

# 高位滑坡的运动转化形式

陈自生

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所)

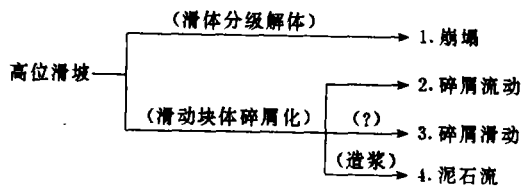
**提 要** 高位滑坡剪出口高于坡脚, 它一旦滑离滑坡发生区, 运动可能转化成四种形式: 1. 崩塌: 由滑体经分级解体滑过剪出口处依次向前倾倒而成; 2. 碎屑流动或 3. 碎屑滑动: 由滑动块体经碎屑化而成; 4. 泥石流: 在适当的细粒物质量和水体条件下生成的碎屑流动。

**关键词** 高位滑坡 崩塌 碎屑流动 碎屑滑动 泥石流

高位滑坡(又称崩塌性滑坡)是剪出口高于坡脚的滑坡。它沿滑动方向一旦滑离滑坡发生区后, 运动形式出现很大的改变: 首先, 滑体经分级解体滑过剪出口处就依次向前倾倒, 并伴随有剪切、碰撞; 继而, 滑动块体在滑动过程中进一步碎屑化而成碎屑流动或碎屑滑动; 若条件适当者, 则转化成泥石流(含泥流, 下同)。

由上可见, 目前已发现的高位滑坡的运动转化形式有如右四种:

## 一、崩 塌



### 高位滑坡向崩塌转化的必要条件

是: 高位滑坡发生区内的滑体分级解体, 解体后的滑动块体支撑面缩小, 顺滑动方向的支撑面边长为缩短, 使滑动块体重心垂线较易移出支撑面, 生成倾倒地矩而发生崩塌。

崩塌常发生在由厚层状、巨厚层状砂岩、碳酸盐岩类和喷出岩(如玄武岩)构成的高陡坡地上。坡地演变方式以陡崖平行后退为主。坡体原始地应力释放所引起的卸荷作用, 促使陡崖上缘形成一系列的直立而又平行的张裂缝, 甚至成带。其近于直线形, 规模随发育历史长短而异。单条张裂缝长度数米至上百米, 宽度数厘米至数米, 深度可见十余米。张裂缝距崖边数米至数十米, 若有构造面(断层或褶曲的纵向节理)者, 则张裂缝可距崖边上百米。张裂缝带的延伸长度达数公里至数十公里。

若陡崖下段由软质岩(粘土岩、页岩、泥岩等)构成者, 则其在上覆巨厚硬质岩的长期重压而下往临空方向蠕变变形。软硬质岩体两者间的界面既是发育滑坡的滑动面, 又是崩塌块体的支撑面。高位滑坡发生区的前端(剪出口)即为滑动块体转化为崩塌的场所。陡崖下部的开采活动是引起崩塌的最重要诱因, 采空和疏干地下水均能使崖体开裂。此外, 裂缝中的地下水静动水压力也是崩塌生成的重要诱因。所以雨季是崩塌的多发季节。

直立的张裂缝将陡崖分割成直立的板状块体(即滑体分级解体)。其高度(即滑体厚

度)远远大于厚度(沿滑动方向的滑体长度),两者比值为 20:1 至 10:1,以至更大。板状块体一旦滑动,在剪出口处即向前倾倒而转化为崩塌。从灾害强度和成灾频率来看,我国的第一二两级地貌阶梯上的由高位岩质滑坡转化成的崩塌灾害最为严重。

高位滑坡转化为崩塌的典型灾害实例是,1980 年 6 月 3 日湖北宜昌盐池河磷矿滑-崩灾害。此磷矿坡高 350 米。斜坡下段由含磷岩系构成,坡度约 40°;斜坡上段由巨厚层状白云岩构成,高 130 米,近于直立。白云岩体被四条平行于崖边的张裂缝切割而沿滑动方向依次滑动。规模巨大的白云岩体在剪出口处崩塌。当时站在坡前的幸存者回忆道:崩塌“像门板一样盖下来”,景象生畏。

## 二、碎屑流动

其是在自然界中较为常见的一种块体运动形式,许多岩质滑坡和土质滑坡由高位滑落时都能转化为碎屑流动。转化的关键是:滑体要经碎屑化,即滑体要有由整体向碎屑乃至更细小颗粒的转化,这属滑体本身非连续变形所引起的机械破坏。影响滑体碎屑化的因素有:1. 滑动块体间差速运动所造成的剪切、碰撞;2. 剪出口坡度和滑垫面<sup>1)</sup>坡度的陡缓;3. 滑动方向的变化。由此高位滑坡转化为崩塌后,沿途会使滑动块体进一步碎屑化。

在地震区,地震力所造成的地震液化滑坡底部液化层已充分碎屑化,而上部物质的碎屑化则稍次。

碎屑流动的颗粒间呈现有多面剪切,目前对此还研究得不深,也许用球群碰撞和球群剪切的综合模型来描述较为合适。水体在碎屑流动中不是重要因素,有的碎屑流动的水体含量甚小。按碎屑颗粒大小,碎屑流动可划分为块体流、岩屑流、沙流、粉沙流和土流等,发生在坡面上或沟谷内。

## 三、碎屑滑动

它是高位滑坡经碎屑化后的一种运动形式,即碎屑物质的运动形式以滑动为主。这在自然界中较为少见。

国外实例有美国加利福尼亚南部圣贝纳迪诺(San Bernardino)山北侧的黑鹰(Black-hawk)滑坡。它是个古滑坡,堆积形态呈不规则扇状,宽 3.2 公里,滑坡舌前缘陡坎高出河床 15 米。从其堆积物结构特征来看,古滑坡体酷似柔性薄片体覆盖在瞬间被压缩的空气层上的滑动,而并非是粘滞流的流动<sup>[1,2]</sup>。

在我国,直至 1991 年 9 月 23 日云南省昭通市头寨沟特大滑坡的发生,才发现由高位滑坡转化成的碎屑滑动。头寨沟滑坡系玄武岩顺层高位滑坡。滑坡从 170 米的高处滑落至沟道内,继而是碎屑滑动,滑程全长 3 公里,滑动历时 3 分钟左右,滑动方向在沿途转折三次,滑动块体冲击紫红色砂页岩构成的岸坡。沟道内碎屑物质堆积至沟口。从堆积物的形

1)滑垫面处于高位滑坡发生区的剪出口前方,乃滑体运动路径和停积的原始地面。

态和结构特征来看,碎屑物质的运动形式也以滑动为主(详见参考文献[3])。

对碎屑滑动的形成条件、发生机理、运动特征还待深入研究。

## 四、泥 石 流

高位滑坡滑动块体于沟道内碎屑化后,在特定的条件下,并不转化为普通的流动状态,却转化为沟谷型泥石流,而酿成惨重的灾害。

滑动块体在向泥石流转化过程中,碎屑化的结果有:1. 块体变小,能被泥浆体所搬运;2. 碎屑物质得以分选,即细粒物质向底部富集;3. 新产生的细粒物质参与造浆过程,甚至形成由均匀细粒物质构成的泥流;4. 块体与碎屑作相对运动,能加速造浆过程。

高位滑坡的滑动块体向泥石流转化的关键是:随滑动块体碎屑化而出现的造浆过程。其就是泥石流流体中的泥浆体的形成过程。泥浆在泥流体中是主体,而在泥石流流体中则是搬运介质。换言之,泥浆的性质决定着泥石流流体的性质。在垂直剖面上,泥石流流体底部因细粒物质参与造浆过程而生成滑溜层,这有助于块体运动。

高位滑体向泥石流转化的必要条件是:滑体规模、滑体内所含的细粒物质数量和水体数量。泥石流流体中的细粒物质或水体还可由滑动块体碎屑化补给。据此由高位滑体直接转化而成的泥石流,可划分为原生型和后续型两类。若高位滑体含有足够数量的细粒物质和水体者,则可直接转化成原生型泥石流,它在坡面上或沟谷中均能发生,源于土质滑坡,并多发生在雨季;若经碎屑化后的滑动块体由沿途滑垫面补给足够数量的细粒物质或水体者,才转化成后续型泥石流,运动于沟谷中,细分为后续土型和后续水型两种,皆源于岩质滑坡,亦多发生在雨季。

1978年7月12日甘肃省天水县伯阳菜子沟源头的黄土滑坡复活,其直接转化为泥流,属原生型。这一泥流流动剖面分:上层为黄土散体,漂浮在泥浆体之上;中层为黄土塑性体;下层为泥质流体。

1989年7月10日四川省华蓥市溪口镇青龙嘴滑坡滑行200米后,冲击对岸坡面,掏蚀细粒物质,转化成泥石流,属后续土型。

1981年8月23日陕西省宁强县石家坡滑坡冲上对岸并堵河后,沟床内堆积物下游侧又产生新滑动,其直冲本岸而转化成泥石流,属后续水型。

综上所述,可得出以下六点。

1. 高位滑坡的运动转化形式的关键在于滑坡剪出口位置。运动转化形式中,必不可少而又首位的为崩塌。

2. 高位滑坡在滑坡发生区内分级解体而成的,直立板状块体滑动至剪出口处,便转化为崩塌,此后滑动块体不断碎屑化。

3. 高位滑坡的滑动块体碎屑化和碎屑流动在自然界中均较为常见。

4. 碎屑滑动是滑动块体经碎屑化后的一种罕见运动形式。其在我国已有发现。

5. 高位滑坡向泥石流转化的关键是造浆过程,它需具备适当的细粒物质和水体条件。在雨季高位滑坡较易转化为泥石流而酿成惨重的灾害。

6. 研究高位滑坡的运动转化形式,既有助于深化坡地演变认识,又能推动滑坡防灾减灾体系的发展.

### 参 考 文 献

- [1] R. L. 舒斯特、R. J. 克利泽克(铁道部科学研究院西北研究所译),1987,滑坡的分析与防治,中国铁道出版社,北京,第28—29页.
- [2] Brunson, D., Prior, D. B. (Ed.), 1984, Slope Instability. John Wiley & Sons Ltd., Chichester • New York • Brisbane. Toronto • Singapore, 510—511.
- [3] 陈自生、孔纪名, 1991, 1991年9月23日云南省昭通市头寨沟特大滑坡, 山地研究, 9(4), 第265—268页.

## MOTION TRANSFORMATION OF HIGH-LOCALITY LANDSLIDE

Chen Zisheng

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

### Abstract

High-locality landslide is defined one whose toe of surface of rupture is higher than the foot of slope. Once it slides off the occurrence area of landslide, the motion may change into 4 forms.

#### 1. Toppling

It evolves from high-locality sliding mass toppling over successively in sliding by the toe of surface of rupture while it dismembering gradationally along the sliding direction. At this moment, there usually appear shearing or collision among the high-locality sliding masses. Some of them can impact the surfaces of separation or the ground directly, thus sliding masses fragmentizing, i. e. cracking into rock block, even debris. From them on, it can change into any of the following motion forms: fragment flow, debris slide and debris flow.

#### 2. Fragment flow

According to the size of fragment particle, it can be divided into block stream, debris stream, sand flow, silt flow and earth flow etc.

#### 3. Debris slide

It is a rare motion form after the sliding masses having fragmentized.

#### 4. Debris flow

It is a fragment flow that forms in suitable conditions of the grain materials and water. If the content of water is unchanged, micro-viscous debris flow or sediment laden flow will form while grain materials are few, and viscous debris flow will form while grain materials are large. According to the amount of grain materials and water condition supplied by original sliding mass and surface of separation, debris flow formed by high-locality landslide may be divided into original and successive types. However, the original type debris flow may be divided into slope and gully types; and successive type debris flow which always occurs in the gully may be divided into successive earth and water types.

**Key words** high-locality landslide, toppling, fragment flow, debris slide, debris flow