

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2015.04.016

新疆博格达构造带晚古生代构造格局与演化过程探讨

郑有伟^{1,2}, 郭建明¹, 郑建京¹, 王亚东¹, 许世阳^{1,2}

(1. 甘肃省油气资源研究重点实验室(中国科学院地质与地球物理研究所兰州油气资源研究中心),
中国科学院油气资源研究重点实验室, 兰州 730000;
2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 文章综合分析了前人的成果资料,在对博格达地区野外地质实地调查基础上,通过对博格达构造带的岩石学、地层学及沉积学的系统的研究,认为博格达山经历了早石炭世初始裂谷、晚石炭世成熟裂谷、早二叠世造山、早二叠世晚期后造山演化四个阶段。

关键词: 博格达山;构造格局;构造演化;晚古生代;新疆

中图分类号: P534.4 **文献标识码:** A

0 引言

位于吐哈地块和准噶尔地块之间的博格达山,在大地构造位置上属于哈萨克斯坦板块的一部分,对其构造格局与构造演化过程的认识,是了解中亚造山带的一个独特的窗口。

博格达构造带是中亚造山带在中国境内的重要部分。在古生代时期,古亚洲洋为一个较为完整的古生代弧沟盆系统,广泛分布有不同时期、不同类型、性质的岩浆岩体及火山-沉积岩系,以及重要的地质构造;揭示了古亚洲洋扩张、俯冲消减、碰撞挤压造山、后造山伸展作用的构造演化过程,以及盆地形成的控制过程^[1]。晚古生代以陆块碰撞造山为特点的主造山期,代表了古亚洲洋闭合的演化过程。博格达山构造带正是在这样的大地构造背景下发展起来的,其构造演化严格受区域古大洋演化及造山过程所控制。

前人对博格达构造带及其晚古生代构造属性已做了大量研究工作,但到目前为止,对博格达造山带

晚古生代的构造属性仍存在很大的争议,部分学者认为是在裂谷基础上通过裂谷闭合-挤压造山^[2-7],也有学者认为是滞后弧后盆地^[8-10],或认为是岛弧通过板块碰撞而造山^[11-13]。近年来,越来越多的岩石学、岩石地球化学和同位素地球化学研究的证据表明,博格达构造带晚古生代的构造属性为裂谷环境^[3-4,12-17],但有关于其构造格局与演化及其岩浆演化的系统报道^[18-19]很少。本文在搜集和整理前人关于博格达地区晚古生代构造属性等相关资料的基础上,结合对博格达地区的野外实地地质调查,通过岩石学、地层学及沉积学的研究,力图对博格达构造带晚古生代构造格局与演化过程进行探讨。

1 区域地质概况

博格达造山带其南靠吐哈地块,北临准噶尔地块,东依克拉美丽-莫钦乌拉蛇绿岩带,在大地构造位置上属于哈萨克斯坦板块的一部分。博格达构造带西段弧形走向基本沿博格达山体走向展布,中段近EW向,东段于七角井附近向东北方向延展,总体

收稿日期: 2015-02-04; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 中国科学院西部行动计划项目(编号:KZCX2-XB3-12)、甘肃省重点实验室专项(编号:1309RTSA041)联合资助。

作者简介: 郑有伟(1988—),男,博士研究生,主要从事含油气盆地构造研究工作。通信地址:甘肃省兰州市兰州市东岗西路382号,中国科学院地质与地球物理研究所兰州油气资源研究中心;邮政编码:730000;E-mail: ywzheng@163.com

表 1 博格达造山带东西段地层对比表
Table 1 Stratigraphic correlation of the west and east Bogda orogenic belt

地层		西段		东段	
		厚度/m	岩性	厚度/m	岩性
二叠系	芨芨槽子群	1000~2600	陆相碎屑岩夹少量流纹岩,一下地层平行不整合接触	1533	陆相碎屑岩夹双峰式玄武岩和流纹岩,与下地层不整合接触
上石炭统	奥尔吐组	2400	海相细碎屑岩夹砂质灰岩,与下地层整合接触	>5000	陆相偏酸性火山岩,与下地层不整合接触
中石炭统	祁家沟组	281	海相碎屑岩-碳酸盐,与下地层整合接触	7624	海相碎屑岩和火山碎屑沉积岩,与下地层整合接触
	柳树沟组	>900	海相双峰式火山岩,与下地层关系不明		
下石炭统	七角井组	0	无沉积	1470	双峰式熔岩及火山碎屑沉积岩,与下整合接触
	塔普捷尔泉组			420	海陆交互相互至海相砂岩、泥岩,未见底

注:博格达造山带东、西段地层对比资料,据文献[3]改编。

呈向南的弧形展布。在博格达山出露的地层为主要是石炭系,二叠系主要分布在博格达山南北两侧,岩性以基性—酸性火山岩及火山—沉积组合为特征,其中侵入有大量的晚石炭世—二叠世的辉绿岩及少量的中酸性岩体;前者多以岩墙、岩脉及小岩株产出,后者多表现为小岩体、小岩株。

博格达造山带早、中石炭世火山岩主要是海相环境下的产物。结合区域地层命名演化历史^[5],可将研究区西段的石炭系划分为下石炭统七角井组,中石炭统下部柳树沟组、上部祁家沟组,上石炭统顶部奥尔吐组(表 1)。二叠系芨芨槽子群也称为车轱辘全群。在博格达山东段七角井西的钻孔中发现有下石炭统下部塔普捷尔泉组,其在西段未见有出露^[3]。

博格达造山带东段的下石炭统主要出露在七角井—高泉地区,下石炭统塔普捷尔泉组(C_1t)、七角井组(C_1q)及中石炭统柳树沟组(C_2l)火山岩出露较完整(见表 1)。塔普捷尔泉组为一套浅水沉积的砂岩、粉砂岩夹页岩、灰黑色炭质粉砂岩夹火山灰凝灰岩。七角井组为海相双模式火山岩建造,块状、枕状玄武岩与流纹岩互层,并夹有少量凝灰质砂岩及页岩;在七角井刺梅沟七角井组上部层位中可见玄武岩与流纹岩组成韵律喷发旋回,其相互之间呈突变接触^[3]。博格达东段分布的居里得能组为以浅海相基性—酸性火山喷发岩为主夹陆源碎屑岩的岩石组合(相当于西段的柳树沟组),其与下伏七角井组整合接触或断层接触,而与上覆沙雷赛尔克组(相当于西段的奥尔吐组)呈整合或断层接触。总体上,在博格达东段以熔岩沉积为主,俞向

西部逐渐变为碎屑沉积占据多数,岩性总体上变化不大。

2 构造背景与岩石成因分析

岩浆岩是由地下形成的富含挥发分的高温黏稠状的硅酸盐或碳酸盐熔融状的岩浆凝固而形成,是地球各圈层之间相互作用的产物,在大陆动力学研究中具有重要的意义。岩浆作为地球各圈层之间物质和能量交换的载体,不仅携带了地球深部大量而丰富的地球科学信息,而且也是板块运动与大地构造事件的记录者;通过对岩浆活动产物(火山岩等)的科学分析与研究,可以很好的恢复古构造格局和追溯大地构造演化历史。

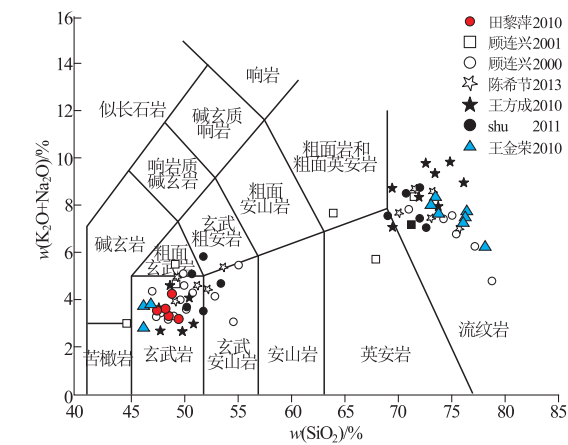


图 1 火山岩 TAS 分类图解

Fig. 1 TAS plot for volcanic rock classification

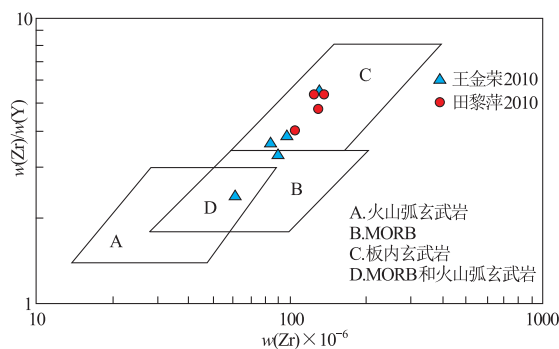


图2 玄武岩 $w(\text{Zr})/w(\text{Y})-w(\text{Zr}) \times 10^{-6}$ 图解

Fig. 2 $w(\text{Zr})/w(\text{Y})-w(\text{Zr}) \times 10^{-6}$ diagram for basalt

将前人有关博格达地区下石炭统七角井组、中石炭统柳树沟组以及祁家沟组火山岩样品的测试数据投在火山岩 TAS 分类 ($w(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})-w(\text{SiO}_2)$) 分类图解 (图 1) 上, 其中大多数玄武岩样品投入钙碱性系列区; 火山岩的 $w(\text{SiO}_2)$ 含量在 47%~55% 和 75%~80% 之间, 存在明显的 Daly 成分间断, 在时空上构成典型的双峰式火山岩组合。TiO₂ 和 MgO 含量分析表明, 样品的 $w(\text{TiO}_2)$ 值高于洋脊玄武岩 (MORB) 平均值, 而样品的 $\text{Mg}^\#$ ($\text{Mg}^\# = 100 \times \text{Mg}/(\text{Mg} + \sum \text{Fe})$) 值明显小于 MORB, 表明玄武岩浆发生过明显的橄榄石、辉石分离结晶作用^[20]; 富钠贫钾、高 Al ($w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 16\% \sim 18\%$) 特征, 表明斜长石分离结晶作用不明显; 微量元素 Ni、Cr 含量都远低于原始岩浆的参考值^[20], 显示它们是原始岩浆演化的产物。玄武岩相对富集大离子亲石元素 (LIL) Sr、K、Ba、K, 高场强元素 (HFSE) Nb、Ta、Zr 亏损明显, 标志着俯冲流体交代的地幔参与了岩浆形成过程, 或在岩浆作用过程中发生过陆壳物质同化混染作用。δEu=1.08~1.15, 反映 Eu 无异常或轻微正异常, 表明原始岩浆在演化过程中斜长石的分离结晶作用不明显。在玄武岩 $w(\text{Zr})/w(\text{Y})-w(\text{Zr})$ 判别图解 (图 2) 中, 样品大多投入板内玄武岩区域; $w(\text{Zr})-w(\text{Nb})$ 图解显示所有样品都在亏损地幔区, 其结果表明玄武岩源于亏损地幔的部分熔融。

博格达山晚古生代火山岩中的玄武岩来自于软流圈地幔岩石的局部熔融部分, 得到了很多学者的认同^[3-4, 21]。但是, 博格达山晚古生代流纹岩的元素地球化学特征以及同位素特征却表现出与其他双峰式火山岩显著的差异, 其与同期玄武岩有同源性, 流纹岩属由玄武岩岩浆分离结晶演化而来; 博

格达东段北缘的伊齐—小红柳峡一带的晚石炭世流纹岩 Rb-Sr 等时线年龄为 $296 \text{ Ma} \pm 2 \text{ Ma}$, 后造山伸展体制下形成裂陷环境的陆相流纹岩 Rb-Sr 等时线年龄 $278 \text{ Ma} \pm 2 \text{ Ma}$, 火山岩性质及其成因有别于其南部七角井早石炭世双峰式火山岩, 其岩石地球化学和同位素特征表现出与玄武岩浆有异源性, 其来源不是由同时期玄武岩浆演化而来。

3 晚古生代构造格局与构造演化

博格达山及其周缘在石炭纪时期处于南北拉张裂陷的构造环境, 特别是在构造带及周缘地区, 接受相应的火山-沉积; 晚石炭世末—早二叠世初, 出现短暂的沉积间断; 早二叠世经历了后造山伸展的裂陷(裂谷)火山-沉积, 并伴随有中酸性小侵入体的侵入作用。晚古生代石炭纪主要表征为板内拉张背景下的裂谷盆地, 就现有的地质及火山岩地球化学、物探资料研究表明, 博格达山晚古生代构造演化经历了早石炭世初始裂谷演化、晚石炭世成熟裂谷演化、早二叠世碰撞造山演化和早二叠世晚期后造山伸展的裂陷演化过程 (图 3)。

3.1 早石炭世初始裂谷演化阶段

在古生代时期, 博格达山构造演化可能与其毗邻的准噶尔古大洋、吐哈南的康古尔塔格所代表的古大洋扩张、俯冲碰撞的板块构造演化过程具有十分密切的联系。目前发现最老的地层分布在博格达山南侧的七角井一带, 为一套早石炭世早期的典型双峰式火山岩组合, 其玄武岩和流纹岩 Rb-Sr 等时线年龄分别为 $342.0 \text{ Ma} \pm 3.2 \text{ Ma}$ 和 $340.3 \text{ Ma} \pm 3.4 \text{ Ma}$, 为大陆裂谷岩浆作用的产物^[3]; 玄武岩源于亏损的软流圈地幔, 流纹岩为玄武岩浆演化的结果 (图 3-a)。在博格达东段北缘的伊齐—小红柳峡一带, 发育有大量的早石炭世中晚期双峰式火山岩组合, 岩石类型主要有块状玄武岩和酸性火山凝灰岩夹极少量的英安岩, 并获得了玄武岩 Rb-Sr 等时线年龄^[21] $322 \text{ Ma} \pm 3 \text{ Ma}$; 其形成于大陆裂谷环境, 但带有俯冲流体参与的岩浆作用过程的地球化学信息。

博格达东段早石炭世裂谷火山岩在时空上的分布存在着明显的差异, 博格达山南侧的七角井地区裂谷双峰式火山岩组合要早于北侧的。据此可以得出初步的结论, 从早石炭世早期到晚期博格达裂谷作用具有由南向北迁移的构造演化过程, 显示

裂谷初期形成演化与康古尔塔格所代表的古大洋演化过程的动力学体制有关。在区域大陆动力学作用下,博格达地区地壳发生伸展拉张作用致使地壳(岩石圈)减薄进入裂谷发展阶段,岩石圈减薄引起软流圈地幔上隆降压发生部分熔融形成七角井组和柳树沟组双峰式火山岩;柳树沟组双峰式火山岩中的流纹岩是玄武岩岩浆底侵作用促使下地壳重熔的产物。裂谷作用持续到晚石炭世末期。

3.2 晚石炭世成熟裂谷演化阶段

博格达山晚石炭世裂谷火山岩石鲜有报道。王金荣^[5]在博格达山北缘西地—小红柳峡一带发

现大量的晚石炭世柳树沟组双峰式火山岩组合,主要岩石类型有块状、枕状玄武岩、流纹岩(Rb-Sr 同位素等时线年龄为 $296\text{ Ma} \pm 2\text{ Ma}$)及酸性火山碎屑岩,标志着在晚石炭世,博格达裂谷进入鼎盛的发展阶段,结束于晚石炭世末期(图 3-b)。晚石炭世博格达裂谷岩浆作用与早石炭世完全不同^[3]。早石炭世裂谷岩浆作用形成的双峰式火山岩中的酸性熔岩(流纹岩)是幔源玄武岩浆演化的产物,为同源产物;晚石炭世柳树沟组双峰式火山岩有异源性,即玄武岩浆源自亏损地幔部分熔融的产物,而流纹岩是玄武岩浆底侵作用/热的地幔底辟体作用

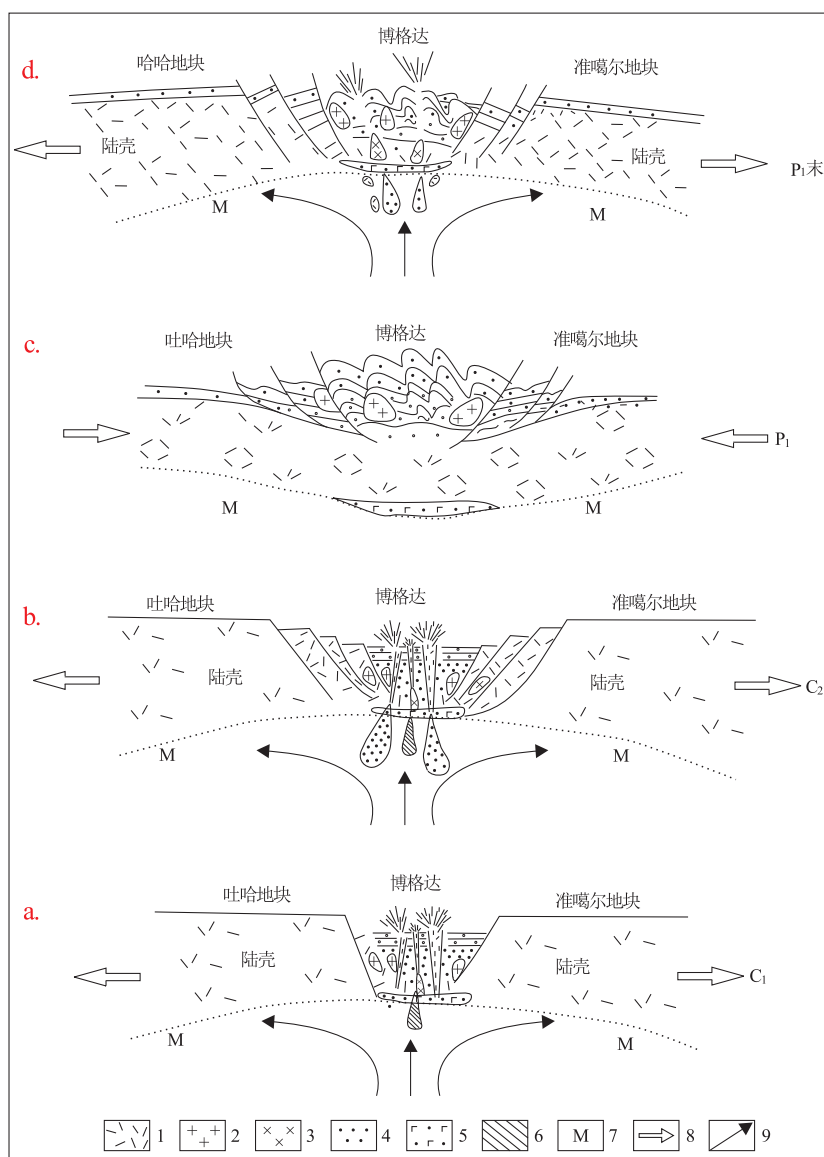


图3 博格达造山带构造演化模式示意图(据文献[23] 改编)

Fig.3 Tectonic evolution model of the bogda mountain area

1. 陆壳;2. 花岗岩侵入体;3. 地壳熔融体;4. 部分熔融体;5. 底侵玄武质岩石;
6. 被早期流体交待过的地幔;7. 地幔;8. 作用力方向;9. 地幔物质运移方向

于下地壳促使发生重熔的结果,具有典型的大陆裂谷岩浆作用的地球化学标志。很有可能是博格达裂谷的演化阶段不同而导致不同的岩浆作用过程。

3.3 早二叠世造山演化阶段

早二叠世博格达裂谷发生闭合转为挤压造山发展阶段(图 3-c)。晚石炭世末期,吐哈地块南的康古尔塔格古大洋闭合、弧陆碰撞形成康古尔塔格碰撞带^[8]预示着博格达构造体制由拉张向挤压转换,导致吐哈地块与准噶尔地块发生挤压、博格达陆内造山带的形成,造山作用持续到早二叠世晚期。在这个时期,博格达主要经历了南北挤压、地壳快速加厚、隆升和剥蚀作用,在七角井地区见有下二叠统陆相磨拉石建造角度不整合覆盖在双峰式火山岩之上,但同造山岩浆活动极其微弱。早二叠世晚期后造山伸展环境下形成的陆相酸性火山岩建造(流纹岩 Rb-Sr 等时线年龄值为 $278 \text{ Ma} \pm 2 \text{ Ma}$)标志着博格达造山作用的结束。由此可见,博格达裂谷闭合和挤压造山作用应该发生晚石炭世末,但造山作用持续的时间较为短暂,不超过 18 Ma,同造山岩浆活动十分微弱。

然而,由于博格达造山作用持续时间短暂,在许多地方造山作用表现的不明显,甚至没有出现同造山岩浆活动及火山-沉积特征。如在吐哈盆地北缘的七角井地区、桃树园、照壁山和库莱等地区普遍发育早二叠世双峰式火山岩系,尽管少量玄武岩带有俯冲流体参与的岩浆作用的地球化学信息,但均形成于造山期后的伸展裂谷(裂陷)环境;在乌鲁木齐附近,上二叠统下部与下二叠统为整合关系,二叠系具有厚度达 3 670 m 的碎屑岩和油页岩,具有湖相沉积特征,为生油岩之一。

3.4 早二叠世晚期后造山演化阶段

到早二叠世晚期,博格达构造带进入后造山演化阶段(图 3-d)。加厚的博格达地壳可能由于地壳伸展塌陷再次引起软流圈地幔上升降压导致部分熔融。研究区内这次构造岩浆事件主要表现为部分熔融产生的玄武岩浆底侵到下地壳底部,使下地壳物质发生重熔形成了陆相喷发的酸性火山岩及其火山碎屑岩。在博格达山后造山环境下形成的火山岩石组合相对较为单一,主要由克拉岗组酸性火山岩及其火山碎屑岩组成;在博格达山东北缘的克拉岗组获得流纹岩 Rb-Sr 同位素等时线年龄为 $278 \text{ Ma} \pm 2 \text{ Ma}$,形成于早二叠世^[6]。元素地球化学特征表明,流纹岩源于大陆下地壳,并且酸性岩浆分异程度较高,地壳厚度较薄。总体特征类似于

板内(陆内)流纹岩;与 Pearce^[22] 的洋脊花岗岩比较,Nb、Ta、Zr、Hf 相对轻微亏损,K、Rb、Ba、Th 等相对略富集,与板内流纹岩的配分特点相吻合,暗示早二叠世流纹岩应为下地壳中基性物质部分熔融的产物,斜长石是源区主要的残留相,在岩浆上升过程中陆壳混染作用不明显。

结合区域地质背景可以得出如下结论:在早二叠世时期,博格达经历了强烈的挤压、地壳缩短加厚、隆升造山过程;到早二叠世中晚期,加厚的地壳可能由于拆沉作用或伸展塌陷,从而使构造动力体制由挤压转为拉张,地壳进一步减薄,诱发软流圈地幔上隆降压产生玄武岩浆的底侵作用,底侵玄武岩浆加热于下地壳物质并促其发生重熔作用,形成了克拉岗组流纹岩及其火山碎屑岩。

4 结语

(1)博格达裂谷的构造演化过程经历了 4 个阶段:早石炭世初始裂谷演化,晚石炭世成熟裂谷演化,早二叠世造山演化和早二叠世晚期后造山演化。

(2)博格达裂谷作用始于早石炭世(七角井双峰式火山岩组合中的玄武岩和流纹岩 Rb-Sr 等时线年龄分别为 $342.0 \text{ Ma} \pm 3.2 \text{ Ma}$ 和 $340.3 \text{ Ma} \pm 3.4 \text{ Ma}$),裂谷发生闭合碰撞并引起区域隆起的时间为 $307.1 \text{ Ma} \pm 1.3 \text{ Ma}$ (大石头乡流纹岩 Rb-Sr 同位素年龄),由碰撞挤压到伸展拉张的转折期是 $298.4 \text{ Ma} \pm 0.76 \text{ Ma}$ (中酸性侵入体 Rb-Sr 等时线年龄),之后博格达造山带进入后造山演化阶段。

参考文献:

- [1] 潘桂棠,王立全,李荣社,等. 多岛弧盆系构造模式:认识大陆地质的关键[J]. 沉积与特提斯地质, 2012, 32(3): 1-20.
- [2] Han B F, He G Q, WANG S G. Postcollisional mantle-derived magmatism, underplating and implications for basement of the Junggar Basin[J]. Science in China Series D: Earth Sciences, 1999, 42(2): 113-119.
- [3] 顾连兴,胡受奚. 论博格达俯冲撕裂型裂谷的形成与演化[J]. 岩石学报, 2001, 17(4): 585-597.
- [4] 王银喜,顾连兴,张遵忠,等. 博格达裂谷双峰式火山岩地质年代学与 Nd-Sr-Pb 同位素地球化学特征[J]. 岩石学报, 2006, 22(5): 1215-1224.
- [5] 王金荣,李泰德,田黎萍,等. 新疆博格达造山带晚古生代构造-岩浆演化过程:火山岩组合及地球化学证据[J]. 岩石学报, 2010, 26(4): 1103-1115.

- [6] 梁婷,郭新成,高景刚,等. 博格达山东段石炭纪火山岩地球化学及构造属性[J]. 新疆地质, 2011, 29(3): 289-295.
- [7] 徐加林,刘燕学,柳永清,等. 新疆吐鲁番—哈密盆地北部下二叠统伊尔稀土组的沉积特征与盆地演化[J]. 地质通报, 2013, 32(2): 424-442.
- [8] 舒良树,夏飞. 新疆北部古生代大陆增生构造[J]. 新疆地质, 2001, 19(1): 59-63.
- [9] 李锦轶. 新疆东部新元古代晚期和古生代构造格局及其演变[J]. 地质论评, 2004, 50(3): 304-322.
- [10] 赵同阳,徐仕琪,朱志新,等. 新疆博格达—哈尔里克山地区石炭纪火山岩地质地球化学特征及其构造意义[J]. 地质论评, 2014, 60(1): 115-124.
- [11] 方国庆. 博格达晚古生代岛弧的沉积岩石学证据[J]. 沉积学报, 1993, 11(3): 31-36.
- [12] 马瑞士,舒良树,孙家齐. 东天山构造演化与成矿[M]. 北京:地质出版社, 1-202.
- [13] Coleman R G. Continental growth of northwest China[J]. Tectonics, 1989, 8(3): 621-635.
- [14] 顾连兴,胡受奚,于春水,等. 东天山博格达造山带石炭纪火山岩及其形成地质环境[J]. 岩石学报, 2000, 16(3): 305-316.
- [15] 顾连兴,胡受奚. 博格达陆内碰撞造山带挤压—拉张构造转折期的侵入活动[J]. 岩石学报, 2001, 17(2): 187-198.
- [16] 顾连兴,于春水,李宏宇,等. 博格达上大河沿岩体铷-锶同位素年龄及其地质意义[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2000, 19(1): 19-21.
- [17] 王银喜,顾连兴,张遵忠,等. 博格达裂谷闭合和区域隆起的同位素年代学证据及地质意义[J]. 地球学报, 2005, 26(B09): 102-104.
- [18] 王方成,蔡晓菊. 新疆博格达山晚古生代花岗岩地球化学特征及构造意义[J]. 兰州大学学报:自然科学版, 2010, 46(5): 1-6.
- [19] 第鹏飞,李泰德,王金荣,等. 新疆博格达造山带东段二叠纪流纹岩地球化学特征及地质意义[J]. 兰州大学学报:自然科学版, 2010, 46(3): 8-13.
- [20] Wendlandt R F, Altherr R, Neumann E R, et al. A Petrology, geochemistry, isotopes [J]. Developments in Geotectonics, 2006, 25: 47-60.
- [21] 田黎萍,王金荣,汤中立,等. 新疆博格达山东段早石炭世火山岩地球化学特征及其构造意义[J]. 兰州大学学报:自然科学版, 2010, 46(4): 30-36.
- [22] Pearce J A, Harris N B W, Tindle A G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks [J]. Journal of petrology, 1984, 25(4): 956-983.
- [23] 袁明生,梁世君,徐永昌,等. 低熟气及我国低熟气区—吐哈油气区[M]. 北京:科学出版社, 2011: 27-29.

Late Paleozoic tectonic framework and evolution process of Bogda tectonic belt in Xinjiang

ZHENG Youwei^{1, 2}, GUO Jianming, ZHENG Jianjing¹, WANG Yadong¹, XU Shiyan^{1, 2}

(1. Key Laboratory of Petroleum Resources, Gansu Province / (Key Laboratory of Petroleum Resources Research Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China);

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China)

Abstract: Based on previous data, field investigation in Bogda area and systematic study on petrology, stratigraphy and sedimentation of Bogda tectonic belt we consider that Bogda mountain area was exposed to the early carboniferous initial rift evolution, late carboniferous mature rift valley evolution, the early Permian orogenic evolution and the late early Permian post-orogenic evolution.

Key Words: Bogda mountain; tectonic frame; tectonic evolution; Late Paleozoic; Xinjiang