盆地南至九龙、木里、冕宁和盐源等地,大致为九龙盆地分布地区。该区露下三叠统茨达沟组、中三叠统杂谷脑组和上三叠统侏倭组等^①。茨达沟组由变基性凝灰质粉砂岩、细砂岩和粉砂质、绢云板岩呈不等厚互层状产出,具浊积复理石建造,其浊积岩沉积序列发育相当于鲍马层序的cd段相互叠置而成,沉积物为以陆源碎屑为主的混合源及钙屑的内源为特征,属斜坡海底扇尾沉积。杂谷脑组由变碳质岩屑杂砂岩、钙质砂岩、含砾砂岩与绢云、粉砂质或含碳质板岩呈不等厚互层状产出,为一套浊积复理石建造,具沙纹交错层、槽模、沟模等构造,常见相当于鲍马层序的abc、bc、bcd剖面结构特征,为斜坡海底扇中沉积,侏倭组由钙质、粉砂质、碳质、绢云板岩与变砂岩、变含碳质岩屑杂砂岩、变含钙质杂砂岩、粉砂岩及变质砾岩呈不等厚互层状产出,含黄铁矿较多,由变砂岩至碳质、绢云板岩组成递变韵律层,具相当于鲍马序列层序的cd、abcd段剖面结构特征。

综上所述,阿坝-若尔盖三叠纪沉积盆地由大陆斜坡浊积扇相和深海盆地相组合构成,在区域上可与可可西里盆地和九龙盆地类比,三叠纪广泛分布和发育浊积复理石建造,表明

① 四川省地矿局,1/50000 保波幅,洼里幅(送审稿)。1996年。

当时巴颜喀拉沉积盆地是一个开阔的海洋,为次深海、深海的沉积环境。

(2)岩石地球化学研究结果表明,巴颜喀拉三叠纪沉积盆地物源区大地构造背景为被动大陆边缘、大陆岛弧、大洋岛弧和活动大陆边缘。尽管盆地边缘与不同性质的洋壳或陆壳相接,沉积物在大陆斜坡上沿峡谷形成数量众多的沉积物输入网络,构成由北向南或由北西向东南展布的线型海底扇体,彼此交叉叠置,构筑成盆地巨大的面型浊积扇体。

(3)巴颜喀拉三叠纪沉积盆地连续沉积记录表明,从早三叠世至晚三叠世早中期,整个盆地几乎全为复理石沉积,多为鲍马层序的不同结构类型剖面所叠置,从深海盆地至大陆斜坡海底扇,或大陆斜坡海底扇相组合中亚相周期性变化,表明当时海盆与海平面升降呈小幅度高频振荡,总体呈构造上升速度显示增加趋势,导致沉积环境的频繁交替,又基本上保持在大陆斜坡至深海盆地格局的相对稳定。一般来说,当处于高海平面位置时,呈短周期性的深海盆地相沉积,属低密度浊流沉积范围;当处于低海平面位置时,呈长周期性的斜坡海底扇沉积,属相对较粗粒的高密度浊流易进入坡谷有利于浊流沉积和活动海底扇体的生长和保存。

总之,构造相对较稳定,正常的大陆斜坡坡度,丰富、单一和长期稳定的沉积物来源,低海平面和周期性的构造活动等控制因素,都有利于大陆斜坡海底扇沉积的形成和发育。

(4)巴颜喀拉地区应作为独立的微板块存在,它与东部扬子板块之间的会聚、碰撞结果表现为扬子板块的俯冲,巴颜喀拉微板块的仰冲,而“彭灌杂岩”、“宝兴杂岩”可能是巴颜喀拉微板块上的刚性体逆冲到扬子克拉通之上的产物^①。

(5)新都桥组为一套以斜坡至深海盆地相为主的黑色缺氧沉积,为金矿赋存的层位,后经碰撞,在陆内会聚阶段,促使含金成矿溶液运移、聚集定位,形成区域上金矿成矿带,如岷山、炉霍-道孚、漳腊-黄龙等金矿成矿带,区内分布有大型、超大型低品位金矿床,是目前我国最大找金潜力的金矿远景区之一。

参 考 文 献

- 1 刘增乾等.青藏高原大地构造与形成演化.地质出版社,1990
- 2 孟庆任、张国伟.海底扇研究:当代地质科学前沿——我国今后值得重视的前沿研究领域.中国地质大学出版社,1994
- 3 许效松等.中国南大陆演化与全球古地理对比.地质出版社,1996
- 4 罗建宁.巴颜喀拉盆地岩相、相组及其变化.岩相古地理,1992(1)
- 5 罗建宁、张正贵等.三江特提斯沉积地质与找矿.地质出版社,1992
- 6 邹定邦等.南巴颜喀拉三叠系浊积岩.青藏高原地质文集(15),地质出版社,1984

① 1992年“巴颜喀拉三叠纪沉积盆地岩相与古地理”课题年终总结。

Sedimentary facies and palaeogeography of the Triassic sedimentary basins in the Bayan Har mountainous area; an example from the Aba-Zoige Basin, Sichuan

Du Dexun Luo Jianning Hui Lan

Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS

ABSTRACT

The Triassic sedimentary basins in the Bayan Har mountainous area with a total area of about 370,000 km² sandwiched between the Qinling-Qilian-Kunlun and Karakorum microplates are bounded by the deep faults on the southern margin of the Kunlun uplift on the north, the Longmenshan-Jinpingshan deep faults on the southeast, Garze-Litang deep faults on the southwest, including Hoh Xil, Aba-Zoige, Xiaojin-Barkam, Yajiang and Jiulong basins. In the present paper, the emphasis will be on the Aba-Zoige Basin. Since the outcrops are scarce, much of the basin is now covered by the Quaternary marshes, and composed of the Lower Triassic Bocigou Formation, Middle Triassic Zagunao Formation and Upper Triassic Zhuwo and Xinduqiao Formations.

According to sea-level changes, compositions and grain sizes of the submarine fan turbidites and fluid features, the sedimentary facies in the Aba-Zoige Basin may be classified into the lowstand mixed continental slope turbidite fan facies association (I); proximal fan subfacies with the washover deposits (I₁); proximal fan subfacies with the levee-washover deposits (I₂); mid-fan subfacies with the levee-washover deposits (I₃); mid-fan subfacies with the washover deposits (I₄); midfan subfacies with the levee deposits (I₅); lowstand intrabasinal continental slope turbidite fan facies association (II); mid-fan subfacies with the washover deposits (II₁); highstand mixed abyssal basin facies association (III), and highstand intrabasinal abyssal basin facies association (IV).

Three depositional cycles have been distinguished in the Aba-Zoige Basin, spanning the bathyal continental slope turbidite fan facies to abyssal basin facies throughout Triassic time, accompanied correspondingly by multiphase fluctuations of sea level. The basin records the sequence transition from A, B and C to D; lithologic transition from lithic feldspathic quartz sandstone, graywacke or skeletal micritic limestone to mudstone and marl, sectional evolution from Bouma sequences ade, ab, ad and ae upward to sequences de, i. e. from the Early Triassic calcareous turbidites to Middle and Late Triassic siliciclastic-dominated mixed turbidites. It is inferred from the palaeocurrent directions that the tur-

bidite fan displays a pattern of a radial fan or a lobate.

The sediment evolution in the basin has undergone three stages of Triassic time. During the Early Triassic, the sediments in the basin consist of a succession of calcareous turbidites in the Bocigou Formation spanning at least two depositional cycles of continental slope turbidite facies association and abyssal basin facies association. The basin then was in the extensional and steady subsidence stage, and graded into a starved abyssal basin during the highstand of sea level. This kind of sedimentary framework was nearly inherited during the Middle Triassic. Till the Late Triassic, the sediments in the basin passed gradually from the continental slope turbidite fan facies association into abyssal basin facies association, and completely replaced by the Xinduqiaoan sediments at last. The basin was uplifted to become an intracontinental intermontane basin during the Rhaetian (latest Late Triassic).

Key words: submarine-fan turbidite, Triassic, Bayan Har