

中国西北干旱区泥石流成因条件初步分析

吕红华, 李树德

(北京大学环境学院, 北京 100871)

摘要: 泥石流是一种危害严重的灾害形式, 它的形成需要三个条件: 固体物质、水源和地形沟谷条件, 而这些条件又受气候、地形地貌及地质等因素的影响。在不同地区有不同的主导因素, 探讨了在中国西北干旱区影响泥石流发育的主导因素。通过分析得出: 在中国西北干旱区泥石流的主导影响因素是气候条件, 特别是降水。

关键词: 泥石流; 主导因素; 降水

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003)03-0070-03

Analysis of Cause of Development of Debris Flow in Northwestern China

LU Hong-hua, LI Shu-de

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

Abstract: Debris Flow is one of serious disasters. There are three qualifications that are needed for its development: solid matter, water source and landform. Climate, landform and geological background are factors which influence these qualifications. The authors think that there is some different leading factor in different regions. The purpose is to try to discuss the leading factor which influence the development of debris flow in Northwestern China. The result shows that the leading factor is climate, especially precipitation.

Key words: debris flow; leading factor; precipitation

泥石流是山地沟谷中含大量松散固体碎屑的洪流。它常在暴雨或融雪时期突然暴发, 运动速度很快(每秒数米), 历时短暂(数小时), 在它的源头常有滑坡或崩塌, 下游出山口堆积成泥石流堆积扇。它发育的条件就是: 物质条件、水源条件、地形坡度条件。

泥石流这一地貌过程和现象与地质、地形、气象、水文等因素有密切联系。因为这些因素直接影响到泥石流的固体物质的补给、泥石流的水体补给和泥石流形成的沟谷条件等。以上这些因素同时也导致了我国泥石流分布的特点。在我国泥石流主要分布区除青藏高原东南缘山地、四川盆地周边等地区外, 在中国的西北, 由于特殊的气候、地形地质条件, 泥石流也比较发育。具体的分布情况见图 1。这里指的特殊的气候条件就是: 温带大陆性气候, 表现为干旱干燥现象明显, 降水少且集中; 特殊的地形地质条件为: 新构造运动强烈^[1], 地面破碎, 地形起伏度大, 盆地、山脉大致呈东西向相间排列。特别是在新疆, 这一特点表现为三山夹两盆现象。而且作者认为在这两个条件中导致本区泥石流发育与其他地区存在差异的原因是前者: 特殊的温带大陆性气候, 在本区久旱之后的暴雨最易引发泥石流; 且从上个世纪 50 年代开始, 全球出现了升温现象, 在西北表现得比较明显, 从而造成融

雪型泥石流的发育。这个也是作者讨论的重点之一。

1 气候条件

1.1 温度的影响

在干旱区, 温度的特点主要体现在较大的年较差和日较差。在西北由于大陆度的增加大陆性气候便显著增强, 并表现为寒暑剧变。在西北最热月与最冷月平均气温之差高达 35 以上, 在准噶尔盆地则更高^[3], 可达 40~45。昼夜温差也很大, 一般在 10~20 以上^[4]。如巴丹吉林沙漠和柴达木盆地年平均日较差可达 16, 柴达木盆地内的茫崖可达 17.2, 与同一纬度的河北沧州市的年平均气温日较差相比, 约高出 6.9。如此大的温差变化便导致了干旱区风化特别是温差风化、寒冻风化强烈, 风化碎屑丰富, 并形成了与之相关的各种地形地貌, 如倒石堆。例如兰新铁路沿线新开挖的花岗岩路堑, 仅四五年时间, 路堑边坡岩石就遭到强烈风化, 形成崩塌^[5]。而且该区地表缺少植被, 风化作用就更加强烈。

但是也应认识到在干燥剥蚀地区并不是所有的碎屑物质对泥石流的形成都有意义。丰富的碎屑物质加上有利的地形、地理位置条件, 泥石流才可能发育。例如新疆阿拉沟的例

收稿日期: 2003-04-25

基金项目: 地震科学联合基金资助项目(198089)。

作者简介: 吕红华(1978-), 硕士生, 地貌学与第四纪地质学专业, 研究方向为工程地质环境与环境地质灾害。

子^[6]就说明了这一点。在阿拉沟内以各种形式存在的碎屑物很丰富,有沟床堆积层,厚度一般为 0.8~3 m,堆积表面坡度 6~15°;物质较粗,分选较差,属泥石流残留堆积和少量的洪积物;冲积锥分布在支沟汇入口处,厚度一般为 1.2~5 m,表面堆积坡度为 10~15°;属支沟泥石流和洪水冲出堆积;堆积物分布在沟两侧坡度较缓的谷坡上,厚度一般为 0.2~

0.8 m,表面坡度 15~25°;倒石堆或倒石群分布广泛,厚度变化大,堆积表面坡度 28~35°;坡角大都直抵沟岸,个别被主沟切割。上面所述的堆积类型除最后一种外,由于其堆积坡度较小而且多呈较紧密的堆积状态,若要再次移动则要极大的能量。倒石堆或倒石群则由于堆积表面坡度较大,组成物的势能大,下滑作用强,易被激发形成泥石流。

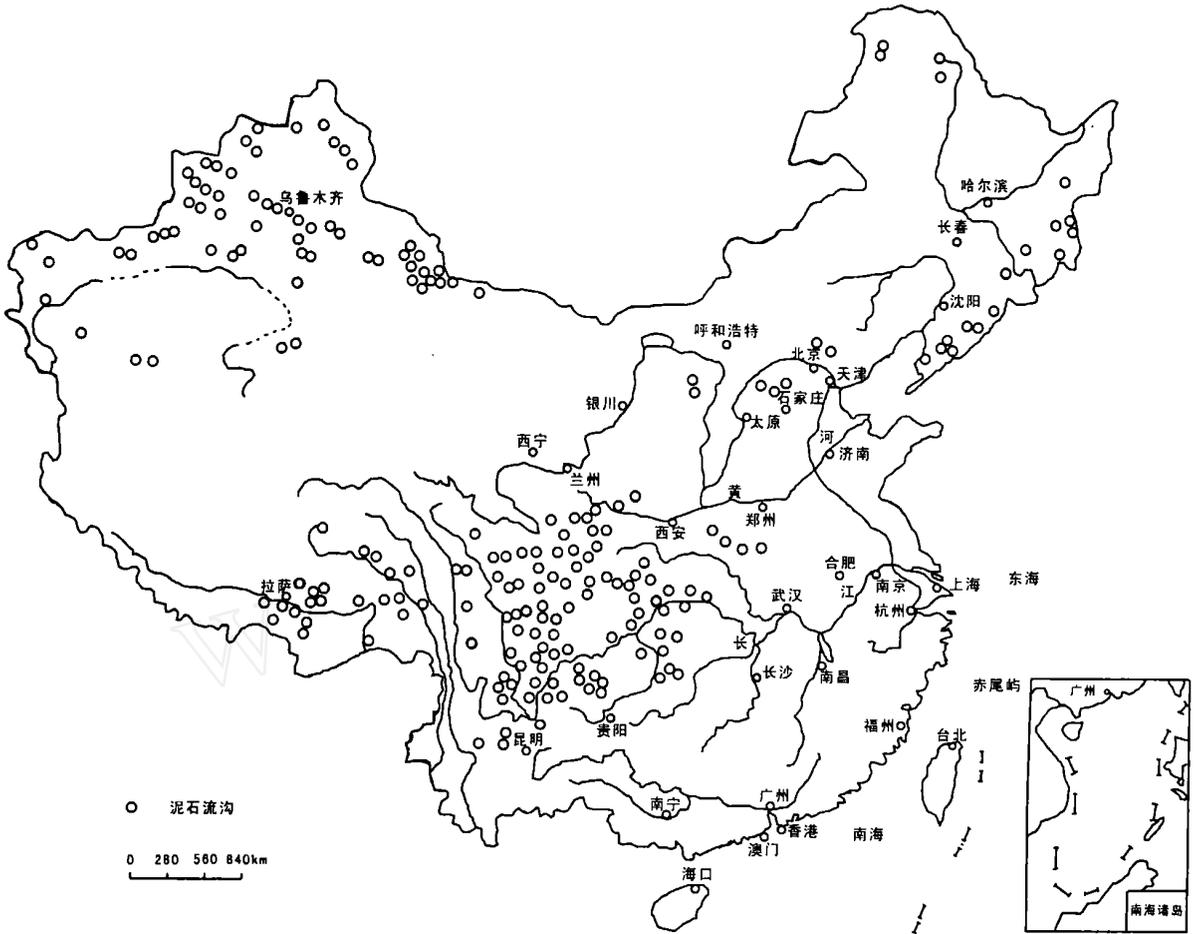


图 1 中国泥石流分布略图
(据中国科学院成都山地灾害与环境研究所,中国泥石流信息系统,1998)

西北干旱区气温除了表现为年较差和日较差大外,还存在波动上升^[7]。这主要表现在上个世纪 50~80 年代。具体见表 1:

表 1 各地气温上升幅度

地点	20 世纪 50 代~80 年气温上升/	20 世纪 60~80 年代气温上升/
新疆	0.59	-
青海	0.32	0.47
全球	0.24	-
甘肃	-	0.28

从上表可以看出:自 20 世纪 50 年代到 80 年代,新疆气温升高 0.59,青海升高 0.32,同期全球增温 0.24;从 60 年代到 80 年代,青海升高 0.47,甘肃升高 0.28。从而造成了冰川、积雪、湖泊的进一步萎缩。根据调查得知,祁连

山河西段从 20 世纪 60 年代末到 20 世纪末,“七一”冰川平均每年后退 1 m,雪线上升 2~3 m。

作者认为雪、冰川的融化和温度的这一增高现象有一个滞后关系,因此现在就应是一个冰川融化的高峰期,从而就可能造成融雪型泥石流的发育。不过这也只是作者的一种猜测,还没有实质性的资料来验证此观点。

1.2 降水的影响

1.2.1 降水的时间分布特点与泥石流

干旱区一个明显的特点是缺水,降雨少且集中。干旱地区的降雨多为对流性暴雨,历时短暂。降雨集中特点的体现一个是集中在一年中的几个月份,如 6、7、8 月。降雨集中的特点可从表 2 看出。从而此区泥石流也多在 6、7、8 月爆发。比如在新疆西南部 1966 年 8 月 19 日发生在克孜尔乌鲁卡

恰地区的暴雨泥石流; 1982 年 6 月 29 日叶城柯克亚地区的暴雨泥石流; 1987 年 7 月叶尔羌河上游达木斯地区的暴雨泥石流; 1988 年 8 月 10 日克孜河上游的山洪泥石流等^[8]。另一个就是降雨量较大, 历时短暂, 这直接引发了泥石流。如 1987 年 6 月 24 日乌鲁木齐降雨量达 57.7 mm, 占 6~8 月降雨量的 68.7%; 1988 年 6 月 24 日阿拉沟降雨达 21 mm, 占 6~8 月降雨量的 49.9%, 且这次降雨在 20 m 内就达到了 21 mm, 引发了大型泥石流。

表 2 各地降雨集中度情况一览表(1989 年)

地名	6~8 月降雨量/mm	全年降雨量/mm	所占百分比/%
阿拉沟	30.4	34	98
天山南坡 和静	32.8	50.6	64.8
天山南坡 巴伦台	135.6	195.1	69.5
天山北坡 乌鲁木齐	84.4	277.8	30.4
天山北坡 小渠子	231.6	480.3	48.2
天山北坡 天山云雾站	278	424.4	65.5
天山东坡 托克逊	4.4	6.9	68.3
天山西坡 新源	150.7	479.7	31.4

1.2.2 降水的空间分布特点与泥石流

干旱区降雨的第三个特点就是: 山地的降水量多于平地, 盆地周边降水量多于盆地腹地^[10]。凡是环状闭合型的降水量等值线, 高值处必是高山, 低值处必是湖盆。因此有人形象地称西北地区的高山是干旱区中的“湿岛”。降水量等值线随地面高程的抬升而增加。而在这一降水相对较多的地带, 地面破碎、地形起伏大(这将在下面谈到), 特别是山前地带。这样就为泥石流的发育提供了物质、地形和水源条件。

1.2.3 降水中心的转移和泥石流

前述的两个关系特性作者认为是泥石流的静态特性。这里作者将试着探讨泥石流的动态特性。降水分布曲线是个环状闭合型的等值线。在中心降雨量最大, 往外则逐渐减少。泥石流的分布与降水分布的这一特点有极大关系。在中心点降水最大, 且如前述那样降水量等值线高处是高山, 地形起伏大, 风化碎屑丰富, 泥石流就较发育; 从中心往外泥石流的发育程度则逐渐减弱, 与降水量分布的特点相一致。而且随着降水量中心点的转移, 泥石流的分布也随之发生变化。作者认为上述的有关泥石流发育的特性在中国西北干旱区也存在, 而且由于本文所述的因素的影响, 这一特性应该更加突出。不过作者还没有发现有关这方面(中国西北干旱区的泥石流发育的动态特性)的文章, 而且现在也没有进行有关的工作, 这只是作者的推断, 还要有关研究者对其中的机制进行详细的研究和确定。

1.2.4 年降雨量的变化

干旱区年降雨量还存在它特有的变异性^[10]。在温和的气候条件下, 年降雨量的标准差大约为 10%~20%, 且在 20 年中有 19 年, 其年总量在均值的 75% 和 125% 之间。在比较干旱气候条件下, 年降雨量最大值与最小值之比要大得多, 且年降雨量的分布随着干旱程度的增加, 其偏态也变大。若年平均雨量为 200~300 mm, 则 20 年中有 19 年其降雨量一般在平均值的 40%~200% 之间变化。但若年平均雨量为 100

mm, 则降雨量在平均值的 30%~350% 之间变化。在比较干旱地区, 无降雨的年份也是常见的。这样在一地区若年降雨量的变异性明显, 则在干旱期由于强烈的物理风化作用形成丰富的碎屑物质, 地表干燥, 成松散状态。从而遇到暴雨就会形成泥石流, 而且泥石流规模大, 历时短暂, 危害性极强。这也可用一句话来概括: 久旱之后的暴雨最易引发泥石流。

2 地形地貌、地质条件

2.1 地形地貌条件

中国西北的地形可分为两大类, 山脉、高原、盆地、走廊, 总的特点是: 高山、高原、盆地、沙漠相间分布; 高山、盆地高差悬殊; 辐合状水系从高山向盆地集中; 绿洲与水源共存; 垂直分带与水平分带显著, 并以盆地为中心呈环带分布。在西北有三大高原、九大山脉。三大高原是最西部的帕米尔高原、西南部的青藏高原、东北部的内蒙古高原。九大山系就是喀喇昆仑山、昆仑山、天山、阿尔泰山、阿尔金山、祁连山、贺兰山、阴山和最东部的大兴安岭。这样大的地形起伏, 就为泥石流的发育创造了条件。

在本区干燥剥蚀、重力作用带的地貌外营力作用多种多样, 而且由于植被稀疏, 基岩裸露, 崩塌、石流、滑坡、倒石堆等重力地貌类型比较发育, 成为泥石流形成的主要固体物质来源。

例如在新疆, 山地就由于经历了长期的地质地貌作用, 山势时起时伏, 山体支离破碎, 坡面上冲沟、切沟十分发育。如天山四棵树河的河网稠密系数达 0.299 km/km², 河谷切深达 600~1500 m。高耸的山势, 陡峭的地形, 以及由构造运动和流水作用形成的众多河谷, 为泥石流的发育和形成提供了极为有利的地形条件。

2.2 地质条件

中国大陆西部新构造时期是挤压应力场^[11], 在这种挤压的长期作用下, 地壳缩短加厚, 青藏高原的隆升, 喜马拉雅的崛起以及昆仑山、祁连山、天山的再次抬升, 喜马拉雅山自始新世开始形成以来到上新世中后期已达到海拔 2000~3000 m 的高度, 大藏北地区的高原面此时也有 1000~2000 m 的高度。同时形成一些近东西走向的逆冲断层和褶皱, 一些大型盆地(准噶尔、塔里木、柴达木)受新构造的影响被活动的逆冲断层所夹持, 在山前形成很深的拗陷, 堆积巨厚的磨拉石建造, 昆仑山北麓的山前第四纪西域砾石层厚达 1500 m。祁连山前的一些小型构造盆地的形成过程和青藏高原的隆升历史一致, 酒泉盆地在古新世和始新世长期剥蚀基础上, 从渐新世开始拗陷, 接受沉积, 这相当于青藏高原第一次挤压作用。随着挤压作用的不断进行, 盆地进一步拗陷, 直到第四纪虽然挤压作用不及以前强烈, 但至今仍为停息, 因而使盆地边缘形成一些第四纪逆断层, 更新世地层发生褶皱, 盆地中出现新隆起高地, 第四纪河流阶地发生拱曲变形等。这样的地质历史造成了本区的地质层破裂严重, 碎屑物质丰富。

(下转第 104 页)

径流量。

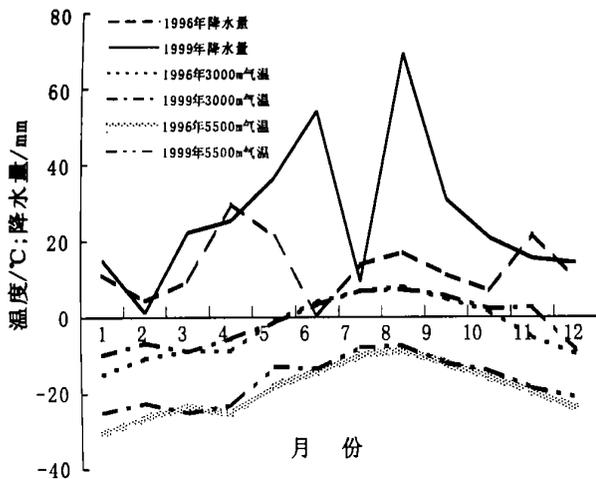


图 5 3 000、5 500 m 高空气温与降水量对比

3.5 3 000 m、5 500 m 高空气温与降水量的关系

从图 5 可以看出,在气温较高的月份如 6 月,1996 年的降水量反而很小,而气温较低的月份如 4 月份,降水量反而较大。这说明,3 000、5 500 m 高空气温与降水量关系不成一定的线性关系。但 3 000 m、5 500 m 高空气温高时径流量则一定较大。

4 结 论

(1) 降水量与径流量成正比关系,降水量大的月份径流量也大。

(2) 5 500 m 高空气温和径流量成正比,气温高的月份径流量也相应大。

(3) 月均气温与流量关系不大。

(4) 3 000 m、5 500 m 高空气温与降水量不成线性关系,降水量大时气温有时反而小,降水量小时,气温可能反而很高。

参考文献:

[1] 贺吉范,宋长青.漫话玛纳斯河[J].丝绸之路,1999,(4):29
 [2] 雷晓云,何新林,张瑞民.玛纳斯河洪水规律及其影响因素分析[J].水文,1998(4):53-56
 [3] 江有成.新疆玛纳斯河“96·7”特大洪水分析[J].水文,1999(6):57-58
 [4] 彭擎宇,王磊,李晔,等.“99·8”特大洪水成因分析[J].新疆气象,2000(1):3-5
 [5] 施雅风.中国冰川与环境-现在、过去和未来[M].北京:科学出版社,2000

(上接第 72 页)

3 结 论

(1) 在中国西北气候虽然干旱,但泥石流仍然相对发育。

(2) 本区泥石流的发育具有显著特点。首先,作者认为泥石流多为暴雨型泥石流,这与本区的气候特点有关:降水集中,存在时空分布规律。泥石流的分布规律与降水和地形起伏有关。在降水中心地带同时又是地形起伏大、碎屑物质丰富的地区,从而泥石流相对发育,而且其规模较其它地带要

大。这样泥石流的分布规律似乎具有地形等高线性状的特点,而且作者还认为泥石流似乎同降水一样也具有随时间转移的特性。

(3) 上个世纪 50~80 年代全球经历了增温现象,这一过程现在也存在。作者认为同冰川融化随温度增高有一个滞后一样,融雪型泥石流的发育似乎也存在同样的滞后。那么融雪型泥石流就较以前发育。

(4) 地形地貌、地质条件对于泥石流的发育的影响也非常明显。

参考文献:

[1] 中国科学院新疆地理研究所.我国阿尔泰山、天山、昆仑山系构造运动对比研究[A].干旱区地理学集刊[C].北京:科学出版社,1994
 [2] 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所.中国泥石流[M].北京:商务印书馆,2000.43
 [3] 赵济,等.中国自然地理(第三版)[M].北京:高等教育出版社,2002
 [4] 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会.中国自然地理总论[M].北京:科学出版社,1985.363-394
 [5] 杨景春,李有利,等.地貌学教程[M].北京:北京大学出版社,2001
 [6] 中国科学院新疆地理研究所.干燥作用山地暴雨泥石流触发机制及发展过程初探-以天山阿拉沟为例[J].干旱区地理学集刊.北京:科学出版社,1994
 [7] 南忠仁,等.废水资源化与西北大开发及对策[J].干旱区研究,2002,19(1):12-17
 [8] 中国科学院新疆地理研究所.中国天山地区的泥石流分析[A].干旱区地理学集刊[C].北京:科学出版社,1994
 [9] 西北内陆河区水旱灾害编委会.西北内陆河区水旱灾害[M].郑州:黄河水利出版社,1999.91-102
 [10] K R 琼斯, O 伯内, B P 卡尔,等.干旱地区水文学[M].北京:中国农业科技出版社,1988.12-13
 [11] 中国地理学会地貌与第四纪专业委员会.地貌及第四纪研究进展[M].北京:测绘出版社,1991.1-7