

# 泥石流堆积体野外调查刍议

林 崇 宇

(中国船舶工业总公司勘察研究院 上海 200063)

**【摘要】** 泥石流野外调查是勘察定位阶段的一项基础工作,掌握泥石流的野外特征对正确判别泥石流和有效地开展环境工程地质工作具有重要意义。

**【Abstract】** The field surveying of debris flow is a basic work in the surveying stage. To understand the field characteristics of debris flow has significance to decide the debris flow correctly and to develop the environmental engineering geology.

## 0 前言

泥石流是我国主要地质灾害之一,它广布于全国很多山区。据统计泥石流沟数量在  $1 \times 10^4$  条以上(据中国灾害图)。我国泥石流研究始于60年代,经过几十年实践,在对新老泥石流认识的基础上,建立了判别泥石流的一套综合标志,对正确判别泥石流起了指导作用。但是,由于历史时期的地质作用使泥石流形态起了很大变化,因此,在野外判别泥石流仍有一定困难,易与其它混杂堆积体相混,造成误判,以致作出不必要的防治措施。目前,地质灾害调查工作正在全国各省市蓬勃开展,为做好这方面的工作,今将对如何正确判别泥石流观察所得作些介绍。

## 1 剖面实例

泥石流作为一种混杂堆积体,尽管外观混杂,然而,由其自身运动机制决定形成了一系列相关的沉积结构、构造特征。为揭示这些特征,本文根据实地调查记录选用北京西山和山西五台山区几个较为典型的实例加以剖析。

### 1.1 例 1 ——北京西山碧云寺北沟剖面

由碧云寺北侧沟头开始向东至沟口两侧出露13.5~23.0m厚的中更新世(Q<sub>2</sub>)泥石流剖面。由棕红色砾石、块石、亚粘土和砂粒混杂而成。块石大者为0.8~1.5m,小者3.0~15.0cm和20.0~40.0cm不等。次圆、次棱

角状。岩性为来自沟谷上游的砂岩、砂页岩、砾岩和安山玄武岩。a轴走向 245°~270°,大多与流向斜交,ab面倾向上游,倾角 18°~47°。

整个剖面宏观混杂,但是,以厚为1.5~2.0m四大层相对集中的大砾石形成的石线为界面使剖面显示出四个层次。其中,第二层出露最长,在大砾石密集处,亚粘土和砂粒被挤成透镜状,小砾石围绕大砾石作半环状排列,见图1。这种沉积构造在碧云寺沟口南侧堆积体末端部位表现得最为强烈。剖面中所出现的是第二、第三大砾石层(第一层已剥蚀,第四层未出露),其中,第二层大砾石被抛举跌落呈断续状;亚粘土和砂粒受大砾石挤压呈透镜状;小砾石则围绕大砾石构成环状定向构造,细粒物质绕流现象十分显著,见图2。

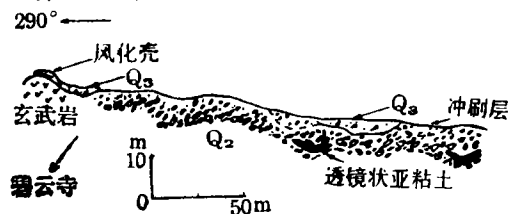


图 1 北京西山碧云寺沟北侧Q<sub>2</sub>泥石流剖面图

碧云寺剖面的另一特征是堆积体顶部残留四处磨圆较好,具斜层构造的小砾石层(上覆Q<sub>3</sub>黄土夹碎石),见图1。此系泥石流上部层位受流水冲洗之故,与泥石流顶部的冲刷层特征相符。

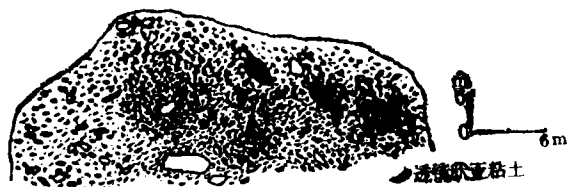
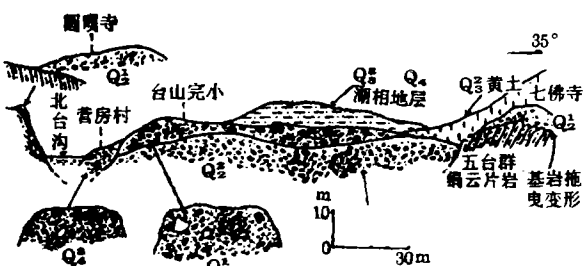


图2 碧云寺沟口南侧泥石流龙头部位剖面图

## 1.2 例2——山西省五台山东段剖面

在五台山腹地——五台庙宇群附近发育有中更新世至全新世不同时期形成的泥石流，新老泥石流叠套发育，均以扇形展布在北台沟沟口，见图3，今简介如下。

### 1.2.1 中更新世早期(Q<sub>2</sub><sup>1</sup>)粘性泥石流和晚期(Q<sub>2</sub><sup>2</sup>)稀性泥石流

图3 山西省五台山完小一带 Q<sub>2</sub><sup>1</sup>—Q<sub>2</sub><sup>2</sup>泥石流剖面图

粘性泥石流分布在七佛寺和圆明寺一带。其中，七佛寺剖面为可见厚度6m的紫红、棕红色砾石、块石、亚粘土和粗砂的混杂物。砾石成分有片麻岩、片麻状花岗岩、绿泥片岩、斑状细碧岩及磁铁石英岩。次圆、次棱角状，砾径大多为2.0~15.0cm，大者0.5~1.0m。剖面上部以亚粘土、粗砂为主，砾石和块石大多倒立或斜插在亚粘土中，呈明显的悬浮状态。剖面下部以砾石和块石为主，大小混杂，a轴大多平行流向，ab面倾向上游，倾角17°~65°，两侧缓，中间陡。砾石中局部见粗砂聚积，呈球状。剖面下伏基岩为五台群黄褐色绢云片岩，基岩表面见向下游弯曲变形现象，变形深度0.5m，系泥石流拖曳作用的产物（见图3）。

圆明寺剖面：在基岩面上见到砾石、块

石、亚粘土和粗砂的混杂体。砾石ab面倾向上游，倾角18°~57°，有的倒立在亚粘土中。该剖面特点是砾石、块石被亚粘土所包围，形成泥包砾现象。

稀性泥石流叠在粘性泥石流中，分布在五台山完小一带。可见厚度5.0~9.5m，剖面东西方向长145.0m，由砾石、粗砂、亚粘土混杂而成，棕红色，胶结紧密。砾石次圆、次棱角状，大者1.0~2.0m，小者1.0~3.0cm或15.0~30.0cm。a轴与北台沟及东台沟两条沟谷方向斜交，ab面倾向上游，倾角17°~53°。该混杂砾石层厚层状产出，无层次、无分选，但在剖面中可见叠瓦、半环状、漩涡构造以及发育在原始冲刷凹坑中的袋状构造（见图3）。

同期的稀性泥石流可沿沟追溯至慈福寺附近，该处混杂砾石层厚达20.0m，小砾石围绕大砾石构成的漩涡结构也清晰可见。

### 1.2.2 上更新世(Q<sub>3</sub><sup>1</sup>)稀性泥石流剖面

在台山完小附近见到Q<sub>3</sub><sup>1</sup>稀性泥石流叠在Q<sub>2</sub><sup>2</sup>稀性泥石流之上，两者以冲刷面分界。上覆Q<sub>3</sub><sup>1</sup>黄土及Q<sub>3</sub><sup>1</sup>~Q<sub>4</sub>湖相地层。此套堆积物由砾石、亚砂土和中砂混杂而成，黄棕~黄红色，胶结较紧，厚4.5~8.2m。剖面下部具大砾→小砾→透镜状亚砂土的沉积顺序。剖面上部和顶部以大砾石密集为特征，小砾石支撑直径为0.6~1.8m的大砾，并包围大砾形成漩涡结构，砂粒和亚砂土被卷在漩涡之中（见图3）。

### 1.2.3 全新世(Q<sub>4</sub><sup>1</sup>)稀性泥石流剖面

分布在台怀镇营房村下，内叠在Q<sub>3</sub><sup>1</sup>泥石流中，扇状展开，可见厚度2.0~8.0m。在长径为1.5~2.4m巨砾的承压下，小砾石和中细砂在巨砾边缘作定向排列，载荷构造形态完美，变形幅度大，深度可达0.5m。该剖面灰褐色，结构松散（见图3）。当地年长者曾目睹此次泥石流的形成过程。

## 1.3 例3——五台山西段山西省代县大保村上更新世(Q<sub>3</sub><sup>1</sup>)稀性泥石流剖面

在大保村公路路堑上见到厚达31.0m的

剖面,厚层状产出,呈扇状展布在沟口。剖面东西方向长400.0m,为灰黄、黄褐色砾石、块石和亚砂土的混合物,胶结较紧。砾石和块石直径多为3.0~12.0cm,ab面倾向上游,倾角 $25^{\circ}\sim 34^{\circ}$ 。剖面中见有直径为0.5~0.8m大砾石和块石层,集中在主流线上。扇缘两侧小砾石和亚砂土较多,围绕大砾石和块石作相向倾斜,平面上呈现环状流线构造(见图4)。



图4 山西省代县大保村 $Q_2$ 泥石流剖面图

#### 1.4 例4——五台山西坡山西省繁峙县耿庄村 $Q_2$ 稀性泥石流剖面

由北台顶至伯强镇的大沟走向为 $245^{\circ}$ ,在宫黄沟村至耿庄的沟谷两侧出露长为1.0km的棕红色混杂砾石层。胶结较紧,厚薄不一,在耿庄附近厚达20.0余米(未见底),上覆 $Q_2$ 红色土和 $Q_3$ 黄土。砾石来自沟谷上游,成分复杂,主要有片麻状花岗岩、花岗闪长岩、长石斑岩、片麻岩、二云片岩、辉绿岩及脉石英等。次圆、次棱角状。直径3.0~15.0cm占70%,30.0~40.0cm占15%,0.6~3.0cm占15%。砾石a轴多与大沟斜交,ab面倾向上游,倾角 $28^{\circ}\sim 48^{\circ}$ 。剖面中由大砾石构成的板状透镜体十分醒目(见图5),系泥石流堆积特征之一。

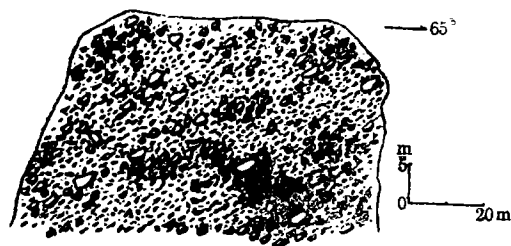


图5 山西省繁峙县耿庄村 $Q_2$ 泥石流剖面及板状透镜体

## 2 讨论

按照泥石流理论,正常情况下,泥石流堆积体由下至上的层序为底泥层→混杂砾石层或悬浮递变层→冲刷层。其中,混杂砾石层具有特殊的砾石组构,有环状、袋状、漩涡状及石线构造,载荷构造和下伏基岩变形构造;有板状透镜体,具悬浮型或叠置型的支撑结构;有粒序的垂向变化;有一定的成层性和沉积韵律及特殊包裹体等沉积特征。上述层序和沉积特征在本文几个剖面中有不同程度的表现。这一系列沉积特征既区别于粗细相间,层次分明的冲积、洪积层和水力型坡积层(包括成层良好的冰缘堆积),也有别于冰碛、崩积、滑坡堆积和重力型坡积及融冻泥石流堆积等主要混杂堆积体。

通常,泥石流最易与冰碛相混淆。但要区分两者,有一点是容易掌握的,那便是砾石组构方面的差异。砾石组构包括砾石a轴和ab面的产状在平面或空间的存在状态,它反映沉积物搬运的动力特征。

研究表明,冰碛砾石的a轴以平行流向为主要特征,ab面平行地面,倾角低平,小于 $10^{\circ}$ ,而泥石流以ab面倾向上游为主要特征,倾角变化在 $20^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 之间。a轴组构较差,平行或斜交流向。尽管冰碛物终碛部位的砾石也有倾向上游者,或作直立、叠瓦状,但砾石的支撑结构不同,并且只是局部现象,在其它部位a轴走向基本上是稳定的。同样,具有环状、袋状和漩涡构造的泥石流砾石层有相向、相反倾斜的现象,但ab面最后总将调整为倾向上游的趋势。

由上可见,砾石组构是两者最基本和普遍存在的差别。这种组构特征原则上是稳定的,在野外是可以识别的。即使在沉积层其它特征都不明显或破坏消失的情况下,砾石组构的整体特征将依然如故,不会改变。因此,砾石组构分析方法必须推广应用。

当然,在其它方面两者也有一些相似之处。一是下伏基岩变形现象。一般说来,无

论下伏基岩是硬是软,泥石流拖曳造成基岩变形的深度较浅,只限于表面,而冰川推压造成的基岩变形深度较大,并有褶皱、断裂现象。二是堆积体内部的变形现象。如本文碧云寺沟口南侧堆积体中在空间受挤压弯曲变形现象所示,所有包容在其中的环状、漩涡构造、透镜状亚粘土、砂粒及细粒物质绕流现象是泥石流后续部分推挤前缘部分造成的,它反映了泥石流龙头部位松散物质抛举跌落的形成过程。其弯曲变形是按预定位置就坐的一些结构,它们与冰川堆积中透镜状、蜂窝状或拱曲斜层有所区别。

至于崩积和滑坡造成的混杂体则与重力作用有关,它们属于块体运动性质。总体特征是巨砾大小悬殊,无层次,无分选,孔隙度大,裂隙、孔洞多。其中,崩塌堆积具惯性分选的特点,块石远大近小,岩性单纯而新鲜,呈棱角状。局部有斜层构造,但无组构发育。而滑坡体则是一种碎裂体。近距离滑坡体始终保持层状、块状堆积特征,远距离滑坡体呈舌状,有推覆挤压透镜构造和条带结构,但滑动过程中裂隙较多,也不具备泥石流的一些沉积结构。

总之,在对沉积特征、地貌部位和沉积环境几方面进行综合考虑之后,各种混杂堆积体的成因是可以区分的。

### 3 结语

(1) 以线状、面状流动结构为主的一系列沉积特征反映了泥石流内部的运动状况,无论是现代、古老泥石流及不同类型泥石流都遵循顺流动和塑性变形的客观规律。目前已建立的一套综合标志经常被用来区别于其它混杂堆积体,并取得良好效果。但在野外勘察中还尚未引起足够的注意。一个地区的泥石流活动有继承性,对第四纪古泥石流的形态研究有助于识别现代泥石流。

(2) 泥石流可在沟床、沟口和坡面上产生。由于流态变化较快,粘性泥石流可以迅速变为稀性泥石流。剖面中可以出现洪积层或参杂其它夹层。在生产实践中要严格区分各种混杂堆积体,并需防止泛泥石流观。

(3) 在崩塌、滑坡严重地段有可能发展成为泥石流,因此,要加强预测,以便及时作好防治措施。同时,也应注意对小型坡面泥石流的调查研究。

(上接第14页)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n u_i^2 - nu^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^8 u_i^2 - 8u^2}{8-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{6619611 - 6508832}{8-1}} = 125.80$$

$$\text{变异系数: } \sigma = \frac{\sigma}{u} = 0.14$$

因为变异系数小于30%,可取平均值作为桩的容许承载力,故容许承载力可确定为902kN,满足设计要求800kN。

对桩身质量进行小应变检测,小应变按规范规定20%比例进行抽检,共抽检134根

桩,合格率为98%。可见对工程桩实行监理,桩身质量容易保证。

### 5.2 评价

通过桩的试验、施工、监理及检测可知,引孔振动沉管灌注桩是在有地下水存在的各种地层中施工,施工场地干净文明,每台班可施工16根 $\phi 400\text{mm}$ 长14m的桩,桩的质量可以保证。此种施工工艺解决了小直径( $\phi 400\text{mm}$ ,  $\phi 500\text{mm}$ )以下灌注桩的施工难题,具有比其它施工工艺无法比拟的优越性。沉管过程中使桩侧和桩端的土层挤密,使得单方混凝土承载力最高、成本最低,具有广阔的发展前途。