

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(-5ϕ)。

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 1ϕ 。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° 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。

条件密切相关，同时也受到泥石流物源区基岩岩性的很大影响。

在对泥石流沉积物粒级整体进行分析时，发现沉积物却以粗粒级为主，尤其水石流沟谷中，直径0.5米以上的石块密集分布，在堆积扇上形成一片石滩。从该段40条泥石流沟内石块最大粒径的统计数字得知，其中最大粒径在1米以上的占78%，0.5—1米的占12%，0.5米以下的占10%。半山沟泥石流搬运的最大粒径为5.5米，K107+921最大粒径为3.83米。这些巨大的石块反映了该段泥石流规模之大，搬运能力之强，是一般山区洪流所不能比拟的。

通过室内分析，发现水石流、稀性泥石流和粘性泥石流的粒度组成中，砾石和砂的含量皆超过60%，这与东川蒋家沟粘性泥石流，武都地区的粘性泥石流、水石流和天山博格达地区的冰川泥石流是一致的；而泥石流则是以细粒级占绝对优势，粉砂和粘土含量达80%以上，和庆阳南小河沟泥石流的粒级分配情况很相似。这是由于该泥石流地区以黄土补给物质为主所致。

1、粘性泥石流。粘性泥石流以整体输移和停积为主要特征，沉积物分选极差，其粒度组成与补给区物质近似。K102+985粘性泥石流沟内，滑塌体下缘物质与泥石流堆积体的粒度资料为这一观点提供了依据。物源区粗粒级（砾+砂）占64.28%，细粒级（粉砂+粘土）占35.72%。前者的平均粒径为0.6毫米，分选系数4.74；后者平均粒径0.9毫米，分选系数5.72。两者的平均粒径接近，分选系数皆在4.0以上，用福克(1957年)分选标准来衡量，都属于分选极差的范围。由于粘性泥石流流体中固态和液体两相物质成为一结构体，上下物质无混和流动，未产生分选，因此泥石流搬运一定距离之后，仍保持补给物质的粗度组成特征。

2、稀性泥石流。与粘性泥石流相比，稀性泥石流固体物质含量减少，浓度变小，容重在1.8吨/立方米以下，流态为紊流型。沉积物的粒级分配也与粘性泥石流不同。该段K87+820和北星沟的粒度资料表明，稀性泥石流粒级组成以砂为主，砾石次之，粉砂、粘土含量依次降低。平均粒径 M_z 值为0.32（0.8毫米），分选系数3.28。

3、水石流。水石流属于固体液态两相流体，由质地坚硬的大石块为主，堆积区巨石累累，石块间孔隙明显，细粒物质很少。沉积物粒度组成以粗粒级为主，粘土含量很低。该段9条水石流沟的粒度资料表明，此种类型沉积物的粒级组成与其它几种类型相比具有特色，使人感兴趣的是每个样品的砾石、砂、粉砂、粘土各级含量都以递减顺序排列，而且砾石的含量大于后边所有粒级含量的总和。水石流的分选系数3.44，与稀性泥石流接近。

4、泥流。该段泥流分布广泛，铁路沿线调查的50条沟内泥流占1/4。泥流与上述三种类型泥石流截然不同，它主要由粉砂和粘土组成，砂的含量很少，砾石更为少见。泥流堆积物与物源区物质的粒度组成没有什么变化，基本保持着物源区物质的粒度成分。

5、古泥石流。宝成铁路沿线广泛分布着古泥石流沉积物，受新构造运动的影响，被现代河床切割成几米至几十米深的沟谷，构成河床的陡壁。这些古老泥石流堆积物的天然剖面，为研究泥石流发育过程和堆积特征提供了优越条件。古泥石流堆积层厚度一般在15—20米左右，延伸数百米。堆积层上生长着直径约30厘米的核桃树，居民的房舍也座落在古泥石流堆积体上。古泥石流仍以粗粒级为主，颗粒带棱角和次棱角，分选极差，颗粒之间孔隙度大，由于阵流或间歇流作用的影响，在剖面上留下了薄状层理痕迹，有时呈透镜体状，分布着不均匀的细粒物质。

K66+450沟床左侧古泥石流粒度资料，接近现代粘性泥石流的粒度分布。平均粒径1.73毫米，分选性极差， δ_1 值为5.19。但也有一些古泥石流堆积物呈水石流类型（如铺子沟左侧剖面）。

上述不同类型的泥石流，其粒度组成截然不同。它们都独具某一特征。水石流的粒度组成，从石、砂、粉砂到粘土四个粒级含量均以递减顺序排列，而无一例外。这可能是水石流的流动特征所致。粘性泥石流却打破了上述排列顺序，砾石含量不超过50%，粉砂和粘土含量较高，含砂量

较低。泥流以粉砂和粘土占绝对优势，二者总含量在80%以上。不同类型的泥石流沉积物粒度组合特征有明显差异，然而由于研究的范围和数量所限，还无法在它们之间划分出明显的界线。另外，各种类型泥石流之间存在着过渡粒级。例如：粘性泥石流堆积物如果不断受到流水的改造，粉砂和粘土成份逐渐减少，其粒度组成特征就会偏离粘性泥石流，而趋近于稀性泥石流或水石流。因此，在宝成铁路沿线泥石流粒度分析中，常常出现同一沟谷的沉积物却具有两种以上类型的泥石流沉积特征。这一问题应引起采样工作者的重视。在采集样品时，要确定是否是泥石流的原状堆积，而尽量避免后期的流水改造。

岩石是形成泥石流固体物质的基础，对泥石流性质有着很大影响。该段岩石性质变化较大，在黄牛铺一带分布的主要是花岗闪长岩等坚硬岩石，多形成水石流或稀性泥石流，自K81+257沿线到大湾沟一带，河谷两侧覆盖着薄层黄土和次生黄土，是供给细粒物质的丰富源泉，故粘性泥石流和泥流十分发育。

二、粒度曲线

一般将粒度资料绘制成累积曲线和频率曲线。这些粒度曲线是从不同角度反映泥石流搬运、沉积作用，是判别泥石流沉积环境的直观模式图解。

1、**累积曲线**。本段泥石流粒度累积曲线，由泥石流的类型不同和颗粒组成多寡，而显示出不同形态。粘性泥石流的累积曲线平缓而扩张，呈开阔的弧形，整个曲线没有明显上升的陡段；水石流累积曲线也平缓，但曲线在砾石级上升较快，曲线坡度较大，有明显的陡段；稀性泥石流的累积曲线在砾石和粉砂级都较平缓，而在砂级突然上升，陡段很明显；泥流累积曲线的上升陡段都落在粉砂级。

2、**频率曲线**。频率曲线的图形是直观地反映沉积物级配多寡、频率大小、众数分布的一种有效途径。

该段泥石流粒度频率曲线一般呈双峰，但不同类型的泥石流峰态出现的位置不同。粘性泥石流第一峰出现的早，峰值高，为主峰，并有明显的第二峰，峰值次之；稀性泥石流则以一个峰为主，峰值高，接近正态分布；泥流的第一峰不明显，以第二峰为主，峰值很高；水石流以第一峰为主，第二峰不太明显，它的频率曲线形态与博格达峰地区冰川泥石流相似。

三、粒度参数

粒度参数是用截取百分数方法从累积曲线上求得特征值，经计算而得。它具有较高的灵敏度。各参数之间互相依赖，有不同的表示意义和使用价值。本文使用的四个粒度参数是采用福克和沃德 (R.L.Folk and W.C.Word 1957) 统计参数计算公式求得。

1、**平均粒径** M_z 。平均粒径也叫平均值，这一参数是用来测量沉积物粒度分布的中心趋势，代表搬运营力的平均动能。该段粘性泥石流平均值在 $-2.28—0.77\phi$ 之间，稀性泥石流 $-0.12—1.14$ ，泥流 $2.25—5.39$ ，水石流 $-2.03—-0.5$ 。看来粘性泥石流搬运营力的平均动能大于其它几种类型的泥石流。

2、**标准偏差** δ_1 。即分选系数，用来区分沉积物的分选程度。 δ_1 值愈大，说明分选差； δ_1 值愈小，分选程度越好。据该区数百个样品资料的统计，分选系数在2.5以上，说明分选很差。这里多是暴雨形成的泥石流，搬运距离较短，堆积速度较快，为一整体搬运，因此泥石流堆积体分选程

粘性泥石流的堆积地貌及沉积物的特征

田昭一 徐海鹏 曾思伟

(北京大学地理系) (甘肃省交通科学研究所)

粘性泥石流是发生在山区沟谷含大量固体物质、容重一般在1.8—2.3吨/立方米之间的特殊洪流。它常具有巨大的能量,在很短的时间内搬运着数十万至数百万立方米的土石泥浆体,迅猛地冲击沟床两岸,破坏桥涵,掩埋公路、铁路、村庄和田园,造成严重的自然灾害。由于粘性泥石流经常具有强大的侵蚀、搬运和堆积的能力,经常给山区的经济建设和人民带来危害,因而引起许多国家的重视。我国很多地学工作者和工程技术人员根据生产任务和工作的实际需要,近年来对粘性泥石流的形成、运动、分布和防治等问题进行了广泛深入的研究,并取得了许多可喜的科研成果。近年来,我们也对我国西北、华北和西南地区的一些现代泥石流进行了调查,发现这些地区现代泥石流广泛发育,并形成了一些特殊的堆积地貌,沉积物在许多松散的地层剖面中,还保存着较好的中更新世、晚更新世和全新世早期所堆积的泥石流沉积物。本文只对我们所观察到的一些粘性泥石流所形成的堆积地貌和沉积物的特征,进行初步分析。

一、粘性泥石流所形成的堆积地貌

粘性泥石流往往由于地形、水量和固体物质供给等条件的变化,不仅使它的流速变慢或流态的性质发生变化,都会使部分粘性泥石流停滞而形成不同的堆积地貌,而且这些堆积地貌的分布和它所处在地形部位关系特别密切。

度很差。布尔(Bull 1963)计算的加利福尼亚州西部弗雷斯诺地区50个泥石流样品,分选系数 $4.1-6.2\phi$ (平均 4.7ϕ),与该段粘性泥石流接近。天山博格达峰冰碛物分选系数 $3.97-4.28\phi$ (平均 4.1ϕ),西藏东南部南迦巴瓦地区冰碛物分选系数 $3.05-4.35$ (平均 3.87)。

由于泥石流存在着结构上的不同,所以分选系数有明显的变化。粘性泥石流的 δ_1 值最大,水石流和稀性泥石流的 δ_1 值较小,泥流的 δ_1 值最小。看来用这一参数判别泥石流类型是有效的。

3、偏度 S_k 。量度粒度频率分布的对称性,曲线两侧对称时 $S_k=0$ 。细粒物质过剩时为负偏度,粗粒级含量增多为正偏态。自然界中沉积物的偏度值很少超过0.8。用这一参数能反映介质类型及搬运能力的强弱。除泥流之外,其余几种类型泥石流全部为正偏态,与泥石流沉积物以粗粒级为主相符。这也说明泥石流具有强大的搬运能力。

4、峰态 k_g 。代表曲线两头与中间分选性之间的比率,衡量沉积物粒度频率曲线峰型的宽窄程度。前人根据 k_g 大小值划分出峰型, k_g 值大于1.0为窄峰型, k_g 值小于1.0为宽峰型。该段几种类型的泥石流粒度频率曲线都属窄峰型。这与上述分析的泥石流沉积物粒径范围广泛,分布不集中,分选性很差是一致的。