

# 西天山阿吾拉勒一带石炭系阿克沙克组风暴岩及其意义

李永军<sup>1</sup>, 高永利<sup>1</sup>, 佟丽莉<sup>1</sup>, 郭文杰<sup>2</sup>, 佟黎明<sup>2</sup>

1. 长安大学 地球科学与资源学院, 西部矿产资源与地质工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710054

2. 新疆地质矿产勘查开发局, 新疆 乌鲁木齐 830000

Li Yongjun<sup>1</sup>, Gao Yongli<sup>1</sup>, Tong Lili<sup>1</sup>, Guo Wenjie<sup>2</sup>, Tong Liming<sup>2</sup>

1. Key Laboratory of Western China's Mineral Resources and Geological Engineering, Ministry of Education; School of Earth Science & Resources Management, Chang'an University, Xi'an 710054, China

2. Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Ürümqi 830000, China

Li Yongjun, Gao Yongli, Tong lili, et al. Tempestite of Akeshake Formation in Awulale Area, Western Tianshan and its significance. *Earth Science Frontiers*, 2009, 16(3):341-348

**Abstract:** The Early Carboniferous Akeshake Formation in the Awulale Kuoerku Area, Western Tianshan, is mainly marked by carbonate rocks and clastic rock. In this set of strata, the bamboo-leaf-like calcirudite belonging to storm deposit developed. The storm sedimentary structures include erosional structures, tear-pull structures, storm-surge structures, storm eddy structures and quickly deposited structures after storm. These types of storm deposits that have been recognized include the bamboo-leaf-like calcirudite with massive bedding, the bamboo-leaf-like calcirudite and sandstone with graded bedding, the calcarenite with hummocky and hollow cross bedding and parallel bedding, the calcarenite and feldspathic litharenite with parallel bedding, the calcarenite and bioclastic silty calcirudite with wavy cross bedding, the calcisiltite and silty calcirudite with horizontal bedding, and the bioclastic silty calcirudite with homogeneous or horizontal bedding. These storm deposits may indicate the sedimentary environment being the shelf of low latitude zone in the Early Carboniferous. The discovery of the storm deposits is of significance in the interpretation of the Carboniferous palaeogeography, palaeoclimate, palaeotectonics and plate motion of Western Tianshan.

**Key words:** Akeshake Formation; tempestite; palaeogeography; palaeotectonics; Carboniferous; Awulale; Western Tianshan

**摘要:**西天山阿吾拉勒阔尔库一带早石炭世阿克沙克组以海相碳酸盐岩夹碎屑岩为主,发育典型风暴成因的竹叶状砾屑灰岩。风暴沉积构造主要有风暴侵蚀构造、风暴撕裂构造、风暴浪构造、风暴涡流构造及风暴期后快速沉积构造等。已识别出的风暴沉积类型有具块状层理的竹叶状砾屑灰岩,具递变层理的砾屑灰岩和砾屑砂岩,具丘状、洼状交错层理和平行层理的砂屑灰岩及生物碎屑砾屑粉砂质灰岩,具平行层理的砂屑灰岩、长石岩屑砂岩,具波痕交错层理的砂屑灰岩和砾屑粉砂质灰岩,具水平层理的粉屑灰岩和具块状或水平层理的生物碎屑砾屑粉砂质灰岩。新发现的风暴沉积,说明早石炭世该地区处于低纬度带陆棚浅水沉积环境,因而对于分析西天山石炭纪的古地理、古气候、古构造及板块的运动规律具有重要意义。

收稿日期:2008-07-16;修回日期:2009-01-06

基金项目:国家自然科学基金项目(40534020);新疆区域地质矿产调查资助项目(XJQDW2003-07)

作者简介:李永军(1961—),男,教授,博士生导师,从事构造地质学、区域地质调查研究。E-mail:yongjunl@chd.edu.cn

关键词:阿克沙克组;风暴岩;古地理;古构造;石炭纪;阿吾拉勒;西天山

中图分类号:P512.2 文献标志码:A 文章编号:1005-2321(2009)03-0341-08

风暴岩之所以成为近 30 年来国内外沉积学家关注的热点之一,是因为风暴多形成于南、北纬 5~20°的洋面上,其最大影响范围也只达南、北纬 35°,如西太平洋<sup>[1-5]</sup>,因此,风暴作用形成的岩石就有了特定的古气候、构造古地理研究价值。不断地总结风暴岩的鉴别标志和发现新的风暴岩成为当前两大研究主题。风暴岩的主要鉴别标志有:冲刷面、丘状交错层理、波状层理、水平层理、透镜状层理等沉积构造<sup>[1,6-7]</sup>。我国发现的风暴岩时代最老的为滇中中元古界昆阳群<sup>[2]</sup>,在寒武系和三叠系中发现风暴岩最多。其中,寒武系中的风暴岩见于鄂东<sup>[5,8]</sup>、徐州大北望<sup>[9]</sup>和新疆库鲁克塔格<sup>[10]</sup>;三叠系中的风暴岩主要见于鄂东南<sup>[4]</sup>、四川盆地<sup>[11]</sup>、巴颜喀拉山<sup>[12]</sup>、松潘—若尔盖<sup>[13]</sup>等地。另在河北省平泉奥陶系<sup>[14]</sup>、塔中地区志留系<sup>[15]</sup>,甘肃省靖远—景泰泥盆系中有风暴岩的记述<sup>[3]</sup>。迄今,国内文献中极少有石炭系风暴岩的报道,西天山更没有风暴岩的记述。笔者在西天山阿吾拉勒山东段尼勒克县阔尔库河一带早石炭世阿克沙克组中发现了典型的风暴沉积,对认识西

天山石炭纪的古气候、古地理及板块运动特征均具有重要意义。

### 1 地质概况

研究区位于西天山阿吾拉勒山东段尼勒克县喀什河断裂之南的阔尔库河一带(图 1)。笔者等已将本区前人所称的“大哈拉军山组”自上而下解体为晚石炭世伊什基里克组大陆裂谷碱性双峰式火山岩<sup>[16]</sup>→(角度不整合)早石炭世阿克沙克组<sup>[17-18]</sup>→(角度不整合)早石炭世大哈拉军山组岛弧钙碱性火山岩<sup>[19-21]</sup>。

阔尔库河一带石炭系总体上为一向斜构造,阿克沙克组(C<sub>1a</sub>)角度不整合覆于大哈拉军山组(C<sub>1d</sub>)火山岩之上。阿克沙克组岩石组合以灰黑色—深灰色长石岩屑砂岩、含有机质灰质粉砂岩、生物碎屑粉砂质泥灰岩、粉砂质泥晶微晶灰岩、粗晶灰岩、细晶粉晶白云岩、泥云岩为主,下部为中细粒砂岩,向上逐步渐变为灰岩、白云岩。笔者等在剖面实

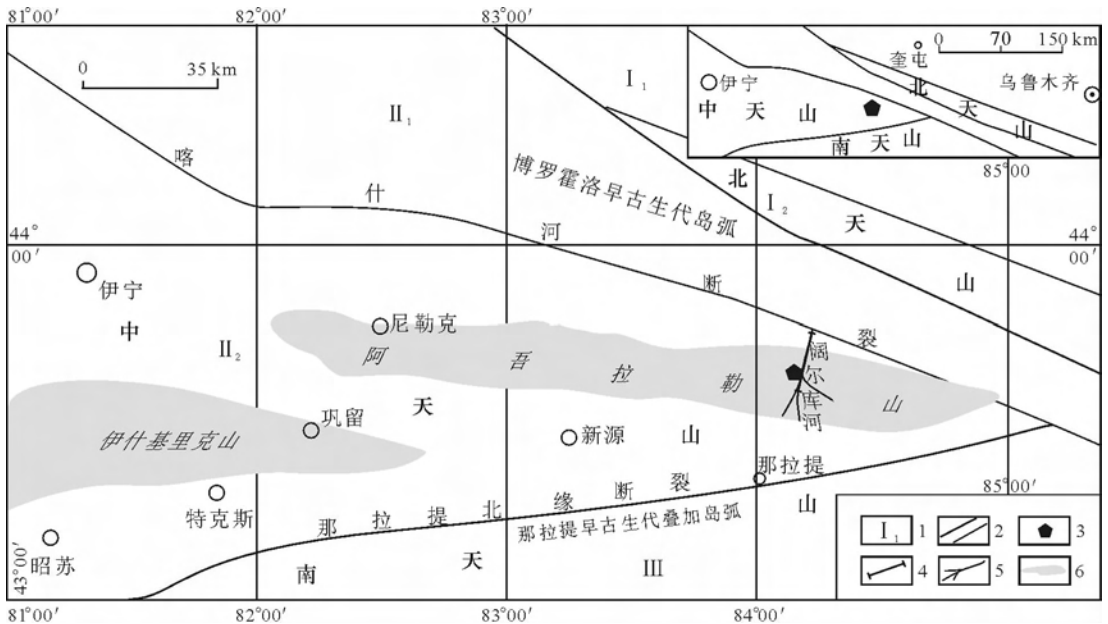


图 1 研究区大地构造单元及风暴岩位置图 (底图据文献[22-23])

Fig. 1 Sketch of tectonic units and tempestite location of studied area

1—地质构造分区: I<sub>1</sub>—北天山—准噶尔板块(I<sub>1</sub>—准噶尔, I<sub>2</sub>—北天山), II—伊宁地块(II<sub>1</sub>—博罗霍洛早古生代岛弧, II<sub>2</sub>—伊宁晚古生代岛弧(C<sub>1</sub>)—裂谷带(C<sub>2</sub>—P<sub>1</sub>)), III—南天山早古生代叠加岛弧; 2—分区断裂/主干断裂; 3—风暴岩出露位置; 4—实测剖面位置; 5—阔尔库河; 6—伊宁地块中的主要山脉

测中采获了大量珊瑚、腕足、苔藓虫及菊石等化石,代表性的属种有:腕足 *Gigantoproductus cf. latiximus*, *Echinoconchus cf. punctatus*, *Neospirifer sp.*, *Rhipidomella sp.*, *Fusella cf. michelini*, *Punctospirifer sp.*, *Fusella sp.*, *Pugnax sp.*; 珊瑚 *Gangamophyllum vetiforme*, *Diphyphyllum lateseptatum*, *Paralithostrotion sp.*, *Lonsdaleia actica*, *Lithostrotion sp.*, *Gangamophyllum vetiforme rarilanellatum*, *G. hamiense yamansuense*, *Multithecopora sokolovi*; 苔藓虫 *Fenestella sp.*; 菊石 *Goniatites sp.* 等。时代为早石炭世晚期维宪阶<sup>[17-18, 21-22]</sup>, 化石组合总体显示特提斯型暖水生物区系特征<sup>[24]</sup>。风暴岩见于该套地层下部长石岩屑砂岩、生物碎屑砾屑灰岩中。

## 2 风暴岩沉积特征

风暴岩出露位置地理坐标为:东经  $84^{\circ}09'20''$ , 北纬  $43^{\circ}39'30''$ 。风暴岩产于剖面第 2 层长石岩屑砂岩夹生物碎屑砾屑灰岩及第 3 层生物碎屑砾屑灰岩中(图 2)。

风暴成因的竹叶状砾屑灰岩系未完全固结的碳酸盐岩在风暴高峰期被风暴撕裂、扯起并打碎后堆积所致。砾屑成分多为泥晶灰岩,砾屑形态以长条形为主,另见椭圆形、长条形、棱角形等,长达 4~5 cm,最大达 11 cm;分选性差。砾屑沿长轴顺层定向排列,砾屑中呈现风暴作用特有的菊花状、倒“小”字状排列图案。

风暴岩中发育一系列风暴作用形成的独特沉积构造,如风暴侵蚀构造、风暴撕裂构造、风暴浪构造、风暴涡流构造、风暴浊流构造及风暴期后快速沉积构造等。

### 2.1 风暴侵蚀构造

风暴侵蚀构造是由风暴涡流、潮流、回流以及风暴重力流对海底沉积物进行冲刷、削切、掏蚀、撕扯而留下的各种侵蚀充填构造。阿克沙克组风暴岩的风暴侵蚀构造主要有渠铸型构造和冲刷面构造。渠铸型构造主要发育于风暴沉积底部,规模较小,长 3 cm,深约 0.5~1 cm,充填物中钙质砾屑约占 90% (图版 I-1)。冲刷面构造也见于风暴浊流沉积底部,冲刷面波状起伏并截切下伏岩层,冲刷面之上为异地钙质砾屑(图版 I-2,图 3)。

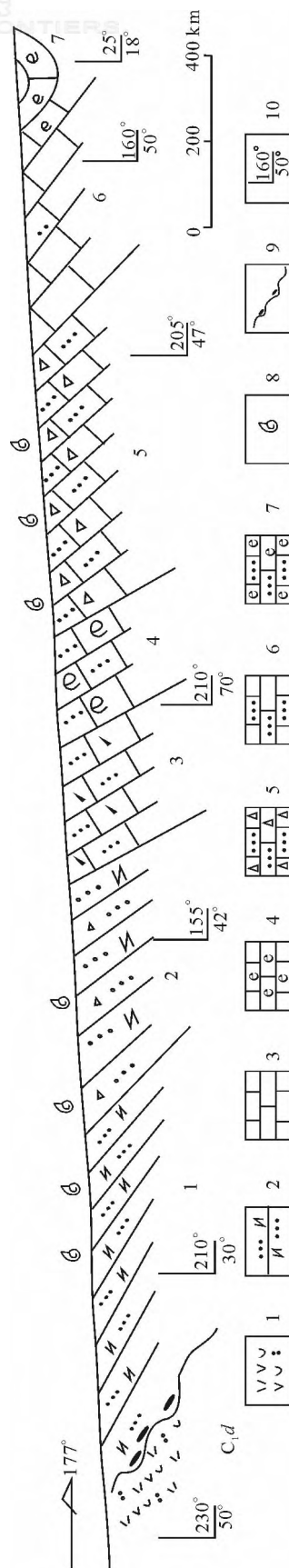
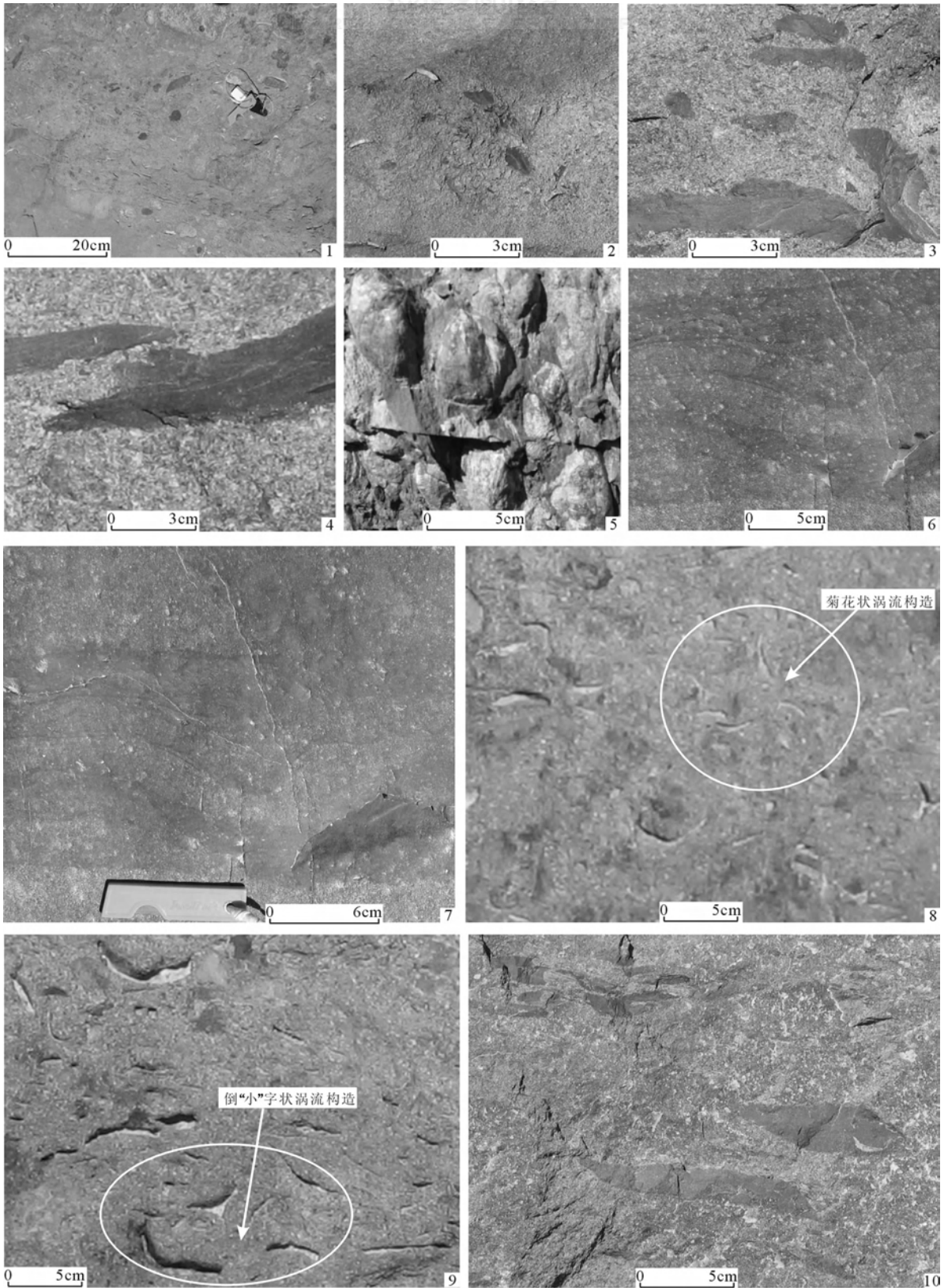


图 2 新疆尼勒克县阔尔库-喀什河一带阿克沙克组(C<sub>1a</sub>)剖面图

Fig. 2 Section of Akesha Formation in Kuerku-Kashi River, Nieleke County, Xinjiang

1—安山岩;2—长石岩屑砂岩;3—石灰岩;4—生物碎屑砾屑灰岩;5—砾屑粉砂质灰岩;6—粉砂质灰岩;7—生物碎屑砾屑粉砂质灰岩;8—化石点;9—角度不整合及底砾岩;10—地层产状



图版 I 阿克沙克组风暴沉积构造

Plate I Storm sedimentary structure of Akeshake Formation

1—风暴渠铸型构造及块状层理; 2—冲刷面构造及异地钙质砾屑; 3,4—风暴撕裂构造; 5—生物碎屑堆积层; 6~8—丘状交错层理; 9,10—风暴涡流构造(放射状、菊花状、倒“小”字状构造); 11—风暴浊流粒序层理; 12—竹叶状砾屑灰岩

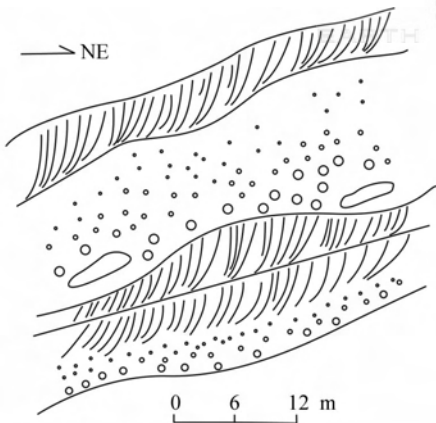


图3 阿克沙克组风暴冲刷面构造素描  
Fig. 3 Sketch of erosion surface formed by storm in Akshake Formation

## 2.2 风暴撕裂构造

此类构造极其发育,主要见于砾屑堆积层和生物碎屑堆积层中。砾屑堆积层中最突出的特征是砾屑层与下伏岩层无明显界线,剖面上可见砾屑多呈弯曲状、不规则状(图版 I-3、4)分布,为风暴涡流将原地半固结岩层击碎、卷起,部分砾屑被带走,其余砾屑迅速堆积而形成的。

生物碎屑堆积层的突出特征是,绝大多数生物呈碎块状密集堆积,形成层理不显的块状堆积,与下伏岩层无明显界线,化石个体部分具侵蚀,壳面纹饰保存较差,且有擦痕和似刀刻痕,化石碎片呈弯曲状、不规则状堆叠,为风暴涡流将原地化石击碎、卷起,并迅速沉降堆积而形成(图版 I-5)。

## 2.3 风暴浪构造

风暴浪构造主要有丘状交错层理、洼状交错层理和粒序层理,其主要特征为各层组有一低角度(一般 $<15^\circ$ )的侵蚀面并以低角度斜交<sup>[1-4,6-7]</sup>,纹层上凸的为丘状交错层理,纹层下凹的为洼状交错层理(图版 I-6),是特大波浪作用的产物。阿克沙克组中的丘状、洼状交错层理有简单式和复合式2种类型。简单式为单个层系组成单个丘状体,单个丘状体长11~15 cm,高0.5~0.8 cm,纹层平缓,与平行层理相互过渡演化。复合式由2个以上丘状体叠置而成,丘状体间常为截切关系,单个丘状体长20~30 cm,高2~5 cm(图版 I-7)。丘状、洼状交错层理常发育于风暴层序上部的钙质砂屑灰岩和钙质砂岩中。

粒序层理位于冲刷面之上,主要发育于含砾砂岩中,均为正粒序,与下伏绿灰色细砂岩呈突变接

触,粒序层厚12~16 cm。由下部单层厚8~9 cm的灰—绿灰色含砾砂岩和上部单层厚6~7 cm的灰—绿灰色细砂岩组成的旋回性层序(图4),A段与B段向上粒度渐变细,递变清楚,上部发育斜层理。这类粒序层理是风暴高峰过后或风暴骤然减速,风暴密度流的流速迅速降低时按重力分异快速沉降而形成的粒序。

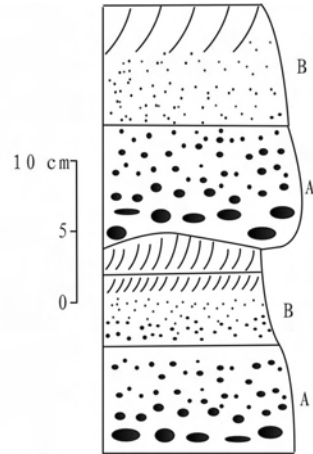


图4 阿克沙克组风暴岩中的粒序层理及旋回  
Fig. 4 Graded bedding and cycle of the tempestite in Akshake Formation

## 2.4 风暴涡流构造

研究区发育风暴涡流上旋流水构造,是风暴沉积特有的沉积构造。阿克沙克组中的多向流水构造主要有放射状、菊花状、倒“小”字状构造等(图版 I-8、9),这些构造均由竹叶状砾屑排列而成。放射状、菊花状、倒“小”字状构造反映水流具有旋转、向上的力。一般认为,只有风暴涡流才能提供这种水动力,因而是风暴作用唯一的、典型的识别标志<sup>[1-3]</sup>。

## 2.5 风暴浊流构造

产于与典型风暴沉积共生的具块状层理、递变粒序(图版 I-1)的砾屑灰岩—砂屑灰岩中,并形成不完整的鲍马序列(图5)。E层为灰黑色—深灰色含炭、钙质粉砂岩与细粒岩屑砂岩互层,间夹生物碎屑灰岩,在风暴岩层的底部和顶部有水流冲刷面与A、D层接触。其中A层为灰黑色灰岩角砾,角砾大小一般3~4 cm,多为棱角状,少数微磨圆,为风浪作用搅动已沉积的软泥经碰磨后的再沉积,其间发育竹叶状灰岩(图版 I-10)。B层为灰黑色粉砂岩和细砂岩,下部为水平层理,向上为丘状交错层理(图版 I-6、7)。C层为灰黑色细砂岩,发育极不对称的浪成波痕。

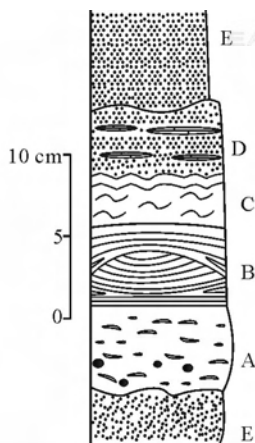


图5 阿克沙克组风暴沉积层序  
Fig. 5 Depositional sequence chart of the tempestite in Akeshake Formation

### 3 风暴岩相类型和粒度特征

一次风暴事件的水动力条件变化,塑造了各阶段对应的沉积层序和沉积特征。阿克沙克组风暴沉积层序可分为7种岩相类型:(1)具块状层理的竹叶状砾屑灰岩;(2)具递变层理的砾屑灰岩和砾屑砂岩;(3)具丘状、洼状交错层理和平行层理的砂屑灰岩及生物碎屑砾屑粉砂质灰岩;(4)具平行层理的砂屑灰岩、长石岩屑砂岩;(5)具不对称波痕交错层理的砂屑灰岩和砾屑粉砂质灰岩;(6)具水平层理的粉屑灰岩及钙质砂岩;(7)具块状或水平层理的生物碎屑砾屑粉砂质灰岩夹泥灰岩。

粒度特征:风暴沉积的粒度概率曲线均为明显的两段式特征。如图6所示,跳跃总体含量86%,总体的倾角在 $60^\circ$ 左右,粒度区间在 $0.75\sim 2.0\phi$ ,S截点的 $\phi$ 值为 $2.8\sim 3.0$ ,悬浮总体仅占4%,显示快速悬浮沉积特征。风暴沉积以跳跃总体为主,悬浮总体较发育,这与浊流沉积中只有递变悬浮明显有别。

### 4 古地理意义

风暴岩是热带海洋风暴气旋对原有沉积层再造的特殊沉积岩,因而具有重要的古气候、构造古地理研究意义。阿克沙克组风暴岩现今出露于北纬 $43^\circ 39'30''$ ,即使以现代风暴所能影响的最北纬 $35^\circ$ 为限,可推算当时阿克沙克组风暴岩产出位置大致位于现今新疆与西藏交界的昆仑主脊地带。据此可粗

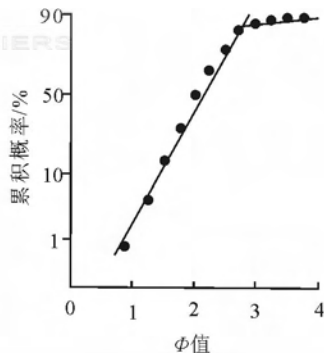


图6 阿克沙克组粒度概率分布曲线图  
Fig. 6 Grain-size probability curve of storm deposits in Akeshake Formation

略估计,阿克沙克组沉积之后至少向北漂移了 $8^\circ$ 约920 km。

众多学者认为,伊宁地块在早古生代是一个游离的微板块,直到志留纪末泥盆纪初(加里东运动)时,先与塔里木板块碰撞缝合,成为塔里木板块最北缘的拼贴带。早石炭世之后(鄯善运动)伊宁地块(连同先期拼合在一起的塔里木板块)远距离向北漂移与准噶尔板块缝合(中、北天山缝合),天山洋由此消亡<sup>[25-26]</sup>。阿克沙克组风暴岩及其生物区系特征表明其形成于温热气候带,显著的古、今纬度值差记录了伊宁地块在早石炭世之后向北漂移的足迹。

综合分析,早石炭世阿克沙克组风暴岩及其生物区系特征表明其形成于温热气候带,建造具有弧后盆地特色<sup>[17-18,20-21]</sup>。阿克沙克组与其北的依连哈比尔尕海沟<sup>[27-28]</sup>(张良臣等,1985;何国琦等,2005)以及本区的大哈拉军山组钙碱性岛弧火山岩构成了沟-弧-盆体系<sup>[29-30]</sup>。更重要的是,其与上覆的晚石炭世伊什基里克组大陆裂谷碱性双峰式火山岩<sup>[31]</sup>及其晚石炭世具有北方生物区系准噶尔—兴安生物冷水型的东图津河组和科古琴山组<sup>[32]</sup>,在古地理、古环境和古构造格局等方面形成了鲜明的对照,揭示了区内早、晚石炭世间有过重要的板块远距离漂移并最终缝合这一过程,从而有利地支持了鄯善运动是天山洋消亡,中、北天山缝合的观点<sup>[21]</sup>。

### References:

- [1] Liang G X. Storm deposits and its tectonic setting[J]. World Geology, 1994, 13(3): 131-143(in Chinese).
- [2] Du Y S, Han X. Clastic tempestite and its significance in Yinmin Formation, Kunyang Group, Mesoproterozoic in Central Yunnan Province[J]. Acta Sedimentologica Sinica,

- 2000, 18(2): 259-262(in Chinese).
- [3] Du Y S, Zhou D H, Gong S Y, et al. Tempestite and its palaeogeographical significance of Devonian in Jingyuan and Jingtai Counties, Gansu Province[J]. Mineral Petrology, 2001, 21(3): 69-73(in Chinese).
- [4] Zhang Z, Du Y S, Shu X S, et al. Sedimentary successions of the Early Triassic tempestite in Southeastern Hubei Province and their environment significance[J]. Geological Science and Technology Information, 2006, 22(2): 30-34(in Chinese).
- [5] Yang B Z, Yang K G, Xia W C. Discovery of Middle-Upper Cambrian tempestites and its significance in Huangshi, Eastern Hubei Province[J]. Geological Science and Technology Information, 2007, 26(3): 33-36(in Chinese).
- [6] Aigner T. Calcareous tempestites; Storm-dominated stratification in upper Muschelkalk limestones(Middle Trias, SW-Germany)[M]// Einsele G, Scilacher A. Cyclic and Event Stratification. New York: Springer, 1982: 180-198.
- [7] Hu M Y, He P. The study of tidal storm deposits and its research significance[J]. Advances of Earth Science, 2002, 17(3): 391-395(in Chinese).
- [8] Zhou Q, Yan J X, Zhang M Q. Calcareous tempestite from the Cambrian Qingxudong Formation in Northeastern Guizhou Province and their geological implications[J]. Geological Science and Technology Information, 2006, 25(2): 25-28(in Chinese).
- [9] Jin K K. Tempestite in the Cambrian strata in Dabewang, Xuzhou, Jiangsu[J]. Lithofacies Palaeogeography, 1997, 17(1): 34-38(in Chinese).
- [10] Kong Q Y, Cheng R H, Wang P J, et al. Characteristics of tempestite in the Moheershan Formation and sea-level changes in Kuruktag, Xinjiang[J]. Xinjiang Geology, 2006, 24(4): 377-381(in Chinese).
- [11] Li H Q, Jiang Z X, Xing H Q, et al. Characteristics of storm deposits in Upper Triassic Xujiahe Formation, Sichuan Basin[J]. Oil and Gas Geology, 2003, 24(1): 81-86(in Chinese).
- [12] Yang X D, Wang Z X, Guo T Z. Discovery of deep-water tempestite in Triassic flysch basin in Bayan Har Mountains[J]. Journal of Geomechanics, 2005, 11(4): 357-360(in Chinese).
- [13] Yan Z, Yu L J, Li J L, et al. Sedimentary facies assembly characters of Middle-Upper Triassic in Songpan-Ruoergai Area[J]. Progress in Natural Science, 2007, 17(2): 196-204(in Chinese).
- [14] Liu P J, Lin X G. The carbonate storm deposit of Early Ordovician Yell Formation in Pingquan Area, Hebei Province[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2004, 34(1): 1-4(in Chinese).
- [15] Zhong G F, Peng D T, Liu S P, et al. A study on Silurian tempestites in Tazhong Area, Tarim Basin[J]. Journal of Jiangnan Petroleum Institute, 1997, 19(1): 7-11(in Chinese).
- [16] Liu J, Li Y J, Wang X G, et al. Geochemical characteristics and tectonic environment of the Yishijilike Formation volcanic rocks in the Awulale Area of Western Tianshan[J]. Xinjiang Geology, 2006, 24(2): 105-108(in Chinese).
- [17] Gao Y L, Li Y J, Kong D Y, et al. Confirming of the Ake-shake Formation in the Awulale Belt in the Western Tianshan[J]. Xinjiang Geology, 2006, 24(3): 215-217(in Chinese).
- [18] Li Y J, Zhang T J, Luan X D, et al. Definition of some Late Paleozoic unconformities in Tekesi Daban Area of Western Tianshan and its geological significance[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2008, 29(2): 145-153(in Chinese).
- [19] Li Z C, Li Y J, Li J H, et al. The geochemical characteristics of Dahalajunshan Formation volcanic rocks and its analysis on tectonic setting in Awulale Area[J]. Xinjiang Geology, 2006, 22(2): 120-124(in Chinese).
- [20] Li Y J, Zhou J B, Gao Y L, et al. Division of the Carboniferous lithostratigraphic units in Awulale Area, Western Tianshan[J]. Acta Petrologica Sinica, 2009(in press)(in Chinese).
- [21] Li Y J, Yang G X, Zhang T J, et al. Definition of the major fold episode Shanshan Movement in Yining Massif, Western Tianshan Mountains, and its geological significance[J]. Advances in Earth Science, 2009(in press).
- [22] Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Regional Geology of Xinjiang Uygur Autonomous Region[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993(in Chinese).
- [23] Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Multiple Classification and Correlation of the Stratigraphy of China(65), Stratigraphy(lithostratic) of Xinjiang Uygur Autonomous Region[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997(in Chinese).
- [24] Yin H F. Biology-Geography of China[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1988(in Chinese).
- [25] Wang B Y, Li Q, Liu J B. Geological structures of the middle Tianshan Mountains along the Dushanzi-Kuqa Highway[J]. Xinjiang Geology, 1997, 15(2): 134-154(in Chinese).
- [26] Cheng S D, Wang Y L. Basic characteristics of geotectonic evolution of Xinjiang[J]. Xinjiang Geology, 1998, 16(2): 97-107(in Chinese).
- [27] Zhang L C, Wu N Y. The geotectonic and its evolution of Tianshan[J]. Xinjiang Geology, 1985, 3(3): 1-14(in Chinese).
- [28] He G Q, Cheng S D, Xu X. An Introduction to the Explanatory Text of the Map of Tectonics of Xinjiang and Its Neighbouring Area 1: 1500000[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2005(in Chinese).
- [29] Ma C Q, She Z B, Zhang J Y, et al. Orogenic heat and magmatism[J]. Earth Science Frontiers, 2006, 13(2): 130-139(in Chinese).

- [30] Liu X. Problems of crustal tectonics and evolution in Xinjiang, Northwest China[J]. Earth Science Frontiers, 2006, 13(6): 203-214(in Chinese).
- [31] Zhang G W, Li S Z, Liu J X, et al. Structural feature and evolution of Yili Basin, Xinjiang[J]. Earth Science Frontiers, 1999, 6(4): 203-214(in Chinese).
- [32] Zhang T J, Li Y J, Wang X G. Fossil evidence for the Dongtujinhe Formation of Yishijilike Mountain, Western Tianshan [J]. Xinjiang Geology, 2006, 24(1): 13-16(in Chinese).
- [15] 钟广法, 彭德堂, 刘绍平, 等. 塔中地区志留系风暴沉积 [J]. 江汉石油学院学报, 1997, 19(1): 7-11.
- [16] 刘静, 李永军, 王晓刚, 等. 西天山阿吾拉勒一带伊什基里克组火山岩地球化学特征及其构造环境[J]. 新疆地质, 2006, 24(2): 105-108.
- [17] 高永利, 李永军, 孔德义, 等. 西天山阿吾拉勒一带阿克沙克组的厘定[J]. 新疆地质, 2006, 24(3): 215-217.
- [18] 李永军, 张天继, 栾新东, 等. 西天山特克斯达坂晚古生代若干不整合的厘定及地质意义[J]. 地球学报, 2008, 29(2): 145-153.
- [19] 李注苍, 李永军, 李景宏, 等. 西天山阿吾拉勒一带大哈拉军山组火山岩地球化学特征及构造环境分析[J]. 新疆地质, 2006, 22(2): 120-124.
- [20] 李永军, 周继兵, 高永利, 等. 西天山阿吾拉勒一带石炭系岩石地层单位厘定[J]. 岩石学报, 2009(待刊).
- [21] 李永军, 杨高学, 张天继, 等. 西天山伊宁地块主褶皱幕部善运动的确立及地质意义[J]. 地球科学进展, 2009(待刊).
- [22] 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [23] 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 中国多重地层划分与对比(65)新疆维吾尔自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997.
- [24] 殷福鸿. 中国生物地理学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1988.
- [25] 王宝瑜, 李强, 刘建兵. 新疆天山中段独库公路地质构造[J]. 新疆地质, 1997, 15(2): 134-154.
- [26] 成守德, 王元龙. 新疆大地构造演化基本特征[J]. 新疆地质, 1998, 16(2): 97-107.
- [27] 张良臣, 吴乃元. 天山地质构造及演化史[J]. 新疆地质, 1985, 3(3): 1-14.
- [28] 何国琦, 成守德, 徐新. 中国新疆及邻区大地构造图 1: 1500000[M]. 北京: 地质出版社, 2005.
- [29] 马昌前, 余振兵, 张金阳, 等. 地壳根、造山热与岩浆作用[J]. 地学前缘, 2006, 13(2): 130-139.
- [30] 刘训. 新疆地壳结构和演化中的若干问题[J]. 地学前缘, 2006, 13(6): 203-214.
- [31] 张国伟, 李三忠, 刘俊霞, 等. 新疆伊犁盆地的构造特征与形成演化[J]. 地学前缘, 1999, 6(4): 203-214.
- [32] 张天继, 李永军, 王晓刚. 西天山伊什基里克山一带东图津河组的确立[J]. 新疆地质, 2006, 24(1): 13-16.

## 参考文献:

- [1] 梁桂香. 风暴沉积及其构造背景[J]. 世界地质, 1994, 13(3): 131-143.
- [2] 杜远生, 韩欣. 滇中元古代昆阳群因组碎屑风暴岩及其意义[J]. 沉积学报, 2000, 18(2): 259-262.
- [3] 杜远生, 周道华, 龚淑云, 等. 甘肃靖远—景泰泥盆系湖相风暴岩及其古地理意义[J]. 矿物岩石, 2001, 21(3): 69-73.
- [4] 张哲, 杜远生, 舒雪松, 等. 鄂东南地区早三叠世风暴沉积序列及其环境意义[J]. 地质科技情报, 2006, 22(2): 30-34.
- [5] 杨宝忠, 杨坤光, 夏文臣. 鄂东黄石地区中上寒武统风暴岩的发现及意义[J]. 地质科技情报, 2007, 26(3): 33-36.
- [7] 胡明毅, 贺萍. 潮坪风暴沉积特征及其研究意义[J]. 地球科学进展, 2002, 17(3): 391-395.
- [8] 周琦, 颜佳新, 张命桥. 黔东南地区寒武系清虚洞组钙质风暴岩及其地质意义[J]. 地质科技情报, 2006, 25(2): 25-28.
- [9] 金瞰坤. 徐州大北望寒武系地层中的风暴岩及其特征[J]. 岩相古地理, 1997, 17(1): 34-38.
- [10] 孔庆莹, 程日辉, 王璞珺, 等. 新疆库鲁克塔格地区寒武系莫合尔山组风暴岩特征及其对海平面变化的响应[J]. 新疆地质, 2006, 24(4): 377-381.
- [11] 李华启, 姜在兴, 邢焕清, 等. 四川盆地西部上三叠统须家河组二段风暴岩沉积特征[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(1): 81-86.
- [12] 杨欣德, 王宗秀, 郭通珍. 巴颜喀拉山三叠系复理石盆地中发现深水风暴岩[J]. 地质力学学报, 2005, 11(4): 357-360.
- [13] 闫臻, 愈良军, 李继亮, 等. 松潘—若尔盖地区中—上三叠统沉积相组合特征[J]. 自然科学进展, 2007, 17(2): 196-204.
- [14] 刘鹏举, 林小谷. 河北省平泉早奥陶世冶里组碳酸盐风暴沉积[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2004, 34(1): 1-4.