

# 西藏特大规模碎屑流堆积特征

朱平一, 王成华, 唐邦兴

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

**摘 要:** 2000-04-09 日由上游雪崩激发, 导致中游地区的波密县境易贡藏布下游支沟扎木弄巴(沟)滑坡, 沿程强烈侵蚀而暴发国内外罕见的特大规模碎屑流, 并形成了气浪堆积、顶托江水堆积、反弹堆积、刨蚀堆积、寒冻风化堆积、地崩物质堆积等 6 个不同于滑坡、泥石流的碎屑流堆积。

**关键词:** 雪崩; 滑坡; 碎屑流

**中图分类号:** P642.23

**文献标识码:** A

西藏东南部易贡藏布下游的扎木弄巴(沟), 于 2000-04-09 下午 8 时发生目前国内罕见的特大规模碎屑流, 波及长度 2.6 km, 堵塞长度 1.5 km, 形成高 130 m 的天然坝, 堵断易贡错(湖)的出口, 使正常流量  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  左右的易贡藏布断流, 而中、上游的地表径流和冰雪融水又不断地注入, 使库容  $75.4 \times 10^8 \text{ m}^3$  的易贡错(湖)水面由海拔 2 220 m, 每天以 50 cm 的涨幅上升, 直接危害湖区周围藏、汉等多民族居民和国内外著名的易贡茶基地。

当坝长  $B=300 \text{ m}$ , 局部溃决口门宽度  $b=100 \text{ m}$ , 水头(溃坝前上下游水差)  $H_0=40 \text{ m}$  时, 按  $Q_m=0.9B^{1/4}b^{3/4}H_0^{3/2}$  计算出局部溃决的最大洪水流量为  $3.025 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$ , 再加堵塞物质的参与, 最大流量可达  $4.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s} \sim 5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$ , 使堵塞坝以下 17.0 km 两岸正常年洪水 ( $1\,200 \text{ m}^3/\text{s}$ ) 水位突然上升近 100 m, 使两岸近万人遭受洪水威胁, 包括 17.0 km 处的国道 318 线通麦大桥(设计流量  $1\,700 \text{ m}^3/\text{s}$ )。

## 1 扎木弄巴(沟)地区环境概况

易贡地区大地构造属拉萨—波密褶皱带, 处于南仰北倾, 自北向南的大推覆构造的复向斜轴部, 产生有北东向的林芝断裂与北西向西的波密断裂, 该区构造为复杂。其地层主要为石炭—二迭系深变质的通麦花岗岩片麻岩, 后经印支期、燕山期, 以及后来的喜山期等多期造山运动强烈褶皱变质而成。该区周边是西藏中强地震 ( $M_s=4.0 \sim 5.9$  级) 强烈活动区, 统计表明, 发生在帕隆藏布流域内的中强地震 14 次, 占近 100 年来帕隆藏布流域内中强地震总数的 42.4%, 处于明显的活跃期之中。尤其是 1982-04-23T0:39:10 的 5.3 级地震, 导致了 102 大滑坡的形成。

易贡地区位于西藏东南部雅鲁藏布大拐弯东北角, 河谷属亚热带北缘一年两季气候, 即 5~10 月的雨季和 11~4 月的旱季。这时年降水丰沛, 多年平均达 1 086.1 mm, 雨季降水平均为每年降水量的 70.4%, 旱季中 11~2 月降水最少, 每月为几毫米到几十毫米, 3~4 月主要是春雪, 最大降水月主要发生在 6 月, 占全年降水的 21.2%, 最大可达 32.7%。年平均温度 11.9℃, 最高可达 13.2℃(1953 年)。该地区具有雨日多, 雨量较小; 有暴雨, 频率低; 年雨量大, 年际变化小; 降水垂直递增率大等气候特征, 体现了亚热带深切河谷的暖热气候。

## 2 扎木弄巴(沟)流域概况及成灾历史

扎木弄巴(沟), 又名辛陇弄巴(沟), 位于川藏公路通麦段易贡藏布下游东岸,  $94^\circ 56' 30''\text{E} \sim 95^\circ 00' 30''$

收稿日期: 2000-02-28; 改回日期: 2000-04-15.

作者简介: 朱平一(1950-), 男(汉族), 重庆江津人, 研究员, 毕业于成都理工学院。长期从事泥石流的发生形成、冲刷淤积、发展趋势研究, 先后多次获国家及省、部级科技成果奖, 1998 年获国家科研政府津贴。

E, 30° 10' 10" N ~ 30° 14' 40" N。流域面积31.8 km<sup>2</sup>, 其中, 现代冰川与积雪面积2.2 km<sup>2</sup>, 主沟长9.7 km, 沟床平均降52.6‰, 源头海拔5 610 m, 沟口海拔2 190 m, 高差3 420 m(图 1)。据资料表明<sup>[1]</sup>, 扎木弄巴(沟)历史上多次冰川泥石流活动。1902 年盛夏, 在长期连续大的降雨之后, 突然断流15 d, 下午从山内冲出泥石流, 山谷振荡, 房屋摇晃, 5 km 外能听到响声。泥石流跃过 易贡藏布, 直爬岸坡, 将沟口附近一带 50 余户房屋、牲畜及大片庄稼地淤埋, 易贡藏布被阻断达一月之久, 形成了巨大的河道型湖泊。湖水

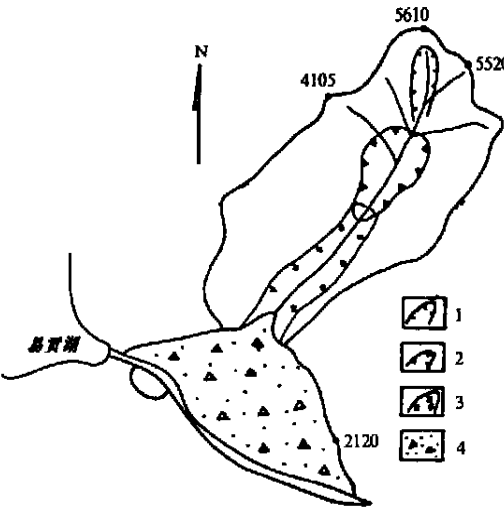
位比现今高出 50 m 以上。泥石流堆积扇面积 11.6 km<sup>2</sup>, 形 成 长 3.2 km ~ 3.6 km, 宽 1.2 km ~ 2.5 km, 最大厚度达 140 m, 最小厚度达 75 m 的天然坝。堆积物质达 5.1 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>, 上游湖水淹没范围 51.9 km<sup>2</sup>, 天然坝一个月后溃决, 溃流量 27.0 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>。自此年以后, 10 余年冰川融雪泥流活动频繁。

3 扎木弄巴碎屑流堆积特征

据野外实地考察, 扎木弄巴(沟)堆积形态, 可分为 6 个堆积类型(图 2)。

1. 前缘气浪影响沉降堆积类型 该区主要表现为地表植物的叶和枝上均布满粘粒粉尘, 波及长度达 3.5 km, 前缘地带的树枝均被破坏, 仅残留树干, 由于大量飞石作用, 树皮大部分被撞剥。

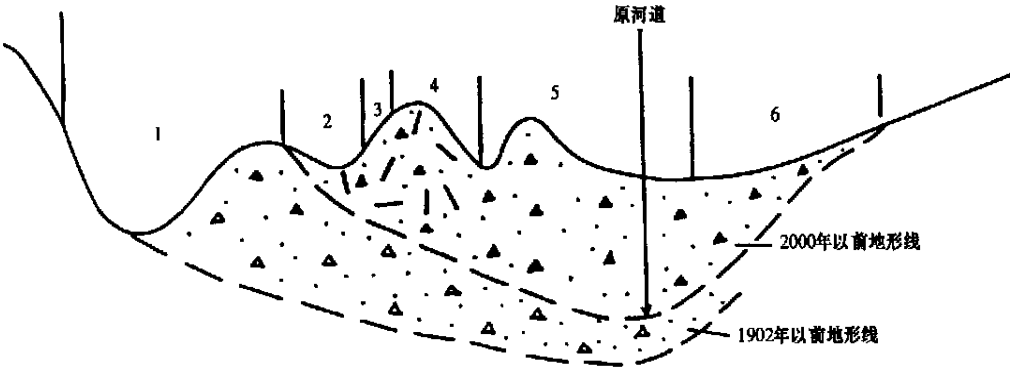
2. 顶托江水堆积类型 该区主要表现为地表多处出现凹陷负地形, 而且残留部分水和大量树木, 形成大小不等的湖泊, 这是由于碎屑流的快速运动, 顶托易贡藏布所致。



1. 雪崩区 2. 滑坡区 3. 刨蚀区 4. 堆积堵塞区

图 1 扎木弄巴(沟)成灾概貌图

Fig. 1 The general map of the zamunong gully



1. 气浪沉降堆积区 2. 顶托江水堆积区 3. 反弹堆积区  
4. 刨蚀物质堆积区 5. 寒冻风化坡堆积区 6. 雪崩物质堆积区

图 2 扎木弄巴(沟)碎屑流堆积分类图

Fig. 2 The deposition of zamunongba debris flow

3. 反弹堆积类型 由于碎屑流的快速运动, 前缘顶部与河道西侧老残留体碰撞的反作用力, 使其呈弧形逆向抛撒在堆积体前缘表面。

4. 刨蚀堆积类型 碎屑流在高速运动中, 对流域下游两岸坡产生强烈的侵蚀作用, 与此同时, 巨大的作用力又使饱蚀部分以同等速度运动, 当跨过易贡藏布后, 受到西侧老残留体的阻挡, 而爬高停淤,

形成前缘隆起的堆积峰, 堆积体富含大量植被残迹。砾石具次棱角状或次圆状, 细颗粒物质呈杂色, 代表了具充分氧化作用的产物。

5 寒冻风化物堆积类型     该类型主要表现为少含或不含植被残迹, 而且细颗粒物质色调单一, 呈浅灰色, 粘粒含量少, 砾石具棱角状。

6 雪崩物质堆积类型     该类型主要为雪崩物质经快速运动后消能产生停淤, 堆积体现体内不含植被残迹, 细颗粒含量少, 主要以岩屑转石为主。据调查, 该堆积类型中含有大量的雪团, 经消融后使堆积体产生大量的孔隙。

4 碎屑流发生模式

根据实地考察和当地调查, 从而基本上了解了扎木弄巴(沟)流域的碎屑流的发生模式(图 3)。

由于易贡地区雨季的提早, 前期降水使流域下游丰富的松散物和中游凹地寒冻风化汇集物丰富含水, 加之上游大量春雪的迭加, 最终导致上游主沟发生中大型雪崩, 近  $2.02 \times 10^6 \text{ m}^3$  的雪崩物质从数百米的陡山坡倾泻而下, 推动中游凹陷地形中近  $1.0 \times 10^8 \text{ m}^3$  的寒冻风化储蓄物滑动, 并沿着近  $30^\circ$  的沟床高速流动, 巨大的势位能使其运动速度达到近  $50 \text{ m/s}$  左右, 这巨大快速的流体, 对下游床数百米宽的岸坡产生强大的侵蚀力, 使近  $1.1 \times 10^8 \text{ m}^3$  的两侧坡积物沿基山接触面失去稳定, 参与倾泻而下的物质沿  $26^\circ$  的沟床流动, 前端形成高达  $100 \text{ m}$  左右的龙头直冲对岸, 在原河床西侧老残留体的拦挡下停淤, 而龙头部分受阻爬高扬起, 从而产生逆向抛撒堆积, 由于碎屑流龙头形成的不一致性, 快速顶托易藏布, 形成间断的凹陷小湖盆。

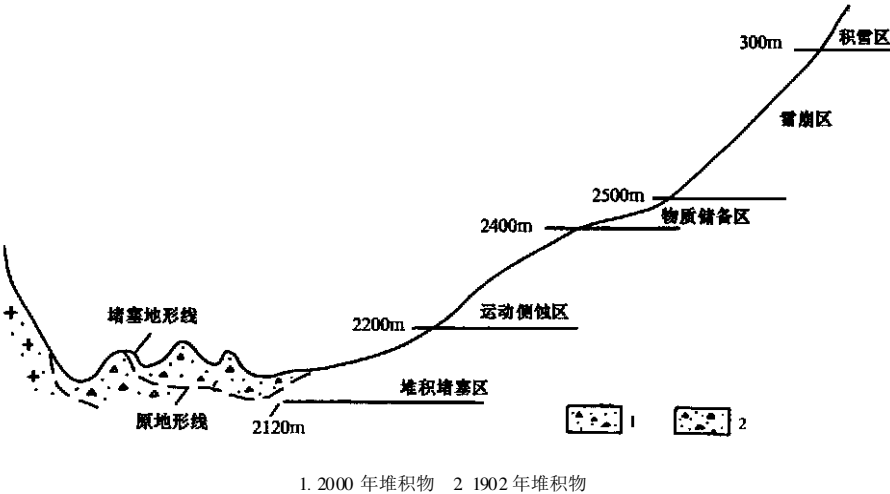


图 3 扎木弄巴(沟)碎屑流发生分区图

Fig. 3 The devided map of zamunangba debris flow formation area

碎屑流发生后, 由于流域内山体的稳定性遭到破坏, 近期小规模雪崩和两岸塌十分活跃, 最高可达  $3 \text{ 次/h}$ 。

参考文献:

[ 1 ] 吕儒仁, 唐邦兴, 朱平一. 西藏泥石流与环境[ M ]. 成都: 成都科技大学出版社, 1999. 32~ 68

THE DEPOSITION CHARACTERISTIC OF SUPPER DEBRIS FLOW IN TIBET

ZHU Ping-yi, WANG Cheng-hua, TANG Bang-xing  
(*Institrte of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences*  
& *Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041 PRC*)

**Abstract:** A supper debris flow had occurred on 9th Aril 2000, at the Zhamulongba gully of the down reach of Yigongzangbu River. The characteristic of debtis flow deposit is quite df-fERENCE as the common landslide and debris flow. It has 6 deposition types: pneumatic deposition, river deposition, repercussion deposition, plane deposition, frozen weathering deposition adn wnow avalanche deposition.

**Key words:** snow avalanche; landslide; debris flow



硕士、博士研究生招生信息

中国科学院成都山地灾害与环境研究所李勇研究员与德国、比利时教授联合招收土壤侵蚀与水土保持专业硕士、博士研究生。李勇博士系洪堡学者, USDA 土壤保持实验室高访学者。入选中国科学院山地环境学“百人计划”和农业部“神农计划”,并首批入选“引进国外杰出人才”。

1. 硕士研究生招生计划:

专业代码、名称及研究方向	导 师	合作导师	招收数	考试科目	考试时间
070501 自然地理学 土壤质量与土壤侵蚀	李 勇 研究员	M. Frielinghaus 教授(德国)	2 名	英语、政治、高等数学、 自然地理、水土保持学	全国统考

2. 博士研究生招生计划:

专业代码、名称及研究方向	导 师	合作导师	招收数	考试科目	考试时间
070501 自然地理学 05 土壤侵蚀与水土保持	李 勇 研究员	J. Poesen 教授(比利时) H-R. Bork 教授(德国)	2 名	英语、现代自然地理学、山地环境学	每年二次; 3 月, 10 月

联系人: 610041 成都市人民南路四段九号中科院山地所人教处 梅雯 Tel: 028- 5229890