

天山泥石流灾害的形成条件和过程特点^{*}

熊黑钢

刘耕年

崔之久

(新疆大学地理系, 乌鲁木齐 830046)

(北京大学城市与环境学, 北京 100871)

宋长青

(中国科学院植物研究所, 北京 100039)

提 要 泥石流是天山主要自然灾害之一。天山泥石流按触发因素可以分为暴雨型泥石流和冰川型泥石流两类。目前天山泥石流主要对交通运输造成灾害, 在部分地点对厂矿企业和居民点造成灾害。天山泥石流的形成和发生有其特点, 掌握其形成条件和过程特点有利于减轻自然灾害。

关键词 泥石流 灾害 天山

1 泥石流灾害概况

泥石流是天山山地主要自然灾害之一, 对交通、采矿、牧业和居民造成较大危害。天山泥石流灾害形成和暴发过程有其特点和规律。天山泥石流按触发因素可以分为两大类: 一类由暴雨洪水引起, 称为暴雨型泥石流; 另一类由高温引起强烈的冰雪消融洪水引起, 称为冰川型泥石流。天山中、高山带是泥石流经常出现的地段, 如依连哈比尔尕山、喀拉乌成山、那拉提山和博格达山都有泥石流发生的报道。一般情况下, 在高山区主要暴发冰川型泥石流, 而中低山带主要出现暴雨型泥石流。横跨天山的独(独山子)库(库车)公路穿越海拔 1 000~ 3 500 m 的山区, 沿线泥石流灾害频繁, 给交通运输造成很大的危害。本文拟以独库公路北段独山子至那拉提之间的泥石流灾害为例, 探讨天山冰冻圈泥石流的形成条件、过程特点和减灾措施。

天山独库公路北段哈希勒根 86~ 87 km 处几乎每年都有泥石流暴发造成交通中断, 甚至事故。该公路 1974 年动工始建, 1983 年竣工。公路勘察时把许多活动的泥石流沟当做死泥石流沟处理, 在 86 km+ 600 m 处泥石流沟上设计修建了两座跨径 4 m 的涵洞排水。1977 年涵洞修好的第一年, 泥石流就把涵洞和公路埋没, 以后每年都有泥石流发生。1983 年公路交付使用时, 在该沟口清除泥石流堆积 1 万余 m^3 , 清理出一条 200 m 长的路堑以便通车, 尚有 8000 m^3 未清除, 1984 年的一场泥石流又把路堑埋没使交通中断。据不完全统计, 1984~ 1993 年该处共暴发 15 场泥石流, 泥石流总方量超过 20 万 m^3 , 堆在路面的碎屑方量约 2 万 m^3 (表 1), 每次泥石流灾害都使交通中断 3~ 5 天, 有时长达半月。1987 年 5 月至 1988 年 7 月, 独库公路北段长 110 km 路段共有 22 处暴发泥石流, 其中有几处是 1977 年以

* 国家自然科学基金, 中国科学院天山冰川观测研究站基金资助。

来第一次发生泥石流。1987 年的泥石流使交通中断 15 天,掩埋两辆汽车,造成较大的经济损失。

2 地形和碎屑条件

独库公路北段泥石流危害最严重的地区是哈希勒根,尤以 85 km + 600 m 三岔河道班沟泥石流规模大,频率高。上游 95 km 和下游 26~27 km 等地亦为泥石流多发地。哈希勒根地区分水岭海拔 4 000 ~ 4 500 m,沟谷海拔变化在 2 300~3 500 m 之间,有现代冰川发育,以冰斗冰川和小型冰舌冰川为主,有两处冰川泥石流发生区(图 1)。由表 1 可见,85 km+ 600 m 处泥石流多为冰川型泥石流。哈希勒根沟谷源头的冰川和雪斑为消融水提供了条件。如 85 km+ 600 m 处泥石流沟源头冰川面积 1.7 km²,流域面积约 5 km²,堆

表 1 独库公路哈希勒根 85 km+ 600 m 泥石流暴发统计

Table 1 Debris flows at 85 km+ 600 m in Haxilegen area along Duku Highway			
暴 发 时 间	泥石流	堆在路面	触发 原因
	总方量 (m ³)	的泥石流 方量(m ³)	
1984- 06- 01 17: 00~ 19: 00	-	3500	暴雨
1984- 06- 24 18: 00~ 21: 00	-	2500	高气温
1984- 06- 25 16: 00~ 次日 2: 00	110000	3200	高气温
1984- 06- 26 16: 00~ 次日 2: 00	10000	1000	高气温
1984- 07- 13 18: 00~ 24: 00	50000	1000	高气温
1985- 06- 13 17: 00~ 20: 00	10000	1500	高气温
1985- 07- 01 18: 00~ 22: 00	-	2000	高气温
1985- 07- 02 17: 00~ 22: 00	-	4000	高气温
1986- 07- 13 20: 00~ 21: 00	-	500	高气温
1987- 07- 11 16: 00~ 22: 00	30000	2500	高气温
1991- 06- 23 pm	-	-	暴雨
1992- 07- 15 pm	8000	-	高气温
1993- 06- 28 19: 23~ 22: 25	39000	500	高气温
1993- 06- 29 17: 21~ 21: 40	26000	300	高气温
1993- 07- 01 19: 23~ 21: 45	6000	300	高气温

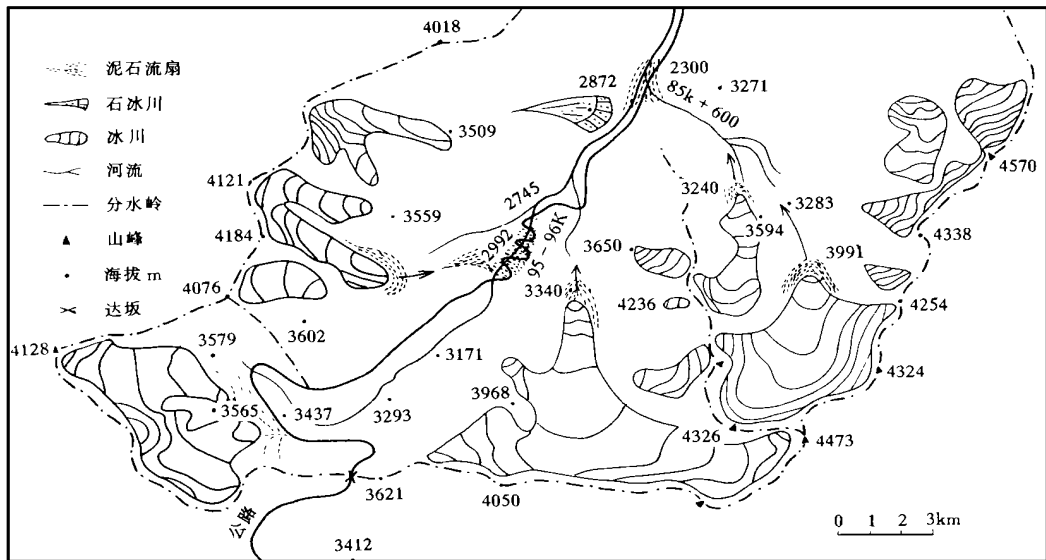


图 1 独库公路哈希勒根地区地形和泥石流分布图

Fig. 1 Landforms and distribution of debris flows in Haxilegen area along Duku (Dushanzi Kuqa) Highway

积区的面积不足 0.5 km²,夏季冰川和积雪分布在海拔 3 200~ 4 300 m,堆积区在海拔 2 200~ 2 300 m,冰雪源区的山坡坡度 40° ~ 60°,泥石流流通区的坡度 16° ~ 33°,平均坡度

28°。哈希勒根谷地朝向北, 两侧的山坡分别朝向 NW 和 SE, 冰川和雪斑覆于阴坡。强烈切割的地形为泥石流提供了坡度条件。

天山地区冰川型泥石流的固体碎屑物质来自冰碛物和寒冻风化崩解的碎屑。冰碛物主要由小冰期遗留的几道冰碛垅提供。哈希勒根地区小冰期冰碛垅有 2~ 3 道, 最多的可以分辨出 6 道, 它们紧紧围绕在现代冰川下方。这种现象在天山其它地区亦然。在阿尔卑斯山、安第斯山和北美落基山等都有高温融冰雪水形成洪水引发泥石流的报道^[1,2,3]。此外, 新冰期和末次冰期的冰碛也是泥石流的重要物源。

寒冻风化碎屑是泥石流的又一重要物源。天山高寒山区年均气温较低, 强烈的寒冻风化和冻融作用使岩石崩解, 形成大量风化碎屑。以天山乌鲁木齐河源大西沟为例, 据大西沟气象站(海拔 3 580 m) 资料, 平均每年气温在 0℃上下波动的天数达 130 天。那里海拔 3 300~ 4 000 m 之间的基岩山坡遭受强烈的寒冻风化, 形成大量的石溜坡、岩屑堆。温度条件相似但水分条件要好的哈希勒根, 根据实地考察和测量, 其寒冻风化碎屑的产出率要比乌鲁木齐河源高。哈希勒根地区的基岩为泥盆、石炭纪页岩、砂岩和板岩, 构造十分破碎。根据对 1981~ 1990 年寒冻风化碎屑的统计, 海拔 3 300 ~ 3 500 m 之间阳坡的平均碎屑产出率为 $0.006\sim 0.0084\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{a})$, 阴坡为 $0.00059\sim 0.0055\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{a})$, 与世界上其它地区相比, 天山寒冻风化碎屑的产出率是相当高的^[4]。寒冻风化碎屑有些暂时滞留在较缓的基岩山坡上形成石溜坡, 有些滚落到坡底和沟底形成倒石堆(岩屑堆)。天山冰冻圈寒冻风化倒石堆宽可达 50~ 100 m, 高 10~ 30 m, 构成泥石流的丰富物源。

独库公路海拔 1 500~ 2 500 m 的中山带泥石流多由暴雨引发。如 1993 年 7 月 8 日凌晨 2:00~ 3:00 时和 10 日下午 17:00~ 18:00 时, 在 26~ 27 km 处分别出现两次由暴雨引起的泥石流。其固体物质主要来自支沟沟底碎屑和山坡上的风化层。这两次泥石流的规模较小, 历时也较短。哈希勒根里程碑 95 km 段也经常发生冰川泥石流, 如 1993 年 6 月 28 日的高温天气也使该处暴发了泥石流。图 1 可见, 哈希勒根谷地东侧的冰川泥石流影响 85 km + 600 m 路段; 西侧的冰川泥石流影响 95 km 上下的一段公路。其碎屑物质由冰碛提供, 水分由冰雪提供, 地形背景为现代冰川和古冰川作用形成。因此, 这里的泥石流与冰川联系密切, 对冰川地貌、冰川沉积等的研究在减轻泥石流灾害方面具有重要意义。

3 气象条件

高寒山区形成泥石流的气象条件不但要考虑降水, 而且必须考虑温度, 特别是持续的高温天气。因为持续的高温会引起冰雪强烈消融产生洪水, 触发泥石流。由表 1 可以看出, 独库公路 85 km+ 600 m 处 1984~ 1993 年统计的 15 场泥石流, 有 13 场由高温引起, 仅有两次由暴雨引起。这表明高山寒区泥石流主要为融冰雪水型, 即冰川型泥石流。从时间上看, 哈希勒根冰川泥石流在 1984 年发生在 6 月下旬, 1985 年发生在 7 月上旬。对比独山子(海拔 730 m) 气象资料, 这里在 1984 年 6 月 26 日出现了 39℃的极端最高气温, 1985 年 7 月 3 日前后也出现了 37.8℃的极端最高气温。两次有记录的极端最高气温均引发了 85 km+ 600 m 处的冰川泥石流。经沟口(海拔 2 300 m) 气象观测, 当气温达到 25℃时, 上游就会暴发冰川泥石流。冰雪源区的气象观测得知, 在海拔 3 700 m 气温达到 4~ 8℃时即暴发泥石流。泥石流出现的时间一般在 6 月下旬和 7 月上旬的下午, 与冰雪强烈消融的季节和时间一致。消融水的汇积区在海拔 3 400~ 3 900 m 之间, 也就是冰川泥石流的形成区; 泥石流的成灾

区一般在海拔 2 000~ 3 000 m, 即泥石流的流通区和堆积区。

天山中低山区的泥石流多由暴雨引起。如 1993 年 7 月 8 日凌晨 2~ 3 时和 10 日下午 17~ 18 时, 在独库公路 26~ 27 km 段两次暴雨引发了两次泥石流。这两次暴雨搬运碎屑总量约 500 m³, 有 50~ 100 m³ 的碎屑堆在公路上造成交通中断^[2]。天山暴雨泥石流的报道很多, 如乌鲁木齐河后峡泥石流中断交通; 吐鲁番西北阿拉沟泥石流破坏工厂、学校、住房和交通设施^[5]; 巩留县博图沟 1991 年 6 月 7 日凌晨暴雨触发滑坡, 滑破又演变为泥石流造成人畜伤亡^[6]。天山暴雨型泥石流发生和成灾区一般在海拔 1 600~ 2 500 m 之间, 时间多半在 6、7、8 三个月。独库公路泥石流属李鸿琰等^[7]划分的亚大陆型冰川泥石流区, 但应区别出高山区的冰川泥石流和中低山区的暴雨泥石流两个不同的亚区。

4 成灾特点和防治措施讨论

天山中低山暴雨泥石流发生区和高山冰川泥石流发生区的环境背景条件和泥石流的触发因素不同, 成灾的特点和防治措施亦有区别。暴雨型泥石流出现的频率较低, 特别是在同一条沟中的重现率很低。另外暴雨型泥石流一般规模较小, 持续的时间短, 相对来说其造成的危害较小。天山泥石流灾害主要由冰川型泥石流造成。其特点是: 由冰碛和寒冻风化碎屑提供固体物质; 夏季高空的反气旋是造成高温的主要原因, 特别是受强大的南亚高压控制时出现极端高温天气, 使冰雪强烈消融, 引起泥石流; 泥石流暴发的季节多在 6 月下旬和 7 月上旬, 泥石流暴发的时间多在下午 16 时之后; 泥石流的规模较大, 持续时间较长。冰川泥石流的容重可达 2.46 t/m³, 一般为 1.9~ 2.3 t/m³, 为高容重粘性泥石流, 在地形作用下流速较大, 具有巨大的冲击力, 对交通的威胁很大。冰川泥石流具阵性暴发的特点, 一般每一阵次泥石流的过境时间为 0.5~ 3 分钟, 间隙 1~ 2 分钟, 可以持续暴发 2~ 10 小时不等, 长时间的中断交通。每场冰川泥石流搬运碎屑 6 000~ 40 000 m³ 或更多, 常掩埋公路和车辆。在形成危害的流通区和堆积区, 泥石流具有大冲大淤的特点。

根据泥石流的形成条件和过程特点, 结合山区的实际情况, 建议采取以下对策减轻灾害, 减少损失: (1) 在泥石流多发区(点) 建立气象监测预报系统, 特别注意极端高温天气和暴雨过程, 尽早确立泥石流暴发的临界气象条件; (2) 通过工程设施疏导堵拦泥石流, 保护受胁迫的公路、桥梁、建筑等; (3) 新开辟用地之前首先做区域调查和填图, 识别泥石流的发生和影响区; (4) 有些公路无法避开泥石流沟时, 可修建大跨度高架桥通过, 或在泥石流沟下修筑隧洞穿过。

参 考 文 献

- 1 邓养鑫. 天山博格达地区冰川泥石流. 冰川冻土, 1983, 5(3): 235~ 239.
- 2 邓养鑫. 天山独库公路北段泥石流研究. 干旱区地理, 1994, 17(1).
- 3 Costa J E. Flood from dam failures. In: Flood Geomorphology, Baker V.R *et al.*, (eds), 451~ 453.
- 4 刘耕年, 熊黑钢. 中国天山高山冰缘环境中的寒冻风化剥蚀作用及其影响因素. 冰川冻土, 1992, 14(4): 332~ 341.
- 5 陈亚宁, 穆桂金. 天山阿拉沟泥石流科学考察专辑. 干旱区地理, 1991, 14(增刊).
- 6 胡汝骥. 新疆巩留县博图沟泥石流灾害调查. 干旱区地理, 1992, 15(1).
- 7 李鸿琰, 蔡祥兴. 中国冰川泥石流的一些特点. 水土保持通报, 1989, 9(6): 1~ 9.

ENVIRONMENTAL CONDITION AND PROCESS OF THE CATASTROPHIC DEBRIS FLOW IN TIANSHAN MOUNTAINS

Xiong Heigang

(Department of Geography, Xinjiang University, Urumqi 830045)

Liu Gengnian Cui Zhijiu

(Department of Geography, Peking University, Beijing 100871)

Song Changqing

(Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)

ABSTRACT

Debris flow is one of the most serious natural hazards in Tianshan Mountains. According to trigger agent, the debris flows can be divided into storm type which is caused by storm flood, and glacial type which is caused by flood from melting of snow and glacier in hot weather. At present, debris flow causes damage mainly to transportation, sometimes to mining and residents in the mountainous area. The catastrophic process and the forming condition of the debris flow show regional regularity, therefore, the research of its distribution, processes, and environmental condition is useful in mitigating the natural hazard.

Key Words: Debris flow; Hazard; Tianshan Mountains

(收稿日期: 1995- 11- 20; 改回日期: 1995- 12- 30)