

# 全新世气候波动 人类活动对泥石流发育的影响 ——以青藏高原东缘和华北地区为例

李永化

(辽宁师范大学城市与环境学院, 大连 116029)

**摘 要:** 根据大量的野外考察资料和室内测年数据, 通过对全新世不同时段泥石流沉积物的分布特征研究, 总结了青藏高原东缘和华北地区泥石流活动规律。认为全新世的泥石流活动与气候波动有着密切的关系, 气候温暖泥石流活动强烈, 气候寒冷泥石流活动减弱。近千年来频繁的人类活动加大了泥石流活动的强度和范围。

**关键词:** 全新世; 泥石流运动; 气候波动; 人类活动

**中图分类号:** P642 23

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2003)04-0179-04

## Influence of Climatic Fluctuation and Human Activity on Debris Flow Movement

——the Case Study in the East Border of Tibetan Plateau and North China

LI Yong-hua

(Institute of Urban and Environment Science, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China)

**Abstract:** According to a large amount of field measurements and indoor annual measuring data and research on the distribution characteristics of debris flow movement deposits in different stages since the Holocene Epoch, the regularity of debris flow movement in the east border of Tibetan Plateau and North China was summed up. The author believes the diluted debris flow movement predominates during the Holocene Epoch. And the movement is mainly affected by the climatic fluctuation. Furthermore, it has an intimate relation with human activity.

**Key words:** Holocene Epoch; debris flow movement; climatic fluctuation; human activity

第四纪的泥石流活动与气候波动有着密切的关系<sup>[1~3]</sup>, 大约 1 万年前地球进入了相对温暖的时期, 地质学上称为全新世, 随着温度的升高, 与晚更新世的冰期气候相比, 青藏高原东缘和华北降水明显增多, 泥石流活动也随之加强。整个全新世阶段并不是一个持续的温暖时期, 其气候变化过程一般分为早期的增温、中期的全新世暖期和晚期的变冷三个阶段, 早期以阶段性的迅速升温为特征, 新仙女木事件之后, 全球气候迅速转暖而进入间冰期环境。在全球范围内, 8.5~3 kaB. P. 的全新世中期是一个较现代温暖的时期, 到了 3 kaB. P. 以后的全新世晚期, 全球气候发生重大调整呈现出持续变冷的趋势。全新世的泥石流活动强度与气候波动呈现出一定的对应关系, 同时, 近百年来由于人类对山地资源环

境不适度地开发利用加剧了区域的泥石流发育。本文根据作者近年来对青藏高原东缘和华北地区古泥石流沉积物的沉积、分布考察和室内测试结果, 对全新世时期的气候波动、人类活动与泥石流发育的关系进行了初步探讨。

### 1 全新世古泥石流沉积物沉积特征

泥石流是在重力作用下由沙砾、黏土、水和空气组成的混合物的块体运动。爱尔兰特里尼蒂大学 Allen 教授在 1997 年出版的《地表过程》一书中详细介绍了目前描述泥石流的三种代表性模型: 宾汉塑流模型(Bingham plastic)、非牛顿流体模型(Non-Newtonian fluid model)和紊流模型(Turbulence in debris flows)。目前习用的泥石流运动特征

收稿日期: 2003-04-06

基金项目: 国家重点基础研究发展规划—青藏高原形成演化及其环境、资源效应(G1998040800)。

作者简介: 李永化(1960-), 男, 辽宁建昌人, 博士, 教授, 1983 年毕业于北京大学地理系, 1988 年北京大学遥感技术应用研究所硕士研究生毕业, 1996 年获北京大学城市与环境学系理学博士, 研究方向气候地貌与沉积, 现主要从事第四纪古泥石流及环境灾害研究工作。

分类的指标主要是流态,或者辅以物理力学指标,多数学者主张分为二类:一类为“稀性泥石流”,它是一种具有强烈紊动的泥石流,也称为“紊流型泥石流”;一类为“黏性泥石流”,它是没有紊动交换固液两相结合在一起近似作整体运动的泥石流,也称之为“层流型泥石流”。按泥石流的物质组成也可分为泥石流、水石流、泥流三类。其中黏性泥石流是泥石流的典型类型,有关第四纪黏性泥石流的沉积特征及与其他相似类型沉积物的区别已有许多学者进行了研究和总结<sup>[3]</sup>,本文不在赘述。

稀性泥石流属于紊流型二相流,组成液相的是水和较细的颗粒所形成的浆液,较粗的颗粒则组成固相。黏性泥石流与稀性泥石流在形成环境和沉积相特征上是有区别的,前者要求大量碎屑物堆积于沟床两侧,细粒成分多,只要有适当的降水即可形成泥石流。后者要求特大降水,以强大的沟谷

径流去揭河床之底,形成稀性泥石流,故细粒物质含量少。稀性泥石流的沉积物与冲积砾石层、洪积砾石层有许多相似之处,但由于稀性泥石流自身的流态性质在某些方面又不同于山洪和正常水流,因此反映在沉积物特征上又有其独特之处。稀性泥石流沉积物无论在地貌特征、沉积结构、沉积构造以及形成的地貌背景上都与冲积砾石层、洪积砾石层有显著的差别。第四纪以来,我国稀性泥石流主要分布在华北一带,这里位于我国地势第二级台阶与第三级台阶的交汇处,地势起伏大,内外营力作用均很活跃,物理风化强烈,且山体多出露石灰岩和变质岩,岩石坚硬,粉砂黏土等细粒物质含量少,加之受东南季风的影响,有丰沛的地形雨引起的特大暴雨,因此容易形成典型的稀性泥石流沉积。以华北地区为例,根据野外观测和调查,第四纪稀性泥石流沉积物具有如下特征(表 1):

表 1 稀性泥石流沉积物特征

堆积地貌特征	结构特征	构造特征	层位接触关系	地貌背景
堆积地貌以砾石心滩为主沿沟谷分布。 稀性泥石流台地,主要为第四纪时期稀性泥流体堆积而成,广泛分布于华北周围山区的山麓地带。 主要发育在冲积扇体的上部,向扇缘逐渐减少。	主要由次棱角状的粗块砾石组成。 有一定的分选,单峰,峰值大小随地区和物源不同差异明显。 由于缺少细粒物质,粗粒物质迅速沉积,水流渗漏遗失,形成筛状沉积,可能有一定分选,但定向排列结构(呈叠瓦状)不明显。 石英砂颗粒以棱角状为主,有时形成许多化学作用留下的溶蚀裂片、鳞片剥落等。	石线构造:巨大砾石排列成行出现在稀性泥石流堆积体的底部。 大型砂砾透镜体构造:这是稀性泥石流所特有的沉积构造。 叠石构造:特点是大石背小石,小石再扛大石,在上下大石间留下空洞,空洞被后期的砂级充填物充填,充填物分选较好。 内部无明显的成层界限,呈块状构造。	稀性泥石流的流态为紊动流,在平直河道或扇面上为搅动流,对底床产生冲刷作用,因此,稀性泥石流砾石堆积层下面为一冲刷面,横剖面中可显示出冲刷切割的沟槽位于砾石透镜体之下。 砾石透镜体往往是与冲积面同时沉积的产物之中,不代表任何侵蚀间断,是一种特殊环境的产物。	地势高拔,山高谷深,沟谷纵坡降大于 5°。

砾石沉积物对于生成环境反映最为灵敏,因此在对晚新生代山前台地砾石层的成因判别时不能脱离周围环境,为了避免片面性,同时也应与不同阶段区域古地理环境相联系,根据砾石层的沉积特征进行综合分析,否则会把稀性泥石流分布范围扩大化。

2 气候波动 人类活动与泥石流发育

2.1 云南小江流域

小江流域处于云贵高原北部,系金沙江水系的一条支流,流域内每年 6~8 月份为雨季,海拔 1 300 m 以下为干热河谷少雨区,年降雨量为 600~700 mm。海拔 2 400~3 300 m 是最大暴雨出现的垂直带,年降水量可达 1 300~1 400 mm,这里是泥石流的形成区和崩塌滑坡密集区,暴雨洪水在此区极易转化为泥石流<sup>[4]</sup>(图 1)。

全新世早期(10~8 kaB. P.)寒冷的冰期气候刚刚过去,温度开始回升,位于青藏高原东缘的小江流域的气候总体呈现温暖湿润的特征,随着气候变暖、温度回升,拱王山一带发育的海洋性冰川迅速消退,由于此时温度仍较低,寒冻风化、重力作用形成的石海、石流、冰缘岩柱、倒石堆等冰缘地貌仍

较发育。这一时期小江流域泥石流活动较平稳,只有零星泥石流活动。

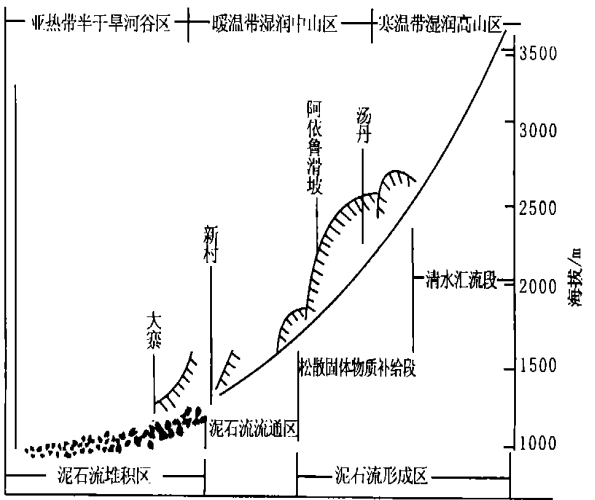


图 1 小江流域气候特征与泥石流关系<sup>[4]</sup>

全新世中期(8~3 kaB. P.),此时气候已完全回暖,进入高温期,这一时期小江流域雨水丰沛,在高山地带末次冰期形成的冰碛和冰蚀洼地内沉积了湖相层及洪水期间的淤泥质沉积。在海拔3700 m附近生长有漆树(*Phus*)、栲(*Castanopsis*)、鹅耳枥(*Carpinus*)等喜暖树种,形成了含有常绿阔叶树的针——阔叶树植被,为亚热带植被类型,这一阶段区域内泥石流活动再次活跃,在小江沿岸较大支沟均发育有大规模的泥石流堆积扇,泥石流性质以黏性泥石流为主,与末次冰期时的泥石流堆积物有明显的界限。在小江沿岸海拔约1020 m的何家堡周围的泥石流堆积扇之下的褐红色黏土层的ESR年龄为7.3 kaB. P.<sup>[5]</sup>,显然,泥石流扇形成的时间应在这一时段。

全新世晚期(3~0 kaB. P.)是一个气候变化较为剧烈的时期,同时这一时期也是人类活动频繁的时期。小江流域的泥石流活动的历史可以追溯到早更新世<sup>[1,2]</sup>,这里地质构造复杂、地震频繁、山体失稳、地形高差悬殊和暴雨集中等,是导致区域内泥石流发育的根本原因,但由于日益频繁的人类活动,使森林植被遭到破坏,加速了本区环境恶化进而扩大了泥石流活动。小江流域在历史上曾是山清水秀五谷丰登的富庶之地,据《东川府志》记载:“距今三百多年前,小江沿岸为人烟稀少的少数民族地区,气候湿热有瘴气,当时小江江面宽四、五丈不等,当地人民往返于小江两岸可结藤而渡”。然而这里蕴藏着丰富的铜矿,从唐代开始东川地区已普遍开始烧木炭炼铜矿,致使这里的森林遭到严重破坏,至清朝末期已濒于“硃老山荒”的境地。由于坡面上缺乏植被阻挡,地表径流迅速,来势凶猛,更加速了流域内泥石流及洪水等灾害的发生和发展。道光三年(1823)五月,“东川洪水淹没居民”(乾隆《东川府志》);光绪五年(1879),“集义乡碧谷一带因雨后山水泛涨,洪水漂走居民数十人,官庄田数百亩被水石冲淤,实难开垦”(光绪《东川府志》);光绪十五年(1889)八月,“东川大雨如注,山水骤发,小江、猴子坡、卑冲关等处峡谷中的官租田亩,尽被沙石冲淹,其中有250亩4分3厘实不能开垦”(《北京清代奏折档案》)。如今已是“座座山头走蛟龙,条条沟口吹喇叭”的景象,小江支流的蒋家沟泥石流活动已有几百年的历史,每年爆发十几次至几十次泥石流,泥石流活动呈波浪式起伏,总体趋势加剧的演变规律,历史上曾七次堵断小江,造成巨灾<sup>[16]</sup>。不合理的人为活动破坏了山区的生态环境,对泥石流灾害起到了促进作用。小江流域的达德沟,50年代初期森林覆盖率达46%,至1985年仅有11.4%,而在小江河谷人类活动集中区段,其森林覆盖率仅有7.1%(新村区)、6.3%(碧谷区)、甚至2.7%(绿茂区)<sup>[4]</sup>。

## 2.2 甘肃白龙江流域

白龙江流域全新世早期(10~8 kaB. P.)气温开始回升,到了全新世中期(8~3 kaB. P.),达到了高温期的最暖阶段,在山麓地带的黄土分布区发育了S<sub>0</sub>古土壤,其中生物活动遗迹丰富,富含有机质,它应是冰后期气候最宜期的产物。由于气候温湿,降水增多,有利于泥石流发育,因而这一时期山洪泥石流相继爆发,在沿白龙江沿岸的许多沟口附近形成两级或三级新的扇形地,它直接覆盖在河流砾石层之上,许多泥石流扇直抵江边,阶地的顶部有时覆盖有一次生黄土,泥石流性质多为黏性,由深灰色泥炭层构成,大多数砾石呈次棱角状,同时也含有相当数量表面干净棱角状砾石,阶地一般高出河面5~8 m,据李鸿璉和曾思伟等<sup>[14]</sup>C年代测定,年龄距今4~5 ka,这一级泥石流台地在白龙江沿岸从武都到迭部都有广泛分布,是现代村民居住和进行农业生产的重要场所。

到了全新世晚期(3~0 kaB. P.),由于人类活动的参与,流域内的泥石流规模及范围与前期相比有扩大趋势,据史料记载,一千多年前白龙江河谷中的泥石流仅见于武昌以东的北峪河、三河及临江一带<sup>[7]</sup>,当时秦岭山地有大量森林分布,存在大量亚热带树种如豫章、楠、棕等<sup>[2]</sup>,由于后来人类不合理的开采砍伐,成片的森林植被遭到破坏而成为土石裸露区,致使现在白龙江沿岸的泥石流分布范围远远大于第四纪的任何一个阶段,成为陇南山地泥石流最为发育的地区,泥石流沟谷有几百处,每年夏季都有泥石流爆发。

## 2.3 华北地区

全新世华北地区的气候变化也可划分为三个时期,即全新世早期的升温期、中期的高温期及晚期的降温期<sup>[8]</sup>。

全新世早期(10~8 kaB. P.),华北地区气候开始转暖,前期由于寒冻风化作用产生的大量石块,随着流水带向平原,在山前地带发育了洪积扇,地面低洼处形成沼泽或湖泊。在这时期也是北京地区人类活动比较频繁的时期,从出土器物可以看出,人们开始由游牧生活逐渐过渡到比较稳定的农耕生活<sup>[9]</sup>。

全新世中期(8~3 kaB. P.),和青藏高原东部边缘地区一样,华北地区也进入了温暖湿润的气候最宜期,河北平原当时的年平均气温较今高1~4℃,植被较发育,山前冲积平原上生长着夹有亚热带落叶阔叶树种的暖湿落叶阔叶林<sup>[10]</sup>。竺可桢先生根据仰韶文化遗址中生物遗存的发现,指出在5~3.1 ka B. P.,黄河中下游的年平均气温较今高出2℃,冬季则高出3~5℃<sup>[11]</sup>。我国的沙漠中特别是贺兰山以东的沙漠中普遍分布有全新世大暖期形成的黑色砂质古土壤,在低洼区形成的河湖相沉积。这一时期,由于气候温暖湿润,植被发育,河流夹泥沙减少,堆积作用明显减弱,泥石流也不发育,河北平原西部和北部的漳河、滹沱河、永定河、滦

1) 中国科学院兰州冰川冻土研究所、东川矿物局、北京大学地质地理系:云南蒋家沟泥石流,1973  
2) 《山海经·五藏山经·西次一经》;《史记·河渠书》;《汉书》卷六五《东方朔》。

河等河流出口处发育的巨大冲洪积扇,主要形成于晚更新世、早全新世和晚全新世,而中全新世冲积扇却不发育<sup>[10]</sup>。但贺兰山东西两麓这一时期泥石流广泛发育,贺兰山西麓港家营子剖面中,上、中、下古土壤层<sup>14</sup>C 年龄分别是  $3\,350 \pm 150\text{aB. P.}$ 、 $4\,480 \pm 80\text{aB. P.}$ 、 $5\,765 \pm 75\text{aB. P.}$ ,这些古土壤分别是其下泥石流砾石层顶部表泥层演变而来的,因而可以认为全新世中期贺兰山西麓有三次泥石流活动,分别发生于  $5.8\text{ ka}$ 、 $4.5\text{ ka}$ 、 $3.4\text{ ka}$  前。在贺兰山东麓也发现有发育在  $4.3\text{ ka}$  前的泥石流沉积物。

全新世晚期( $3 \sim 0\text{ kaB. P.}$ ):华北地区气候与前期相比凉爽稍干,降水呈波动性下降趋势。在二、三千年以前,华北平原、黄土高原、太行山以及陕北和陇东等山地为广大的森林所覆盖<sup>[12~14]</sup>,这一时期,在我国历史中刚刚进入封建社会,人类的活动已开始逐渐移到现在的北京附近。此后经历了多年战乱,以及人口的增多,大量的森林遭到毁灭,到了清代,山区的天然森林已寥寥无几。由于森林的破坏,山地水土流失严重,尽管这一时期与前期相比,降水在逐渐减少,但泥石流的活动却再度增强。据史料记载统计,在  $1867 \sim 1991$  年的 125 年间,北京山区就在 24 个年份发生泥石流,由此可见,尽管泥石流活动主要与气候及地貌等诸多因素有关,全新世晚期以来的人类活动也是绝不能忽视的主要因素之一。

### 3 小 结

本文在对青藏高原东缘和华北地区古泥石流沉积物进行大量野外调查的基础上,并结合室内测年数据、史料记载和前人研究成果,研究了该区全新世时期泥石流的沉积特征及活动规律,初步得出以下结论:

(1) 全新世华北地区的泥石流以稀性泥石流为主,稀性泥石流以其特有的堆积地貌特征、结构特征、构造特征、层位接触关系和地貌背景区别于其他相似类型沉积物。

(2) 全新世早期( $10 \sim 8\text{ ka B. P.}$ )随着末次冰期的结束气温的缓慢回升,降水增多,青藏高原东缘开始出现小规模泥石流活动,华北地区的山前地带沉积了大规模的冲洪积扇,泥石流不发育。

(3) 全新世中期( $8 \sim 3\text{ ka B. P.}$ )是一个持续时间很长的暖期,青藏高原东缘泥石流活动增强,沉积了厚层的泥石流台地。华北东部山区泥石流不发育,西部山区有一定规模的泥石流活动。

(4) 全新世晚期( $3 \sim 0\text{ ka B. P.}$ )早期阶段各地泥石流活动明显减弱,到了晚期,特别是近千年来,由于人类活动的影响,泥石流活动规模与范围迅速扩大。

### 参考文献:

- [1] 李永化,张小咏,崔之久,等.第四纪泥石流活动期与气候期的阶段性耦合过程[J].第四纪研究,2002,22(4):340-348
- [2] 李永化,赵军,崔之久,等.青藏高原东缘和邻区晚新生代泥石流活动规律及其成因[J].地理研究,2002,21(5):561-568
- [3] 崔之久,等.泥石流沉积与环境[M].北京:海洋出版社,1996:138-184
- [4] 丁一汇.中国西部环境变化的预测[A].见:秦大河.中国西部环境演变评估[M].北京:科学出版社,2002:140-165
- [5] 李吉均,况明生.小江流域第四纪沉积物的 ESR 年代、山原红壤发育年龄与地层划分的研究[A].见:“八五”攀登计划青藏高原项目.1995 年学术年会论文集[C].兰州:兰州大学出版社,1995:64-78
- [6] 杜榕桓,康志成.云南小江泥石流综合考察与防治研究[M].重庆:科技文献出版社重庆分社,1987:84-93
- [7] 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会.中国自然地理地貌[M].北京:科学出版社,1980:301-312
- [8] 秦大河.中国西部环境演变评估综合报告[A].见:秦大河.中国西部环境演变评估[M].北京:科学出版社,2002:1-10
- [9] 孙秀萍.北京地区全新世以来自然环境和人类活动的关系[A].第四纪冰川与第四纪地质论文集(五)[C].北京:地质出版社,1988:52-55
- [10] 许清海,王子惠,孔昭宸,等.河北平原全新世温暖期的证据和特征[A].见:施雅风.中国全新世大暖期气候与环境[M].北京:海洋出版社,1992:66-71
- [11] 竺可桢.中国近五千年来气候变化的初步研究[J].考古学报,1972,2(1):15-38
- [12] 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会.中国自然地理历史自然地理[M].北京:科学出版社,1982:18-24
- [13] 徐喜辰,斯维至,杨钊.中国通史上古时代(上册)[A].见:白寿彝.中国通史[M].上海人民出版社,1994:581-587
- [14] 史念海.黄土高原及其农林牧分布地区的变迁[J].历史地理(创刊号),上海人民出版社,1981:21-33