

# 成昆铁路北段堆积物粒度参数的应用

赵惠林 张乃莉

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所)

**提 要** 在成昆铁路北段, 取样 73 个, 获粒度参数数据 355 个。选择其中 66 个样品, 对三类堆积物的粒度用矩值法经微型计算机加以处理, 平均后得四个粒度参数, 即: 粒径平均值  $\bar{X}$ , 标准差  $\sigma$ , 偏度  $S_k$  和峰态  $K$ 。此外, 还点绘出六种粒度参数散点图。以实地考察为基础, 某些粒度参数及其散点图就可作为划分泥石流堆积物类型的指标或判据, 并能用来确定沉积环境的若干特点。

**关键词** 粒度参数 散点图 堆积物 泥石流

在成昆铁路北段, 共取样 73 个, 获得粒度参数数据 355 个(见参考文献[1]第 172—173 页表 9-4)。样品取自泥石流堆积物、泥石流形成区土体和河流堆积物。取样方式有的是大样(重数百上千公斤), 有的用小样(重数公斤)。

现选择 66 个样品, 用矩值法在微机上处理了堆积物粒度分析资料, 得到有关粒度参数(附表, 所列的各粒度参数值都是均值)。

附表 成昆铁路北段堆积物粒度参数( $\varphi$ )

Table Size parameter of deposits at the northern section of Chengdu—Kunming Railway (unit,  $\varphi$ )

堆积物类型	粒径平均值 $\bar{X}$	标准差 $\sigma$	偏 度 $S_k$	峰 态 $K$	样品数(个)
泥石流堆积物 小样	-2.94	3.71	1.27	4.26	37
泥石流堆积物 大样	-3.57	3.73	1.25	4.09	16
泥石流形成区土体	-1.49	4.54	1.00	2.87	9
河流堆积物	-3.08	2.88	1.35	4.82	4

注: 1.  $\varphi = -1b d$  ( $d$  为颗粒粒径, 毫米)。

2. 本表对参考文献[1]第 173 页表 9-5 作了适当修正。

由附表可见, 在成昆铁路北段, 主要对泥石流堆积物的粒度参数进行了统计, 列出其他堆积物的粒度参数是为了便于对比。

## 一、粒 度 参 数

后文列出四个粒度参数。

### (一) 粒 径 平 均 值 $\bar{X}$

泥石流堆积物大小样的  $\bar{X}$  值分别为  $-2.94\varphi$  和  $-3.57\varphi$ 。这反映出泥石流堆积物颗粒粗大, 泥石流搬运能力巨大。

河流堆积物的  $\bar{X}$  值为  $-3.08\varphi$ , 属砾石级。这说明河流堆积物颗粒也相当粗大, 山地

河流也有相当大的搬运能力。参加统计的4条山地河流(牛日河、安宁河、雅砻江和金沙江)的堆积物粒度之所以粗化,一方面有泥石流堆积物参与其中,另一方面河水本身挟带走了细颗粒物质,而使粗颗粒沉积,由此粒度参数比较集中反映了这部分粗颗粒的影响。

泥石流形成区土体的 $\bar{X}$ 值为-1.49 $\phi$ ,它是这三类堆积物 $\bar{X}$ 值中最小的一个。这显示了泥石流形成区土体未经长距离搬运,粗细混杂。

由附表可见, $\bar{X}$ 值受取样方式影响较大,如泥石流堆积物的大样 $\bar{X}$ 值比小样 $\bar{X}$ 值大-0.63 $\phi$ 。小样难以取得较粗的颗粒, $\bar{X}$ 值不够真实,而代价较低,大样能够取得较粗的颗粒, $\bar{X}$ 值比较真实,但代价较高。一般说来,取样方式对其他粒度参数影响不大。因此就粒度参数统计平均而言,小样也可以反映堆积物的粒度特征。但若小样取样重量太小,就可能影响其他粒度参数。如在勒古洛夺沟泥石流堆积物上取的一个样重1.7公斤,标准差 $\sigma$ 值仅3.55 $\phi$ ;而另取一样重12.8公斤, $\sigma$ 值为4.83 $\phi$ ,两者相差甚大。在成昆铁路北段堆积物中,取的小样一般重4—8公斤。看来,堆积物样品的重量取5公斤左右较为合适。

## (二)标准差 $\sigma$

按沉积学规定的分选性等级标准<sup>[3]</sup>,成昆铁路北段堆积物的 $\sigma$ 值属分选差( $\sigma=2.00—4.00\phi$ )或分选极差( $\sigma>4.00\phi$ )的范畴,其实, $\sigma$ 值仍然存在着明显的差异。如泥石流形成区土体的 $\sigma$ 值是4.54 $\phi$ ,泥石流堆积物 $\sigma$ 值为3.72 $\phi$ ,前者与后者相差0.82 $\phi$ ;河流堆积物的 $\sigma$ 值为2.88 $\phi$ ,其比泥石流堆积物的 $\sigma$ 值小0.84 $\phi$ 。这两个级差接近的原因现在还难以弄清。

$\sigma$ 值可作为划分泥石流堆积物类型的定量指标之一。在成昆铁路北段,若把具有 $\sigma>3.80\phi$ 的泥石流堆积物划为粘性泥石流堆积物,而把 $\sigma<3.80\phi$ 的定为稀性泥石流堆积物,则按 $\sigma$ 值划分的泥石流堆积物类型和实地考察确定的泥石流堆积物类型大致相符。

实地考察确定的粘性泥石流堆积物样品中 $\sigma$ 值为3.82—4.83 $\phi$ , $\sigma$ 值之均值是4.27 $\phi$ 。16个样品中, $\sigma=3.80—4.00\phi$ ,有5个;4.00—4.40 $\phi$ ,7个; $>4.40\phi$ ,4个。 $\sigma>4.00\phi$ 的样品共11个,占样品总数(16个)的69%。

实地考察确定的稀性泥石流堆积物样品中 $\sigma$ 值为2.37—3.73 $\phi$ , $\sigma$ 值之均值是3.13 $\phi$ 。35个样品中 $\sigma<2.70\phi$ ,有2个;2.70—3.00 $\phi$ ,10个;3.00—3.40 $\phi$ ,15个;3.40—3.60 $\phi$ ,3个;3.60—3.73 $\phi$ ,5个。35个样品的 $\sigma$ 值全部在2.00—3.80 $\phi$ 之间。

由上可见,粘性泥石流堆积物的 $\sigma$ 值和稀性泥石流堆积物的 $\sigma$ 值相差1.14 $\phi$ ,级差极其明显,故用 $\sigma$ 值来划分泥石流堆积物类型是可行的。

但是稀性泥石流堆积物35个样品中,部分可能属亚粘性泥石流堆积物。如上述 $\sigma=3.40—3.73\phi$ 的那8个样品中,有些就是属亚粘性泥石流堆积物的。同样,在粘性泥石流堆积物16个样品中,也可能有个别属亚粘性泥石流堆积物的。目前要把其划分出来,还有一定困难。因亚粘性泥石流是一种过渡性泥石流,本身缺乏鲜明的特点。这有待今后加以研究、确定。

$\sigma$ 值之所以能作为划分泥石流堆积物类型的定量指标之一,原因在于: $\sigma$ 值是表征样品粒度分选性好差的一统计参数,其与泥石流体性质及搬运方式密切相关。

粘性泥石流体浓度大,细颗粒含量高。粘性泥石流体有很高的粘度和屈服应力,对

粗颗粒有一定的支撑能力。除了一些巨砾外,大量颗粒以中性悬浮方式搬运。再者,粘性泥石流流体的粒度组成接近泥石流形成区土体的粒度组成,即使在流动过程中,也没多大改变。因而泥石流形成区土体的 $\sigma$ 值(4.54 $\phi$ )和粘性泥石流堆积物的 $\sigma$ 值(4.27 $\phi$ )仅相差0.27 $\phi$ 。这表明粘性泥石流大多呈近似整体方式搬运。

稀性泥石流流体是一种紊动性两相流<sup>[3]</sup>,水和细颗粒组成的浆体以悬浮方式搬运,浆体浓度低,细颗粒含量少,支撑能力有限,粗颗粒只能以推移质方式作滚动、滑动、跳跃、碰撞或成层前进。因此稀性泥石流流体有明显的分流现象,粒度分选性好些, $\sigma$ 值较小。稀性泥石流和河流二者的流动特点和搬运方式都较接近,二者堆积物的 $\sigma$ 值(分别为3.13 $\phi$ 和2.88 $\phi$ )仅相差0.25 $\phi$ 。

### (三) 偏 度 $S_k$

在成昆铁路北段样品中,除少数几个属负偏( $S_k < 0$ )外,大多属正偏( $S_k > 0$ )。其中以河流堆积物的 $S_k$ 值最大,泥石流形成区土体的 $S_k$ 值最小,泥石流堆积物的 $S_k$ 值居中。

### (四) 峰 态 $K$

$K$ 值是一个反映分布曲线峰凸程度的粒度参数<sup>[2]</sup>,且还可以反映堆积物粒度分选程度。若 $K$ 值很大,粒度分布曲线宽而平,堆积物粒度分选性就好;若 $K$ 值小,堆积物粒度分选性就差。

成昆铁路北段,河流堆积物的 $K$ 值为2.48—9.08 $\phi$ , $K$ 值之均值是4.82 $\phi$ ,分选良好,粒度分布曲线窄而尖。稀性泥石流堆积物的 $K$ 值为1.08—10.40 $\phi$ , $K$ 值之均值是4.78 $\phi$ ;粘性泥石流堆积物的 $K$ 值是1.89—5.63 $\phi$ , $K$ 值之均值为3.34 $\phi$ 。泥石流形成区土体的 $K$ 值之均值为2.87 $\phi$ 。

可见,各类堆积物的 $K$ 值差异明显,故 $K$ 值也可作为划分泥石流堆积物类型的一个定量指标。

需要说明的是,对某个具体样品来说,粒度参数有一定的随意性,可能会出现偏离,然而偏离很大的值出现的概率是非常小的。这种偏离由样品的随机性所决定,但也不能完全排除取样不当的可能性。

## 二、粒度参数散点图

在成昆铁路北段,有些粒度参数散点图可用来区分不同的泥石流堆积物类型和沉积环境,而有些则不能如此。兹分别叙述于后。

### (一) $\bar{x}-\sigma$ 散点图(图 1)

由图 1 可见,泥石流形成区土体、粘性泥石流堆积物与稀性泥石流堆积物、河流堆积物之间的界线分明。所以图 1 可作为划分粘性泥石流堆积物和稀性泥石流堆积物的补充判据。其中 $\sigma$ 值比 $\bar{x}$ 值更重要些。

### (二) $S_k-\sigma$ 散点图(图 2)

图 2 对划分粘性泥石流堆积物和稀性泥石流堆积物也有意义,界线大致在 $\sigma$ 值为3.80 $\phi$ 处。落在界线外的点数占全部点数的 2%。由图 2 可见,除泥石流形成区土体的 $S_k$

值较集中外,其他几类堆积物的  $S_k$  值分布比较散,但相差不远。这说明图 2 上也是  $\sigma$  值在起主要作用。

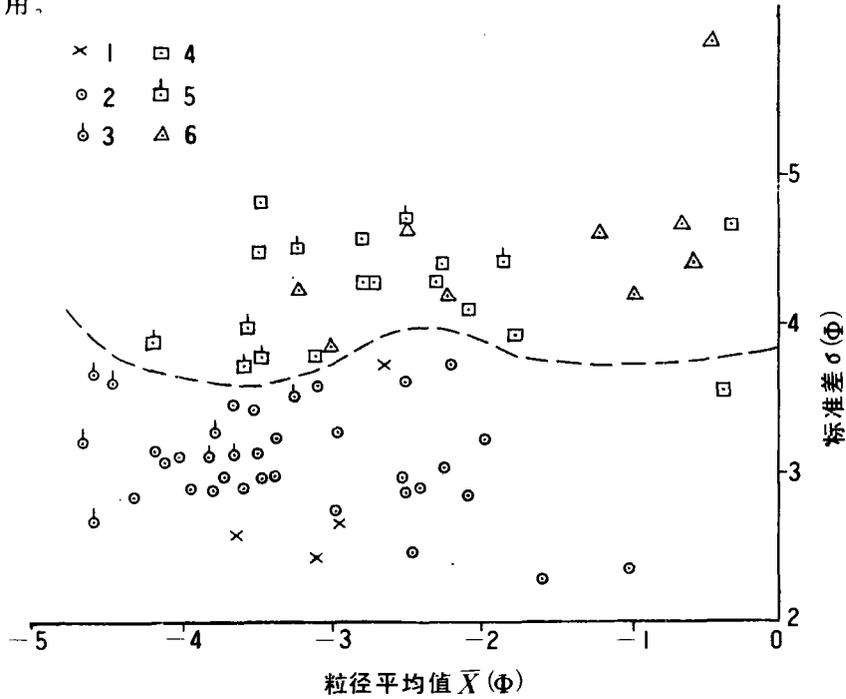


图1  $\bar{X}-\sigma$  散点图

Fig. 1  $\bar{X}-\sigma$  dispersive point diagram

- 1. 河流堆积物; 2. 稀性泥石流堆积物(小样); 3. 稀性泥石流堆积物(大样); 4. 粘性泥石流堆积物(小样);
- 5. 粘性泥石流堆积物(大样); 6. 泥石流形成区上体(后文图 2—5 的图例符号含义同此)

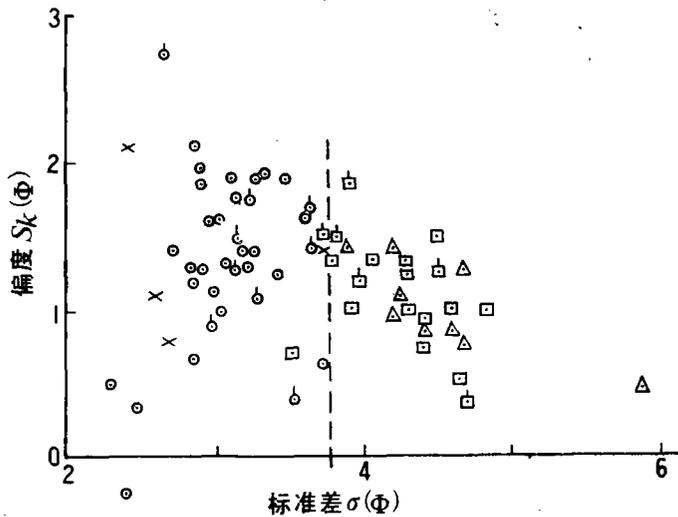
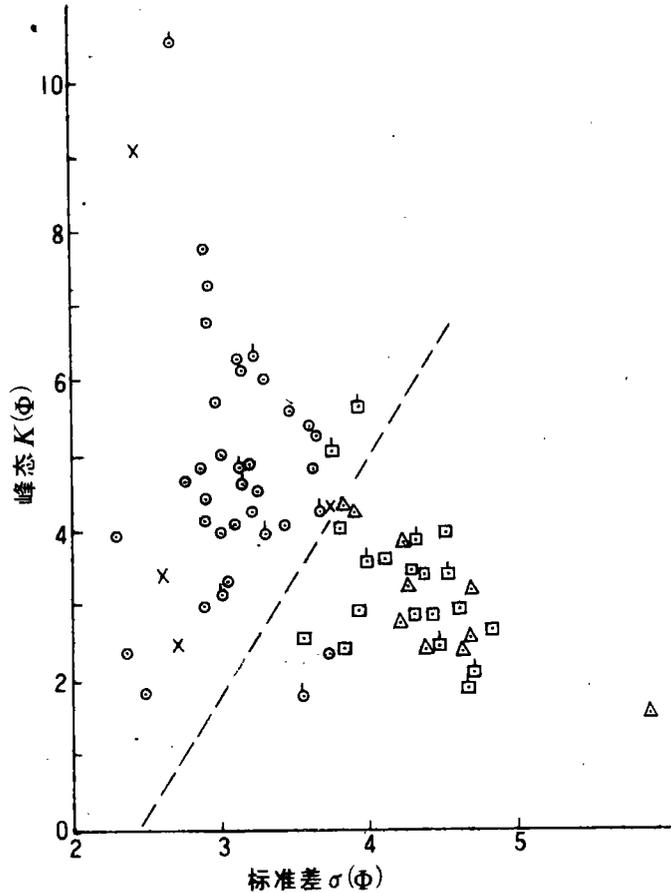


图2  $S_k-\sigma$  散点图

Fig. 2  $S_k-\sigma$  dispersive point diagram

(三)  $K-\sigma$  散点图(图3)图3  $K-\sigma$  散点图Fig. 3  $K-\sigma$  dispersive point diagram

由图3可见,泥石流形成区土体和粘性泥石流堆积物的点子多集中在高 $\sigma$ 值和中低 $K$ 值区,这反映了两类堆积物的粒度分选性差,粒度分布曲线宽而平;稀性泥石流堆积物和河流堆积物的点子则分布在中等 $\sigma$ 值区, $K$ 值散布,落在界线外的点数约占全部点数的6%,界线有效。 $K$ 值和 $\sigma$ 值共同起有分类作用,都反映了粒度分选性差,但 $\sigma$ 值的作用要大一点。

## (四) 其他散点图(图4—6)

由这三种散点图可见,各类堆积物的点子散乱,混杂,界线不清。故这些图无多大意义,至少在成昆铁路北段是如此。

综上所述,在实地考察基础上, $\sigma$ 值与 $K$ 值均可作为划分泥石流堆积物类型的定量指标,图1—3可视作划分不同泥石流堆积物类型的补充判据,并能用来确定沉积环境的某些特点。这项研究还比较粗浅,有待深化。

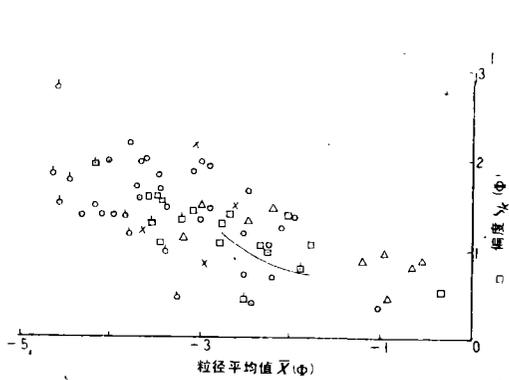


图 4  $\bar{X}-S_k$  散点图

Fig. 4  $\bar{X}-S_k$  dispersive point diagram

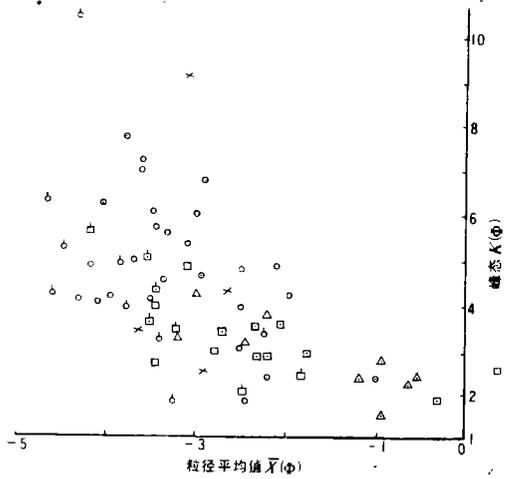


图 5  $\bar{X}-K$  散点图

Fig. 5  $\bar{X}-K$  dispersive point diagram

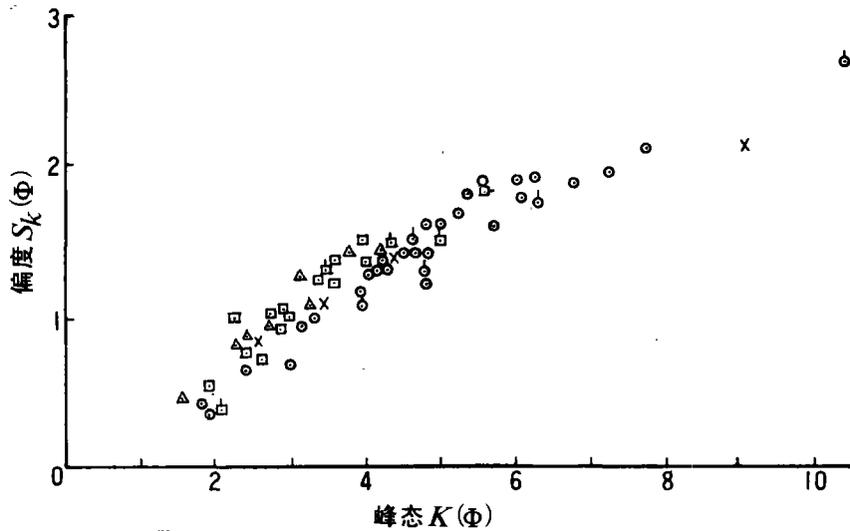


图 6  $S_k-K$  散点图(点子太密, 有些未点出)

Fig. 6  $S_k-K$  dispersive point diagram

### 参 考 文 献

- [1] 中国科学院成都山地灾害与环境研究所编著, 1989, 泥石流研究与防治, 四川科学技术出版社, 第 165—177 页。
- [2] 成都地质学院陕北队, 1978, 沉积岩(物)粒度分析及其应用, 地质出版社, 第 31—100 页。
- [3] 钱宁、万兆惠, 1983, 泥沙运动力学, 科学出版社, 第 437 页。

# APPLICATION OF SIZE PARAMETER OF DEPOSITS AT THE NORTHERN SECTION OF CHENGDU—KUNMING RAILWAY

Zhao Huilin Zhang Naili

(*Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences  
& Ministry of Water Conservancy*)

## Abstract

355 size parameter data were obtained by processing 66 size analysis data of samples of deposits with the statistics method and 6 dispersive point diagrams of size parameter were drawn.

At the northern section of Chengdu—Kunming Railway, samples are mainly debris flow deposits, and secondly the earth body of debris flow in formation area and the river deposits. The size parameters are as follows: size mean value  $\bar{X}$ , standard deviation (error)  $\sigma$ , skewness  $S_K$  and kurtosis  $K$ .

Size parameter and dispersive point diagrams give a reference for debris flow classification, as well as present the transport form of debris flow and deposit environmental characteristics.

The big or small samples of debris flow deposits  $\bar{X}$  values are  $-2.94\varphi$  and  $-3.57\varphi$  ( $\varphi = -\lg d$ ,  $d$  is grain size, mm). It may be seen that the grains of debris flow are coarse, the transport capacity is great.

$\sigma$  of viscous and nonviscous debris flow deposits have great differences. The former is  $4.27\varphi$ , the latter is  $3.13\varphi$ .

The samples of debris flow deposits are basically positive skewness, so  $S_K > 0$ .

$K$  value of the nonviscous debris flow deposit is  $4.78\varphi$ , the distributed curve is narrow and sharp;  $K$  value of the viscous debris flow deposit is  $3.34\varphi$ , the curve is wide and plane.

On the basis of the field investigation,  $\bar{X}-\sigma$ ,  $S_K-\sigma$ ,  $K-\sigma$  three dispersive point diagrams may classify out the varied debris flow deposits. But the diagrams of  $\bar{X}-S_K$ ,  $\bar{X}-K$  and  $S_K-K$  can not do so.

**Key words** size parameter, dispersive point diagram, deposit, debris flow