

新疆西天山伊犁地区石炭纪火山—沉积序列 及盆地性质

白建科^{1,2)}, 李智佩^{1,2)}, 徐学义^{1,2)}, 孙吉明^{1,2)}, 牛亚卓^{1,2)}

1) 中国地质调查局西安地质调查中心, 西安, 710054;

2) 国土资源部岩浆作用成矿与找矿重点实验室, 西安地质调查中心, 西安, 710054

内容提要:新疆西天山伊犁地区作为中天山微板块的一部分,呈“倒三角形”被缝合带或断裂带所围限。其上广泛出露的石炭纪火山—沉积岩系,是研究西天山石炭纪盆地性质和天山古生代造山作用演化过程最为直接的载体。本文通过对石炭纪火山—沉积剖面的岩石组合、地层序列、构造环境及盆地演化过程研究表明:伊犁地区石炭纪火山—沉积岩与下伏地层(前寒武纪结晶基底或前石炭纪褶皱基底)之间呈广泛的区域性角度不整合接触;火山—沉积岩系由下到上可以划分为2个序列,分别对应于盆地伸展—裂陷演化的两个旋回;序列Ⅰ:大哈拉军山组底部扇三角洲相、向上出现2次爆发相—喷溢相的火山喷发旋回,阿克沙克组底部扇三角洲相,向上过渡为滨浅海相—开阔台地相;序列Ⅱ:伊什基里克组由下到上由3次爆发相—喷溢相的火山喷发旋回构成,东图津河组为浅海陆棚相。西天山伊犁地区石炭纪火山—沉积序列反映了后碰撞伸展环境下的裂谷盆地充填演化过程。

关键词:火山—沉积序列;后碰撞伸展环境;石炭纪;伊犁地区;西天山

天山造山带位于中亚造山带西南缘,其古生代的构造演化是古亚洲洋演化史的一个重要组成部分。一般认为,天山造山带经历了古生代多地体之间的多期碰撞、增生构造事件,不仅是典型的增生型造山带,也是全球显生宙大陆地壳生长最为显著的地区(Coleman, 1989; Gao et al., 1998; Jahn, 2000; 舒良树等, 2001; 李锦轶等, 2006; 龙灵利等, 2008; Xiao et al., 2008; 高俊等, 2009; Xu et al., 2013)。在我国境内西天山造山带以中天山北缘断裂、尼古拉耶夫—那拉提北缘断裂和南天山缝合带为界,分为北天山弧增生体、伊犁地块、中天山复合弧地体和塔里木北部陆缘(高俊等, 2009)。伊犁地区作为伊犁地块的主体,内部及周缘广泛出露的石炭纪火山—沉积岩系与主要火山岩型矿产关系密切,自西北向东南,依次可以分为3个主要的成矿带,即别珍套—汗吉尕铜多金属成矿带、博罗霍努铜金成矿带和阿吾拉勒铁铜成矿带,是新疆西天山地区重要的矿产勘查层位(张作衡等, 2012)。查明伊犁地区石炭纪火山—沉积岩形成构造环境对于理解古亚洲洋闭合时限、西天山造山带的构造演化及成

矿地质背景研究均具有重要意义。但迄今为止,地质学界对西天山伊犁地区石炭纪火山—沉积岩系形成构造环境的认识还存在很大争议,主要有以下三种认识:① 古天山洋的闭合时间在晚泥盆世之前,早石炭世开始进入新的造山后裂谷拉伸阶段,火山—沉积岩系具有板内裂谷火山岩系岩石地球化学特征,形成于碰撞后裂谷拉伸环境(车自成等, 1996; 沙德铭等, 2003; 顾连兴等, 2001; 程春华等, 2010),这些火山—沉积岩系的形成可能与碰撞后裂谷拉张环境的古地幔柱活动有关(夏林圻等, 2006);② 早石炭世火山—沉积岩系形成于岛弧或陆缘弧环境(朱永峰等, 2005; 王博等, 2007; 李大鹏等, 2013)或活动大陆边缘弧后拉张环境(钱青等, 2006),晚石炭世火山—沉积岩系形成于大陆板内裂谷环境(李永军等, 2010a; 朱志新等, 2012);③ 古天山洋的关闭可能发生在二叠纪晚期或晚二叠世之后,石炭纪火山—沉积岩系形成于沟—弧—盆体系构造环境(Zhang et al., 2007; Xiao et al., 2008),上二叠统区域性红色磨拉石沉积及博罗霍努岩体地球化学特征表明天山地区从晚二叠世开始

注: 本文由国家自然科学基金青年基金项目(编号: 41202077)和中国地质调查局项目(编号: 12120113041000, 1212011085475, 12120113042200, 1212011220649)联合资助成果。

收稿日期: 2014-09-17; 改回日期: 2014-10-18; 责任编辑: 黄敏。

作者简介: 白建科, 男, 1983年生, 工程师, 主要从事沉积学、盆地分析与造山带演化方面的研究。Email: baijianke2003@163.com。

已经进入陆内演化阶段(王博等, 2007)。综上所述, 目前关于西天山伊犁地区石炭纪火山—沉积岩系构造环境的观点可以归纳为大陆裂谷环境、活动大陆边缘环境和岛弧环境、弧后盆地环境。

纵观前人研究, 其成果的取得多是基于该地区石炭纪某一时期火山岩(早石炭世大哈拉军山组或晚石炭世伊什基里克组)岩石地球化学和同位素年代学的研究, 缺乏将伊犁地区石炭纪火山—沉积岩系作为一个有机整体, 从火山—沉积盆地充填序列及盆地性质角度对其形成构造环境进行研究。因此, 确定西天山伊犁地区石炭纪火山—沉积盆地中岩石组合、地层序列、基本层序及盆地性质等对于探讨伊犁地区晚古生代构造环境及天山古生代构造演化过程均具有重要意义。

将沉积盆地的发展与相邻造山带的演化相结合, 通过对盆地基底属性、充填物性质和序列及物源区岩石组合特征的综合研究, 来鉴别与恢复造山带中沉积盆地构造原型, 可为造山带的构造演化、板块构造重建和区域成矿研究提供重要依据(Dickinson et al., 1979; Dickinson, 1985)。因此, 开展伊犁地

区石炭纪火山—沉积序列及盆地性质探讨, 不仅有助于理解西天山石炭纪沉积构造背景, 而且为进一步探讨西天山古生代造山带的形成与构造演化过程提供依据。

1 区域地质背景

新疆西天山伊犁地区位于准噶尔板块和塔里木板块的交汇部位, 夹于中天山北缘断裂和南部尼古拉耶夫—那拉提山北坡断裂之间, 呈楔形向东尖灭, 其南北两侧均发育古生代造山带(图 1)。伊犁地区石炭纪火山—沉积盆地是叠加在前寒武纪结晶基底或早古生代加里东造山带上发展起来, 野外可观察到石炭纪火山—沉积岩系分别角度不整合于早古生界地层或前寒武纪变质基底之上。伊犁地区北部出露最古老地层为温泉岩群, 呈西窄东宽的断块产出, 为一套由高级片麻岩类与变质表壳岩类组成的中深变质岩系(刘伟等, 2009)。早古生代地层出露齐全, 寒武纪—奥陶纪为一个连续沉积序列, 由含磷碎屑岩—碳酸盐岩(磷矿沟组—肯萨依组—果子沟组)→笔石相碎屑岩—碳硅质岩—碳酸盐岩组合

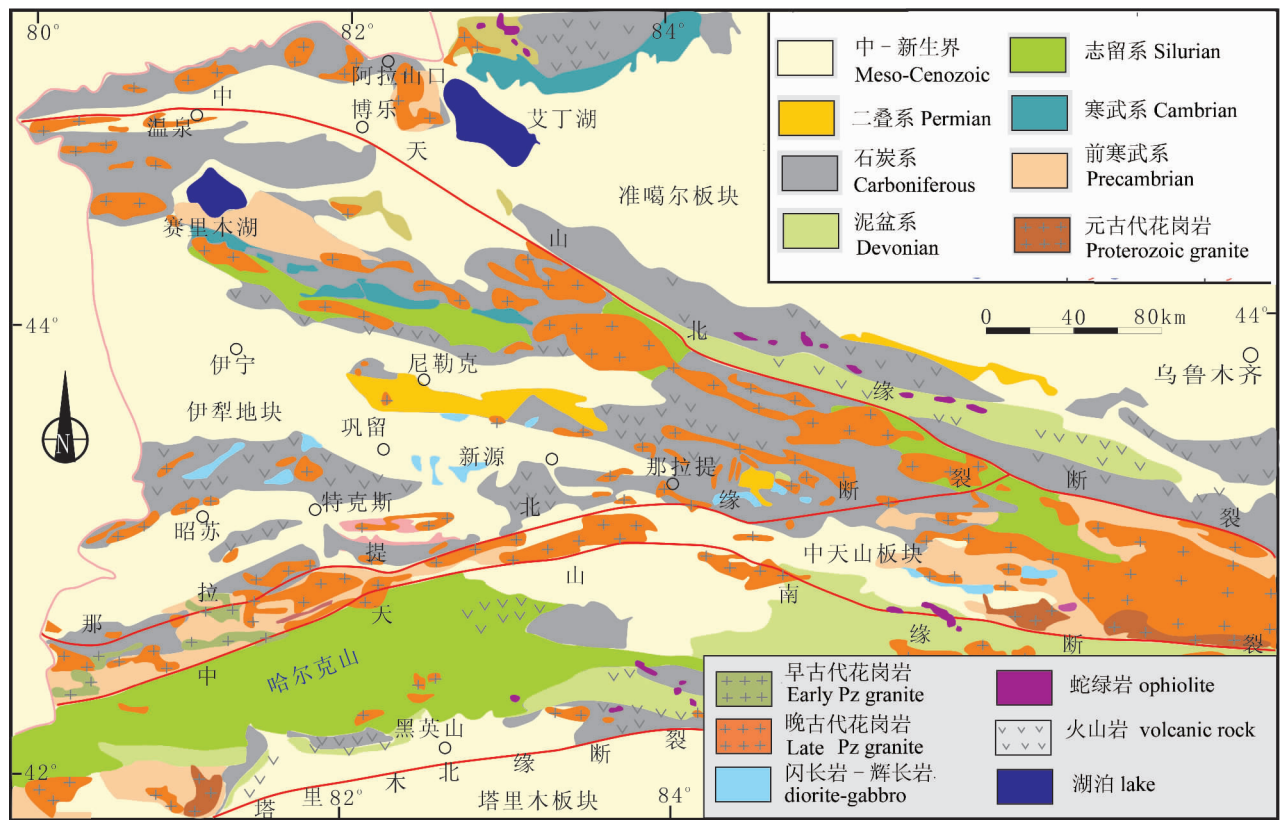


图 1 西天山伊犁地区石炭纪火山—沉积盆地地质简图(据 Xu Xueyi et al., 2013)

Fig. 1 Sketch geological map of Carboniferous volcanic—sedimentary basin in Ili area, western Tianshan Mountains (modified after Xu Xueyi et al., 2013)

(新二台组—科克萨雷溪组—呼都克达坂组 O) 序列构成,总体反映形成于深海到次深海非补偿海盆环境,在坳陷最深处出现含菱锰矿火山岩—碎屑岩组合(奈楞格列达坂群 O₃)。志留纪地层由笔石相含碳泥质岩、碎屑岩(尼勒克河组 S₁)——介壳相碎屑岩(基夫克组 S₂—库茹尔组 S₃)——杂色碎屑岩(博罗霍洛山组 S₄) 序列组成。南部出露最古老的地层为木札尔特岩群,呈 NEE 向断续带状展布或零星出露,主体为一套达到角闪岩相变质的层状岩系。早古生代地层在伊犁南部大部分缺失,仅存在志留系巴音布鲁克组火山岩—碎屑岩组合。晚古生代地层遍布于整个伊犁地区,但普遍缺失早泥盆世沉积记录,中—晚泥盆世地层由海相或海陆交互火山岩—碎屑岩组成。石炭纪地层分布比泥盆纪地层广,自下而上可划分为四套岩石组合:大哈拉军山组(C_{1d})——阿克沙克组(C_{1a})——伊什基里克组(C_{2y})——东图津河组(C_{2d})。大哈拉军山组岩石组合为玄武岩、安山岩、流纹岩、粗面岩、火山碎屑岩、碎屑岩及少量灰岩;阿克沙克组岩石组合为:粗碎屑岩、细碎屑岩、生物碎屑灰岩;伊什基里克组岩石组合为玄武岩、流纹岩及火山碎屑岩;东图津河组岩石组合为海陆交互相砂岩、细砂岩夹砂砾岩及泥灰岩。各组合之间为火山喷发不整合或整合接触关系。总体反映了石炭纪盆地的火山喷发—正常沉积的充填过程和由海侵到海退的沉积环境变化。

2 石炭纪地层特征

在区域构造上,西天山伊犁地区是中天山—伊犁地块的重要组成部分,广泛出露石炭纪火山—沉积地层(图1),其自下而上依次为:大哈拉军山组(C_{1d})——阿克沙克组(C_{1a})——伊什基里克组(C_{2y})——东图津河组(C_{2d}),各组之间为火山喷发不整合或整合接触关系。区域地质调查发现,西天山地区早石炭世火山—沉积岩系与下伏地层之间呈广泛的区域性角度不整合接触。该不整合面上、下地层在岩相古地理、变质程度和变形样式上均迥然有别。伊犁地区石炭纪各地层单元特征简述如下:

2.1 大哈拉军山组

大哈拉军山组(C_{1d})在伊犁地区南北部及中部乌孙山、阿吾拉勒山分布广泛,呈带状沿山走向展布,不整合于早古生代地层或前寒武纪变质基底之上。岩石组合总体为流纹岩、粗面岩、粗面安山岩、玄武岩、中酸性火山碎屑岩、正常沉积岩及少量灰岩。全区火山岩分布具有一定的规律性:伊犁地区

北部博罗科努地区火山岩组合,由西向东从玄武安山岩、安山岩为主,逐渐变为以英安岩和流纹岩为主;中部的阿吾拉勒地区以安山岩、英安岩为主,含少量流纹岩;南部的乌孙山—塔斯巴山地区以安山岩为主,约占50%,玄武岩、英安岩和流纹岩所占比例相近。在伊犁地区南、北部,大哈拉军山组底部普遍发育一套冲积扇粗碎屑岩组合,主要为砾岩、含砾粗砂岩、粗砂岩夹少量粉砂岩、泥岩。例如:伊犁地区南部特克斯县东南哈拉峻山地区及其北部伊宁县北也门得河地区。岩石组合表现为底部粗碎屑砂砾岩,向上逐渐过渡为细砂岩,随之而来的是中基性与中酸性火山岩的交替喷发。大哈拉军山组建组剖面底部粗碎屑岩中安山岩夹层(采样位置: N43° 05.785', E81° 53.160') 锆石 U-Pb 年龄为 358.9 ± 2.3 Ma,区域相变强烈,西部大哈拉军山组地层厚度大,火山作用强烈,向东地层厚度变薄,火山作用渐弱,大哈拉军山组中沉积岩和火山岩厚度各占一半,且时代有逐渐变新的趋势,在新源县城南恰普恰河边所采大哈拉军山组英安岩(采样位置: N43° 20.808', E83° 14.686') 锆石 U-Pb 年龄为 332.7 ± 3.6 Ma,再向东到巴伦台直至托克逊地区,早石炭世地层岩石组合相变为碎屑岩—碳酸盐岩建造。

2.2 阿克沙克组

阿克沙克组(C_{1a})主要分布于特克斯河流域,恰普恰勒山,伊什基里克山,萨阿尔明山北坡,是继大哈拉军山组火山岩大规模喷发之后沉积的一套碎屑岩—碳酸盐岩沉积建造组合,整合于大哈拉军山组火山岩之上。岩石组合主体为灰黑色—深灰色砾岩、含砾粗砂岩、长石岩屑砂岩、含有机质粉砂岩、生物碎屑灰岩、微晶灰岩、细晶白云岩、泥云岩。在伊犁地区北部伊宁县北琼阿希河谷和尼勒克县北于赞,该组下部普遍发育一套粗碎屑岩沉积,岩石组合为砾岩、砂砾岩、岩屑砂岩、泥岩,形成于扇三角洲沉积环境,向上过渡为浅海相的生物碎屑灰岩、泥晶灰岩等(李永军等, 2010b; 白建科等, 2011),伊宁县北琼阿希河谷阿克沙克组底部泥岩中发现完整的硅化木化石(白建科等, 2011)。向南到阿吾拉勒山阔尔库沟一带,碳酸盐岩岩石组合主体为灰—灰黑色浅海相生物碎屑灰岩、泥灰岩,上部见紫色酸性火山碎屑岩,含丰富的蠕、珊瑚、腕足、双壳及腹足类,其中发育典型风暴成因的竹叶状砾屑灰岩,到最南部阿吾拉勒南坡—特克斯达坂北坡一带的阿克沙克组是典型的深水相碳酸盐岩—硅质岩建造(李永军等, 2010b)。

2.3 伊什基里克组

伊什基里克组 (C_{2y}) 主要分布于乌孙山,阿吾

拉勒山和博罗科努山南坡,整合覆于阿克沙克组之上,在特克斯达坂伊特公路旁,观察到阿克沙克组顶

地层系统					厚度 (m)	岩性结构柱	时代依据	岩性简述	沉积构造环境	盆地演化旋回		
界	系	统	组	段								
古生界	石炭系	上石炭统	东图津河组		1125		瓣鳃类: <i>Obliquipecten xinjianggensis</i> <i>Streblochondria tenuilineata</i> <i>Sanguinolites hamiensis</i> 腹足类: <i>Bellerophon tamugangensis</i>	灰紫色薄层状细砂岩	浅海陆棚	第二旋回——晚石炭世伸展—裂陷	快速充填	
						灰色厚层状鲕粒灰岩						
						灰色薄层状生物碎屑灰岩						
			伊什基里克组		2200		锆石U-Pb年龄313±2.6Ma	浅灰绿色火山角砾岩、含角砾凝灰岩及凝灰岩	爆发相		裂陷加剧，大规模火山活动	
								灰黑色玄武岩、安山质玄武岩，斑状结构，肉红色流纹岩，流纹岩中发育流纹构造	喷溢相			
								肉红色酸性火山角砾岩、含角砾凝灰岩，紫红色凝灰岩	爆发相			
								灰黑色玄武岩，斑状结构	喷溢相			
								浅灰褐色火山角砾岩，向上逐渐过渡为含角砾凝灰岩	爆发相			
								阿克沙克组	上段		1663	
			下段		黄灰色中-厚层状含砾粗砂岩、砂岩、粉砂岩、泥岩，交错层理，向上变细的正粒序层理、槽状斜层理	滨浅海	第一旋回——早石炭世伸展—裂陷					
			灰色砾岩、含砾粗砂岩、砂岩	扇三角洲								
			下石炭统	大哈拉军山组		2418		锆石U-Pb年龄332.7±3.6Ma	灰色玄武岩、玄武安山岩、安山岩、流纹岩夹少量中酸性火山凝灰岩、含角砾凝灰岩		喷溢相	盆地开启，大规模火山活动
灰色中酸性火山角砾岩、含角砾凝灰岩、酸性熔结凝灰岩及少量安山岩、流纹岩	爆发相											
灰色玄武岩、安山岩、安山玄武岩、流纹岩夹薄层状安山质凝灰岩	喷溢相											
紫红色安山质凝灰岩、含角砾凝灰岩、晶屑凝灰岩	爆发相											
灰色厚层状砾岩、砂岩、泥岩	扇三角洲											
新元古界		库什台群						灰白色大理岩含燧石条带		裂谷基底		
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16												

图 2 西天山伊犁地区石炭纪火山—沉积序列

Fig. 2 The Carboniferous volcanic—sedimentary succession in Ili area, western Tianshan Mountains

- 1—砾岩;2—含砾粗砂岩;3—砂岩;4—粉砂岩;5—泥岩;6—火山角砾岩;7—含角砾凝灰岩;8—凝灰岩;9—泥晶灰岩;10—泥质灰岩;11—生物碎屑灰岩;12—鲕粒灰岩;13—大理岩;14—玄武岩;15—安山岩;16—流纹岩
- 1—conglomerate;2—gravelly coarse sandstone;3—sandstone;4—siltstone;5—mudstone;6—volcanic breccia;7—breccia-bearing tuff;8—tuff;9—limestone;10—argillaceous limestone;11—bioclastic limestone;12—oolitic limestone;13—marble;14—basalt;15—andesite;16—rhyolite

部灰岩中开始出现伊什基里克组安山质凝灰岩透镜体(图 3f),灰岩之上整合覆盖安山岩,说明新疆西天山伊犁地区早、晚石炭世之间为整合接触关系(图 3e)。岩石组合主体为火山熔岩和火山碎屑岩,熔岩以玄武岩、流纹岩为主夹有少量安山岩,显示“双峰式”火山岩特点。火山碎屑岩中沉凝灰岩较为发育,成层性较好并见纹层状构造,说明沉积时水体稳定,能量不高。另外,局部地带夹少量灰岩、钙质砂岩,含腕足类化石和植物碎片,为火山活动间歇期滨海浅海沉积(朱志新等, 2012)。在乌孙山一带,该组整合于阿克沙克组之上,底部为正常沉积凝灰质砂砾岩,向上为灰绿色—紫红色流纹斑岩、英安斑岩、玄武岩及同质火山碎屑岩、凝灰质碎屑岩,常见玄武岩与流纹岩互层,双峰式特点较明显。向东到阿吾拉勒山一带发育基—中—酸性熔岩、火山碎屑岩、沉凝灰岩及正常沉积碎屑岩,其中的流纹岩(采样位置: N43°36. 512', E82°45. 823') 锆石 U-Pb 年龄为 313 ± 2.6 Ma。西天山伊犁地区伊什基里克组岩石组合总体表现为:由西向东正常沉积碎屑岩组合逐渐增多的趋势,且局部可见到火山弹及相关火山机构,指示陆相火山喷发特征。

2.4 东图津河组

东图津河组(C₂d)主要分布于阿吾拉勒山西部至伊什基里克山南坡,整合覆于伊什基里克组之上。东图津河组总体为一套碎屑岩和碳酸盐岩建造,岩性组合表现为:下部为浅灰绿色厚层状含砾粗砂岩,砾石含量约占 5%,砾径 1~3cm,砾石排列具定向性和成层性。砾石成份主要为灰岩砾石,约占砾石总量的 70%,其余为火山岩砾石,其中灰岩砾石中可见到海百合茎等生物碎屑。砾石磨圆较好,大部分呈椭圆形,分选中等,胶结物为砂质。向上为灰褐色中细粒、长石岩屑砂岩、钙质细粒岩屑砂岩,水平层理发育,底部具斜层理,细层与顶面截交,而与底面呈收敛状相交,再向上为褐灰色粉砂岩、粉砂质泥岩;中部为灰、灰黑色砂屑灰岩、泥质灰岩、生物碎屑灰岩、大理岩化灰岩夹钙质砂岩、粉砂岩等;上段岩性为深灰、灰绿色钙质、泥质粉砂岩、岩屑砂岩、长石

岩屑砂岩、粉砂岩夹薄层状灰岩、流纹质晶屑凝灰岩、煤层等。灰岩富含双壳、腕足、珊瑚、腹足类及植物等,代表性种属有:双壳类: *Obliquipecten xinjianggensis* Yang, *Xinjiangopecten tamugangensi* Yang, *Aviculopecten occidentalis* Shumard, *Streblochondria tenuilineata* (Meek et worthen);腹足类: *Bellerophon tamugangensi*;植物: *Noeggerathiopsis*. sp., *Angaridium* ? sp.;珊瑚: *Amygdalophylloides* cf. *Kepingensis* Zeng, *Neokoninckophyllum* cf. *posttortuosum* (Fomitcher);腕足类: *Dielasma bovidens* Morton; *Martinia kunlunia* Zhang, 时代为晚石炭世(张天继等, 2006)。

3 石炭纪火山—沉积序列

沉积盆地的层序地层序列和沉积充填演化史是盆地地球动力学过程的总体响应。盆地内构造作用、火山爆发、沉积作用等多旋回性或阶段性演化,决定着盆地层序和沉积充填演化的基本特征(林畅松等, 2009)。伊犁地区石炭纪火山—沉积盆地由下到上可以划分为两个火山—沉积序列:序列 I:大哈拉军山组碎屑岩、火山岩、火山碎屑岩及阿克沙克组碎屑岩、碳酸盐岩;序列 II:伊什基里克组双峰式火山岩、火山碎屑岩及东图津河组碎屑岩、碳酸盐岩。序列 I 和序列 II 对应于盆地演化的两个旋回,第一个旋回为早石炭世盆地初始伸展—裂陷阶段;第二旋回为晚石炭世盆地经历稳定沉降期后再一次伸展—裂陷阶段(图 2)。

3.1 火山—沉积序列 I

早石炭世早期大哈拉军山组底部发育粗碎屑岩,主要为砾岩、含砾粗砂岩和少量粉砂岩、泥岩。这套粗碎屑岩主要分布在伊犁地区南部、北部(图 3a、3b),砾岩出露厚度大于 100m,为灰白或灰紫色砾岩,砂质胶结,砾石成份复杂,主要为脉石英、燧石、大理岩、火山岩等,具棱角—次圆状,分选性较差,大小 2mm×3mm~1m×2m,多为砂质胶结。向上逐渐过渡为含砾粗砂岩、粗砂岩,整体构成下粗上细的正粒序,在垂向上发育 3~4 个正粒序旋回,单

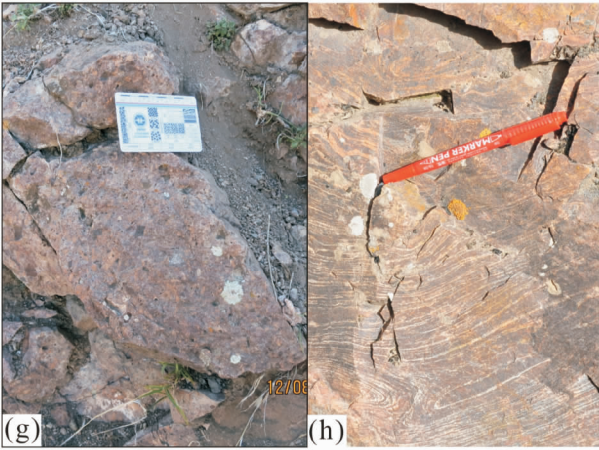
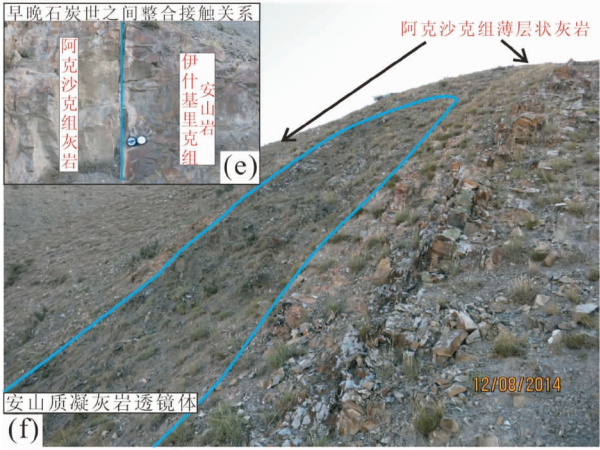


图 3 西天山伊犁地区石炭纪典型岩石组合特征
Fig. 3 The typical characteristics of Carboniferous rock association in Ili, area, western Tianshan Mountains

- (a) 伊犁地区北部大哈拉军山组底部砾岩;(b) 伊犁地区南部大哈拉军山组底部砾岩;(c) 阿克沙克组薄层状灰岩;(d) 阿克沙克组灰岩中腕足化石;(e) 阿克沙克组顶部灰岩中安山质凝灰岩透镜体;(f) 早、晚石炭世之间整合接触关系;(g) 伊什基里克组火山角砾岩;(h) 伊什基里克组流纹岩中流纹构造;(i) 东图津河组含砾粗砂岩;(j) 东图津河组厚层状灰岩
- (a) conglomerate from the bottom of the Dahalajunshan Formation in northern Ili area; (b) conglomerate from the bottom of the Dahalajunshan Formation in southern Ili area; (c) thin-bedded limestone of the Akeshake Formation; (d) brachiopods fossil from the Akeshake Formation; (e) andesite tuff lens between limestone from the top of the Akeshake Formation; (f) conformable contact between the lower and late carboniferous; (g) volcanic breccias from the Yishijilike Formation; (h) rhyolitic structure from the Yishijilike Formation; (i) gravelly coarse sandstone from Dongtujinhe Formation; (j) thick layer limestone from Dongtujinhe Formation

个旋回厚约 5~6m。这套砾岩代表了盆地开启阶段陆相磨拉石的快速就地沉积过程。再向上逐渐过渡为灰绿色薄层状细砂岩、粉砂岩、泥岩,灰黑色薄层状泥岩中见到层孔虫化石,灰—灰黑色薄层状含燧石结核(或条带)灰岩,泥晶灰岩中夹紫红色薄层状安山岩。接着开始爆发大规模的火山活动,形成了 2 个火山喷发韵次:第一韵次的爆发相为安山质凝灰岩、含角砾凝灰岩,喷溢相为玄武岩、安山岩、安山玄武岩、流纹岩夹薄层状安山质凝灰岩;第二韵次的爆发相为中酸性火山角砾岩、含角砾凝灰岩及少量安山岩、流纹岩,喷溢相为玄武岩、玄武安山岩、流纹岩夹少量含角砾凝灰岩。

早石炭世晚期开始,火山活动渐弱,盆地进入了快速海侵阶段,首先在阿克沙克组底部形成了扇三角洲环境的砾岩、含砾粗砂岩、长石岩屑砂岩及少量细砂岩(李永军等, 2010b; 白建科等, 2011)。砾岩中砾石成份主要为火山岩砾石,主要为浅灰到灰色凝灰岩和中酸性火山岩,分选性差,次棱角状,粒径大小悬殊,大者可达 15~17cm,小者仅有 1~2cm。砾石含量约为 50%~60%,填隙物为粗砂,含量约 40%,颗粒支撑。垂向上粒序不明显,指示沉积物搬运距离不远,沉积环境很近,表现出扇三角洲平原沉积特征。向上粒度逐渐变细,过渡为细粒砂岩、粉砂岩、泥岩。细粒砂岩中发育平行层理,上部见到少量泥岩、粉砂岩沉积,具有扇三角洲前缘沉积物特征,硅化木化石产于这套泥岩中(白建科等, 2011);中部为黄灰色中—厚层状含砾粗砂岩、细粒砂岩、粉砂岩、泥岩,发育交错层理,正粒序层理、槽状斜层理,形成于滨浅海环境;上部为灰色中薄层状生物碎屑灰岩(图 3c)、薄层状泥晶灰岩、夹薄层状凝灰岩,含丰富的珊瑚、腕足(图 3d)、菊石及海百合茎等,发育水平层理、波状层理、低角度斜层理,形成于开阔台地相环境。

3.2 火山—沉积序列 II

晚石炭世早期伊什基里克组开始,随着盆地伸展—裂陷作用的进一步加剧,开始爆发大规模的火山活动,形成一套以中酸性熔岩、基性熔岩、火山碎屑岩、沉火山碎屑岩为主的岩石组合。具有双峰式裂谷火山岩特征,岩石组合及地球化学各种参数和图解均显示出大陆板内裂谷火山岩特征(刘静等, 2006)。值得注意的是本组中沉凝灰岩较发育,且成层性好并见纹层构造,说明沉积时水体稳定,另外局部地带夹少量灰岩、钙质砂岩,含腕足化石和植物碎片,为火山活动间歇期沉积(朱志新等, 2012)。该地区裂谷火山岩性系形成了 3 个火山喷发韵次:第一韵次的爆发相为浅灰褐色火山角砾岩(图 3g)、向上逐渐过渡为含角砾凝灰岩,喷溢相为灰褐色玄武岩;第二韵次的爆发相为中酸性火山角砾岩、含角砾凝灰岩及紫红色凝灰岩,喷溢相为灰黑色玄武岩、安山质玄武岩及流纹岩(图 3h);第三韵次的爆发相为浅灰绿色火山角砾岩、含角砾凝灰岩及凝灰岩,缺失喷溢相。

晚石炭世晚期东图津河组开始,在早期大规模火山爆发之后,盆地进入相对稳定发展时期。初始海侵作用使得东图津河组底部出现紫褐色厚层状含砾粗砂岩(图 3i),砾石成分为安山岩、英安岩及少量流纹岩、灰岩,次棱—次圆状,分选差,大者砾径达 3cm 以上,胶结物为砂质,砾石主要来自下伏的伊什基里克组。随着裂陷—沉降作用的进一步加剧,盆地可容空间增大,造成沉积物由陆缘碎屑岩逐渐过渡为碳酸盐岩(图 3j),表现为台缘浅滩环境的灰黑色厚层状生物碎屑灰岩、鲕粒灰岩;伴随着相对海平面上升,沉积物表现为高位体系域的碎屑岩建造,岩石组合为深灰、灰绿色钙质、泥质粉砂岩、钙质岩屑砂岩、长石岩屑砂岩、粉砂岩夹薄层状灰岩、流纹质晶屑凝灰岩、煤层等。东图津河组碎屑岩及碳酸盐

岩形成于浅海陆棚环境。

综上所述,西天山伊犁地区石炭纪火山—沉积盆地充填序列反映了裂谷盆地演化的 2 个伸展—裂陷过程。① 早石炭世伸展—裂陷:大哈拉军山组底部扇三角洲相、向上出现 2 次爆发相—喷溢相的火山喷发旋回,阿克沙克组底部扇三角洲相,向上过渡为滨浅海相—开阔台地相;② 晚石炭世伸展—裂陷:伊什基里克组由下到上由 3 次爆发相—喷溢相的火山喷发旋回构成,东图津河组为浅海陆棚相,垂向上构成向上变深的序列(图 2)。西天山伊犁地区石炭纪火山—沉积盆地充填序列与裂谷盆地充填序列(邵济安等, 2003; 杨菲等, 2012)一致。综合前人认识,天山地区早石炭世火山岩系与下伏地层(包括前寒武纪结晶基底和前石炭纪褶皱基底)之间广泛的区域不整合接触,代表了天山古生代洋盆(古亚洲洋)闭合—碰撞造山事件(夏林圻等, 2006)。因此,我们认为西天山伊犁地区石炭纪火山—沉积序列代表碰撞造山后裂谷盆地充填演化过程。

4 火山—沉积盆地性质

4.1 盆地开启

泥盆纪后期,随着北天山洋和南天山洋闭合,博罗科努早古生代陆缘弧与南部南天山古生代边缘海盆和额尔宾山晚古生代残余盆地隆起成山,与伊犁微板块(陆块)相拼贴,构成伊犁石炭纪火山—沉积盆地的雏形(李凤鸣等, 2011)。新疆西天山伊犁地区自早石炭世早期开始,广泛发育下石炭统大哈拉军山组及同期层位的火山—沉积岩系角度不整合覆盖于各种类型和时代的基底之上(图 4)。地层不整合接触是鉴别区域褶皱幕、恢复古沉积盆地演化及鉴定地壳运动特征的重要依据,是区域地层划分对比的关键界面(李永军等, 2010a)。新疆西天山伊犁地区下石炭统底部的不整合面代表着一个重大的地质事件——碰撞后裂谷拉伸事件的“起点”,如大哈拉军山组、马鞍桥组等底部砾岩,这些底砾岩的沉积作用以扇三角洲相为特征,并超覆于前寒武纪结晶基底或前石炭纪变质基底之上(图 4)。这一地质事实表明,中晚泥盆世期间,伊犁地区经历了一次区域性的隆升造山事件,使得石炭纪地层与其下伏地层间呈区域性角度不整合接触,而且不整合面上、下地层是不同构造环境下的产物,且两套地层在岩相古地理、变质程度和变形样式上均迥然有别。其上,石炭纪火山岩系地层变质轻微或未变质,变形不强

呈舒缓褶皱;其下地层变质深,具强烈褶皱变形。该不整合界面在天山西段的哈尔克山地区、天山中段的巴仑台地区、天山东段的七角井及库米什地区等均可见到(夏林圻等, 2006)。这表明下石炭统底部的不整合界面代表了在古生代洋盆(古亚洲洋)闭合、褶皱造山事件。随着古亚洲洋闭合、构造碰撞作用的影响,导致海洋面积大范围减少,伊犁地区大部分暴露在水上,沉积作用基本终结,侵蚀作用大范围展开,形成了下石炭统与下伏地层之间区域性的角度不整合接触面。因此,大哈拉军山组底部砾岩及退积型沉积序列代表的是经历一次造山作用后新一轮伸展—裂陷盆地的开启。

4.2 盆地演化

大量资料表明,新疆西天山伊犁地区石炭纪火山—沉积盆地具早期(早石炭世)较为动荡、复杂、拉张作用不均一到后期(晚石炭世)拉张作用相对平稳的变化特征,这也是由早期火山型被动陆缘,向后期裂陷槽,并最终向晚期(二叠纪)成熟裂谷发展的表现(李凤鸣等, 2011)。早石炭世早期大哈拉军山组及其相当层位底部普遍发育粗碎屑岩,主要为巨砾岩、砾岩、含砾粗砂岩,向上逐渐过渡为砂岩、粉砂岩、泥岩、灰岩,这种由陆相向海相转化的退积型沉积序列,反映了递进的裂陷—拉张作用。以砾岩为特征的扇三角洲沉积体系正是在这种构造环境下形成的,而非挤压构造环境下的产物。从空间分布来看,大哈拉军山组底砾岩往往分布于伊犁地区石炭纪盆地的边缘,例如伊犁地区北部的伊宁北和尼勒克剖面、伊犁地区南部特克斯剖面和伊犁地块东缘的马鞍桥剖面(图 4),向盆地内部,砾岩规模逐渐变小,沉积物粒度相对变细,取而代之的是大规模的火山熔岩,这种变化也反映在沉积层序的垂向上,沉积环境经历了扇三角洲平原—扇三角洲前缘—浅海相—爆发相—喷溢相的演变。河流冲积扇明显地侧向超覆于青白口系库什台群变质岩、奥陶纪呼独克达坂组厚层状灰岩、志留纪尼勒克河组紫红色细碎屑岩、奥陶纪可可乃克群变砂岩之上,反映当时海侵作用逐渐增加,水体变深。随着裂陷拉伸作用的加剧,大哈拉军山组底砾岩的分布特征反映盆地边缘处于十分不稳定的差异性升降状态,预示着即将爆发大规模火山活动。随着盆地裂陷作用的加剧,伊犁地区爆发了大规模的火山活动,形成 2 个明显的由爆发相—喷溢相的火山喷发旋回。早石炭世晚期开始,火山活动减弱,阿克沙克组底部发育了扇三角洲相,有大量的火山集块岩、火山角砾岩、碎屑岩砾

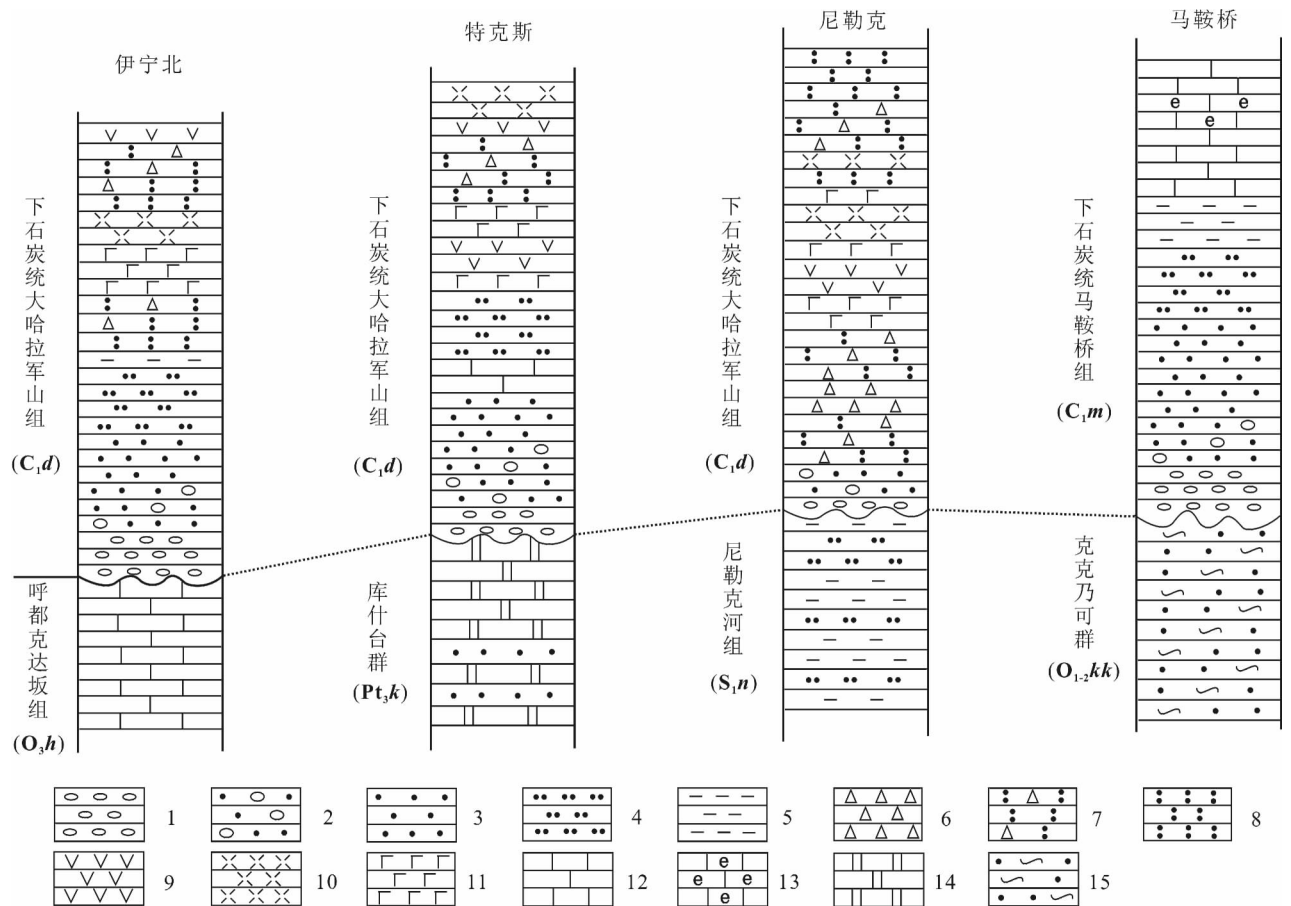


图 4 西天山及邻区下石炭统与下伏地层不整合接触关系

Fig. 4 The unconformity relationship between Lower Carboniferous and its underlying strata in western Tianshan and its neighboring area

1—砾岩;2—砂砾岩;3—砂岩;4—粉砂岩;5—泥岩;6—火山角砾岩;7—含角砾凝灰岩;8—凝灰岩;9—安山岩;
10—流纹岩;11—玄武岩;12—泥晶灰岩;13—生物碎屑灰岩;14—大理岩;15—变砂岩

1—conglomerate;2—sandy conglomerate;3—sandstone;4—siltstone;5—mudstone;6—volcanic breccia;7—breccia-bearing tuff;
8—tuff;9—andesite;10—rhyolite;11—basalt;12—limestone;13—bioclastic limestone;14—marble;15—meta-sandstones

石,代表了石炭系底部在大规模裂谷火山岩爆发之后向陆的转化,然后裂谷进入稳定期,随着盆地的不断扩张和海平面上升,沉积物质不断注入,相对可容空间减少,其岩石组合逐渐由陆缘碎屑岩过渡为碳酸盐岩,其沉积以阿克沙克组为代表,在沉积相上表现为扇三角洲相—滨海相—浅海相的退积型沉积序列。

经历了早石炭世晚期盆地相对稳定的沉降期后,从晚石炭世早期开始,随着盆地伸展—裂陷作用的进一步加剧,盆地开始爆发大规模的“双峰式”裂谷火山活动,形成一套以中酸性熔岩、基性熔岩、火山碎屑岩、沉积岩为主的岩石组合(车自成等, 1996; 刘静等, 2006; 李永军等, 2010b; 朱志新等, 2012)。晚石炭世岩浆活动在岩石组合上也显示出

明显的双模式特点,有辉长岩—辉绿岩、二长花岗岩—正长花岗岩等组合,与伊什基里克组双峰式火山岩地球化学特征基本一致,共同组成了板内裂谷碱性双峰式火山—侵入岩建造。西天山特克斯东北部出露的晚石炭世哈拉达拉辉长岩岩体形成于后碰撞造山早期伸展环境。这种强烈的双模式火山喷发—间歇沉积—基性岩床和岩墙群的侵入过程是后碰撞伸展构造环境中裂谷盆地演化特征表现。晚石炭世晚期开始,在早期大规模火山爆发之后,盆地进入相对稳定发展时期。初始海侵作用使得东图津河组底部出现相对较粗的含砾碎屑岩,砾石主要来自下伏的伊什基里克组。随着盆地快速充填作用的减弱和海平面上升,盆地可容空间增大,造成沉积物由陆缘碎屑岩逐渐过渡为碳酸盐岩,伴随着相对海平

面上升,沉积物表现为高位体系域的碎屑岩建造,垂向上构成向上变深的序列,指示盆地在不断地扩大。

4.3 盆地伸展机制

泥盆纪末至早石炭世早期,天山造山带经历了主碰撞阶段的陆块拼合、造山带剧烈隆升、过铝质(浅色)花岗岩侵入、地壳增厚之后,转入后碰撞阶段,表现为造山带边缘发生断陷—坳陷作用,并伴有大量的钾质、高钾的钙碱性岩浆活动(Folery et al., 1987)。处于天山造山带西段的伊犁地区石炭纪盆地形成于天山后碰撞构造环境,空间上受控于南北两侧早古生代造山带,呈“倒三角形”展布。进入后碰撞阶段后,碰撞挤压逐渐弱化,盆山结合带增厚的地壳不再稳定,在均衡作用下“去山根”,使得岩石圈地幔和下地壳发生拆沉,包括软流圈热侵蚀、俯冲板片断离—折返和“地幔柱”作用等多种模式,导致基性岩浆上涌,地表在短暂抬升后发生持续伸展裂陷(杨鑫等, 2012)。伊犁地区经历了泥盆纪的碰撞造山作用之后,导致区域上晚泥盆世地层的大量缺失及早石炭世地层与下伏地层间的区域性角度不整合。从早石炭世早期开始,西天山伊犁地区及其邻区进入了一个新的历史演化阶段——“后碰撞裂谷拉伸演化阶段”,区域构造作用由碰撞挤压转为碰撞后裂陷—伸展,开始不同程度的接受了由陆相向海相的转变时期,沉积了砾岩、火山集块岩,凝灰岩,火山角砾岩等,紧接着是大规模的火山活动。上述盆地充填序列层序结构和充填沉积物分析可以看出,盆地的幕式演化过程对应于 2 个伸展—裂陷过程,表现出构造活动期和间歇期的交替,相应形成盆地的扩张和萎缩。在构造活动强烈期,盆地内可容空间逐渐增大,主要充填粗碎屑的扇三角洲沉积体系,伴随着大规模的火山喷发活动;进入构造活动宁静期后,盆地相对可容空间减少,其岩石组合逐渐由陆缘碎屑岩过渡为碳酸盐岩。因此,我们认为西天山伊犁地区石炭纪 2 次幕式火山岩浆活动是盆地 2 次强烈伸展裂陷作用的结果,与活动大陆边缘或岛弧构造环境相联系可能是不恰当的,此特征与后碰撞构造环境中后碰撞伸展盆地演化阶段相对应。

5 结论

(1)西天山伊犁地区石炭纪火山—沉积岩系角度不整合覆盖于前寒武纪结晶基底或前石炭纪变质基底之上,这一广泛的区域性不整合接触关系,代表着一个重大的地质事件——碰撞后裂谷拉伸事件的“起点”。

(2)伊犁地区石炭纪火山—沉积岩系由下到上可以划分为 2 个序列,分别对应于盆地伸展—裂陷演化的两个旋回:序列 I:大哈拉军山组底部扇三角洲相、向上出现 2 次爆发相—喷溢相的火山喷发旋回,阿克沙克组底部扇三角洲相,向上过渡为滨浅海相—开阔台地相;序列 II:伊什基里克组由下到上由 3 次爆发相—喷溢相的火山喷发旋回构成,东图津河组为浅海陆棚相。西天山伊犁地区石炭纪火山—沉积盆地充填序列反映了裂谷盆地充填演化过程。

(3)西天山伊犁地区石炭纪盆地中 2 次幕式火山岩浆活动对应于 2 次强烈伸展裂陷作用,与活动大陆边缘或岛弧构造环境相联系可能是不恰当的,此特征与后碰撞构造环境中后碰撞伸展盆地演化阶段相对应。

参 考 文 献 / References

- 白建科,李智佩,徐学义,茹艳娇,李婷. 2011. 西天山伊犁地块北缘早石炭世硅化木的发现及其意义. 地质通报, 30(10): 1557 ~ 1562.
- 车自成,刘良,刘洪福,罗金海. 1996. 论伊犁古裂谷. 岩石学报, 12(3): 478 ~ 490.
- 程春华,张芳荣,余泉,楼法生. 2010. 西天山乌孙山地区大哈拉军山组火山岩形成的构造背景. 华东理工大学学报(自然科学版), 33(1): 22 ~ 28.
- 高俊,钱青,龙灵利,张喜,李继磊,苏文. 2009. 西天山的增生造山过程. 地质通报, 28(12): 1804 ~ 1816.
- 顾连兴,胡受奚. 于春水,吴昌志,严正富. 2001. 论博格达俯冲撕裂型裂谷的形成与演化. 岩石学报, 17(4): 585 ~ 597.
- 李大鹏,杜杨松,庞振山,涂其军,张永平,葛松生,沈立军,王开虎. 2013. 西天山阿乌拉勒石炭纪火山岩年代学和地球化学研究. 地球学报, 34(2): 176 ~ 192.
- 李凤鸣,彭湘潭,石福品,周昌平,陈建中. 2011. 西天山石炭纪火山—沉积盆地铁锰矿成矿规律浅析. 新疆地质, 29(1): 55 ~ 60.
- 李锦轶,何国琦,徐新,李华芹,孙桂华,杨天南,高立明,朱志新. 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 ~ 168.
- 李永军,李注苍,佟丽莉,高占华,佟黎明. 2010a. 论天山古洋盆关闭的地质时限——来自伊宁地块石炭系的新证据. 岩石学报, 25(6): 2905 ~ 2912.
- 李永军,金朝,胡克亮,葛海影,李鸿,林列全. 2010b. 西天山尼勒克北于赞一带下石炭统阿克沙克组扇三角洲相沉积的发现及意义. 地质学报, 84(10): 1470 ~ 1478.
- 林畅松. 2009. 沉积盆地的层序和沉积充填结构及过程响应. 沉积学报, 27(5): 849 ~ 862.
- 刘静,李永军,王小刚,郭文杰. 2006. 西天山阿乌拉勒一带伊什基里克组火山岩地球化学特征及构造环境. 新疆地质, 24(2): 105 ~ 108.
- 刘伟,徐永波,衡星,赵同阳. 2009. 赛里木地块北缘古元古界变质杂岩地质特征及构造意义. 新疆地质, 27(3): 201 ~ 206.
- 龙灵利,高俊,钱青,熊贤明,王京彬,王玉往,高立明. 2008. 西天山伊犁地区石炭纪火山岩地球化学特征及构造环境. 岩石学报, 24(4): 699 ~ 710.

钱青, 高俊, 熊贤明, 龙灵利, 黄德志. 2006. 西天山昭苏北部石炭纪火山岩的岩石地球化学特征、成因及形成环境. 岩石学报, 22(5): 1307 ~ 1323.

沙德铭, 董连慧, 毋瑞身, 田昌烈, 贾斌. 2003. 西天山浅成低温金矿容矿火山岩地球化学及成矿环境初探. 地质与资源, 12(4): 206 ~ 214.

邵济安, 孟庆任, 魏海泉, 张履桥, 王佩瑛. 2003. 冀西北晚侏罗世火山—沉积盆地的性质及构造环境. 地质通报, 22(10): 751 ~ 761.

舒良树, 卢华复, 印栋浩, 马瑞士, 夏飞, 卢汉. 2001. 新疆北部古生代大陆增生构造. 新疆地质, 19(1): 59 ~ 63.

王博, 舒良树, Cluzel D, Faure M, Charvet J. 2007. 伊犁北部博罗霍努岩体年代学和地球化学研究及其大地构造意义. 岩石学报, 23(8): 1885 ~ 1900.

夏林圻, 李向民, 夏祖春, 徐学义, 马中平, 王立社. 2006. 天山石炭—二叠纪大火成岩省裂谷火山作用与地幔柱. 西北地质, 39(1): 1 ~ 49.

杨菲, 汪正江, 王剑, 杜秋定, 邓奇, 伍皓, 周小琳. 2012. 华南西部新元古代中期沉积盆地性质及其动力学分析——来自桂北丹洲群的沉积学制约. 地质论评, 58(5): 854 ~ 864.

杨鑫, 王亚东, 刘兴旺, 郑建京. 2012. 后碰撞伸展环境下的盆地特征与成盆机制. 地质论评, 58(3): 444 ~ 450.

张天继, 李永军, 王晓刚, 栾新东, 王瑶培, 刘静, 李鸿, 杨高学. 2006. 西天山伊什基里克山一带东图津河组的确定. 新疆地质, 24(1): 13 ~ 15.

张作衡, 洪为, 蒋宗胜, 段士刚, 王志华, 李凤鸣, 石福品, 赵军, 郑仁乔. 2012. 新疆西天山晚古生代铁矿床的地质特征、矿化类型及形成环境. 矿床地质, 31(5): 941 ~ 964.

朱永峰, 张立飞, 古丽冰, 郭璇, 周晶. 2005. 西天山石炭纪火山岩 SHRIMP 年代学及微量元素地球化学研究. 科学通报, 50(18): 2004 ~ 2014.

朱志新, 董连慧, 刘淑聪, 李锦轶, 王克卓, 赵同阳, 李平, 靳留圆. 2012. 新疆西天山伊犁地块晚古生代火山岩地质特征及构造意

义. 新疆地质, 30(3): 258 ~ 263.

Coleman R G. 1989. Continental growth of northwest China. Tectonics, 8(3): 621 ~ 635.

Dickinson W R, Suczek C. 1979. Plate tectonics and sandstone compositions. America Association of Petroleum Geologists Bulletin, 63: 2164 ~ 2182.

Dickinson W R. 1985. Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones// Zuff G G. Provenance of Arenites. Dordrecht, The Netherlands, Reidel D, 333 ~ 361.

Foley S F, Venturelli G, Green D H, Toscani L. 1987. The ultrapotassic rocks: characteristics, classification and constraints for petrogenetic models. Earth-science reviews, 24(2): 81 ~ 134.

Gao Jun, Li Maosong, Xiao Xuchang, Tang Yaoqing, He Guoqi. 1998. Paleozoic tectonic evolution of the Tianshan orogen, northwestern China. Tectonophysics, 287: 216 ~ 231.

Jahn B M, Griffin W L, Windley B F. 2000. Continental growth in the Phanerozoic; Evidence from Central Asia. Tectonophysics, 328: 1 ~ 227.

Xiao Wenjiao, Han Chunming, Yuan Chao, Sun Min, Lin Shoufa, Chen Hanlin, Li Zilong, Li Jiliang, Sun Shu. 2008. Middle Cambrian to Permian subduction-related accretionary orogenesis fo Northern Xinjiang, NW China; implications for the tectonic evolution of central Asia. Journal of Asian Earth Sciences, 32: 102 ~ 117.

Xu Xueyi, Wang Hongliang, Li Ping, Chen Junlun, Ma Zhongping, Zhu Tao, Wang Ning, Dong Yunpeng. 2013. Geochemistry and geochronology of Paleozoic intrusions in the Nalati (Narati) area in western Tianshan, Xinjiang, China; implications for Paleozoic tectonic evolution. Journal of Asian Earth Sciences, 72: 33 ~ 62.

Zhang Lifei, Ai Yongliang, Li Xuping, Rubatto D, Song Biao, Williams S, Song Shuguang, Ellis D and Liou J G. 2007. Triassic collision of western Tianshan orogenic belt, China; evidence from SHRIMP U-Pb dating of zircon from HP/UHP eclogitic rocks. Lithos, 96: 266 ~ 280.

Carboniferous Volcanic—Sedimentary Succession and Basin Properties in Ili Area, Western Tianshan, Xinjiang

BAI Jianke^{1,2)}, LI Zhipei^{1,2)}, XU Xueyi^{1,2)}, SUN Jiming^{1,2)}, NIU Yazhuo^{1,2)}

1) Xi'an Center of China Geological Survey, Xi'an, 710054;

2) Key Laboratory for the Study of Focused Magmatism and Giant Ore Deposits, MLR, Xi'an Centre of Geological Survey, Xi'an, 710054

Abstract: The Ili area, as a part of the Central Tianshan micro-continent, is a inverse-triangular area bordered by sutures and zones in the Tianshan belt. Carboniferous volcanic—sedimentary rocks widely outcropping in Ili area is the most direct carrier in the study of Carboniferous basin properties of western Tianshan and Paleozoic orogenic evolution of Tianshan. According to the rock assemblage, stratigraphic sequence, tectonic setting and basin evolution of the Carboniferous volcanic—sedimentary section, we can draw the following conclusions: there is a wide regional angular unconformity between the Lower Carboniferous and its underlying strata (the Precambrian crystalline basemen or pre-Carboniferous folded basement). From bottom to top, Carboniferous volcanic—sedimentary rocks can be divided into two sequences respectively corresponding to two cycles of extensional—rift evolution in the basin. Sequence I consists of Dahalajunshan Formation with fan delta facies in the bottom, upward transition as two cycles from volcano explosive facies to effusive facies and Akeshake Formation with fan delta facies

in the bottom, upward transition as from shore—shallow sea facies to open platform facies. Sequence II consists of Yishijilike Formation with three cycles by volcano explosive facies to effusive facies and Dongtujinhe Formation with neritic shelf facies. It is believed that the fill sequences in Carboniferous volcanic—sedimentary basin reflected the process of rift basin filling and evolution in post-collision extensional setting.

Keywords: volcanic—sedimentary succession; post-collision extensional setting; Carboniferous; Ili area; western Tianshan

《地质论评》对新赐稿件的形式审查要点

欢迎广大专家赐稿我刊,一般专家请登陆我刊网上投稿系统(www.geojournals.cn/georev)。极少数上网不方便的资深专家可以 Email 发送到本刊编辑部邮箱(georeview@cags.ac.cn)。

- 对文章的形式,我刊主要有以下要求:
- (1) 前言节应当交代清楚本文所研究对象的历史、现状、存在问题及本文的创新之处,点出本文的重要意义。
 - (2) 结论节,指出通过本文研究获得的新材料或新认识。
 - (3) 参考文献我刊用著者一年制,文中提到的文献要一一列于文献表中,列于文献表中的文献一定要是正文(含图或表)中提到的。为方便专家审查和编辑,我刊要求送审稿必须用著者一年制。
 - (4) 可以,也可以不,参照我刊其他一般要求[见我刊网页(www.geojournals.cn/georev)“推荐文献”栏下]。
 - (5) 最后,但最重要,若是 word 格式的文稿,请用(或另存为)2003 或更早的版本。编辑无法打开,许多审稿专家可能也无法打开,2003 以后的版本。为了审稿专家和编辑阅读、批注方便,请将图、表依次插入文中出现处,但请不要分栏、分区(不要用图文框)(出现大片空白没有关系)。
 - (6) 本刊声明:作者应对所投稿件拥有无可争议的著作权。作者应保证稿件没有一稿多投:投稿我刊之前未投给任何其他期刊,或虽曾投给其他期刊,但已被明确拒绝利用。

- 投稿我刊起的 90 日内,不要再投给任何其他期刊,除非收到我刊拒稿信息。作者必须保证我刊的首发权:在我刊刊出之前(我刊自收到您的稿件到正式发表,一般需要 6~10 个月;若稿件特殊,需在更短的时间内见刊,请与编辑部联系)不得以任何文种在任何国家或地区以任何形式发表(但可以在学术交流会上口头交流,并可向学术交流会提供不超过 1000 字的摘要)。稿件一旦被本刊录用,作者即将论文整体及附属于论文的图、表等可许可使用的著作权——包括但不限于复制权、发行权、信息网络传播权、翻译权、汇编权和上述权利的许可使用权转交本刊。许可期限为论文著作权的法定保护期,许可地域范围为全世界。作者依著作权法行使上述权利,或向第三方转让上述权利时,不得损害本刊利益(例如,汇编入其他论文集时,可以去掉本刊的刊头、书眉等,并可作文字、图件和版式等修改,但必须注明曾在本刊刊出,并注明刊载的卷、期、页码和责任编辑等信息)。
- (7) 为适应我国信息化建设,扩大本刊及作者知识信息交流渠道,本刊已被国内外多家、多文种文献索引、文摘、全文数据库和出版网站收录,作者著作权使用费和本刊稿酬将在我刊刊出时一次性给付。如作者不同意文章被第三方摘录、索引,或不同意被网刊收录、传播,请在来稿时声明。
 - (8) 更详细的一般要求,请见我刊“征稿简则”和“推荐文献”(均见我刊网站顶端)。