

贡嘎山地区泥石流形成的水热组合分析

徐小飞^{1,2}, 马东涛¹, 何德伟^{1,2}, 黄海^{1,2}

(1. 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; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100392)

摘要: 贡嘎山位于青藏高原东缘、大雪山脉中南段, 区域地形地貌复杂, 气候多变, 泥石流活动频繁。近年来, 随着全球气候变暖, 冰川的退缩, 泥石流灾害日趋严重。对近 40 a 来该区泥石流发生的年际、年内和暴发前夕的水热组合分析发现: 湿热的水热组合最有利于泥石流的形成, 泥石流类型不同, 其水热组合也存在一定的差异。冰川泥石流暴发的年内降水变化曲线多呈双峰或多峰型, 气温曲线一般呈单峰型, 而冰雪雨水型泥石流暴发当月的气温和降水都比较高, 气温和降水变化曲线一般都呈单峰型。

关键词: 贡嘎山地区; 泥石流; 气候变化; 水热组合

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

丰富的松散物质、必要的地形条件和足够的水源激发条件是泥石流形成的必要条件, 其中地形条件是相对稳定的, 山坡固体物质积累也是一个缓慢而平稳的过程, 水源条件是随机变化的过程, 泥石流发生主要由水源激发条件决定。水热组合, 即气温和降水在时空中的组合, 是影响水源激发条件和泥石流发生的关键所在。吕儒仁^[1]曾分析了西藏地区泥石流发育的气候背景, 认为湿热和半湿热气候对泥石流的暴发最为有利。李鸿琰等^[2]对我国冰川泥石流和暴雨泥石流发育的气候环境研究发现, 气候冷干向暖湿, 或暖湿向冷干的过渡阶段, 气候波动最大, 有利于冰川泥石流的形成。谭万沛^[3]曾对西藏泥石流的活动周期进行过研究, 认为泥石流活动主要与气候波动、大气环流的多年振动以及太阳活动关系密切。程根伟^[4]研究发现暴雨泥石流暴发的准周期性是由固体物质补给条件和水源激发条件组合分布决定的, 其暴发既不是周期性的, 也不是纯随机性的, 而是具有准周期性。

贡嘎山地区位于青藏高原东缘, 地貌类型多, 高差大, 构造运动活跃, 地震频繁, 气温多变, 降水充

沛, 冰川广布^[5-7], 泥石流活动较为强烈^[8]。近 50 年来, 该区气温上升明显, 降水增加, 冰川退缩速度加快, 泥石流发生频繁, 给当地造成了重大的损失。据相关资料记载^[9-11], 自 1960 年代以来, 贡嘎山地区有 13 a 暴发了规模较大的泥石流, 其中以 1989 年燕子沟泥石流和 2005 年磨西河全流域的泥石流影响最大。本文通过对贡嘎山地区气象、水文、冰川和泥石流等方面的相关资料的分析, 对历次泥石流暴发时的年际、年内水热组合进行了研究, 揭示了泥石流发生的水热组合规律和气候环境背景, 以期预测该区泥石流的发展趋势、防灾减灾、研究该区对全球气候变化的响应提供依据。

1 泥石流的发育环境

受地形地貌、地质构造、气候及冰川作用的影响, 贡嘎山地区泥石流发育, 灾害较为严重。据初步统计, 区域内有泥石流沟 46 条, 分布在贡嘎山东坡大渡河、磨西河和湾东河, 南坡的田湾河, 西坡的莫溪沟, 北坡榆林河、折多河、雅拉河等流域内, 其中以

收稿日期 (Received date): 2007-03-05; 改回日期 (Accepted): 2007-06-14.

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金项目西部重大研究计划 (No. 90202007) 支持 [The study is supported by Key Research Plan of National Natural Science Foundation of China (No. 90202007)]

作者简介 (Biography): 徐小飞 (1981-), 男, 安徽宣城人, 硕士研究生, 主要从事地质灾害形成机理与防灾减灾研究. E-mail: xxfliang@163.com [Xu Xiaofei, male, born in Xuancheng, Anhui, graduated student major in mechanism and mitigation of geo-hazards]

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

东坡泥石流最为发育。根据水源补给形式, 该区泥石流主要分为暴雨泥石流、冰雪雨水泥石流和冰川(冰雪融水)泥石流三个类型。

1.1 地形地貌

贡嘎山位于横断山系的大雪山中南段, 大致呈南北走向, 地貌复杂, 山高坡陡, 主峰海拔 7 514 m, 到磨西河与大渡河交汇口海拔降至 976 m, 水平距离仅 29 km, 相对高差达 6 548 m^[6]。区域内岭谷高差一般 1 500~ 3 000 m, 山坡坡度一般 > 30°。5 000 m 以上的区域终年积雪, 现代冰川广布。区内泥石流沟发育, 多呈“V”型谷, 流域面积大, 沟床比降 > 100‰ 为泥石流的暴发提供了优越的势能条件。该区自第四纪以来, 冰川作用强烈, 在泥石流沟谷的沟底和两侧留下了巨厚的冰碛层, 冰碛物为泥石流提供了 50% ~ 60% 的松散物质^[10]。

1.2 地质构造

区内出露主要有泥盆系、二叠系、三叠系地层, 零星分布震旦系和志留系地层, 并出露古老的侵入岩体, 岩性复杂。该区处于青藏板块与扬子板块的交接地带西侧, 受构造运动的影响, 区内产生三组断裂带, 即以大渡河断裂为主的南北向断裂带, 以鲜水河断裂带为主的北西向断裂带和以玉农溪断裂为主的北东向断裂带, 形成了贡嘎山菱形断块^[5]。区域新构造运动较为活跃, 地震活动频繁。据四川省地震局的统计资料, 鲜水河断裂带自公元前 26 年至 1997 年间, 共发生 7 级以上地震 8 次, 6~ 6.9 级地震 12 次, 地震烈度 VII~ VIII 岩土体较为松散破碎。

1.3 气象水文

该区地处亚热带, 气候类型复杂, 受地形条件的影响, 东、西两坡气候存在较大差异^[7]。东坡主要受东亚季风的影响, 潮湿多雨, 冬暖夏湿, 云雾多, 日照少, 属于亚热带湿润季风气候, 海洋性冰川发育, 冰川消融强烈, 泥石流活动十分强烈; 西坡主要受西南季风影响, 气温低, 日较差小, 日照强烈, 降水较少, 属于亚热带高原气候, 泥石流活动较弱。

在海拔 3 000 m 以内, 随高度升高, 气温降低, 降水增多, 且气温下降速率与降水增长速率都在减小(表 1)。通过对贡嘎山 3 000 m 站 1988~ 2005 年 5~ 8 月各日降水量统计发现, 日降水量 > 50 mm 的有 8 d, > 40 mm 的有 31 d, > 30 mm 的 89 d, > 20 mm 的有 297 d。河川径流主要由降水、冰雪融水和地下水共同补给, 且冰川融水所占比例最大^[12]。为泥石流的形成提供了充分的水热条件。

表 1 贡嘎山地区相邻气象站多年平均气温和降水量

Table 1 The annual mean temperature and precipitation on the weather stations in Mt Gongga

站名	海拔 (m)	年平均气温 (℃)	年降水量 (mm)	资料年代 (年)
泸定站	1 321	15.20	651.70	1981~ 1990
磨西站	1 640	12.70	1 030.83	1992~ 2005
贡嘎山站	3 000	4.16	1 963.97	1988~ 2005
康定站	2 615	7.1	814.1	1952~ 1993

1.4 人类经济社会活动

人类不合理的活动也是导致该区泥石流发生的一个重要因素。由于地处高山峡谷区, 人多地少, 当地居民长期以来刀耕火种, 毁林开荒, 大面积破坏了地表植被, 在一定程度上使地表失去了天然的被覆, 同时使地表土壤疏松, 水土保持功能锐减。近年来随着贡嘎山地区旅游事业的发展, 吸引了大批的游客前来观光旅游, 人类活动的范围和强度增强。同时, 为了满足当地的生存和发展, 公路、水电站、灌溉和旅游设施等工程开始大规模修建, 对自然生态环境造成严重破坏, 引起许多的崩塌、滑坡事件, 一定程度上加剧了泥石流的活动。

2 泥石流形成的水热组合

贡嘎山地区现代冰川广布, 冰雪融水是该区河流上游的重要补给源。根据前人 1982 年和 1990 年冰川考察资料, 晴日冰川日消融水深可达 4~ 7 cm, 阴天也有 1~ 3 cm, 平均日消融率约为 10 mm/℃。冰雪融水占河川径流的 43% 以上^[12]。本区即使在无降雨的条件下, 也会暴发泥石流。因此, 在研究泥石流水源条件时, 不仅要考虑降水, 同时也要重视气温的作用, 即要充分考察水热的不同组合方式对泥石流的影响。

2.1 年际水热组合

经过对磨西站气温和降水观测资料的插补延长, 取得了年平均气温和降水资料, 用距平分析后绘制成曲线(图 1), 图中以降水正距平为湿, 负距平为干, 气温正距平为热, 负距平为冷。研究发现: 1960 年代中期气候相对湿热, 气温和降水都处于下降阶段, 水热组合由湿热转向干冷; 1969 年到 1986 年, 虽个别年气温和降水偏高, 但水热组合总体相对干冷, 平均气温距平为 - 0.28℃, 平均降水距平百分

率为 - 6 28%; 1986年至 2005年水热组合相对湿
热, 气温除 1989年异常偏低, 其他年的气温都为正

距平或在 0附近, 平均气温距平为 0 33 ℃, 降水只
有 4 a为负距平, 平均降水距平百分率为 4 61%。

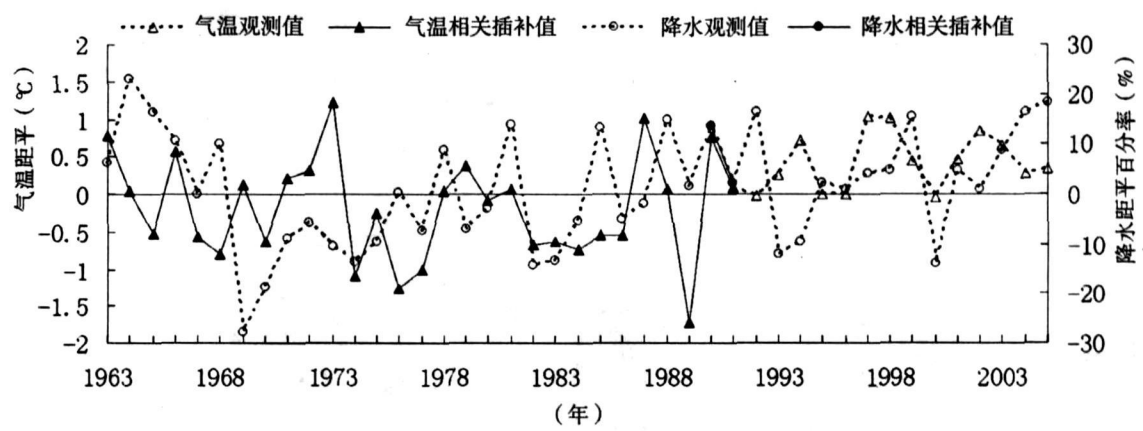


图 1 贡嘎山地区近 40 年来降水距平百分率和温度距平变化曲线

Fig 1 The variable curves of precipitation departure percentage and temperature departure in Mt Gongga in recent 40 years

近 40 年来, 贡嘎山地区有 13 a 曾发生过泥石流 (表 2), 其中有 7 a 水热组合相对湿热, 4 a 水热组合相对湿冷, 2 a 相对干冷。由此可见, 湿热的水热组合最有利于泥石流的暴发。同时发现, 当水热组合相互转换, 气温和降水年际波动较大时, 也容易引发泥石流。如 1980~1982 年、1988~1990 年间都发生了泥石流, 水热组合由干冷或湿冷转向相对

表 2 近 40 年来贡嘎山地区泥石流暴发时间及当年水热组合

Table 2 The hydro-thermal combination and debris flow occurring time in recent 40 years in Mt Gongga

泥石流暴发时间	降水距平百分率 (%)	温度距平 (℃)	当年水热组合
1966-07-15	10.63	0.58	湿热
1976-06-06	0.40	-1.26	湿冷
1980-07下旬	-2.92	-0.08	干冷
1981-07月上旬	13.75	0.06	湿热
1982-08月上旬	-14.24	-0.68	干冷
1988-07-01	14.88	0.07	湿热
1989-07-08 26	1.63	-1.72	湿冷
1990-07-12	13.53	0.75	湿热
1995-07-28	2.22	-0.01	湿冷
1996-07-27	0.82	0	湿冷
1997-07-04	4.01	1.04	湿热
2003-07-26	8.76	0.66	湿热
2005-08-11	18.18	0.34	湿热

湿热, 气温和降水的波动相当大, 特别是 1989 年, 气温距平为 - 1.72 ℃, 为近 40 年来的最低值, 与 1988 年和 1990 年的气温分别相差 1.79℃和 2.47℃, 但却发生了泥石流。

从泥石流发生时间和规模来看, 同一条沟暴发泥石流具有一个准周期, 大约为 10 a 如 1955、1966 和 1976 年磨子沟、燕子沟、南门关沟和小河子沟都暴发规模较大的冰川泥石流^[10], 1989 年燕子沟支沟南关沟又暴发了百年来规模最大的冰雪雨水泥石流^[13], 时间间隔 10 a 左右; 1995 年和 2005 年磨西河及其支流均暴发了大范围泥石流, 时间间隔 10 a。

2.2 年内水热组合

泥石流的暴发不仅与前期的水热条件相关, 而且还与暴发当月平均气温和降水量有很大的关系。用泥石流暴发当年的月平均气温距平 $T(℃)$ 和月降水占年降水量的百分率 $P(%)$ 变化曲线分析年内水热组合的变化对泥石流形成影响发现, 不同类型的泥石流其年内水热组合也存在一定的差异 (图 2 图 3)。

冰川泥石流暴发前期的降水较为丰富, 发生当月降水量相对较低, 降水曲线一般呈双峰或多峰型, 而气温一般呈单峰型, 泥石流发生当月的气温一般为全年最高 (图 2)。因此, 冰川泥石流发生的前期降水和冰雪融水较为充沛, 而后期气温持续升高, 导致冰川快速融化, 增加了沟道径流, 从而引发泥石流, 即泥石流主要由持续高温导致冰雪融水显著增加激发形成的, 其水热组合较为复杂, 湿热和干冷都有。

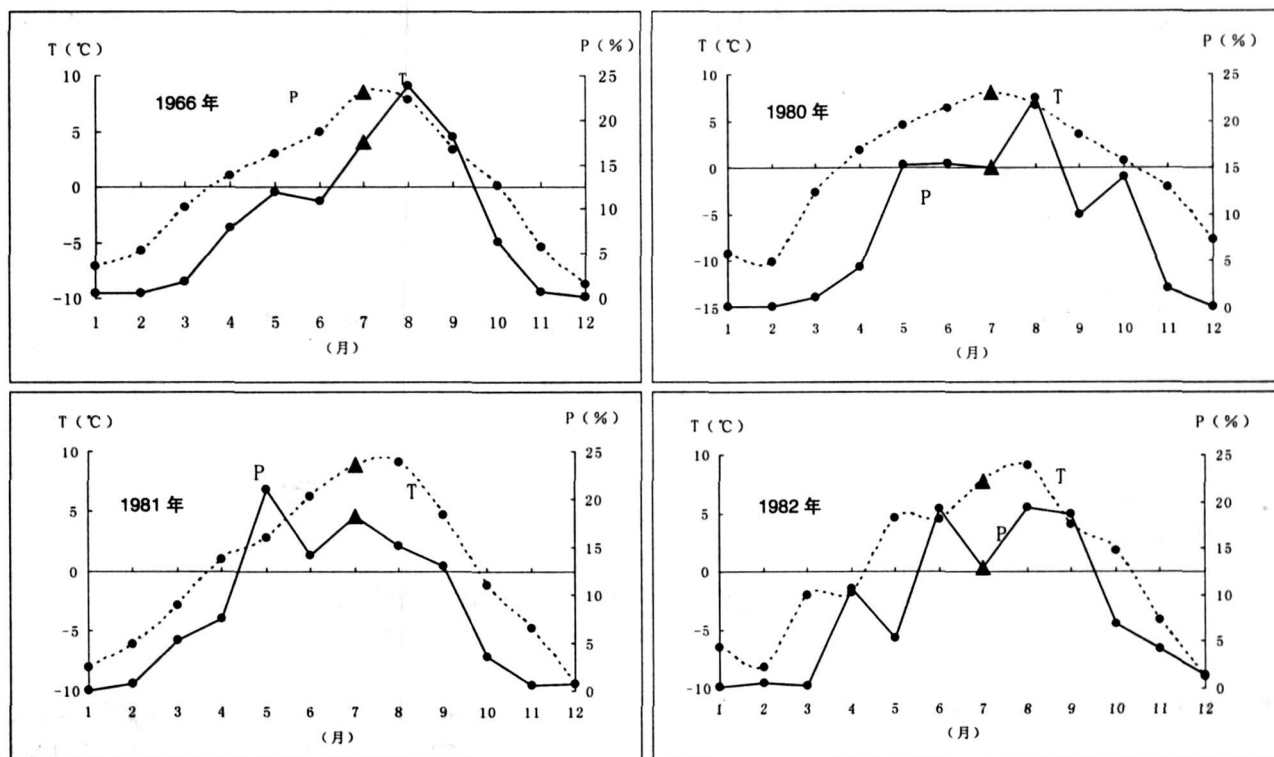


图 2 贡嘎山地区月平均气温距平 $T(^{\circ}\text{C})$ 、月降水占年降水百分比 $P(\%)$ 变化与冰川泥石流发生 (▲) 关系曲线

Fig 2 The variable curves of mean monthly temperature departure $T(^{\circ}\text{C})$, the percentage of monthly precipitation to annual precipitation $P(\%)$ and occurrences of glacier debris flow (▲) in Mt Gongga

冰雪雨水泥石流和暴雨泥石流主要由降水激发形成, 气温的作用相对较小, 年内降水和气温曲线一般都呈单峰型 (图 3)。由图 3 可见, 1988、1989、1990、1995 和 1997 年的 5 次泥石流都暴发在 7 月, 这几年 7 月的平均气温和降水量都为全年最高值; 2005 年的泥石流则发生在年内降水最大的 8 月, 而 7 月的气温为全年最高, 由这 6 次泥石流发生的水热组合来看, 均为湿热的气候环境。

3 水热组合对泥石流形成的影响

泥石流类型不同, 其发生的水热组合也不同。用贡嘎山 3 000 m 气象站逐日气温和降水资料来分析 1989-07-08 海螺沟泥石流暴发前夕的水热组合, 6~7 月平均气温距平和日降水占两月降水量百分率变化曲线见图 4。6~7 月的平均气温为 11.23°C , 6 月的气温相对较低, 为 10.32°C , 6 月中旬以前有过两次较大的升温, 之后, 随着降水的增多气温急速下降, 到 6 月底达到低谷。而 6 月的降水较为丰富, 22 日以前降水较少, 之后连续 8 d 发生较大规模的降水, 其中 29 日的降雨达到 38.7 mm , 此次降雨

为泥石流的暴发提供了丰富的前期降水。6 月的水热组合可概括为干热—干冷—湿冷。到了 7 月气温开始升高, 降水迅速减弱, 7 月 5 日气温回升到 0 距平以上, 在经过几天短暂的干热天气后, 在 7 月 8 日突降暴雨, 当日降雨量达到 57.6 mm , 占两月降水量的 9.55% , 从而引发了泥石流。从这次泥石流的暴发可以发现, 冰川融水只是很小的一部分, 前期降水主要为 6 月的几次大的降水所提供, 而一次强降水的作用占主导地位, 这是一场典型的暴雨泥石流。

7 月 8 日泥石流发生后, 降水减少, 气温下降。13 日后气温回到正距平, 26 日之前持续高温, 同时这段时间的降水较多。17 日降水量达到 44.2 mm , 但没有引发泥石流。主要由于离前次泥石流暴发时间非常近, 在这段时间内前期蓄积的固体物质不够充分, 即单凭一次大的降水并不能形成泥石流。在长达 12 d 的高温多雨天气后, 7 月 26 日当日降水达 42.8 mm , 致使贡嘎山东坡南门关沟、燕子沟、磨子沟和海螺沟等多条沟同时暴发大规模泥石流^[13]。在这 12 d 里平均气温为 14.58°C , 比平均气温高出 3.35°C , 最高气温达到 16.2°C , 总降水为 155.5 mm , 占两月降水的 26% 。很显然, 这场泥石流是在

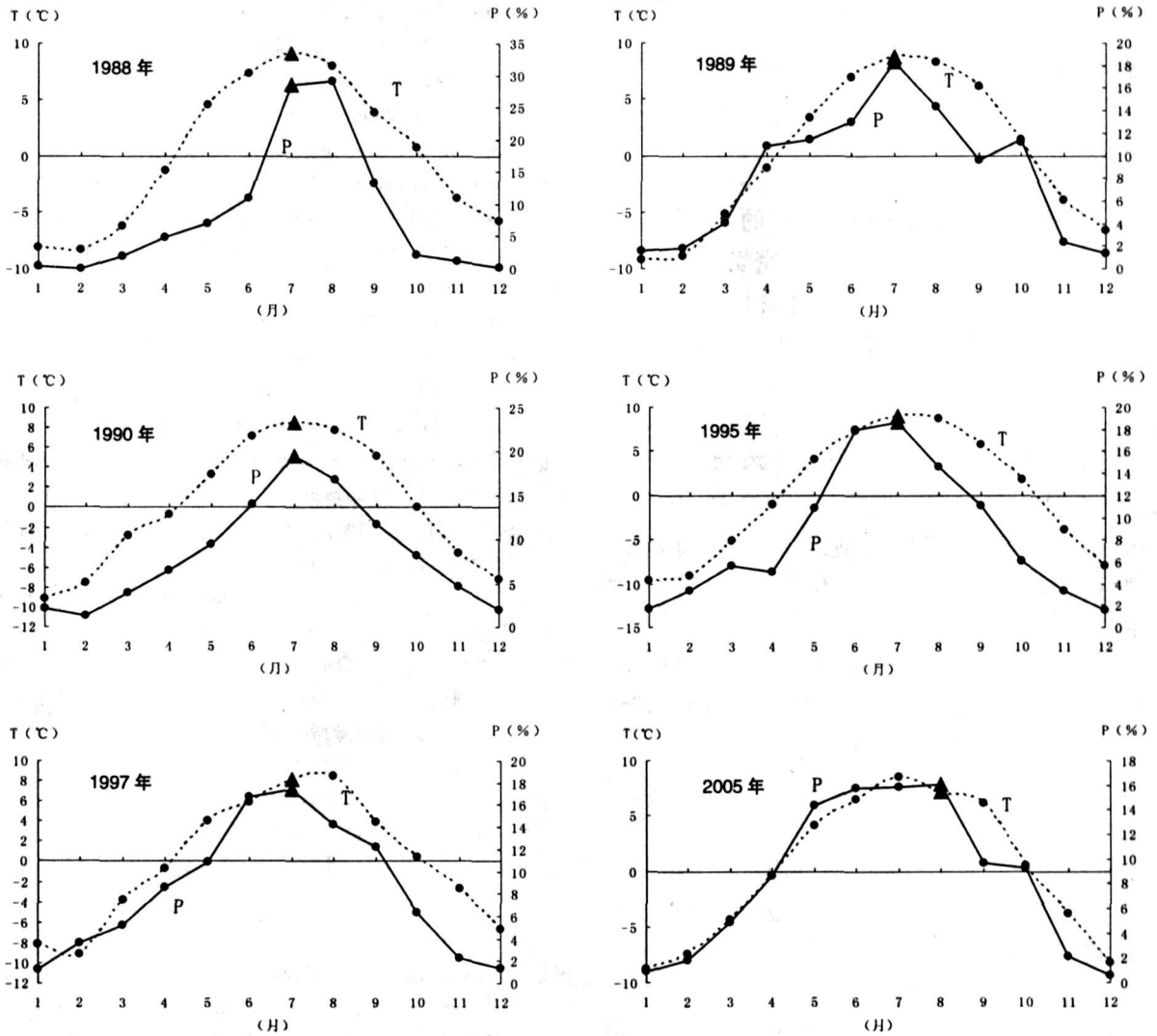


图 3 贡嘎山区月平均气温距平 $T(^{\circ}\text{C})$ 、月降水占年降水百分比 $P(\%)$ 变化与暴雨和冰雪雨水泥石流发生 (▲) 关系曲线

Fig 3 The variable curves of mean monthly temperature departure $T(^{\circ}\text{C})$, the percentage of monthly precipitation to annual precipitation $P(\%)$ and the occurrences of ice- snow melt water and rainwater type debris flow (▲) in Mt Gongga

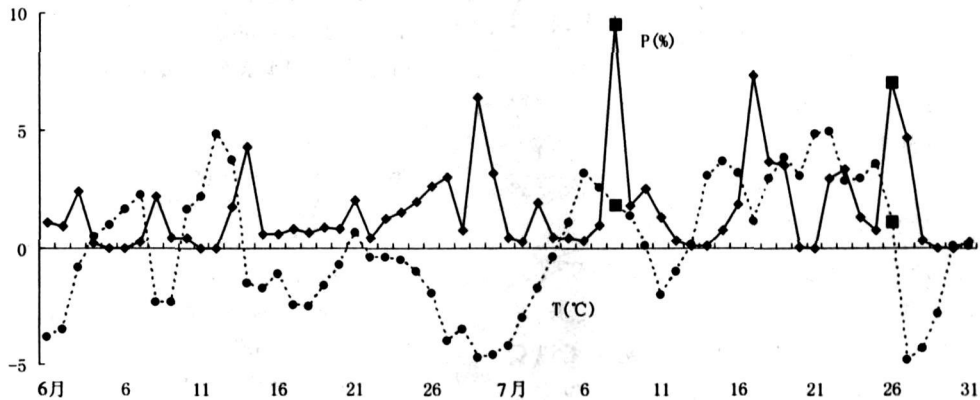


图 4 贡嘎山区 1989 年 6-7 月平均气温距平 $T(^{\circ}\text{C})$ 、日降水占两月降水量的百分率 $P(\%)$ 和泥石流的发生 (■)

Fig 4 The mean temperature departure $T(^{\circ}\text{C})$ and the percentage of one day's precipitation to two months' precipitation $P(\%)$ at Mt Gongga in June and July, 1989 and the occurrence of debris flow (■)

长期高温导致冰雪快速消融和持续降水的前提下暴发的,这是一场典型的冰雪雨水泥石流。

4 结论与讨论

通过对贡嘎山区各泥石流暴发年的水热组合分析发现:泥石流暴发与水热组合关系密切,泥石流多暴发在湿热的环境背景下,同时当水热组合转换、气温和降水波动较大时容易引发泥石流。从年内水热组合看,泥石流类型不同,水热组合曲线也存在一定的差异,对于冰川泥石流年内降水曲线一般为双峰型或多峰型,气温为单峰型,水热有干冷和湿热两种组合。对于冰雪雨水泥石流和暴雨泥石流,年内降水和气温曲线一般都呈单峰型,水热组合为湿热。受大气环流影响,该区泥石流发生存在一个 10 a 左右的准周期。

泥石流的暴发是一个复杂的过程,水热组合仅是影响泥石流暴发的重要因素之一。贡嘎山生态环境站始建于 1988 年,到目前为止仅有 18 a 的时间,在这段时间里有 8 a 暴发了泥石流。因此,在研究中应用了康定站 1952~1989 年的气象资料,通过差补来填补该段时间的资料空白。通过分析发现,两个站气温资料相关性非常好;由于受地形条件的影响,降水地域差异较大,影响了气候资料的准确性。因此,研究区现有气象资料还不全面系统,分析得出的初步结论还有待进一步验证,同时还需和藏东南、滇西南等海洋性冰川地区泥石流形成的水热条件加以对比分析和验证,才能确定该地区泥石流形成的最佳水热组合。贡嘎山地区保留了较为完整的第四纪冰川、泥石流和河流堆积物,在今后的研究中如果能深入分析泥石流堆积物的形成年代,将其和第四纪冰期和河流阶地、新构造运动和全球气候变化的研究成果加以对比分析,就可进一步揭示第四纪以来该区泥石流对气候、冰川变化的响应规律,建立最适宜于泥石流发育的气候环境条件,恢复该区第四纪泥石流的发育和气候变化历史。

致谢:中国科学院贡嘎山高山生态观测研究站陈斌如研究员为本研究提供了所需的气象数据,中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所谢洪研究员、王士革研究员、钟敦伦研究员和孔纪名研究员对论文提出了宝贵的修改建议,在此谨致诚挚谢意。

参考文献 (References)

[1] LÜ Ruren, Tang Bangxin, Zhu Pingyi. Debris Flow and Environment

in Tibet [M]. Chengdu: Science Technology University Publishing House, 1999 [吕儒仁, 唐邦兴, 朱平一. 西藏泥石流与环境 [M]. 四川: 成都科技大学出版社, 1999]

- [2] Li Honglian, Zhao Shangxue, Li Aidi. The climate environment of the debris flow developing [A]. The proceedings of 4th national symposium on debris flow [C]. Lanzhou: Gansu Culture Press, 1994: 1~9 [李鸿琰, 赵尚学, 李爱弟. 泥石流发育的气候环境. 第四届全国泥石流学术讨论会论文集 [C]. 兰州: 甘肃文化出版社, 1994: 1~9]
- [3] LÜ Ruren, Li Deji, Tan Wanpei, et al. Mountain Disaster and Mountain Environment [M]. Chengdu: Sichuan University Press, 2001: 75~88 [吕儒仁, 李德基, 谭万沛, 等. 山地灾害与山地环境 [M]. 成都: 四川大学出版社, 2001: 75~88]
- [4] Cheng Genwei. Study on quasi-period of breaking out debris flow under storm [J]. *Journal of Natural Disasters*, 2002, 11(4): 49~54 [程根伟. 暴雨泥石流暴发的准周期性探讨 [J]. 自然灾害学报, 2002, 11(4): 49~54]
- [5] Li Zhongyu, Chen Jiliang, Hu Fade, et al. Geological structure in Gongga Mountain [A]. Regional geographic Expedition in the Gongga Mountain [C]. Chongqing: Chongqing Branch of Scientific and Technology Document Press, 1983: 4~20 [李忠武, 陈继良, 胡发德, 等. 贡嘎山地区地质构造 [A]. 贡嘎山地理考察 [C]. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1983: 4~19]
- [6] Su Zhen, Liang Dakun and Hong Ming. Developing conditions, amounts and distributions of glaciers in Gongga Mountains [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 1993, 15(4): 551~558 [苏珍, 梁大兰等. 贡嘎山海洋性冰川发育条件及分布特征 [J]. 冰川冻土, 1993, 15(4): 551~558]
- [7] Song Mingkun. The climatic characters of the Gongga Mountains [J]. *Exploration of Nature*, 1987, 2(6): 145~148 [宋明琨. 贡嘎山的主要气候特征 [J]. 大自然探索, 1987, 2(6): 145~148]
- [8] Hu Fade. Debris flow and its control in Mt. Gongga region in Sichuan [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 1985, (5): 38~41 [胡发德. 四川贡嘎山地区泥石流及其防治 [J]. 水土保持通报, 1985, (5): 38~41]
- [9] LÜ Ruren. Mountain hazards on the east and north slopes in Mt. Gongga [J]. *Journal of Mountain Research*, 1991, 9(2): 131~135 [吕儒仁. 贡嘎山东坡和北坡的山地灾害 [J]. 山地研究 (现山地学报), 1991, 9(2): 131~135]
- [10] LÜ Ruren. The processes of a typical ice-snow melt and rain water debris flow [J]. *Mountain Research*, 1992, 10(2): 89~94 [吕儒仁. 一场典型的冰雪雨水泥石流过程 [J]. 山地研究 (现山地学报), 1992, 10(2): 89~94]
- [11] Chen Xiaoping, Cui Peng, Chen Bin, et al. 050811 large-scale debris flow in Hailuo valley and its controlling countermeasures [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2006, 26(3): 122~126 [陈晓清, 崔鹏, 陈斌如, 等. 海螺沟 050811 特大泥石流灾害及减灾对策 [J]. 水土保持通报, 2006, 26(3): 122~126]
- [12] Cheng Genwei. Hydrologic features of maritime glaciers in the region of Mt. Gongga [A]. Research on Alpine Ecosystem in Gongga Mountain [M]. Chengdu: Chengdu University of Science and Technology Press, 1993: 69~79 [程根伟. 贡嘎山海洋性冰川区河流

- 水文特征 [A]. 贡嘎山高山生态环境研究 [M], 成都: 成都科技大学出版社, 1993: 69~79]
- [13] LÜ Ruren, Gao Shenghuai. Ice-snow melt and rain water debris flow in the Yanzi valley on the east slope of Mt Gongga [A]. Research on Alpine Ecosystem in Gongga Mountain [C]. Chengdu:

Chengdu University of Science and Technology Press, 1993: 110~126 [吕儒仁, 高生淮. 贡嘎山东坡燕子沟的冰雪融水和雨水泥石流 [A]. 贡嘎山高山生态环境研究 [C], 成都: 成都科技大学出版社, 1993: 110~126]

Analysis on Hydro-thermal Combination of Debris Flow Occurrence in Mt Gongga Region

XU Xiaofei^{1, 2}, MA Dongtao¹, HE Dewei^{1, 2}, HUANG Hai^{1, 2}

(1. Institute of Mountain Hazard and Environment, the Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041, China; 2. Graduated School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract The Mt Gongga is located at the east of the Qinghai-Tibet Plateau, middle and south of Mt Daxue. In this region, debris flow breaking out frequently with complex landform and variation climate. In recent 40 years, with global climate warming, glacier fluctuation and debris-flows breaking out with high frequency, both of them bring tremendous damage to local economy and environment. Based on climatic data, glacier data and debris flows materials in recent 40 years in Mt Gongga, annual, inner year and the breaking-out event hydro-thermal allocation gained exploration in a deeply way, and found that the warm-humid climate is benefited for debris flow occurring. The type of debris flow is relative to the combination of hydro-thermal conditions in a year. For glacial debris flow, the precipitation curve shows the two peaks or multiple peaks and the curve of temperature shows a single peak. Debris flows are mainly caused by high temperature. But for meltwater and rainwater debris flow which is generated by both high temperature and abundant rainstorm, the curve of temperature and precipitation shows a single peak. The study is important for forecasting debris flow developing tendency, reduction and mitigation hazards and global climatic changes in the region.

Key words Mt Gongga region; debris flow; climate change; hydro-thermal combination