

# 山西省大同火山群火山碎屑沉积特征

李树德 徐海鹏

(北京大学城市与环境学系,北京,100871)

**提 要** 本文对大同火山群火成碎屑沉积物的空中坠落沉积和碎屑流动沉积(陆上和水中)的横向变化和垂向变化及组合进行了探讨性研究,进而发现空中坠落沉积物在垂向上具有成层性,横向上沉积物的粒度和厚度随远离火山口的距离呈有规律的减小,但流动沉积物中浮岩粒级是颠倒的,细粒沉积物一般在距火山口很远处形成,但也有在火山口附近沉积的,这与火山喷发强弱有关,可见粗粒的坠落沉积物是近火山口的可靠指标,但细粒沉积物并不一定表示远离火山口。

**关键词** 火成碎屑 浮岩 粒级 山西省大同

**第一作者简介** 李树德 男 53岁 副教授 第四纪地貌地质

山西大同火山群是我国独特的火山地貌类型之一。从本世纪30年代以来,人们从第四纪地质、岩石学、新构造等方面对其进行考察研究。然而对火山碎屑的相,特别是火山碎屑的侧向变化和垂向变化不太清楚,近年来作者从活动断裂及构造应力场的角度对该地区火山群发育的构造地貌背景作了初步研究,并对火山碎屑沉积物的侧向、垂向变化及组合关系也作了相应的探讨。

## 1 火山碎屑坠落沉积

火山碎屑(pyroclastic fragments)是从火山口爆炸喷射出来使暴雨般的火成碎屑从空中降落而产生的坠落沉积物。

对这种火成碎屑沉积物,按火山爆炸时的碎屑物状态和粒级大小分类有:R. V. 费希尔, M. P. 毕令斯以及我国常用的分类见表(1)。

### 1.1 火成碎屑坠落沉积物

从火山口喷发出来的火成碎屑(火山集块、火山弹、火山(角)砾、火山砂、岩屑、晶屑、火山灰、熔渣和浮岩等)在重力作用影响下,从空中坠落于地表或水中沉积下来,也可能将其再整体搬运一定距离后再沉积下来。

火成碎屑沉降的速度与碎屑大小、形状和密度有关,碎屑越大、形状越规则、密度越大,则沉降越快。但对于大小相同,形状相似的碎屑,支配其沉降速度快慢的则是其密度大小。浮岩质的碎屑要比岩屑下降慢得多,如果碎屑从空中坠入水中,则浮岩质碎屑首先漂浮于水面,等到水渐渐渗透充满其孔隙后才逐步下沉。由于浮岩大小各异,孔隙发育的程度也不相同,所以落入水中后何时开始沉降及其沉降的速度除与大小有关外,另与孔隙度 $n$ 和饱和度 $K_w$ 有关。如果 $n$ 值越大,即孔隙度越发育,则开始沉降的时间拖后,反过来 $n$ 越小,说明孔隙不发育,则在水中开始下沉来得要早。另外和浮岩在水中孔隙逐渐被水渗入后,其饱和度 $K_w$ 大小直接有

关,一般说来,浮岩质重量和浮岩孔隙被水充填重量之和大于水中的浮力时则开始下沉,因为  $K_w$  系数是变化于 0—1 之间,通过试验当  $K_w > 0.8$  以上时浮岩开始下沉。

表 1 火成碎屑物分类表  
Table 1 Pyroclastics classification

R. V. 费希尔		M. P. 毕令斯		我国常用分类			
喷发状态 粒度范围 (mm) 围	火成碎屑	喷发状态 粒度范围 (mm) 围	火成碎屑	喷发状态 粒度范围 (mm) 围	刚性(或脆性)	半塑性	塑性
	火山块和火山弹		火山块和火山弹		火山集块	火山弹	塑性火山弹
64	火山砾	32	火山砾和火山渣 (碎屑多孔状和玻璃质)	50	火山角砾	火山砾	塑性岩屑
2	粗火山灰	4	火山灰	2	火山砂	火山灰	塑性玻屑
1/16	细火山灰	1/4	火山尘	1/100	火山尘		

$$n = \frac{V_n}{V} 100\% \text{ 其中: } \begin{cases} n - \text{孔隙度} \\ V_n - \text{浮岩孔隙总体积} \\ V - \text{浮岩整体沉积} \end{cases}$$

$$K_w = \frac{V_w}{V_n} \begin{cases} K_w - \text{浮岩饱和度} \\ V_w - \text{浮岩孔隙内充水体积} \\ V_n - \text{浮岩孔隙总体积} \end{cases}$$

另外发现大小不同,但孔隙度发育近似,即  $n$  值接近的浮岩坠落于水中后,体积小到的先沉降沉积下来,这是由于体积小的浮岩,其孔隙度被水渗入  $K_w$  较早达到饱和之故。因此,支配火成碎屑物沉积作用原则上同其它碎屑物沉积作用基本一致的,但对于火成碎屑在不同环境下沉积的特殊性一定要十分小心给予注意。

火成碎屑沉积物的侧向范围和几何形态,部分地受岩浆成分和发生喷发作用时的环境影响,大同火山群属于玄武岩的喷发。通过岩石薄片镜下鉴定为橄榄拉斑玄武岩(Olivino tholeiites), (图版 I-1、2)①。

大同火山群共有 31 个大小不等火山,见文献<sup>[3]</sup>中图版 I-4,既有玄武岩的陆上喷发(西北区的金山、黑山、狼窝山及阁老山等)。同时也有玄武岩的湖中喷发(肖家窑头许堡东山),在陆上喷发一般在火山口周围或下风形成范围有限不对称的火山渣和火山灰的锥体,如火山碎屑锥(pyroclastic cones), (图版 I-3)、火山渣锥(Cinder cone), (图版 I-4)、混合锥(Composite cones),也叫层火山(layered volcano),是由熔岩与火成碎屑交互层组成(图版 I-5),还有附生火山锥(adventive cones)或寄生火山锥(侧火山锥)(parasitic cones), (图版 I-1)。

1.2 火成碎屑坠落沉积的相

从火山口喷发出暴雨般的火成碎屑因受其沉降速度的支配,碎屑物的大小、成分以及沉积厚度随着距离火山口的远近而有一定规律的变化。以黑山东沟为例,碎屑的大小和成分从空中坠落的整体中的侧向变化见(图 1)。从图 1 中看出远离火山口,即搬远方向上碎屑组份粒度减

① 蒙北京大学地质系薄片分析室代为测定,谨此致谢。

小了,各碎屑类型的相对丰度发生了变化。浮岩碎块由于密度比较小,故抛射不远,因此在黑山口周围及火山锥坡下堆积了数十米厚的浮岩碎块,而晶体、石屑抛出比较远,这种横向结构分带性在世界上许多空中坠落沉积物中是常见的(G. P. L. 沃克,1971;久野等人,1964;A. 拉克鲁瓦,1904)。在垂向剖面上仍以黑山东沟为例,在离坡脚沟头 150—200m 的冲沟剖面上,沉积物几乎全是浮岩碎块,就一个单一层次看,上下粒级分选不是十分清楚,但就整个剖面整体宏观上看,浮岩的大小、颜色有明显的层次,其它火山也具有成层性。从黑山横剖面上不同喷发沉积层位取样,用热释光测得绝对年龄分别为距今 21、17、15 万年<sup>①</sup>,说明存在多期喷发,且每次喷发的强弱是极不相同的,喷发强烈时,在火山口附近沉积粒径大、层厚的碎屑沉积,喷发微弱时,则沉积小粒径、层次稍薄的碎屑物。所以就一次喷发的坠落沉积物,其碎屑的粒径及沉积的厚度是随远离火山口有规律地逐渐减小。而细粒的碎屑也可在火山口附近沉积成层(可能在粗碎屑之上,也可能在其下部),而这种细粒的碎屑在火山口附近沉积,仅是火山活动喷发微弱时的沉积特征标志。同时由于火山活动的强弱及频率不同,在火山口附近沉积物的结构、构造亦不相同(图版 I—2),中间是砖红色红粒碎屑结构,其周围是多色彩(灰褐色、灰锰色、灰黑色及猪肝色等)的熔结渣状构造。

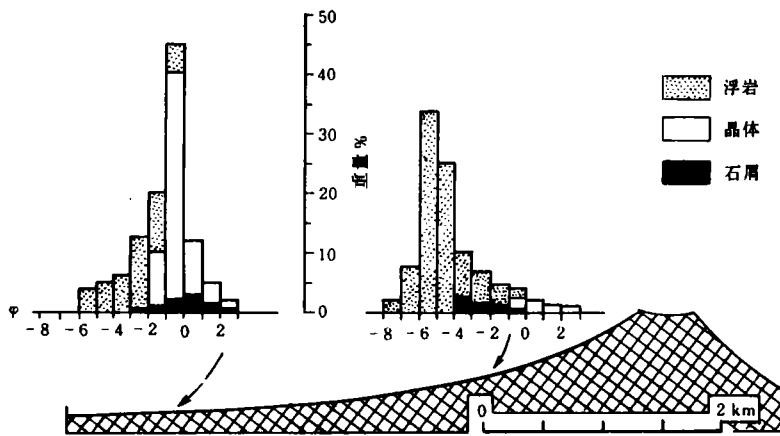


图1 大同火山群黑山火成碎屑坠落沉积物中的浮岩(点点处)、晶体(空白处)以及岩屑(黑色处)的大小和含量的侧向变化

Fig. 1 Transverse changes in the content and sizes of pumice (dots), crystals (blank) and rock fragments (black) found in the pyroclast sediments of Datong volcano group

在湖中喷发,以肖家窑头许堡东沟为例,在沿着 120°方位与东大沟连通的深切的东南沟谷中提供了极好的沉积剖面(图版 I—3、4),沉积物层理极好,由炽热的火山渣和火山砾有节奏的喷发所形成的沉积物比较厚,一般单层均超过 10cm,而有的灰白色、灰褐色、灰黑色及砖红色的火山灰极薄,微层理极为清晰,粒级分选是正常的。

<sup>①</sup> 年代测定由国家地震局地质研究所测定,谨此致谢。

## 2 火成碎屑流动沉积

### 2.1 火成碎屑流动沉积物

火成碎屑流动沉积作用既可在陆上,也可在水中。对于陆上碎屑流动沉积,在秋林沟火山口西北方向山坡上碎块的熔结现象极为典型,并且略有粒级分选现象和平行的流动纹理,层的厚度和粒度顺流动方向往下逐渐减小(图版 I—5)。碎块熔结现象已被用来作为陆上碎屑流动沉积物的证据(J. 拉乔埃)。但目前已知有熔结的水下沉积(E. H. 弗朗西斯和 M. F. 豪厄尔斯, 1973; L. 热利斯等人, 1978)。大同火山群许堡东山南沟底部见有湖中碎屑流熔结沉积。

### 2.2 火成碎屑流动沉积物的相

火山碎屑流在重力影响下,沿地形低洼处顺坡移动,所以碎屑流的力学性质同其它类型的密度流的力学性质基本上是一致的<sup>[2]</sup>。碎屑的粒度、形状和密度影响着沉积速度,对于碎屑流中的每一块碎块的移动,既受地形低洼坡度影响向前移动,同时又因其自身重量的影响垂直向下移动,实际上每一碎块都是一种复合移动,这种移动是碰撞推挤式的,运动的轨迹实质上是自上往下跳跃式的倾斜线,由于碎屑流中碎块的粒度、形状和密度不同,故各个碎块沉积运动轨迹亦不一样,这种碎屑流动沉积使得细小的颗粒比较容易沿孔隙沉积到下面,而较大的保留于上部,类似于筛动沉积。在图版 I—5 剖面上明显地看到浮岩碎块的粒级分选是颠倒的。在其它许多陆上流动沉积物中,浮岩碎屑的粒级分选也是颠倒的,浮岩的大小可以从底部到顶部逐渐增大,或者较大的浮岩碎块可能聚集在层内的上部层位中。

水下碎屑流的沉积物,在许堡东山南沟底部可以见到,从对湖相烘烤层及玄武岩用热释光和裂变径迹测定年代在 17 万年,为中更新世,从沉积物侧向及垂向变化可以看出层内厚度和粒度变化也是顺流动方向往下逐渐减小。垂向上碎屑沉积,不管是具有平行纹理的层状凝灰岩,还是含砾凝灰岩,其粒级分选都是正常的。

## 3 结 语

通过对山西省大同火山群火成碎屑沉积物的初步探讨便可发现,其沉积相特征具有以下特点:

(1)火成碎屑空中坠落沉积物,在垂向上具有成层性,在横向上则是粒度和沉积厚度有规律的逐步减小。

(2)在碎屑流动沉积物中,不管是在陆上,还是在水中,沉积物的粒度和层厚沿流动方向往下逐渐减小。

(3)沿地表面流动碎屑沉积物中,浮岩的粒级分选是颠倒的。

(4)湖水中碎屑沉积具成层性,且粒级分选是正常的。

(5)细粒的沉积物既可在火山口附近,也可在距火山口很远处形成。当喷发极微弱时,细粒岩屑就在火山口附近堆积起来。可见粗粒的坠落沉积物是近火山口的可靠指标,但细粒的沉积物并不一定表示远离火山口。

收稿日期:1995年6月15日

### 参 考 文 献

[1]R. G. Wallker 沃克,1979,沉积相模式,193—205。

- [2]李树德,1987,关于北京南口山前红土砾石层成因争论之我见,地质论评第 33(3):283—289。  
[3]李树德,1988,中国东部大同火山群发育的构造地貌背景,地理学报,43(3)233—237。  
[4]M. P. Billings 毕令斯,1956,构造地质学,中国工业出版社,297—301。  
[5]H. E. 赖内克、I. B. 辛格,1979,陆源碎屑沉积环境,石油工业出版社,101—106。

## Depositional Characteristics of Volcanic Debris of Datong Volcano Groups in the Eastern Part of China

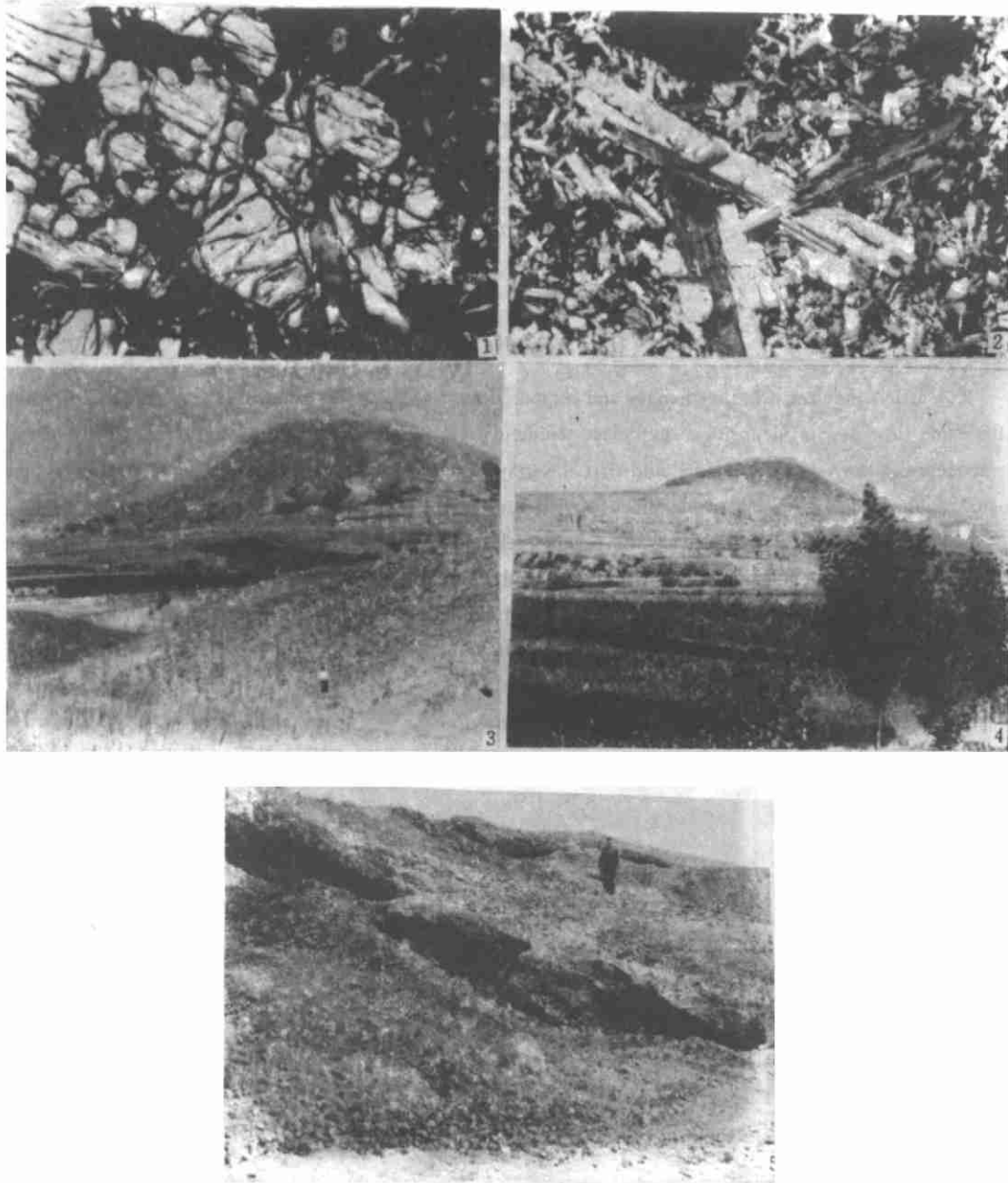
*Li Shude and Xu Haipeng*

(Department of Urban and Environment Studies, Peking University 100871)

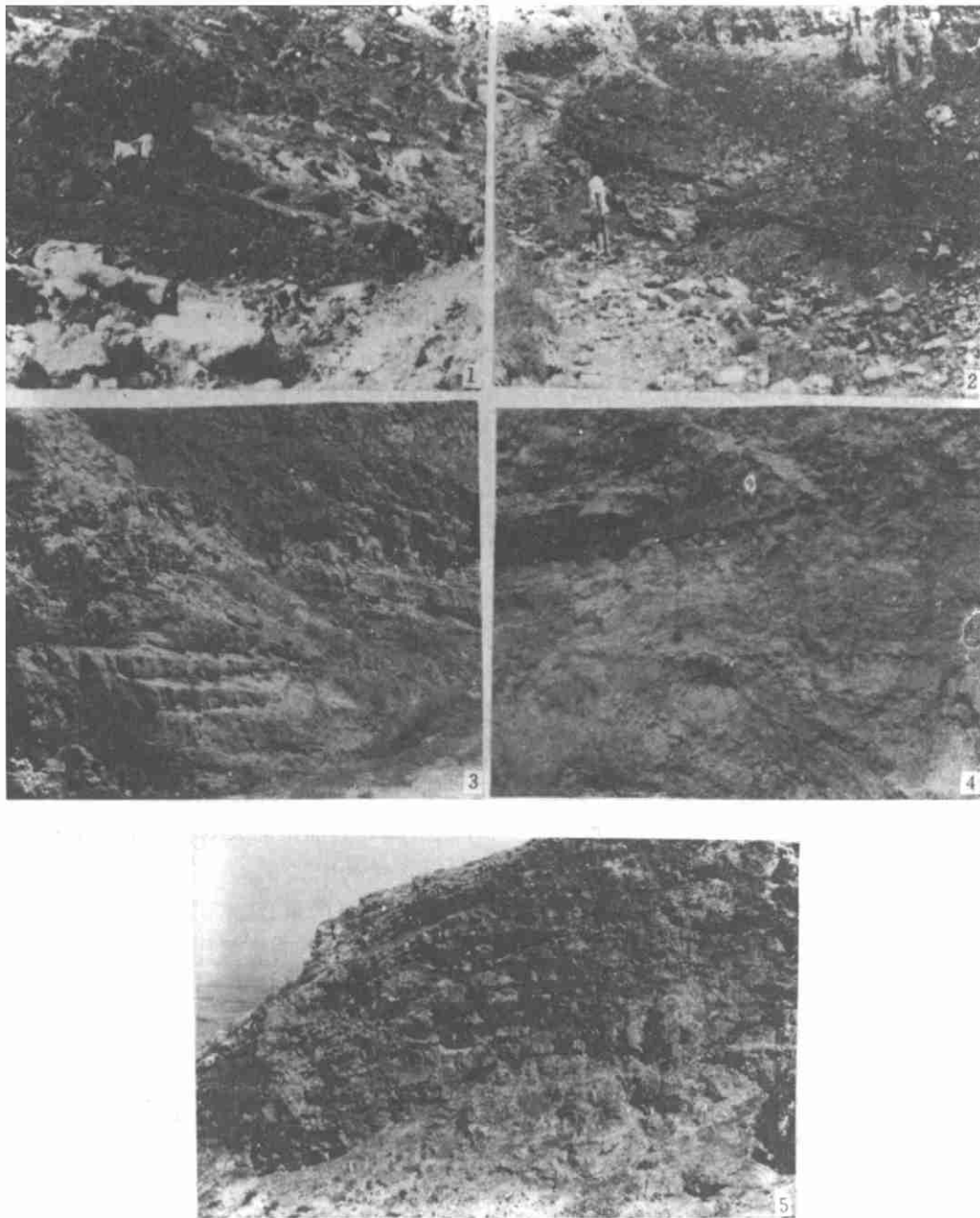
### Abstract

This article inquires into the changes and composition of vertical and transverse (on land and in water) of fallout and flow detrital deposits of pyroclast sediment in the Datong volcano group. It was discovered that airfall deposits are vertically layered and that the grain size grade and thickness of the vertical accretion deposits regularly decreases in correspondence with the distance from the volcanic crater. In flow deposits, however, pumice grain size grade has the reverse relationship. Fine grain sediment generally form at very long distance from the volcano crater, but there are also fine grain deposits close to the crater. This variation is related to the magnitude of the volcano's extrusive force. Therefore, while coarse grain fallout sediments is a reliable index of distance from the crater, fine grain sediments do not, however, necessarily indicate distance from the crater mouth.

**Key words:** Pyroclastic debris Pumice Grain size grade



图版 I -1 榍石的辉石反应边(正交  $10\times 2.64$ ) 图版 I -2 斜长石的穿插双晶(正交  $4\times 2.64$ ) 图版 I -3 火山碎屑锥 图版 I -4 火山渣锥 图版 I -5 混合锥



图版 I-1 寄生火山锥 图版 I-2 火山碎屑沉积物的结构、构造 图版 I-3 火山碎屑沉积剖面 图版 I-4 火山碎屑沉积剖面 图版 I-5 火山碎屑的熔融构造