

# 泥石流沉积砾石组构特征的探讨

赵尚学

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

## 一、前言

沉积物中砾石的组构,指沉积物中砾石的空间定向,即砾石的结构和构造。所谓结构,主要取决于沉积物中砾石成份颗粒的粒度和粒态的分布规律;所谓构造,主要取决于这些颗粒定向排列的分布规律。在沉积物中,大部分砾石是由骨架和孔隙空间所构成的。骨架颗粒是由砾石级的物质,如卵石、中砾和巨砾组成;而孔隙空间是这些骨架组分之间的敞开空间。孔隙一般被砂或更小的颗粒以及外来的沉淀下来的胶结物所充填。

砾石的结构构造,随搬运介质即泥石流性质、速度和堆积地形等不同,停积后就会出现与其相适应的结构构造。在砾石层中,虽然有个别砾石的方位粗看无规律而杂乱无章,但通过一定数量砾石方位的统计,就会得出理想的结果,并显示出它一定的规律性和它相适应的关系。由于沉积物砾石层的类型和成因不同,它的构造特征及优选程度差别甚大,进行沉积物砾石组构分析,可以提供沉积过程中泥石流运动的方向和堆积成因,而且对研究泥石流沉积环境起主导作用,同时也是区分其它非泥石流沉积物的行之有效的方法。值得提出的是砾组分析的研究,近年来在我国已开始进行,而且有不少成果受到地学工作者的重视。我们经过野外观测,现对宝成线部分泥石流沟沉积物砾石的组构特征简述如下。

自然界无论哪一类沉积物,其砾石组构特征总是由砾石大小或粒度(即颗粒的长度、宽度和高度)、颗粒形态(即形状、球度、扁度和磨圆度),砾石表面微形态和颗粒方向(即砾石的空间定向)等四部分组成。因为它们之间有着不可分割的内在联系,缺一不可。

拖曳力越接近;

(5)从现有的理论公式来看,按耶格阿扎罗夫(Egiazaroff, L. V.)公式计算,该区形成水石流的临界条件为 $f_0$ 。(相当于 $\tau_0$ )等于0.018。他本人曾建议采用 $f_0 \approx 0.025$ ,在这一标准下,发生水石流的洪水频率约为20%;如取 $f_0 = 0.018$ ,则发生水石流的频率更高,这与调查的情况出入很大。而高桥保公式给出的标准很高,按他的公式计算,该区发生水石流的床面临界坡度为 $10^\circ$ — $12.6^\circ$ ,这一结果远大于实际沟床比降。北星沟中,在比降仅为0.044( $\phi = 2.5^\circ$ )的情况下,沟底切深1米,照样形成了水石流。如把按高桥保公式求得的临界沟床比降作为能代入希尔兹公式计算,则相应的 $\tau_0$ 值为0.121—0.186,要比希尔兹指标大2—3倍,也不符合该区水石流沟的实际情况。

## 二、粒 度

粒度分析,亦即粒度分配的分析,是研究沉积物结构的主要项目之一。砾石大小和分选程度的变化与水流流速、强度,当时沉积介质的水动力条件和流程有密切关系,这是众所周知的,即:水流速度加大,则砾石常大小混杂,粒度平均数就随之增加;当流速减小,由于巨砾常不能被搬运,砾石大小就比较接近一致,砾石平均数就相对减小。这些情况只能适宜河流沉积,而对泥石流、冰川沉积是不适宜的。因为泥石流搬运砾石时,固液相混杂成块体流,砾石呈悬浮或滚动状态,所以粒度在上下游的变化范围不大。由于粒度的差别,经常不是取决于一个而是取决于许多因素。对沉积条件进行推断时,必须考虑到其它各种有关因素。

本文对于砾石粒度的分析,主要包括颗粒的主轴(a、b和c轴)长度、平均粒径(即d径)长度以及体积大小的分析。从a轴柱状分布看出,该地区泥石流沉积砾石长轴以5—10厘米为最多,占54.25%;b轴亦是5—10厘米为多,占52.5%;从c轴柱状图看来,以1—3厘米的为多,占80%。再从累积曲线图来看,a轴长度的平均数虽大小不等,但相差不大,一般在9—12厘米左右;c轴长度平均数3—4厘米左右,二者之比(c/a)为0.37左右。

每一砾石体积的算术平均数,蒋家沟最大(328.39立方厘米),而以后沟为最小(245.16立方厘米)。从累计频率和频率曲线图看来,前者的整个形状象柳树叶的形状,其平均值以后沟Ⅱ最大(165立方厘米),后沟Ⅰ次之(111立方厘米),以五里庙沟最小(64立方厘米)。后者呈多峰形,峰值主要出现在30—50、100—150及300—500立方厘米,其分选程度是很差的。

关于砾石粒度的分选程度,首先从累积曲线上得到一个大概的概念,如果粒度曲线经过粒度等级越多,则砾石的分选程度越差;相反则越好。该地区粒径平均值在5—7厘米之间,分选系数在1.36左右,偏度在0.1—0.5之间,标准偏差2—3之间。

平均粒径可以反映沉积物的平均粒度,代表搬运能力的平均动能,也可作为描述岩性变化的基础,它与沉积介质及物源区有直接关系;标准偏差可以说明沉积物的分选性能,反映粗粒或细粒部分的存在与否;偏度是用来度量粒度分布的不对称性的,如分布中主要粒度集中在粗粒部分,则为正偏,反之则为负偏。因此,泥石流沉积砾石粒度大多数为正偏或极正偏,其值为0.1—0.5之间。至于砾石粒度的分选系数,一般是根据累积频率曲线,利用“四分位法”求出。

## 三、砾石形态

对砾石的形态分析,主要包括球度、扁度及圆度,其变化主要取决于原始砾石的形态和粒性,而营力、搬运历史(距离)和时程影响则是次要的,但对砾石圆度的影响是很大的。那就是搬运距离越长,时间越久,则圆度越大,同时也与砾石大小和粒性有关。

1、圆度。圆度是指颗粒的棱和角被磨蚀圆化的程度。若棱角被磨蚀,颗粒则变圆。一般砾石的圆度变化,取决于搬运距离、时程,搬运作用的种类,砾石成份和大小。如果搬运距离越长,时间越久,则圆度就越大,而坚硬的砾石圆化比较慢。一般大颗粒较小颗粒圆化快一些。为了区分它,可以把它们分成四级(表1)。从表1来看,宝成线砾石圆度变化基本上是以圆状的为主,达45%;次圆状的次之,达24.5%。平均磨圆度为0.48,平均圆度为72.93%,磨圆系数平均为0.18,分选系数平均为1.27。但从甘肃武都泥石流砾石的圆度来看,与宝成线有很大差别。它主要是以棱角状的为主,达52.50%;次棱角状的次之,达29%。其磨圆系数为0.17,平均磨圆

表 1

砾石圆度级数表

0—0.15	棱角状	颗粒没有经过搬运
0.15—0.25	次棱角状	颗粒经短距离搬运
0.25—0.4	次圆状	颗粒经长距离搬运
0.4—0.6	圆状的	颗粒经长距离搬运和磨蚀
>0.6	极圆的	

度在0.13—0.2之间。

**2、球度。**球度是根据砾石的三轴长度，利用公式  $\psi = \frac{\sqrt{abc}}{a}$  来计算的。球度与圆度是两个不同的概念，没有直接关系。前面说过，圆度主要根据砾石的棱角被磨蚀的程度而定，球度接近的砾石，其圆度可以相差很大；而各个不同形状的砾石，其圆度可以非常接近。当然，这并不是说它们之间完全没有关系，如球度高的颗粒，不一定圆度就差；而球度小的颗粒，不一定圆度就高；也就是说，较圆的颗粒，其球度亦较大。如果三轴长度接近一致，则球度值近于1，而圆度也接近1。不同球度的砾石，在搬运沉积中的水动力也不同：球状的砾石不仅比其它形状的更容易滚动，而且它的单位体积的表面积最小，所以它比任何其它形状的砾石沉降得也更迅速。从累积频率和频率图得知，平均球度在0.6左右，分选系数平均为1.22，与武都地区的泥石流沉积砾石球度（0.57左右）相近。一般球度是随圆度的增加而上升。

**3、扁度。**如果砾石a和b轴的长度保持不变，则扁度的大小取决于c轴的长短，即c轴越短扁度越大。另外，扁度也与圆度有一定的关系，即随圆度的增加而降低。从累积频率曲线来看，平均扁度值在2—2.5之间，其分选系数平均为1.1。扁度正好与球度相反，如扁平系数等于1的砾石，其扁度最低，而球度则最高。

**4、砾石表面形态特征。**砾石表面的形态特征有磨光面、毛玻璃化、擦痕、凹坑、麻点和显微刻蚀痕。要改变砾石表面的形态比起改变圆度、形状或粒度所需要的磨损作用要小，且较易。一个砾石要去掉或赋予其表面特征是比较容易的。当然，它的种类和类型是随着沉积物成因的不同而异。如擦痕，其生成原因就很多，即岩体动力、冰川作用和泥石流作用都可形成擦痕，所以它们各自的擦痕形状、大小及特征就不同。由于我们没有作具体观测，同时也没有发现擦痕（仅限于秦岭到凤州段），在此只能把有关擦痕的最基本的特征简述于后：一般泥石流擦痕长20—80毫米的占70%左右，20毫米以下的占20%左右；宽在5—10毫米之间，深度以0.6—1.0毫米的为主，占40%左右。最长、最宽和最深的擦痕分别为1.20米、20毫米和5毫米。擦痕大部分外貌较粗糙，横切面以不对称的“V”字形为主，以比较平缓的“U”字形次之。个体形态多种多样，如发丝状、针状、钉字形、纺锤状、弧形和S形，同时有些多为复合形态及撞击坑和麻点。从武都的统计结果来看，擦痕在砾石的某一面上有明显的定向性，成组排列较显著。

**5、砾石组构（即砾石产状）。**泥石流沉积砾石的组构排列，粗看是杂乱无章，但细看确有一定的排列规律。如后沟和南山湾沟，经过砾石量测统计就更能显示出它的规律性。另外砾性主要以花岗岩为主，约占总数的15%。

从结构特征可以看出，a轴走向与流向垂直的占1/2，斜交平行的各一。主密部的定向强度不大，最高达9—10%，其它均在5—80%之间。倾角平均为30°，最大为34°，次为27°。一般其方位均较散乱，ab面的主要面与流向平行的为主，且大多均倾向上游。砾石定向强度最高达12%，次为7%，倾角平均在24°。而武都地区的砾石ab面倾角在19°左右，方位较集中。a轴以与流向

# 泥石流沉积物的粒度分析

刘彦卿

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

## 前言

沉积物受搬运介质、搬运条件和沉积部位等因素的控制,粒度分布具有一定的规律性。它是沉积物最基本的物理特性之一。

粒度分布已成功的应用于海洋、湖泊、流水、冰川等第四纪沉积环境研究的各个领域,国外不少学者也将泥石流沉积物的粒度分布特征进行过论述。这一方法对判别沉积环境是有效的。本文对宝成铁路北段的北沟、大湾沟、铺子沟、来家沟、大沟等30多条沟谷120多个地点采集的现代泥石流沉积物样品进行分析,类别有:粘性泥石流沟10条,30个;粘性泥流沟6条,28个;稀性泥石流沟3条,3个;水石流沟9条,11个。为了检验泥石流补给物质的粒度分布,还采集了10多个未经搬运的花岗闪长岩风化碎屑物和滑塌体物质。现就这些地区不同类型泥石流沉积物的粒度资料,初步提出泥石流沉积物的粒度特征及其与沉积环境之间的关系。

宝成铁路北段泥石流沉积物粒径范围很宽广,从巨大漂砾一直到细小粘粒,大小混杂,堆积成为一体。在混杂堆积物的粒度分析中,经常遇到的问题是,样品很难包括堆积物的全部粒级,大多数研究者由于样品数量受到限制而将大的岩屑排除在外,有的将粗大的石块在野外直接测量。为便于实验室分析和资料的对比引用,我们在野外取样时将粒径上限大致定为32毫米( $-5\phi$ )。

泥石流发生后,表层沉积物常常被流水作用所改造。为避免后期改造等附加因素的影响,样品均取自地表0.2—0.5米以下,甚至更深的位置。样品重量约在500—1,000克。实验室内将样品的砾石和砂粒级用水筛进行分析,间距取 $\frac{1}{2}\phi$ ,粉砂和粘土粒级用吸管方法确定,间距为 $1\phi$ 。粒级分组是按照温德华(C. K. Wentworth, 1922)分类方法划分的:大于2毫米( $<-1\phi$ )为砾石粒级;2—0.063毫米( $-1-4\phi$ )为砂粒级;0.063—0.004毫米( $4-8\phi$ )为粉砂粒级;小于0.004毫米( $>8\phi$ )为粘土粒级。

## 一、粒级组成

泥石流类型很多,不同类型的泥石流其沉积物有着不同的粒级组成特征。这与沉积物的搬运平行的为主,占62.1%;次为斜交,占27.6%。斜角为 $20^\circ$ 左右。从这两个地区的资料来看,砾石的运动均以快速悬移的方式为主,从而使砾石a轴走向呈散乱,ab面呈集中的原因。一般倾角越大,越说明快速堆积的特点。