

羌塘盆地东部中侏罗统混合沉积体系研究

马伯永¹ 王训练² 李尚林³ 王根厚² 徐红燕¹

(1. 中国地质图书馆, 北京 100083; 2. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083;

3. 中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054)

摘要: 西藏羌塘盆地东部中侏罗统广泛发育陆源碎屑与碳酸盐的混合沉积。综合前人研究成果, 结合区域地质资料和室内样品分析, 对混积岩、混积层系、陆源碎屑岩、碳酸盐岩、混合沉积环境进行了详细的研究。结果表明, 研究区中侏罗统混合沉积在微观上表现为陆源碎屑与碳酸盐沉积物组分的混积岩, 宏观上则表现为陆源碎屑岩、碳酸盐岩、混积岩相互叠加的混积层系, 发育滨岸、碳酸盐岩缓坡、潮坪-潟湖 3 类沉积体系, 在此基础上以沉积学原理为指导建立了中侏罗统雀莫错组、布曲组和夏里组的混合沉积模式。

关键词: 中侏罗统; 混合沉积体系; 羌塘盆地; 西藏

中图分类号: P534.52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2012)02-0390-10

混合沉积是指在同一沉积环境背景下, 陆源碎屑组分与碳酸盐组分的混合产出和相互交替^[1-3]。同一岩层内陆源碎屑与碳酸盐组分的相互混杂形成混积岩, 陆源碎屑与碳酸盐沉积物的互层、夹层形成混积层系及零星的夹层沉积物^[4]。混合沉积是一种沉积机理特殊而又重要的地质现象, 具有复杂的沉积模式。研究混合沉积可以为区域构造运动、沉积动力学、沉积速率、海平面变化、古气候、物源及其相互间的协调演化关系提供依据, 同时对于沉积-层控矿床和油气资源具有重要的找矿实用价值。Mount (1984) 首次提出了混合沉积的概念^[5], 80 年代后期开始受到国内外广泛关注, 近年来在混合沉积机制、沉积相模式、成岩作用以及混合沉积的控制因素等方面取得了诸多成果^[6-12], 研究和应用领域不断扩大。

藏北羌塘盆地是中国海相盆地中—上侏罗统最为发育的地区之一, 由垂向上具有“三砂夹两灰”的组成特征, 碳酸盐岩与陆源碎屑混合沉积非常普遍^[13-20]。前人的研究主要集中在生物地层、岩石地层、层序地层及沉积盆地分析等方面, 但未对混合沉积特征及成因机制进行深入研究^[14-19]。本文结合区域地质资料

和室内样品分析, 对羌塘盆地的混合沉积特征、混合沉积环境和混合沉积机理进行了深入研究。

1 区域地质背景

羌塘盆地是青藏高原上最大的中生代海相残留含油气盆地。按盆地的内部沉积充填特征和演化过程的差异, 大致以东经 89° 为界, 将其划分为西部和东部两级盆地, 后者即为羌塘盆地东部。地质调研表明, 研究区包含 3 个 I 级构造单元, 自北东向南西依次是北羌塘—昌都拗陷、唐古拉山隆起带和南羌塘拗陷, 其间分别以唐古拉山北缘隐伏断裂带、孜锐拉—吾拉—贡日断裂带 (F2) 和安多断裂带 (F4) 为界(图 1)^[4]。研究区地层属华南地层大区 (I), 受断块活动差异影响, 各构造单元岩石序列(表 1) 明显不同。研究区中侏罗统由雀莫错组、布曲组和夏里组 3 个岩石地层单位构成。

2 岩石学特征

陆源碎屑岩常与碳酸盐岩、混合沉积岩呈互层、夹层分布, 厚度较大的陆源碎屑岩主要分布雀莫错

收稿日期: 2011-08-17; 改回日期: 2011-10-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(40172014)、青藏高原 1:25 万仓来拉幅区域调查项目(146C004003)和南亚地区基础地质图件编制与成矿地质背景研究(1212011120333)共同资助。

作者简介: 马伯永, 男, 1974 年生, 博士, 主要从事地层学及区域地质研究; E-mail: mby562@126.com。

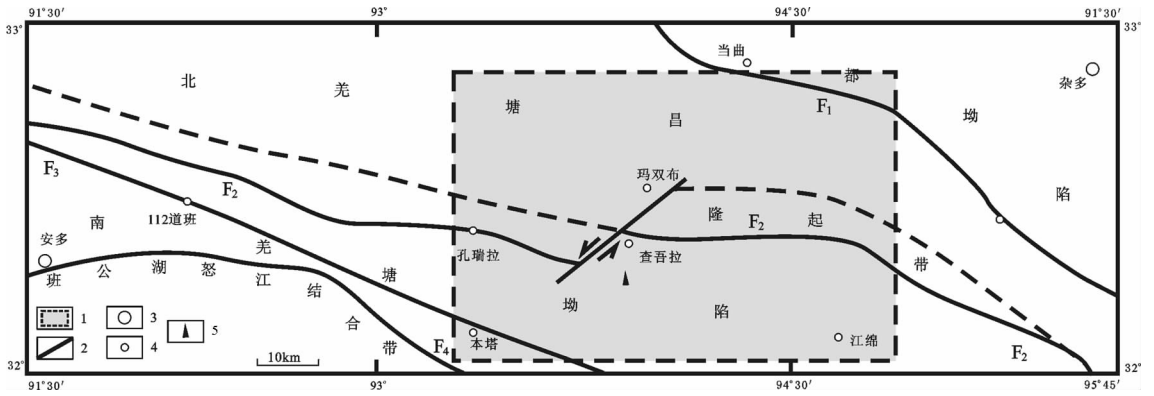


图 1 羌塘盆地东部构造单元划分图

1—研究区;2—构造单元界线;3—县城;4—乡村、道班;5—剖面位置;F1—当曲—本塔断裂带;
 F2—孔锐拉—查吾拉—贡日断裂带;F3—112 道班—本塔断裂带;F4—安多断裂带

Fig.1 Division of tectonic units in the east of Qiantang basin

1—Study area; 2—Structural unit boundary; 3—County seat; 4—Township and maintenance station; 5—Section position;
 F1—Dangqu—Benta faulted belt; F2—Kongrula—Chawula—Gongri faulted belt; F3—112 maintenance station—B faulted belt.
 F4—Anduo faulted belt

表 1 羌塘盆地东部中生代地层序列

Table 1 Mesozoic stratigraphic sequence of eastern Qiantang basin

地质时代		唐古拉山—昌都地层分区				多玛—左贡地层分区				
		乌丽—杂多小区		沱沱河—昌都小区		索县—左贡小区		多玛小区		
白垩纪	晚白垩世							阿布山组		
	早白垩世								东巧组	
侏罗纪	晚侏罗世								帮爱组	
	中侏罗世	雁石坪群								114 道班组
										捷布曲组
										色哇组
早侏罗世		那底岗日组								
三叠纪	晚三叠世	结扎群								

组底部和夏里组的中、上部,碳酸盐岩则分布在布曲组。二者岩性皆不纯,混合沉积发育。

2.1 砾岩

砾岩主要出现于雀莫错组的底部,呈灰褐色,砾石大小不一,大者粒径 1~1.5 m,一般大于 13 mm,呈棱角状,分选差,成分复杂,充填物为细砾石和砂泥质,具杂基支撑结构,可见较为清晰的侵蚀面,厚度不大,砾石成分有变质石英岩、硅质岩、燧石、花岗岩

岩等,混积后常被钙质胶结,垂向上多与含砾砂岩、粗砂岩共生,代表中侏罗世海侵初期滨岸沉积产物。

2.2 砂岩

岩石类型主要为石英砂岩、长石石英砂岩、岩屑石英砂岩、岩屑砂岩等。岩石碎屑颗粒有矿物碎屑、岩石碎屑、少量的火山喷发岩屑、晶屑,以及盆地内形成的内碎屑、鲕粒等,颗粒组分含量为 85%~93%,平均含量 84.6%,少数岩屑砂岩低至 73%。各组碎屑

物粒度总体以中等粒径为主,分选及磨圆度中等—差,自底部向上长石、岩屑颗粒含量呈逐渐增多,分选度逐步降低,磨圆度逐渐变差的趋势。填隙物包括杂基和胶结物,含量一般为8%~33%,平均含量16.5%,少数砂岩中含量可达40%。胶结物以硅质、铁质和钙质为主,钙质最多,含量5%~15%,以雀莫错组含量高(平均18.5%),布曲组含量为10.5%,夏里组最低(平均9.5%)。从粒度特征、碎屑成分上判断,总体上呈现多物源、分选差的沉积特征。砂岩颗粒组分三角投影主要落在造山带物源区,少数落在克拉通陆块物源区。

2.3 粉砂岩

一般为灰色、紫灰色,主要发育在雀莫错组的下部和中上部、布曲组的中部及布曲组的上部,发育水平层理,中—薄层状,碎屑成分以石英为主,含量50%~65%,次为长石及少量绿泥石,有时含少量生物碎屑和泥晶灰岩碎屑,泥质基质30%~35%,重矿物含量较砂岩多,含量可达2%~3%,碎屑呈次棱角状—次圆状,分选程度中等—好,填隙物为粘土以及钙质、铁质等。主要见于潮坪—潟湖沉积环境。

2.4 泥(页)岩

一般为灰色、浅灰、灰黑色等,矿物成分为泥质,含量在75%~86%,方解石、白云石总的含量为10%~15%,少量黄铁矿、泥质砾石及生物介壳。生物化石缺乏,水平层理发育,且常夹薄层状灰岩、泥灰岩、钙质结核以及灰岩透镜体,可见波状层理和水平纹层,部分泥(页)岩因含灰质成分不同可进一步分为钙质泥岩、含灰泥岩或灰、含粉砂质泥岩、粉砂质泥岩。泥岩在各组中都广泛发育,常与灰色、灰绿色、紫红色粉砂岩、泥质粉砂岩、泥晶灰岩等构成岩石组合。泥(页)岩层可生成于各种沉积环境中,主要为较深静水环境的产物,如浪基面下滨海、潟湖、碳酸盐颗粒滩间等环境。

2.5 碳酸盐岩

一般以灰色、深灰色为主,颗粒类型以生物碎屑为主,有双壳类、腕足类、腹足类、海百合茎碎片、海胆棘刺,少量藻类、介形虫类、有孔虫类、团块颗粒等。其他类别数量较少或由于强烈的泥晶化作用而难以识别。化石壳体基本全由方解石组成,石膏化、硅化和白云岩化等沉积期后变化不发育。结合岩石的粒泥比、颗粒类型及生物化石组合特征,根据Dunham(1962)的结构—成因分类,划分为块状灰泥

灰岩、含放射状骨针质颗粒灰岩、球粒泥亮晶泥粒灰岩、含核形石及团块泥粒灰岩、生物碎屑粒泥灰岩、含生物碎屑粒泥灰岩、生物碎屑泥粒灰岩、腕足类(富集的)泥粒灰岩、(含鲕粒)生屑颗粒灰岩等9种微相类型,沉积环境为碳酸盐缓坡及潮坪—潟湖相个别层位。

3 混合沉积特征

羌塘盆地东部中侏罗统混合沉积包括多种形式,可以有陆源碎屑和碳酸盐两种组分互相混杂形成混积岩,也可表现为陆源碎屑岩、碳酸盐岩、混积岩相互叠加的混积层系。

3.1 混积岩

目前为止,关于混积岩的分类和命名还未统一,主要有四单元^[9]、三单元(陆源碎屑、碳酸盐、粘土)^[9]和二单元(陆源碎屑、碳酸盐)^[12]分类法之争。本文采用两单元分类方案。根据陆源碎屑、碳酸盐岩相对含量、颗粒类型特征,至少可以划分出含生物碎屑砂质灰岩、砂质灰岩、灰质砂岩、含灰质砂岩、(含)外碎屑颗粒灰泥灰岩、纹层状粉砂质泥晶灰岩、泥质泥晶灰岩、粉砂质泥晶灰岩、钙质页岩、钙质泥岩、渣状钙结岩等类型(图2)。

3.2 混合沉积层系

混合沉积层系是指陆源碎屑岩与碳酸盐岩岩层之间频繁交替形成的地层剖面上的互层和夹层现象,也是广义的混合沉积的范畴^[9]。羌塘盆地东部中侏罗统混积层序非常发育,在岩性组合上表现为互层混合沉积、夹层混合沉积、互层并夹层混合沉积三种组合形式。本文依据混合沉积的定义、成因、成分、结构、沉积构造及接触关系等因素,将其划分为陆源碎屑岩—碳酸盐岩、陆源碎屑岩—混积岩、碳酸盐岩—混积岩和混积岩—混积岩4类14种混合沉积层系(图3)。各种混积层系常常相互叠加,频繁交替,形成类型复杂的混合沉积复合体。

4 混合沉积环境及沉积模式

根据岩石组分、沉积组构、生物组合特征、沉积物充填与发育过程及其控制因素,在研究区可划分出滨岸、碳酸盐缓坡、潮坪—潟湖3类沉积体系(图4)。

4.1 滨岸沉积体系

中侏罗世巴柔期,羌塘盆地东部在拉张作用下快速沉降,陆源剥蚀区缩小,海水越过中央隆起带由

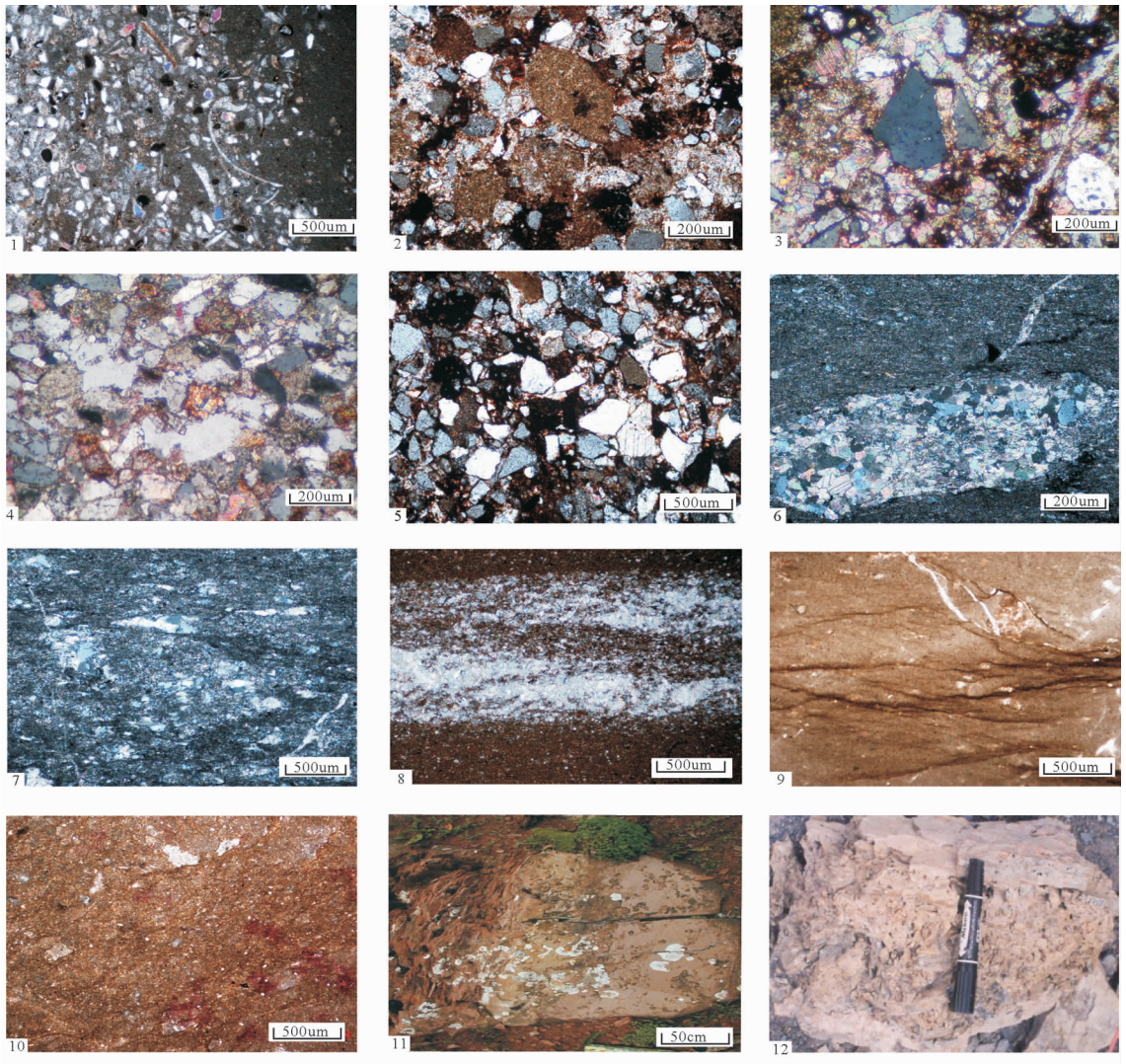


图 2 羌塘盆地东部中侏罗统查吾拉剖面混合沉积岩类型(照片除 11、12 外均为正交偏光)

1—含生物碎屑砂质灰岩,主要由碳酸盐灰泥和陆源石英碎屑颗粒组成,见少量生物碎屑;2—灰质砂岩,灰泥基质,石英含量在 20%~30%;3—含砂质灰岩,石英含量小于 15%;4—5—含灰质砂岩,陆源碎屑颗粒主要为石英,次为长石;6—7—外碎屑颗粒灰泥灰岩,杂基支撑结构,岩屑成分主要为石英、长石及混积物,砂级颗粒呈定向排列状;8—纹层状粉砂质泥晶灰岩,均匀板状毫米级的石英粉细砂与碳酸盐灰泥的纹理层发育;9—泥质泥晶灰岩;10—泥质粉晶灰岩;11—钙质页岩;12—渣状钙结岩

Fig.2 Types of mixed rock from Middle Jurassic Chawula group profile in eastern Qiangtang Basin of Tibetan Plateau (crossed nicols except for photo 11 and 12)

1—Bioclastics-bearing sandy limestone composed of lime mud and quartz grains, with minor bioclastics; 2—Lime sandstone, lime mud matrix, content of quartz grains being 20%~30%; 3—Sand-bearing lime sandstone, content of quartz grains lower than 15%; 4 and 5—Lime-bearing sandstone, terrigenous grains being mainly quartz and subordinately feldspar; 6 and 7—Lime mudstone with outer clastics, matrix support, debris grains being quartz, feldspar and mixed sediments, in oriented arrangement; 8—Lamellar shaped-silty mud limestone, evenly tabular millimeter lamellar of quartz fine silt and lime mud; 9—Argillaceous micritic limestone; 10—Argillaceous crystal powder limestone; 11—Calcareous shale; 12—Clinkery calcareous stone

南向北浸漫,使盆内沉积物带有明显的海相色彩,隆起带仅断续出露。滨岸带主要发育于雀莫错组底部,沿中央隆起带南侧断续分布。该相带沉积物以砂质、粉砂质为主,碎屑成分单一,混合沉积作用较弱。陆源碎屑岩以灰白色中-细粒石英砂岩、粉砂岩为主,

沉积物分选及磨圆度较好。

混积岩为灰质粉砂岩、钙质泥岩,产腕足、双壳等化石,化石保存不好,生物碎片较多。后滨由一套成熟度高的中粗粒石英砂岩组成,圆度及分选度较好,层面多见不对称波痕和平行层理。前滨沉积以波

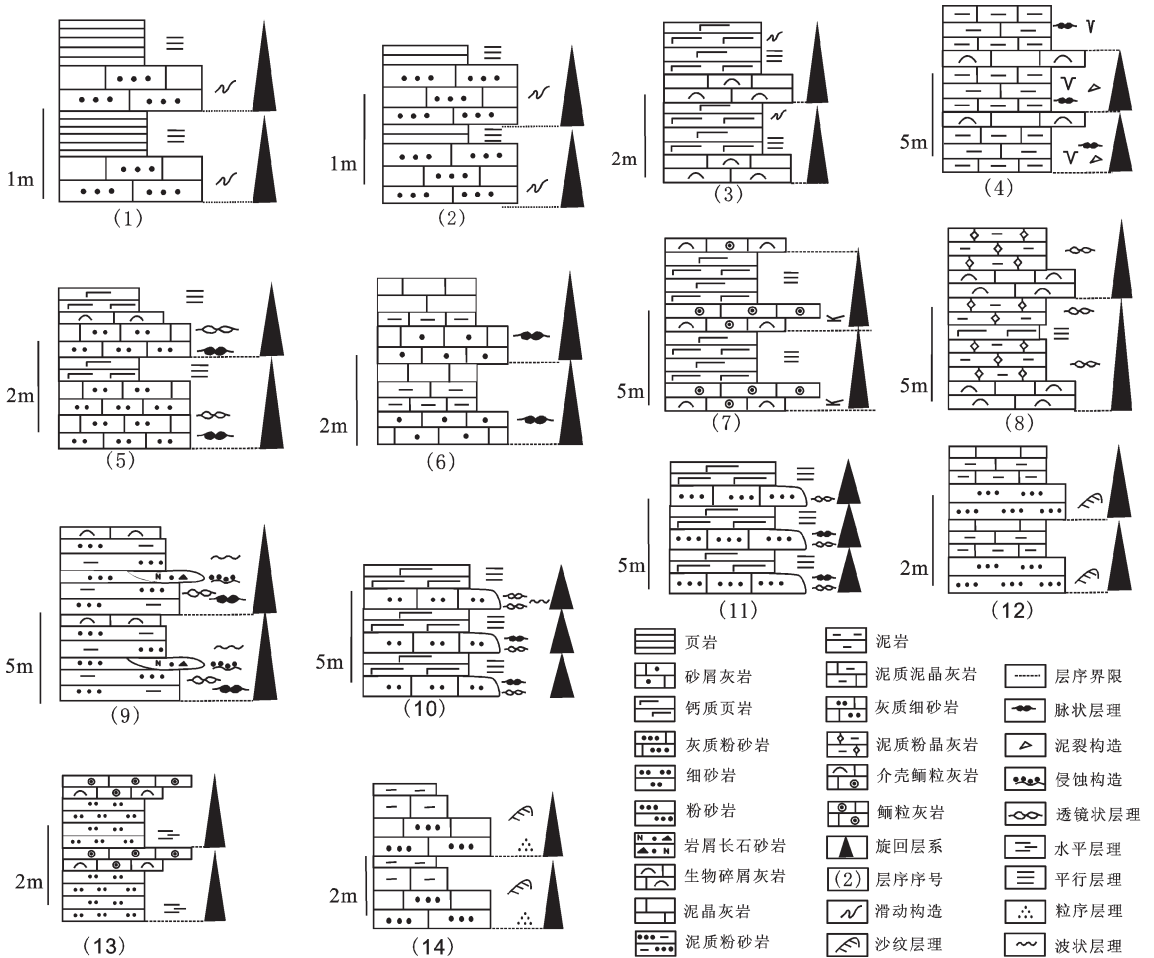


图3 羌塘盆地东部中侏罗统查吾拉剖面混合沉积层系类型

1—灰色页岩与土黄色灰质粉砂岩互层;2—土黄色夹灰质粉砂岩夹黑色页岩;3—灰黑色钙质页岩夹薄层介壳灰岩;
 4—泥质泥晶灰岩夹介壳灰岩;5—钙质页岩、暗灰色灰质细砂岩夹薄层介壳灰岩;6—砂质灰岩与泥晶灰岩、泥质泥晶灰岩互层;
 7—钙质页岩夹鲕粒介壳灰岩、鲕粒灰岩;8—介壳灰岩、泥质粉晶灰岩夹钙质页岩;9—泥质粉砂岩夹介壳灰岩、岩屑长石砂岩透镜体;
 10—细砂岩夹灰色薄层钙质泥岩;11—粉砂岩+薄层钙质泥岩;12—灰色灰黑色粉砂岩与泥质灰岩、泥晶灰岩互层;
 13—灰色细砂岩夹灰色鲕粒灰岩、含鲕粒生屑灰岩;14—灰色粉砂岩与泥质泥晶灰岩、泥岩互层或夹层

Fig.3 Types of Middle Jurassic mixed sedimentary sequence in eastern Qiangtang basin

1—Gray shale interbedded with yellow lime siltstone; 2—earth yellow lime siltstone intercalated with black shale;
 3—Gray black calcareous shale intercalated with thin layer shelly limestone; 4—Argillaceous micritic limestone intercalated with shelly limestone;
 5—Calcareous shale, dark gray calcareous sandstone intercalated with thin layer shelly limestone;
 6—Sandy limestone interbedded with mud limestone, micritic limestone; 7—Calcareous shale intercalated with oolitic shelly limestone and oolitic limestone;
 8—Shelly limestone and argillaceous crystal powder limestone intercalated with calcareous shale;
 9—Argillaceous siltstone intercalated with shelly limestone and lenses of lithic feldspar sandstone; 10—Fine sandstone intercalated with gray thin layer calcareous mudstone;
 11—Siltstone intercalated with thin layer calcareous mudstone;
 12—Gray black siltstone interbedded with mud limestone, micritic limestone; 13—Fine sandstone micritic limestone oolitic shelly limestone and oolitic limestone;
 14—Gray siltstone argillaceous micritic limestone and mudstone

浪的冲洗作用为特征, 岩性以中-细砂至粉砂级颗粒为主要特征,分选好,磨圆度高,矿物成分单一,多构成较为纯净的石英砂岩、粉砂岩,夹少量的岩屑长石中-细砂岩,平行层理和低角度冲洗层理非常发育,混积特征不明显。临滨及滨外以泥质沉积为主,岩石含有较少的砂质、灰质,岩性主要为层灰质粉砂

岩和黑色页岩,发育沙纹层理及水平层理,为相对深水沉积,地层结构为加积,混积层系以1、2为主,形成明显的韵律层或旋回性层序(图5)。

4.2 碳酸盐缓坡沉积体系

巴通期是羌塘盆地东部中生代最大的海侵期,南北羌塘凹陷差异升降作用明显减弱,大部分物源

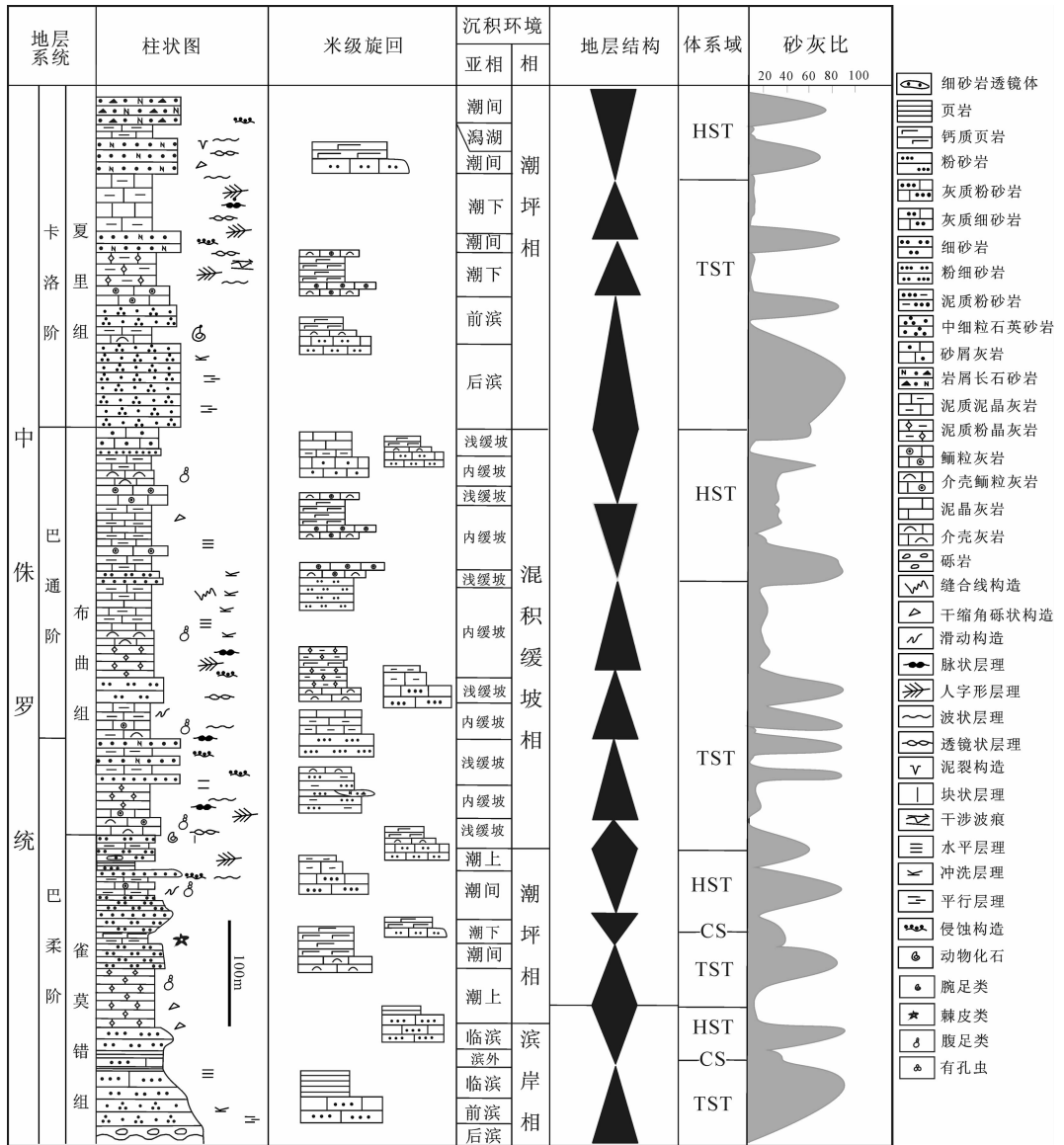


图 4 羌塘盆地东部中侏罗统查吾拉剖面综合柱状图

Fig.4 Comprehensive columnar section of middle Jurassic Chawula sedimentary facies

区被海水淹没,中央隆起带变成水下隆起接受沉积,沉积了大套碳酸盐岩,偶夹暗色细碎屑岩,沉积体系为碳酸盐缓坡(图 6)。内缓坡上部的混积岩包括灰色中-薄层含生物碎屑泥质泥晶灰岩、灰色薄层钙质泥岩,常见泥裂构造、干缩角砾状构造。混积层系以 4、5 为主;内缓坡中部的岩性组合表现为灰质粉砂岩、泥质泥晶灰岩、灰质泥岩、生物碎屑灰岩、钙质页岩等以互层或夹层的形式出现,混积层系以 5、9 为主,见少量混积层系 4、10;内缓坡下部的混积岩及混积层系均不太发育,可见少量混积层系 2;浅缓

坡亚相形成于潮汐作用以下到正常浪基面之间的环境。常见风暴作用形成的灰泥质内碎屑角砾岩,生物颗粒组分往往遭受到较强的泥晶化作用。浅缓坡局部发育颗粒滩,沉积物为反映水体能量较高的亮晶胶结鲕粒灰岩、生屑颗粒灰岩,夹少量泥晶灰岩、钙质泥岩,局部发育平行层理、交错层理。生物碎屑以双壳、腕足、海百合碎片居多,滩相颗粒灰岩可见粉砂岩、泥质粉砂岩薄的夹层,陆源碎屑颗粒粒径多以细粉砂为主,磨圆度差,棱角状—次棱角状,但分选比较好。当陆源碎屑充足时,则可变为砂岩夹层或两

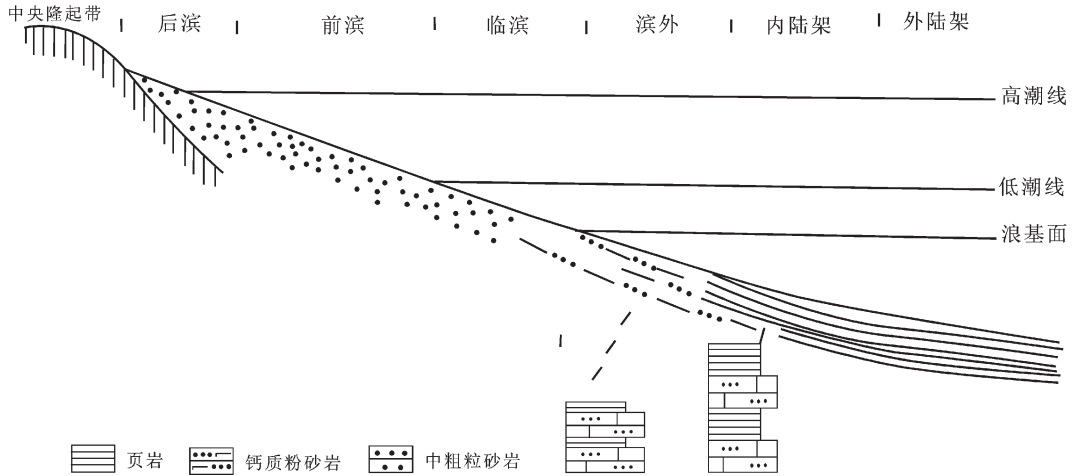


图 5 羌塘盆地东部中侏罗世雀莫错组滨岸混合沉积模式

Fig.5 Mixed sedimentation model of shore of the middle Jurassic Quemucuo Formation

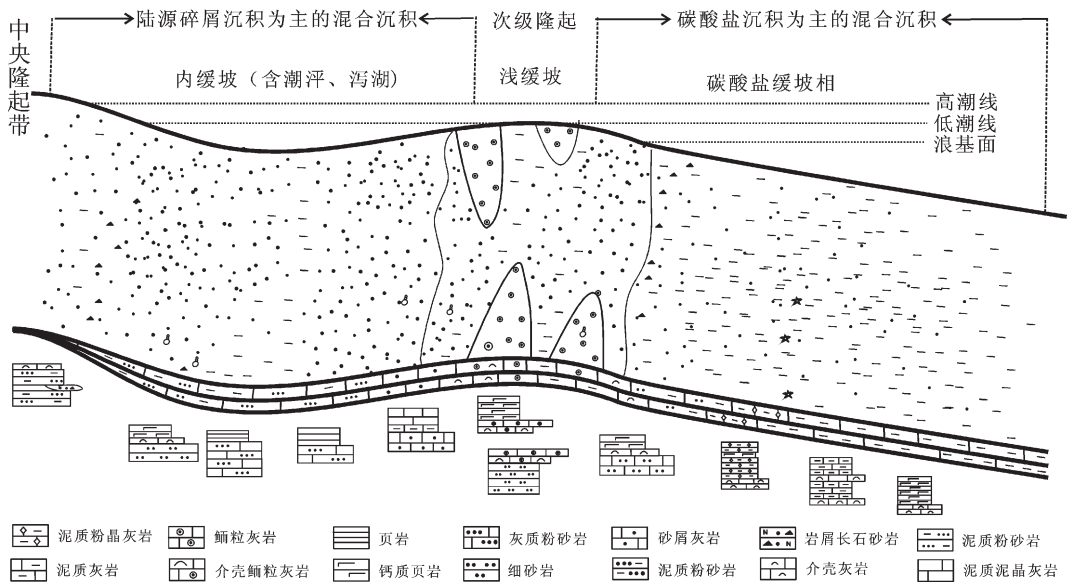


图 6 羌塘盆地东部中侏罗世布曲组碳酸盐缓坡沉积模式

Fig.6 Mixed sedimentary model of carbonate gentle slope of the middle Jurassic Buqu Formation

者互层。岩性组合在纵向剖面上主要为颗粒质碳酸盐岩与泥质灰岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩等细粒陆源碎屑岩呈互层或夹层的形式出现。混积层系以 7、13 为主,颗粒滩间见少量的混积层系 8;深缓坡亚相主要由灰泥灰岩和含生物碎屑灰岩组成。生屑含量一般为 10%以下,化石的分选与磨蚀程度都非常差,常见完整的生物壳体。混合沉积现以陆源泥、碳酸盐灰泥及少量粉砂构成,具水平层理和滑动变形沉积构造。

研究表明,自内缓坡下部通常以发育泥裂构造、角砾状构造的灰泥灰岩、含生物碎屑的灰泥灰岩、泥质泥晶灰岩为主,向上逐步过渡到具波状、透镜状层理的生物粒泥-泥粒灰岩,渐夹有薄层钙质泥岩,至上部以含鲕粒颗粒灰岩结束,或多或少夹薄层细砂岩、粉砂岩,总体上构成“向上岩层变薄,陆源碎屑含量逐渐减少,灰质含量逐渐增加”的趋势。

4.3 潮坪-潟湖沉积体系

潮坪相可进一步识别出砂坪、泥坪和混合坪 3

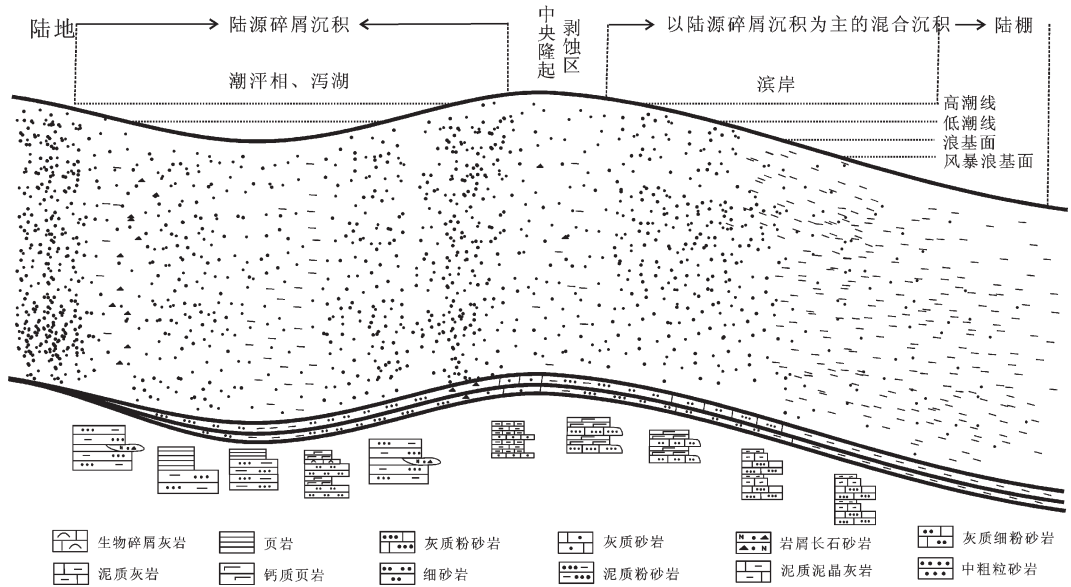


图 7 羌塘盆地东部中侏罗统夏里组潮坪-泻湖混合沉积模式图

Fig.7 Mixed sedimentary model of tidal flat-lagoon of the middle Jurassic Xiali Formation

种沉积亚相。(1)泥坪亚相:混合沉积物主要由浅灰色、灰色和灰黑色泥质泥晶灰岩、泥质粉晶灰岩等类型组成,混积层系类型以混积层系 9 为主;(2)混合坪亚相:常见由粉砂岩、细砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩构成韵律旋回,混积层系类型以混积层系 10、11 为主;(3)砂坪亚相。混积岩类型以陆源碎屑与碳酸盐岩内碎屑混积为主,钙质胶结、接近碳酸盐砂屑滩相,发育沙纹层理、生物扰动构造、条带状层理、波状层理、脉状层理及不对称流水波痕等。

泻湖相沉积主要由含灰粉砂质泥岩、粉砂质泥岩、含生物碎屑灰泥灰岩、泥质粉砂岩、含石英颗粒生物碎屑灰泥灰岩组成,局部夹潮道含生屑粒屑灰岩和中细粒钙质岩屑砂岩、粉砂岩,粒屑灰岩和砂岩中发育小型沙纹层理和水平层理,含丰富的菱铁矿结核。岩石中发育水平层理,含薄壳小个体双壳化石,其他生物化石较少。从岩石结构、层理构造和单一的生物等现象分析,沉积环境较塞安静。混积层系类型以混积层系 1、2 为主。潮坪-泻湖混积模式见图 7。

5 主要结论

羌塘盆地东部中侏罗统广泛发育了陆源碎屑岩与碳酸盐岩的混合沉积,微观上表现为陆源碎屑与碳酸盐沉积物组分的混积岩,宏观上则表现为陆源碎屑岩-碳酸盐岩-混积岩相互叠加的混积层系,可划分为 7 种混积岩,14 种混积层系。根据岩石组分、

沉积组构、生物组合特征、沉积物充填与发育过程及其控制因素,可划分出滨岸、碳酸盐缓坡、潮坪-泻湖 3 类沉积体系:(1)滨岸沉积体系以砂质、粉砂质沉积为主,平行层理和低角度冲洗层理非常发育;(2)碳酸盐缓坡沉积体系发育以碳酸盐沉积物为主的混合沉积。内缓坡以泥质灰岩、泥晶灰岩及泥质粉砂岩等为主,浅缓坡则表现为颗粒质碳酸盐岩与泥质灰岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩等细粒陆源碎屑岩呈互层或夹层;(3)潮坪-泻湖沉积体系发育以陆源碎屑沉积物为主的混合沉积。在此基础上以沉积学原理为指导建立了中侏罗统混合沉积模式。

参考文献 (References):

[1] 张锦泉,叶红专.论碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积 [J].成都地质学院学报,1989,16(2):87-92
Zhang Jinquan, Ye Hongzuan. Study on carbonate and siliciclastic mixed sediments [J]. Journal of Chengdu College of Geology, 1989, 16 (2):87-92(in Chinese with English abstract).

[2] 杨朝青,沙庆安.云南曲靖中泥盆统曲靖组的沉积环境:一种陆源碎屑与海相碳酸盐的混合沉积 [J].沉积学报,1990,8(2):59-66.
Yang Chaoqing, Sha Qing'an. Sedimentary environment of the Middle Devonian Qujiang Formation, a kind of mixing sedimentation of terrigenous clastics and carbonate [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1990, 8 (2):59-66(in Chinese with English abstract).

[3] 沙庆安.混合沉积和混积岩的讨论 [J].古地理学报,2001,3(3):

- 63-66.
- Sha Qing'an. Discussion on mixing deposit and Hunji rock [J]. Journal of Palaeogeography, 2001, 3 (3):63-66 (in Chinese with English abstract).
- [4] 张锦泉, 叶红专. 论碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积 [J]. 成都地质学院学报, 1989, 16 (2): 87-92.
- Zhang Jinqian, Ye Hongzuan. Study on carbonate and siliciclastic mixed sediments [J]. Journal of Chengdu College of Geology, 1989, 16(2):87-92.
- [5] Mount J F, Mixing of siliciclastic and carbonate sediments in shallow shelf environments[J]. Geology, 1984, 12(7):432-435.
- [6] Myrow P M, canding E. Mixed siliciclastic-carbonate deposition in Ancarcy Cambrian oxygen-stratified basin, Chapel Island Formation, Southeastern Newfoundland [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1992, 62:455-473.
- [7] 江茂生, 沙庆安. 碳酸盐与陆源碎屑岩混合沉积体系研究进展[J]. 地球科学进展, 1995, 10 (6):551-554.
- Jiang Maosheng, Sha Qing'an. Research advances in the mixed siliciclastic-carbonate sedimentary systems [J]. Advances in Earth Sciences, 1995, 10 (6):551-554(in Chinese with English abstract).
- [8] 李祥辉, 曾允孚. 扬子西缘泥盆纪碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积层序和层序混合沉积模式[J]. 沉积学报, 1999, 17(3):339-344.
- Li Xianghui, Zeng Yunfu. Sequence stratigraphy and patterns of mixed carbonate and siliciclastic sediments in the shelf Lower-Middle Devonian in the western margin of the Yangtze Craton [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17 (3):339-344 (in Chinese with English abstract).
- [9] 张雄华. 混积岩的分类和成因 [J]. 地质科技情报, 2000, 19 (4): 31-34.
- Zhang Xionghua. Classification, origin of mixosedimentite [J]. Geological Science and Technology Information, 2000, 19 (4):31-34(in Chinese with English abstract).
- [10] 罗顺社, 刘魁元, 何幼斌. 渤南洼陷沙四段陆源碎屑与碳酸盐混合沉积特征与模式[J]. 江汉石油学院学报, 2004, 26(4):19-21.
- Luo Shunshu, Liu Kuiyuan, He Youbin. Mixed sedimentary characteristics and mode of terrigenous clastics and carbonate in Es4 of Bonan depression [J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 2004, 26 (4):19-22(in Chinese with English abstract).
- [11] 董桂玉, 陈洪德, 何幼斌, 等. 陆源碎屑与碳酸盐混合沉积的几点思考[J]. 地球科学进展, 2007, 22(9):931-939.
- Dong Guiyu, Chen Hongde, He Youbin, et al. Some problems on the study of the mixed siliciclastic carbonate sediments [J]. Advances in Earth Research, 2007, 22(9):931-939(in Chinese with English abstract).
- [12] 江茂生, 沙庆安. 碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积体系研究新进展[J]. 地球科学进展, 1995, 10(6):551-554.
- Jiang Maosheng, Sha Qing'an. Research advances in the mixed siliciclastic-carbonate sedimentary systems [J]. Advances in Earth Sciences, 1995, 10(6):551-554(in Chinese with English abstract).
- [13] 张玉修, 李勇, 张开均, 等. 西藏羌塘盆地依仓玛地区中上侏罗统碳酸盐岩特征及其环境意义[J]. 中国地质, 2006, 33(2):393-400.
- Zhang Yuxiu, Li Yong, Zhang Kaijun, et al. Characteristics of Mid-Upper Jurassic carbonate rocks in the Yichangma area, Qiangtang Basin, Tibet: Implications for the sedimentary environment [J]. Geology in China, 2006, 33 (2):393-400 (in Chinese with English abstract).
- [14] 贾建称, 吴新国, 王根厚, 等. 羌塘盆地东部中生代沉积特征与构造演化[J]. 中国地质, 2006, 33(5):999-1004.
- Jia Jiancheng, Wu Xinguo, Wang Genhou, et al. Mesozoic sedimentary characteristics and tectonic evolution in the eastern part of the Qiangtang basin [J]. Geology in China, 2006, 33 (5):999-1004(in Chinese with English abstract).
- [15] 付修根, 廖忠礼, 刘建清, 等. 南羌塘盆地扎仁地区中侏罗统布曲组沉积环境特征及其对油气地质条件的控制作用 [J]. 中国地质, 2007, 34(4):599-605.
- Fu Xiugen, Liao Zhongli, Liu Jianqing, et al. Sedimentary environment of the Middle Jurassic Bi Qu Formation and its controls on petroleum geology in the Zaring area, southern Qiangtang basin [J]. Geology in China, 2007, 34(4): 599-605(in Chinese with English abstract).
- [16] 陈文彬, 廖忠礼, 张子杰, 等. 北羌塘盆地侏罗系布曲组烃源岩地球化学特征及意义[J]. 中国地质, 2007, 34(5):927-934.
- Chen Wenbin, Liao Zhongli, Zhang Yujie, et al. Geochemical characteristics and significance of hydrocarbon source rocks in the Jurassic Bi Qu Formation in the north Qiangtang basin [J]. Geology in China, 2007, 34 (5):927-934 (in Chinese with English abstract).
- [17] 段志明, 钟成全, 朱华平, 等. 南羌塘盆地羌资-2 井中侏罗统色哇组和布曲组沉积特征[J]. 中国地质, 2009, 36(2):355-365.
- Duan Zhiming, Zhong Chengquan, Zhu Huaping, et al. Sedimentary characteristics of Middle Jurassic Sewa and Buqu Formations from Qiangzi Well-2, southern Qiangtang basin, Tibet [J]. Geology in China, 2009, 36 (2):355-365 (in Chinese with English abstract).
- [18] 付修根, 王剑, 吴滔, 等. 羌塘盆地胜利河地区雀莫错组地层及其古环境[J]. 中国地质, 2010, 37(5):1305-1312.
- Fu Xiugen, Wang Jian, Wu Tao, et al. Stratigraphy and paleoenvironment of the Qumo Co Formation in Shengli River area, northern Tibet[J]. Geology in China, 2010, 37(5):1305-1312 (in Chinese with English abstract).
- [19] 马伯永, 王根厚, 王训练, 等. 羌塘盆地东缘中侏罗统布曲组碳酸盐岩微相与沉积环境研究 [J]. 地质通报, 2009, 28 (5):610-617.
- Ma Boyong, Wang Genhou, Wang Xunlian, et al. Carbonate microfacies and sedimentary environment of the Middle Jurassic Buqu Formation in the Gongri area, eastern part of the Qiangtang basin Tibet, China [J]. Geological Bulletin of China, 2009, 28(6): 609-617(in Chinese with English abstract).
- [20] 张尚锋, 张昌民, 胡明毅, 等. 西藏羌塘盆地侏罗系基准面变化及沉积充填响应[J]. 中国科学(D 辑增刊), 2008(2):131-138.

Zhang Shangfeng, Zhangchangmin, Hu Mingyi, et al. Datum plane variation and sedimentary Filling Corresponding [J]. Science in

China (Series D: Earth Sciences, Supplement), 2008 (2): 131–138 (in Chinese with English abstract).

A study of the Middle Jurassic mixed siliciclastic and carbonate sedimentary system in the eastern part of the Qiangtang basin, Tibet

MA Bo-yong¹, WANG Xun-lian², LI Shang-lin³, WANG Gen-hou², XU Hong-yan¹

(1. China Geological Library, Beijing 100083, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China;
3. Xi'an Center of China Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstracts: The mixed siliciclastics and carbonate sedimentary system is developed extensively in eastern Qiangtang basin. Based on previous research results, the authors studied the diamictite and diamictic system, terrigenous clastic rock and carbonate rock by means of regional geological material analysis and inner sample analysis. The results show that the study area is characterized by interactive sediments of terrigenous clastic rock and carbonate rock at the microscopic level, called “mixed rock”, and that in the macroscopic performance there exists the mixed sequence composed of terrigenous clastic rock, carbonate rock and mixed rock. Mixed sedimentation resulted from facies mixing with minor source mixing and event mutation, which formed the sedimentary system of shore, carbonate gentle slope and tidal flat-lagoon. Combined with the tectonic setting and guided by the sedimentary principles, this paper proposes a mixed sedimentation model for the eastern part of the Qiangtang basin in Tibet.

Key words: middle Jurassic; mixed sedimentary system; Qiangtang basin; Tibet

About the first author: MA Bo-yong, male, born in 1974, doctor, mainly engages in the study of stratigraphy and regional geology; E-mail: mby562@126.com.