

## 论泥石流沉积与环境\*

熊黑钢 崔之久

(北京大学地理系)

**提 要** 甘肃武都地区及陕西某些地区典型泥石流沉积剖面, 可分为 A, B, C, D, A' 5 种相。不同的相组合, 剖面沉积特征及纵、横剖面等, 都从不同的角度较好地记录了环境变化。

**关键词** 泥石流 沉积环境 相 相结合

我国多山, 泥石流分布广泛、活动频繁、类型齐全。深入研究泥石流沉积体可以从中了解其活动规律与环境的关系。由于泥石流沉积是粒径大小不一, 磨圆度差, 分选很差的一种混杂堆积, 对其古地理重建一直是个很棘手的问题。目前尚无专门论述这方面的文献。近些年来, 作者对川西、甘肃武都、陕西、山西等山区的典型泥石流剖面进行了深入细致的工作。总结出了这一特殊沉积规律<sup>[1]</sup>, 并对其不同的相组合与环境的关系以及整个剖面相序的变化与环境的关系作了探讨。在恢复泥石流地区古环境的研究方面取得了一定的进展。

### (一) 泥石流沉积相的划分

划分相(划分沉积类型)是整个泥石流研究工作中重要的一环。我们主要依据能充分反应沉积相特征的结构、构造、粒度、组构、各相之间的接触关系以及厚度等多种标志来确定不同的相。同时充分对比这些相的特征, 了解它们在泥石流流体中的空间位置以及在沉积时间上的先后顺序。将不同地区泥石流剖面中的各种沉积可归纳为 5 种不同的沉积类型。这 5 种不同的相在空间不同排列组合构成了泥石流的沉积体, 记录了沉积时的环境变化。结合甘肃武都地区全家沟叉口实测的泥石流剖面(图 1)。现将各种相简介如下:(各相详细特征见文献 1)。

A 相 泥石流主体层, 是泥石流暴发后沉积的主要部分。它在剖面中厚度最大。

B 相 表泥层, 是泥石流停积后粘粒成分上浮或是后继的泥浆铺盖而形成的。

C 相 冲刷层, 是由后期流水对早期沉积的泥石流顶部冲刷改造而成。

D 相 底泥层, 是泥石流初始阶段泥浆铺床过程中形成的。

A' 相 泥流层, 由于甘肃、陕西、山西等地区黄土较发育, 剖面中常见泥流堆积的层。

### (二) 相组合与沉积环境

在野外确定的单一相有时解释环境是比较含糊的。例如: 交错层理可能出现在不同的环境中。因此必须全方位地分析所有的相, 这些相组合, 相序列可以提供更多的环境信

\* 本文系自然科学基金资助项目成果之一。

本文改回日期: 1990-11-05。

息。

从实测的 15 个泥石流沉积剖面中可以把不同的相组合分为两大类。第一类为: DAB, A'A, DA, AB。这类组合出现的频率若很高, 可能反映该地区在该时段内泥石流暴发较频繁。两次泥石流沉积时间间隔短, 后期流水在短时期内没有将 A 相改造成冲刷层——C 相。或者两次泥石流沉积之间是一个长时间的无雨期。第二类为: CDA, DAC, AC, CAB, ACA' 等带有 C 层的组合。这类相组合在剖面中出现较多时, 则说明泥石流暴发频率不高。一次泥石流沉积后, 流水常常有充分的时间对泥石流层进行改造。

全家沟叉口泥石流见图 1, 可以分为 7 个沉积旋回。其中第二个旋回的相组合为: DAB→DAB→AB→AB→A, 这期间有 5 次泥石流堆积。第 4 个旋回的相组合为: DAB→DAB→DAB→AB→DAB→DA, 这一堆积期有 6 次泥石流堆积。很明显它们属于第一类相组合。在这两个时期泥石流暴发频繁, 沉积连续, 后期流水没有把泥流体改造成冲刷层。其各层之间的界线往往是利用不同的粒度、颜色、表泥层或底泥层等来鉴别。而第 1, 3, 5, 6 这 4 个旋回都仅有一层泥石流沉积, 其上都发育了很好的 C 相。反应这些时期泥石流活动不频繁, 沉积间断时间长。

上述两类不同的泥石流沉积相组合可能代表了不同气候带的产物。第一类多出现在西南山区。该区新构造运动强烈、地震繁多、地层多经强烈的挤压褶皱。山高谷深, 常产生滑坡和崩塌, 有充足的碎屑堆积物; 同时受季风影响, 降水丰富。一年中可形成多次泥石流。如蒋家沟每年暴发泥石流十几至几十次<sup>[2]</sup>。流水不能对泥石流进行充分改造, 故这里很少见发育很好的冲刷层。这类相组合是亚热带气候的产物。我国北方山区的泥石流剖面中多为第二类相组合。因为这里松散物质积累过程很缓慢, 而且降水相对较少, 几年、十几年甚至几十年才可能有一次大暴雨, 泥石流堆积中冲刷层特别发育, 层厚而且延续长。它们是暖温带气候的产物。甘肃武都地区在地理位置上处于上述两气候带之间, 因此泥石流堆积体中相组合表现了二类相组合兼而有之的特点。这种相组合特点的地理分布规律与中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所泥石流研究室得出的泥石流暴发频率由西南向东北逐渐减弱的结论<sup>[2]</sup>是完全吻合的。

从理论上讲, 剖面中还可见到 DC, CC 和 AA 的相组合。但它们在剖面中较为少

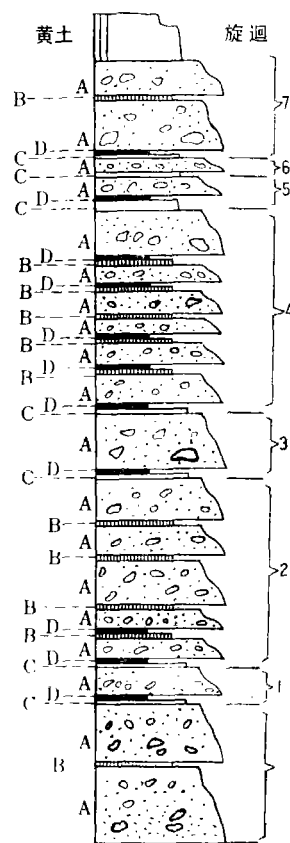


图 1 甘肃武都全家沟叉口实测剖面(比例尺: 1:5)

Fig. 1 The measured section of Quanjiaogou Greek Fork in Wudou County, Gansu Province

见。DC 组合反映了一次泥石流形成的主体层较薄,流水长期冲刷将该泥石流层全部改造成冲刷层。CC 组合,即两层粒度、磨圆、排列都明显不同的冲刷层迭加在一起,是两个薄泥石流层都被流水改造的结果。它们出现较多时反映该地区泥石流活动不强烈,沉积间断时间长。AA 的组合则说明两次泥石流沉积间隔时间短,泥石流暴发频繁。西南地区这种相组合较多。剖面中很少出现 BB,DD 类相组合。

我们所测的4个有泥流层的剖面,其泥流层与上、下相的组合关系,三个是 CA'DA 组合,一个是 CA'A 组合。从这些组合来看,它们反映的环境情况可能是:在两次堆积期间,流水将早期泥石流顶部冲刷形成了 C 相。早期泥石流暴发过后,沟谷里缺少碎屑物质,后期的暴雨只能将黄土冲下形成泥流层——A' 相。之后又有新的泥石流覆盖。否则剖面中应出现 ABA' 或 DAA' 等组合。另一方面,即使在降水量不够大,不能将沟谷上游的风化碎屑冲下,而仅将黄土冲下的情况中,剖面也应该出现 ABA' 或 DAA' 的组合。因此泥流层的这种特殊相组合可能是判断沟谷里是否有足够形成泥石流的松散碎屑的一个标志。各种相组合与环境的关系(表 1)。

表 1 相组合与沉积环境的关系

Table 1 The relationship between facies association and sedimentary environments

相组合类型	重复出现时的解释	重复出现时反映的环境
AB,DAB, AA,DA	泥石流沉积时间的间隔短,其间流水冲刷没有将 A 相改造成 C 相	气候湿润,降水丰富,沟谷中松散物质多,泥石流暴发的频率高
AC,DAC,DC,CA, CAB,CDA,CC	泥石流沉积时间间隔长,流水将泥石流主体层部份改造为冲刷层	沟谷中碎屑积累缓慢,暴雨少,泥石流活动频率低
CA'DA, CA'A	仅发育在多黄土的地区,暴雨将黄土冲下形成	沟谷中缺少松散的砂、砾石物质,黄土多
BB,DD	很少可能出现的相组合	

### (三)泥石流剖面特征与环境

整个沉积体是由作用时间长短完全不同的许多沉积单元组成的。泥石流暴发时沉积的 DAB 相组合或是泥流暴发时形成的 A' 相,经常是很复杂的。在整个地层序列中,厚度上它们占很大的比例;但从地层学上讲它们是同时形成的岩性旋回。这些相代表了很短的沉积时间。而 C 相虽然很简单,厚度很小,但代表了较长的时段。后者同前者的组合序列则是较长时期环境变化的结果。因此它们是地质历史时期环境变化的记录。

斯瓦尔扎克认为“环境是一种动态体系”<sup>[3]</sup>。为更充分地反映各个泥石流整体剖面的动态环境特点,使其更为合理、可靠,具有普遍性。我们实测时选择了不同地区的纵、横剖面。现将 4 个相总数超过 30 的剖面特征与环境的关系归纳(表 2),并以泥石流层和泥流层代表泥石流暴发期,以冲刷层代表泥石流不活动期,作出泥石流活动旋回曲线图(图 2)。

从表 2 和图 2 可知,各剖面冲刷层数不完全相同,变化在 7—9 之间。换言之这些剖面反映泥石流活动与不活动的小旋回变化在 7—9 之间。但仔细研究各剖面可以发现它们都是由 3 个较大的旋回组成。它们反映了整个泥石流沉积的大时间尺度中(大旋回),

还有 3 个次一级的泥石流活动的变化(中旋回)。只是这 3 个旋回在每个剖面中表现略有差异。泥石流的堆积有大、中、小三种尺度的变化。它们同碎屑的供给量以及气候变化密切相关。碎屑供给量取决于该泥石流沟中岩性、风化强度和构造等局部因素。而气候变化则是较大范围的。

表 2 泥石流剖面特征与环境变化

Table 2 The sectional features of debris flow deposits and environmental changes

剖面位置		剖面特征				环境变化
		冲刷层数	旋回数	暴发次数	从下向上厚度变化	
横剖面	甘川公路426公里	7	3	12	大→较小→小	早期泥石流活动频繁,中晚期不频繁,总趋势变干
	陕西鹦嘴嘴	9	3	16	大→小→大→小	早期泥石流暴发不频繁,C相多,晚期暴发频繁,总趋势变干
纵剖面	武都全家沟左岸	7	3	15	小→大→小	早期泥石流活动不频繁,中期频繁,晚期减弱,总趋势变干
	武都全家沟右岸	7	3	18	小→大→小	早期泥石流活动不强烈,中期强烈,晚期减弱,总趋势变干

通过地层对比,认为甘肃武都地区的各泥石流剖面的时代、层位基本是一致的,属于晚更新世。全家沟的剖面与甘川公路上的 426 公里处的剖面相距 20 公里左右,是不同的 2 条泥石流沟的堆积剖面。同时两处各层堆积的厚度及厚度的变化都不相同,但它们泥石流活动的中等旋回都是 3 个(见图 2)。由此可以推断这 3 个旋回所反应的变化与碎屑供给量关系不大,主要与沉积时的气候变化相关。反映了晚更新世泥石流堆积期间,气候有过 3 次较大的变化。即有 3 次由较温暖、降水多湿润向较干燥、寒冷的气候变化。

甘肃武都地区和陕西眉县鹦嘴嘴处的晚更新世泥石流剖面中,层的厚度后期都是减小的(见图 2、表 2);并且泥石流顶部都堆积了黄土。泥石流沉积主要是间冰期产物,因此这种大范围内,同一时代的泥石流规模都逐渐减小,顶部堆积了黄土,可能意味着气候在大尺度(大旋回)的变化中逐渐转向寒冷、干燥。不同地区

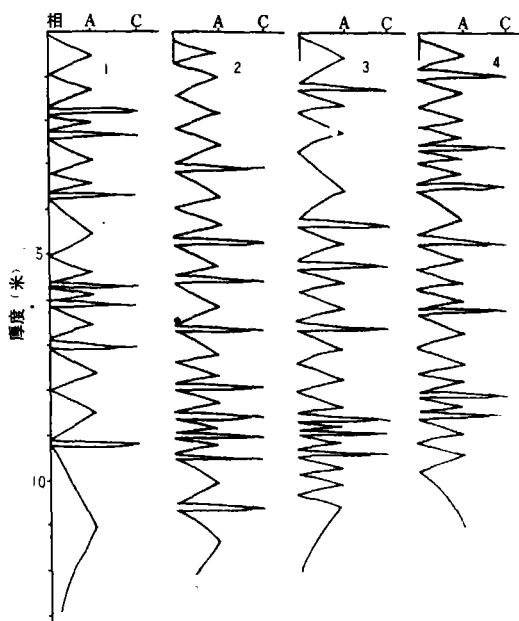


图 2 泥石流沉积旋回曲线

Fig. 2 The cyclic curve of debris flow deposit

1. 甘川公路426公里; 2. 陕西眉县鹦嘴嘴;
3. 全家沟左岸; 4. 全家沟右岸

泥石流沉积变化趋势的一致性不可能是偶然的,它是同自然环境的变化相符合的。从这些时代、层位基本一致的泥石流剖面,所反映出的气候变化的3个旋回的一致性来看,泥石流沉积记录气候变化的规律是相当好的。

#### (四)纵横剖面与环境

泥石流的堆积从平面上看是扇状的,然而一次泥石流的堆积却不会将全部扇面覆盖住。特别是泥石流沉积后,在其上发育的流水作用不可能对泥石流整个顶层进行冲刷。流水只是在扇面上从扇顶向扇缘流动过程中,对一些局部地段进行冲刷。即线状侵蚀而不是面状侵蚀。这样在不同的剖面中冲刷层表现不同。在完整的横剖面中每一个冲刷层几乎都可以表现出来,多以透镜体形式出现,变化很大。若从(图3) I—I 进行实测则可以基本上把所有的冲刷层包括进去。这样就基本上反映了整个剖面的环境变化。但若从 II—II 进行实测剖面,则遗漏了很多冲刷层,不能很好地反映整个剖面的沉积规律。在甘川公路 426 公里处的同一横剖面,相距 10 米左右的地方连续实测了两个剖面的结果也验证了这一点。在不同地点的横剖面变化将更大。由于 A 相最为稳定,其他相变化大。在研究横剖面时应把注意力更多地放在 B、D、C 相的空间位置及变化上。若无整个横剖面而仅有一段横剖面则记录到的将是环境信息不完整的地质过程。因此在泥石流横剖面的研究中,必须充分认识整个剖面,以选取最佳位置进行实测。

泥石流纵剖面相对横剖面来说,变化不很大。因为纵剖面是顺泥石流和后期流水运动方向切割出的,相变不很快。只要在一定范围内追索,总可以比较准确地把握住相的上下、左右空间位置。在甘肃武都全家沟实测了同一泥石流扇上相距很远,但时代、层位基本一致的两个纵剖面。结果表明它们反映环境变化过程是很一致的(见表2)。了解泥石流堆积体中的这种横剖面与纵剖面的变化规律,对于今后在泥石流区域考察、预测是极有意义的,可获得更多沉积时的环境信息。

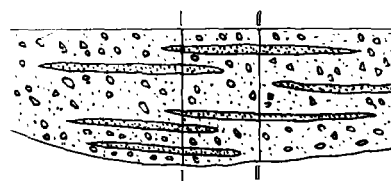


图3 泥石流横剖面相变示意图

Fig. 3 Sketch map of facies change in across section of debris flow

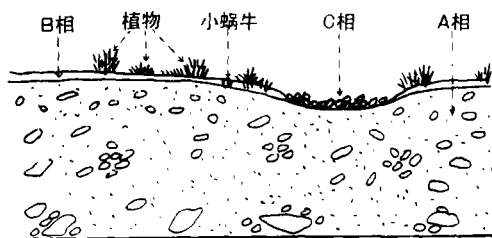


图4 同期异相的冲刷层和含生物的表面层

Fig. 4 Isogenetic out-of-phase erosion bed and surface mud-bed with biotritus

#### (五)B相与环境

值得引起注意的是,B相中的小蜗牛壳和植物根系是否发育,是检验泥石流活动是否频繁的一个重要标志。由于C相是线状发育的,在一些不完整的、较小的剖面中常常出露的不全。仔细研究A相顶部的B相,则可弥补C相缺失所造成的不完整的环境变化过程。若B相中植物根系多而且粗,小蜗牛壳的数量多,则说明泥石流活动少,动、植物在长时间的沉积间断中可在泥石流表层的泥土上生存。B相实际上同该时期的C相是同期异相体,只是这时C相发育在线状的沟道中

(沟槽亚相),B相发育在沟道两侧的泥石流扇面上(漫滩亚相,图4)。它们都反映了泥石流沉积间断时间长。我们在秦岭北坡、甘肃武都地区的泥石流剖面中都发现了含有丰富植物根系和小蜗牛壳的B相,因此在不易找到C相的剖面中,仔细观察B相也可得到较正确的沉积环境变化过程。表泥层中若无植物根系、小蜗牛壳等动、植物遗迹,则反映间断时间短,泥石流活动频繁。云南东川蒋家沟的泥石流活动频繁,两次泥石流沉积间隔时间短,动、植物很难在其上生长,表泥层中很少见到植物根系和小蜗牛壳。

#### (六)小 结

1. 泥石流沉积可分为:A,B,C,D,A' 5种不同的沉积类型的相。其中D,A,B,A'相反映了泥石流沉积时期,C相反映了沉积间断期。

2. 不同的相组合反映了不同环境中的泥石流沉积特点。从我国西南向东北方向,相组合中的C相逐渐增多,表明泥石流暴发频率逐渐降低,气候由湿热逐渐转向干凉。

3. 泥石流沉积剖面反映气候的变化规律是相当好的。晚更新世泥石流沉积时期甘肃武都地区气候有三次较大的波动。

4. 泥石流纵、横剖面所显示的环境变化的完整度是不一样的。纵剖面能给我们提供更多的沉积环境信息。

5. 在野外对B相的研究应该给予充分的重视,根据它是否含有动、植物的遗迹可判别泥石流沉积间断的时间长短。对环境变化过程的研究极为重要。

沉积体的序列、厚度和时间是全面认识沉积体的三个不同的主要方面。上述我们仅讨论了序列和厚度,还没有分析时间。今后的工作需在这方面进行突破,以得到更精确的沉积环境变化的规律。

### 参 考 文 献

- [1] 崔之久、熊黑钢,1990,泥石流沉积相模式、沉积学报,8(3),第128—139页。
- [2] 杜榕桓,1980,中国自然地理(地貌),第十章,泥石流,科学出版社,第301—312页。
- [3] 斯瓦尔扎克,W.,1984,沉积模型和定量地层学,地质出版社,第2—9页。

## DISCUSSION ON SEDIMENTARY ENVIRONMENT AND DÉBRIS FLOW DEPOSITS

Xiong Heigang Cui Zhijiu

(Geography Department, Beijing University)

### Abstract

Ancient environment rebuilding is a very trouble problem for many years. After studying the standard debris flow deposit in different area, the relationship between the different facies, facies

associations, sedimentary feature of section, vertical and cross section, and depositional environment is discussed in this paper.

Debris flow deposit can be separated into A, B, C, D, and A' 5 different facies. The facies of A, B, D, A' represent the period of debris flow deposit, and the C facies stand for times of depositional interruption. Research on B facies should be given more attention in the field, which also can give the information about time of the depositional interruption according to whether it contain the fossil of animals and plants. Different facies associations reflect the depositional features of debris flow in different environment. From southwest to northeast in China the C facies increases in facies associations gradually. This represents that frequency of debris flow activity decreases and the climate changes from wet-hot to dry-cold.

Sedimentary section of debris flow reflects quite the paleoclimatic change. At period of debris flow deposit during late Pleistocene, the climate had three middle scale changes in Wudu Region, Gansu Province. The comprehensive records of environment change which showed by cross and vertical section of debris flow are different. The vertical section can give more information about sedimentary environment. The change of thickness in section records the change of debris flow supplying quantity and accumulate quantity in material source area. The deposit and interrupt of debris flow respect the climatic change in the region, they are the record of environment change.

**Key words** debris flow, sedimentary environment, facies, facies association