

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2022.01.010

东准噶尔晚古生代洋陆转换过程： 来自沉积学的约束

郑有伟¹, 曾洋², 彭传凯³, 李汶渝⁴, 刘翔⁵, 樊海龙^{5,6}

(1. 内蒙古科技大学矿业与煤炭学院, 内蒙古 包头 014010;

2. 中国石油化工股份有限公司西南油气分公司石油工程技术研究院, 四川 德阳 618000;

3. 中国石油集团西部钻探工程有限公司地质研究院, 新疆 克拉玛依 834000;

4. 山东省水利勘测设计院, 济南 250013;

5. 中国科学院西北生态环境资源研究院, 甘肃省油气资源研究重点实验室, 兰州 730000;

6. 长安大学工程机械学院, 西安 710064)

摘要: 东准噶尔卡拉麦里造山带是中亚造山带西段一个很重要的构造单元,其构造演化为区域构造过程、动力机制等问题的研究提供关键证据,也为研究中亚造山带提供了重要的物质基础和理论依据。本文在前人研究的基础上,通过对卡拉麦里造山带野外剖面实测、构造现象描述、典型岩石观察,选取典型复理石、磨拉石建造剖面及古生物化石开展系统研究,结果表明:①白碱沟—红尖山卡拉麦里组复理石建造为巨厚的海相地层,是碰撞前的产物;②双井子地区松卡尔苏组顶部发育磨拉石建造,是造山后快速堆积的产物,基本代表了区内碰撞作用的开始,巴塔玛依内山组火山岩的形成时间晚于磨拉石盆地的形成时间;③卡拉麦里地区洋陆转换时间为 343.5 Ma—339.0 Ma±,之后随着板片断离和俯冲板块后撤,区内进入后碰撞演化阶段。

关键词: 洋陆转换;沉积学;磨拉石建造;复理石建造;卡拉麦里;东准噶尔

中图分类号: P534.4;P588.2 **文献标识码:** A

0 引言

准噶尔盆地位于中亚造山带西段,在构造上属于哈萨克斯坦板块,夹持于天山造山带和阿尔泰造山带之间,是中亚造山带重要的组成部分,也是我国重要的铁、铜、金等多金属矿床的产地和中国西部一个非常重要的含油气盆地^[1-3]。近年来,新疆北部特别是准噶尔地区开展了大量研究,石炭纪被认为是准噶尔地体构造演化的重要转折期,陆梁隆起、滴西凸起、卡拉麦里—三个泉—达尔布特等构造带可

能为地壳拼贴带;卡拉麦里地区早石炭世地层为陆间残余海盆,发育菊石化石 *Castrioceras* sp. 和 *Eoasianites* sp.,晚石炭世花岗岩切穿了卡拉麦里蛇绿岩带,多数学者认为卡拉麦里蛇绿岩带代表的古大洋闭合时间在晚石炭世之前。基于此,越来越多的研究在东准噶尔扎河坝、卡拉麦里 2 条蛇绿岩带两侧的三塘湖、陆东、五彩湾、老鸦泉等岩体开展,对该套晚石炭世岩浆岩构造背景的认识有以下几种观点:岛弧环境、活动大陆边缘、弧前环境、弧后盆地及后造山伸展环境^[1,4-8]。

前人在东准噶尔开展了大量研究,在火山岩形成时限、岩石地球化学特征等方面取得诸多突破。

收稿日期: 2021-04-06; **责任编辑:** 王传泰

基金项目: 内蒙古自然科学基金项目(编号:2018LH04001)、昆都仑区科技计划项目(编号:YF2020015)联合资助

作者简介: 郑有伟(1988—),男,博士,讲师,研究方向为地质资源与地质工程。通信地址:内蒙古包头市昆都仑区阿尔丁大街 7 号,内蒙古科技大学;邮政编码:014010;E-mail:ywzheng1988@163.com

通信作者: 樊海龙(1994—),男,硕士,研究方向为大地构造学。通信地址:西安市雁塔区雁塔北路南段 126 号,长安大学;邮政编码:710061;E-mail:geofhl@qq.com

但是,由于造山带体系的复杂性,陆壳、洋壳物质都会混在其中,火山岩的层位往往发生很多改造,具有诸多不确定性,仅仅依靠精确定年技术而不考虑其所处的构造位置和岩石组合特征,将不能对涉及岩体形成时代进行准确的约束,甚至产生误判。沉积学特征是对构造过程响应最敏感、最可靠的记录之一,笔者在总结前人研究的基础上,通过卡拉麦里造山带野外剖面实测、构造现象描述、典型岩石观察,选取典型复理石、磨拉石剖面及古生物化石开展系统研究,力图厘定洋盆的闭合时限、明确洋陆转换过程,进而梳理卡拉麦里造山带构造演化过程,为区域构造演化研究工作提供依据。

1 区域地质背景

中亚造山带向西延伸至乌拉尔山脉,东至太平洋,在构造上位于西伯利亚板块和哈萨克斯坦—准噶尔板块之间,由一系列地体、岛弧、增生楔和蛇绿岩带、洋底高原和微陆块拼贴而成,是显生宙最大的增生型造山带之一,也是全球显生宙以来构造演化最为复杂的区域^[9-10]。在陆壳演化过程中,中亚造山带经历了陆缘增生、后碰撞伸展和板内三个阶段,

形成了全球典型的陆内盆山体系,多期次、多类型的壳幔相互作用使得中亚造山带(图 1)^[11]记录了华北、塔里木、东欧以及西伯利亚板块之间相互碰撞、拼贴的过程,保存了区域构造演化的详细信息^[12-13]。

作为我国重要的多金属成矿区,准噶尔盆地是区域构造研究的重点和热点地区,来自国内外科研机构和生产单位的工作人员先后在该区域开展研究,在基础地质、地球物理勘探、矿产普查等方面取得大量研究成果^[14-15]。东准噶尔位于准噶尔盆地东部,北接阿尔泰造山带,南缘与北天山造山带相邻,是在古生代洋内弧系统上发展起来的复杂地质体,包含多条蛇绿岩带、大量古生代花岗岩及火山岩,古生代构造单元主要有额尔齐斯泥盆纪—石炭纪蛇绿岩带、萨乌尔地区泥盆纪—石炭纪大洋岛弧、阿尔曼太寒武纪—奥陶纪蛇绿岩带、野马泉地区奥陶纪安第斯型岛弧和卡拉麦里地区泥盆纪—石炭纪蛇绿岩带^[16],是一个构造背景复杂、岩浆活动强烈的地区^[17-18]。

东准噶尔地区出露地层以古生界为主,在卡拉麦里造山带边缘有少量中生界地层。依据 1965 年新疆维吾尔自治区区域地质测量大队 1:20 万地质填图及《新疆维吾尔自治区岩石地层》等资料,结合



图 1 欧亚大陆构造示意图(据文献[11])

Fig. 1 Geotectonic sketch of Eurasian continent

野外观察情况,区内出露地层主要有:中泥盆统卡拉麦里组(D_2k)、北塔山组(D_2b)、平顶山组(D_2p),上泥盆统塔木岗组(D_3t),下石炭统南明水组(C_1n)、清水组(C_1q)、松喀尔苏组(C_1s),上石炭统巴塔玛依内山组(C_2b)、双井子组(C_2s),下二叠统赤底组(P_1c),上二叠统平地泉组(P_2p),中下三叠统仓房沟组(T_{1+2c}),上三叠统老鹰沟组(T_3l),下侏罗统八道湾组(J_1b),中侏罗统三工河组(J_2s)、西山窑组(J_2x),上侏罗统石树组(J_3s),下白垩统吐谷鲁组(K_1t)及第四系堆积物。

2 沉积-岩石学特征

2.1 卡拉麦里山西南侧火山岩建造

卡拉麦里造山带南部白碱沟—火烧山地区、双井子地区和老鸦泉地区出露大量火山岩^[19]。卡拉麦里断裂带北侧主要出露晚石炭世岩石,以火山碎屑岩为主,同时有陆缘碎屑岩和火山熔岩分布。断裂带南部白碱沟、帐篷沟地区以中酸性火山岩为主,含少量基性、超基性岩,流纹岩侵入接触到巴塔玛依内山组凝灰岩地层中;在卡拉麦里山组中可见闪长玢岩和辉绿玢岩不整合接触。在白碱沟南部五彩城处早白垩世吐谷鲁组中可见大量砖红色烧变岩,向北西山窑组煤层呈灰黑色,在八道湾组底部为粗砾岩;向北可见流纹岩侵入到巴塔玛依内山组凝灰岩中,安山玢岩与辉绿玢岩不整合接触,在靠近西大沟的位置可见安山岩、流纹岩

侵入到凝灰岩中。整体来讲,巴塔玛依内山组是一套富含火山岩的地层,发育大量凝灰岩,并有安山岩、流纹岩等中酸性岩体不整合侵入到凝灰岩地层里,夹少量基性、超基性岩。

2.2 白碱沟—红尖山复理石建造

复理石最早指的是瑞士 Siemmental 地区互层的砂岩、泥岩和页岩,之后逐渐被赋予构造含义,主要是指巨厚的海相地层,少含化石,具有薄的递变层理,由泥岩、砂岩构成的具有明显韵律层的岩石组合,为前造山阶段的沉积产物^[20]。在卡拉麦里造山带白碱沟—红尖山地区中泥盆世卡拉麦里组发育明显的复理石建造(图 2),延伸宽度 5~8 km。复理石建造剖面岩性观测结果如表 1 所述。

区内复理石建造延伸范围广,主要沉积构造集中在鲍马序列的 B 段至 E 段,岩性以细砂岩、粉砂岩为主,局部有泥岩出露。受俯冲—碰撞和后期构造改造,在造山带核心部位该套沉积岩层面近于垂直,并在砂岩、粉砂岩层间和层内发育多组共轭剪节理,鲍马序列 E 段泥岩大多完整保存,褶皱不发育,表明该套地层受后期改造,以层间剪切为主,层内滑动作用不明显,因此该套地层可能与俯冲作用过程中对整个上覆沉积地层的掀斜作用有关,而不是传统意义上的相互挤压造成小尺度褶皱。同时,复理石建造所处的地层为中泥盆世卡拉麦里组,表明该时期可能仍处于板块俯冲阶段,由于复理石建造是碰撞造山前的产物,因此该套地层最晚的碎屑锆石年龄可作为碰撞初始时间的下限。

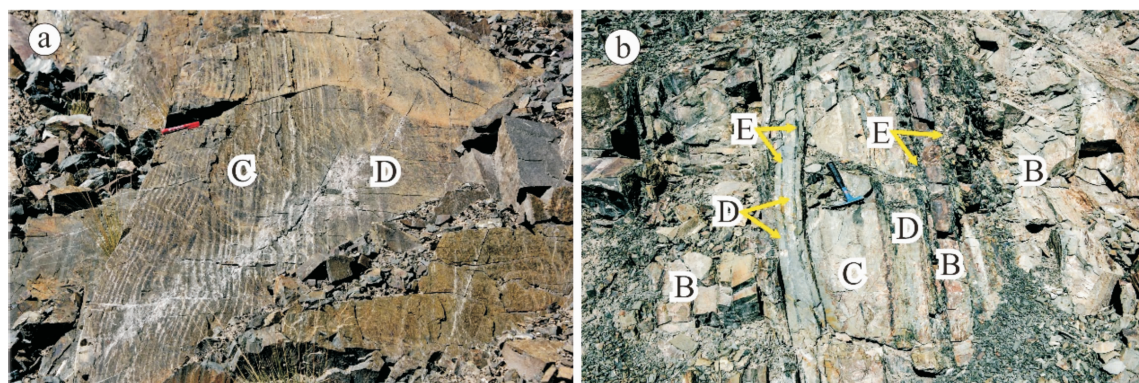


图 2 白碱沟—红尖山地区复理石建造

Fig. 2 Flysch formation in Baijiangou-Hongjianshan area

a. 鲍马序列 C-D 段; b. 鲍马序列 B-E 段

白碱沟北部卡拉麦里组复理石建造部分露头,受构造活动改造,岩层产状近直立

表 1 复理石建造剖面岩性观测结果
Table 1 Lithological description of flysch section

观测点	地层岩性	厚度/m	产状
1	土黄色砂岩	1.0	34°∠78°
2	灰绿色粉砂岩、砂岩	0.3	
3	黄绿色粉砂岩	0.4	14°∠76°
4	灰绿色粉砂岩、泥岩	0.2	35°∠69°
5	灰绿色粗砂岩	1.5	23°∠75°
6	灰黑色泥页岩	0.3	26°∠73°
7	灰绿-黄绿色粗砂岩	1.5	27°∠74°
8	黄绿色砂岩	0.8	39°∠79°
9	灰黑色泥质粉砂岩	0.4	30°∠78°
10	灰绿色粉砂岩	0.2	31°∠84°
11	灰绿色粗砂岩	0.8	34°∠76°
12	黄绿色粗砂岩	1.5	32°∠78°
13	灰绿色泥页岩	0.5	33°∠78°,发育透镜体
14	红褐色粗砂岩	4.5	
15	灰绿色粗砂岩	1.0	20°∠70°
16	灰黑色泥岩	0.1	发育断裂
17	红褐色粗砂岩	4.3	44°∠72°
18	黄褐色泥岩	0.4	34°∠82°
19	黄绿色粗砂岩	1.8	38°∠77°,35°∠79°
20	黄褐色细砂岩	0.8	29°∠81°
21	黄褐色粗砂岩	0.2	
22	黄褐色砂岩	3.0	发育共轭剪节理
23	黄绿色粗砂岩	1.8	风化严重

(未见顶)

2.3 双井子地区磨拉石建造

双井子地区松卡尔苏组分布在弧形梁—卧龙岗的深灰色、灰绿色砾岩夹砂岩薄层以北,北边为卡拉麦里蛇绿岩带。松卡尔苏组为一套具有磨拉石特征的碎屑岩沉积,与下伏塔木岗组呈角度不整合接触,其上部为一套火山岩、火山碎屑岩建造,以灰绿色基性喷发岩和中酸性火山岩为主,夹火山角砾岩和凝灰岩;在双井子地区主要为粗粒碎屑岩,指示近缘快速堆积(图 3a、图 3b)。现代板块构造理论认为磨拉石建造是陆—陆碰撞的标志性沉积,是一种边缘拗陷的典型沉积建造,以陆相砾岩、砂岩为主,相变急剧,分选差,层理不明显^[20]。野外观察到双井子地区松卡尔苏组砾石分选和磨圆较差,岩性以砾岩、砂砾岩为主,夹粗砂岩、砂岩;砾石成分复杂,主要成分为红色硅质岩和火山岩,砾石层理很少发育,横向上砾石粒径变化较快,部分砾石向南排列,指示其物源来自北侧。松卡尔苏组底部为黄绿色页岩夹细砂岩、砂质泥岩组成的磨拉石建造(图 3b);该地层腕足类化石发育,化石内膜和外膜完整,内部构造清晰,关于该组腕足类化石的种类还须进一步鉴定(图 3c)。

综上,该区松卡尔苏组具磨拉石建造的特征,是造山后快速堆积产物,基本代表区内碰撞作用的开

始,巴塔玛依内山组火山岩的形成时间晚于磨拉石盆地的形成时间。

2.4 石钱滩地区动植物化石特征

在东准噶尔卡拉麦里造山带东部石钱滩和双井子地区南部出露大量动植物化石。卡拉麦里胜利沟剖面发现了丰富的有孔虫化石,共分为 12 属、59 种。根据 *Monotaxinoides* 和 *Tetrataxis* 及其种属可将区内有孔虫分为 2 个组合。*Monotaxinoides*-*Plectogyra* 分布于石钱滩弧形梁和双井子灰岩中,代表时代为晚石炭世早期;*Tetrataxis*-*Plectogyra* 以 *Tetrataxis* 大量繁盛为特征,包含化石以晚石炭世早期为主,存在个别华北地区晚石炭世的分子。根据各门化石资料,将卡拉麦里石钱滩组的时代定为晚石炭世^[21]。

石钱滩因其漫山遍野分布的各种海洋化石形似铜钱而得名,这些石质化石中间都有一个圆孔,取名石钱。1930 年地质学家袁复礼在《新疆东准噶尔东部地质报告》中提出石钱滩组的概念,以代表该套地层,本组下部为粗碎屑沉积,以砂砾岩为主,少含化石;上部为生物碎屑灰岩与砂泥岩,底栖生物化石增加^[22]。石钱滩地区面积约 36 km²,由海相碎屑岩、生物碎屑岩和泥岩组成,珊瑚、双壳类、腕足类及有

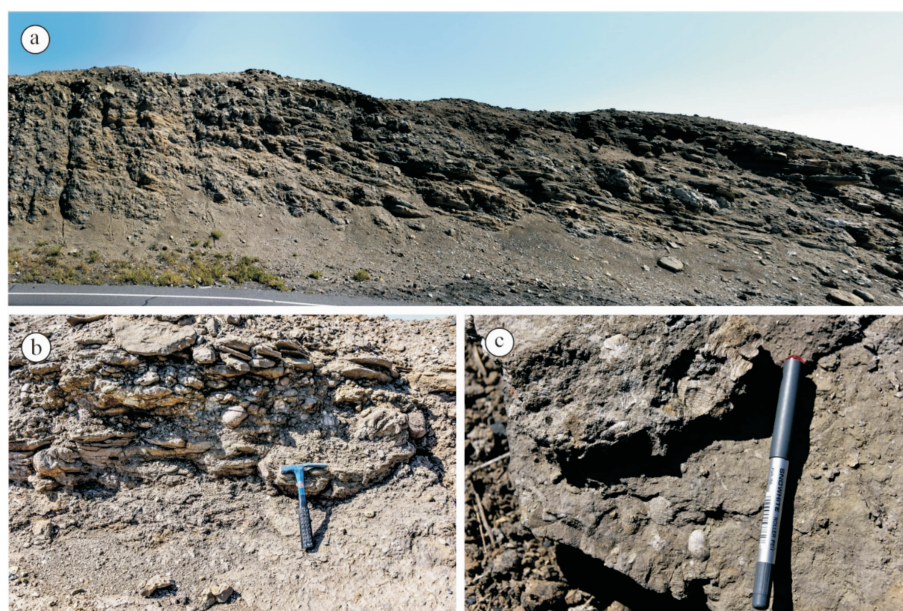


图3 双井子—石钱滩地区磨拉石建造

Fig. 3 Molasse formation in Shuangjingzi-Shiqiantan area



图4 双井子—石钱滩地区古生物化石

Fig. 4 Fossils from Shuangjingzi-Shiqiantan area

孔虫等生物化石发育,属于板块构造边缘活动区的滨浅海环境^[22]。本次研究在石钱滩地区发现双壳类动物化石、海百合及珊瑚化石多种(图4)。

海百合属于棘皮动物门,海百合纲,古生代晚石炭世海百合数量极其庞大,主要在浅海底栖,在石钱滩地区有大量海百合茎化石发现。化石横切面为圆形,中心部位发育有孔,部分中心孔被后期物质充填,一般横切面直径0.5~1.2 cm,纵切面上可见清晰的环形条带(图4a—图4d)。

珊瑚化石主要分布在双井子地区南部石钱滩组

中,与海百合茎化石伴生,以四射珊瑚为主(图4e—图4f)。外壁上可见纵脊或横的皱纹,主要以单体四射珊瑚居多,复体四射珊瑚较少,钙质骨骼。根据单体外形的顶角和弯曲程度可划分为阔锥状、狭锥状、陀螺状和拖鞋状4种类型。根据横切面的形态可划分出如下种属:Caninia Michelin(犬齿珊瑚,石炭纪);Dibunphyllum vaghani(栅珊瑚,石炭纪);Pseudouralinia tangpakouensis(假乌拉珊瑚,早石炭世);Waagenophyllum indica(卫根珊瑚,二叠纪);Wentzellophyllum kueichowensis(似问采尔珊

瑚,早二叠世);*Kueichouphyllum sinense*(贵州珊瑚,早石炭世晚期);*Tachylasma*(速壁珊瑚,石炭纪—二叠纪);*Liangshanophyllum wenchengense*(卫根珊瑚,二叠纪)。石钱滩地区珊瑚数量丰富但属种单调,以双带型单体珊瑚为主,与乌拉尔等地的珊瑚相似,属 *Caniniids* 所代表的北方大区,而与低纬度的华北、华南及东欧等地有明显区别^[22-23]。

双壳类化石也在此处大量出现(图 4g—图 4h),主要有 *Eumporphotis multiformis regulaecosta*(正海扇)、*Myophoria*(褶翅蛤)等。

从上述古生物化石的层位来看,该套化石所代表的时间应为早石炭世晚期或晚石炭世早期,该套砂岩地层与上伏磨拉石盆地底部砂砾岩接触,而磨拉石建造可作为碰撞事件开始的标志,因此,石钱滩组可能经历了准噶尔洋从俯冲到碰撞转折的阶段,富含化石的石钱滩组底部沉积物的最新年龄可界定为碰撞开始的初始时间。

3 讨论

作为准噶尔盆地东北缘一个很重要的构造单元,卡拉麦里造山带的研究为东准噶尔乃至整个中亚造山带的构造演化提供物质基础,前人开展了详细的地质和地球化学研究,关于卡拉麦里洋最终闭合时限主要存在以下几种观点:

(1)中泥盆世。上泥盆统地层不整合关系表明洋盆闭合时间为中泥盆世^[24]。

(2)早石炭世。断裂带南部早石炭世后碰撞花岗岩锆石 U-Pb 年龄为 341.1 Ma,指示洋壳在早石炭世中期已经闭合^[25];对蛇绿混杂岩中岩石学及地球化学分析给出闭合时限为早石炭世谢尔普霍夫期(329.9 Ma)^[26],滴南早石炭世火山岩的锆石 U-Pb 年龄将洋盆闭合时代约束为早石炭世中晚期(337.2 Ma)^[5],梁砾石组陆相粗碎屑岩西锆石年龄限定了洋盆闭合时间在早石炭世早期^[27]。

(3)晚石炭世。有部分学者认为早石炭世仍存在洋壳俯冲,闭合时间发生在晚石炭世^[5,28-29]。

(4)另有研究认为直到二叠纪洋壳才完全闭合^[7,30]。

在早石炭世中期(350 Ma)之前,东准噶尔野马泉岛弧、陆梁岛弧以滨海相沉积为主,白碱沟—清水地区发育复理石建造;早石炭世中期开始,卡拉麦里北部洋盆闭合,乌伦古岛弧和陆梁岛弧拼贴,首先在

卡拉麦里造山带西北部发生碰撞,双井子地区松卡尔苏组顶部的磨拉石建造是对这一碰撞事件的响应,在卡拉麦里造山带内部采集的流纹岩样品显示出低的氧逸度,年龄为 339.4 Ma,与磨拉石建造的时间吻合,也与火山岩喷发的间歇期一致。因此,区内构造体制由俯冲向碰撞转变的时间为 339.4 Ma 左右^[31]。从早石炭世中期至早石炭世晚期(339.4 Ma—330 Ma),演变为陆表海阶段。洋盆从将军庙地区自东西两侧逐渐闭合,卡拉麦里造山带东南部石钱滩地区在初始碰撞后海水并未全部退去,而是出现一段时期的陆表海环境,在石钱滩地区的粉砂岩—含砾砂岩地层中沉积海百合、珊瑚等化石;之后沉积环境转变为海陆过渡相,三塘湖北部海水退却,形成潮坪相、潟湖相和三角洲相沉积。

4 结语

(1)东准噶尔卡拉麦里造山带白碱沟—红尖山地区的卡拉麦里组发育复理石建造,沉积构造集中在鲍马序列的 B 段到 E 段,岩性以细砂岩、粉砂岩为主,局部有泥岩出露。卡拉麦里组复理石建造为巨厚的海相地层,是碰撞造山前的产物。

(2)双井子地区松卡尔苏组顶部发育磨拉石建造,是造山后快速堆积的产物,基本代表了区内碰撞作用的开始,巴塔玛依内山组火山岩的形成时间晚于磨拉石盆地的形成时间。

(3)石钱滩组可能经历了准噶尔洋从俯冲到碰撞转折的阶段,其底部沉积物富含化石的最新年龄可界定为碰撞开始的时间——早石炭世中期 340 Ma $\pm$ 。

(4)早石炭世中晚期(343.5 Ma—339.0 Ma $\pm$),卡拉麦里地区发生洋陆转换,之后随着板片断离和俯冲板块后撤,区内进入后碰撞演化阶段。

参考文献:

- [1] 梁培,陈华勇,韩金生,等. 东准噶尔北缘早石炭世构造体制转变:来自碱性花岗岩年代学和地球化学制约[J]. 大地构造与成矿学,2017,41(1):202-221.
- [2] 张峰. 东准噶尔卡拉麦里地区金铜多金属矿成矿规律与成矿预测[D]. 北京:中国地质大学(北京),2014.
- [3] 樊海龙,彭传凯,余心起,等. 新疆乌苏泥火山地球化学特征及其泥浆源[J]. 2017,36(8):1428-1438.
- [4] 黄岗,牛广智,王新录,等. 新疆东准噶尔卡拉麦里蛇绿岩的形成和侵位时限:来自辉绿岩和凝灰岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb

- 年龄的证据[J]. 地质通报, 2012, 31(8): 1267-1278.
- [5] 李滂, 何登发, 唐勇, 等. 准噶尔盆地南凸起早石炭世火山岩的成因及其对克拉美丽洋闭合时限的约束[J]. 岩石学报, 2012, 28(8): 2340-2354.
- [6] Geng H Y, Sun M, Yuan C, et al. Geochemical, Sr-Nd and zircon U-Pb-Hf isotopic studies of Late Carboniferous magmatism in the West Junggar, Xinjiang: Implications for ridge subduction? [J]. Chem Geol, 2009, 266(3-4): 364-389.
- [7] Xiao W J, Han C M, Yuan C, et al. Middle Cambrian to Permian subduction-related accretionary orogenesis of Northern Xinjiang, NW China: Implications for the tectonic evolution of central Asia [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2008, 32(2-4): 102-117.
- [8] 田健, 廖群安, 聂小妹, 等. 东准噶尔卡拉麦里蛇绿岩带南侧侵入体的岩石学、地球化学及年代学特征[J]. 地质通报, 2016, 35(7): 1184-1195.
- [9] Safonova I, Kotlyarov A, Krivonogov S, et al. Intra-oceanic arcs of the Paleo-Asian Ocean [J]. Gondwana Research, 2017, 50: 167-194.
- [10] Xiao W J, Shu L S, Gao J, et al. Continental dynamics of the central Asian orogenic belt and its metallogeny [J]. Xinjiang Geology, 2008, 26(1): 4-8.
- [11] Liu Y J, Li W M, Feng Z Q, et al. A review of the Paleozoic tectonics in the eastern part of Central Asian Orogenic Belt [J]. Gondwana Research, 2017, 43: 123-148.
- [12] Korobkin V V, Buslov M M. Tectonics and geodynamics of the western Central Asian Fold Belt (Kazakhstan Paleozooids) [J]. Russian Geology and Geophysics, 2011, 52(12): 1600-1618.
- [13] Xiao W J, Shen P, Chen X H. Tectonics, magmatism, and mineralization of Circum-Balkash-Junggar area in the Central Asian Orogenic Belt [J]. International Geology Review, 2017, 59(9): 1047-1052.
- [14] Sengor A M C, Natal'in B A, Sunal G, et al. A New Look at the Altaids: A Superorogenic Complex in Northern and Central Asia as a Factory of Continental Crust. Part I: Geological Data Compilation (Exclusive of Palaeomagnetic Observations) [J]. Austrian Journal of Earth Sciences, 2014, 107(1): 169-232.
- [15] Li J Y, He G Q, Xu X, et al. Crustal tectonic framework of North Xinjiang and adjacent regions and its formation [J]. Acta geologica Sinica, 2006, 80(1): 148-168.
- [16] Xu X W, Jiang N, Li X H, et al. Tectonic evolution of the East Junggar terrane: Evidence from the Taheir tectonic window, Xinjiang, China [J]. Gondwana Research, 2013, 24(2): 578-600.
- [17] Xiao W J, Windley B F, Huang B C, et al. End-Permian to mid-Triassic termination of the accretionary processes of the southern Altaids: implications for the geodynamic evolution, Phanerozoic continental growth, and metallogeny of Central Asia [J]. International Journal of Earth Sciences, 2009, 98(6): 1189-1217.
- [18] Tang G J, Wang Q, Zhang C F, et al. Sr-Nd-Hf-O isotope geochemistry of the Ertaipei pluton, East Junggar, NW China: Implications for development of a crustal-scale granitoid pluton and crustal growth [J]. Geochemistry Geophysics Geosystems, 2017, 18(9): 3340-3358.
- [19] 樊海龙. 东准噶尔卡拉麦里造山带晚古生代构造演化[D]. 北京: 中国科学院大学, 2019.
- [20] 侯泉林, 郭谦谦, 方爱民. 造山带研究中有关复理石和磨拉石的几个问题[J]. 岩石学报, 2018, 34(7): 1885-1896.
- [21] 朱荣. 新疆东准噶尔克拉美丽地区胜利沟剖面石钱滩组有孔虫化石[J]. 新疆石油地质, 1986, 7(1): 53-62.
- [22] 王治平, 冯庆来. 新疆准噶尔石钱滩组的生物群沉积环境及生物区系特征[J]. 地球科学, 1992, 17(3): 281-288.
- [23] 王治平. 中国中、晚石炭世四射珊瑚组合及古生物地理[J]. 地质学报, 1988, 13(4): 279-289.
- [24] 赵恒乐, 许凡, 张冀, 等. 东准噶尔卡拉麦里蛇绿岩形成时代、地质特征及构造意义[J]. 新疆地质, 2012, 30(2): 161-164.
- [25] 田健, 廖群安, 樊光明, 等. 东准噶尔卡拉麦里断裂以南早石炭世后碰撞花岗岩的发现及其地质意义[J]. 岩石学报, 2015, 31(5): 1471-84.
- [26] 汪帮耀, 姜常义, 李永军, 等. 新疆东准噶尔卡拉麦里蛇绿岩的地球化学特征及大地构造意义[J]. 矿物岩石, 2009, 29(3): 74-82.
- [27] 白建科, 陈隽璐, 唐卓, 等. 新疆准噶尔古生代洋盆闭合时限: 来自卡拉麦里地区石炭纪碎屑锆石 U-Pb 年代学的约束[J]. 地质通报, 2018, 37(1): 26-38.
- [28] Su Y P, Zheng J P, Griffin W L, et al. Geochemistry and geochronology of Carboniferous volcanic rocks in the eastern Junggar terrane, NW China: Implication for a tectonic transition [J]. Gondwana Research, 2012, 22(3-4): 1009-1029.
- [29] 樊海龙, 郭建明, 张生银, 等. 东准噶尔卡拉麦里石炭系火山岩地球化学特征及构造意义[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2019, 38(5): 998-1008.
- [30] 龙晓平, 孙敏, 袁超, 等. 东准噶尔石炭系火山岩的形成机制及其对准噶尔洋盆闭合时限的制约[J]. 岩石学报, 2006, 22(1): 31-40.
- [31] Guo J M, Fan H L, Zhang S Y, et al. Petrological, He-Ne-Ar and Sr-Nd-Pb geochemical of volcanic rocks constraint on tectonic settings and geodynamic process of the Carboniferous, East Junggar [J]. Journal of Natural Gas Geoscience, 2020, 5(2): 91-104.

Late Paleozoic ocean-continent conversion in eastern Junggar: constraints from sedimentology

ZHENG Youwei¹, ZENG Yang², PENG Chuankai³,

LI Wenyu⁴, LIU Xiang⁵, FAN Hailong^{5,6}

(1. Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, Inner Mongolia, China;

2. Engineering Technology Institute, Sinopec Southwest Oil & Gas Company, Deyang 618000, Sichuan, China;

3. CNPC XDEC Geological Research Institute, Karamay 834000, Xinjiang, China;

4. Shandong Survey and Design Institute of Water Conservancy, Jinan 250013, China;

5. Key Lab of Petroleum Resources of Northwest Institute of Eco-environment and Resources
of Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;

6. School of Construction Machinery, Changan University, Xi'an 710064, China)

Abstract: The Kalamaili orogenic belt is a very important tectonic unit in the western part of the central Asian orogenic belt. Based on the previous studies its tectonic evolution, regional tectonic process, dynamic mechanism and sedimentology are systematically studied in this paper. Sections were measured, structural phenomenon described, typical flysch, molasse sections of Kalamaili formation and paleontological fossils were dealt with detailly. The results show that the tremendous thick flysch formation of Kalamaili formation in Baijiangou-Hongjianshan area is marine strata of the pre-collision sediments, the molasse formation on top of Songkalsu formation in Shuangjingzi area is post-orogenic product of rapid sedimentation representing beginning of collision of the area, volcanic rock of the Batamayinnei shan formation was formed later than the molasse basin combined with the chronological dates, the ocean-continent conversion took place about 343.5 Ma-339.0 Ma ago then the subduction retreated with separation of the plate slice.

Key Words: ocean-continent conversion; sedimentology; molasse; fossil; East Junggar