

新疆北部泥盆系火山碎屑浊积岩层序结构特征及其地质意义

龚一鸣

(中国地质大学, 武汉)

提 要 新疆北部泥盆系火山碎屑浊积岩包括粗粒、中粒和细粒火山碎屑浊积岩三大类, 后者尚可进一步划分为粉砂质、泥质和生物成因浊积岩。岩性上以含火山物质有别于陆屑、钙屑浊积岩。在火山碎屑浊积岩中识别出 20 种层序结构, 它们可归并为完整鲍马序列、连续不完整鲍马序列和间断不完整鲍马序列三类。文章认为: 间断不完整鲍马序列是多个浊流事件或浊流事件与其他事件相互叠加、干扰的产物, 为活动构造环境, 特别是火山岛弧海中非单源、单方向浊流沉积或火山碎屑浊积岩或细粒浊积岩的重要特征。

关键词 浊积岩 火山碎屑 泥盆系 新疆

作者简介 龚一鸣 男 36 岁 博士 副教授 沉积地质学

新疆北部(以下简称北疆)泥盆系是阿尔泰—准噶尔—天山海西造山带的重要组成部分, 发育有丰富的火山—沉积现象。“七五”期间, 笔者等通过长达 4 年的野外和室内研究, 首次在北疆泥盆系中发现了大量的火山碎屑浊积岩, 其中东准葛尔纸房地区发现的火山碎屑浊积序列前人曾一向认为是纯陆相地层。由此可见, 北疆火山碎屑浊积岩的深入研究, 对正确认识北疆区域地质特征、大地构造演化、准噶尔大型含油气盆地的生、储、盖远景和其他矿产的形成分布规律均有重要意义。

火山碎屑浊积岩广泛发育于东准噶尔上泥盆统, 西准噶尔下泥盆统下部和上泥盆统, 阿尔泰中、上(?)泥盆统; 以赋含火山碎屑(>25%)和与火山作用密切的成因联系为特征。与火山碎屑浊积岩紧密共生的尚有等积岩、震积岩、火山碎屑海啸岩、火山碎屑风暴岩和火山喷发沉积以及丰富的遗迹化石、放射虫等(龚一鸣, 1992, 1993)。根据粒度, 本区的火山碎屑浊积岩可分为粗、中、细浊积岩三大类(表 1)。在岩类学上, 它们大都可归于沉积火山碎屑岩、普通火山碎屑岩和火山碎屑沉积岩类, 在剖面上与之共生的岩类尚见有细碧岩、安山岩、淬碎熔浆火山碎屑岩和淬碎火山碎屑熔岩等。

1 粗粒火山碎屑浊积岩

岩性主要为沉火山角砾岩, 凝灰质含砾粗砂岩、砾岩; 碎屑成分包括安山岩, 凝灰岩, 沉凝灰岩, 长石晶屑和植物茎秆; 碎屑为角状, 分选极差, 杂基支撑。层序结构通常可分出 R 段和 S 段(图 1, CT); R 段具递变性或呈块状, 可见冲刷构造, 临界搬运型漂砾构造(图版 I, 1 图 3);

S段发育水平层理或平行层理, 偶见放射虫。粗粒火山碎屑浊积岩在剖面上常与中粒火山碎屑浊积岩共生, 是碎屑流和高密度浊流以及伴生同步火山喷发堆积的产物, 发育于纸房、沙尔布尔提山、萨吾尔山。

表1 新疆北部泥盆系火山碎屑浊积岩类型与特征

Table 1 Types and characteristics of Devonian volcanic clastic turbidites in Northern Xinjiang

	粗粒火山碎屑浊积岩	中粒火山碎屑浊积岩	细粒火山碎屑浊积岩		
			粉砂质	泥质	生物成因
火山碎屑含量	>50%	>25%	>25%±	<25%	<25%
火山碎屑类型	以岩屑为主	以晶屑为主	玻、晶屑	以玻屑为主	
岩石类型	沉火山角砾岩, 含砾凝灰岩, 沉岩屑凝灰岩	沉凝灰岩, 晶屑凝灰岩	凝灰质粉砂岩、泥岩		凝灰质放射虫硅质岩, 放射虫岩
分选	极差	差至一般	一般至较好		
生物组分类型	粗大的植物茎杆	植物碎片, 腕足, 海百合茎, 笔石, 竹节石, 放射虫, 凝源	放射虫, 硅质海绵骨针		
生物组分含量	<10%	10%±	可达90%		
遗迹化石	未见	<i>Paleodictyon, Cochlichnus, Glockeria, Gordia, Cosmorhapha, Zoophycos, Chondrites, Scolicia, Fucusopsis, Planolites, Palaeophycus, Skolithos, Laevicyclus, Thalassinoides, Teichichnus, phycodes, Didymaulichnus, Megagraption</i>	未见		
典型沉积构造	块状层理, 临界搬运型、均落型漂砾构造, 递变层理	递变层理, 软沉积物变形构造, 侵蚀构造, 火山喷射型漂砾构造	微型递变层理, 显微侵蚀构造		
层序结构类型	完整型为主	间断不完整型, 连续不完整型, 完整型	主要为间断不完整型		
厚度规模	分米级	厘米级	毫米级		

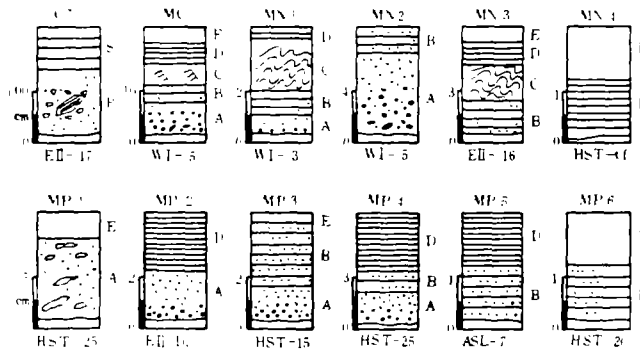


图1 粗、中粒火山碎屑浊积岩层序结构类型

Fig. 1 Sequence structure types of the Devonian coarse and medium grained volcaniclastic turbidites in Northern Xinjiang

A: 块状或递变层理; B: 平行层理; C: 纱纹或变形层理; D: 水平层理; E: 块状泥、粉砂; R: 块状或递变段; S: 水平层段。
 CT: 粗粒火山碎屑浊积岩; M: 中粒火山碎屑浊积岩; MC: 完整鲍马序列; MN1-4: 连续不完整鲍马序列; MP1-6: 间断不完整鲍马序列; E1: 纸房; W1: 沙尔布尔提山; HST: 黑山头; ASL: 阿舍勒; 17, 1f, D3: 分层号

2 中粒(或砂质)火山碎屑浊积岩

在东、西准噶尔和阿尔泰地区均有分布, 见有 11 种层序结构, 由鲍马序列中 A、B、C、D、E

段的不同组合构成(图 1)。A、B、C、D 段主要为沉凝灰岩、晶屑凝灰岩(图 2)和凝灰质砂岩,碎屑分选差至中等,碎屑的形貌、成分等特征往往与其成因类型紧密相关。常见碎屑成分为安山岩、环带状斜长石、浮岩、石英、玻屑等火山碎屑和海百合茎、腕足、放射虫、植物化石碎片、中酸性侵入岩等内源和陆源碎屑。E 段主要为暗色泥岩、凝灰质粉砂岩和放射虫硅质岩。

A 段 厚度从 1cm 至 10cm 不等,发育块状构造,重荷构造(图版 I, 6, 图版 I, 1),正递变层理(图版 I, 1; 图版 I, 3);反递变层理(图版 I, 1),复合递变层理(图版 I, 4, 7),牵引毡构造(图版 I, 5)和冲刷构造,在中粒火山碎屑浊积岩中常见的火山源、内源和陆源碎屑类型(如上文)在 A 段几乎均能见到,碎屑分选差。在剖面上 A 段的下伏地层常为中粒火山碎屑浊积岩的 E 段,细粒浊积岩和放射虫硅质岩(图版 I, 4)。

B 段 以发育平行层理(图版 I, 5, 6; 图版 I, 1, 3, 4)为特征,碎屑分选较好, B 段是浊流本体转化(body transformation),即由密度流向牵引流转化的产物。

C 段 发育沙纹层理(图版 I, 1, 4)或软沉积物变形构造,如包卷层理、流体化截切面(图版 I, 7; 图版 I, 2)等。软沉积物变形构造的发育是本区火山碎屑浊积岩的重要特征,与浊流沉积物在沉积后和成岩前常遭地震、火山活动的影响有关,体现了活动构造环境的沉积特征。

D 段 发育水平层理、波状水平层理,软沉积物变形构造常影响到本段(图版 I, 1, 2, 5, 6, 7; 图版 I, 1-4)。

E 段 块状或发育生物扰动和遗迹化石。在 E、D 段常含放射虫,含量有时可达 50%,此外,尚见有硅质海绵骨针、竹节石和凝源类化石。贵迹化石主要包括 *Paleodictyon*, *Glockeria*, *Helminthoida*, *Cosmorhapha*, *Chondrites*, *Teichichnus*, *Gordia*, *Planolites*, *Phycodes*, *Cochlichnus*, *Scolicia* 等。

从 A 段至 E 段,碎屑粒度变细,火山碎屑含量逐渐减少,放射虫等微体化石和遗迹化石的丰度和分异度增加。

粒度分析结果表明(图 3):中粒火山碎屑浊积岩的粒度特征具一般浊积岩的共性,即曲线呈上凸折线状,粒度跨度大,悬浮总体较发育。但从总体上看,曲线斜率较大,分选较一般浊积岩好(Visher, 1969),这一特征在其他地区的火山碎屑浊积岩中也有反映(侯方浩等, 1984)可能系火山碎屑浊积岩的粒度特征所在,与火山碎屑在沉积前曾遭受过火山喷发分选和大气分选作用有关。

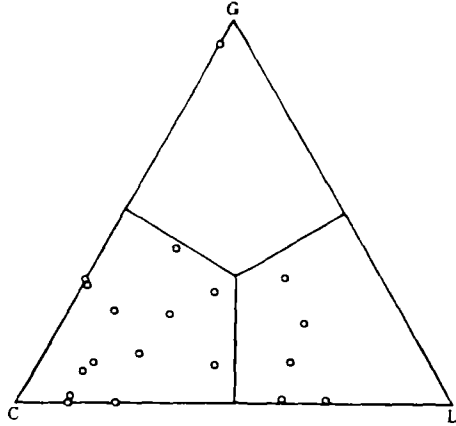


图 2 东准噶尔纸房上泥盆统中粒火山碎屑浊积岩玻屑(G)一晶屑(C)一岩屑(L)含量分类图

Fig. 2 Ternary diagram of the glass-crystal-lithic fragments of Upper Devonian medium grained volcanoclastic turbidites in East Junggar

3 细粒火山碎屑浊积岩

是指主要由粉砂级、泥级碎屑组成的火山碎屑浊积岩。根据粒度和成分,本区的细粒火山碎屑浊积岩可分为粉砂质火山碎屑浊积岩、泥质和生物成因浊积岩三类,它们主要发育于西准噶尔黑山头 and 沙尔布尔提山,东准噶尔纸房(图4)。

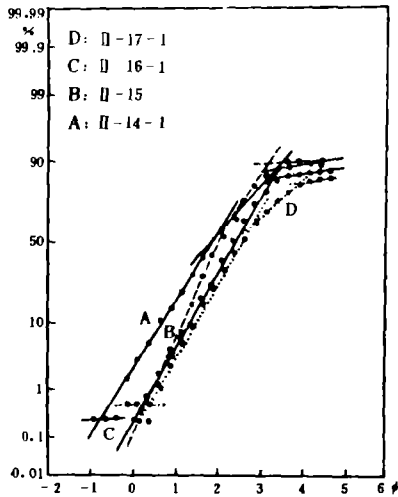


图3 中粒火山碎屑浊积岩概率累积曲线
Fig. 3 Probability accumulation curves of the medium-grained volcaniclastic turbidites

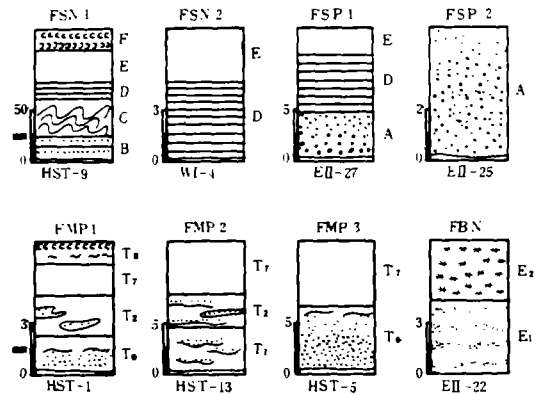


图4 细粒火山碎屑浊积岩层序结构类型
Fig. 4 Sequence structures types of the Devonian fine grained volcaniclastic turbidites in Northern Xinjiang

FSN1、FSP1: 粉砂质连续不完整、间断不完整序列; FMP1: 泥质间断不完整序列; FBN: 生物成因连续不完整序列, 其它符号见图1及正文

3.1 粉砂质火山碎屑浊积岩

见有四种层序结构(图4-FSN1、FSN2、FSP1、FSP2;图版I, 6, 8), 基本特征与中粒火山碎屑浊积岩类似, 以碎屑粒度较细(粉砂状碎屑为主), 层序厚度较小, 火山碎屑含量较低, 放射虫含量较高, 遗迹化石更为丰富多彩为特征。

3.2 泥质浊积岩

与Piper(1978)和Stow(1977)建立的泥质浊积岩相模式相比, 本区所见泥质浊积岩可归结为三种层序结构(图4FMP1-3)。

T_0 段为条带状、透镜状递变粉砂泥岩; T_1 段透镜状粉砂泥岩, 偶见微变形纹层; T_2 段为不规则粉砂纹层泥; T_3 段无递变泥岩, 含少量放射虫, 偶见火山喷射型漂砾构造, 即砾级火山碎屑漂浮在无递变泥岩中; T_4 段为生物扰动泥岩, 以发育大量的生物扰动和遗迹化石为特征, 如 *Glockeria*, *Paleodictyon*, *Cochlichnus*, *Planolites* 等。从层序底至顶, 粉砂由少到无, 总体上表现出正递变的特征。Piper(1978)认为泥质浊积岩相模式中 T_{0-3} 段相当于对鲍马序列 Te 段的进

一步划分。因此,综合上述特征可以认为:本区泥质浊积岩是在火山、地震事件影响下远端稀性浊积沉积的产物。

3.3 生物成因浊积岩

以富含放射虫为特征,通常可分辨出二段(图 4FBN),即 E1 段深色递变放射虫岩,放射虫含量可达 70%,底部偶见冲刷现象;E2 段浅色微递变放射虫岩,放射虫含量可达 90%,主要由 *Entactinosphaera* sp. 组成,偶见硅质海绵骨针。在剖面上以主射虫为主体的生物成因浊积岩往往形成频繁、稳定的互层序列,在露头上表现为具微细纹理的硅质岩或尘状凝灰岩、沉凝灰岩,并与中粒火山碎屑浊积岩、等积岩等共生。因此,笔者认为本区的生物成因浊积岩是半深海、深海环境中海山、海底高地上堆积的放射虫软泥在火山、地震或海啸事件影响下向低洼的海底低地发生垮塌,最后由浊流搬运、富集再沉积的结果。

需要说明的是上述生物成因浊积岩中如此高含量的放射虫,笔者认为它们并非形成于 SCD(SiO_2 补偿深度,赤道处 $>5500\text{m}$,两极 $>3500\text{m}$)之下的深海环境,理由有三,其一:上述高含量放射虫岩与植物化石 *Leptophloeum rhombicum*(长 45cm,直径 5cm)紧密共生;第二:上述生物成因浊积岩均发育于火山岛弧海,频繁的火山活动带来的大量可溶硅对快速沉积和再沉积的放射虫的溶解起到了缓冲剂的作用;第三:泥盆纪时,准噶尔盆地及其周边地区处于低纬度带,根据大洋水深与板块构造的关系,大于 5500m 水深海域应为典型的、宽广的洋壳海底,这与已有的大地构造资料不吻合。

4 鲍马序列类型及其地质意义

将图 1、4 中的层序结构与鲍马序列对比,本区火山碎屑浊积岩的层序结构可归纳为三种类型(图 5),即完整鲍马序列(图 1MC;图版 I, 4);Tabcde 均有发育;连续不完整鲍马序列(图 1MN1-4,图 4FSN1-2;图版 I, 1、2、8);仅发育 Tab 或 Tabcd 或 Tbcde 等;间断不完整鲍马序列(图 1MP1-6,图 4FSP1-2、FMP1-3;图版 I, 1、2、5、6;图版 I, 3、5);仅发育 Tabd 或 Tae 等。

完整和连续不完整鲍马序列广泛分布于各种构造背景、沉积环境和地质时代(Mutti 等, 1987;Shanmugam 等, 1988;李思田, 1988;侯方浩等, 1984),鲍马曾用浊流流速衰减依次沉积各段并在远端依次超覆来解释连续鲍马序列和缺底的连续不完整鲍马序列。缺顶的连续不完整鲍马序列可用后期浊流对前期浊流沉积的侵蚀、冲刷来解释,但间断不完整鲍马序列是难以用上述理论解释的。

笔者的野外统计结果(图 5)表明:本区火山碎屑浊积岩序列以间断不完整层序为主,在东准噶尔纸房,西准噶尔黑山头、沙尔布尔提山芒克鲁统计剖面上其产出的厚度频率值分别为 57.6%, 73.3% 和 78.9%。这种逐渐增高的频率统计值与上述剖面所反映出的火山、地震和构造活动性的增强以及远源和细粒浊积岩较发育相对应。因此,可以认为:间断不完整层序的形成是多个浊流事件或浊流事件与其他事件相互叠加、干扰,致使遭改造的或夭折的浊流体不能象单源、单方向未遭改造的浊流体那样按鲍马模式衰减、沉积的结果。在火山岛弧海等活动构造环境,火山、地震等内力事件频繁,易于直接或间接影响浊流沉积作用的进行;在远源和细粒浊积岩发育区,浊流强度弱,易于遭受其他事件干扰。由此可见,浊积岩的间断不完整层序是活动构造环境中非单源、单方向浊流沉积和细粒浊积岩的重要特征;间断不完整层序与完整、连

Sequence Structural Characteristics of the Devonian Volcanoclastic Turbidites in Northern Xinjiang and Their Geological Significance

Gong Yiming

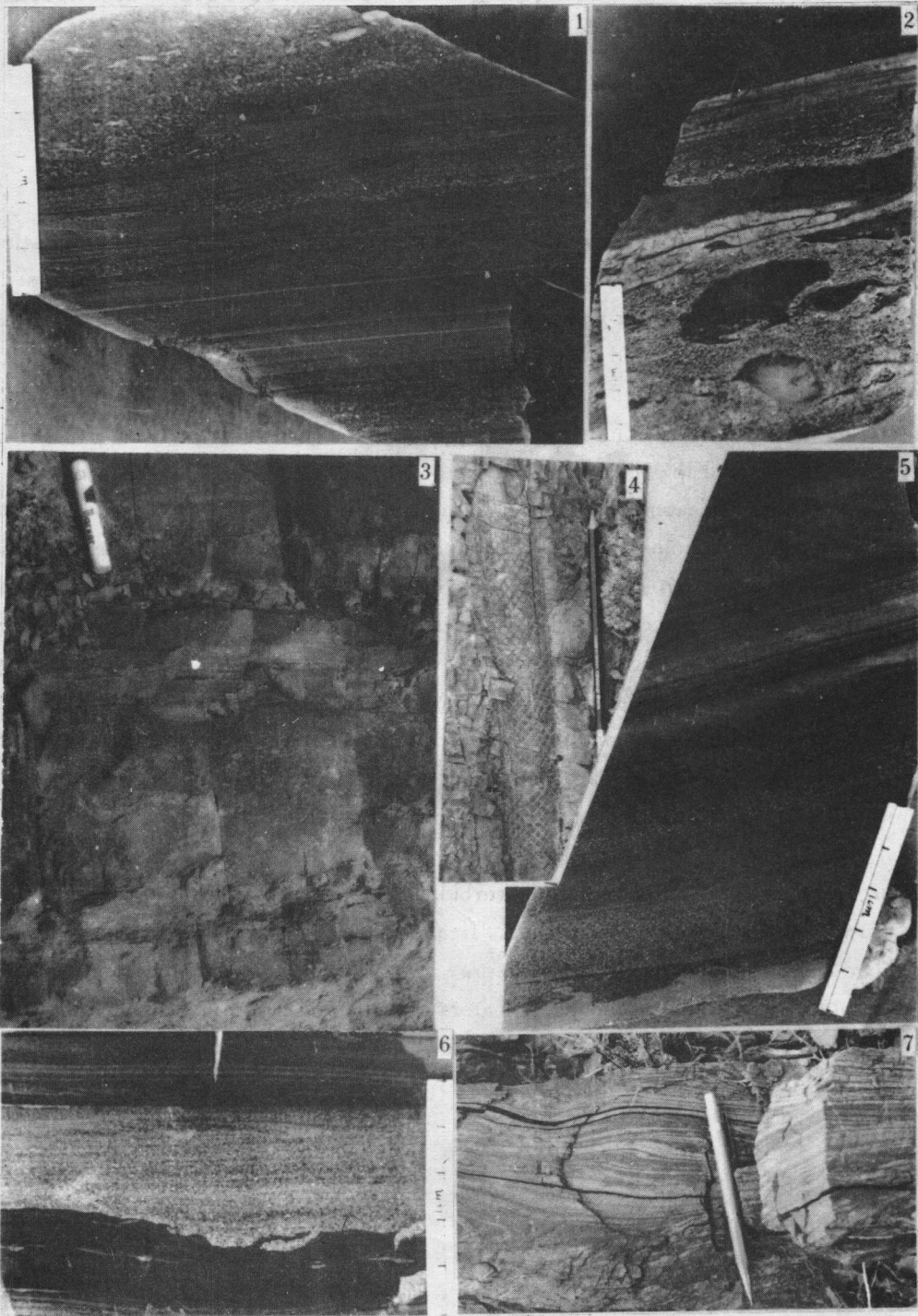
(China University of Geosciences, Wuhan)

Abstract

The volcanoclastic turbidites which are characterized by more than 25% pyroclastic contents and by the Bouma sequence are widely distributed in the Upper Devonian of east Junggar, the lower part of the Lower Devonian and the Upper Devonian of west Junggar. In terms of grain size, they are subdivided into coarse, medium and fine grained volcanoclastic turbidite facies. Twenty sequence structures are recognized, which may be merged in three types: the completed, the continued-uncompleted and the punctuated-uncompleted Bouma sequence, i. e., Tabcde; Tabc or Tab; Tae, Tad or Tabe.

Statistical data indicates that the sequence structures of the volcanoclastic turbidites in Northern Xinjiang are dominated by the punctuated-uncompleted Bouma sequences, the thickness frequencies are 57.6%, 73.3% and 78.9% respectively in the Zhifang section of east Junggar, the Heishantou section and the Sarburtishan section of west Junggar. The above gradual increasing of frequencies corresponds to the strengthening of volcanic, seismic and tectonic activities and to the increasing of distal and fine grained volcanoclastic turbidites in the above sections. The punctuated-uncompleted Bouma sequences of the volcanoclastic turbidites would be formed in the mutual interference of several turbidity current events of in the mutual interference of turbidity current event (s) and other events (volcanic, seismic and tsunami events etc.). A turbidity current sedimentation would be easily affected by other geologic processes in distal and fine grained turbidite region where a turbidity current energy is lower. In volcanic island arc environments, frequent volcanic and seismic events affect easily a turbidity current sedimentation. Therefore, a punctuated-uncompleted sequence of turbidites would be one of the diagnostic indicators of distal and fine grained turbidites, and the turbidity current sedimentation region of polydirections and polyresources and an active tectonic setting.

图版 I



图版 I

