

高容重黏性泥石流沉积的组成和构造反映的搬运和沉积动力特征

刘耕年, 李建江, 鞠远江, 崔之久

(北京大学环境学院资源与环境地理系, 北京 100871)

摘要: 通过地貌形态、粒度分析和定向样品切片分析等资料探讨查菁沟泥石流的沉积特征及其反映的泥石流流动静力学特征。砾石的含量下游较少, 砂的含量由下游向上游减少, 大于4 mm碎屑向顶层减少, 黏土相反。容重总平均值由下游向上游逐渐增加, 横剖面中容重有由下向上的增加的趋势。定向切片的纵剖面中粗大碎屑反映出由底向顶倾角增大的特点, 优势倾向上游; 横剖面显示主流线两侧的碎屑以向主流线(向内)倾斜为主, 构成一种“向心状”构造。沉积主体表现为混杂构造, 底部多表现为纹层理构造, 表现出底部层流, 上部塞流特点。

关键词: 高容重; 黏性; 泥石流; 沉积

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003)03-0001-02

Sedimentary Composition and Structure Showing the Transportation and Deposition Processes of High Density Viscous Debris Flows

L U Geng-nian, L I Jian-jiang, J U Yuan-jiang, C U I Zhi-jiu

(Geography Department, College of Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: Landforms, grain sizes and structure observation by microscope shows that deposits of high density viscous debris flow reflect the behavior of basal laminar flow and upper plunger flow. There are more gravels and sands in the down stream than in upper stream. Clay content decreases from down stream to upper stream. The volume content increase from down stream to upper stream. Sedimentary structures show regular fabric in longitudinal and transverse section.

Key words: high density; viscous; debris flow; deposit

我国西南和西北地区高山纵横, 山高坡陡, 构造运动活跃, 风化作用强烈, 山坡谷底有丰富的松散沉积物或风化壳, 降水的季节性分明, 暴雨集中, 因此, 泥石流活动十分频繁。由于西南和西北地区山坡松散沉积和风化壳中有大量细粒物质, 高容重黏性泥石流类型占有重要比例。高容重黏性泥石流发育发生的地质条件、地貌条件、气象气候条件, 泥石流本身的动静力学特征, 沉积环境和沉积相特征一直是重要的研究内容。

云南东川是我国西南地区现代泥石流爆发最频繁的地区之一。云南省和东川市、中国科学院等单位一直对泥石流防治, 泥石流形成、流动和沉积进行观测研究。如位于东川蒋家沟口的中国科学院东川泥石流观测研究站。

东川蒋家沟一带每年爆发泥石流, 而且多为高容重黏性泥石流。高容重黏性泥石流具有整体搬运和沉积的特征, 其沉积体蕴含源区物质组成, 如岩性、粒度、矿物、化学成分、以及生物等信息, 和流体动、静力学信息。因此, 通过泥石流

沉积物观测和采样分析研究, 来探讨其粒度组成及其分布特点、容重值域和分布特点, 碎屑的组构特点和分布, 表面形态特征, 为建立高容重黏性泥石流的搬运、沉积模式, 沉积相模式, 总结沉积环境特征等具有重要意义。

1 高容重黏性泥石流的一般特征

泥石流的黏度和流体容重成正比。稀性泥石流由水和少量黏土结合成浆体, 以紊流形式运移, 其中的砂和砾石靠紊动悬浮搬运或沿底床跃移或拖移。亚黏性泥石流常表现为扰动流, 由于底床不规则或内部缓慢运动的粗大碎屑的阻挡, 整个流体会出现扰动。黏性泥石流常以层流、塞流或滑动流的方式运动, 但在沟床突然变化处亦可出现扰动。高容重黏性泥石流, 由于流体强度大, 运动时可以滑动的方式进行, 部分表现为刚性特征, 出现塞流。泥石流在运动时, 内部成分组合形成某种结构, 因此, 泥石流又是一种结构流体。泥石流体的结构类型和结构强度与流体中黏土矿物含量有关, 也与流

收稿日期: 2003-04-25

基金项目: 国家自然科学基金资助(90102016, 40271014)。

作者简介: 刘耕年(1962-), 男, 北京大学环境学院教授, 从事地貌学与第四纪地质学的教学和科研工作。

体的容重有关。一般黏土矿物含量高,容重高,流体的强度就大^[1~3,6,8]。

高容重黏性泥石流流动时多为层流流态,泥石流体作整体搬运,处于同一层内的碎屑等速前进,最大剪切带位于泥石流底部,由于剪切差使底部大碎屑上移,形成反向粒级层。黏性特别大的泥石流运动时为塞流流态,底部层流,上部为近似刚性的“固体塞”,下部的层流剪切使底部出现反向粒级,而上部的固体塞内碎屑做整体搬运。

2 实例分析

下面介绍并分析一个高容重黏性泥石流的实例,发生地点是云南东川蒋家沟的一条小支沟“查菁沟”,下面把本例泥石流简称“查菁沟泥石流”。查菁沟泥石流是一个典型的高容重黏性泥石流。

2.1 形态特征

查菁沟泥石流流出查菁沟沟口后在蒋家沟泥石流扇上开始堆积,部分物质流过蒋家沟扇注入小江,部分堆积成泥石流扇。本次泥石流流通区下段的沟床平均坡度是 6.5° ;纵剖面前缘陡坡坡度 $50^\circ \sim 57^\circ$;表面平均坡度 $4^\circ \sim 5^\circ$;厚度 $60 \sim 70$ cm。

扁平碎屑定向排列呈现的流线构造分布围绕主流线对称分布,在泥石流舌端呈弧形,与泥石流扇的边缘平行。泥石流堆积体表面呈麻点状,尾部局部呈蜂窝状^[3]。舌形体的前缘由于阵流推挤叠加出现推挤脊和谷。

2.2 特征值分析

为了剖析泥石流堆积体的沉积特征及其所反映出来的运动和堆积机理,对其进行了系统的剖面采样。横剖面 3 个,每个剖面定 5 个采样点,每个采样点按底部、中部和顶部采样,样品 45 个。

2.2.1 粒度特征

粒度分析显示,查菁沟泥石流砾石的平均含量为 69.54% ,砂 11.99% ,粉砂 9.47% ,黏土 8.87% 。黏土和粉砂颗粒增加了流体的屈服应力,增加了流体的挟沙能力和搬运能力^[4]。黏粒 (< 0.005 mm) 含量由下游向上游减少, 9.84% , 8.55% , 8.22% ,砾石的含量由下游向上游增加, 66.46% , 71.03% , 71.15% 。垂向分布特点为顶层和底层的砾石含量高,砂在中层和底层的含量较高。砂粒级碎屑由龙头向龙尾增加。直径大于 4 mm 的砾石含量由底层向顶层减少,即 $22.51\% + 21.37\% + 14.58\%$ 。

粒度累积曲线反映龙头部位细粒含量较高,泥石流沉积物的粒度分布比较一致,分选性差,砾石的含量占绝对优势,曲线的形状属高容重黏性泥石流的分布特征^[2,6],是泥石流对源区物质整体侵蚀、搬运和堆积的产物。

2.2.2 容重等参数

查菁沟泥石流堆积体比表面、沉积稳定浓度、天然浓度、容重和大于 2 mm 累积含量的特征。比表面值 (A_s) 变化在 $202.39 \sim 557.07$, 平均 316.61 。沉积稳定浓度 (C_{vs}) 变化在 $0.640 \sim 0.801$ t/m³, 平均 0.749 t/m³, 天然浓度 (C_v) 变化在 $0.554 \sim 0.726$ t/m³, 平均 0.670 t/m³, 容重 (R_c) 变化在

$1.942 \sim 2.234$ t/m³, 平均 2.140 t/m³, 大于 2 mm 累积含量变化在 $58.1\% \sim 83.0\%$, 平均 73.9% , 即平均 73.9% 的碎屑大于 2 mm。下游容重总平均值为 2.103 t/m³, 中间为 2.153 t/m³, 上游为 2.163 t/m³, 由下游向上游,容重逐渐增加。横剖面中,容重有一定由下相上的增加的趋势,如剖面 1 底部容重平均 2.076 t/m³, 中部 2.093 t/m³, 上部 2.14 t/m³。

2.3 定向切片的结构

与特征值分析相对应,在每个点同时采集了定向沉积样品。室内对定向沉积样品进行了定向切片,并对定向切片进行了镜下分析。其中,对大于 2 mm 砾石的结构特征及其组合形成的构造特征进行了详细的观测分析。45 个样品按纵向和横向各切一块薄片,共得定向切片 90 块。

定向切片反映出,纵剖面中粗碎屑 (> 2 mm) 以倾向上游为主,每个部位底层到中层和顶层,粗碎屑的平均倾角由 $24^\circ \sim 37^\circ$ 。总的来看,高容重黏性泥石流沉积纵向定位切片中粗大碎屑反映出由底向顶倾角增大的特点,优势倾向向上游。龙头部位的砾石产状变化复杂,无明显的优势方位,与龙头运动时扰动强烈有关。

垂直流向的切片反映泥石流横剖面特征。统计切片中粗碎屑的倾向发现,主流线两侧的碎屑以向主流线 (向内) 倾斜为主,构成一种“向心状”构造。主流线上砾石平均倾角 45° ; 向两侧变小。统计表明,由底层到顶层,其碎屑的倾角增大。由龙头向龙尾,碎屑的倾角由平均 79.7° 减为平均 21.7° 。

无论是在纵剖面还是在横剖面中,碎屑的形状以片状和长柱状为主,这与源区母质碎屑有关,大部分为棱角状。这种一向和两向延伸的碎屑为组构,结构构造分析带来方便,因为它们容易把碎屑的定向性表现出来。另外一个特点就是大小混杂,分选性差。粗大碎屑很少直接接触,多呈“泥包砾”状构造^[5],反映流体的格架特点^[1,2]。

2.4 层理

野外宏观观测与室内沉积薄片观测,高容重黏性泥石流层理具有以下特点。沉积主体表现为混杂构造^[5],粗碎屑被细颗粒包围,呈泥质星悬构造。底部层流层的沉积构造多表现为纹层理构造,以细粒为主,泥石流底部层流剪切的产物,粗大颗粒被分选到上层^[7]。蒋家沟所见底泥层厚 $1 \sim 5$ cm, 占整个泥石流层的 $1\% \sim 2\%$ 。冲刷层表现为内部粗颗粒支撑,细粒粉砂和黏土少见,呈支撑—镶嵌状构造,反映流水动力特征。

3 总 结

查菁沟泥石流碎屑来自源区的风化表土和构造破碎的基岩。流通段下游沟床的平均坡度 6.5° ; 堆积区地表的坡度为 $4^\circ \sim 4.5^\circ$ 。泥石流堆积体平面上呈舌形,剖面上呈边缘陡峻的盾形,边缘坡度为 $50^\circ \sim 57^\circ$; 顶面坡度为 $4.5^\circ \sim 5^\circ$ 。

沉积物粒度组成中砾石占 69.54% , 砂 11.99% , 粉砂 9.47% , 黏土 8.87% 。砾石的含量下游较少,砂的含量由向上游减少,大于 4 mm 碎屑向顶层减少,黏土相反。

下游容重总平均值为 2.103 t/m³, 中间为 2.153 t/m³,

(下转第 7 页)

头上降低了城市生活垃圾对水土保持工作造成的冲击。并以达到“化害为利,变废为宝”的目的,加强垃圾的处理和综合利用。为便于生活垃圾的分检,每个居民区均设有大型的专用垃圾箱,用于回收玻璃包装瓶、纤维织物等;商店里大多设立废旧电池的回收箱;街道、居民区及公共场所的果皮箱则随处可见。各居民楼下设有不同用途的垃圾桶,用于分装废纸、金属及普通生活垃圾。

5 结 语

城市开发建设中人为对水土资源的不合理干预已成为水土流失主要因源之一。在未来的10~20年间,我国房地产

开发、住宅建设还将持续稳步发展,因此土地与房地产开发中的水土保持工作应是未来一段时期城市水土保持工作中的重要工作。在政府指导和监督下,应充分发挥市场机制的效力,使房地产开发者自发地在开发建设的前、中、后三个阶段高度重视水土保持工作,通过改善环境,获得市场竞争的优势。这种模式应成为控制房地产开发中水土流失的一种可行的模式。此外,政府主管部门还应通过理顺土地资源管理和城市规划体制,鼓励土地集约利用等手段促进土地与房地产开发建设中水土流失防治和水土保持工作的开展。

参考文献:

- [1] 郝天文,孔彦鸿 城市建设与水土保持[J] 水土保持通报,1998,18(3): 62- 65
- [2] 朱登铨 研究新情况,解决新问题,认真做好城市水土保持工作[J] 中国水土保持,1995(10): 2- 4
- [3] 姚少雄,等 摸清情况加强宣传推动城市水土保持工作全面开展[J] 中国水土保持,1997(1): 13- 14
- [4] 贺力平 国内市场需要与中国长期经济增长[J/OL] <http://www.neri.org.cn/company/neri/gzlw/1999/1999007.htm>,2003- 03- 10
- [5] 郑东,任明旺 略论城市水土流失及防治对策[J] 中国水土保持,2001(9): 20- 21
- [6] 李敦树 城市开发建设中“三随”现象及其防治[J] 水土保持研究,1997,4(1): 26- 29
- [7] 林文莲 城市水土流失及其防治[J] 福建水土保持,2001,13(3): 19- 23
- [8] 刘长育,原彩萍,等 长治市城市水土流失及防治对策[J] 山西水土保持科技,2000(3): 42- 44
- [9] 中国新闻网 中国城市垃圾年产量达一亿吨[J/OL] <http://dailynews.sina.com.cn/s/257268.html>,2003- 03- 10
- [10] 谢汉生,等 城市水土流失对城市环境的影响及其对策[J] 水土保持学报,2002,16(5): 67- 70
- [11] 冯长春 社区规划与生活环境品质[A] 2001北京大学第一届中国房地产财富论坛专家论文集[C] 北京:中国房地产财富论坛组委会,北京大学不动产研究鉴定中心,2001 64- 71
- [12] 郭志贤 对城市型水土保持的管见[J] 山西水土保持科技,1998(4): 22- 24
- [13] 王冬梅,等 城市水土流失及其防治对策[J] 城市发展研究,2001,8(5): 29- 30
- [14] 吴长文 城市化进程中的水土保持问题[J] 中国水土保持,1995(12): 38- 40

(上接第2页)

上游为 2.163 t/m^3 ,由下游向上游,容重逐渐增加。横剖面中,容重有一定由下相上的增加的趋势,如剖面1底部容重平均 2.076 t/m^3 ,中部 2.093 t/m^3 ,上部 2.14 t/m^3 。

总的来看,高容重黏性泥石流沉积纵向定位切片中粗大碎屑反映出由底向顶倾角增大的特点,优势倾向向上游。横向切片显示,主流线两侧的碎屑以向主流线(向内)倾斜为主,构成一种“向心状”构造。

野外宏观观测与室内沉积薄片观测,高容重黏性泥石流

层理具有以下特点。沉积主体表现为混杂构造^[5],粗碎屑被细颗粒包围,呈泥质星悬构造,大小混杂,分选性差,大碎屑很少直接接触,多呈“泥包砾”状构造^[5],反映流体的格架特点^[1,2]。底部层层层的沉积构造多表现为纹层理构造。蒋家沟所见底泥层厚1~5cm,占整个泥石流层的1%~2%。冲刷层表现为内部粗颗粒支撑,细粒粉砂和黏土少见,呈支撑—镶嵌状构造,反映流水动力特征。

参考文献:

- [1] 吴积善 泥石流的结构[A] 泥石流论文集(1)[C] 重庆:科学技术文献出版社重庆分社,1981
- [2] 吴积善,等 云南蒋家沟泥石流观测研究[M] 北京:科学出版社,1990
- [3] 王裕宜,罗贵生,刁惠芳 蒋家沟泥石流体的静力学特征[A] 见:吴积善,等 云南蒋家沟泥石流观测研究[M] 北京:科学出版社,1990
- [4] 钱宁,万兆印 泥石流运动机理的初步探讨[J] 地理学报,1984,39(1): 33- 43
- [5] 崔之久,熊黑钢 泥石流沉积相模式[J] 沉积学报,1986,4(2): 69- 79
- [6] 张信宝,何淑芬 云南盈江浑水沟泥石流流体组成的初步分析[M] 重庆:科学技术文献出版社重庆分社,1981
- [7] 倪晋仁,等 固液两相流基本理论及应用[M] 北京:科学出版社,1991
- [8] 寇玉贞,吴积善 蒋家沟泥石流泥土矿物初步分析[J] 山地研究,1987,5(4): 218- 224