

文章编号:1671-4814(2015)04-244-08

新疆东准卡拉麦里碰撞带南缘志留—泥盆系 生物地层研究新进展*

蔡雄飞¹,王富明²,廖群安¹,樊光明¹

(1 中国地质大学生物地质与环境地质国家重点实验室,中国地质大学地球科学学院,武汉 430074)

(2 四川省地质矿产勘查开发局区域地质调查队,成都 610213)

摘要:通过精细的生物地层学工作,从时代和生物群组合入手,重新厘定了志留—泥盆系各时期的岩石地层单位时序,在卡拉麦里碰撞带南缘建立较为合理的地层序列。研究认为,该区中—上志留统白山包组第一段可建立扭图瓦贝(*Tuvaestrophia* sp.)—薄扭贝(*Leptostrophia* sp.)—原始戟贝(*Protochonetes* sp.)生物群组合,第二段可建立大型图瓦贝(*Tuvaella gigantea* Tschernyschew)—近乎无洞贝(相似种)(*Atrypa* cf. *depressa* Zhang)—盖嘴贝(*Stegerhynchus* sp.)生物群组合,第三段可建立大型图瓦贝(*Tuvaella gigantea* Tschernyschew)—拉氏图瓦贝(*Tuvaella rackovskii* Tschernyschew)—扁平薄皱贝(*Leptaena* cf. *depressa*)—新疆高面石燕(*Tannuspirifer xinjiangensis* Zhang)生物群组合。上志留统老沟组可建立小鸽小无洞贝(*Atrypella* cf. *columbella* Barrande)—单褶准无窗贝(*Athyrisina* cf. *uniplicata* Grabau)—安嘎西盖嘴贝(*Stegerhynchus angaciensis* Tschernyschew)生物群组合。顶志留统一下泥盆统红柳沟组可建立肥厚灌木孔珊瑚(*Steatothamnopora* sp.)—沟孔珊瑚(*Striatopora* sp.)—拟灌木孔珊瑚(*Parathamnopora* sp.)动物群组合,下一中泥盆统卡拉麦里组可建立中华薄腔贝(相似种)(*Leptocoelia* cf. *sinica* Su)—肠状珊瑚(未定种)(*Enterolasma* sp.)—双锥珊瑚(未定种)(*Diplochone* sp.)动物群组合,上泥盆统克安库都克组出现先鳞木(未定种)(*Prelepidondron* sp.)。志留—泥盆系生物地层单位时序的建立,对研究卡拉麦里碰撞带及志留—泥盆系地层具有重要作用。

关键词:新疆;东准噶尔;卡拉麦里碰撞带;志留—泥盆系;生物地层;化石生物群;时序

中图分类号:P52

文献标识码:A

新疆东准卡拉麦里碰撞带是国内重大基础理论研究的热点之一,尤其对碰撞带时限问题存在不同观点^[1-5]。尽管长期以来该地区一直存在“构造热”,但是对地层的研究却十分滞后,尤其对志留—泥盆系地层研究更少,对泥盆系地层的研究更是从未涉及。卡拉麦里碰撞带南缘志留系中—上统由白山包组组成,志留系上统由老沟组(新建)组成,泥盆系下统由红柳沟组组成,泥盆系下一中统由卡拉麦里组组成,泥盆系上统由克安库都克组组成。

中国地质大学(武汉)新疆队通过三年多系统的野外地质工作,按照“有所为、有所不为”的原则,在卡拉麦里碰撞带西部以涉及大区域重大基础理论的

古生界为重点,尤其在志留—泥盆系等地层的年代学、生物地层学等多方面取得了重大突破,获得了一系列新认识。按照国际地层表(2013)志留系四分划分原则,建立了碰撞带南缘志留纪、泥盆纪年代学地层序列,为东准噶尔卡拉麦里碰撞带的演化及该碰撞带时限问题的研究提供重要参考。

1 研究概况

对卡拉麦里碰撞带南缘志留—泥盆系地层的研究十分薄弱,仅有新疆地质局综合研究队(1966)白山包组进行过较详细的研究。白山包组由 1966 年新疆地质局综合研究队命名,命名剖面位于卡拉麦

* 收稿日期:2014-10-22 改回日期:2014-12-28 责任编辑:谭桂丽

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“新疆东准噶尔卡拉麦里 1:5 万(L45E017020、L45E017021、L45E018020、L45E018021、L45E016022)等 5 幅区调(项目编号:1212011120508)”资助。

第一作者简介:蔡雄飞,1952 年生,男,研究员,从事地层和沉积学研究。

里地区平顶山南麓,时代含义为 S-D₁^[6]。1977 年地科院地矿所与新疆地质局区调大队组成的地层分队在原剖面采到图瓦贝(*Tuvaella*)化石,将时代改为中志留世。在年代地层上很多学者认为白山包组应以产出大量大型图瓦贝(*Tuvaella gigantea Tschernyschew*)化石为特征,白山包组在生物地层上应以图瓦贝(*Tuvaella*)的出现、繁盛和消失为特征^[7-11]。林宝玉(1984)^[12]对中国志留系进行总结,指出产图瓦贝动物群(*Tuvaella Biota*)地层时代为中志留世-下志留世早期(表 1)。

一直以来,红柳沟组的研究程度也不高,新疆岩石地层(1999)^[6]认为其时代为晚志留世至早泥盆世(表 2)。

泥盆统卡拉麦里组一直是碰撞带南缘泥盆系和滨、浅海沉积环境的代名词,该组长期以来横跨泥盆纪内部三个世,代表泥盆系沉积是极不合理的(表 3)^[13]。位于卡拉麦里组上部的上泥盆统克安库都克组在本区几乎无人研究,有关陆相磨拉石沉积也未见报道。

表 1 白山包组划分沿革
Table 1 Division history of Baishanbao Formation

沿革 特征	新疆地质局综合研究队 (1966)	地科院地矿所与新疆地质局区调大队(1977)	张梓欲(1983)、 王宝瑜(1988、 1989、1990) ^[8-11]	新疆岩石地层 清理(1999) ^[6]	本文 (2015)
组名	白山包组	白山包组	白山包组	白山包组	白山包组(仅指下部) 老沟组(新建)指白山包组上部)
岩性	碎屑岩为主	碎屑岩为主	碎屑岩为主	粉砂岩、砂岩沉积夹少量钙质砂岩、砾岩	细碎屑岩夹砾岩、少量灰岩,可分三段 以石英质砾岩为底,可分二段
生物	腕足	<i>Tuvaella</i> 等腕足	<i>Tuvaella</i> 等腕足	<i>Tuvaella</i> 等腕足	以 <i>Tuvaella</i> 出现为特征 不产 <i>Tuvaella</i> ,含中、晚志留世腕足类
环境	浅海	浅海	浅海	浅海	风暴海 动荡海
时代	S-D ₁	S ₂	S ₂	S ₂	S ₂₋₃ S ₃

表 2 红柳沟组划分沿革
Table 2 Division history of Hongliugou Formation

沿革 特征	新疆地质局综合研究队(1966)	新疆岩石地层 清理(1999)	本文(2015)
组名	红柳沟组	红柳沟组	红柳沟组
岩性	紫红色、灰绿色细碎屑岩、泥质硅质岩夹凝灰岩、含化石的泥质灰岩	细砂岩、粉砂岩、泥质硅质岩夹凝灰岩、灰岩,底部夹火山岩	硅质岩、硅质粉砂岩、泥岩、硅质泥岩含钙质砂岩,纵向上可分为三段
沉积构造	不丰富	不丰富	小型沙纹层理、砂质条带、韵律层理、递变层理
生物	腕足、珊瑚	珊瑚、腕足	产珊瑚、放射虫
环境	浅海	浅海	陆棚-斜坡相
时代	S ₃ -D ₁	S ₃ -D ₁	S ₄ -D ₁

表 3 卡拉麦里组划分沿革表
Table 3 Division history of Kalamaili Formation

沿革 特征	新疆地质局综合研究队、 区调大队一、三分队 (1965)	新疆岩石地层清理 (1999)	本文 (2015)
组名	卡拉麦里组	卡拉麦里组	卡拉麦里组
岩性	黄灰、绿灰、灰色砂岩、钙质粉砂岩、砂质灰岩夹少量火山岩	灰绿色细砂岩、粉砂岩、粗砂岩夹钙质砂岩、砂质灰岩、泥质粉砂岩	分二段。下段以粗碎屑岩系的灰白色石英质细砾岩、浅灰色含砾细砂岩夹灰色、灰绿色细、粉砂岩。上细砂岩与粉砂岩互层夹灰岩透镜体为特征。
沉积构造	不丰富	不丰富	下段普遍发育递变层理、平行层理等。上段互层层理是该段的特色。内部可见小型斜层理、水平层理。
生物	含腕足类、植物	含腕足类、植物	下段产放射虫、上段产珊瑚、腕足类、海百合茎。
环境	滨海—浅海	滨海—浅海	斜坡—浅海相
时代	D ₁₋₃	D ₁₋₃	D ₁₋₂

2 志留系生物地层研究新进展

2.1 中—上志留统白山包组生物群特征

中—上志留统白山包组古生物化石主要为腕足类,其次为双壳类和腹足类。

第一段产小个体腕足,有薄扭贝(*Leptostrophia* sp.),奥氏克山小谎贝(*Mendacella oshikeshanensis* Zhang),布克塞尔“纳里夫金贝”(“*Nalivkinia*” *hoboksarensis* Zhang),圆凸形雷氏贝(*Resserella obicularis* Zhang),准双分贝(*Meristina* sp.),巴里坤准双分贝(*Meristina barkolensis* Zhang),原始戟贝(*Protochonetes* sp.),等正形贝(*Isorthis* sp.)和扭图瓦贝(*Tuvaestrophia* sp.)(图 1)。

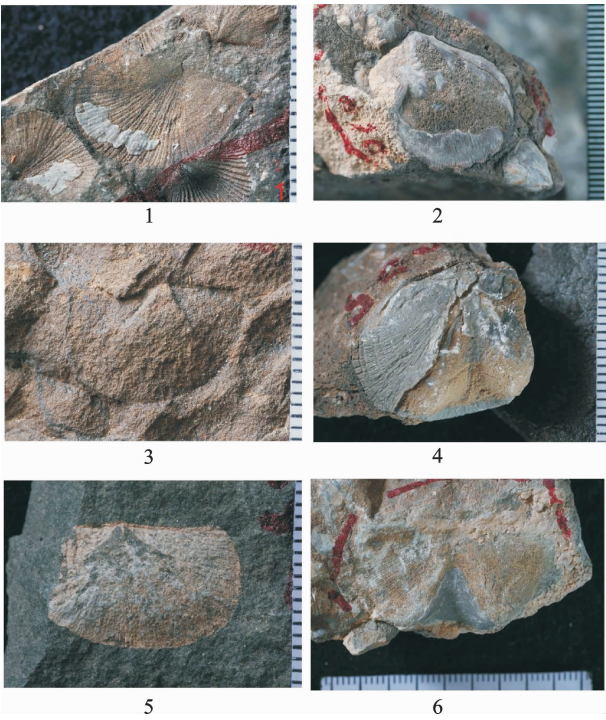


图 1 白山包组第一段生物群面貌

Fig. 1 Biota visages of the first section of the Baishanbao Formation

1-薄扭贝(*Leptostrophia* sp); 2-奥氏克山小谎贝(*Mendacella oshikeshanensis* Zhang); 3-原始戟贝(*Protochonetes* sp); 4-圆凸形雷氏贝(*Resserella obicularis* Zhang); 5-等正形贝(*Isorthis* sp); 6-扭图瓦贝(*Tuvaestrophia* sp)

第二段腕足类丰富,产以图瓦贝(*Tuvaella*)为代表的组合,主要有大型图瓦贝(*Tuvaella gigantea* Tschernyschew),贵州薄扭贝(相似种)(*Leptostrophia* cf. *guizhouensis* Rong et al.),近平无洞贝(相似种)(*Atrypa* cf. *depressa* Zhang),等正形贝(*Isorthis* sp.),薄扭贝(*Leptostrophia* sp.),小型薄扭贝(相似种)(*Leptostrophia* cf. *minor* Rong et

al.),沙尔布尔提等正形贝(相似种)(*Isorthis* cf. *sarburtensis* Zhang),原始戟贝(*Protochonetes* sp.),曲齿蚶(*Cyrtodonta* sp.),沙尔布尔提柔无洞贝(*Lissatrypa sarburlensis* Zhang),褶准无窗贝(相似种)(*Athyrisina* cf. *plicata* (Mansuy)),安嘎西盖嘴贝(*Stegerhynchus angaciensis* Tschernyschew),腹足类始切口螺(*Eotomaria* sp.),盖嘴贝(*Stegerhynchus* sp.)以及和布克塞尔准携螺贝(*Spirigerina hoboksarensis* Zhang)等(图 2-1~图 2-5)。

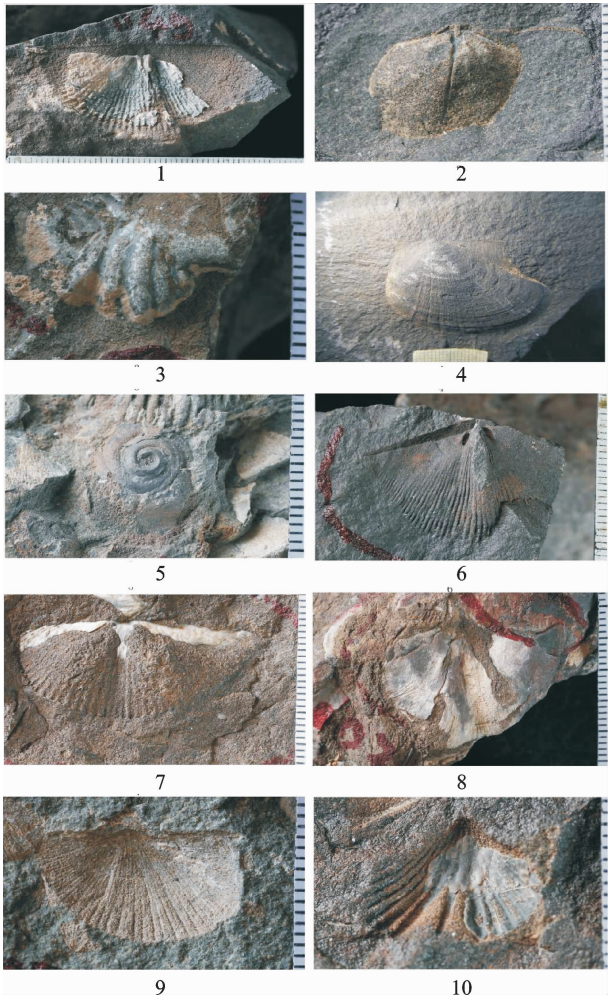


图 2 白山包组第二段和第三段生物群面貌特征

Fig. 2 Biota visages of the second and third sections of the Baishanbao Formation

第二段: 1-大型图瓦贝(*Tuvaella gigantea* Tschernyschew); 2-近平无洞贝相似种(*Atrypa* cf. *depressa* Zhang); 3-盖嘴贝(*Stegerhynchus* sp); 4-羽海扇(*Pterinopecten* sp); 5. 腹足类始切口螺(*Eotomaria* sp)

第三段: 6-大型图瓦贝(*Tuvaella gigantea* Tschernyschew); 7-大型图瓦贝(*Tuvaella gigantea* Tschernyschew); 8-拉氏图瓦贝(*Tuvaella rackovskii* Tschernyschew); 9-沙尔布尔提等正形贝相似种(*Isorthis* cf. *sarburtensis* Zhang); 10-新疆高面石燕(*Tannuspirifer xinjiangensis* Zhang)。

第三段图瓦贝(*Tuvaella*)组合特征明显,主要有大型图瓦贝(*Tuvaella gigantea* Tschernyschew),扁平薄皱贝(*Leptaena* cf. *depressa* (Sowerby)),等正形贝(*Isorthis* sp.),和布克塞尔准携螺贝(*Spirigerina* cf. *hoboksarensis* Zhang),褶准无窗贝(相似种)(*Athyrisina* cf. *plicata* (Mansuy)),拉氏图瓦贝(*Tuvaella rackovskii* Tschernyschew),塔斯塔贝(*Tastaria* sp.),新疆高面石燕(*Tannuspirifer xinjiangensis* Zhang),宣城塔斯塔贝(相似种)(*Tastaria* cf. *yichengensis* Wang),沙尔布尔提等正形贝(相似种)(*Isorthis* cf. *sarburtsensis* Zhang),原始戟贝(*Protochonetes* sp.)(图2-6~图2-10)。

通过对比以上生物群组合面貌,发现该区白山包组各段古生物虽以壳相生物为主要特征,且门类比较单调,但各段生物群组合具有明显差异。

第一段以扭图瓦贝(*Tuvaestrophia* sp.)出现为开始,腕足类组合主要以准双分贝(*Meristina* sp.)为主,也出现薄扭贝(*Leptostrophia* sp.),奥氏克山小谎贝(*Mendacella oshikeshanensis* Zhang),和布克塞尔“纳里夫金贝”(“*Nalivkinia*” *hoboksarensis* Zhang),圆凸形雷氏贝(*Resserella obicularis* Zhang),原始戟贝(*Protochonetes* sp.)和等正形贝(*Isorthis* sp.)。因此,可称为扭图瓦贝(*Tuvaestrophia* sp.)—薄扭贝(*Leptostrophia* sp.)—原始戟贝(*Protochonetes* sp.)生物群组合。

第二段以大型图瓦贝(*Tuvaella gigantea* Tschernyschew)的繁盛为特征,出现的腕足类组合主要为近平无洞贝(相似种)(*Atrypa* cf. *depressa* Zhang)、褶准无窗贝(相似种)(*Athyrisina* cf. *plicata* (Mansuy))和盖嘴贝(*Stegerhynchus* sp.)等,其它与第一段相似。但需要指出,除大量腕足类之外,还出现双壳类羽海扇(*Pterinopecten* sp.)、腹足类曲齿蚶(*Cyrtodonta* sp.)以及和布克塞尔准携螺贝(*Spirigerina hoboksarensis* Zhang)等。因此,可称为大型图瓦贝(*Tuvaella gigantea* Tschernyschew)—近平无洞贝(相似种)(*Atrypa* cf. *depressa* Zhang)—盖嘴贝(*Stegerhynchus* sp.)生物群组合。

第三段除了由大型图瓦贝(*Tuvaella gigantea* Tschernyschew)和拉氏图瓦贝(*Tuvaella rackovskii* Tschernyschew)共生外,还出现扁平薄皱贝(*Leptaena* cf. *depressa* (Sowerby))、塔斯塔贝(*Tastaria* sp.),新疆高面石燕(*Tannuspirifer xinjiangensis* Zhang)等。因此,可称为大型图瓦贝

(*Tuvaella gigantea* Tschernyschew)—拉氏图瓦贝(*Tuvaella rackovskii* Tschernyschew)—扁平薄皱贝(*Leptaena* cf. *depressa*)—新疆高面石燕(*Tannuspirifer xinjiangensis* Zhang)生物群组合。

综上所述,白山包组各段生物群组合具有不同的生物群组合,尤其是图瓦贝(*Tuvaella*),在上部出现鼎盛,以大型图瓦贝(*Tuvaella gigantea* Tschernyschew)和拉氏图瓦贝(*Tuvaella rackovskii* Tschernyschew)共生为特征。大型图瓦贝(*Tuvaella gigantea* Tschernyschew)和拉氏图瓦贝(*Tuvaella rackovskii* Tschernyschew)是图瓦贝动物群的典型代表,分布于图瓦贝生物地理区域的俄罗斯境内的阿尔泰、图瓦、远东地区、蒙古西部及我国东北和内蒙古等地。关于图瓦贝(*Tuvaella*)的时代,有学者认为其时代为中志留世^[11],也有学者认为属于中志留世一晚志留世早期^[12]。笔者经过精细的生物地层、岩石地层等多方面工作,在该剖面上获得对图瓦贝动物群地质时代连续演化的序列。从白山包组第一段看,始终未出现图瓦贝(*Tuvaella* sp.),而是以扭图瓦贝(*Tuvaestrophia* sp.)出现为开始,第二段以大型图瓦贝(*Tuvaella gigantea* Tschernyschew)出现为特点,第三段以大型图瓦贝(*Tuvaella gigantea* Tschernyschew)和拉氏图瓦贝(*Tuvaella rackovskii* Tschernyschew)先后出现为特征,即拉氏图瓦贝(*Tuvaella rackovskii* Tschernyschew)在本剖面处于图瓦贝(*Tuvaella* sp.)演化的顶峰。而老沟组图瓦贝(*Tuvaella* sp.)迅速消失。与第二段相比,第三段图瓦贝(*Tuvaella* sp.)比第二段的图瓦贝(*Tuvaella* sp.)繁盛,几乎每层都可见之。

此外,在图瓦贝(*Tuvaella* sp.)组合带里有很多共生分子,虽然多是地方性分子,不足以大范围对比,但根据地质历程,其明显可划分为两类:一类地质时间较长,可延伸到下、中泥盆世;另一类地质时间较短,限于志留世,如新疆高面石燕(*Tannuspirifer xinjiangensis* Zhang)、盖嘴贝(*Tegerhynchus*)等,它们一般从中志留世出现可以延伸到上志留世早期,个别盖嘴贝(*Tegerhynchus*)可到上志留世中期。

根据剖面生物组合带划分,从图瓦贝(*Tuvaella* sp.)纵向演化特征和一些重要组合分子共生特征上看,图瓦贝(*Tuvaella* sp.)动物群始现中志留世,不排除延伸到上志留世早、中期的可能,一些重要成员可延伸到上志留世早、中期。

2.2 上志留统老沟组生物群特征

上志留统老沟组以图瓦贝(*Tuvaella* sp.)消

失,出现中、晚志留世常见的小鸽小无洞贝(相似种)(*Atrypella* cf. *columbella* Barrande),单褶准无窗贝(相似种)(*Athyrisina* cf. *uniplicata* Grabau),安嘎西盖嘴贝(*Stegerhynchus angaciensis* Tschernyschew)等分子为特征。因此,生物群组合为小鸽无洞贝(*Atrypella* cf. *columbella* Barrande)一单褶准无窗贝(*Athyrisina* cf. *uniplicata* Grabau)一安嘎西盖嘴贝(*Stegerhynchus angaciensis* Tschernyschew),时代为上志留世(图 3)。

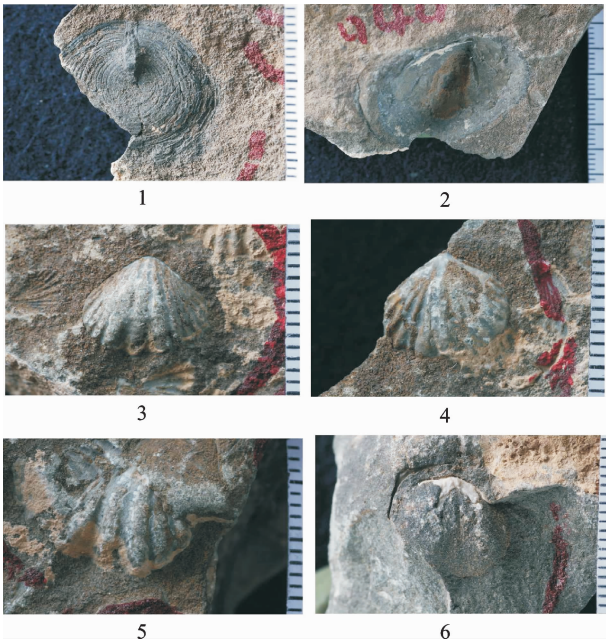


图 3 老沟组主要腕足类化石生物群面貌

Fig. 3 Biota visages of brachiopod fossils of the Laogou Formation

第一段:1-中华圆凸贝(*Orbiculoidea sinensis* Mansuy);2-小鸽小无洞贝(相似种)(*Atrypella* cf. *columbella* Barrande)。

第二段:3-单褶准无窗贝(相似种)(*Athyrisina* cf. *uniplicata* Grabau);4-单褶准无窗贝, (相似种)(*Athyrisina* cf. *uniplicata* Grabau);5-安嘎西盖嘴贝(*Stegerhynchus angaciensis* Tschernyschew);6-等正形贝(未定种)(*Isorthis* sp.)。

3 泥盆系生物地层研究新进展

3.1 顶志留统、下泥盆统红柳沟组生物地层特征

志留系顶统、泥盆系下统红柳沟组以产珊瑚和放射虫为特征。珊瑚主要产在第二段,有肥厚灌木孔珊瑚(*Steatothamnopora* sp.)、沟孔珊瑚(*Striatopora* sp.)、拟灌木孔珊瑚(*Parathamnopora* sp.)和放射虫。第一段和第三段以放射虫为主(图 4)。第二段可称为肥厚灌木孔珊瑚(*Steatothamnopora* sp.)一沟孔珊瑚(*Striatopora* sp.)一拟灌木孔珊瑚(*Parathamnopora* sp.)组合带,具浓厚的下泥盆统珊

瑚色彩。在新疆地区一直将其作为上志留统一下泥盆统的沉积,本文暂作为顶志留统-下泥盆统的沉积。

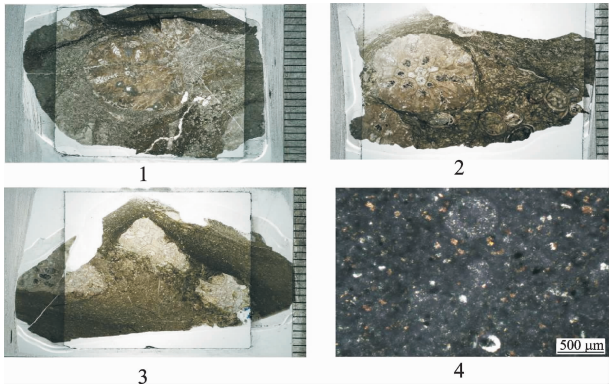


图 4 红柳沟组生物群面貌

Fig. 4 Biota visages of the Hongliugou Formation

1-肥厚灌木孔珊瑚(*Steatothamnopora* sp.);2-沟孔珊瑚(*Striatopora* sp.);3-拟灌木孔珊瑚(*Parathamnopora* sp.);4-放射虫。

3.2 下一中泥盆统卡拉麦里组生物地层特征

下一中泥盆统卡拉麦里组虽然生物化石稀少,尤其是第一段几乎不产化石,但在夹层细碎屑岩系中发育不少微体放射虫化石。第二段在细碎屑岩系中发育大量灰岩透镜体,采获不少珊瑚、腕足和海百合茎化石。本项目采获的珊瑚化石有双锥珊瑚(未定种)(*Diplochone* sp.)和肠状珊瑚(未定种)(*Enterolasma* sp.)等。腕足类化石有中华薄腔贝(相似种)(*Leptocoelia* cf. *sinica* Su)(图 5-1)和海百合茎等,其中中华薄腔贝(相似种)(*Leptocoelia* cf. *sinica* Su)和肠状珊瑚(未定种)(*Enterolasma* sp.)为早泥盆世的代表分子,而双锥珊瑚(未定种)(*Diplochone* sp.)仅出现在中泥盆世,因此该组时代定为早一中泥盆世。

我们认为,尽管第一段产丰富的微体放射虫化石,但由于发生过较强重结晶作用,导致这些微体放射虫化石多为球状,鉴定其时代十分困难。第二段生物化石主要集中在灰岩透镜体中,生物群面貌以珊瑚、腕足、海百合茎等组合为特点,说明当时的水体明显变浅,生物群具浓厚的下、中泥盆世特色。因此,卡拉麦里组从生物组合看,其应为早一中泥盆世沉积的产物。

3.3 上泥盆统克安库都克组生物地层特征

上泥盆统克安库都克组岩性以砾、砂质韵律组成的砾岩夹粗-中砂岩为主体,化石稀少,克安库都克组第一段采获古植物先鳞木(未定种)(*Prelepidodendron* sp.)(图 6),时代主要为晚泥盆世。因此,

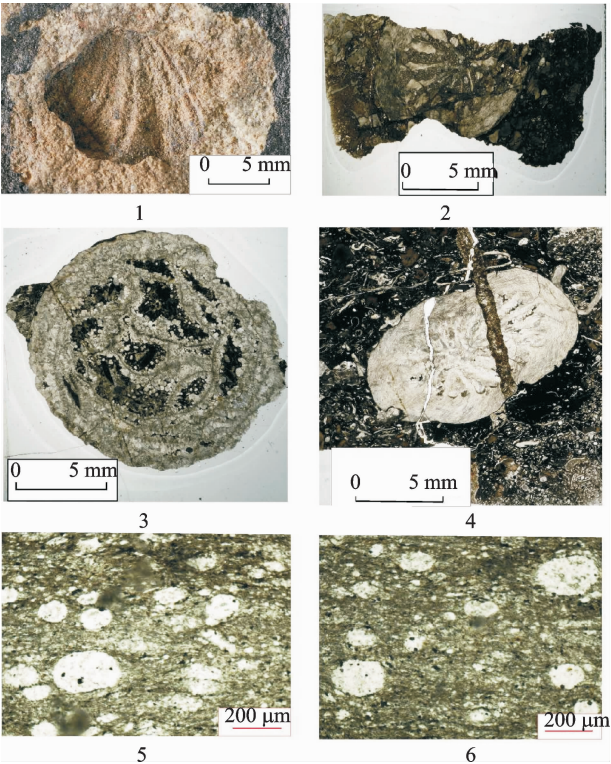


图 5 卡拉麦里组生物群组合面貌

Fig. 5 Biota visages of the Kalamaili Formation

1-中华薄腔贝(相似种)(*Leptocoelia* cf. *sinica* Su); 2-肠状珊瑚(未定种)(*Enterolasma* sp.); 3-双锥珊瑚(未定种)(*Diplochona* sp.); 4-肠状珊瑚(未定种)(*Enterolasma* sp.); 5-放射虫; 6-放射虫。

我们认为该区的克安库都克组应为晚泥盆世的沉积产物。



图 6 克安库都克组第一段捕获的先鳞木(未定种)

Fig. 6 *Prelepidondron* sp. discovered in the first section of Keankuduke Formation

4 时代建立及研究意义

4.1 时代建立

对卡拉麦里碰撞带南缘的志留—泥盆系地层进行重新理顺(表 4),认为原定于中志留世的白山包组应重新解体:下、中部为白山包组,上部应为“老沟组”。解体后的白山包组应为中志留世—晚志留世早—中期,老沟组为晚志留世地层。

早泥盆世由原跨晚志留世晚期—早泥盆世的红柳沟组组成,根据珊瑚动物群组合特征,重新厘定为顶志留统-早泥盆统。其上的卡拉麦里组多年来一直代表整个泥盆统,根据珊瑚动物群结合下部碎屑

表 4 卡拉麦里碰撞带南缘志留—泥盆系地层序列

Table 4 Silurian-Devonian stratigraphic sequences in the southern margin of Kalamaili collision zone					
泥盆系	上统	克安库都克组(D ₃ ka)	上段(D ₃ ka ²)	灰绿色、灰黄色(风化色)砂岩、粉砂岩、泥岩夹煤线,含钙质砂岩透镜体。	漫滩
			下段(D ₃ ka ¹)	灰绿色巨厚—厚层圆砾岩,夹砾质粗、中砂岩、含炭细、粉砂岩。砾石成分为硅化粉砂岩、灰绿色细、粉砂岩,少量石英质和花岗质等。植物:先鳞木(<i>Prelepidondron</i> sp.)。向西底部出现煤线。	河道
	中—下统	卡拉麦里组(D ₁₋₂ kl)	上段(D ₁₋₂ kl ²)	灰绿色细砂岩、粉砂岩互层偶夹粗砂岩、砂质结核体、灰岩透镜体。产珊瑚、海百合、腕足。珊瑚:双锥珊瑚(未定种)(<i>Diplochona</i> sp.);肠状珊瑚(未定种)(<i>Enterolasma</i> sp.)。	浅海种
			下段(D ₁₋₂ kl ¹)	灰色、灰绿色粗、中砂岩与硅化细、粉砂岩互层夹多层石英质细砾岩。产放射虫。	斜坡
	志留系	红柳沟组(S ₄ D ₁ h)	上段(S ₄ S ₁ h ³)	灰—灰绿色厚—薄层状泥岩、硅质泥岩,夹少量的泥灰岩透镜体,含浅灰—灰白色的硅质岩条带,条带宽(0.3~2 cm)、韵律层发育。	外陆棚、斜坡
			中段(S ₄ D ₁ h ²)	灰绿色、紫色厚—中厚层硅化粉砂岩。发育砂质条带。产珊瑚肥厚灌木孔珊瑚(<i>Striatopora</i> sp.);拟灌木孔珊瑚(<i>Parathamnopora</i> sp.);沟孔珊瑚(<i>Stea-tothamnopora</i> sp.)等。	外陆棚
			下段(S ₄ D ₁ h ¹)	紫色中—薄层粉砂岩,局部见砂质富集。发育小型沙纹层理。	内陆棚
上统	老沟组(S ₃ l)		上段(S ₃ l ²)	细、粉砂岩夹生物碎屑灰岩透镜体为代表。产海百合、腕足。腕足:中华圆凸贝(<i>Orbiculoidea sinensis</i> Mansuy);小鸽小无洞贝(<i>Atrypella</i> cf. <i>columbella</i> Barrande);单褶准无窗贝(相似种)(<i>Athyrisina</i> cf. <i>uniplicata</i> Grabau);安嘎西盖嘴贝(<i>Stegerhynchus angaciensis</i> Tschernyschew);等正形贝(未定种)(<i>Isorthis</i> sp.)。	浅海
			下段(S ₃ l ¹)	以灰白色厚层石英质砾岩,细砂岩与粉砂岩组合为代表,其沉积序列往上总体变细。可划分为下部大套石英质砾岩夹粉砂岩为代表。上部以薄—厚层细砂岩夹粉砂岩,中部细砂岩与粉砂岩旋回。	水道

				续表
志留系	上—中统	白山包组 (S ₂₋₃ b)	上段 (S ₂₋₃ b ³)	灰绿色中—厚层细、粉砂岩,生物碎屑灰岩,含砾细砂岩为代表,其沉积序列可划分为生物碎屑灰岩与粉砂岩为旋回、含砾细砂岩与粉砂岩互层为代表。产腕足:薄扭贝(<i>Leptostrophia</i> sp.);贵州薄扭贝(相似种)(<i>guizhouensis</i> Rong et. al.);近平无洞贝(相似种)(<i>Atrypa</i> cf. <i>depressa</i> Zhang);小型薄扭贝(相似种)(<i>Leptostrophia</i> cf. <i>minor</i> Rong et al.);原始戟贝(<i>Protochonetes</i> sp.);沙尔布尔提柔无洞贝(<i>Lissatrypa sarburlensis</i> Zhang);安嘎西盖嘴贝(<i>Stegerhynchus angaciensis</i> Tschernyschew);拉氏图瓦贝(<i>Tuvaella gigantea</i> Tschernyschew);和布克塞尔准携螺贝(<i>Spirigerina</i> cf. <i>hoboksarensis</i> Zhang);褶准无窗贝(相似种)(<i>Athyrisina</i> cf. <i>plicata</i>)。
			中段 (S ₂₋₃ b ²)	绿灰色巨厚—中厚层中、细砂岩,砾岩,细、粉砂岩,薄层生物灰岩为代表,沉积序列可以下中部粒序层理、丘状层理为特点,产腕足、双壳,上部以大型图瓦贝(<i>Tuvaella gigantea</i> Tschernyschew)为代表。
			下段 (S ₂₋₃ b ¹)	以灰绿色细砂岩、粉砂岩夹灰岩透镜体,夹薄层状粉砂岩为特征,其沉积序列比较单一,富集小个体腕足,产薄扭贝(<i>Leptostrophia</i> sp.);奥氏克山小谎贝(<i>Mendacella oshikeshanensis</i> Zhang);和布克塞尔“纳里夫金贝”(<i>Nalivkinia hoboksarensis</i> Zhang);圆凸形雷氏贝(<i>Resserella obicularis</i> Zhang);巴里坤准双分贝(<i>Meristina barkolensis</i> Zhang);原始戟贝(<i>Protochonetes</i> sp.);等正形贝(<i>Isorthis</i> sp.);扭图瓦贝(<i>Tuvaestrophia</i> sp.)。

锆石定年(386 Ma)可确定为下一中泥盆统。晚泥盆世克安库都克组磨拉石沉积类型以往都放在下石炭统松喀尔苏组,本此研究根据植物先鳞木(*Prel-epidondron* sp.)重新厘定为上泥盆统。

4.2 研究意义

新建立的卡拉麦里碰撞带南缘的志留—泥盆系地层序列,对碰撞带构造演化阶段进行了约束。中—上志留世早—中期到泥盆纪早—中期始终为海进序列。中—上志留世早—中期本区由“风暴海”转为晚志留世晚期“动荡海”,泥盆纪早期至下一中期下部斜坡形成,表明下、中泥盆统卡拉麦里组“洋盆体系”并没有消失。晚泥盆世克安库都克组磨拉石沉积类型出现,是洋盆关闭的标志^[14],这一研究成果对卡拉麦里洋盆的闭合时间进行了限定^[13]。早石炭世初期东准噶尔地区随后进入后碰撞演化阶段^[15]。卡拉麦里碰撞带南缘的志留—泥盆系地层序列的建立,为该区碰撞演化阶段注入了新的研究内容,填补了泥盆纪演化阶段的空白,为晚泥盆世洋盆关闭提供了年代学和沉积学依据。

致谢:本文腕足类化石由吴顺宝、何卫红教授鉴定,珊瑚化石由李志明教授鉴定,植物化石由黄其胜教授鉴定,在此表示感谢!

参考文献

[1] 蔡文俊. 新疆准噶尔东北缘板块构造初步研究[M]. 北京:地质出版社,1986:17-26.
[2] 何国琦,李茂松,贾进斗,等. 论新疆东准噶尔蛇绿岩的时代及其意义[J]. 北京大学学报(自然科学版),2001,

37(6): 852 -858.
[3] 舒良树,王玉净. 新疆卡拉麦里蛇绿岩带中硅质岩的放射虫化石[J]. 地质论评, 2003,49(4): 408 -412.
[4] 李锦轶,杨天南,李亚萍,等. 东准噶尔卡拉麦里断裂带的地质特征及其对中亚地区晚古生代洋陆格局重建的约束[J]. 地质通报,2009,28(12):1817-1826.
[5] 杨品荣,杨文强,蒙有言,等. 新疆克拉麦里造山带下石炭统地层系统及其沉积构造背景[J]. 地质科技情报, 2007,26(5):6-10.
[6] 新疆地质矿产局. 新疆维吾尔自治区岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1999:1-430.
[7] 苏养正. 论图瓦贝 *Tuoella* 的时空分布和生态环境[J]. 古生物学报,1981,20(6):567-575
[8] 张梓歆,戎嘉余,邸巧玲. 新疆巴里坤地区志留纪的大型图瓦贝组合[J]. 古生物学报,1983,22(3):278-294.
[9] 王宝瑜. 新疆天山志留纪生物群及古地理特征[J]. 新疆地质,1988,6(4):40-51.
[10] 王宝瑜,李恒海. 新疆克拉麦里地区中及上志留统划分与对比[J]. 新疆地质,1989,7(1):53-66.
[11] 王宝瑜. 关于图瓦贝动物群的时代及古地理意义[J]. 科学通报,1990,(18):1413-1415.
[12] 林宝玉,戎嘉余,汪啸风,等. 中国的志留纪[M]. 北京:地质出版社,1983.
[13] 蔡雄飞,王富明,廖群安,等. 新疆东准泥盆纪卡拉麦里组研究新进展[J]. 矿物岩石地球化学通报,2015,34(4):849-860.
[14] 李继亮,孙枢,郝杰,等. 碰撞造山带的碰撞事件时限的确定 [J]. 岩石学报,1999,15(2): 315-320.
[15] 王富明,廖群安,樊光明,等. 新疆东准噶尔滴水泉一带早石炭世火山岩年龄及地球化学特征[J]. 地质通报,2013,32(10):1584-1595.

Recent progress in Silurian-Devonian biostratigraphy in the southern margin of Kalamaili collision zone, east Junggar, Xinjiang

CAI Xiong-fei¹, WANG Fu-ming², LIAO Qun-an¹, FAN Guang-ming¹

(1 State key laboratory of Biological Geology and Environmental Geology, Faculty of Earth Science, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

(2 Regional Geological Survey Team, Sichuan Bureau of Geological Exploration and Development of Mineral Resource, Chengdu 610213, China)

Abstract: Based on the precise biostratigraphic work and combined with fossil biota and their geological periods, it is redefined the sequence in Silurian-Devonian lithostratigraphic units in the southern margin of Kalamaili collision zone, east Junggar. The result shows that the assemblages of fossil biota in the first section of the Baishanbao Formation in middle-upper Silurian can be established as *Tuvaestrophia* sp. - *Leptostrophia* sp. - *Protochonetes* sp., the second and third sections can be established as *Tuvaella gigantea* Tschernyschew - *Atrypa* cf. *depressa* Zhang - *Stegerhynchus* sp. and *Tuvaella gigantea* Tschernyschew - *Tuvaella rackovskii* Tschernyschew - *Leptaena* cf. *depressa* Tannuspirifer xinjiangensis Zhang., respectively. The assemblages of fossil biota of the Laogou Formation in upper Silurian can be established as *Atrypella* cf. *columbella* Barrande - *Athyrisina* cf. *uniplicata* Grabau - *Stegerhynchus angaiensis* Tschernyschew, the Hongliugou Formation in lower Devonian can be established as *Steatothamnopora* sp. - *Striatopora* sp. - *Parathamnopora* sp. and Kalamaili Formation of lower-middle Devonian is established as *Leptocoelia* cf. *sinica* Su - *Enterolasma* sp. - *Diplochone* sp. In addition, *Prelepidondron* sp. is discovered in Kankuduke Formation in upper Devonian. The establishment of biological stratigraphic units in Silurian-Devonian in this area is important to study the Silurian-Devonian biostratigraphy in Kalamaili collision zone.

Key words: Xinjiang; east Junggar; Kalamaili collision zone; Silurian-Devonian; biostratigraphy; fossil biota; sequence

