

# 泥石流堆积特征及其斜坡稳定性评价

卫 宏<sup>1</sup>, 张民权<sup>2</sup>, 王兰生<sup>3</sup>

(1. 太原理工大学地科系, 山西 太原 030024 2. 长治煤炭工业学校, 山西 长治 046000 3. 成都理工学院, 四川 成都 610059)

**摘 要:** 以往对泥石流的研究多集中在活动泥石流及其危害方面, 边坡稳定性评价中, 常把泥石流堆积体边坡看作均质边坡。通过对川西山区若干典型泥石流堆积边坡的研究, 划分了泥石流的堆积类型, 发现泥石流堆积边坡并非一种完全均质边坡, 而是一种具有控制性沉积结构面的堆积边坡, 并论述了不同类型泥石流堆积边坡的控坡要素及其边坡稳定性。

**关键词:** 泥石流堆积; 边坡; 沉积结构面; 控坡要素; 边坡稳定性

**中图分类号:** P642.23

**文献标识码:** A

泥石流及其堆积体多发生在山区沟谷部位<sup>[1]</sup>, 这些部位正是山区开发建设的枢纽。许多工程, 特别是交通工程遇到了大量的因泥石流堆积体变形而造成的工程破坏。本文立足于泥石流堆积特征及其变形破坏的研究, 并对在不同类型泥石流堆积体地区进行工程建设时的边坡治理措施提出了原则性建议。

## 1 泥石流堆积体的一般特征

泥石流堆积的物质构成可分为两部分, 一为细粒物质, 一为粗粒物质。不同性质泥石流的堆积体中, 粗、细颗粒的空间排列状态不同。一般, 稀性泥石流堆积体中的粗粒物质呈接触式排列, 粘性泥石流堆积体中的粗粒物质呈悬浮式排列。泥石流堆积物具有微弱的成层现象, 有时还能看到较为明显的巨厚韵律层理。

空间上, 泥石流堆积体为一扇形堆积平台, 顶面平缓, 坡度一般为  $10^{\circ} \sim 12^{\circ}$ , 前缘陡峻, 坡度视堆积物成分、形成时间与胶结程度而异, 变化于  $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$  之间, 甚至陡立。

## 2 泥石流堆积群的成因类型

工程建设中遇到的多为泥石流堆积群。根据泥石流堆积群的空间组合形式, 可把其划分为前进前积式、后退上叠式与沟谷侧积式三种类型。

### 2.1 前进前积式泥石流堆积群及其特征

物源区位于堆积体后方。由老至新, 不同期次的泥石流堆积物依次由后向前排列, 呈扇套扇组合。剖面上, 不同期泥石流堆积之间的界面较陡。川藏公路二郎山隧道别托引道区大湾沟的 5 号泥石流属前进前积式泥石流堆积体(图 1)。

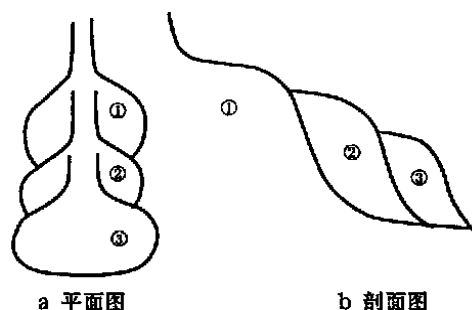


图 1 前进前积式泥石流堆积模式图

Fig. 1 The advancing deposition mode of the debris flows

### 2.2 后退上叠式泥石流堆积群及其特征

物源区位于堆积体后方, 较新的泥石流堆积于老泥石流堆积体之上, 并向后退却, 不同期次的泥石流堆积物依次由下向上、由前向后排列, 呈扇叠扇组合, 排布方向与流向相反。不同期泥石流堆积之间的界面缓倾坡外, 倾角  $10^{\circ} \sim 12^{\circ}$ 。川藏公路二郎山隧道西引道的大湾沟泥石流堆积群的前四期泥石流堆积为后退上叠式堆积(图 2)。

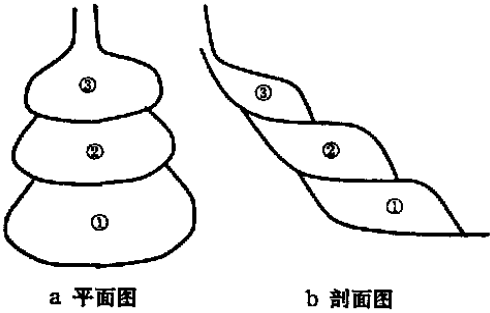


图2 后退上叠式泥石流堆积模式图

Fig. 2 The retrograding deposition mode of the debris flows

根据大湾沟泥石流堆积群的堆积特征, 可把其划分为五期泥石流堆积(图3)。

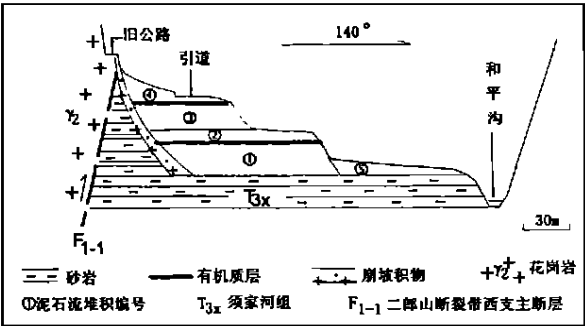


图3 大湾沟泥石流堆积边坡结构示意图

Fig. 3 The structural map of the debris deposition slope in Dawangou

第一期泥石流堆积物成分以花岗岩为主, 为一稀性泥石流堆积。顶部发育一厚约10 cm~20 cm左右的暗灰色有机质层, 其中可见直立的微细植物根。自然陡立高度达8.0 m左右。

第二期泥石流堆积物的成分除花岗岩外, 夹有砂岩、砂质泥岩。为一粘、稀性过渡性泥石流堆积。一二期泥石流堆积拥有同一前缘陡坎。

第三期泥石流堆积的层理明显, 且单层具有明显的韵律层理。顶部发育一厚20 cm~30 cm的碳质层, 煤碳已达中等变质程度; 碳块上发育擦痕与磨光镜面, 表明上部泥石流堆积体曾沿此层发生过滑动。沟中该堆积体自然陡立高度达15 m左右。

第四期泥石流堆积呈灰黄~灰色, 无层理, 为一粘性泥石流堆积。三四期泥石流堆积拥有同一前缘陡坎。

第五期泥石流呈扇状堆积于一二期泥石流堆积陡坎之前。

由上述可见, 前四期泥石流堆积为后退上叠式, 第五期为前进前积式。

2.3 沟谷侧积式泥石流堆积体及其特征

物源区位于堆积体侧面沟谷上游。较新的泥石流堆积体位于老泥石流堆积体前方, 逐渐向河谷方向迁移, 各泥石流堆积体之间呈侧叠式。不同期堆积体之间的界面陡倾坡外。一般, 侧积式泥石流堆积作用发生于宽谷弯道部位, 泥石流堆积体之下常下伏坡崩积物(图4)。

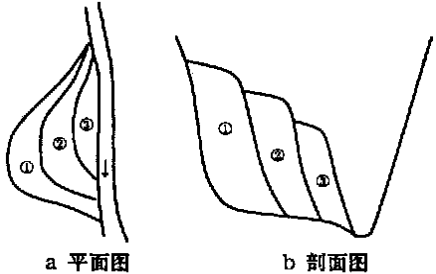


图4 沟谷侧积式泥石流堆积模式图

Fig. 4 The debris depositing mode by the side of the valley

二郎山隧道西口和平沟滑坡即为一沟谷侧积式泥石流堆积体滑坡, 榛子林滑坡前缘泥石流堆积体也是沟谷侧积式堆积。

和平沟泥石流堆积体是和平沟泥石流在宽谷段多期堆积的产物(图5)。自后向前, 依次堆积着崩坡积物堆积、一二三期泥石流与洪积混合堆积。各期泥石流堆积之间以陡倾坡外的堆积界面相接触, 较新的斜倚于较老的堆积物之上, 界面倾角约50°左右, 与后缘基岩反倾斜坡相近。据钻孔揭露, 基覆界面由后向前呈台阶状降低, 陡坎坡度50°左右, 缓坡坡度15°左右。目前的和平沟尚未下切到原和平沟沟底。受基岩面起伏控制, 泥石流堆积地表亦形成两个相应的平台。

3 泥石流堆积体的控坡要素及其变形破坏分析

3.1 泥石流堆积边坡的控坡要素分析

泥石流堆积是一种相对均匀的松散堆积, 其边坡稳定性与坡高、坡度、泥石流堆积结构及其形成时代等有关。此外, 泥石流堆积体中的一些特殊结构对边坡稳定具有控制性作用。

1. 泥石流堆积类型的影响: 后退上叠式堆积群中, 不同期堆积体间的界面以10°~12°的角度缓倾坡外, 在公路边坡坡面出露, 或从坡脚附近通过时, 可构成下部滑动面, 是泥石流堆积边坡中最危险的边坡结构面, 如大湾沟各期泥石流堆积体之间; 前进前积式与沟谷侧积式堆积群中, 不同期堆积体间的

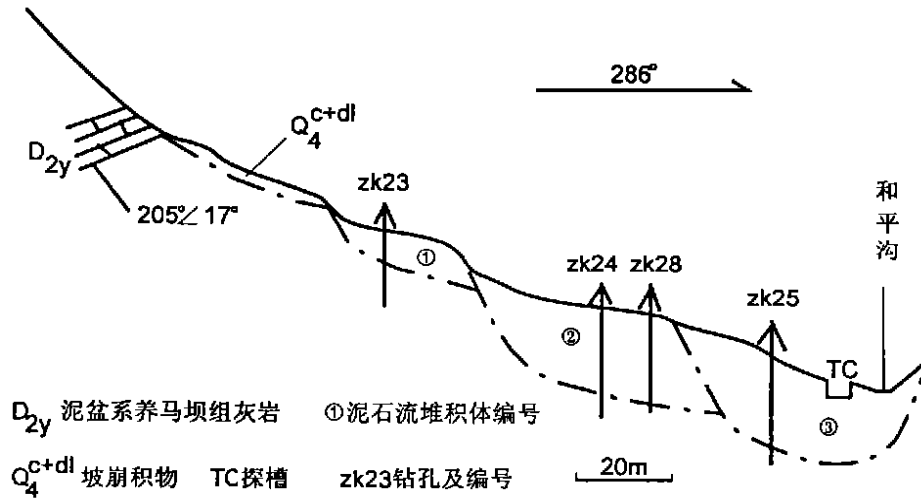


图 5 和平沟泥石流堆积剖面图

Fig. 5 The section of the debris deposition in Hepinggou

接触界面较陡,把泥石流堆积群自前向后划分为不同的块体,可构成前部块体滑动的后缘分割面,如和平沟泥石流堆积体中的弧形拉裂缝即沿不同期泥石流堆积体的陡立界面发育。

2. 泥石流堆积体中似层面的影响:泥石流堆积中隐约可见层状构造,有时还比较明显。当层理为顺向坡层理且夹有软弱层时,将对边坡稳定构成极大威胁。

3. 有机质层的影响:和平沟、大湾沟、泸沽等泥石流堆积中,都见有厚约10 cm~30 cm的黑色有机质层。根据有机质层的特征,它们分属两种不同的成因类型,即外来煤炭堆积与炭化、淋滤两种。无论那一种都构成了泥石流堆积体中的控制性结构面。

### 3.2 泥石流堆积边坡的变形破坏分析

如上所述,泥石流堆积很少为单一、均质松散堆积体,常为多期泥石流堆积群,其中存在不同类型的分划性结构面。这些结构面对泥石流堆积边坡的稳定性有着重要的控制作用。分划性结构面的类型不同,泥石流堆积边坡的变形破坏机制不同。

#### 3.2.1 大湾沟后退上叠式泥石流堆积滑坡的变形破坏分析

沿大湾沟3、4号堆积体间(图3)缓倾坡外的堆积界面,存在一层外来煤炭层,堆积物上有泉水出露。被水软化了的粘土与煤炭碎屑汇合夹层的综合内摩擦角大大减小。公路边坡开挖后,该界面恰好位于坡角部位,从而导致边坡前部沿该界面发生向坡外的滑移,形成后缘拉张裂缝与陡坎。拉张裂缝

附近的地表反坡表明,陡倾的拉张裂缝向下急剧转换为缓倾滑动面。前部滑动拉裂为后方堆积体形成了让位空间,诱使其跟着发生滑移。这一过程连续进行,形成了大湾沟滑坡内部三级平台、三条弧状拉裂缝与陡坎的滑坡地貌。

#### 3.2.2 和平沟沟谷侧积式泥石流堆积滑坡的变形破坏分析

公路开挖以后,和平沟泥石流堆积表面出现三级断续弧形拉裂缝。其中,一期泥石流堆积后缘下错最大,可达1.5 m~1.8 m,水平裂开亦达0.5 m。可见,第一期泥石流堆积后缘为主拉裂、下错变形位置。钻孔中未发现明显的滑动面(带)。

由泥石流堆积结构与滑坡活动迹象可知,由于堆积体中缺乏出露于坡面的顺向结构面,和平沟泥石流堆积难以沿一确定界面发生滑动,而以重力扩展变形为破坏前变形方式。没有明显软弱面的致密粘土边坡蠕滑—拉裂破坏前,坡面位移可达剪切蠕变带厚度的0.25倍<sup>[3]</sup>。按此计算,和平沟滑坡破坏前的最大剪应变值可达0.75 m,实际变形尚低于这一数值。

### 4 工程建设中泥石流堆积边坡变形破坏的防治对策

泥石流堆积边坡是一种特殊的土质边坡,不同的堆积类型具有不同的变形破坏机制,应据之采取适当的治理措施。

1. 一般情况下,采用1:1的坡度。当边坡高度

很大, 难以达到 1 : 1 的坡度时, 也不应超过 1 : 0. 75, 并采取网格种草等护坡措施。

2. 对于后退上叠式泥石流堆积, 缓倾坡外的堆积界面是主要边坡变形破坏控制面, 工程开挖中应避免暴露或使堆积界面从坡脚附近通过。一旦揭露了堆积界面或接近堆积界面, 就应根据稳定性评价结果, 采取挡墙甚至抗滑桩等重型支挡结构, 并进行坡面防水处理。

3. 对于前进前积式或沟谷侧积式泥石流堆积, 陡倾坡外的堆积后缘界面与底部界面是主要边坡变形破坏控制面, 工程开挖中应避免揭露泥石流堆积

底界面。一旦揭露或接近泥石流堆积底界面, 就应采取下部挡墙、上部护坡等治理措施, 并进行地下水排放与地表水治理。

4. 当泥石流堆积中夹有有机质薄层时, 应予以特别注意, 并采取适当措施。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 吴积善, 等. 泥石流及其综合治理[ M ]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [ 2 ] 张倬元, 王士天, 王兰生. 工程地质分析原理(第二版)[ M ]. 北京: 地质出版社, 1994.

## Depositing Characteristics of the Debris Flow and Valuing to Its Slope Stability

WEI Hong<sup>1</sup>, ZHANG Min-quan<sup>2</sup> and WANG Lan-sheng<sup>3</sup>

(1. *Taiyuan University of Technology, Taiyuan, 030024 China;*

2. *Changzhi Mining College, changzhi 046000 China;*

3. *Chengdu University of Technology, Chengdu 610059 China*)

**Abstract:** The majority of study on the Debris Flow has been focusing on the active Debris Flows and their harm, thinking their depositing slopes as a kind of equable one. The study on this kind of slopes in the west of Sichuan Province shows that a lot of debris depositing slopes are not strictly equable, but a kind of depositing slopes with controlling structural planes by deposition. On the basis, the controlling factors and the stability of this kind of slopes are discussed in this paper.

**Key words:** deposition of debris flow; slope; structural plane by deposition; controlling factors; slope stability