

# 溜砂坡动力学特性实验及防治

蒋良 潍<sup>1</sup>, 姚令侃<sup>1</sup>, 蒋忠信<sup>2</sup>, 李仕雄<sup>1</sup>

(1. 西南交通大学土木工程学院道路与铁道工程系, 四川 成都 610031; 2. 铁道第二勘察设计院, 四川 成都 610031)

**摘 要:** 溜砂坡是川藏公路中段较为严重的一种山地灾害。本文在自组织临界性理论的概念框架下, 通过干燥沙石散粒体临界态单面坡沙堆实验, 对溜砂坡的坍滑动力学特性进行了探索。实验发现, 颗粒均匀的沙坡出现正态分布的、准周期的大规模“雪崩”, 而颗粒非均匀的沙坡的坍滑重量表现为难以界分的、多样化的负幂率分布, 大规模坍滑的绝对规模较小, 呈现自组织临界行为。基于自组织临界性系统具有的普适性, 提出了溜砂坡“频率- 规模”关系等灾害演化的初步规律。溜砂坡坡顶来沙和坡脚制约作用削弱, 是造成坍滑发展的主要原因。针对坍滑的“牵引式”形式和实际工程条件, 设计了一种能稳定溜砂坡坡脚、对基础条件要求低的新型支挡防护结构。

**关键词:** 溜砂坡; 动力学特性; 自组织临界性; 防治工程

**中图分类号:** P642. 2; N 93

**文献标识码:** A

溜砂坡是陡峭坡面基岩的寒冻风化产物在重力作用下汇集到坡脚堆积而成的动态临界平衡的砂粒堆, 即一种砂粒级的岩屑坡。由于砂粒补给的不间断和坡面坍滑相互作用, 而基本处于极限平衡状态<sup>[1]</sup>。

藏东南帕隆藏布河谷川藏公路沿线然乌一中坝段是溜砂坡的最具代表性地段。该段溜砂坡的原岩为块状结构的中粗粒花岗闪长岩和粗粒花岗岩, 遭受高寒地区气候的强烈寒冻风化而崩塌堆积形成, 高度多在 200~ 300 m, 天然休止角 $< 35^{\circ}$ <sup>[2]</sup>。粒度组成以角砾、粗砂、中砂为主, 其次为细砂, 几乎不含粘粒<sup>1)</sup>。溜砂坡坡面颗粒崩坍滑落, 越过路边低矮的浆砌石挡墙而堆积掩埋公路, 对川藏公路的畅通构成严重威胁。

溜砂坡实际上属于无粘性的散粒体堆积物的一种类型。溜砂坡的坍滑机理和形式, 若沿用传统的滑坡极限平衡分析方法具有很大的局限性。实际上, 坡面坍滑的滑动面形态、深度及颗粒流动形式是难以掌握的。因此, 可行的先导性研究是进行散粒体临界坡面坍滑室内实验, 以探索溜砂坡坍滑的动

力学特性及演化模式。

本文以散粒体颗粒级配非均匀性差异为出发点, 用干燥沙石临界态单面坡沙堆顶加沙坍滑实验, 探讨了相应的坡面坍滑特征与规模等动力学特征, 并以此针对地提出坡脚轻型支挡结构防治措施。

## 1 干燥沙石临界单面坡坍滑实验

### 1.1 研究方法与实验方案

溜砂坡处于砂粒补给和坍滑相互作用的动态临界平衡状态, 即失稳临界状态, 物理概念上属于散粒体极限平衡破坏的临界现象类型。

对此, 自组织临界性理论 (Self-organized Criticality, 简称 SOC) 的沙堆模型 (Sand pile Model) 提供了散粒体失稳临界状态动力学特性的新颖认识手段<sup>[3]</sup>。自组织临界性, 是 Per Bak 等提出的一个解释控制大量广延耗散动力系统的普遍组织原则的理论, 是非线性科学的重要分支<sup>[4]</sup>。沙堆模型是自组织临界性的最简单理想化模型, 主要研究散粒体沙堆的生长与坡面坍滑过程的动力学行为。其出发点

收稿日期 (Received date): 2002- 09- 11; 改回日期 (Accepted): 2003- 12- 01。

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金 (50278080) 和高等学校博士点专项科研基金 (200061307) 资助项目。[ This study is funded by National Natural Science Foundation of China (50278080) and University Science Foundation for Doctoral Research of China (200061307). ]

作者简介 (Biography): 蒋良潍 (1974- ), 男, 防灾减灾工程及防护工程专业研究生。[ Jiang Liangwei (1974- ), male, post-graduate student, majoring in hazard prevention engineering. ]

1) 王成华, 陈永波, 朱平一, 等. 溜砂坡的形成演化规律与防治对策. 第三届海峡两岸山地灾害与环境保育学术研讨会论文集. 2002.

是散粒体沙堆可看作一个带有局域相互作用和广延空间自由度的耗散动力系统。

在自组织临界性理论框架下, Held 等进行了最初沙堆模型实验<sup>[5]</sup>: 用粒径 1 mm~ 1.25 mm 的均匀沙粒, 在直径 4 cm 圆底盘上逐粒加沙, 堆砌建造沙堆。当沙堆坡角近似为临界角(休止角)时, 加入的沙粒数量与落出底盘边缘的数量在总体上达到平衡, 沙堆停止生长, 到达临界状态。此时, 沙坡对新添加沙粒的响应是无法预测的: 沙粒可能固定在坡面上, 也可能引起小范围沙粒的坍滑, 还可能导致更大规模的坍滑, 甚至发生大部分或整个坡面颗粒的滑坍——形象地被称为“雪崩”(Avalanche)。但从统计的角度, 坍滑规模(一般用每次坍滑的落沙重量来表示)与其发生频率之间呈现负幂率分布(Power-law)关系, 即大事件少, 小事件多, 若以  $R$  为尺度, 则规模  $> R$  的事件的发生频率(即超率率)  $N$  可以表示为  $N(> R) \propto R^{-b}$ ,  $b$  为定值。

这个负幂率分布统计关系, 是自组织临界性的直观表现, 实际上代表了一种无标度、自相似的“分形”(Fractal)<sup>[6]</sup> 普适性特征。但同时, Held 的实验也显示, 均匀颗粒沙堆规模较大(底盘直径为 8 cm)时, 负幂率分布不再呈现, 而为大规模而且大小较为均一的“雪崩”<sup>[5]</sup>。

是呈现大规模的“雪崩”, 还是负幂率分布形式的坍滑, 代表了临界态下, 散粒体坡面的动力学行为特性, 反映了临界态散粒体坡面对扰动的反应灵敏度差异。其涉及了对处于临界平衡的溜砂坡坍滑规律和形式的最基本认识, 是制订防治方案的关键。

因此, 利用散粒体沙堆模型及自组织临界性的非线性科学整体理论思路, 探索溜砂坡系统的普适性动力学特征, 可为溜砂坡的失稳、输移机制创建更合理的理论模型。

道路工程所涉及的溜砂坡多为沿道路行走方向的单面坡, 于是, 本文设计并进行了干燥沙石散粒体临界态沙坡坍滑实验。实验在宽 38 cm, 高 30 cm, 深 70 cm, 一端开口的箕状有机玻璃沙箱中进行(图 1)。

实验步骤为, 在沙箱内堆砌一近似处于临界状态的干燥沙石单面坡, 用设于坡顶、与箱同宽的手摇传送带, 缓慢而均匀地添加微量干燥沙石(105 g, 且与沙坡沙石级配相同, 匀铺于传送带上)进行扰动, 加沙后引起坡面颗粒坍滑。记每次落下沙箱的沙石重量为随机变量  $X$ , 称量其数值, 成为一个样本点  $x$ 。再继续坍滑后的残余坡面上加沙, 称量每次的落沙重量  $x$ 。不断重复加沙、称量的过程, 直至样本容量(即重复次数)很大。该实验形式可以模拟表现溜砂坡在坡顶沙源不断情况下溜砂的动力学性态。

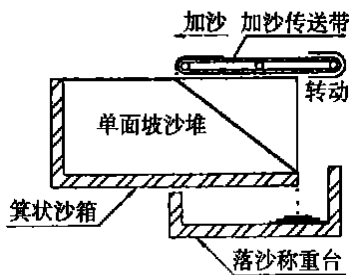


图 1 干燥沙石临界单面坡坍滑实验体系示意  
Fig. 1 The sketch of sliding experiment on critical sand slope built by dry sand-gravel

1.2 颗粒均匀性不同沙坡之动力学性态对比

散粒体颗粒采用两组风干沙石, 进行对比实验。沙石级配分别为粒径为 2.5~ 5 mm(近似均匀), 和中值粒径相同而非均匀系数  $\varphi=2.85$ (非均匀)。两组对比实验的样本容量分别为 800 和 839(级配见表 1, 非均匀系数  $\varphi= \sqrt{d_{75}/d_{25}}$ ,  $d_{75}$ 、 $d_{25}$  分别为粒度累积曲线上, 纵坐标等于 75%、25% 时所对应的粒径)。

将每次的落沙重量按实验顺序的先后自然排列, 可以形成一个落沙序列。

均匀沙石的坍滑落沙序列(图 2)显示, 落沙重呈现明显的大小分界现象: 微小规模的坍滑很多, 大规模的“雪崩”少, 然而中等规模的坍滑却没有。“雪崩”与微小规模坍滑具有巨大数值差异, 可以非常容易地加以区分。

表 1 实验沙石级配

Table 1 Composition of the grading of sand-gravel in experiment

沙石颗粒累积粒配 / %	0.25 mm	0.5 mm	1 mm	1.25 mm	2.5 mm	5 mm	10 mm	15 mm	20 mm	30 mm	40 mm
2.5~ 5 mm 均匀粒组	-	-	-	-	0	100	-	-	-	-	-
$\varphi=2.85$ 非均匀粒组	2.32	5.36	32.10	44.84	46.25	54.62	82.74	96.31	98.36	99.13	100

颗粒均匀沙坡的“雪崩”,同时也呈现时间上的准周期(Quasi cycle)分布,反映了明显的物质、能量的累积—释放过程。

非均匀沙石的坍滑落沙序列示于图 3,各种规模的坍滑混杂而不易界类,坍滑的无标度自相似“分形”特征突出。“雪崩”规模较均匀沙石小,但时间的准周期分布不明显。

1.3 沙坡对比实验的动力学特征统计规律

落沙数据的统计特征采用 SPSS 软件辅助分析和分布拟合的  $\chi^2$  检验方法判断,结果见表 2。

均匀沙石落沙重量的概率分布见图 4,尚不能

发现合适的统计分布对此进行描述。然而仅考察“雪崩”范围,即图 4 小概率部分的  $X=150\sim 2\ 105$  (g) 范围的落沙数据,则符合正态分布(图 5)。

其实,因为小规模崩塌落沙量非常微小,所以对于坍滑的防治工程,仅考虑“雪崩”部分是较为合理的。

非均匀沙石落沙量概率分布见图 6。其  $\ln N(>X)-\ln X$  关系图基本呈负幂率直线关系( $X$  约  $>50$  g,见图 7),拟合可得

$$\ln N(>X)=10.013-1.0014\ln X$$

相关系数  $R=0.8866$ ,各种大小坍滑的规模确表现

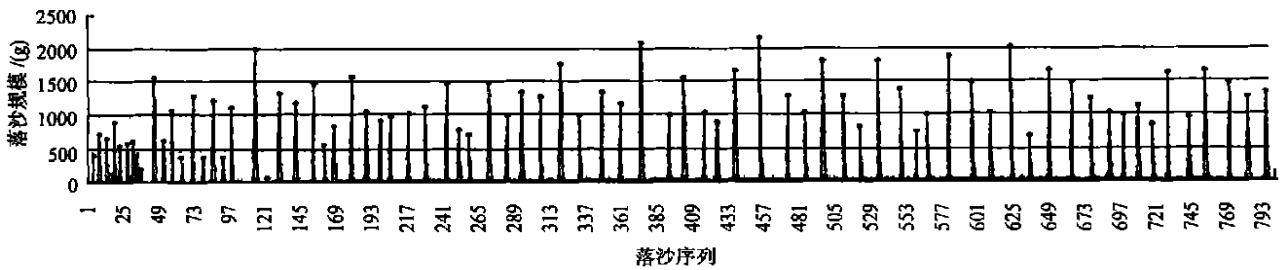


图 2 均匀沙石落沙序列(2.5~5 mm 粒组)

Fig. 2 Sliding series of 2.5~5 mm uniform granule

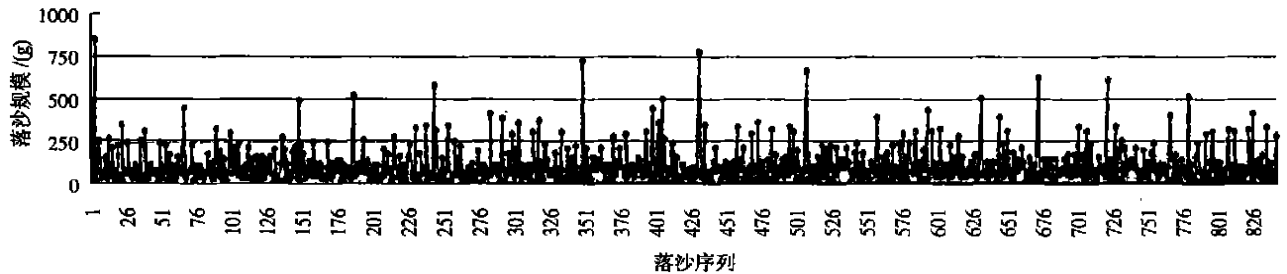


图 3 非均匀沙石落沙序列( $\varphi=2.85$  粒组)

Fig. 3 Sliding series of  $\varphi=2.85$  non-uniform sand-gravel

表 2 实验结果统计表

Table 2 The statistical results from the experiment

沙石组号	样本容量	均值 $\bar{x}/g$	标准差 $S$	变差系数 $C_v = S/\bar{X}$	坍滑规模统计分布类型	大规模坍滑的主周期
2.5~5 mm 均匀粒组	800	108.0	354.17	3.279	—	12
2.5~5 mm 均匀粒组的“雪崩”部分	77	1 100.7	462.54	0.420	正态分布 $N(1\ 100.7, 213\ 943.25)$	—
$\varphi=2.85$ 非均匀粒组	839	105.2	102.00	0.970	负幂率分布 $\ln N(>X)=10.013-1.0014\ln X$	4

有无标度自相似的“分形”特点。实验表明, 沙坡颗粒非均匀度较大时, 沙坡的演化动力学特征有可能属于呈现自组织临界性的范围。

将落沙序列看作一个平稳过程, 其自相关函数可以用来识别序列可能存在的隐含周期。准周期分布的周期性, 可以用这种相关分析来定量反映<sup>[7]</sup>。两个对比实验的主周期计算值示于图 8、图 9。

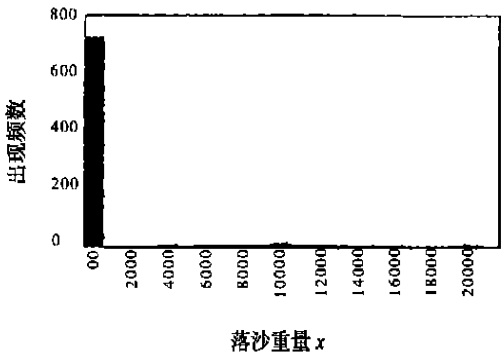


图 4 均匀沙石落沙重量频率分布(2.5~5 mm 粒组)

Fig. 4 Sliding frequency of 2.5~5 mm uniform granule

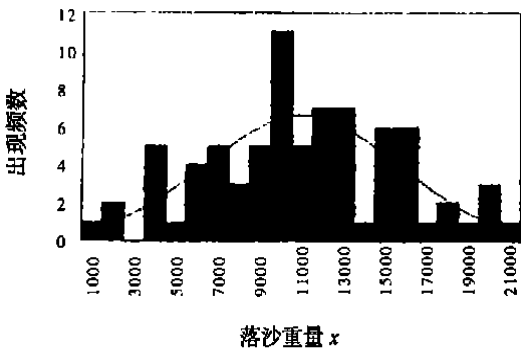


图 5 均匀沙石“雪崩”落沙重量频率分布(2.5~5 mm 粒组)

Fig. 5 Frequency of "avalanche" of 2.5~5 mm uniform granule

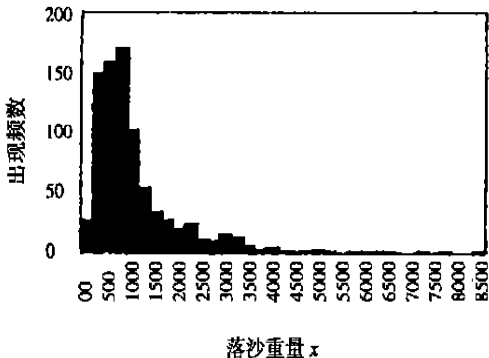


图 6 非均匀沙石落沙重量频率分布( $\varphi=2.85$  粒组)

Fig. 6 Sliding frequency of  $\varphi=2.85$  non-uniform sand-gravel

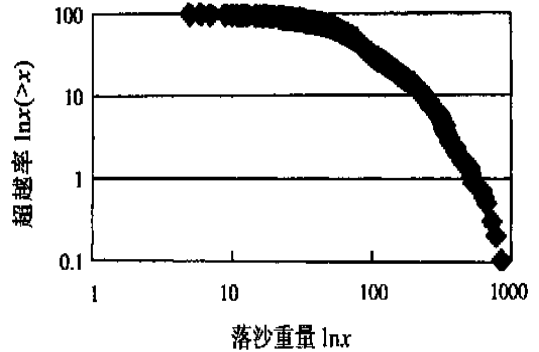


图 7 非均匀沙石落沙超越率的负幂率关系( $\varphi=2.85$  粒组)

Fig. 7 The Power-law of sliding scale and frequency of  $\varphi=2.85$  non-uniform sand-gravel

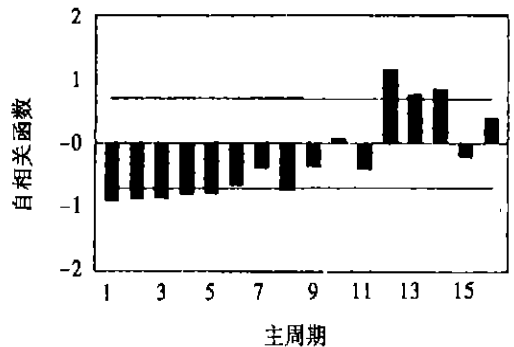


图 8 均匀沙石落沙序列自相关函数图(2.5~5 mm 粒组)

Fig. 8 The self-correlative function of sliding series of 2.5~5 mm uniform granule

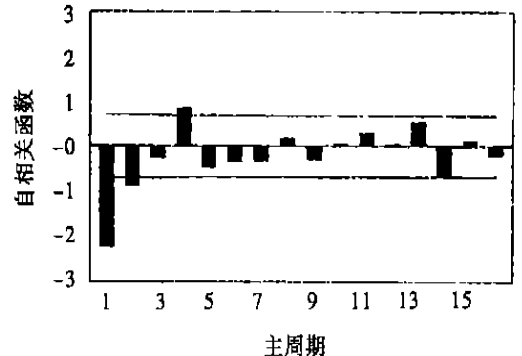


图 9 非均匀沙石落沙序列自相关函数图( $\varphi=2.85$  粒组)

Fig. 9 The self-correlative function of sliding series of  $\varphi=2.85$  non-uniform sand-gravel

可见, 均匀沙石的“雪崩”主周期为 12, 而非均匀沙石的大规模坍塌主周期不明显, 最可能主周期亦仅为 4, 远小于均匀沙石。

## 2 临界单面坡坍塌特征探索

### 2.1 坡面坍塌的动力学本质差异

实验中观察到的“雪崩”形式多为牵引式“雪崩”:

坡面上一些快速下落的沙粒运动到坡脚时具有较大的动能, 将坡脚处起支撑作用的沙粒带动, 导致坡面中上部的沙粒失去支撑而发生大规模“雪崩”。

均匀沙石的“雪崩”准周期现象实际上反映了沙堆坡面上物质和能量的累积—释放动态过程。每次大规模“雪崩”后再在残余坡面上加沙, 坍滑落沙量均很微小甚至为零, 直至下一次大规模的“雪崩”。

可以认为, 均匀沙石的临界状态是一个阈值而非一个点, “雪崩”前的坡面处于临界状态的高限附近(或称超临界态), 而“雪崩”后的坡面处于临界状态的低限(或称亚临界态), 每次加沙实际上是向临界态高限的回复, 坍滑是从较高限到较低限的弛豫, “雪崩”是从最高限向最低限的突然演化。

因此, 连续加沙模拟溜砂坡在沙粒补给不间断情况下的性态, 实际上也就是临界低限—普通临界态—临界高限—临界低限的动态回复过程。

均匀沙堆“雪崩”后的坡角将较大地偏离临界角, 可达到  $3^\circ \sim 5^\circ$ , 与 Jaeger 的旋转半圆筒沙坡实验发现的  $2^\circ$  偏离, 即所谓“滞后效应”<sup>[8]</sup> 类似。均匀沙石明显地呈现动态回复效应, 且在临界态低限时落沙量很小。

非均匀沙石也呈现一些临界态回复性质, 只是由于经常性的、规模不定的弛豫可以随时释放物质和能量, 导致阈值很窄, 坡面基本保持在其附近, 没有临界态高限和低限的较大差异。

## 2.2 颗粒组构特征与坍滑动力学差异的内在机制

“雪崩”, 代表坡面的整体失稳, “雪崩”发生的原因与坡面系统的整体结构稳定性(也称鲁棒性, Robustness) 被打破有关。对系统本身变化的保持能力较强, 是具有整体结构稳定性系统的特点。

散粒体系统的组构特征包括颗粒本身的物理特性、颗粒在空间的分布堆积方式以及由此产生的颗粒间相互作用。颗粒非均匀度的变化将改变系统内部颗粒的相互作用机制。

经过对不同非均匀系数而相同中值粒径的沙石进行的散粒体材料大型土工特性测试, 分析认为, 非均匀度较大的散粒体系统, 其颗粒组构的物理力学性质可以符合维持整体结构稳定性的条件, 坍滑过程的干扰—反馈放大作用被控制, 使得“雪崩”机会减少, 在同等尺度下, 落沙量的负幂率分布可以突破尺度局限得以呈现(另文讨论, 待刊<sup>1)</sup>)。

## 3 溜砂坡坍滑防治基本对策

结合以上实验分析, 溜砂坡产生溜坍的主要原因可以归结为如下两个:

1. 寒冻风化引起上部沙粒来源的持续不断。坍滑性态由来沙流量、坡面大小、坡面颗粒非均匀程度与坡面粗化程度决定。在同等条件下, 颗粒非均匀程度影响落沙的动力学特征。

2. 坡脚处公路浆砌石挡墙被逐渐掩埋而削弱坡脚对牵引式坍滑的制衡作用, 以及坡脚汽车行车震动的干扰而诱发。

通过实验可以看出, 相对而言, 颗粒组成较为均匀的溜砂坡, 大规模坍滑——“雪崩”的规模符合正态分布, 时间分布上也是准周期的, 因此工程措施所采用的安全系数可以较准确地取定。且临界态阈值较大, 可以明显地观察出超临界态失稳的征兆, 若同时结合“雪崩”主周期的确定, 将有利于溜砂坡大规模坍滑的预报。而两次“雪崩”之间, 属于物质、能量的储备期, 落沙量极小, 坡面处于相对稳定阶段, 可以采用控制坡顶来沙量以及坡面防护手段, 延长稳定阶段的期限, 以利于道路的长期畅通。

而当溜砂坡的颗粒组成较复杂导致非均匀度较大时, 实验结果表明, 坍滑规模相差较大。且各种规模坍滑间分界不明显, 变差系数为 0.97(表 2), 大于均匀沙石的“雪崩”部分(0.42)。因此, 安全系数较难确定; 主周期较短, 即基本没有相对稳定期; 坡面失稳阈值窄, 不利于短期预报。但其坍滑量绝对值小, 工程措施应主要考虑安全性与经济性的合理平衡。

溜砂坡坡面范围巨大, 因此较经济合理的办法是考虑针对第二种原因的防治对策, 即坡脚的被动防护方式。

## 4 防治工程措施

川藏公路然乌—中坝段溜砂坡坡脚浆砌石挡墙由于上部来沙的不断增多和覆盖, 已不能很好地发挥拦沙护路的作用<sup>[2]</sup>, 坡脚对牵引式“雪崩”的制约效果已消失。据野外实测, 浆砌石挡墙于路面以上高 2~6 m, 面坡直立, 墙顶宽 80 cm。

该段公路沿河谷前进, 路面较窄且存在河流冲刷, 防护工程不能设置仰坡或肋柱侵占公路; 为防止

溜砂坡的牵引式整体坍塌, 坡脚更不能拆除原挡墙重新开挖临空面; 高寒山区施工条件恶劣, 工程还应简易而经济。因此, 防治结构应充分利用原挡墙进行加高, 并设置锚杆或拉筋增强结构强度。

针对溜砂坡的坍塌特征及以上实际工程条件, 可以采用一种简便可行的坡脚轻型支挡防治方案, 如图 10 所示。支挡结构可采用混凝土锚杆挡墙和拉筋挡板两种类型, 原浆砌石挡墙作为新增结构的基座。锚杆和拉筋应分别锚定于基岩与密实堆积层, 拉筋挡板设企口以便牢固连接。当浆砌石挡墙较高或锚杆挡墙(挡板)高度较大时, 应在浆砌石挡

墙上钻孔设置抗滑锚杆, 增大基础抗滑动和抗倾覆能力。

由于寒冻风化的扰动作用是漫长而缓慢的, 考虑到工程结构的有效使用寿命与工程量的均衡, 新增结构不亦太高, 挡墙(挡板)的锚杆(拉筋)设置一级即可。

只要锚杆挡墙和拉筋挡板对坡面堆积的有效支挡高度能形成足够的安全储备, 坍塌物的牵引式“雪崩”由于坡脚支撑的制约作用不会发生, 或者即使形成小规模的整体坍塌, 均能被拦挡住, 不会越过支挡设施而堆积掩埋公路。

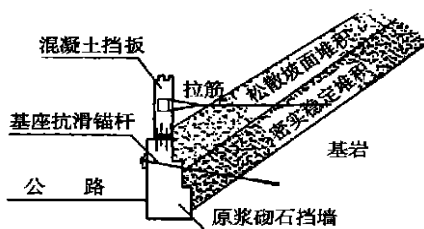
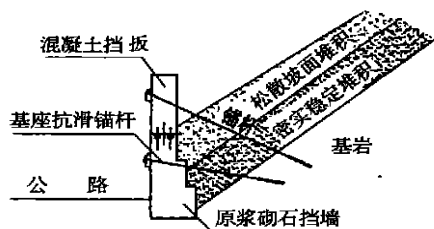


图 10 溜砂坡坡脚轻型支挡防治结构示意图

Fig. 10 The sketch of light prevention structure for sand-sliding slope

这种防治结构的优点是轻型化, 施工方便, 对坡脚的扰动小, 工期短, 挡沙安全系数可调整。由于亚临界态的落沙量远小于临界态时, 施工前期准备可以借鉴西欧山区对积雪雪崩的主动诱发防治措施, 以超前强扰促使临界态坡面坍塌, 以尽快降至亚临界坡度, 为坡脚施工提供安全保证; 然后, 按照设计形式, 控制坡脚处施工的扰动, 进行钻孔及锚定作业; 工程完工后将形成具有足够安全储备的完善拦沙挡沙能力。

## 5 结语

溜砂坡是目前西部大开发中, 道路工程遇到的新型特殊山区地质灾害。由于对溜砂坡的认识刚刚开始, 观测时间短, 积累资料较少, 因此利用室内模型实验探求其定性动力学规律及其灾害防治具有一定先导意义。

利用物理概化模型实验的普适性, 具有广泛的指导意义, 从物理机制出发探索防治工程对策也是一条新颖的研究思路。诚然, 该方法主要针对该类现象进行研究, 而未涉及具体工点、具体方法的讨论, 对此尚待在进一步研究中继续深入。

致谢: 铁道第二勘察设计院吴宗俭教授级高级工程师对本文提出了宝贵建议, 谨致谢意。

## 参考文献 (References):

- [1] Wei Fangqiang, He Yiping, Hu Kaiheng, et al.. Remote sensing interpretation of sliding sand slope in the section of Ranwu-Zhongba in Sichuan-Tibet highway. *Journal of Natural Disasters*. 2002, **11** (4): 124~ 128. [韦方强, 何易平, 胡凯衡, 等. 溜砂坡遥感解译标志与方法[J]. 自然灾害学报. 2002, **11** (4): 124~ 128.]
- [2] Shang Yanjun, Yang Zhifan, Liao Qiulin, et al.. Geological hazard distribution and prevention in north of Yalu canyon, Tibet. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 2001, **12** (4): 34~ 35. [尚彦军, 杨志法, 廖秋林, 等. 雅鲁藏布江大拐弯北段地质灾害分布规律及防治对策[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2001, **12** (4): 34~ 35.]
- [3] P. Bak, C. Tang, K. Wiesenfeld. Self organized Criticality [J]. *Physical Review A*. 1988, **38** (1): 364~ 374.
- [4] P. Bak, K. Chen. Self-organized Criticality [J]. *Scientific American*. 1991, **264** (1): 26~ 33.
- [5] G. A. Held, D. H. Solina H, D. T. Keane, et al.. Experimental study of critical-mass fluctuations in an evolving sandpile [J]. *Physical Review Letters*. 1990, **65** (9): 1120~ 1123.
- [6] Zhang Jizhong. Fractal [M]. Beijing: Tsinghua university press, 1995, 294~ 328. [张济忠. 分形[M]. 北京: 清华大学出版社, 1995, 294~ 328.]

[ 7] Probability and statistics team of computing center, CAS. Computing of probability and statistics[ M]. Beijing: Science press, 1997. 257~ 260. [ 中国科学院计算中心概率统计组. 概率统计计算

[ M]. 北京: 科学出版社, 1997. 257~ 260.]

[ 8] H. M. Jaeger, C. H. Liu, and S. R. Nagel. Relaxation at the angle of repose[ J]. *Physical Review Letters*, 1989, **62**( 1): 40~ 44.

## Experiments on Sand-Sliding Slope and the Countermeasure

JIANG Liangwei<sup>1</sup>, YAO Lingkan<sup>1</sup>, JIANG Zhongxin<sup>2</sup>, LI Shixiong<sup>1</sup>

(1. *Department of Road and Railway Eng., School of Civil Eng., Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;*

2. *The No. 2 Railway Surveying and Designing Institute, Chengdu 610031, China)*

**Abstract:** Sand-sliding slope is a kind of serious mountainous disasters along middle section of Sichuan-Tibet Highway. By means of sand-pile experiment with one slope, the sliding dynamic characteristics of sand-sliding slope in the critical state were discussed under the concept of self-organized criticality (SOC). It is discovered that the sand-pile which is built by the non-uniform sands shows SOC, the sliding scale is very diversified. Whereas the large-scale avalanches of the uniform sand-pile present Quasi-cycle and Normal distributions. Based on the universality of SOC systems, some regularities such as the relationship of frequency-scale of the avalanches were presented. It is suggested that the weathering granules slipping from the top continuously and the weaken stability in the slope foot are two main reasons to cause the avalanches of sand-sliding slope. The precipitation of sliding scale and occurring period of uniform granular slope is easier than non-uniform granular slope, but the sliding scale is greater. To counter the basic pattern of avalanches, the pulling-slip, a new type prevention construction with higher effect of stabilizing slope and lower requirement for the foundation was put forward. It is not only rational and cost-efficient, but also durable and secure.

**Key words:** sand-sliding slope; dynamic characteristics; self-organized criticality; prevention construction