

试论冰川沉积物与泥石流沉积物的区别

石生仁 陈怀录

(兰州大学地理系)

近年来,不少科学工作者致力于沉积物中砾石组构分析及粒度分析的研究工作,试图建立一种可靠地鉴别不同成因类型的混杂堆积物的组构特征指标和粒度特征指标,并取得了一定的进展。本文根据冰川沉积相的特征与泥石流沉积相的特征,来探讨冰碛物与泥石流等混杂堆积物的区别。

一、冰碛物的沉积相特征

(一) 粒度特征

粒度是碎屑沉积物(岩)最重要的结构特征。粒度分析已广泛地应用于各种沉积环境的研究之中,同时也成功地应用于冰川环境的重建。这种方法,不仅可以对不同的环境作出定性的或定量的评价,而且对于区分冰川、类冰川和非冰川环境,判别冰川沉积物与其它混杂堆积,恢复古环境,是十分有用的手段。

1、粒度组成。冰碛物的粒度组成,由于不同的地区和不同岩性及不同的冰川类型而分布范围很大,可以从巨大的漂砾到很细小的粘土。但在分析其级配时,通常规定其上限为2毫米(有时为某种需要也可把上限定为32或64毫米)。在该上限范围内,冰碛物粒度级配的共同特征以粉沙级为多,大约占30—50%,而海洋性冰川比大陆性冰川所占的粉沙级更多。此外,粘土级的变化也比较大,在苏联欧洲大陆冰川作用的地区可达30%,中国山地冰川没有特殊的岩性条件的影响,粘土级含量一般不超过10%,而以大于20毫米以上的粗粒占优势。显然这种差别是与山地冰川的侵蚀作用特征有关。

2、粒度曲线。根据近几年来Slatt(1971)、Mills(1977)等人对美国的阿拉斯加一些冰碛物及现代山谷冰川的冰碛物所做的频率曲线,和我国部分科学工作者对喀喇昆仑山一些山谷冰川冰碛和英国两处大陆冰盖冰碛所做的频率曲线以及对天山、西藏波密地区冰碛物所做的频率曲线研究表明,冰碛物在频率曲线上最为明显的特征在于其峰值总是出现在 $-3 - -2\phi$, $4 - 5\phi$ 范围。这一点已由A. Dreimanis和U. Vagners (1969)关于机械磨蚀的试验所证实。 $4 - 5\phi$ 的峰系机械磨蚀作用的结果,凡是冰碛物都要出现这种峰值。除此而外,冰碛物在概率累积曲线上表现得比较平缓,且切率小,70%属下三段型,其余的为下多段型。

3、颗粒形态特征。中国西部冰川沉积物以大颗粒(>20 毫米)占优势,在形态上表现为次棱角状。这种次棱角状的尖锐程度远比冰缘堆积物或坡积物的砾石来得钝。如果冰碛物中有大量的棱角状砾石,应是坡积物的掺杂或其它外营力(如滑坡等)的作用所致;反之,如果有磨圆较好(次圆—圆)的砾石掺杂在冰碛物中,其来源有两种可能:一是冰前河流的冲积物,二是冰川河道的

堆积，因为冰川本身不具备这种磨圆作用。此外还可利用冰碛物中砾石的保存完好程度，大致划分其形成时代。

在电子扫描镜下，冰碛物中石英砂具有下列微形态特征：由于冰川的挤压使石英砂发生反转，从而在表面上有贝壳状断口和深坑。但是这并不是冰川作用下的唯一标志，泥石流等也可造成这种微形态，而且贝壳状断口的数量也要大。因此，采用此标志对冰碛物的判断要慎重。

（二）结构、构造特征（大组构）

冰碛物的搬运介质是冰川，由于冰川本身的稳定状态和流动速度均有自己的特殊之处，从而其沉积物在大组构也反映出自己的特殊性，成为判别冰碛物的良好鉴别标志。其标志主要有：

1、斜层理结构。冰川后退，冰碛物最后停积。在这之前，冰碛丘（垄）间反复融化、滚动、堆积、倒置等一系列过程，导致冰碛物中的斜层理结构。这种结构有“单斜”、“背斜”和“向斜”三种，其斜层理倾角符合碎屑的自然休止角，多在 30° 左右，故砾石ab面倾角可达 30° 左右。斜层理的组成基本由粗细层相间，但层的延续性不好，经常表现为“窝”状。

2、剪断构造。冰川在重力作用下不断运动，不但在冰川内部形成剪断构造，而且在冰碛物中也可以形成这种宏观构造。剪断构造在不同时期的冰碛物中或在同一时期的冰碛物中均可由冰川前进所造成。冰碛物中的剪断构造导致地层层位发生变形，往往把老地层覆盖在新地层之上。剪断面角度变化范围较大，天山为 $12-15^{\circ}$ ，国外报导有达 40° 以上的。

3、团块构造。这是冰碛中的特殊构造形式，它常埋藏在冰碛物（垄）中。这种团块构造在体积上因地而异。在我国山区冰碛物中的团块体较小，这种团块构造被之为“团块包裹构造”。团块包裹体在形态上可分为两种：

一是集中了的大石块被冰碛物所埋藏，在剖面上显示为蜂窝状，但岩性各不相同，它是冰川所携带的砾石物质在冰下低洼处停留所致，特别是在冰上融出碛与冰下融出碛之间容易形成；

二是岩性相同的团块构造，也多形成于融出碛之下，其成因说法不一。

（三）组构特征（中组构）

据有关研究资料表明，冰碛物砾石的a轴在一般情况下多与冰川流动方向一致，倾角较小（ $<15^{\circ}$ ），而ab面倾向分散，ab面倾角一般在 $10-30^{\circ}$ 之间，冰盖区 $<10^{\circ}$ 。我们曾对砾石组构进行矢量计算，结果是天山冰碛物砾石的ab面分散系数为 $0.25-0.43$ 。这些均可作为冰川组构的基本特征和鉴别标志。

二、泥石流堆积物的基本特征

（一）剖面结构特征

粘性泥石流堆积物实际上是属于重力流的一种堆积。泥石流形成区一般基岩风化强烈，加之降雨量的剧增，使风化物质达到极限饱和状态，导致固体物质在重力作用下主要以崩塌、滑坡等形式补给。因此，泥石流堆积物主要具有容重大、细粒物质多、搬运距离短、沉积速度快等特点。泥石流沉积后，在外部形态上形成酷似舌状的堆积体。典型的粘性泥石流沉积物，就是舌状堆积体交错覆盖叠置而成，并在剖面中往往保留有舌状的堆积形态，即形成一定的剖面结构。我们对武都地区典型的几条泥石流沟的泥石流沉积剖面作了部分工作，发现泥石流沉积剖面具有明显的层状结构，但层的厚度各异，从几十厘米到数米不等；每一层反映一次沉积，各次沉积的界面较清晰，但无分选。崔之久等人将泥石流体划分为两种亚相层序：一种是主流相；一种是漫滩相。

（二）粒度特征

国内外近几年对泥石流堆积物的粒度和组构等的研究均有深入,除沿用传统的粒度分析外,还引进了新的数理统计、图解统计和计算机处理。早在1963年,布尔(Bull)计算了加里福尼亚地区泥石流堆积物的分选系数 S_0 为5.0—25,标准偏差为4.1—6.2(平均4.7)。我们计算了武都泥石流的分选系数 S_0 为2.37—32.03(平均17.6),标准偏差为3.16—4.78(平均4.07)。可见泥石流堆积物分选系数 S_0 的大幅度变化是比较显著的特征之一。这种变化起因于泥石流的结构变化。其中粘性泥石流堆积物 S_0 值最大,稀性泥石流堆积物 S_0 值则明显减小,水流沉积物的分选系数分别平均为1.8、1.4和0.97。此外,泥石流堆积物在频率曲线上以多峰为主,有少数双峰,而且峰值主要出现在 $6-7\phi$ 和 $-2--1\phi$ 。在概率累积曲线上显示出滚动组分和悬浮组分含量高,直线平缓,上段型占80%,下段型仅占20%左右,分选差。

(三) 组构特征

J.F.Lindsay对泥石流砾向组构研究表明,泥石流组构强度在不同位置可能不同,事实上,每一测点布局 and 选择对组构的分析结果在一定程度上影响很大。由于泥石流属于块体流,本身具有特殊的结构特点,导致沉积时在不同部位有明显的差别。武都地区泥石流堆积物砾石组构分析结果表明,大部分测点的砾石a轴及ab面的倾向与泥石流流向大体一致,倾向于河流上游,最大密度一般为5—10%,部分测点砾石a轴和ab面与流向斜交或垂直。a轴与ab面倾角一般为 $15-35^\circ$ 。在扇形地顶部和泥石流主流线附近的砾石倾角较大,可达 $25-45^\circ$,扇形地边缘的砾石倾角较小,一般为 $15-30^\circ$ 。根据砾向组构的矢量计算,泥石流堆积物ab面倾向分布较冰碛物为集中,倾向上游较明显,因而分散系数较小,一般在0.25—0.40之间,平均0.32。

三、冰川沉积与泥石流沉积之差别

通过上述冰川沉积物与泥石流沉积物的结构构造、粒度、组构等特征可以看出,冰川与泥石流沉积物在本质上还是有一定的差别,这主要是由于各自的物质组成、搬运强度、沉积速度等属性所造成。归结起来,它们之间主要有以下差别:

(一) 结构构造差别如表1

表1 冰川、泥石流结构构造之差别

沉积物类型	剖面构造特征
冰川沉积	斜层理结构,剪断构造,团块构造
泥石流沉积	舌状沉积,成层构造,含巨砾、砂砾透镜体,挤压定向构造

(二) 粒度差别如表2

表2 冰川、泥石流沉积物粒度差别

沉积物类型	频率曲线特征	分选系数 S_0	标准偏差 $\sigma\phi$	平均粒径 M_z
大陆冰盖冰碛	双峰峰值出现在 $3-4\phi$ 、 $4-5\phi$,	3—5	3.69	4.38
山地冰川冰碛	多峰,峰值出现在 $4-5\phi$	4—9.49	4.37	-1.9
武都地区泥石流沉积	多峰为主,峰值主要出现在 $6-7\phi$, $-2--1\phi$	17.6	4.09	1.66

(三) 基质指数和磨蚀指数的差别如表3

表 3 冰川、泥石流沉积的基质和磨蚀指数

沉积物类型	基质指数 (砂+粉砂/砾)	磨蚀指数 (粉砂/砾)
终 碛	0.5	0.44
底 碛	0.68	0.54
槽 碛	0.96	0.63
侧 碛	0.27	0.20
武都地区泥石流	0.88	0.67

(四) 概率累积曲线差别见表4

表 4 冰川、泥石流概率累积曲线差别 (%)

沉积物种类	曲线类型					上下段型各占%	
	上多段型	下多段型	上三段型	下三段型	样品数	上段型	下段型
甘肃、云南、宁夏等地泥石流堆积物	80	20	0	0	10	80	20
新疆、西藏冰碛物	0	30	0	70	10	0	100

(五) 结构差别见表5

表 5 冰川、泥石流沉积物的结构差别

类 型	ab面			a轴	
	倾 向	倾 角	平均分散系数	倾 向	倾 角
冰碛物	分 散	一般10-30° 冰盖区<10°	0.40	与冰川运动方向一致	一般<15°
粘性泥石流	一般逆指上游,但在 不同部位有变化	一般40-50°	0.32	分散或主部相互垂直	10-40°

四、结 论

根据以上对比分析,可得出如下结论:

1、冰碛物与泥石流堆积物各自的搬运机制和作用强度之间的差别,导致其堆积物结构构造的差异;

2、冰碛物粒度分布频率曲线上4-5φ粒度范围的峰值是反映以机械压磨作用为主的冰川这个独特环境的典型特征,而泥石流堆积物频率曲线峰值出现在6-7φ粒度范围,反映其未经过机械压磨作用;

3、为了充分地判别冰碛物和泥石流堆积物,有些鉴别标志有待进一步深入研究。