

# 中国冰川泥石流的一些特征

李鸿琏 蔡祥兴

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

## 提 要

本文重点阐述中国近期冰川泥石流的区域分布、发育条件与类型特征。中国的冰川泥石流主要分布在东经102°以西、现代冰川急剧消退的10多座山系中,其中海洋型冰川区泥石流最发育,亚大陆型冰川区泥石流次之,极大陆型冰川区泥石流最弱。按成因划分泥石流类型有冰雪消融型、冰雪融水与雨水混合型及冰湖溃决型。泥石流的发生率与规模,也以海洋型冰川区泥石流为大,如西藏古乡泥石流1964年发生85次,最大流量2.86万立方米/秒。

我国从五十年代开始,陆续开展了全国重点泥石流区域考察、定位观测与实验研究,已积累了较丰富的资料。全国的泥石流虽然尚未查清,但重点区域的泥石流分布及活动特征已基本掌握。北起阿尔泰山,南至海南岛,西起喀喇昆仑山,东至沿海丘陵低山区,以及台湾省,均有相当数量泥石流。我国可能是世界上泥石流最多的国家。

中国泥石流多分布在西部高山区和高原的边缘区<sup>[1]</sup>。这些地区不仅多暴雨泥石流,而且以大量冰碛物与冰雪融水和冰湖溃决水为动力的冰川泥石流也广泛发育。

本文仅对我国冰川泥石流的分布、成因类型及活动特征,作些初步分析。

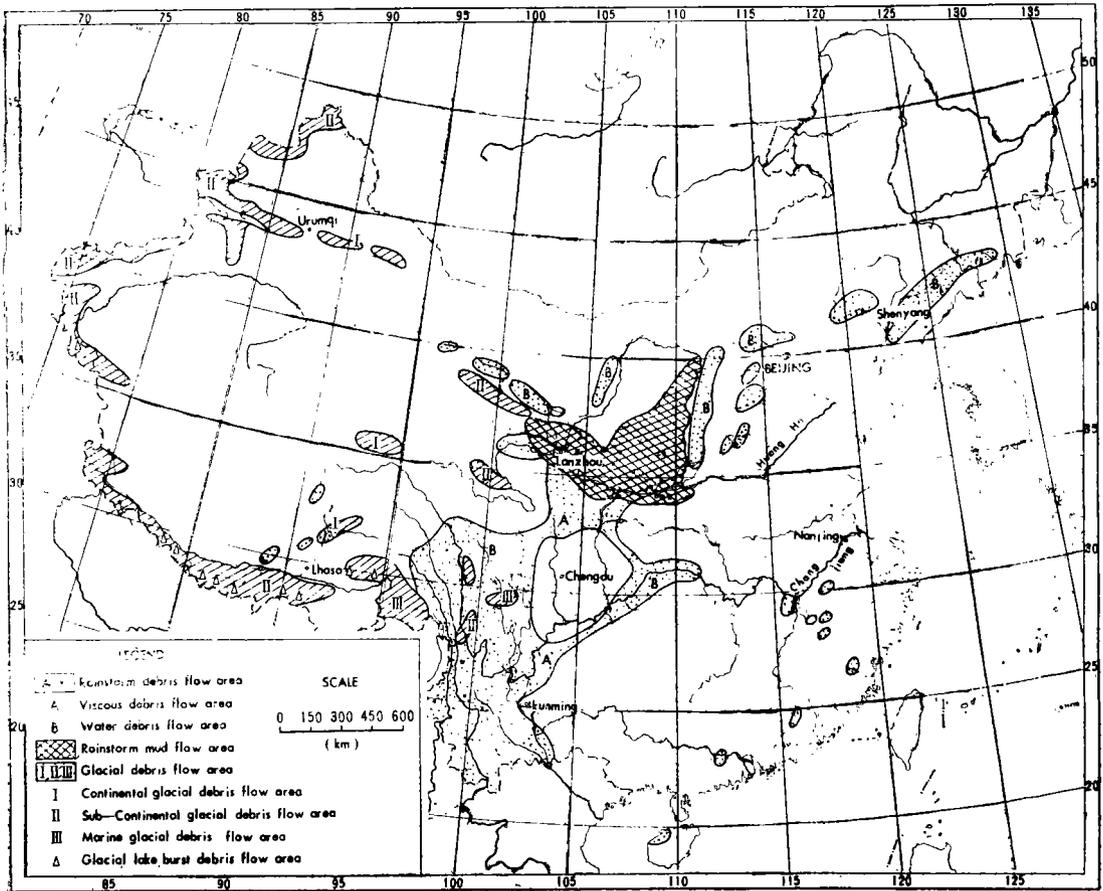
## 一、冰川泥石流的地理分布

现代泥石流主要分布在高山冰川急剧消退的山区,如苏联的高加索、外伊犁阿拉山<sup>[2]</sup>,美国西太平洋沿岸的尼雷尔山区<sup>[3]</sup>、阿拉斯加的楚加奇斯克叶什(Чугачскчеш)区及委内瑞拉西部山区<sup>[4]</sup>。中国是世界上中纬度山地冰川较多的国家,冰川总面积约5.65万平方公里,占亚州中部山地冰川面积的一半<sup>[6]</sup>。因而冰川泥石流分布广泛,东经102°以西的10多座大山系中均有泥石流,其分布密度受冰川区的水热条件、冰川的物理性质和类型的制约。现依冰川类型<sup>[6]</sup>和泥石流发育程度,分为以下三个区域(图1):

**1、海洋型冰川泥石流区。**本区包括念青唐古拉山至横断山地带及喜马拉雅山南坡等暖性冰川区。<sup>[7][8][9][10]</sup>这里泥石流最发育,也是研究较详尽的地区,进行了区域考察,还在西藏古乡沟和加马其美沟<sup>[11]</sup>设立短期观测站,收集了较全面的资料。由于该区位于青藏高原南侧,深受印度洋气流的影响,气温高,降水多,冰雪储量丰富,冰川进退活动明显,冰崩雪崩繁多,加剧泥石流活动的固体物质和水源都充足。现代冰川区都孕育着产生泥石流的条件,以受地震导致冰崩雪崩或冰湖溃决而破坏了冰碛物稳定的地区尤其活跃。如受1950年强震作用的雅鲁藏布江河谷及其支流波斗藏布江、易贡藏布和东久河等地泥石流集中而活跃。波斗藏布江下游沿岸长500公里内,有灾害性泥石流200多处<sup>[8]</sup>,著名的古乡、迫隆、加马其美、章陇弄巴等大泥石流沟都集中在这里;南迦巴瓦峰地区也有大型泥石流40多处<sup>[12]</sup>。横断山区泥石流以贡嘎山为多,也有40多

处<sup>[18]</sup>。

**2、亚大陆型冰川泥石流区。**本区包括喀喇昆仑山、阿尔泰山、中国西天山、祁连山东段及喜马拉雅山北坡等温性冰川区。由于该区冰川具有较大的活力，部分冰川尚具跃动性质，所以这里的泥石流也十分发育，以冰湖溃决型泥石流为特色。由西风气流供给充沛降水的喀喇昆仑山，是中国中纬度属世界最大的冰川作用区<sup>[6]</sup>，冰川快速前进堵塞成的湖泊溃决时有发生<sup>[15]</sup>，冰崩雪崩也较盛。现已查明，中国与巴基斯坦交界的山区就有很多大规模泥石流<sup>[16]</sup>，中国对巴托拉冰川区的泥石流进行了详细考察<sup>[17]</sup>。中国西天山巩乃斯河流域及北疆至南疆的公路沿线，雪崩融水型泥石流到处可见（据王中隆、张治中提供的资料）。根据苏联的泥石流分布图和有关资料<sup>[2][18]</sup>，天山西段和阿尔泰山也是冰川泥石流很发育的地区。祁连山东段属季风的强弩之末，



I—极大陆型冰川泥石流区；II—亚大陆型冰川泥石流区；  
III—海洋型冰川泥石流区；△—冰湖溃决型泥石流。

图1 中国西部泥石流分布图

冰川作用弱，泥石流分布零星。喜马拉雅山北坡多为冰湖溃决型泥石流。

**3、极大陆型冰川泥石流区。**本区包括天山东段、祁连山西段，昆仑山和青藏高原北部的冷性冰川区。该区年降水量300—500毫米，冰雪积累少，冰川活动弱。尽管冰碛物很丰富，但水源不足，泥石流分布稀疏且规模小。已知天山博格达峰等地有冰雪融水型泥石流<sup>[19]</sup>，祁连山寺大隆和冷龙岭北坡，均发生灾害性泥石流<sup>[14][20]</sup>。青藏高原发育有融冻泥流和石冰川充水形成的小型泥石流<sup>[21]</sup>。

## 二、冰川泥石流的形成

目前,对冰川泥石流发育的环境有了较一致的看法<sup>[41][22]</sup>,认为在冰川前进或稳定时期,因缺乏固体物质,当形成堵塞湖或遇大型冰崩时才产生泥石流<sup>[23]</sup>。它的普遍发育,是气候转暖,冰川消融加剧<sup>[24]</sup>,突发性水源增加,大量岩屑从冰体中解脱出来后的间冰期中出现的,是全球性同期发生的灾害现象。

依据斜坡上的土体移动机制,冰川泥石流属于水动力类型<sup>[25]</sup>。因此坡度对泥石流的形成和运动都很重要。数以千万方计的泥石体,以高达10—20米/秒的速度一倾而下,全仰赖于陡峻的地形。例如,秘鲁北部哈萨伦(Huasaran)山一处冰湖溃决泥石流,是从海拔5,700米的高山,沿

比降0.22的山沟流经14公里到海拔2,570米的一座城市,最大流速110米/秒<sup>[4]</sup>,布朗宁(J. M. Browning, 1973)认为是雪崩速度。

用国内外资料绘制的泥石流形成区的沟道比降图(图2)表明,冰川泥石流形成区比降一般达0.20—0.30,比我国暴雨泥石流形成区为大<sup>[26]</sup>。

我国多山谷冰川,新老冰碛物相当丰富。冰碛层的厚度贡嘎山达200多米<sup>[6]</sup>,古乡沟200—300米,储量达4亿立方米<sup>[7]</sup>,祁连山也在100米以上。每年从现代冰川中融出的岩屑也很可观,古乡沟2平方公里的冰川中每年脱出10万立方米碎石。

通过冰碛成分分析发现,经寒冻风化和冰川研磨的物质,无论原岩石软硬,其粘土含量均超过6%<sup>[27]</sup>,粉砂量达12%以上,高于中国东部粘性泥石流含粘粒量的下限(图3)。

高山冰川区因供水方式不同,泥石流的形成过程和规模均有所异,分述如下:

**1、冰川融水型泥石流。**现有资料表明,产生冰川泥石流的水源,以冰川融水为主,积雪融水和液态降水为次。海洋型冰川区的古乡沟冰川区5—9月的总水量560万立方米,其中冰川融水约550万立方

米,融雪水12.4万立方米,雨水6.7万立方米;亚大陆型冰川的巴托拉冰川区,冰融水占75%,融雪水12.6%,雨水12.4%<sup>[28]</sup>;大陆型冰川区大部分为固态降水<sup>[28]</sup>。

冰川消融主要靠持续高温和雨水潜热,辐射消融占很大比例,喀喇昆仑山达89.2%(日518.7卡/平方厘米)<sup>[30]</sup>。这些热量要素可以用气温来表征。我国冰川区的年平均气温,海洋型冰川区可达0℃,亚大陆型冰川区-2℃以下,一些极大陆型冰川-10℃—-15℃<sup>[6]</sup>。由此可见,

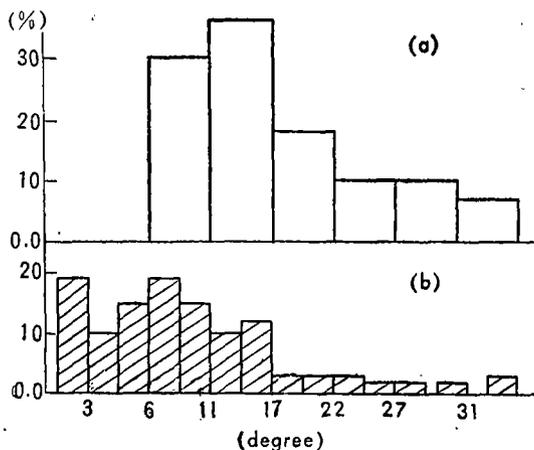
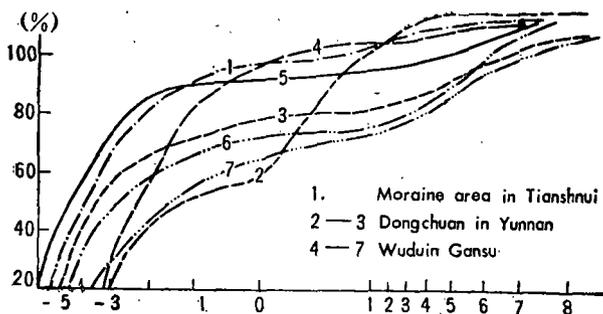


图2 冰川泥石流形成区(■)与流动区(□)的沟床比降



1—念背唐古拉山西段亚大陆型冰川的冰碛,由片麻岩、大理岩、花岗岩、闪长岩组成; 2—天山博格达峰极大陆型冰川的冰碛,以辉长岩与辉绿岩为主; 3—西藏卡加曲海洋型冰川的冰碛,岩性同1; 4—博格达冰湖沉积物。

图3 冰碛物的粒度曲线

冰川消融以夏季为主，并限于冰舌部分。消融深度相当于1,500—2,500毫米水银柱，由此限定了泥石流发生的时间。

促使冰川急剧消融并能激发泥石流的日平均气温，海洋型冰川区约5℃，亚大陆型冰川区为9℃<sup>[20]</sup>，极大陆型冰川区为7℃。发生泥石流的持续高温多出现在焚风天气，如1940年，苏联中央高加索的郎巴什里河、库伦克尔河、阿基尔苏河同时发生了泥石流。海洋型冰川区常在副热带高压控制下发生泥石流<sup>[31]</sup>，但就全年的水体来源看，要比其它类型冰川区复杂得多。从古乡沟资料中选择有代表性的气象要素绘于图4。从图4中可以看出，无论天气晴阴或下雨，均可发生泥石流。但最适宜的是晴天高温，日平均气温达9℃，或高温多雨，如图4中7月1日和22日，泥石流分别达16次。

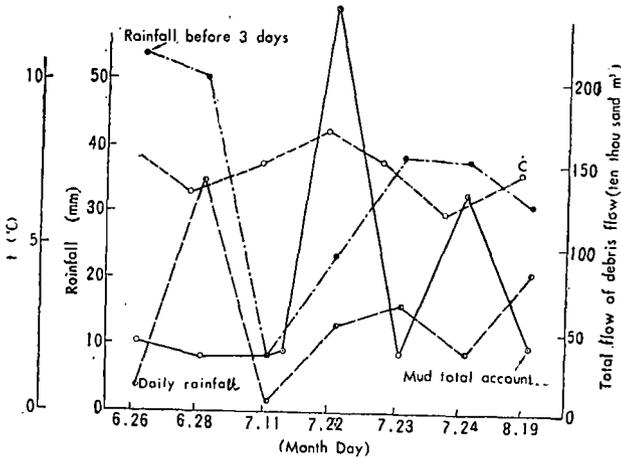


图4 古乡沟泥石流发生次数与温度、冰川消融和降水量的关系

海洋型冰川泥石流形成的另一特征是，季节性积雪与冰川的分布位置差异大，消融时间差两个月。不同时间出现不同成因的泥石流，如古乡6月融雪水为主，7月以冰川与积雪融水为主，8—9月以冰川融水为主。当年源头区共发生泥石流515次：6—7月共417次，8月156次，9月27次。

**2、冰湖溃决型泥石流。**冰面湖、冰内湖、冰川堵塞湖及冰碛湖统称冰川湖。输入的水超过湖的容量，或冰崩雪崩体落入湖中，或地震等使湖溃决的洪水，均可引起泥石流。

中国的极大陆型冰川温度低，热融作用弱，冰面和冰下水系均不发育<sup>[32]</sup>，同时运动速度小<sup>[33]</sup>，一般无冰面湖和冰川堵塞湖，泥石流由冰碛湖溃决形成。据冰川学家研究<sup>[34]</sup>，温性冰川，特别是暖性冰川，水热条件优越，冰体压力大<sup>[4]</sup>，冰内水系发育，并存在冰内湖与冰面湖。例如，巴托拉冰川冰内，拥有储水量9,000万立方米的巨大空穴，有直径200—300米，深100米的深坑，因冰塑性闭合或突然崩塌排出的水，足可形成大规模泥石流。但中国境内因冰湖溃决引起的泥石流为数较多（表1），例如，喜马拉雅山南坡的次仁玛措湖，于1981年7月的持续高温影响下，7月10日约有700万立方米冰块滑入容量约2,000万立方米的湖中，使湖溃决，形成总流量为160万立方米的泥石流，流到尼泊尔境内，200多人罹难<sup>[35]</sup><sup>[38]</sup>；徐道明对该山区的朋曲河和波曲河流域356处冰碛湖溃决过程考察后认为，落入湖中的大量冰块的冲击，是溃决的主要原因（《科学报》1987年9月8日）。1965年西藏东部工布江达的大规模泥石流，也是冰块滑入湖中引起的（唐邦兴）。II. A. 契尔卡索夫（1953）描述了外伊犁阿拉套山图尤克苏冰湖溃决泥石流，那是1951年8月20日，冰融增加，湖水位上升，长600—700米、宽50—60米、厚15—20米的冰碛堤充水溃决，出现体积20万立方米的泥石流，流经10公里<sup>[37]</sup>。

冰川堵塞湖也多出现在水热条件较好的地区。如巴托拉的帕提巴尔冰川，1957年与1974年分别出现517.5米和1,314米的运动速度，日最大流速0.59米<sup>[16]</sup>，多次堵塞河谷，酿成大型泥石流<sup>[17]</sup>。喀喇昆仑山北坡的叶尔羌河也常发生堵塞湖溃决洪水，和泥石流<sup>[17]</sup><sup>[38]</sup>。另外，由埋藏冰的融化也可引起泥石流<sup>[39]</sup>。

**3、冰崩雪崩型泥石流。**海洋型冰川区和亚大陆型冰川区，大型冰崩雪崩繁多<sup>[40]</sup>，可为泥石

表 1

中国及邻近地区冰川湖溃决型泥石流

冰川湖名称	地理位置	溃决原因	时 间 (年.月.日)	泥 石 流 状 况
色旺冰碛湖	西藏江孜楚马河	冰舌崩塌落入湖中	1954.7.7	泥石流洪水淹没大量村庄、农田,造成有名的“江孜大水灾”
达门拉咳冰碛湖	西藏工布江达唐布郎沟	冰舌崩塌体落入湖中	1964.9.26	造成大规模泥石流,冲出砂石160万立方米,堵断尼羊河
洛扎县境内冰碛湖	喜马拉雅山北坡	冰舌崩塌落入湖中	1981.6.24	大规模泥石流,公路、农田和村庄遭严重破坏
次仁玛冰面湖 冰碛湖	喜马拉雅山南坡 章藏布	冰川体落入湖中,使储水2,000万立方米的湖溃决	1964 1981.7.21	泥石流波峰高25米,冲毁中尼公路桥,冲出泥砂120万立方米,塞堵河流
扎嘎木冰川湖	加加渡口至吉隆公路沿线		1981.6	造成大规模泥石流,冲毁公路
章隆弄巴冰碛 堵塞湖	易贡藏布	降水使湖溃决	1920	规模巨大的泥石流堵江成湖
麦兹巴赫冰川 堵塞湖	天山南坡阿克苏河	冰融水流入	秋季多发生	泥石流洪水波及阿克苏城
嘎普山冰川湖	喀喇昆仑山	冰融水流入	1929	产生总量4立方公里的泥石流
帕提巴尔冰川 堵塞湖	喀喇昆仑山	冰融水增加溃决	1974.4.11	泥石流高30米,堆成80米高的拦河坝,堵洪扎河
凯亚加冰川堵塞湖	喀喇昆仑山北坡	冰川融水增加	每年夏秋发生	形成大规模洪水泥石流
老虎沟冰碛湖	祁连山西段	冰川融水增加	1976.8	产生稀性泥石流

流提供足够的水体和泥砂。据我们考察,西藏东南部的冰崩雪崩十分发育,易贡藏布支流勒曲藏布中一处雪崩堆积体约8,000万立方米,覆盖了300米宽的河谷;据古乡沟面积10平方公里的围谷统计,有200多处雪崩堆,其中含有2.6%的碎石。据A.科瓦列夫研究<sup>[23]</sup>,当气温高达15℃时,可融化5,000立方米的粒雪和粉冰,若使土砂含水量达13%,在雪崩堆上便可形成泥石流。规模大的冰崩雪崩常由地震引起。苏联高加索山1940年地震,引起亚拉拉特山北坡冰崩,冰块移至10俄里外堆积高200—300米的石堆,三天后形成巨大泥石流<sup>[37]</sup>。瑞士一次冰崩形成的泥石流,埋没一座城市,死亡约2万人。阿拉斯加1964年地震,使26条冰川区同时发生泥石流<sup>[4]</sup>。1950年8月15日西藏察隅8.5级地震,使雅鲁藏布江拐弯区13条沟发生冰崩泥石流<sup>[12]</sup>,其中古乡沟冰崩规模颇大,大量冰雪从海拔6,000米高的少女峰腾空而下,堵塞上游峡谷,历时3年后的1953年9月,恰遇比往年同期多200毫米的降水和极端最高温度达30.3℃的天气<sup>[41]</sup>,终于在9月29日发生流量28,600立方米/秒的泥石流,以高达40—95米的浪头破山而出,冲出砂石100万立方米<sup>[42]</sup>,堵断波斗藏布江,形成长70公里、深40米的湖泊。

### 三、冰川泥石流的活动特征

(一) 冰川泥石流的活动周期及原因分析。泥石流活动存在1—2万年的长周期和几百年

或十几年的短周期。萨克夫 (X. Я. Закев, 1968) 和卡斯特尔斯姆 (Т. Н. Калстрем, 1966) 根据冰川变化划出80—90年、160—180年、283年、567年、1,133年、1,700年、3,400年、20,400年及40,800年周期; 马克辛莫夫 (Е. В. Максимов) 根据不同山区冰川反映的气候特征, 划分出1,850年和40,800年周期; 瑟科 (А. И. Шеко, 1980) 以太阳活动与大气环流为依据, 较系统地研究了苏联境内的冰川泥石流活动, 划分出5—6年、10—11年、20—22年周期<sup>[43]</sup>。谭万沛 (1980) 分析西藏东南部气候波动、大气环境、太阳活动与泥石流的关系认为, 存在11年周期<sup>[44]</sup>。中国西部冰缘区1.5—2万年以前及距今8—4千年间的气候最宜时期, 冰川普遍消退时<sup>[24]</sup>, 泥石流最活跃<sup>[20]</sup>。长江以南的庐山也在中更新世早期、全新世中期和近期, 分别出现三期泥石流<sup>[45]</sup>。

泥石流的长周期, 以气候演变、植物兴衰、新构造运动等大范围的环境变化为背景。冰川泥石流主要受制于气候冷暖干湿变化所反映的冰期与间冰期的水热条件。泥石流的短周期, 直接受固体物质与水源变化的制约。我们根据西藏东南部和喀喇昆仑山等地的气候及水热条件变化、冰川进退波动与泥石流活动关系的分析结果 (表2), 得出冰川泥石流活动的以下特征:

1、冰川泥石流以高温与丰富的冰川融水为条件, 主要发育在冰川急剧消融退缩的间冰期。

2、跃动型冰川区的泥石流, 以冰川进退波动频繁、冰雪积累大于消融阶段为活跃, 具有明显的短周期, 如表2中的巴托拉泥石流。另如苏联对帕米尔熊冰川 (Medvezhiy Glacier, 面积25平方公里) 的研究<sup>[46]</sup>, 1963年前进1.6公里, 日最大速度40米, 堵断万奇河成湖, 溃决后形成灾害性泥石流。活动周期为12—14年, 预测1974—1975年再次前进, 实际上1973年3月开始前进, 至5月份前进1.5公里, 再次堵河成湖。

3、冰川泥石流活动与短期内的气温冷暖波动无明显关系, 如本世纪六十至七十年代, 中国冰川区普遍降温, 若干山区的冰川前进, 但泥石流依然活跃。

4、冰川前进与后退虽然反映了气候变化的周期, 但并不同步, 冰川变化比气候变化滞后。例如, 本世纪初至二十年代的小降温, 在巴托拉冰川区 (面积285平方公里) 至1966年才有反映, 滞后40多年<sup>[17]</sup>。阿尔卑斯山的特泽冰川 (Pasterze, 面积24平方公里, 长10公里) 滞后3—7

表2 本世纪内部分冰川泥石流活动与水热条件的关系

年 代	1900—1910	1990—1920	1930	1940—1950	1950—1960
西藏东南部冰川区 <sup>[46]</sup>					
气 温	温 暖	冷		温 暖	冷
降 水	湿 润	干 旱		雨 水 偏 多	
泥 石 流	活 跃	稀 少		活 跃	
喀喇昆仑山巴托拉冰川区 <sup>[46][47]</sup>					
气 温	小 降 温		增 温	降 温	
降 水	减 少			增 加	
冰 川 变 化	前 进 至 稳 定		年 后 退 3.4 米	年 前 进 11 米	
泥 石 流	稀 少			活 跃	

年。预测常态冰川区的泥石流活动时，应根据冰川的物质平衡原理，考虑冰川对气候波动反映的滞后性。

(二) 冰川泥石流的年际活动特征。冰川泥石流由于不同的成因，各具活动的特征。瑟科(A. Шёко, 1980)指出，即使同一地区的泥石流，其活动因成因而异。

由冰碛坍塌或冰崩物质补给的泥石流，其规模和发生次数均随固体物质与水流遭遇的情况而变化，一般都是由强变弱。于1965年曾用此观点预测了古乡沟泥石流的发展趋势，认为除地震引起大规模冰崩外，如同1953年的那种特大泥石流不会再重演，随着冰碛沟槽的展宽，水与冰碛遭遇的机会减少，泥石流将逐渐减弱。近20年来的事实表明，这一预测与实际是一致的。它于1953年首次暴发，六十年代达到高潮，最多的一年发生85次，持续时间最长的一次达63小时；据目前所知，它居世界首位(表3)。易贡藏布章隆弄巴沟1902年冰碛坍塌堵塞沟道，形成规模巨大的泥石流，其后的10—20年内活跃，四十年代以后减弱。

表3 不同成因的泥石流发生频率与规模

沟名	地区	成因类型	频率(次/年)	最大Qc 立方米/秒	冲出量 (万立方米)	r。
古乡沟	念青唐古拉山	冰川融水	1—85	28,600	1,000	2.3
章藏布	喜马拉雅山	冰湖溃决	17年2次	159,200	400	2.0
寺大隆	祁连山	冰雪融水	10年1—2次		42	2.0
帕提巴尔	喀喇昆仑山	冰湖溃决	几十年一次	6,300	500	2.0
Кауч—Крук	Рейнуг	冰川融水	8—10年1次	280	$3.3 \times 10^6$	2.0
小阿尔马金河	外伊犁阿拉套	冰碛湖溃决	10多年1次	10,000	$3.8 \times 10^6$	2.4
Жарсай—Нессык	同上	冰湖溃决	几年1次	12,000	$8 \times 10^5$	2.0
蒋家沟	云南东川	暴雨	一年几次至20多次	2,000		2.3

冰湖溃决型泥石流，是周期性发生的。西藏的若干冰湖约4—14年溃决1次<sup>[44]</sup>，喀喇昆仑山的冰湖溃决有10—100年的间隔期。苏联的美里巴哈拉(Мерибахара)冰湖在三十年代至六十年代，几乎连年溃决，间隔较长的只有4年到5年<sup>[45]</sup>。阿拉斯加的60多个冰湖中，大部分的存在年限长达40—60年，其间曾多次溃决<sup>[46]</sup>。相比之下，中国的冰湖相对稳定些，这可能与水热条件较差有关。

(三) 冰川泥石流的季节性活动特征。冰川泥石流活动，在中国境内与暴雨泥石流具有同期性。海洋型冰川区与亚大陆型冰川区的泥石流发生在5—10月，大陆型冰川区泥石流在5—8月为多。与西风气流区域的泥石流相比，我国的冰川泥石流又有出没时间长的特征。苏联中亚的麦兹巴哈冰湖溃决泥石流在1932—1967年的35年内共发生23次，9—10月份内60%<sup>[43]</sup>。

鸣谢。冰川研究室的王彦龙、王中隆、张志中和王立伦等同志提供了尚未发表的资料，谨致谢忱。

#### 参 考 文 献

- [1] 李鸿璜：“中国西部山区泥石流的初步研究”，《1981年铁路泥石流学术会议文集》，1983。
- [2] Академия Наук СССР: Сели в СССР и Меры борьбы с ними, Издательство, «Наука» Москва, 1964.
- [3] 唐纳德, 理查森：“1968年美国西太平洋沿岸的冰川暴发洪水”，译载《冰川冻土译丛》1981年第1期。

- [4] Ю. Б. Виноградов: “Гляциальные прорывные паводки и селевые помоки”, Гидрометеондам, Ленинград, 1977.
- [5] 施雅风等: “中国冰川目录的进展与问题”, 《冰川冻土》第4卷第2期, 1982年。
- [6] 施雅风等: “中国冰川的基本特征”, 《地理学报》, 第30卷第2期, 1964。
- [7] 李鸿璜: “西藏东南部山区冰川泥石流的地质地貌作用”, 《中国地理学会1965年地貌学术讨论会文集》, 科学出版社, 1965。
- [8] 杜榕桓等: “川藏公路沿线泥石流及其工程防治”, 《中国科学院兰州冰川冻土研究所集刊》第4号, 科学出版社, 1985。
- [9] 吕儒仁: “横断山区泥石流活动特征、形成条件及防治问题”, 《山地研究》第4卷第1期, 1986年。
- [10] 杜榕桓等: “青藏高原东南部冰川泥石流的特征”, 《中国科学院成都地理研究所论文集》, 1980。
- [11] 唐邦兴: “西藏高原的泥石流”, 《中国科学院成都地理研究所论文集》, 1980。
- [12] 刘世建, “南迦巴瓦峰地区泥石流概要”, 《山地研究》, 第2卷第3期, 1984。
- [13] 胡发德等: “贡嘎山地区泥石流分布特征”, 科学技术文献出版社重庆分社, 1982。
- [14] 冯清华等: “中国冰川泥石流分布及特征”, 《1981年铁路泥石流学术会议文集》, 1983。
- [15] 蔡祥兴: “巴托拉冰川邻近地区的泥石流”, 《喀喇昆仑山巴托拉冰川考察与研究》, 科学出版社, 1980。
- [16] 王文颖等: “巴基斯坦帕尔提巴尔跃动冰川近况”, 《冰川冻土》第2卷第1期, 1980年。
- [17] 蔡祥兴等: “帕尔提巴尔沟冰川泥石流的成因及其发展趋势”, 《冰川冻土》, 第2卷第1期, 1980年。
- [18] М. И. Ивилонова: “О закономерностях развития селей гляциально-сокогорного пояса Тянь-шаня”, Труды физико-географической Сессии Тянь-шаня том I.
- [19] 邓养鑫: “天山博格达峰地区的冰川泥石流”, 《冰川冻土》第5卷第3期, 1983年。
- [20] 中国科学院兰州冰川冻土研究所等: 《甘肃泥石流》, 人民交通出版社。
- [21] 崔之久: “试论昆仑山垭口地段的石冰川与融冻泥流”, 《中国科学院成都地理研究所论文集》, 1980。
- [22] 李鸿璜等: “泥石流的堆积特征及其与冰碛的某些异同”(摘要), 《中国地理学会冰川冻土学术会议论文集》(冰川学), 科学出版社, 1982。
- [23] А. 科瓦列夫: “大高加索雪被和冰川在泥石流形成中的作用”, 译载“冰川冻土译丛”1981年第1期。
- [24] 施雅风: “三十年我国冰川学研究的进展”, 《冰川冻土》, 1979年第2期。
- [25] 钱宁等: 《泥砂运动力学》, 科学出版社, 1983。
- [26] 李鸿璜等: “泥石流输移与沉积的若干特征”, 《中国第四纪冰川冰缘学术讨论会文集》, 科学出版社, 1985。
- [27] 郑本兴: “中国西部冰川沉积的若干现象”, 《中国第四纪冰川冰缘学术讨论会文集》, 科学出版社, 1985。
- [28] 萧 铀: “试论大气中水汽、降水与我国现代高山冰川分布的关系”, 《冰川冻土》, 1981年第2期。
- [29] 李 械等: “巴托拉冰川融水径流的基本特征”, 《喀喇昆仑山巴托拉冰川考察与研究》, 科学出版社, 1980。
- [30] 白重璠等: “巴托拉冰川辐射和热量平衡的某些特征”, 《喀喇昆仑山巴托拉冰川考察与研究》科学出版社, 1980。
- [31] 张顺英: “西藏古乡沟泥石流暴发的气候条件及其预报的可能性”, 《冰川冻土》第2卷第2期, 1980年。
- [32] 黄茂桓: “我国冰川的温度”, 《冰川冻土》4卷1期, 1982年。
- [33] 黄茂桓: “我国大陆型冰川运动的某些特征”, 《冰川冻土》第4卷第2期, 1982年。
- [34] 张祥松等: “巴托拉冰川末端冰融水道的变迁与新河道的稳定性”, 《喀喇昆仑山巴托拉冰川考察与研究》, 科学出版社, 1980。
- [35] 杨宗辉: “西藏境内的泥石流近况与整治”, 《全国泥石流经验交流会论文集》, 科学技术文献出版社

重庆分社, 1982。

- [36] 徐道明: “中尼公路1981年冰湖溃决与泥石流特征”, 《冰川冻土》, 1986。
- [37] Г. К. Тушинский: Гляциальные селевые помок, Ледники, Снежники, Лавины Советского Союза, М. Географгез, 1963.
- [38] 谢自楚: “中国冰川的分布特征及变化”, 《中国地理学会冰川冻土学术会议论文集》(冰川学), 科学出版社, 1982。
- [39] М. И. Ивилонова: Гляциальные селевые помоки, Исследования ледников в районах, вып 3, Изд АН СССР М. 1963.
- [40] Wang Yanlong: An outline of avalanches in China, Coed regions and technology, 13 (1986) 11—18, Elsevier Science.
- [41] 施雅风: “西藏古乡地区的冰川泥石流”, 《科学通报》, 1964年第6期。
- [42] Du Ronghuan: “Depositional properties of glacial debris flow in the Guxiang gully of Tibet, Memoirs of Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology”, Chinese Academy of Sciences, No. 4, 1985.
- [43] А. И. Шеко: Закономерности формирования и прогноз селей, Москва «НЕДРА». 1980.
- [44] 谭万沛: “西藏泥石流活动周期的初步探讨”, 《中国科学院成都地理研究所论文集》, 1980。
- [45] Zhang Xiangsong: “Changes of the Batura Glacial in the Quaternary and recent times Professional Papers on the Glacier Karakoram Mountains”, 科学出版社, 1980。
- [46] Shi Yafeng: Forecasting the change of the Batura Glacier this and the next centuries, Professional Papers on the Batura Glacier Mountains, 科学出版社, 1980。

## The glacial debris flow of China

*Li Honglian    Cai Xiangxing*

*(Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Academia Sinica)*

### Abstract

This paper mainly elaborates the regional distribution, developing conditions and the typical characters of recent glacial debris flow in China. The glacial debris flow mainly distributes in more than ten modern melting glacier mountain systems which locate at the west of 102°E, among them, the glacial debris flow in maritime area develops extensively, in subcontinental areas takes a second place in developing extendity and develops weakest in extracontinental area. According to the causes, the debris flows are classified as the type of melting ice and snow, the mixed type of melting ice and snow with rain and the type of bursting glacier lake. The frequencies and scales of debris flow bursting are great in maritime glacier area, for instance, Guxiang debris flow in Tibet bursted 85 times in 1964, the maximum discharge was 600m<sup>3</sup>/s.