

松散岩土体崩解试验研究

文义明, 侯克鹏, 周宗红

(昆明理工大学 国土资源工程学院, 昆明 650093)

摘要: 选取云南某露天排土场两种松散岩土体进行崩解试验, 通过跟踪崩解过程颗粒级配变化, 应用分形理论对松散岩土体崩解过程进行了探讨, 结果表明石英片岩、云母片岩在水的作用下会发生崩解与土体崩解过程类似, 但石英片岩、云母片岩崩解程度远小于土体且崩解主要来自较大粒径岩块的崩解。该结果对工程实际具有一定的指导意义。

关键词: 松散岩土体; 排土场; 崩解; 分形; 分维数

中图分类号: TD313⁺.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-4172(2011)01-000-00

The Study on Slaking Test of Loose Rock and Soil

WEN Yiming, HOU Kepeng, ZHOU Zonghong

(Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, Yunnan, China)

Abstract: Selecting two kinds of loose rock and soil which belong to a dumping site of Yunnan to do disintegration test, we have tracked the changes of grain composition during the disintegration process and discussed the loose rock mass disintegration process by particle size distribution fractal theory. The result shows that collapse of loose rock and soil is similar by the function of Quartz-schist, mica schist and water, but the mica schist and Quartz-schist's disintegration degree is smaller than the soil disintegration, at the same times, slaking mainly comes from the disintegration of great particle size clod. These conclusions have actual guidance for the project.

Key words: loose rock and soil; dumping site; slaking; fractal; fractal dimension

0 引言

崩解是指岩石在水中发生崩解的现象, 该特性是岩石水理性的重要特征之一^[1]。当松散岩土体被用作回填边坡时, 材料往往遭受着大气降水以及地下水位变化等的作用, 材料是否会产生崩解现象, 从而进一步造成材料强度和稳定性的降低, 以至于边坡内部出现潜在的滑面或弱面。因此对该类松散岩土体进行崩解试验显得尤为重要。

本文选取云南某露天排土场石英片岩、云母片岩两种松散岩体进行了室内崩解试验研究。

1. 试验方法及步骤

1.1 试验方法

室内浸水试验主要以自然水体为试验岩样崩解的环境介质,将天然状态下的岩样置于清水中,观察其崩解现象和过程。并且对烘干后的崩解物进行颗粒分析,以确定岩样崩解的速度和等级,以及崩解物级配在理想崩解条件下的变化规律。为此,室内浸水崩解试验的主要试验步骤为:

- 1)天然状态下的岩样按初始级配称取 2 kg,置于敞口透明的塑料量杯中,称重后注入清水至淹没试样为止;
- 2)记录试样开始崩解时间并记录现象,一周、二周、三周、四周后观察并记录试样的崩解碎裂情况;
- 3)达到浸泡时间(第一次浸泡的时间为一周,以后的则不少于一周)后,将容器中的岩样带水过筛,得到崩解物;
- 4)将崩解物风干 30 分钟后,放在托盘上放入烘箱内,在 105℃恒温下烘干至恒重,烘干时间不少于 8 小时;
- 5)将烘干后的试样连同托盘取出,放于干燥器内冷却至室温后,做筛分试验,并结合工程实际需要,将级配粒径设为:60~40、40~20、20~10、10~5、5~2、2~0.5、0.5~0.25、0.25~0.1、0.1~0.075、<0.075;
- 6)重复步骤 3)到 5),测得岩样浸泡两周、三周、四周后的颗粒级配数据。

1.2 试验现象记录及级配测定

岩样浸水后,及一周、两周、三周、四周级配测定如见表 1、2:

表 1 石英片岩试样崩解过程颗粒级配变化表

Table 1 Grade variety of quartz schist samples during the disintegration test

石英片岩	60 ~ 40mm	40 ~ 20mm	20 ~ 10mm	10 ~ 5mm	5 ~ 2mm	2 ~ 0.5 mm	0.5 ~ 0.25mm	0.25~ 0.1mm	0.1 ~ 0.075mm	<0.075mm	合计
初始级配	677.6	607.8	372.2	114	68.6	77.8	40.2	20.6	8.6	12.8	2000.2
浸泡一	478	799.8	368.2	122.4	63.5	76.3	45.1	18.7	9.2	17.4	1998.6

周											
浸泡 二 周	253.6	1008.8	365.3	132.8	64.8	80.8	40.1	21.8	13.5	18.3	1999.8
浸泡 三 周	245.9	964.5	410.3	124.3	72.8	77.2	38.1	21.5	5.9	28.2	1988.7
浸泡 四 周	210.5	1041.3	370.5	127.7	68.4	82	40.2	20.8	7.3	18.2	1986.9

表 2 云母片岩试样崩解过程颗粒级配变化表

Table 2 Grade variety of mica schist samples during the disintegration test

云 母 片 岩	60 ~ 40mm	40 ~ 20mm	20 ~ 10mm	10 ~ 5mm	5 ~ 2mm	2~0.5 m m	0.5 ~ 0.25mm	0.25~ 0.1mm	0.1 ~ 0.075mm	<0.075mm	合计
初 始 级 配	538.3	736.6	346.1	128.9	66.5	80.9	45.2	23.4	22.6	11.5	2000
浸 泡 一 周	474.1	568	351.6	201.63	121.28	137.96	71.25	36.38	15.16	22.44	1999.8

浸泡 二 周	202	775.6	398.5	192.3	118.2	119.4	60.4	41.3	11.9	76.5	1996.1
浸泡 三 周	211.8	776.9	392.6	222.8	114	116.4	59.8	39.1	11.8	42.9	1988.1
浸泡 四 周	210.2	746.1	415.8	212.3	102.5	113	59.1	39.5	8.3	77.4	1984.2

2 实验成果分析

2.1 颗粒粒径的测定结果分析

根据试验颗粒粒径级配的测定结果，绘制出两种岩样崩解过程的粒径级配柱状图及粒径级配曲线图。见图 1、2、3、4。

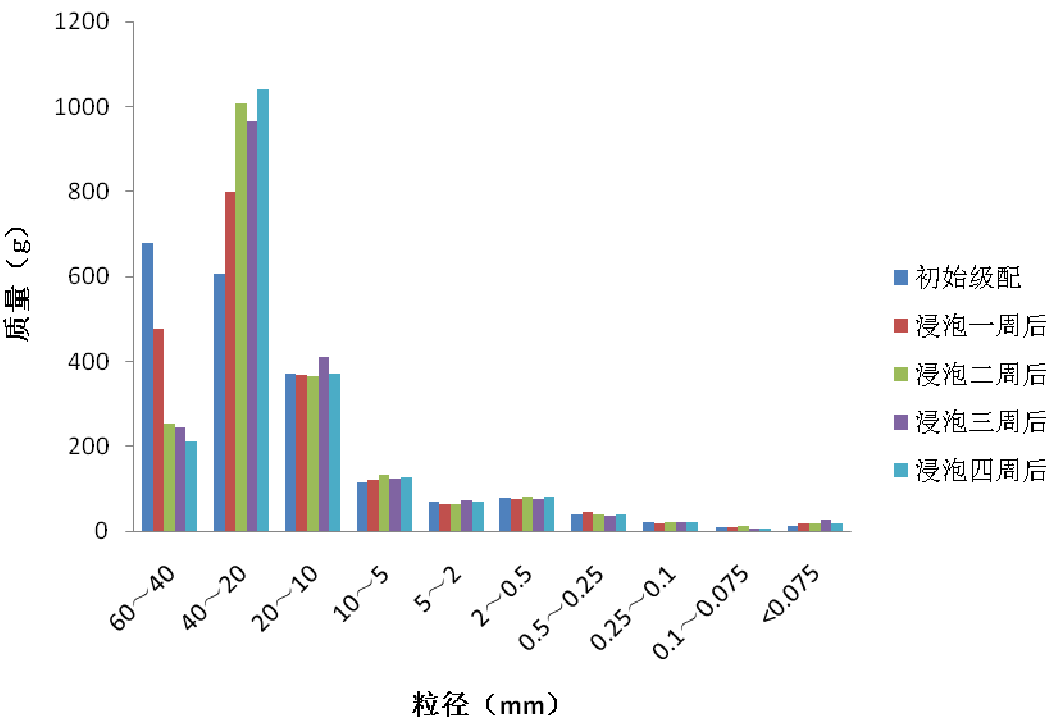


图 1 石英片岩试样崩解过程颗粒级配柱状图

Fig.1 Grain size distribution histogram of quartz schist samples during the disintegration process

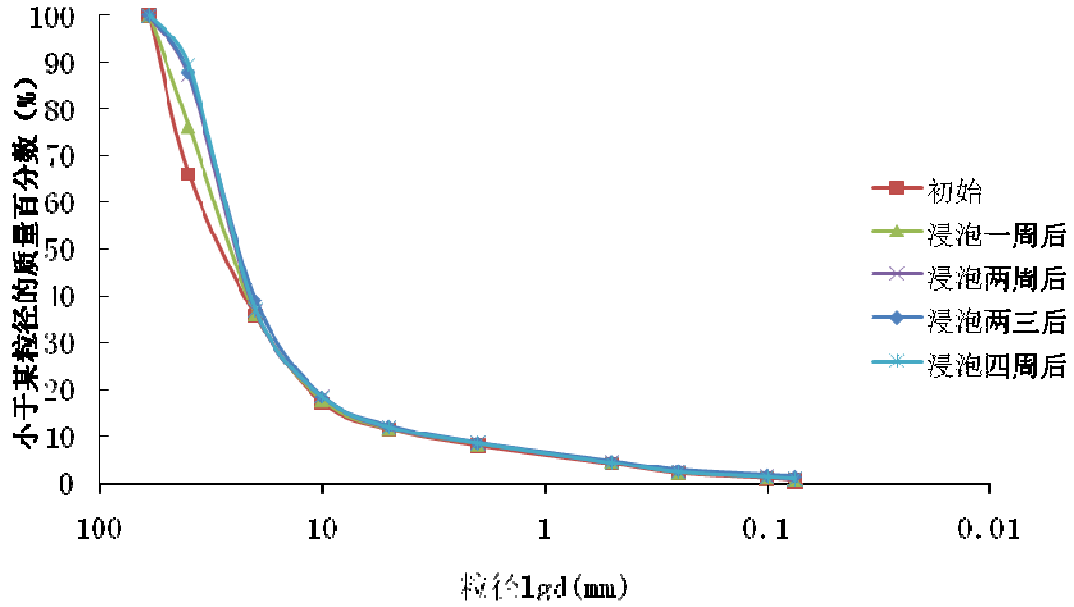


图 2 石英片岩试样崩解过程粒径级配曲线图

Fig.2 Grain size distribution curve of quartz schist samples during the disintegration process

分析：由以上两幅图可知石英片岩崩解主要发生在前两周，第三、四周崩解趋于稳定，三、四周粒径级配曲线呈现重合之势；崩解主要发生在 60~20mm 粒径之间。

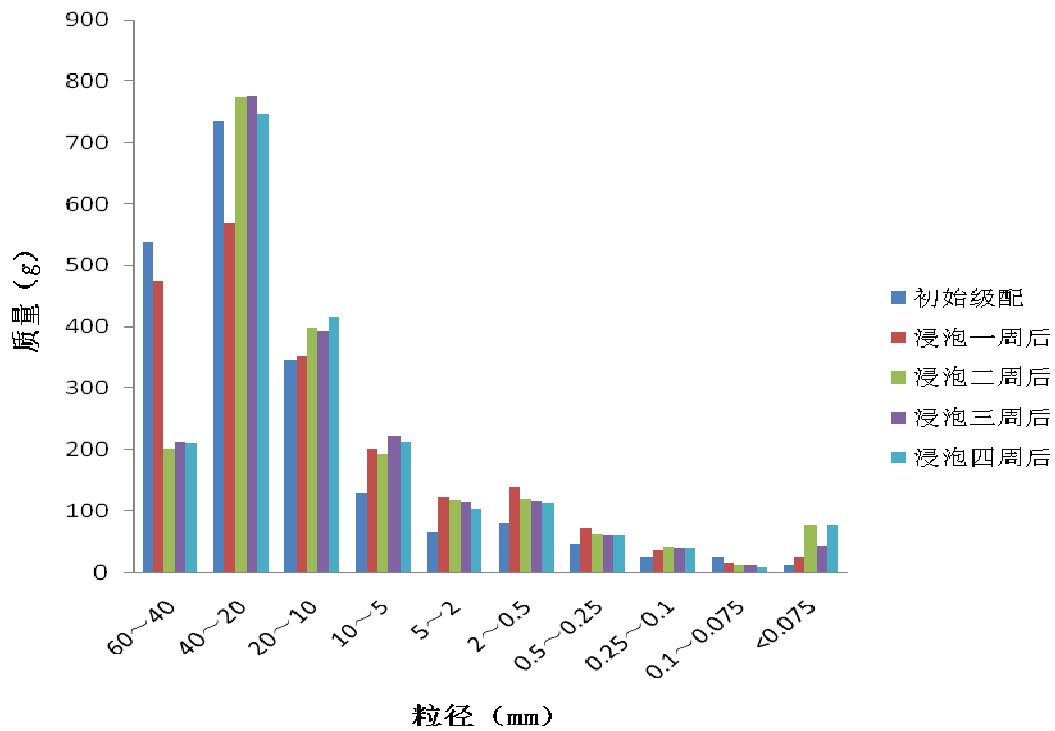


图3 云母片岩试样崩解过程颗粒级配变化柱状图

Fig.3 Grain size distribution histogram of mica schist samples during the disintegration process

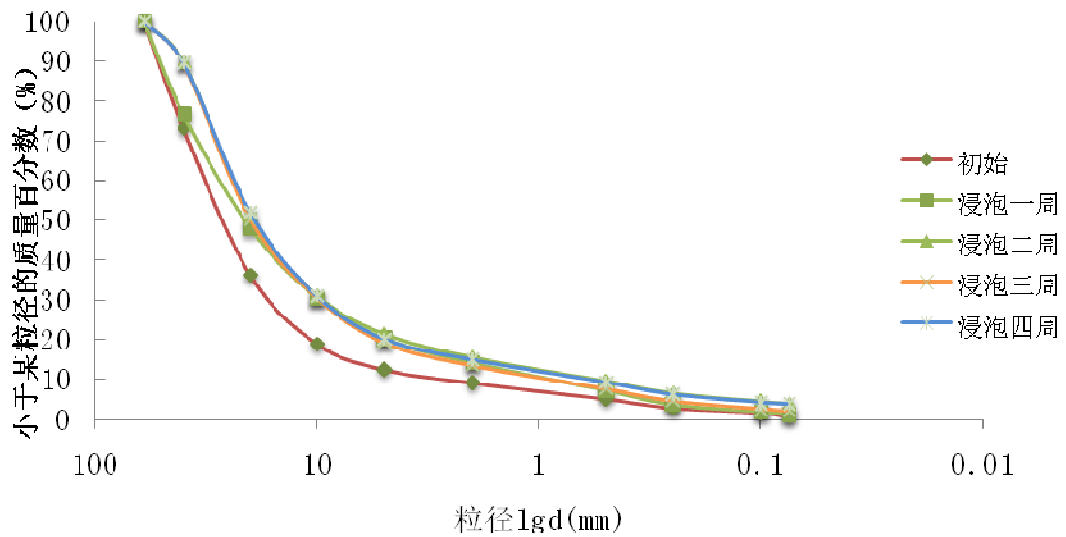


图4 云母片岩试样崩解过程粒径级配曲线图

Fig.4 Grain size distribution curve of mica schist samples during the disintegration process

分析: 由以上两幅图可知云母片岩较石英片岩崩解程度明显剧烈, 发生崩解的粒径也较之更广泛, 各个粒径在次过程中变化均比较明显。

2.2 软岩崩解过程分形理论分析

分形几何是一门新的数学分支,它主要是用来描述自然界的不规则以及杂乱无章的现象和行为的。大量的研究已经表明,岩体在各种非人为的外界力(包括自然力和机械力)随机作用下的破碎是一个分形。该结论在岩体空隙、结构面,岩体的开挖、尾矿场、爆破等的块度分析中得到了验证^[2]。岩体在吸水后的崩解破碎是随机破碎,自然也是一个分形。分形的刻画指标是分维数。

根据分形理论,设用孔径为 r 的筛子来筛分试样,将筛下的物料总数计为 $N_1(r)$,筛网上面物料总数计为 $N_2(r)$,则 $N(r) = N_1(r) + N_2(r)$ 。

定义关联函数 $C(r)$ 为

$$C(r) = \frac{N_1(r)}{N(r)} = 1 - \frac{N_2(r)}{N(r)} \quad (1)$$

适当的调整筛网孔径 r 的大小,若在某一粒径区间范围内存在如下关系:

$$C(r) \propto r^D \quad (2)$$

指数 D 就是一种维数,它是关联维数很好的逼近,而关联维数 D 的严格定义则为:

$$D = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\ln C(r)}{\ln r} \quad (3)$$

由式 (3) 可知,只需做出 $\ln C(r) - \ln r$ 双对数曲线图,直线部分的斜率即为关联维数 D 。但是,由于矿上采场和排土场粒度测试过程中,测样的本量太大,直接计算岩块的数目相当困难,为了实测的方便,必须对以上方法加以改进。设 $M(r)$ 为粒径小于 r 的散体岩石的累计质量, M 为测试样本的总质量,则 $\frac{M(r)}{M}$ 为粒径小于 r 的散体岩石的筛下质量累计额百分含量。做出 $\frac{M(r)}{M} - r$ 在双对数坐标系下的图形,求出直线部分的斜率 n ,利用下式可以方便地求出散体岩石粒度分布的维数:

$$D = 3 - n \quad (4)$$

根据颗粒粒度分维计算模型对散体物料实测结果进行分形统计,各物料粒度组成分布分形曲线见图 5 和图 6。

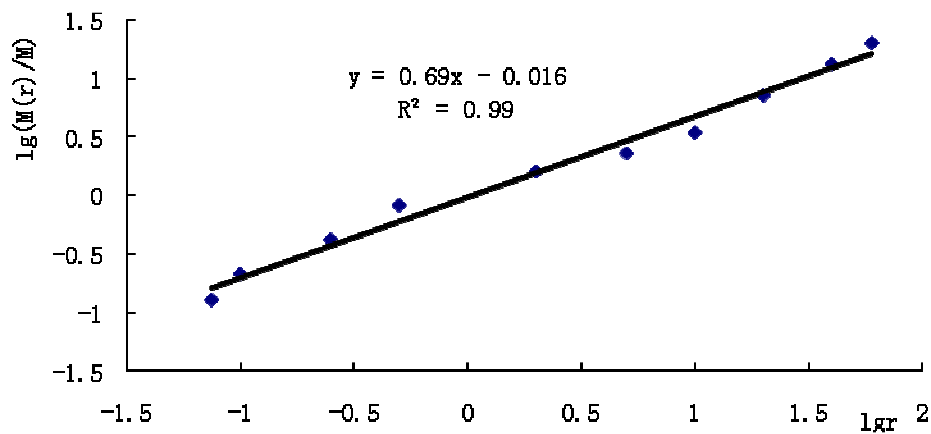


图5 石英片岩试样初始粒度分布分形曲线

Fig.5 Initial fractal curve of grain size distribution of quartz schist samples

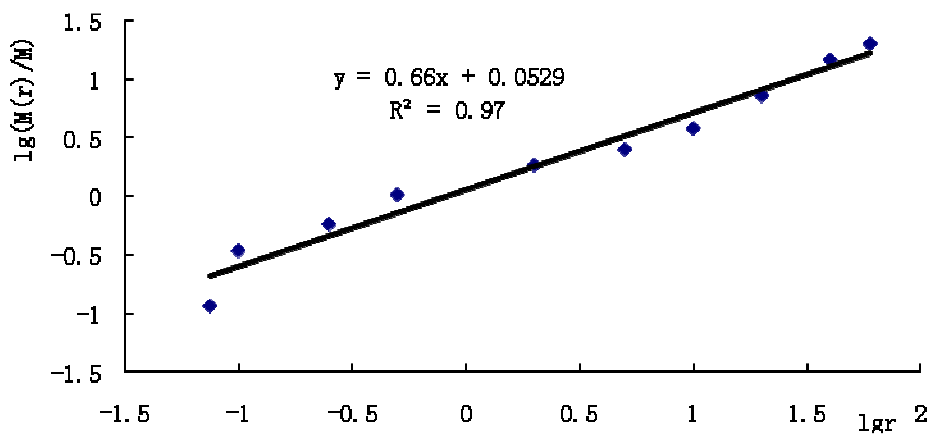


图6 云母片岩试样初始粒度分布分形曲线

Fig.6 Initial fractal curve of grain size distribution of mica schist samples

注：石英片岩及云母片岩浸泡过程中粒度分布分形曲线未罗列，回归相关系数均大于0.96。

通过观察各种散体物料试样 $\frac{M(r)}{M}$ — r 双对数坐标系下的图形，得出测试样本的 $\lg \frac{M(r)}{M}$ 与 $\lg r$ 之间存在着很好的线性相关性，回归相关系数均在 0.96 以上，说明该矿山散体物料粒度分布符合分形分布，其粒度组成具有良好的分形结构，在统计意义上满足自相似规律。所有测试样本的分维数都小于 3。进而得出石英片岩、云母片岩发生崩解过程中分维数变化图见图 7、8。

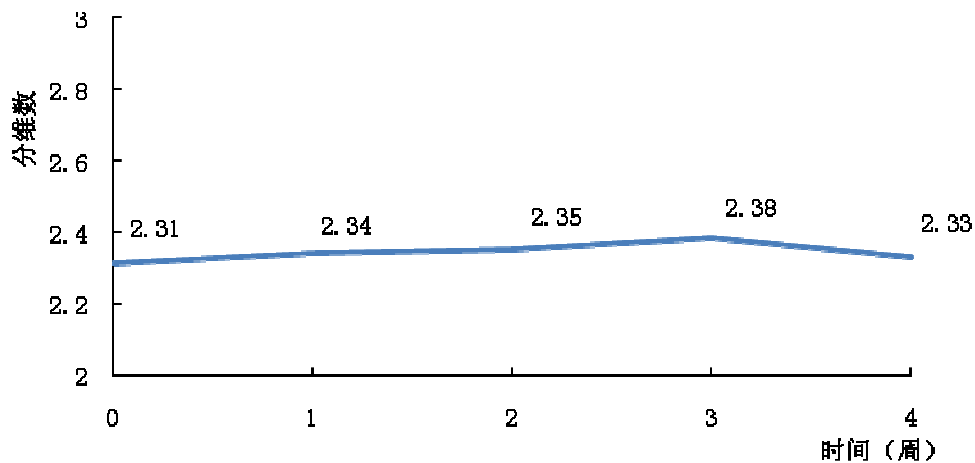


图 7 石英片岩试样分维数随浸泡时间变化曲线

Fig.7 Fractal dimension variety with time during the quartz schist disintegration test

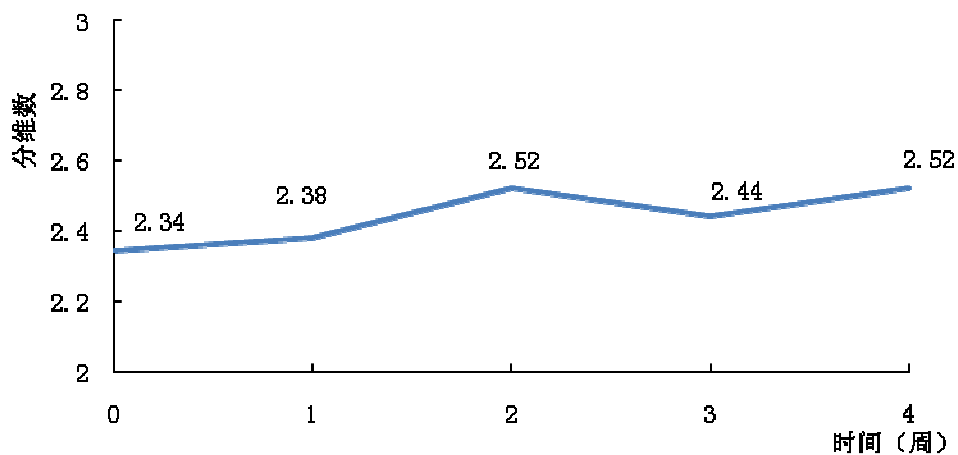


图 8 云母片岩试样分维数随浸泡时间变化曲线

Fig.8 Fractal dimension variety with time during the mica schist disintegration test

通过应用分维数对石英片岩、云母片岩崩解过程的定量分析,可知石英片岩在整个崩解过程中分维数基本稳定在 3.3,后期较初始变化保持在 0.07 范围内,发生崩解程度极小,云母片岩分维数变化较大 0.18,发生崩解的程度相对较深。

2 结语

在以往的研究中对土体及强风化岩体崩解研究较多,此次试验对特定的两种松散岩土体进行了室内崩解试验研究,具有一定能的工程应用价值。可以得到以下结论:

- 1) 石英片岩、云母片岩在水的作用下会发生崩解与土体崩解过程类似,即颗粒数目不

断增加颗粒整体粒径不断减小。

2) 与土体崩解过程相比较石英片岩、云母片岩崩解程度远小于土体,崩解主要来自较大粒径岩块的崩解。

3) 石英片岩与云母片岩相比较,云母片岩崩解程度较深,矿山实际生产中不可将云母片岩堆排至下部,以确保回填边坡安全。

以上结论是初步的,未免存在不足,在以后的工作中还必须根据现场实际情况对该类岩土体的崩解作进一步研究、确认。

参考文献

- [1]颜文,周丰峻,郑明新.长衡段软岩水理特性研究[J]. 华东交通大学学报,2005,4:15-17.
- [2]毕先梅. 地质学运用分形理论需要考虑的问题[A]. 分形理论及其应用[C]. 合肥:中国科学技术大学出版社,1993.
- [3]苏永华,赵明华,刘晓明. 软岩膨胀崩解试验及分形机理[J]. 岩土力学,2005,5: 728-732.
- [4]颜波,汤连生,胡辉,等.花岗岩风化土崩岗破坏机理分析[J]. 水文地质工程地质,2009,6:68-71.
- [5]吴秀仪,刘长武,赵凯,等.板岩遇水崩解的分形模型研究[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2008,5:33-36.
- [6]刘晓明,赵明华,苏永华,等. 软岩崩解分形机制的数学模拟[J]. 岩土力学, 2008, 8:2043-2046.
- [7]苏永华,刘晓明,赵明华,等.软岩崩解物颗粒分布特征研究[J]. 土木工程学报, 2006,5:102-106.

基金项目: 国家自然科学基金(51064012)

作者简介: 文义明(1986-), 男, 硕士, 岩石力学专业。