, 7 |

# 东、西准噶尔泥盆系 火山碎屑风暴岩类型、特征及其地质意义

龚一鸣

(中国地质大学 武汉)

〔内容提要〕 火山碎屑风暴岩是一种新的风暴岩成因类型,是内、外力地质事件综合作用的产物,它不仅具有陆屑、钙屑风暴岩所具有的古环境和古气候意义,而且是活动大地构造单元----火山岛弧带滨、浅海环境中的标志性事件沉积类型。文章以东、西准噶尔泥盆系火山碎屑风暴岩资料为基础,阐述了火山碎屑风暴岩的成因类型、特征、形成机理及其地质意义。

关键词 火山 风暴岩 新疆 泥盆系

根据岩石成分和事件性质的不同,风暴岩可区分为陆屑风暴岩、钙屑风暴岩和火山碎屑 风暴岩。前二者是与气候事件,如台风、风暴事件有关的外力事件沉积,在国内外均见有大量 报道;后者则是与气候事件和爆发型火山喷发事件紧密相联的事件沉积,是内、外力地质事 件综合作用的产物。就作者所知,火山碎屑风暴岩在其它地区和其它时代很少见有报道。

火山碎屑风暴岩(pyroclastic tempestites)是指火山碎屑含量≥25%,有直接火山作用 参与形成的风暴岩。火山碎屑风暴岩在东、西准噶尔地区均有发育,产于泥盆系火山沉积岩 系中,与正常滨-浅海沉积、海相火山碎屑降落沉积、火山碎屑沉积和涌浪沉积以及钙屑和陆 屑风暴岩紧密共生。火山碎屑风暴岩与钙屑、陆屑风暴岩相比在识别标志上既有明显的类似 之处,也有显著的不同之点(表1)。根据风暴作用与火山作用在时空上的相关性,本区火山 碎屑风暴岩可分为二种成因类型:同喷发近火山风暴岩(CPT)和同喷发远火山风暴岩 (CDT)。

1 同喷发近火山风暴岩(CPT)

是指在风暴作用与火山作用同步,风暴中心与火山喷发中心相距较近(几公里至几十公里)条件下形成的风暴岩。构成这种风暴岩的沉积物除了来源于风暴改造先成沉积物外,同步爆发型火山喷发作用也直接提供了较丰富的火山碎屑。因此,同喷发近火山风暴岩的特征受风暴作用和火山喷发作用的双重控制。

<sup>●</sup>本文 1992 年 10 月 2 日收稿

❷高等学校博士学科点专项科研基金资助项目

### 表 1 东、西准噶尔泥盆系火山碎屑、钙屑和陆屑风暴岩特征、成因对比表

 Table 1
 Comparison of the characteristics and genesis of the Devonian pyroclastic,

 calcareous and terrigenous tempestites in East and West Junggar, Xinjiang

	火山碎屑风暴岩	钙屑风暴岩	陆屑风暴岩
火山碎屑含量(%)	>25	<25	<25
特征碎屑成分	浆屑、浮岩、安山岩、粗安岩 岩屑、斜长石、环带状斜长 石、黑云母、石英、玻屑、淬 碎玻、晶屑、火山泥球	海百合茎、腕足、四射珊瑚 和床板珊瑚、苔藓虫、三叶 虫、核形石	, 以石英、长石、凝灰岩、变质 凝灰岩为主
沉积构造	丘状层理、正或反递变层 理、冲刷构造、渠模、平行层 理、水平层理	丘状层理、块状构造、遮蔽 孔、冲刷构造、水平层理	块状构造、递变层理、平行 层理、水平层
遗迹化石	Thalassinoides 群落, Zoonphycos 和 Monocraterion 群落	Scalarituba 群落及 Plano- lites 等	未见
磨圆、分选	通常碎屑磨圆差、分选较好	碎屑磨圆、分选均较差	同左
	向上变细	同左	同左
作用力	外力地质作用(风暴)叠加 内力 地质作用(火山)	外力地质作用(风暴)	同左
沉积机理	再改造火山喷发沉积和直 接火山喷发沉积	再改造内源碎屑沉积	再改造陆源碎屑沉积
沉积环境	滨浅海	同左	同左
构造环境	火山岛弧海等活动大陆边 缘	活动构造环境的稳定期	同左

本区同喷发近火山风暴岩主要发育于东准噶尔北塔山下泥盆统,共识别出四种层序结构(图1)。



A. 块状或递变段; B. 平行层理段; C. 火山泥球、介壳段; D. 水平层理段; F. 苔藓虫生物层段;

CPTI. 层序结构编号; E-IV: 北塔山; 25、26 分层号

Fig. 1 Sequence structures of the Devonian coetaneous eruptive-proximal volcanic tempestites

developed in East Junggar(CPT)

A=massive or graded division; B=parallel bedding division; C=volcanic mud ball and shell division; D=horizontal bedding division; F=bryozoan division; CPT1=sequence structure number; E-IV=Baytik Mountain; 25 and 26= division number

CTP1 由A、B、F 三段组成。A 段由安山质粗一中粒晶屑凝灰岩、火山角砾岩组成,岩 石富含中酸性浆屑、淬碎玻屑、安山岩、斜长石等火山碎屑,角状,分选较好。此外,岩石中尚 含少量破碎的海百合茎、苔藓虫化石。A 段中的冲刷构造、递变层理发育;B 段的岩性与 A 段类似,但粒度较细,发育平行层理;F 段为凝灰质苔藓虫灰岩,含淬碎玻屑及浮岩。苔藓虫 呈纹带状、波状,原地埋藏,无破损,在纹带状苔藓虫层中尚可见珊瑚、腕足和三叶虫。在 CPT1 中通常 F 段厚度较 A、B 段大。 CPT2 由 A、D、F 三段组成。A 段为安山质粗一中粒晶屑岩屑凝灰岩,含淬碎浆屑、安山岩岩屑、熔蚀石英、斜长石及少量苔藓虫碎片。碎屑分选较好,角状;D 段以安山质细一粉砂状晶屑玻屑凝灰岩为主,含浮岩,发育水平纹理和波状水平纹理;F 段的特征与 CPT1 中 F 段类似。

CPT3 由A、B、C、D四段构造(图 2)。A 段具递变层理和冲刷构造,岩性为安山质粗一 中粒晶屑岩屑凝灰岩,富含粗安岩、中酸性浆屑、淬碎玻屑等火山碎屑,碎屑角状,分选差至 中等,此外,岩石中尚见破碎的腕足、海百合茎及少量的火山泥球;B 段的岩性与 A 段类似, 但粒度较细,发育平行层理;C 段以富含火山泥球和腕足碎片为特征。火山泥球直径 10-30mm 不等,球状、椭球状,具同心圆构造,火山泥球成分与围岩成分基本相同,为细一粉砂 状凝灰岩;D 段由细一粉砂状沉凝灰岩组成,具水平纹理或块状。

CPT4 与 CPT3 类似, 以 A、B 段不发育和 C 段特别发育为特征(图 3)。

综上所述,CPT 具如下三方面的特征。



图 2 同喷发近火山风暴岩层序结构 (自下往上为:D→A→B→C 段)

Fig. 2 Sequence structures of the coetaneous eruptive-proximal volcanic tempestites

(from base upwards  $D \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C$  divisions)

图 3 同喷发近火山风暴岩 C 段中的 火山泥球(右)和腕足碎片(中)

Fig. 3 Volcanic mud balls (right) and brachiopod fragments (middle) in the C division of the coetaneous eruptive-proximal volcanic tempestites

(1)在一个完整的单层序内,从下至上碎屑粒度由粗变细,底形由高流态变为低流态。

(2)含正常滨、浅海相化石,层序下部化石较破碎,为异地埋藏。

(3)岩性以中性、中酸性凝灰岩、沉凝灰岩为主,岩石富含直接火山活动—— 普宁尼式、 亚普宁尼式火山喷发的产物,如浆屑、浮岩、玻屑、溶碎玻屑、熔蚀石英、环带状斜长石和火山 泥球等,火山碎屑一般分选较好。

因此,可以认为:第一、二点为风暴岩的共性,在陆屑、钙屑和火山碎屑风暴岩中均可见 及;第三点为火山碎屑风暴的特性。

根据亚普宁尼式和普宁尼式火山喷发形成的最大岩屑直径与喷发中心距离的关系

(Cas 等,1987),图 1 中 CPT1、CPT2、CPT3 和 CPT4 与火山喷发中心的距离分别为 1km、 1.5km、60km 和 70km。从东准噶尔下泥盆统火山碎屑岩和熔岩的区域地层分布来看,CPT3 和 CPT4 的火山喷发中心可能主要在北塔山西部的克拉麦里山一带,该区在早泥盆世时是 西伯利亚板块南部大陆边缘火山岛弧带中火山活动较集中的地区。

对比图 1 的四种层序结构可以看出,CPT1 与 CPT2 较类似,CPT3 和 CPT4 有较多的 一致性,前二者以原地生长的纹带状厚层苔藓虫段的发育为特征,代表浅海中、下部环境;后 二者以火山泥球段的发育为特征,代表浅海中、上部环境。作者认为,火山泥球的形成至少必 须具备二个条件:爆发型火山喷发提供丰富的火山灰、火山尘,即高强度的爆发型火山喷发; 具有吸附火山灰能力质点(如:水蒸气、雨滴和湿的火山碎屑等)的翻转加积。在 CPT1 和 CPT2 沉积时,由于爆发型火山喷发的强度较小,给大气和水体中提供的火山灰较少和沉积 环境的水较深,这种条件有利于苔藓虫生物层的发育,而不利于火山泥球的形成。在 CPT3 和 CPT4 沉积时,由于高强度的普宁尼式喷发给大气和水体中提供了丰富的火山灰,加之环 境的水深较浅,这种条件有利于火山泥球的形成,而不利于苔藓虫生物层的发育。由此可见, CPT 的特征受火山作用、风暴作用等内、外力地质作用多种因素的影响。

对含 CPT 剖面层段的厚度统计结果表明:CPT 占统计厚度(235m)的 50%以上,大大 高于华南台区二叠系钙屑风暴岩和泥盆系陆屑风暴岩的厚度产出频率(前者约 10%,刘宝 珺等,1986;后者<10%,龚一鸣,1985)。作者认为,CPT 在北塔山地区的高产出频率决定于 二个因素:(1)北塔山在早泥盆世的古纬度。Duke(1985)和 Marsaglia 等(1983)的资料表明 古生代和泥盆纪热带风暴沉积物高频率值所对应的古纬度分别为 17°和 10.7°。结合其它资 料,作者认为北塔山早泥盆世的古纬度估计值为 10°—15°N;(2)准噶尔板块(以洋壳为主 体)向西伯利亚板块南部大陆边缘的俯冲导致频繁的火山活动。Jakosky(1986)的研究表明 强烈的爆发型火山活动能使大气中气溶胶和 CO<sub>2</sub> 的浓度增大、温度升高,从而更有利热带 风暴的形成。

2 同喷发远火山风暴岩(CDT)

此类型火山风暴岩以风暴中心与爆发型火山喷发中心相距较远(几十公里至几百公里) 和同步火山喷发直接提供的火山碎屑较少为特征。CDT 在东准噶尔北塔山、纸房地区和西 准噶尔沙尔布尔提山区均有发育,共识别出六种层序结构(图 4)。

CDT1 是本区火山碎屑风暴岩中发育最全的层序结构(图 5),可与理想风暴岩层序类 比。A 段自下往上为冲刷构造,块状层理、递变层理;B 段发育平行层理,厚度较小,约 1cm。 在 A、B 段交界面附近可见由临界搬运形成的漂砾构造;C 段呈丘状层理,下部为截切型丘 状层理。层系内纹层间为整合接触或切线状侵蚀接触,层系间为截线状侵蚀接触,层系为扇 状或束状,层系的侧向迁移大于垂向生长;上部为整合型丘状层理,层系间和纹层间或为整 合叠置或为切线状侵蚀接触,层系或纹层的垂向生长大于侧向迁移;D 段发育水平层理,顶 部含浮岩(图 5)。CDT1 的岩性为凝灰岩,自下往上火山碎屑(除浮岩外)粒度由含角砾粗砂 级到粉砂级,火山碎屑类型由以岩屑为主逐渐变化为以玻屑为主,浮岩在层序顶部较富集。 由以上特征不难看出,CDT1 是风暴事件和爆发型火山喷发事件共同作用的产物,其沉积作 用经历了高密度重力流沉积(A 段)→高流态牵引流沉积(B 段)→高能量推进式风暴流沉积 (C 段下部)→低能量振荡式风暴浪沉积(C 段上部)→火山碎屑和悬浮细组分的降落沉积(D



图 4 同喷发远火山风暴岩(CDT)层序结构

A. 递变或块状段;B. 平行层理段;C. 丘状层理段;D. 水平层理段;F. Thalassinoides 段;CDT1. 层序 结构编号;E. 东准噶尔;W. 西准噶尔;N. 北塔山;I. 纸房;m. 芒克鲁;56. 分层号 Fig. 4 Sequence structures of the Devonian coetaneous eruptive-distal volcanic tempestites (CDT) developed in East and West Junggar

A=graded or massive division,B=parallel bedding division,C=hummocky bedding division,D=horizontal bedding division,F=Thalassinoides division,CDT1=sequence structure number,E=East Junggar,W=West Junggar,N=Baytik Mountain,I=Zhifang,m=Mangkelu,56=division number 段)的发展、演变。CDT1中的沉积物主要为风暴浪改造先成松散的火山碎屑,同步火山喷发提供的火山碎屑仅在层序上部有明显的反映,如原生形态保存较好的玻屑、浮岩。



图 5 同喷发远火山风暴岩层序结构(自下往上 为:块状层理段(A)→递变层理段(B)→平行层理 段(C)→截切型丘状层理段(D)→整合型丘状层 理段(E)→水平层理,含浮岩(F)

Fig. 5 Sequence structures of the Devonian coetaneous eruptive-distal volcanic tempestites, showing (from base upwards) massive bedding  $(A) \rightarrow$ graded bedding  $(B) \rightarrow$  parallel bedding  $(C) \rightarrow$  truncated hummocky bedding  $(D) \rightarrow$  conformable hummocky bedding  $(E) \rightarrow$  horizontal bedding with pumite (F)

CDT2 由 A、C、D 三段构成:A 段为含砾粗砂状沉凝灰岩,在同生沉凝灰岩砾石中含 放射虫,发育冲刷构造和正递变层理;C 段由中粒沉凝灰岩组成,发育整合型丘状层理,纹层 在丘峰、丘谷处薄,在丘坡处厚,纹层曲率半径由下至上由小变大,直至近水平状。测得丘高 10cm,丘直径(相当波长)200cm;D 段为细一粉砂状沉凝灰岩,含放射虫(<50%)和植物化 石碎片,可见鸡骨状玻屑形态,发育水平纹理。

CDT3 是本区厚度最大的层序(图 6):A 段呈块状,底部为大型冲刷面,沿走向厚度变化大,0-50cm 不等,含圆状、极圆状闪长岩、花斑岩砾石,砾径可达 12cm。碎屑分选极差,磨圆好,杂基支撑;C 段具大型截切状丘状层理,量得丘高 50cm,丘间距 180cm。沿走向追索可



图 6 同喷发远火山风暴岩层序结构,自下往上可见块状层理段(A)→截切型丘状层理段(B) Fig. 6 Sequence structures of the Devenian coetaneous eruptive-distal volcanic tempestites,

showing in the ascending order massive bedding(A)→truncated hummocky bedding(B) 见丘状层理直接与下伏背景沉积冲刷接触;D 段发育有水平层理。CDT3 下部岩性为安山质

中一粗粒岩屑晶屑、骨屑沉凝灰岩,富含海 99.99% 百合茎、三叶虫、珊瑚、苔藓虫等化石碎片; 上部为安山质细粒晶屑凝灰岩。

CDT3的系统粒度分析结果表明(图 7):从C段至D段碎屑的粒度中值变小, 总体上表现出较好的分选性,跳跃总体发 育,无滚动总体,表明截切型丘状层理是高 能量牵引流沉积的产物。图7表明在丘状 层理的不同部位,粒度曲线并不完全相同, 在丘谷处(图7-D、A)粒度中值大,分选 好,曲线为二段式;在丘坡处(图7-B)粒 度中值较小,分选性较差。由此可见,截切 型丘状层理内部不论在水动力强度上还是 搬运、沉积方式上都是不均一的。CDT3顶 部的水平层理的三段式结构(图7-G)可 能主要与火山碎屑降落沉积和事件后期的 悬浮沉积的掺合作用有关。

需要指出的是,CDT3A 段内闪长岩、 花斑岩等深层侵入岩类砾石的存在和圆 状、极圆状外形特征表明:早泥盆世时在东 准噶尔纸房浅海附近有剥蚀程度较深的古 岛存在,暗示西伯利亚板块南部大陆边缘 在东准噶尔地区其地壳性质应为过渡壳或 陆壳,其古地理景观可能类似现今的西太



平洋。CDT3 大于 1m 的层序厚度和 A 段中大于 10cm 的砾石直径与其它火山碎屑风暴岩明显不同,可能与火山喷发引起的海啸事件的叠加有关。

CDT4 由 A、D、F 三段构成,岩性为沉凝灰岩。A 段具正、反递变层理,底部发育冲刷构造;D 段发育水平纹理,有时 D 段被 A 段冲刷或被 F 段取代;F 段以发育 Thalassinoides 群落为特征。

CDT5 由 A、D 段组成:A 段为凝灰质细砾岩、沉凝灰岩,岩石富含安山岩、斜长石、角 闪石和黑云母等火山碎屑和海百合茎、三叶虫、苔藓虫等骨屑,碎屑分选中等,磨圆较差,发 育递变层理;D 段由凝灰质粉砂岩、泥岩组成,含原地埋藏的三叶虫、海百合茎腕部化石,偶 见放射虫(<5%),发育水平层理或呈块状。野外统计结果表明:在厚 23.2m 的剖面选段内 可识别出类似于 CDT5 的 31 个旋回层,表明同喷发远火山风暴岩在东准噶尔纸房地区有着 较高的产出频率。

CDT6 由 A、C 段构成:A 段由 含砾骨屑沉凝灰岩组成,骨屑主要为 腕足,其次为海百合茎、苔藓虫。腕足 大都呈单瓣保存,下部凹面朝上,中上 部凸面朝上;C 段以洼状层理的发育 为特征。CDT6 中的火山碎屑主要集 中在 C 段,以斜长石晶屑和鸡骨状玻 屑为主,含量有时可达 50%。

综上所述,在岩石成分上,CDT 与 CPT 类似,但在 CDT 中直接火山 作用提供的火山碎屑减少,骨屑和陆 屑以及再沉积火山碎屑组分增加;在 层序结构上 CDT 更类似钙屑和陆屑 风暴岩,丘状层理发育(表 2)。从 CDT 中保存的火山碎屑特征看,从 CDT1 至 CDT6 距火山喷发中心的距离逐 渐增加。CDT 的层序结构和所保存的 表 2 同喷发近火山风暴岩(CPT)与同 喷发远火山风暴岩(CDT)特征、成因对比表

 Table 2
 Comparison of the characteristics and genesis

 of the Devonian coetaneous eruptive-proximal (CPT)

with distal (CDT) volcanic	e tempestites in	the study area
----------------------------	------------------	----------------

	CPT	CDT
火山碎屑含量	较 CDT 高	较 CPT 低
火山碎屑遭改 造程度	低	高
内源、陆源组分	较 CDT 少	较 CPT 多
浆屑	常见、丰富	可见
直接火山喷发 沉积物	岩屑,晶屑,玻屑均较 发育,其粒径可大于 2mm	以细粒一尘状晶屑, 玻屑为主
淬碎火山碎屑	常风,丰富	可见
火山泥球	常见	少见
<b>丘状层理</b>	少见	常见
与火山喷发中 心距离	几公里-几十公里	几十公里一几百公里
喷发类型	爆发型一爆溢型	以普宁尼型为主
构造环境	近火山弧	远火山弧

化石特征表明,它们均形成于浅海环境,CDT4和 CDT5发育于风暴浪基面以下,CDT1、 CDT2和 CDT3发育于风暴浪基面附近,CDT6发育于风暴浪基面之上。从 CDT3→CDT6 →CDT2→CDT1→CDT5→CDT4,沉积时风暴能量逐渐降低。

早泥盆世东准噶尔纸房、北塔山地区和西准噶尔沙尔布尔提山芒克鲁地区特征类似的 同喷发远火山风暴岩的发现,表明二区在早泥盆世时均处于低纬度热带、亚热带和活动的大 陆边缘——火山岛弧滨、浅海环境,同时为东、西准噶尔地区地层、沉积、火山活动和大地构 造特征的进一步对比以及准噶尔盆地基底性质的确定是供了新的线索。

### 参考文献

刘宝珺、张继庆、许效松,1986,四川兴文四龙下二叠统碳酸盐风暴岩,地质学报,60(1)pp.55-67.

龚一鸣,1985,湘西南早、中泥盆世碎屑岩地层岩相及古地理,湖南地质,4(4);pp.26-38.

刘本培、龚一鸣等,1990,新疆北部泥盆纪火山碎屑质风暴岩及其古地理意义,新疆地质科学,第1期 pp. 90-102。 Cas, R. A. F. & Wright, J. V., 1987, Volcanic Successions. Allen & Unwin, London.

Duke, W. L., 1985. Hummocky cross-stratification, tropical hurricanes, and intense winter storms. Sedimentology, 32 (2) pp. 167—194.

Jakosky, B. M., 1986. Volcanoes, the stratosphere, and climate. J. Volcanol. Geotherm. Res., 28 pp. 247-255.

Marsaglia, K. M. & Klein, G. V., 1983. The paleogeography of Paleozoic and Mesozoic storm depositional systems. J. of Geology, 91(2) pp. 117-142.

## TYPES, CHARACTERISTICS AND GEOLOGIC SIGNIFICANCE OF THE DEVONIAN PYRO-CLASTIC TEMPESTITES IN EAST AND WEST JUNGGAR, XINJIANG

Gong Yiming (China University of Geosciences, Wuhan)

#### ABSTRACT

The Devonian pyroclastic tempestites in East and West Junggar, Xinjiang are a new genetic type of tempestites, with a pyroclastic content  $\ge 25\%$  and are formed by both a storm and an explosive volcanic process. The coetaneous eruptive-proximal volcanic tempestite facies (CPT) and coetaneous eruptive-distal volcanic tempestite facies (CDT) are rocognized in the pyroclastic tempestite facies on the basis of the relationship between storm and explosive volcanic process in time and space.

The CPT are the process-facies formed by both a storm (exogenic) and an explosive volcanic (endogenic) process. Generally, the distance between a storm and an explosive volcanic eruption centre is not far (only several to tens of km), and the deposits which constitute CPT consist of both the deposists which are reworked by a storm process and the pyroclastics which are directly provided by an explosive volcanic eruption synchronously. The CPT are mainly found in the Lower Devonian strata in the Baytik Mountain, East Junggar, Xinjiang.

The CDT are characterized by a storm centre far from an explosive volcanic eruption centre (10 to 100 km) and by less pyroclastics provided directly by an explosive volcanic eruption. The CDT are mainly distributed in the Lower Devonian strata in East Junggar and the Upper Devonian strata in the Sarburti Mountain, West Junggar, Xinjiang.

The study indicates that pyroclastic tempestites are the diagnostic event deposit types in the littoral and neritic environments of the volcanic island-arc zones.

Key words volcano, tempestite, Xinjiang, Devonian