

# 西准噶尔志留纪—泥盆纪弧盆格局的确定及其区域构造演化意义

杨 维<sup>1,2,4</sup>, 王国灿<sup>1,2,3\*</sup>, 纵瑞文<sup>2</sup>, 肖 龙<sup>2</sup>, 李 理<sup>2</sup>, 杨 钢<sup>2,5</sup>

1. 中国地质大学地质调查研究院, 湖北武汉 430074
2. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074
3. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 湖北武汉 430074
4. 贵州省煤田地质局地质勘察研究院, 贵州贵阳 550008
5. 中国地震局地震研究所地震大地测量重点实验室, 湖北武汉 430071

**摘要:** 新疆西准噶尔克拉玛依—额敏一带广泛出露古生代的物质建造, 记录着古亚洲洋演化的重要信息. 古生代期间特别是晚古生代期间经历了复杂的洋陆转换过程, 残留了系列近东西向及北东向蛇绿构造混杂岩系以及古大陆边缘的增生体系, 造就了研究区复杂的岩石地层系统. 目前对西准噶尔志留系、泥盆系构造古地理属性及志留纪—泥盆纪构造格局的刻画并不够精细. 通过详细地野外地质调查及室内数据综合分析, 结合前人的研究资料, 对西准噶尔克拉玛依—额敏一带志留系及泥盆系代表性的岩石地层的构造古地理属性进行了界定, 并在此基础上, 对研究区志留纪—泥盆纪的弧盆格局进行探讨. 综合分析认为志留纪西准噶尔克拉玛依—额敏一带古亚洲洋开始强烈的俯冲消减, 泥盆纪古亚洲洋进入全面俯冲拼贴的演化阶段, 形成多块体拼贴增生的多岛弧盆格局. 泥盆纪后古亚洲洋在研究区开始进入残余洋盆的演化阶段.

**关键词:** 西准噶尔; 志留纪; 泥盆纪; 弧盆格局; 构造古地理; 区域构造演化.

**中图分类号:** P548

**文章编号:** 1000-2383(2015)03-0448-13

**收稿日期:** 2014-08-02

## Determination of Silurian-Devonian Arc-Basin Pattern in Western Junggar and Its Regional Tectonic Significance

Yang Wei<sup>1,2,4</sup>, Wang Guocan<sup>1,2,3\*</sup>, Zong Ruiwen<sup>2</sup>, Xiao Long<sup>2</sup>, Li Li<sup>2</sup>, Yang Gang<sup>2,5</sup>

1. Institute of Geological Survey, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China
2. School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China
3. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China
4. Institute of Geological Prospecting, Coal Mine Exploration of Guizhou Province, Guiyang 550008, China
5. Key Laboratory of Earthquake Geodesy, Institute of Earthquake, China Earthquake Administration, Wuhan 430071, China

**Abstract:** Paleozoic substance formations are widespread in Karamay-Emin area of western Junggar in Xinjiang, recording evolution information of Paleo-Asian Ocean. During Paleozoic, and especially the Late Paleozoic, this region has experienced a complex ocean-land transition process. Thus, a series of ophiolitic mélanges with nearly east-west and northeastern trends, and subduction-accretionary complexes of the ancient continental margin have been developed, resulting in the complicated rock formation system in the study area. To better probe into the ancient geographical attributes and structural framework between Silurian and Devonian in western Junggar, we define the tectonic paleogeographic properties of Silurian and Devonian in Karamay-Emin area and discuss arc-basin tectonic framework from Silurian to Devonian in western Junggar based on geological survey

**基金项目:** 中国地质调查局项目“西准噶尔克拉玛依后山地区三维地质调查试点”(No. 1212011220245); 新疆 1:25 万铁厂沟镇幅(L45C002001)与克拉玛依市幅(L45C003001)区调修测项目(No. 1212011120502).

**作者简介:** 杨维(1986—), 男, 硕士, 助理工程师, 主要从事构造地质学研究. E-mail: 381924750@qq.com

\* **通讯作者:** 王国灿, E-mail: wgc@cg. edu. cn

and relevant data in this study. The authors suggest that Paleo-Asian Ocean in the Karamay-Emin area began intense subducting in Silurian and widely subduction-collision stage with archipelago arc-basin system in Devonian. Paleo-Asian Ocean along the Karamay-Emin area started its residual oceanic basin evolutionary stage after Devonian.

**Key words:** western Junggar; Silurian; Devonian; arc-basin pattern; tectonic paleogeography; tectonic evolution.

中亚造山带是由系列俯冲—增生作用形成的复合造山带(Sengor *et al.*, 1993; Xiao *et al.*, 2004; Xiao and Kusky, 2009),西准噶尔造山带是中亚造山带的重要组成部分,处于西伯利亚板块、哈萨克斯坦板块及塔里木板块的交接处,属古亚洲洋构造域(Sengor *et al.*, 1993; Windley *et al.*, 2002; Buckman and Aitchison, 2004; Xiao *et al.*, 2004, 2009a, 2009b, 2010). 诸多学者通过对新疆北部和中亚地区震旦纪双峰式火山岩(Avdeyev, 1984; 新疆维吾尔自治区地质矿产局, 1993; Li, 2001)及蛇绿岩同位素年代学资料的研究(Kwon *et al.*, 1989; 肖序常等, 1992; 张驰和黄萱, 1992; 黄建华等, 1995; 黄萱等, 1997; 杨海波等, 2005),揭示新疆北部(包括西准噶尔地区)以及中亚地区的古洋盆打开的时代为震旦纪,新元古代晚期罗丁尼亚超大陆的裂解形成新疆北部及中亚地区的古生代洋盆,即古亚洲洋(李锦轶等, 2006). 新疆北部古生代构造格局为洋盆与微小陆块相间分布(李锦轶和肖序常, 1999).

目前在西准噶尔晚古生代构造演化模式方面,存在着诸多观点. 其中洋壳俯冲是最近几年西准噶尔地区晚古生代演化的流行模式之一(张连昌等, 2006; 赵振华等, 2006; 朱永峰等, 2007; Geng *et al.*, 2009; 刘希军等, 2009; 唐功建等, 2009; 张继恩等, 2010; 尹继元等, 2011; Zhang *et al.*, 2011). 在古亚洲洋洋盆演化方面,新疆北部蛇绿岩最年轻年龄来自西准噶尔达尔布特蛇绿岩带的 391 Ma(辜平阳等, 2009),揭示出古亚洲洋的洋盆扩张可能从震旦纪持续到泥盆纪初期,但深水洋盆沉积一直持续到石炭纪. 新疆北部及中亚地区发育的活动陆缘混杂岩及相应的岛弧岩浆体系始自奥陶纪,并持续到石炭纪,揭示洋盆于奥陶纪开始俯冲收缩,石炭纪最后闭合(李锦轶, 2004; 徐学义等, 2014),这一过程表现为多岛洋和软碰撞的特点,其中志留纪后期至早石炭世是多岛洋和软碰撞的鼎盛时期,也是西准噶尔地区古生代地质记录最丰富的时期(龚一鸣等, 2013).

尽管前人从不同侧面对西准噶尔地区古生代构造演化进行了探讨,但目前对西准噶尔造山带志留纪—泥盆纪构造格局的刻画并不精细. 笔者在对西准噶尔克拉玛依—额敏一带志留系及泥盆系代表性

岩石地层进行详细野外调查的基础上,从岩石地层单元沉积特点、岩石地球化学特征等方面综合分析,结合蛇绿混杂岩方面的研究成果,进一步探讨了西准噶尔克拉玛依—额敏一带志留纪—泥盆纪构造格局及演化,为古亚洲洋演化提供重要信息.

## 1 研究区地质概况

研究区为中亚造山区西准噶尔造山带的组成部分,古生代期间特别是晚古生代期间经历了复杂的洋陆转换过程,残留了系列近东西向及北东向蛇绿构造混杂岩系以及古大陆边缘的增生体系,造就了研究区复杂的岩石地层系统. 在古生代洋陆转化过程中以及后期陆内演化过程中,产生了多种类型不同构造背景下的岩浆活动和构造活动,形成研究区复杂的侵入岩和火山岩体系,多期次的构造变形及其叠加改造也造就了研究区复杂的构造变形样式.

根据研究区地质实际,笔者以哈拉也门—阿吾斯奇断裂带、克孜勒克亚—伊和陶力断裂带、哈图断裂带为界,从南往北将研究区划分为克拉玛依地层小区、玛依力山地层小区、沙尔布尔提山地层小区和萨吾尔山地层小区(图 1).

研究区古生界从奥陶—二叠系均有出露,其中志留系、泥盆系及石炭系占主体,奥陶系、二叠系分布范围较局限;蛇绿混杂岩从南往北出露克拉玛依蛇绿混杂岩、石奶闸蛇绿混杂岩、达尔布特蛇绿混杂岩及伊尼萨拉蛇绿混杂岩,构造嵌于古生代地层之中;侵入岩主要发育志留纪和石炭—二叠纪的中酸性岩体,表现为岩基、岩株或岩脉,晚石炭世—二叠纪花岗岩常见侵入于蛇绿混杂岩之中,成为所谓的“钉合岩体”(陈石和郭召杰, 2010).

志留系、泥盆系是本文研究的主要对象,出露于哈图断裂以北地区,其中志留系展布于谢米斯台山一带,构成了沙尔布尔提山地层小区的主体,南北被哈拉也门—阿吾斯奇断裂带、克孜勒克亚—伊和陶力断裂带围限,表现为一套火山岩建造,火山物质含量高. 泥盆系则展布于志留系两侧,出露于玛依力山地层小区及萨吾尔山地层小区内,往南被哈图断裂带所截,往北伸入哈萨克斯坦境内. 泥盆系整体表现

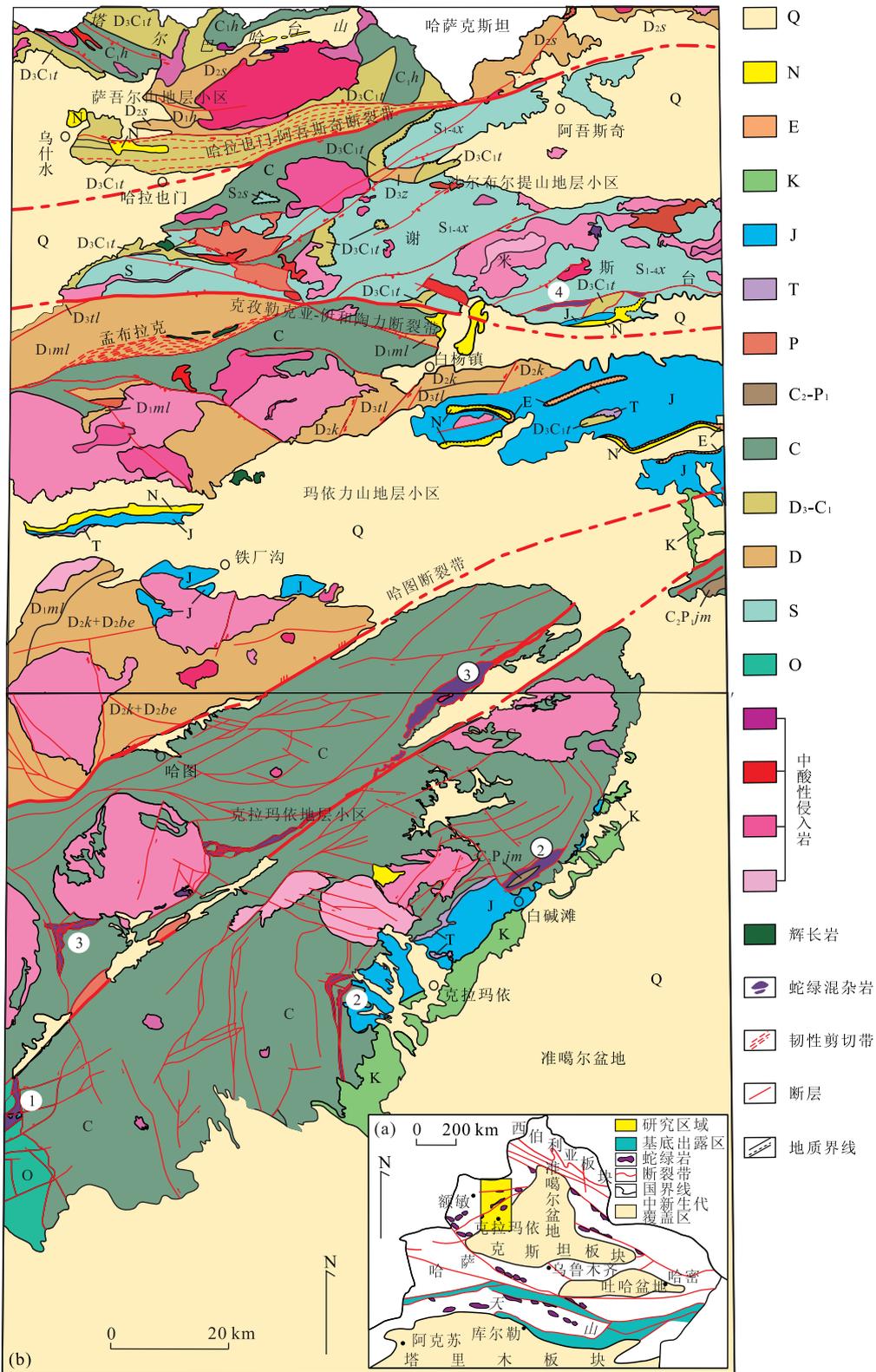


图 1 研究区地质简图

Fig. 1 The geological map of the study area

①石奶滩蛇绿混杂岩;②克拉玛依蛇绿混杂岩;③达尔布特蛇绿混杂岩;④伊尼萨拉蛇绿混杂岩。a. 研究区大地构造位置;b. 研究区地质简图。  
 $S_{1-4.x}$ . 谢米斯台组;  $S_{2.s}$ . 沙尔布尔组;  $D_{1.ml}$ . 马拉苏组;  $D_{1.h}$ . 和布克赛尔组;  $D_{2.k}$ . 库鲁木迪组;  $D_{2.be}$ . 巴尔雷克组;  $D_{2.s}$ . 萨吾尔山组;  $D_{3.z}$ . 朱鲁木特组;  $D_{3.tl}$ . 铁列克提组;  $D_{3.C_1.t}$ . 塔尔巴哈台组;  $D_{3.C_1.h}$ . 洪古勒楞组;  $C_{1.h}$ . 黑山头组;  $C_2P_1jm$ . 佳木河组

为一套火山碎屑—沉积建造。

## 2 志留系及泥盆系代表性岩石地层单元的构造古地理属性的界定

### 2.1 志留系谢米斯台组(S<sub>1-4x</sub>)岛弧属性的界定

谢米斯台组为本次研究工作的新建组,展布于谢米斯台山一带(图 1),主体为一套中酸性的火山岩建造,火山岩以溢流相火山熔岩为主,夹有少量火山碎屑岩,其中火山熔岩岩石组合主要为安山岩、英安岩、安山玢岩、流纹岩、粗面岩和珍珠岩,夹有玄武岩、玄武安山岩。玄武岩出露于该组中、下部,与中酸性火山岩共生,该组上部为一套酸性火山岩建造,未见玄武岩出露。原 1:200 000 区域地质地质调查图幅均将之对比为泥盆系(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1980,1983,1986)。笔者选取 4 件火山岩样品进行 LA 锆石 U-Pb 定年,获得谢米斯台火山岩的年龄范围为 436.0~421.7 Ma(图 2),为此,新建志

留纪谢米斯台组,时代确定为志留纪。

玄武岩的主、微量元素成分与其形成的构造环境之间存在着密切联系(Pearce and Cann, 1973),因此用微量元素来判断火山岩产出的大地构造背景是比较有效的方法。对谢米斯台组内火山岩(玄武岩及酸性熔岩等)进行主微量测试,结果显示谢米斯台组火山岩岩石地球化学特征表现出岛弧或火山弧性质(图 3),玄武岩投图位于岛弧钙碱性玄武岩(CAB)及火山弧玄武岩区域,酸性火山岩投点主要落于火山弧区。

综上所述,本文将谢米斯台组构造古地理属性厘定为志留纪岛弧,表明古亚洲洋志留纪在研究区发生强烈的俯冲消减。根据火山岩年龄在中部老两侧新推测志留纪谢米斯台岛弧存在双向俯冲作用,即南北两侧洋盆俯冲于该岛弧之下。笔者在喷发不整合覆盖于谢米斯台组之上的下二叠统卡拉岗组中火山岩的锆石 U-Pb 年龄测试发现,存在 1 513 Ma、2 110 Ma、1 768 Ma 的捕获锆石<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 年龄,同时在侵入于谢米斯台组的塔克台岩体中的辉绿岩中

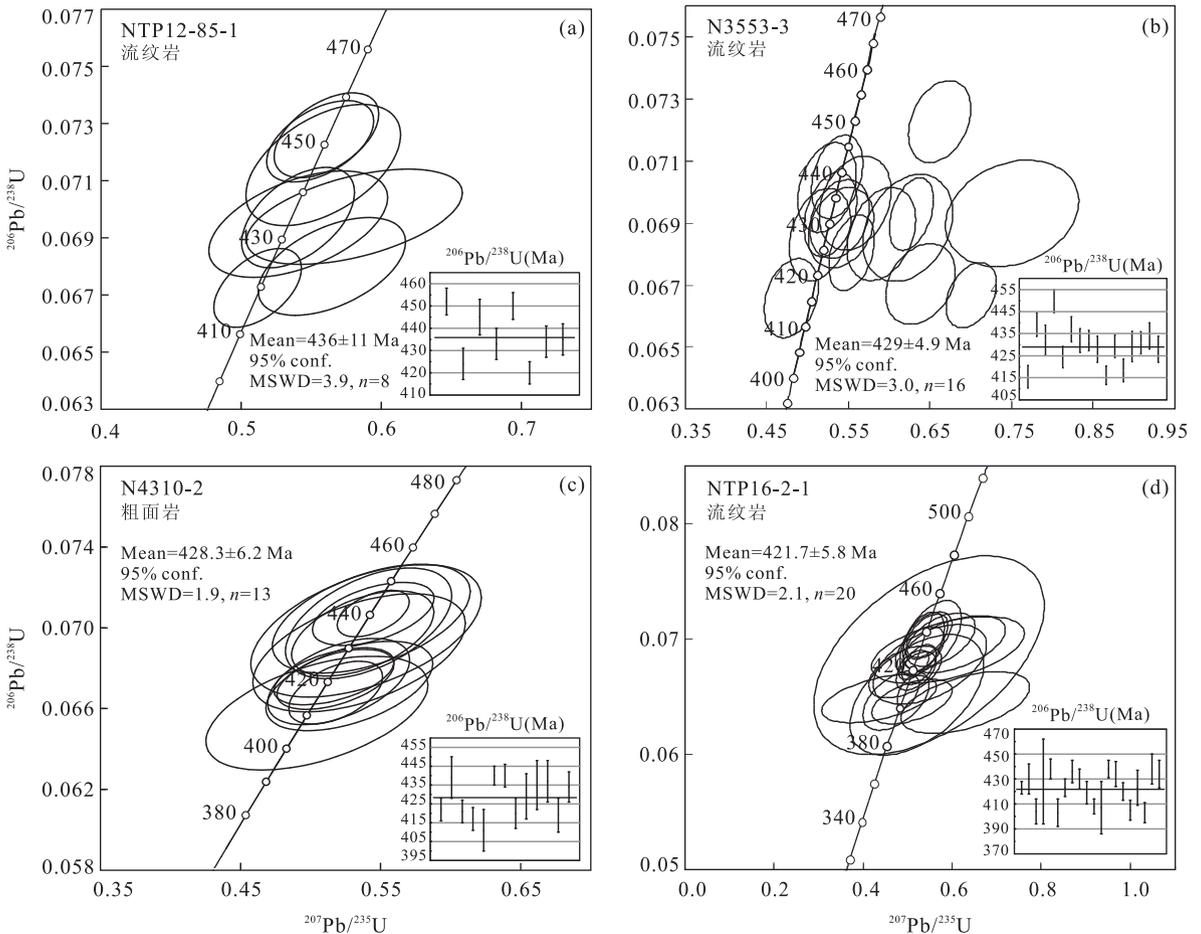


图 2 谢米斯台组火山岩 U-Pb 年龄  
Fig. 2 The U-Pb age of the Xiemisitai Formation volcanic rock

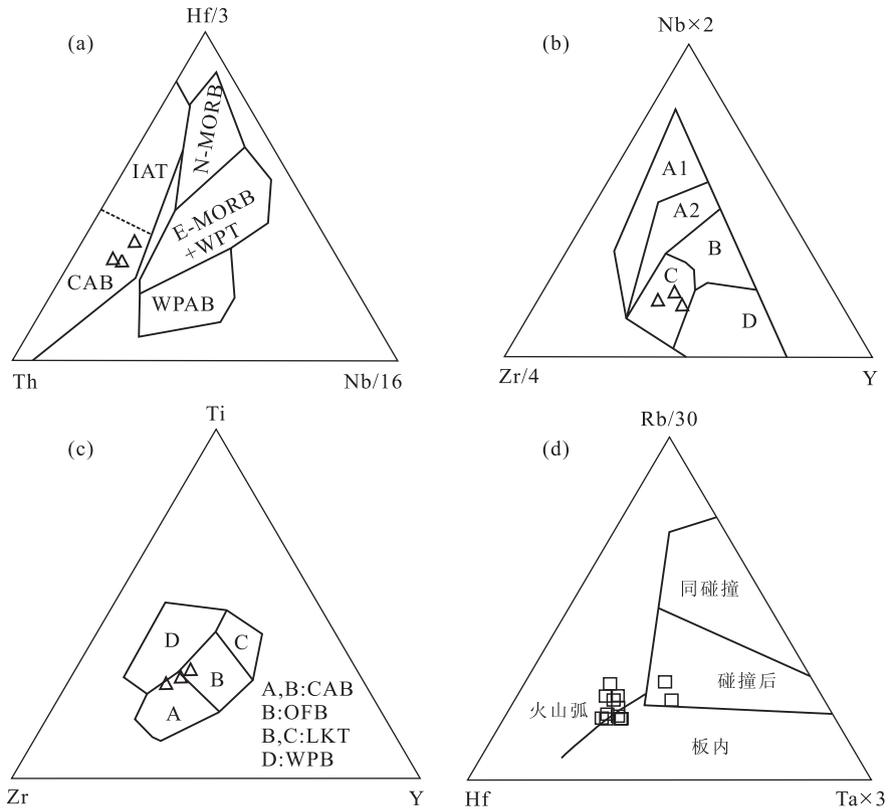


图 3 谢米斯台组火山岩构造判别

Fig. 3 The tectonic discrimination of the Xiemisitai Formation volcanic rock

a. 谢米斯台组玄武岩 Th-Hf/3-Nb/16 图解(据 Wood, 1980); IAT: 岛弧拉斑玄武岩; CAB: 岛弧钙碱性玄武岩; MORB: 洋中脊玄武岩; WPAB: 板内碱性玄武岩. b. 谢米斯台组玄武岩 Nb $\times$ 2-Zr/4-Y 图解(据 Meschede, 1986); A1+A2: 板内碱性玄武岩; A2+C: 板内拉斑玄武岩; B: P 型 MORB; D: N 型 MORB; C+D: 火山弧玄武岩. c. 谢米斯台组玄武岩 Ti-Zr-Y 图解(据 Pearce, 1973). d. 谢米斯台组酸性火山岩 Hf-Rb/30-Ta $\times$ 3 图解

也出现 2 421 Ma 及 1 967 Ma 的捕获锆石<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 年龄值, 结合谢米斯台组火山岩的岩石地球化学特点表现为高钾钙碱性系列, 笔者认为, 志留纪谢米斯台岛弧具有较成熟岛弧特点, 陆壳厚度较大, 推测下伏存在前寒武纪的陆壳。

另外, 通过地质填图, 笔者在谢米斯台组内部发现一套产有中志留统珊瑚化石的成层性较好的火山—碎屑沉积岩系, 对比后确定为中志留统沙尔布尔组(*S<sub>2s</sub>*) (纵瑞文等, 2013)。这套火山—碎屑沉积岩出露面积不宽, 空间上与谢米斯台组呈渐变过渡关系, 在谢米斯台组志留纪岛弧厘定的基础上, 笔者将其厘定为弧内构造环境, 可能源自弧间拉伸, 物源由谢米斯台志留纪岛弧供给。

## 2.2 下泥盆统马拉苏组 (*D<sub>1ml</sub>*) 弧后盆地属性的界定

研究区马拉苏组分布于孟布拉克—铁厂沟一带 (图 1), 主要为—套火山碎屑—沉积建造, 陆源碎屑成分较高, 沉积构造较发育, 并产有大量动物化石。与中泥盆统库鲁木迪组 (*D<sub>2k</sub>*) 和巴尔雷克组 (*D<sub>2be</sub>*)

相比, 马拉苏组层序非常清楚, 火山物质含量较低, 成熟度较高, 构造破坏稍弱。

笔者选取马拉苏组中碎屑岩 (NTP3-25-1) 进行碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄测试, 分析讨论马拉苏组物源, 总共测试了 102 个点。碎屑锆石频率分布第一个峰值年龄反映出马拉苏组物源时代上限为 399 Ma, 主峰值年龄为 428 Ma 左右, 为马拉苏组主要物源的时代, 部分物源年代较老且分散 (图 4)。结合研究区地质背景分析, 孟布拉克北侧谢米斯台地区缺失下、中泥盆统, 早泥盆世已为剥蚀区, 谢米斯台志留纪岛弧成为马拉苏组主要物源区, 笔者获得谢米斯台志留纪岛弧的年龄范围为 436~422 Ma, 与马拉苏组碎屑岩主峰值年龄吻合。马拉苏组碎屑锆石存在较老的年龄值主要为碎屑锆石核部年龄 (图 5), 可能反映谢米斯台志留纪岛弧下部存在较老的陆壳块体。碎屑锆石第一个峰值 (399 Ma) 则反映早泥盆世马拉苏地区应该存在同时期岛弧物源的补给。

区域上, 马拉苏组分布区南部的铁厂沟—白杨镇一带泥盆纪地层呈现为岛弧特点 (详见 2.3)。根

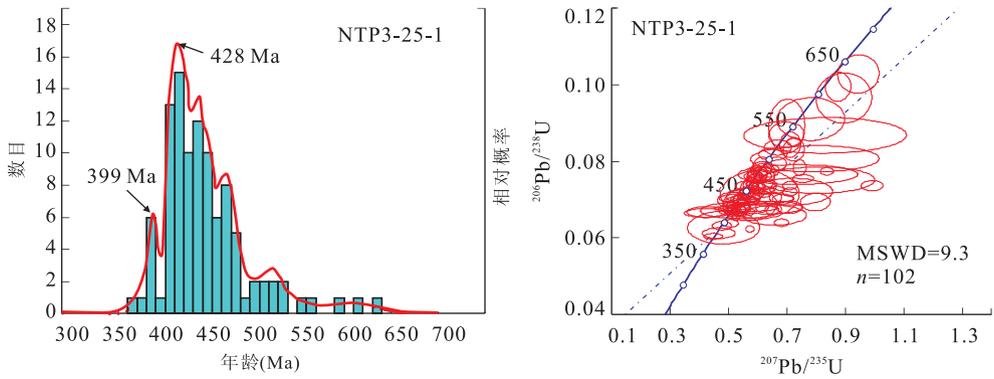


图 4 马拉苏组碎屑岩碎屑锆石频率分布及协和图

Fig. 4 Detrital zircon concordia diagram and frequency distribution of the MaLaSu Formation clastic rock

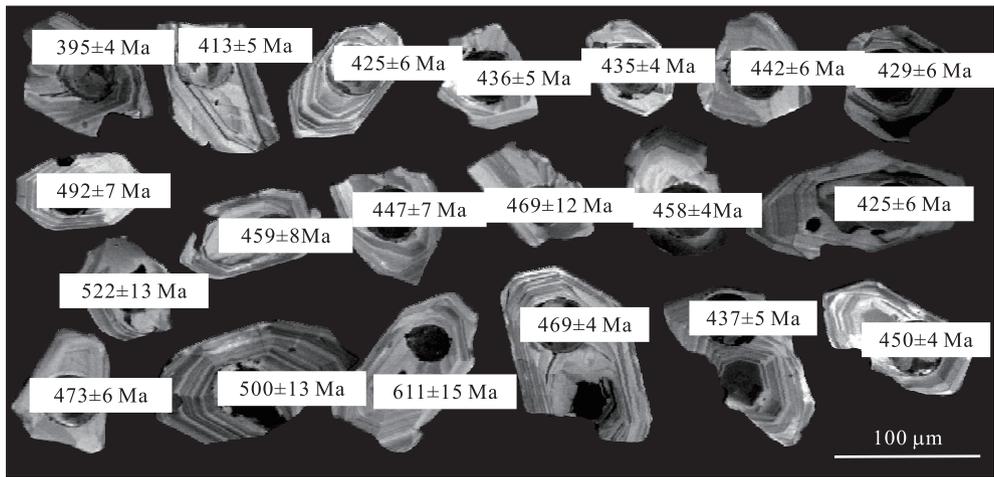


图 5 马拉苏组碎屑锆石 CL 图像、测点位置及谐和年龄(部分)

Fig. 5 Detrital zircon CL image, measuring point and concordia age of the Malasu Formation

据时空配置关系,本文将下泥盆统马拉苏组的构造古地理属性确定为孟布拉克早泥盆世弧后盆地,构成从南往北的岛弧-弧后的渐变过渡关系.该弧后盆地及南侧岛弧(见 2.3)的厘定表明早泥盆世研究区洋盆俯冲消减位置应位于铁厂沟以南,以哈图断裂带为代表,现今哈图断裂带北为泥盆系火山碎屑岩建造,南为石炭系火山碎屑-沉积建造,具有构造地层分区的边界性质.

### 2.3 中泥盆统库鲁木迪组 (D<sub>2</sub>k)、巴尔雷科组 (D<sub>2</sub>be) 岛弧属性的界定

库鲁木迪组与巴尔雷克组分布于哈图北铁厂沟-白杨镇一带(图 1),巴尔雷克组整合于库鲁木迪组之上.库鲁木迪组为一套富含火山碎屑物质的沉积序列,总体上火山物质含量较高,陆源碎屑补给少,结构成熟度和成分成熟度均较低,反映了沉积物搬运距离较短及快速堆积的特点,是强烈火山活动环境下的产物.巴尔雷克组为一套火山碎屑-沉积

建造,富含火山碎屑物质,结构成熟度和成分成熟度均较低,产珊瑚和部分植物化石.巴尔雷克组下部主体为火山碎屑沉积,靠近上部,沉积构造较发育,局部成层性较好,出现少量陆源碎屑的补给,薄片下可见长石、岩屑等陆源组分,反映从库鲁木迪组-巴尔雷克组火山活动逐渐减弱.总之,库鲁木迪组、巴尔雷克组火山物质含量高,以火山碎屑岩、火山碎屑熔岩为主体,含部分沉积火山碎屑岩,火山熔岩出露较少,总体上表现为强火山作用背景下的沉积建造.

笔者选取库鲁木迪组及巴尔雷克组中凝灰岩样品进行地球化学主量元素测试,凝灰岩样品成分均一且基本无杂质,结果显示凝灰岩 SiO<sub>2</sub> 含量介于 55.30%~77.26% 之间, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量变化于 9.49%~17.13%, 钙碱性 Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O=3.68%~7.99%, 镁钙含量变化较大 MgO=0.39%~3.0%、CaO=0.96%~7.67%. 凝灰岩 K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> 图显示主体为钙碱性系列(图 6a),火山岩 TAS 图解显

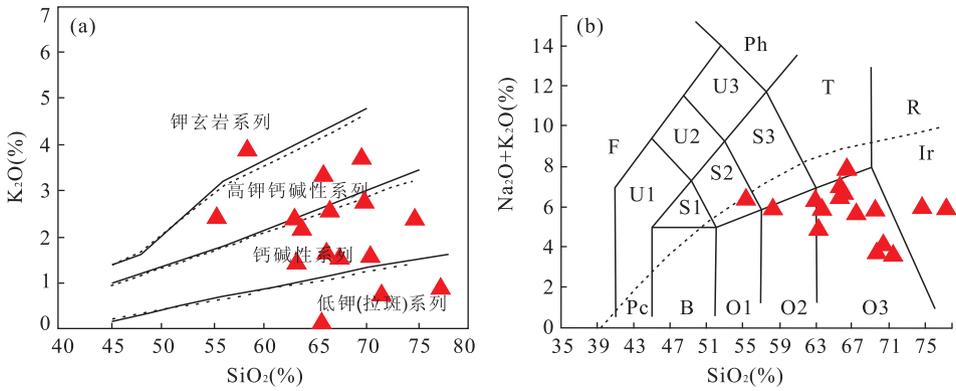


图 6 库鲁木迪组及巴尔雷克组凝灰岩分类

Fig. 6 The classification of the Kulumudi Formation and Baerleike Formation tuff

a.  $K_2O-SiO_2$  关系(实线据 Peccerillo and Taylor, 1976; 虚线据 Middlemost, 1985); b. TAS 分类(Le Bas *et al.*, 1986; Le Maitre *et al.*, 1989); F. 副长石岩; Pc. 苦橄玄武岩; B. 玄武岩; O1. 玄武安山岩; O2. 安山岩; O3. 英安岩; S1. 粗面玄武岩; S2. 玄武质粗面安山岩; S3. 粗面安山岩; T. 粗面岩及粗面英安岩; R. 流纹岩; U1. 碱玄武岩及碧玄武岩; U2. 响岩质碱玄武岩; U3. 碱玄武岩; Ph. 响岩

示凝灰岩主体为英安质成分(图 6b), 少部分显示为流纹质、粗面质、安山质及粗面安山质, 总体上可能反映出岛弧岩浆作用下同源火山岩地球化学特征。

综上所述, 笔者将库鲁木迪组、巴尔雷克组构造属性定为岛弧环境。以库鲁木迪组、巴尔雷克组为代表的铁厂沟—白杨镇一带泥盆系火山碎屑建造应形成于南侧哈图地体结合带(以哈图断裂带为代表)所代表的洋壳俯冲消减的岛弧环境。

关于该岛弧下部是否存在古老的陆壳目前未能定论, 新疆地调院最近 1:250 000 塔城幅区域地质调查发现早泥盆世马拉苏组与下伏年龄为 413 Ma 的花岗岩呈角度不整合接触关系, 可能反映早泥盆世早期沿哈图结合带的强烈俯冲增生事件, 并显示铁厂沟—白杨镇早中泥盆世岛弧下部可能存在较古老块体。

### 2.4 上泥盆—下石炭统塔尔巴哈台组(D<sub>3</sub>C<sub>1t</sub>) 岛弧属性的界定

塔尔巴哈台组出露于塔尔巴哈台山地区(图 1), 为一套火山—沉积建造, 整合于萨吾尔山组(D<sub>2s</sub>)之上。该组岩石组合及沉积特征显示下部为半深海环境, 上部为浅海环境, 火山物质含量高显示火山作用强烈。

笔者选取塔尔巴哈台组中 6 件安山岩、粗安岩样品及附近黑山头组(C<sub>1h</sub>) 1 件粗安岩样品进行微量元素测试, 利用玄武岩 Th-Hf-Ta 判别图解(Wood, 1980)进行大地构造环境判别分析(该图解适用于中酸性熔岩)。样品投点全部落于岛弧钙碱性玄武岩区(图 7), 显示塔尔巴哈台组及黑山头组火山岩应该形成于岛弧环境。

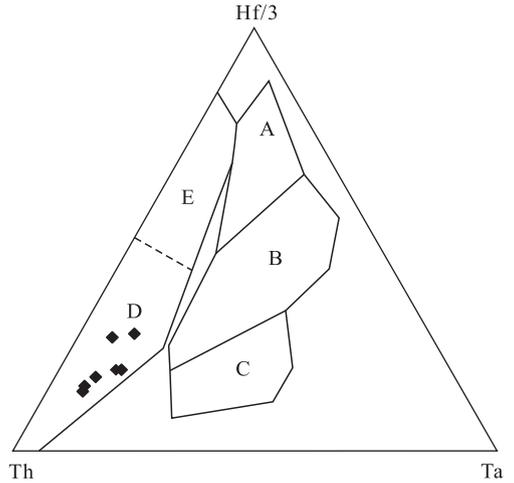


图 7 玄武岩 Th-Hf-Ta 判别

Fig. 7 The Th-Hf-Ta discrimination of basalt 据 Wood(1980). A. N-MORB; B. E-MORB 和板内拉斑玄武岩; C. 板内碱性玄武岩; D. 岛弧钙碱性玄武岩; E. 岛弧拉斑玄武岩

综合分析笔者将以塔尔巴哈台组为代表, 乌什水—巴依木扎一带的晚泥盆—早石炭世岩石地层单元的构造古地理属性确定为岛弧环境。谢米斯台志留纪岛弧北侧俯冲洋壳在泥盆纪初已撤退至乌什水—巴依木扎以北, 伴随洋盆的俯冲产生了相应的岛弧岩浆作用, 火山活动于晚泥盆世后比较明显。该岛弧的存在表明研究区洋壳俯冲持续到早石炭世初。

另外, 笔者在塔尔巴哈台组安山岩中获得 2 276 Ma 及 1 921 Ma 的捕获锆石<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 年龄记录, 推测乌什水—巴依木扎岛弧下部可能存在前寒武纪陆块。由于整个萨吾尔山地层小区从泥盆纪—早石炭世沉积连续, 没有发生较大的构造作用,

推测该前寒武纪陆块志留纪末或泥盆纪初可能与谢米斯台志留纪岛弧发生拼贴增生,形成哈拉也门—阿吾斯奇地体结合带,之后受北边洋盆俯冲影响,在乌什水—巴依木扎一带泥盆纪—早石炭世处于岛弧构造环境,连续沉积泥盆系及下石炭统。

### 2.5 上泥盆统一下石炭统朱鲁木特组(D<sub>3</sub>z)—洪古勒楞组(D<sub>3</sub>C<sub>1</sub>h)陆表海盆地的界定

上泥盆统一下石炭统出露于研究区阿吾斯奇西南查王陶勒盖及和布克赛尔蒙古自治县乌兰柯顺地区,角度不整合于谢米斯台志留纪岛弧火山岩系和铁厂沟—白杨河泥盆系岛弧火山—沉积岩系之上(图 1)。岩石组成主要为滨—浅海相陆源碎屑沉积,含少量火山碎屑。其中朱鲁木特组为一套河流相的砾岩、砂岩、粉砂岩构成的多个下粗上细的沉积旋回,底部发育底砾岩;洪古勒楞组下部为灰黑色、灰黄色泥质灰岩,灰色中薄层状生物碎屑灰岩,薄层灰绿—灰黄色凝灰质粉砂岩夹灰岩团块,上部为灰—灰紫色凝灰质粉砂岩,局部夹粗砂岩透镜体,灰黄色凝灰质细砾岩,灰紫色细砾岩与灰黄色凝灰质中粗粒砂岩、粉砂岩旋回。

总体上,上泥盆统一下石炭统朱鲁木特组—洪古勒楞组体现为正常陆源沉积建造,主要为碳酸盐岩及正常陆源碎屑岩,成层性好,代表了稳定的陆表海环境。其跨越了沙尔布尔提山地层小区及玛依力山地层小区,表明晚泥盆—早石炭世,哈图至谢米斯台一带拼贴增生基本完成,并连成一体。

## 3 研究区志留纪—泥盆纪弧盆格局

### 3.1 寒武纪—奥陶纪

研究区最早的洋盆记录出现于中寒武世,即伊尼萨拉蛇绿混杂岩,蛇绿岩中辉长岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄(517±3 Ma 和 519±3 Ma)代表了蛇绿岩的形成年龄(赵磊等,2013),笔者在伊尼萨拉蛇绿混杂岩内硅质岩中也获得早奥陶世的放射虫化石;笔者在测区西部测得石奶闸蛇绿混杂岩内部斜长花岗岩加权平均年龄为晚寒武世(493.6±9.4 Ma)。哈拉也门—阿吾斯奇地体结合带西延的库吉拜蛇绿岩辉长岩锆石 U-Pb SHRIMP 测年获得 478.3±3.3 Ma(朱永峰和徐新,2006);东延洪古勒楞蛇绿岩获得辉长岩的锆石 U-Pb SHRIMP 年龄 472±8.4 Ma(张元元和郭召杰,2010);克拉玛依蛇绿混杂岩中的硅质岩中获得中晚奥陶世的牙形石(何国琪等,2007);此外,奥陶纪的沉积记录在研究

区西南角出露科克萨依组,体现为一套与岛弧背景相关的沉积建造,其东与石炭系呈断层接触关系,向西延伸至托里地区,可能与石奶闸蛇绿混杂岩一起代表研究区古亚洲洋奥陶纪的俯冲消减记录。克拉玛依蛇绿混杂岩时限(奥陶纪—晚泥盆世)及源区特点显示克拉玛依地区奥陶纪也存在洋壳俯冲,形成以克拉玛依蛇绿混杂岩所代表的弧后盆地(高睿等,2013)。可见,研究区中寒武世—奥陶纪古亚洲洋总体可能还处于扩张阶段(图 8a),局部出现洋壳俯冲消减。

### 3.2 志留纪

志留纪研究区北侧谢米斯台一带大量的岛弧岩浆岩系的发育,反映了以伊尼萨拉蛇绿岩为代表的洋盆已开始进行强烈俯冲消减。区域上,东哈萨克斯坦波谢库尔—成吉斯火山弧向东可能经西准噶尔北部的塔尔巴哈台山延伸到研究区的谢米斯台山,并继续向东一直延伸到沙尔布尔提山,北边斋桑洋洋壳于志留纪开始向南俯冲于该火山弧之下,并持续至早石炭世(Shen *et al.*, 2012)。笔者所获得的志留系谢米斯台组年龄数据显示出中部老、两侧新的

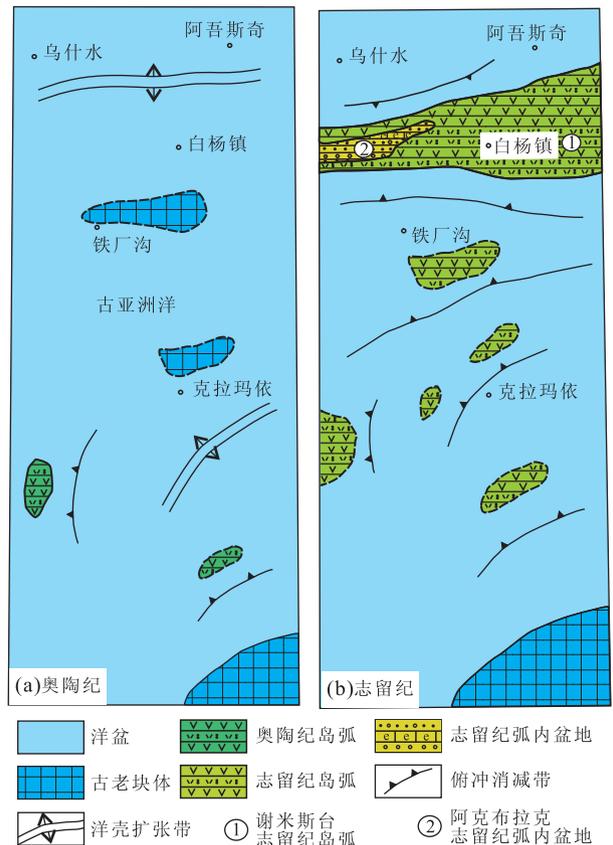


图 8 研究区奥陶纪—志留纪构造古地理  
Fig. 8 The tectonic paleogeographic map of the study area in the Ordovician-Silurian

特点(中部年龄为  $436 \pm 11$  Ma、 $428.3 \pm 6.2$  Ma;北部年龄为  $421.7 \pm 5.8$  Ma;南部年龄为  $429.0 \pm 4.9$  Ma),暗示志留纪谢米斯台岛弧两侧洋盆应存在双向俯冲(图 8b). 志留纪时期北侧斋桑洋盆沿哈拉也门—阿吾斯奇一带向南俯冲,南侧准噶尔洋盆沿谢米斯台山南缘向北俯冲. Xiao *et al.* (2008, 2009c)认为整个北疆地区的构造格局是由于古亚洲洋盆消减过程中不断向北俯冲向南增生造成的;笔者认为,志留纪时期北疆地区古亚洲洋可能通过南北两侧的准噶尔洋盆和斋桑洋盆相向向谢米斯台岛弧之下俯冲而发生分别向南和向北的增生. 南部达尔布特蛇绿岩中获得的中志留纪辉长岩的同位素年龄则为南部新生准噶尔洋壳的代表(陈博等,2008). 由达尔布特蛇绿岩具 SSZ 型特征(辜平等,2011)及源区性质判断,已有与俯冲相关的岛弧及弧后盆地的形成(高睿等,2013),结合克拉玛依蛇绿岩所代表的弧盆体系的存在,显示志留纪研究区谢米斯台往南铁厂沟至克拉玛依一带进入了由强烈俯冲消减控制的多岛弧盆系的演化.

### 3.3 泥盆纪

早—中泥盆世总体继承了志留纪的构造古地理格局,即围绕谢米斯台岛弧带为中心南北洋盆向北向南俯冲拼贴增生,是物质建造不断丰富过程. 下泥盆统与下伏岩系普遍存在的角度不整合接触关系,反映志留纪末一次强烈的增生造山事件. 下、中

泥盆统在研究区内出露较为广泛,岩石组合特征及沉积相特征丰富多样,但主体为以洋壳俯冲作用所产生的岩浆岛弧为背景的一套物质建造,火山物质含量高.

早—中泥盆世期间研究区谢米斯台一带缺失相关的岩浆岩及沉积记录,显示该期岩浆弧已停止活动,并可能为隆起剥蚀区(图 9a). 该时期原谢米斯台志留纪岛弧北侧洋盆俯冲消减位置已北移,对应的下泥盆统和布克赛尔组( $D_1h$ )和中泥盆统萨吾尔山组( $D_2s$ )为一套岛弧背景下的火山碎屑—沉积建造—正常沉积的岩石组合;早中泥盆世原谢米斯台志留纪岛弧南侧洋壳俯冲位置可能已南移至哈图一带(图 9b),俯冲作用导致北侧铁厂沟—白杨镇岛弧火山活动强烈,相关沉积以库鲁木迪组( $D_2k$ )及巴尔雷克组( $D_2be$ )为代表,总体火山物质含量高,反映哈图一带洋盆强烈的俯冲消减;更北侧的孟布拉克马拉苏组( $D_1ml$ )应代表铁厂沟—白杨镇岩浆岛弧带北侧的弧后盆地沉积. 南部克拉玛依后山一带早中泥盆纪仍体现为多岛弧盆系的构造古地理演化,达尔布特蛇绿混杂岩辉长岩 LA 锆石 U-Pb 年龄获得 391 Ma 的锆石 U-Pb 同位素年龄(辜平等,2009),显示中泥盆世还存在新生洋壳.

晚泥盆世—早石炭世早期,研究区构造古地理格局发生较大变革(图 10). 晚泥盆世—早石炭世早期,研究区北部乌什水—巴依木扎一带基本继承了

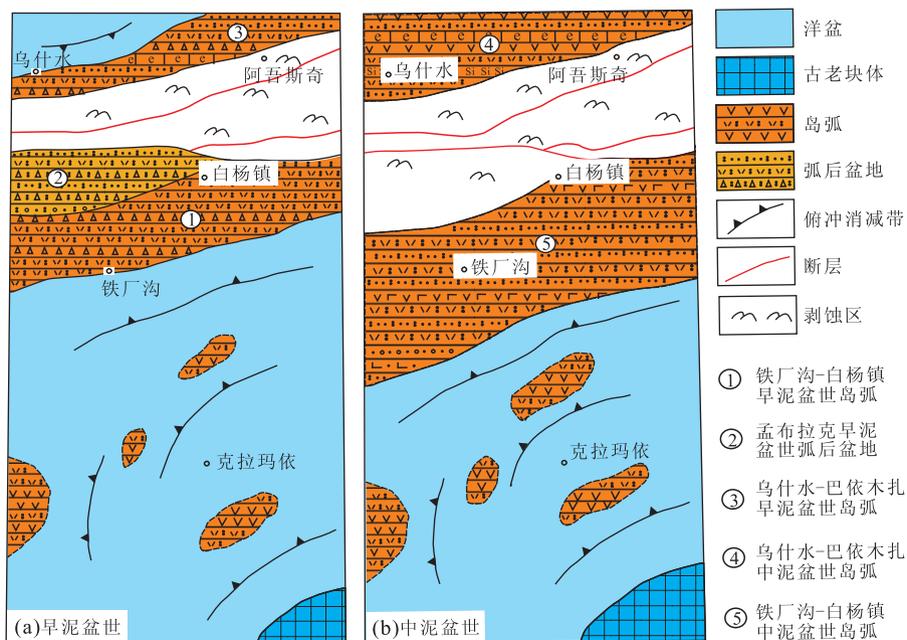


图 9 研究区早—中泥盆世构造古地理

Fig. 9 The tectonic paleogeographic map of the study area in the Early-Middle Devonian

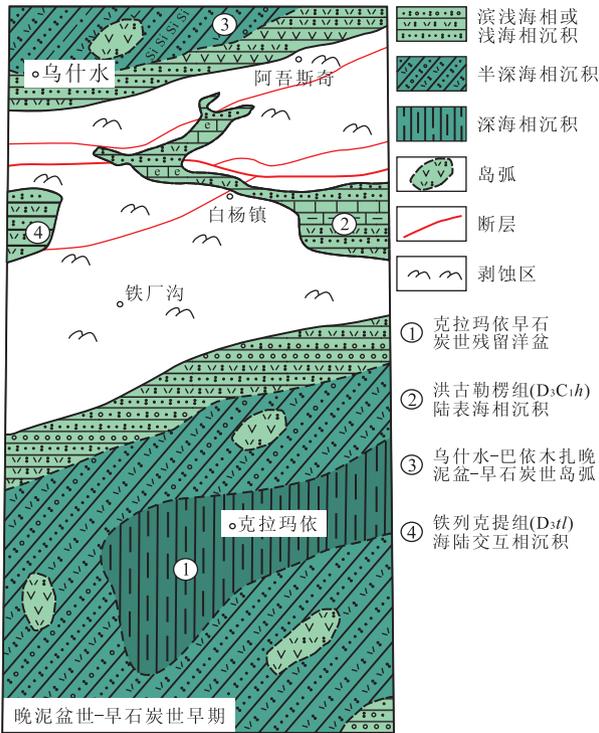


图 10 研究区晚泥盆—晚石炭早期构造古地理

Fig. 10 The tectonic paleogeographic map of the study area in the Late Devonian-Early Late Carboniferous

中泥盆世构造格局, 斋桑洋持续向南俯冲, 发育一套岛弧背景下的物质建造, 沉积以上泥盆—下石炭统塔尔巴哈台组 ( $D_3C_{1t}$ ) 及下石炭统黑山头组 ( $C_1h$ ) 为代表的火山—沉积建造, 总体火山物质含量高, 显示火山活动较早中泥盆世强烈。研究区中部谢米斯台一带构造环境比较稳定, 上泥盆统朱鲁木特组及上泥盆—下石炭统洪古勒楞组体现为稳定的陆表海沉积角度不整合于下伏岩系之上; 往南孟布拉克一带晚泥盆世也转化为铁列克提组 ( $D_3tl$ ) 的海陆交互沉积, 与下泥盆统马拉苏组呈角度不整合接触关系, 反映晚泥盆世孟布拉克弧后盆地闭合后的陆缘海侵的产物; 更南部的克拉玛依后山一带晚泥盆世—早石炭世早期水体较深, 总体表现为斜坡相的富含火山物质的陆源浊积岩系。呈弥散分布并构造就位位于下石炭统浊积岩系中的系列蛇绿构造混杂岩系时代跨度从晚寒武世一直持续到晚泥盆世, 与东地中海—西土耳其地区蛇绿混杂岩 (时代从古生代—第三纪) 很相似, 符合残余洋盆的演化模式 (陈石和郭召杰, 2010), 因此, 笔者认为早石炭世时期克拉玛依后山一带表现为残余洋盆的不断填满。

笔者在构造就位位于下石炭统浊积岩系中的克拉玛依蛇绿混杂岩带中与枕状玄武岩密切共生的硅质

岩内发现晚泥盆世的放射虫, 反映深水洋盆至少延续到晚泥盆世。在东部邻区的乌尔禾一带, 早石炭世发育大量的以中性安山岩为主以及玄武岩、流纹岩等的岛弧钙碱性火山岩系, 西准噶尔地区侵入于不同岩系中的早石炭世花岗岩 ( $345\sim 321$  Ma) 也普遍表现为 I 型岛弧花岗岩性质。因此, 研究区早石炭世尽管主体表现为残留洋盆, 但俯冲消减及相关的岛弧型岩浆活动仍在持续。进入到晚石炭世晚期, 研究区沉积突变为以佳木河组 ( $C_2P_{1jm}$ ) 为代表的一套河流相磨拉石砾岩堆积, 白碱滩露头显示其沉积不整合覆盖于克拉玛依蛇绿混杂岩之上, 东邻的乌尔禾一带也呈现出佳木河组与下伏上石炭统下部哈拉阿拉特组角度不整合接触。该套磨拉石建造的出现以及晚石炭世晚期大量后碰撞 A 型花岗岩的发育有力证实了研究区洋盆的最终闭合发生在晚石炭世。

#### 4 结论

新疆西准噶尔克拉玛依—额敏一带广泛出露古生代的物质建造, 记录着古亚洲洋演化的重要信息。古生代期间特别是晚古生代期间经历了复杂的洋陆转换过程, 残留了系列近东西向及北东向蛇绿构造混杂岩系以及古大陆边缘的增生体系, 造就了研究区复杂的岩石地层系统。笔者通过对西准噶尔克拉玛依—额敏一带志留系、泥盆系、石炭系代表性地层构造古地理属性的界定, 结合蛇绿混杂岩时限的讨论分析, 厘定了西准噶尔志留纪—泥盆纪的弧盆格局, 获得了研究区古亚洲洋演化的重要信息: (1) 研究区蛇绿混杂岩及古生代物质记录显示古亚洲洋盆中寒武世便存在, 并持续到早石炭世。(2) 西准噶尔克拉玛依—额敏一带出露的志留系记录了古亚洲洋志留纪开始进入强烈的俯冲消减, 谢米斯台一带志留系谢米斯台组火山岩年代结构显示出古洋盆存在双向俯冲作用, 而不是单一的向北俯冲。(3) 泥盆纪古亚洲洋在西准噶尔地区总体表现出全面的俯冲拼贴演化, 多块体拼贴增生, 出现了多岛弧盆的构造格局。(4) 泥盆纪后西准噶尔地区古亚洲洋进入残余洋盆的演化阶段, 并可能于晚石炭世期间彻底闭合。

致谢: 对成文过程中给予帮助的龚一鸣教授, 高睿、申添毅、晏文博、张雷、郁军建和周佩等同学表示感谢! 对各位评审专家提出宝贵意见表示感谢!

#### References

Avdeyev, A. V., 1984. Ophiolite Zones and the Geologic His-

- tory of Kazakhstan from the Mobilist Standpoint. *International Geology Review*, 26(9): 995—1005. doi: 10.1080/00206818409466624
- Buckman, S., Aitchison, J. C., 2004. Tectonic Evolution of Palaeozoic Terranes in Western Junggar, Xinjiang, NW China. *Geological Society, London, Special Publications*, 226(1): 101—129. doi: 10.1144/GSL.SP.2004.226.01.06
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region, 1980. The Geological Map of Wuerhe (L-45-XIV), 1: 200 000. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region, 1983. The Geological Map of Baiyanghe (L-15-[13]), 1: 200 000. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region, 1986. The Geological Map of Taktai (L-45-VII) and Hebukesai (L-45-VIII), 1: 200 000. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region, 1993. Regional Geology of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Chen, B., Zhu, Y. F., Wei, S. N., et al., 2008. Garnet Amphibolite Found in Keramay Ophiolitic Mélange, Western Junggar, NW China. *Acta Petrologica Sinica*, 24(5): 1034—1040 (in Chinese with English abstract).
- Chen, S., Guo, Z. J., 2010. Time Constraints, Tectonic Setting of Dalabute Ophiolitic Complex and Its Significance for Late Paleozoic Tectonic Evolution in Western Junggar. *Acta Petrologica Sinica*, 26(8): 2336—2344 (in Chinese with English abstract).
- Gao, R., Xiao, L., Wang, G. C., et al., 2013. Paleozoic Magmatism and Tectonic Setting in Western Junggar. *Acta Petrologica Sinica*, 29(10): 3413—3434 (in Chinese with English abstract).
- Gong, Y. M., Zong, R. W., Wang, G. C., et al., 2013. Paleozoic Stratigraphic Regionalization and Palaeogeographic Pattern in Western Junggar. *Journal of Stratigraphy*, 37(4): 590—592 (in Chinese with English abstract).
- Geng, H. Y., Sun, M., Yuan, C., et al., 2009. Geochemical, Sr-Nd and Zircon U-Pb-Hf Isotopic Studies of Late Carboniferous Magmatism in the Western Junggar, Xinjiang: Implications for Ridge Subduction? *Chemical Geology*, 266(3—4): 364—389. doi: 10.1016/j.chemgeo.2009.07.001
- Gu, P. Y., Li, Y. J., Zhang, B., et al., 2009. LA-ICP-MS Zircon U-Pb Dating of Gabbro in the Darbut Ophiolite, Western Junggar, China. *Acta Petrologica Sinica*, 25(6): 1364—1372 (in Chinese with English abstract).
- Gu, P. Y., Li, Y. J., Wang, X. G., et al., 2011. Geochemical Evidences and Tectonic Significances of Darbut SSZ-Type Ophiolitic Mélange, Western Junggar Basin. *Geological Review*, 57(1): 36—44 (in Chinese with English abstract).
- He, G. Q., Liu, J. B., Zhang, Y. Q., et al., 2007. Keramay Ophiolitic Mélange Formed during Early Paleozoic in Western Junggar Basin. *Acta Petrologica Sinica*, 23(7): 1573—1576 (in Chinese with English abstract).
- Huang, J. H., Lü, X. C., Zhu, X. N., et al., 1995. Advance in Research of the Ophiolites in Hongguleleng of North Junggar, Xinjiang. *Xinjiang Geology*, 13(1): 20—30 (in Chinese with English abstract).
- Huang, X., Jin, C. W., Sun, B. S., et al., 1997. Study on the Age of Armantai Ophiolite by Nd-Sr Isotope Geology, Xinjiang. *Acta Petrologica Sinica*, 13(1): 85—91 (in Chinese with English abstract).
- Kwon, S. T., Tilton, G. R., Coleman, R. G., et al., 1989. Isotopic Studies Bearing on the Tectonic of the Western Junggar Region, Xinjiang, China. *Tectonics*, 8(4): 719—727. doi: 10.1029/TC008i004p00719
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., et al., 1986. A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali-Silica Diagram. *Journal of Petrology*, 27(3): 745—750. doi: 10.1093/petrology/27.3.745
- Le Maitre, R. W., Bateman, P., Dudek, A., 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms: Recommendations of the IUGS, Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. Blackwell, Oxford.
- Li, J. Y., 2001. Petrological Evidence of Continental Disintegration in the Late Neoproterozoic; Sinian Volcanic Rocks in Central China Mainland. *Gondwana Research*, 4(4): 682—683.
- Li, J. Y., 2004. Late Neoproterozoic and Paleozoic Tectonic Framework and Evolution of Eastern Xinjiang, NW China. *Geological Review*, 50(3): 304—322 (in Chinese with English abstract).
- Li, J. Y., He, G. Q., Xu, X., et al., 2006. Crustal Tectonic Framework of Northern Xinjiang and Adjacent Regions and Its Formation. *Acta Geologica Sinica*, 80(1): 148—167 (in Chinese with English abstract).
- Li, J. Y., Xiao, X. C., 1999. Brief Reviews on Some Issues of Framework and Tectonic Evolution of Xinjiang Crust, NW China. *Scientia Geologica Sinica*, 34(4): 405—419

(in Chinese with English abstract).

- Liu, X. J., Xu, J. F., Wang, S. Q., et al., 2009. Geochemistry and Dating of E-MORB Type Mafic Rocks from Dalabute Ophiolite in Western Junggar, Xinjiang and Geological Implications. *Acta Petrologica Sinica*, 25(6): 1373—1389 (in Chinese with English abstract).
- Meschede, M., 1986. A Method of Discriminating between Different Types of Mid-Ocean Ridge Basalts and Continental Tholeiites with the Nb-Zr-Y Diagram. *Chemical Geology*, 56(3—4): 207—218. doi: 10. 1016/0009—2541(86)90004—5
- Middlemost, E. A. K., 1985. Naming Materials in the Magma/Igneous Rock System. *Earth Sciences Reviews*, 37(3—4): 215—224. doi:10. 1016/0012—8252(94)90029—9
- Pearce, J. A., Cann, J. R., 1973. Tectonic Setting of Basic Volcanic Rocks Determined Using Trace Element Analyses. *Earth and Planetary Science Letters*, 19(2): 290—300. doi:10. 1016/0012—821X(73)90129—5
- Peccerillo, A., Taylor, S. R., 1976. Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks from the Kastamonu Area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58(1): 63—81. Doi: 10. 1007/BF00384745
- Sengör, A. M. C., Natalin, B. A., Burtman, V. S., 1993. Evolution of the Altaid Tectonic Collage and Palaeozoic Crustal Growth in Eurasia. *Nature*, 364(6435): 299—307. doi:10. 1038/364299a0
- Shen, P., Shen, Y. C., Li, X. H., et al., 2012. Northwestern Junggar Basin, Xiemisitai Mountains, China: A Geochemical and Geochronological Approach. *Lithos*, 140—141: 103—118. doi:10. 1016/j. lithos. 2012. 02. 004
- Tang, G. J., Wang, Q., Zhao, Z. H., et al., 2009. Geochronology and Geochemistry of Ore-Bearing Porphyries in the Baogutu Area (Western Junggar): Petrogenesis and Their Implications for Tectonics and Cu-Au Mineralization. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 34(1): 56—74 (in Chinese with English abstract).
- Windley, B. F., Kroner, A., Guo, J. H., et al., 2002. Neoproterozoic to Paleozoic Geology of the Altai Orogen, NW China: New Zircon Age Data and Tectonic Evolution. *Journal of Geology*, 110(6): 719—737. doi: 10. 1086/342866
- Wood, D. A., 1980. The Application of a Th-Hf-Ta Diagram to Problems of Tectonomagmatic Classification and to Establishing the Nature of Crustal Contamination of Basaltic Lavas of the British Tertiary Volcanic Province. *Earth and Planetary Science Letters*, 50(1): 11—30. doi:10. 1016/0012—821X(80)90116—8
- Xiao, W. J., Zhang, L. C., Qin, K. Z., et al., 2004. Paleozoic Accretionary and Collisional Tectonics of the Eastern Tianshan (China): Implications for the Continental Growth of Central Asia. *American Journal of Science*, 304(4): 370—395. doi:10. 2475/ajs. 304. 4. 370
- Xiao, W. J., Han, C. M., Yuan, C., et al., 2008. Middle Cambrian to Permian Subduction-Related Accretionary Orogenesis of Northern Xinjiang, NW China: Implications for the Tectonic Evolution of Central Asia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 32(2—4): 102—117. doi: 10. 1016/j. jseas. 2007. 10. 008
- Xiao, W. J., Kusky, T., 2009. Geodynamic Processes and Metallogeny of the Central Asian and Related Orogenic Belts: Introduction. *Gondwana Research*, 16(2): 167—169. doi:10. 1016/j. gr. 2009. 05. 001
- Xiao, W. J., Kröner, A., Windley, B., 2009a. Geodynamic Evolution of Central Asia in the Paleozoic and Mesozoic. *International Journal of Earth Sciences*, 98(6): 1185—1188. doi:10. 1007/s00531—009—0418—4
- Xiao, W. J., Windley, B. F., Yuan, C., et al., 2009b. Paleozoic Multiple Subduction-Accretion Processes of the Southern Altai. *American Journal of Sciences*, 309(3): 221—270. doi:10. 2475/03. 2009. 02
- Xiao, W. J., Windley, B. F., Huang, B. C., et al., 2009c. End-Permian to Mid-Triassic Termination of the Accretionary Processes of the Southern Altai: Implications for the Geodynamic Evolution, Phanerozoic Continental Growth, and Metallogeny of Central Asia. *International Journal of Earth Sciences*, 98(6): 1189—1217. doi:10. 1007/s00531—008—0407—z
- Xiao, W. J., Huang, B. C., Han, C. M., et al., 2010. A Review of the Western Part of the Altai: A Key to Understanding the Architecture of Accretionary Orogens. *Gondwana Research*, 18(2—3): 253—273. doi: 10. 1016/j. gr. 2010. 01. 007
- Xiao, X. C., Tang, Y. Q., Feng, Y. M., et al., 1992. Tectonics of Northern Xinjiang and Its Adjacent Regions. Geological Publishing House, Beijing, 104—123 (in Chinese).
- Xu, X. Y., Li, R. S., Chen, J. L., et al., 2014. New Constraints on the Paleozoic Tectonic Evolution of the Northern Xinjiang Area. *Acta Geologica Sinica*, 30(6): 1521—1534 (in Chinese with English abstract).
- Yang, H. B., Gao, P., Li, B., et al., 2005. The Geological Character of the Sinian Dalubayi Ophiolite in the West Tianshan, Xinjiang. *Xinjiang Geology*, 23(2): 123—126 (in Chinese with English abstract).

- Yin, J. Y., Yuan, C., Wang, Y. J., et al., 2011. Magmatic Records on the Late Paleozoic Tectonic Evolution of Western Junggar, Xinjiang. *Geotectonica et Metallogenia*, 35(2): 278—291 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, C., Huang, X., 1992. The Ages and Tectonic Settings of Ophiolites in Western Junggar, Xinjiang. *Geological Review*, 38(6): 509—524 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, J. E., Xiao, W. J., Han, C. M., et al., 2010. Magmatism of Mid-Oceanic Ridge Subduction during Carboniferous in Western Junggar: Evidence from Maliya Ophiolite. *Acta Petrologica Sinica*, 26(11): 3272—3282 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, J. E., Xiao, W. J., Han, C. M., et al., 2011. A Devonian to Carboniferous Intra-Oceanic Subduction System in Western Junggar, NW China. *Lithos*, 125(1—2): 592—606. doi:10.1016/j.lithos.2011.03.013
- Zhang, L. C., Wan, B., Jiao, X. J., et al., 2006. Characteristics and Geological Significance of Adakitic Rocks in Copper-Bearing Porphyry in Baogutu, Western Junggar. *Geology in China*, 33(3): 626—631 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, Y. Y., Guo, Z. J., 2010. New Constraints on Formation Ages of Ophiolites in Northern Junggar and Comparative Study on Their Connection. *Acta Petrologica Sinica*, 26(2): 421—430 (in Chinese with English abstract).
- Zhao, L., He, G. Q., Zhu, Y. B., 2013. Discovery and Its Tectonic Significance of the Ophiolite in the South of Xiemisitai Mountain, Western Junggar, Xinjiang. *Geological Bulletin of China*, 32(1): 195—205 (in Chinese with English abstract).
- Zhao, Z. H., Wang, Q., Xiong, X. L., et al., 2006. Two Types of Adakites in North Xinjiang, China. *Acta Petrologica Sinica*, 22(5): 1249—1265 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, Y. F., Xu, X., 2006. The Discovery of Early Ordovician Ophiolite Mélange in Taerbahatai Mts., Xinjiang, NW China. *Acta Petrologica Sinica*, 22(12): 2833—2842 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, Y. F., Xu, X., Wei, S. N., et al., 2007. Geochemistry and Tectonic Significance of OIB-Type Pillow Basalts in Western Mts. of Karamay City (Western Junggar), NW China. *Acta Petrologica Sinica*, 23(7): 1739—1748 (in Chinese with English abstract).
- Zong, R. W., Han, F., Gong, Y. M., 2013. Discovery of the Silurian Fossils and Its Geological Significance in Eastern Emin, Xinjiang of NW China. *Journal of Stratigra-*

*phy*, 37(4): 607—609 (in Chinese).

## 附中文参考文献

- 新疆维吾尔自治区地质矿产局, 1980. 1: 20 万《乌鲁木齐幅》(L-45-XIV)地质图. 北京: 地质出版社.
- 新疆维吾尔自治区地质矿产局, 1983. 1: 20 万《白杨河幅》(L-15-[13])地质图. 北京: 地质出版社.
- 新疆维吾尔自治区地质矿产局, 1986. 1: 20 万《塔克台幅》(L-45-VII)和《和布克赛尔幅》(L-45-VIII)地质图. 北京: 地质出版社.
- 新疆维吾尔自治区地质矿产局, 1993. 新疆维吾尔自治区区域地质志. 北京: 地质出版社.
- 陈博, 朱永峰, 魏少妮, 等, 2008. 西准噶尔克拉玛依蛇绿混杂岩中的石榴角闪岩. *岩石学报*, 24(5): 1034—1040.
- 陈石, 郭召杰, 2010. 达拉布特蛇绿岩带的时限和属性以及对西准噶尔晚古生代构造演化的讨论. *岩石学报*, 26(8): 2336—2344.
- 高睿, 肖龙, 王国灿, 等, 2013. 西准噶尔晚古生代岩浆活动和构造背景. *岩石学报*, 29(10): 3413—3414.
- 龚一鸣, 纵瑞文, 王国灿, 等, 2013. 西准噶尔古生代地层区划及古地理格局. *地层学杂志*, 37(4): 590—592.
- 辜平阳, 李永军, 张兵, 等, 2009. 西准噶尔达尔布特蛇绿岩中辉长岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年. *岩石学报*, 25(6): 1364—1372.
- 辜平阳, 李永军, 王晓刚, 等, 2011. 西准噶尔达尔布特 SSZ 型蛇绿杂岩的地球化学证据及构造意义. *地质论评*, 57(1): 36—44.
- 何国琦, 刘建波, 张越迁, 等, 2007. 准噶尔盆地西缘克拉玛依早古生代蛇绿混杂岩带的厘定. *岩石学报*, 23(7): 1573—1576.
- 黄建华, 吕喜朝, 朱星南, 等, 1995. 北准噶尔洪古勒楞蛇绿岩研究的新进展. *新疆地质*, 13(1): 20—30.
- 黄莹, 金成伟, 孙宝山, 等, 1997. 新疆阿尔曼太蛇绿岩时代的 Nd-Sr 同位素地质研究. *岩石学报*, 13(1): 85—91.
- 李锦轶, 2004. 新疆东部新元古代晚期和古生代构造格局及其演变. *地质论评*, 50(3): 304—322.
- 李锦轶, 何国琦, 徐新, 等, 2006. 新疆北部及邻区地壳构造格架及其形成过程的初步探讨. *地质学报*, 80(1): 148—167.
- 李锦轶, 肖序常, 1999. 对新疆地壳结构与构造演化几个问题的简要评述. *地质科学*, 34(4): 405—419.
- 刘希军, 许继峰, 王树庆, 等, 2009. 新疆西准噶尔达拉布特蛇绿岩 E-MORB 型镁铁质岩的地球化学、年代学及其地质意义. *岩石学报*, 25(6): 1373—1389.
- 唐功建, 王强, 赵振华, 等, 2009. 西准噶尔包古图成矿斑岩年代学与地球化学: 岩石成因与构造、铜金成矿意义. *地球科学——中国地质大学学报*, 34(1): 56—74.

件包. 地球化学, 33(5): 459—464.

李永军, 伶丽莉, 张兵, 等, 2010. 论西准噶尔石炭系希贝库拉斯组与包古图组的新老关系. 新疆地质, 28(2): 130—136.

梁云海, 李文铅, 李卫东, 2004. 新疆准噶尔造山带多旋回开合构造特征. 地质通报, 23(3): 279—285.

廖卓庭, 王玉净, 王克良, 等, 1993. 见: 涂光炽编, 新疆北部石炭纪生物地层研究新进展. 北京: 科学出版社.

毛光周, 刘池洋, 2011. 地球化学在物源及沉积背景分析中的应用. 地球科学与环境学报, 33(4): 337—348.

新疆维吾尔自治区地质矿产局区域地质测量大队, 1966. 1: 20 万《克拉玛依幅》(L-45-XIX) 区域地质调查报告(区域地质).

新疆维吾尔自治区地质矿产局区域地质调查大队, 1983. 1: 20 万《白杨河幅》(L-15-[13]) 区域地质调查报告(区域地质).

宋春晖, 王金荣, 黄华芳, 1996. 西准噶尔白碱滩北部太勒古拉组深水沉积研究. 兰州大学学报(自然科学版), 32(3): 132—137.

田陟贤, 阎军, 李永军, 等, 2013. 西准噶尔巴尔雷克一带石炭系黑山头组火山岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及构造环境. 地质学报, 87(3): 343—352.

王鹏鸣, 于津海, 孙涛, 等, 2012. 湘东新元古代沉积岩的地球化学和碎屑锆石年代学特征及其构造意义. 岩石学报, (12): 3841—3857.

王庆明, 2000. 新疆泥盆纪古地理. 新疆地质, 11(1): 319—323.

王玉净, 金玉环, 江纳言, 1987. 论哈拉阿拉特组的时代及古环境特征. 地层学杂志, 11(1): 53—57.

吴晓智, 齐雪峰, 唐勇, 等, 2008. 新疆北部石炭纪地层、岩相古地理与烃源岩. 现代地质, 22(4): 549—557.

向坤鹏, 李永军, 徐磊, 等, 2013. 西准噶尔包古图—哈图地区“太勒古拉组”使用商榷. 新疆地质, 31(3): 148—152.

杨高学, 2012. 西准噶尔古生代蛇绿混杂岩地质特征及其构造演化(博士学位论文). 西安: 长安大学.

杨江海, 杜远生, 徐亚军, 2008. 北祁连东段景泰地区下古生界两套砂岩微量元素和稀土元素特征及其构造意义. 古地学报, 10(4): 395—408.

杨学明, 2000. 岩石地球化学. 合肥: 中国科学技术大学出版社.

易善鑫, 李永军, 焦光磊, 等, 2014. 西准噶尔博什库尔—成吉斯火山弧中早石炭世火山岩的地球化学特征及其构造意义. 新疆地质, 33(1): 14—18.

尹继元, 陈文, 袁超, 等, 2013. 新疆西准噶尔晚古生代侵入岩的年龄和构造意义: 来自锆石 LA-ICP-MS 定年的证据. 地球化学, 42(5): 414—429.

张雷, 王国灿, 高睿, 2015. 新疆西准噶尔石炭系碎屑锆石 U-Pb 年代学及其地质意义. 大地构造与成矿学, 待刊.

张英利, 王宗起, 闫臻, 等, 2011. 库鲁克塔格地区新元古代沉积物源分析: 来自碎屑锆石年代学的证据. 岩石学报, (1): 121—132.

周良仁, 赵志长, 张金声, 1987. 西准噶尔地区地质构造发展及岩浆演化特征. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊, (2): 3—55, 171.

朱宝清, 冯益民, 1994. 新疆西准噶尔板块构造及演化. 新疆地质, 12(2): 91—105.

纵瑞文, 龚一鸣, 王国灿, 2014. 西准噶尔南部石炭纪地层层序及古地理演化. 地学前缘, 21(2): 216—233.

\*\*\*\*\*

(上接 460 页)

肖序常, 汤耀庆, 冯益民, 等, 1992. 新疆北部及其邻区大地构造. 北京: 地质出版社, 104—123.

徐学义, 李荣社, 陈隽璐, 等, 2014. 新疆北部古生代构造演化的几点认识. 岩石学报, 30(6): 1521—1534.

杨海波, 高鹏, 李兵, 等, 2005. 新疆西天山达鲁巴依蛇绿岩地质特征. 新疆地质, 23(2): 123—126.

尹继元, 袁超, 王毓婧, 等, 2011. 新疆西准噶尔晚古生代大地构造演化的岩浆活动记录. 大地构造与成矿学, 35(2): 278—291.

张驰, 黄萱, 1992. 新疆西准噶尔蛇绿岩形成时代和环境的探讨. 地质论评, 38(6): 509—524.

张继恩, 肖文交, 韩春明, 等, 2010. 西准噶尔石炭纪洋脊俯冲岩浆活动: 以玛里雅蛇绿岩为例. 岩石学报, 26(11): 3272—3282.

张连昌, 万博, 焦学军, 等, 2006. 西准包古图含铜斑岩的埃达

克岩特征及其地质意义. 中国地质, 33(3): 626—631.

张元元, 郭召杰, 2010. 准噶尔北部蛇绿岩形成时限新证据及其东、西准噶尔蛇绿岩的对比研究. 岩石学报, 26(2): 421—430.

赵磊, 何国琦, 朱亚兵, 2013. 新疆西准噶尔北部谢米斯台南山南坡蛇绿岩带的发现及意义. 地质通报, 32(1): 195—205.

赵振华, 王强, 熊小林, 等, 2006. 新疆北部的两类埃达克岩. 岩石学报, 22(5): 1249—1265.

朱永峰, 徐新, 2006. 新疆塔尔巴哈台山发现早奥陶世蛇绿混杂岩. 岩石学报, 22(12): 2833—2842.

朱永峰, 徐新, 魏少妮, 等, 2007. 西准噶尔克拉玛依 OIB 型枕状玄武岩地球化学及其地质意义研究. 岩石学报, 23(7): 1739—1748.

纵瑞文, 韩非, 龚一鸣, 2013. 新疆额敏东部志留纪化石的发现及其意义. 地层学杂志, 37(4): 607—609.