

北京泥石流灾害及其降水触发条件

吴 正 华

(北京市气象科学研究所, 北京 100089)

摘 要: 介绍了北京山区的泥石流灾害易发区的地质地貌特征、降水气候、泥石流类型及其空间分布特点。重点分析 1950 年以来, 北京山区发生的 11 次严重泥石流灾害的降水特征, 包括灾害发生前 10 d 的降水过程、日降水量达 200 mm 的地区与泥石流发生区、降水强度及泥石流爆发时间的关系等。并指出迎风坡或喇叭口地形, 常是降水明显增幅、泥石流最易突发的区域。

关键词: 泥石流; 灾害; 降水

中图分类号: P642. 23

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2001) 01-0067-06

The Mud-rock Flow Disaster and Their Touch off Condition by Rainfall in Beijing Area

WU Zheng-hua

(Beijing Institute of Meteorological Science, Beijing 100089, PRC)

Abstract: The characteristics of geology and rainfall climate for the mud-rock flow disaster region in Beijing mountain area, the type and space distribution of mud-rock flow is introduced. It's stressed analysis that the rainfall characteristics for 11 severe mud-rock flow disasters, including rainfall intensity before 10 days of bursting disaster, the relationship of the rainfall region of surpassing 200 mm/d and the mud-rock flow region, the rainfall intensity and the bursting time of the mud-rock flow. It's shown that the windward of mountain or the loudspeaker geography is the region of the rainfall increase obviously and the region bursting mud-rock flow easily.

Key words: mud-rock flow; disaster; rainfall

1 前 言

北京地区位于华北平原西北端, 北有燕山山脉, 西有太行山山脉北段, 山区面积占全部面积的62%, 最高海拔高度达2 303 m(东灵山), 并有多座海拔高度大于1 000 m 的山峰, 平原地区包括北京市区及东南部, 海拔高度一般在 50 m 以下。地形高度总趋势是西北高东南低, 境内主要河流自北向南有潮河、白河、温榆河、永定河、大石河和拒马河, 河谷山高坡陡, 地质构造复杂, 加上夏季季风降水集中, 暴雨强

度大, 使山区泥石流灾害成为北京市重要自然灾害之一, 北京山区在中国大陆上是属于东亚季风气候影响的暴雨泥石流强烈活动区之一。

关于北京泥石流灾害成因和治理对策的研究, 已有不少工作^[1~13]。北京山区的泥石流灾害综合治理工程和改善山区生态环境的对策正在逐步实施。本文在简要介绍北京泥石流灾害概况的基础上, 重点对触发泥石流灾害的降水条件进行分析, 为北京市建立山区降水自动站网和泥石流预警系统提供依

* 收稿日期: 2000-10-15

作者简介: 吴正华(1940-), 男, 湖北省汉川市人, 汉族, 正研级高级工程师, 1965 年毕业于北京大学地球物理系, 1965~1988 年在中国气象科学研究院工作, 1988 年后在北京市气象科学研究所工作。曾主持和参与十多项国家级和省部级科研项目, 公开发表论文近 50 篇, 主持和参与编写著作四本, 七次获国家级和省部级科技奖。

据。

2 泥石流灾害简介

据 1949 年以前的史料不完全记载,北京山区在 1867~1946 年,共有 14 次灾害严重的泥石流,其中,1888 年,即光绪 14 年,在门头沟和房山的泥石流和山洪造成 1.8 万人死亡,49 个村庄被毁,为泥石流灾害档案中最重的一次。从 1950~1991 年,根据调查和灾情资料统计,北京地区发生灾害严重的泥石流有 11 次(见表 1),造成 550 人死亡,冲毁房屋近万间,冲毁农田 6.2 万 hm²。其中,仅 1991 年 6 月 10 日的泥石流造成直接经济损失就达 2.65 亿元。另外还有 10 次造成一定程度灾害的泥石流(略)。这 21 次泥石流中,在 50 年代集中发生在门头沟、房山县的山区,而

50 年代末到 90 年代则主要发生在密云县和怀柔县。

根据对北京山区泥石流的遥感调查^[1],泥石流影响区的面积为 3 964 km²,占全市面积的 38%,共有 462 处泥石流。其中,I 级(重点)泥石流区(每百平方公里有泥石流 15 处,或现代泥石流爆发二次以上)的面积 2 044 km²,共有 310 处泥石流(见图 1)。泥石流区的海拔高度在 200~1 000 m,且主要集中在平原到山区第一道山梁的 1 000 m 等高线的两侧。特别是 I 级泥石流区内,都有海拔高度超过 1 000 m 的山峰。延庆县虽然是北京最西边的山区县,但地势较低,是一条 NE-WS 走向较平坦的河谷盆地,海拔高度约 500~600 m,只是其西侧靠近海坨山(海拔高度为 2 030 m)的山坡有泥石流灾害发生。

表 1 1950~1991 年北京灾害严重的泥石流简况

时间	所在县 区	死亡人 数/人	冲毁 农田 /hm ²	冲毁 房屋 /间	县气象 站雨量 /mm	附近雨 量站	雨量站降水强度/mm			前 10 d 降水		备注
							1 h	3 h	24 h	雨量/mm	日数/d	
1950-08-04 夜	门头沟	95	1267	1200		清水河	56.5		229.0	96.0		
1956-08-03 夜	门头沟房山	12				清水河	38.6	104.0	449.5	58.4	4	
1958-07-15 夜	密云平谷	12				镇罗营		71.0	172.0	144.6		
1959-07-19 傍晚	密云怀柔	9	168	1498	0.0	张家坟		190.0		90.8	7	
1969-08-10 夜	怀柔密云	159	294	760	108.1	枣树林	132.0	252.0	279.0	156.3	6	冲毁桥涵五座
1972-07-27 夜	怀柔延庆	52	2167	1406	130.3	沙峪枣树林	114.0	150.1	479.2	204.8	5	
1976-07-23 上午	密云	145	1833	3636	1.2	田庄	150.0	288.0	358.0	83.5	6	五个自然村遭毁灭
1977-07-30 夜	密云	8	120	37	71.2	番字牌	53.0		189.3 (12h)	88.4	9	
1982-08-04 夜	密云	13	7	42	65.2	大城子	60.0 (沙峪)	136.0	240.0	144.9	6	
1989-07-21 夜	密云	18	553	7502	91.3	番字牌	58.7	116.1	362.8	72.8	7	39 座桥涵被毁
1991-06-10 傍晚	密云怀柔延庆	28	540	1886	85.0	四合堂	116.0		372.8	162.5	7	3 个自然村名存实亡

3 泥石流区的地质地貌条件

3.1 地质条件

北京山区的地层发育较全,不同地质年代的石灰岩、片岩、砂岩、碎屑岩分布广泛,一些地方的粗粒花岗岩结构粗糙,易风化成黏土、沙土。在怀柔县北部山区还有不少第四纪冰川作用留下的堆积物。这些都是形成泥石流的主要固体物质。如 1950 年门头沟发生泥石流的 40 条山沟,有 80% 是由石灰岩、砂岩和片岩组成。

北京山区是几种构造带复合地区,多条褶皱和断裂带上的构造活动强烈,如,古北口—三道营子构造带、怀柔县的奇峰茶断裂带、密云县的半城子断裂带和门头沟区的沿河城断裂带上,由于岩石动力作用强烈,崩塌和滑坡现象经常发生,加上强烈的地表风化作用,使上述地区为北京最为明显的灾害性泥石流多发区。

3.2 地貌条件

北京山区发生泥石流的沟谷剖面常呈“U”或“V”形,切割明显,山顶沟底的相对高度多在 200 m 以上,上游地形坡度一般在 25 以上。沟头的汇水面

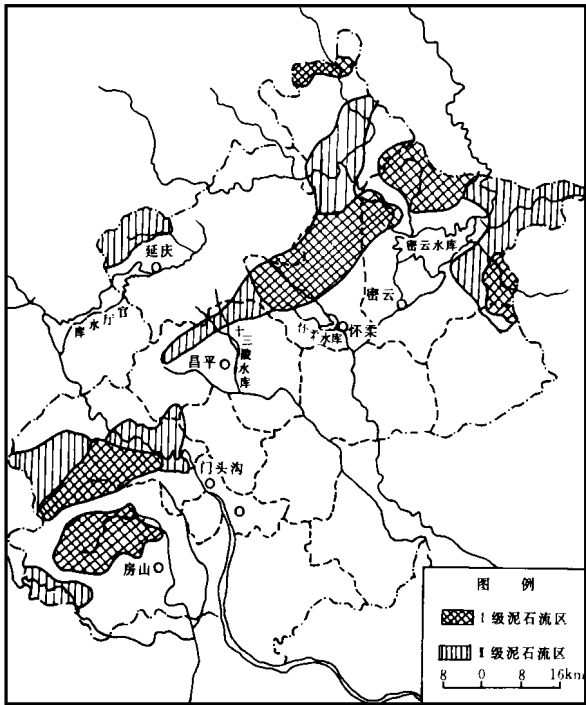


图 1 北京市泥石流影响区分布图

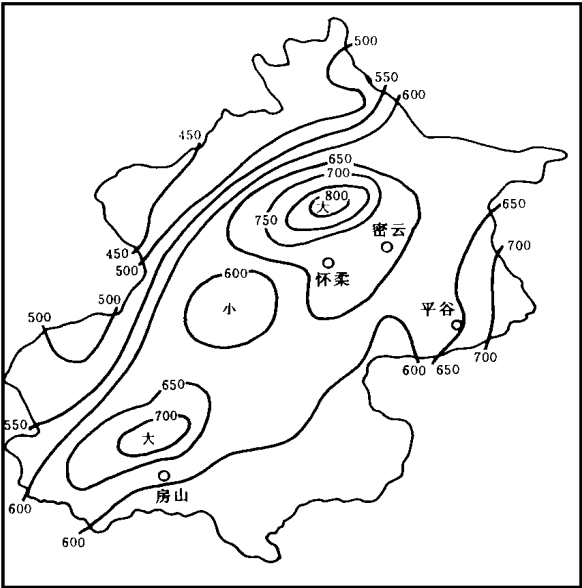


图 2 北京地区多年平均年降水量分布图(单位: mm)
常呈扇形或瓢形或长条形, 汇水面积不等。

实地调查还发现, 泥石流区沟谷内的堆积体有扇状、或垄岗状、或长条状, 厚度约 2 ~ 20 m 不等, 其间夹有不少巨大砾石。许多堆积体的形成时期早, 其上生长有果树(园)、农作物, 甚至盖有成片的房屋, 组成村庄。

3.3 人类生产活动的影响

北京山区一般是比较贫困的地区。生产水平低下, 过度垦荒、闸沟垫地, 兴建低标准的干砌谷坊和梯田, 加剧了生态条件恶化, 也加大了泥石流发生频

率和灾害程度。还有山沟因采煤、采石、烧石灰、修路等留下大量尾渣土石(如门头沟区清水河流域在 1980 ~ 1987 年就弃有渣土石 84 万 m³) 为泥石流提供沿途补充固体物质源地。加上成片山林被砍和过度放牧, 植被破坏严重, 使水土流失严重, 加剧滑坡和塌方, 埋下爆发泥石流的祸根。

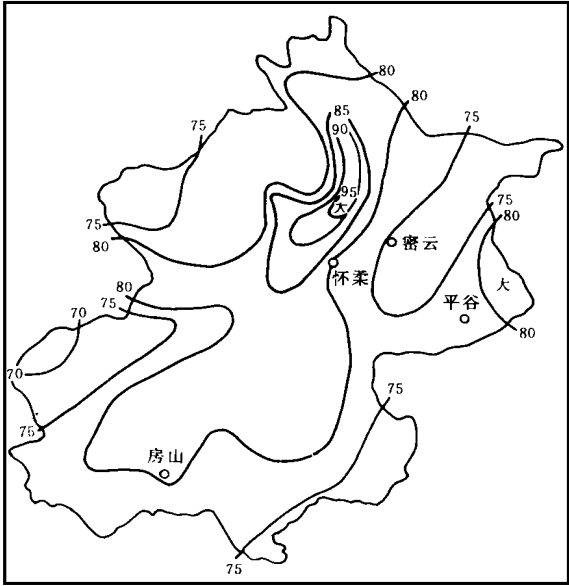


图 3 北京地区暴雨平均强度分布图(单位: mm)

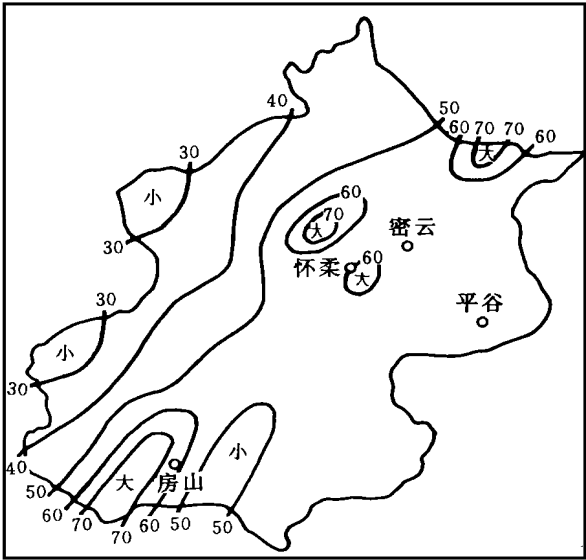


图 4 北京地区 1971 ~ 1980 年 10 年平均 3 h 最大降水分布图(单位: mm)

3.4 泥石流分类

北京山区的泥石流大多为稀性泥石流, 少数是黏性泥石流(如表 1 中 1982 年 8 月 4 日的泥石流)。泥石流沟谷长度一般在几百米到 3 km。北京地区发生的现代泥石流, 几乎都是经历了滑塌—黏性泥石

流—稀性泥石流—洪水(水石流)的演变模式。

4 泥石流区的降水气候特征

将图 1 中泥石流区分布与北京区域的降水气候对照,发现:

(1) 上述两个泥石流重点预测区均是位于年平均降水量最大区(图 2), 多年平均年降水量大于 650 mm。与夏季 6~8 月降水量的分布也有类似对应关系。

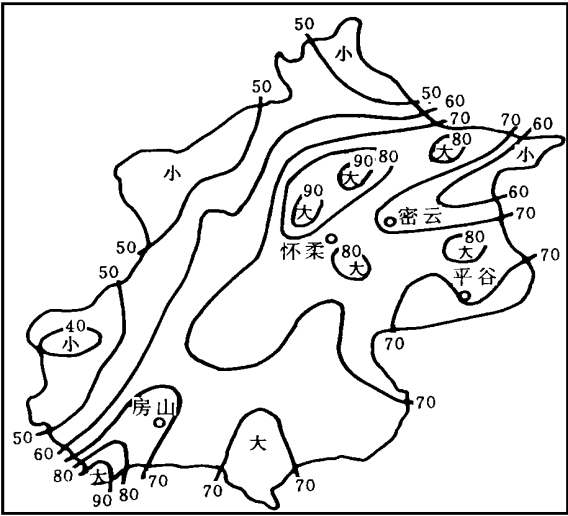


图 5 北京地区 1971~1980 年 10 年平均 6 h 最大降水分布(单位:mm)

(2) 泥石流重点预测区,也是暴雨平均强度大值区(图 3)。尤其是怀柔县的泥石流区,暴雨多年平均强度达 90 mm/24 h,其中枣树林为 97 mm/24 h,为北京地区暴雨平均强度之冠。

(3) 北京是位于半干旱半湿润气候区,平均年降水量不多,平均年暴雨日数仅 1~3 d,但短历时局地降水强度大。图 4 和图 5 分别给出北京地区多年平均 3 h 最大降水量和平均 6 h 最大降水量分布,从中可见,从怀柔中部到密云北部以及密云东部到平谷北部的泥石流多发区与 6 h 最大降水量的最强区几乎重叠。而房山的霞云岭乡到十渡乡的泥石流多发区则与 3 h 平均最大降水的最强区重叠。

(4) 从泥石流发生时间上看,除 1991 年 6 月 10 日的泥石流外,其它 10 次泥石流都发生在 7 月下旬到 8 月上旬,这正是北京地区大暴雨集中出现的时段。

(5) 泥石流爆发的时间也与强降水时间的日变化对应。图 6 给出泥石流多发区附近四个气象站 7~8 月出现 10 mm/h 的降水强度的逐时气候概率值(P)。一般来讲,北京地区出现 10 mm/h 强降水

的气候概率是很小的,且这四个站的强降水机率也不同,但都有类似的明显日变化。即从下午 16 时(北京时间,下同)到次日凌晨 03 时,强降水的 P 值相对较大,这也正是泥石流的多发时段。

5 触发泥石流的降水强度

5.1 泥石流区的前期降水

前期降水多少,是泥石流爆发的潜在因素。从表 1 可见,泥石流发生的前 10 天降水量都超过 50 mm,且多数在 100 mm 以上。降水日数超过 4 d,其中必有一天是大到暴雨(≥25 mm/d)。这样,泥石流发生之前,本地已出现 1~2 场“透雨”,土石层处于水分饱和状态,在地质结构和地形有利的地方,已处于滑塌的临界状态。

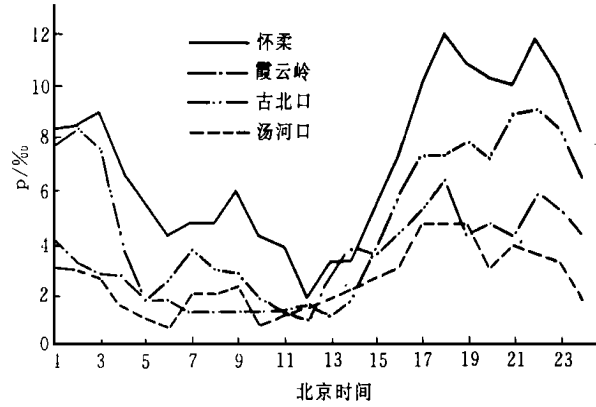


图 6 北京四个气象站 10 mm/h 降水气候概率日变化曲线

在分析前期降水实况时,还须注意连续降水十几个小时后,由于中尺度降水系统发展和低层风场变化而使降水强度突然明显增大而引发泥石流的情况,如 1972 年 7 月 27 日夜间泥石流的例子。因此,在泥石流监测和预警中,随时动态分析前期降水状况也是重要一环。

5.2 临灾降水强度

根据泥石流区附近水文雨量站不完整的资料(见表 1),触发灾害严重的泥石流的降水强度为 50 mm/h 或 3 h 持续降雨,且雨强 ≥23 mm/h。对灾害尤为严重的泥石流(1969 年 8 月 10 日、1972 年 7 月 27 日、1976 年 7 月 23 日和 1991 年 6 月 10 日),其降水强度都超过 100 mm/h。

根据降水量值(R)与降水持续时间(D)的经验公式:

$$R = 421.6D^{0.475}$$

得到与给定日雨量对应的不同时段降水强度值(见表 2)。对比表 1 和表 2,可以看到,触发灾害性泥石流的降水强度,多是相当日降水量为 200 mm 以上

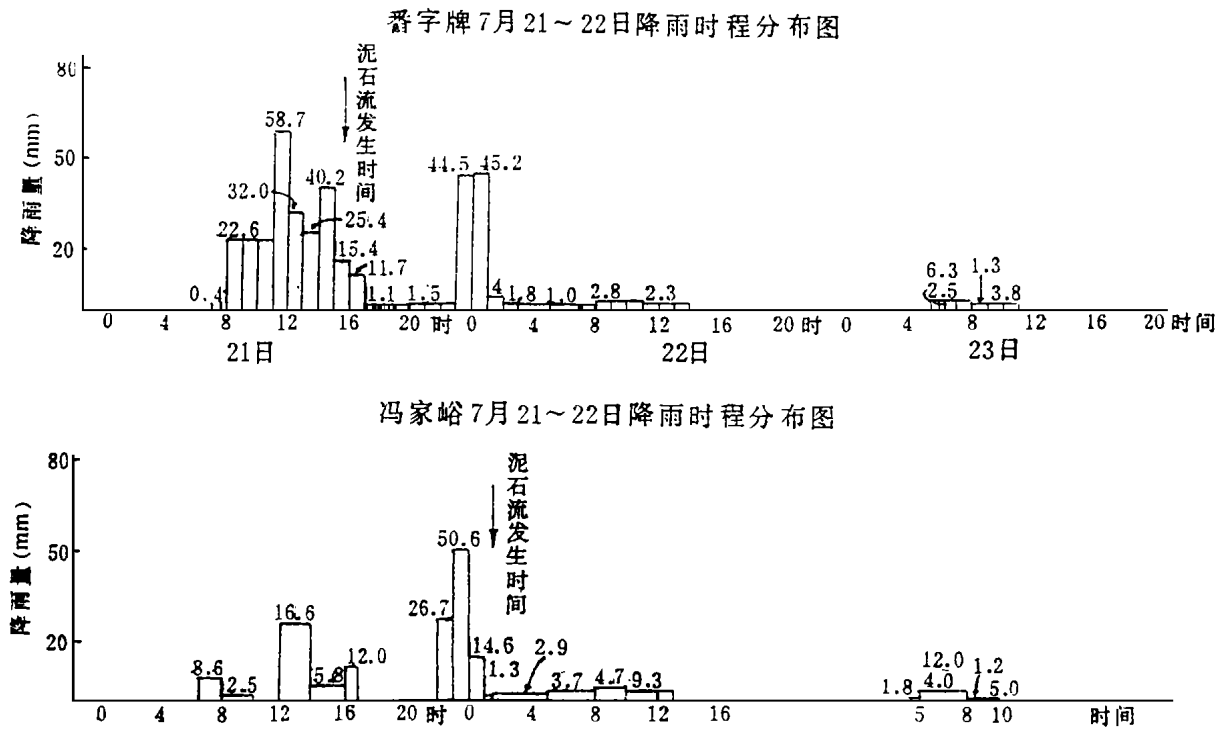
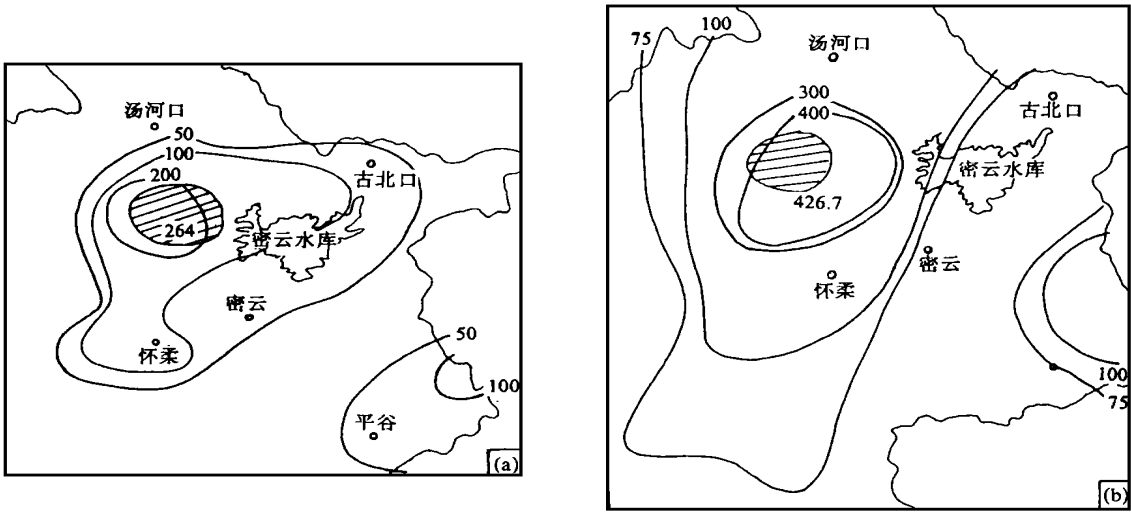


图 7 1989 年 7 月 21~22 日密云县两个雨量站逐时降水量分布图



a. 1969 年 8 月 10 日; b. 1972 年 7 月 27 日

图 8 泥石流发生区(斜线)和日降水量分布图(mm)

的特大暴雨过程。但要指出的是,除了降水强度外,泥石流灾害大小还与洪水的汇水面积、地质结构和地形地貌差异有一定关系。

表 2 与给定日雨量对应的不同时段降水强度值 mm

时段		1 h	3 h	6 h	12 h
日 雨 量	100	22	38	52	72
	150	34	57	77	109
	200	44	75	103	143
	300	68	114	196	218
	400	88	150	206	286

当上述降水强度值出现后,一般在未来 1~3 h

就会爆发泥石流,如 1989 年 7 月 21 日下午发生在密云县西部山区的泥石流(图 7)^[5]。

5.3 日降水量空间分布与泥石流灾害区

图 8 给出两例日降水量空间分布与泥石流灾害发生区的相对位置关系,可见,泥石流发生区均是位于最大降水量中心区,降水中心强度超过 250 mm,泥石流区的日降水量达 200 mm(气象上称之为特大暴雨)。

5.4 泥石流区地形对降水增幅作用

表 1 还说明,泥石流区附近水文雨量站降水记

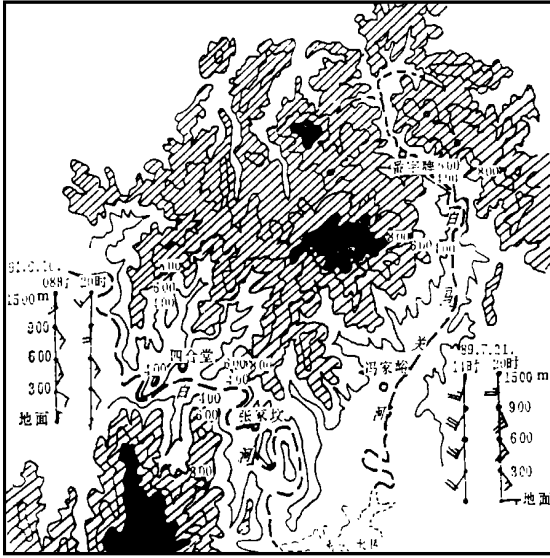


图 9 两例泥石流区的地形和低空风配置示意图
(图中数字为海拔高度(m); 风羽符号表示风向、风速)

录要比其所在县的气象站雨量记录大 2~5 倍, 造成这种降水不均匀分布的一个重要原因是泥石流区地形对降水的增幅作用, 这表现在:

(1) 强迫抬升作用。在密云县的白马关河河谷、白河河谷和怀柔县的雁栖河河谷、沙河河谷等地, 地形坡度为 0.03~0.05, 当低空(地面-1 000 m 高度)风向为 SSE-SSW(与地形坡面正交), 风速为 6~12 m/s, 且风速随高度增加时, 地形强迫抬升作用造成的上升速度为 20~60 cm/s。这样, 暴雨云团沿山坡向上移动时, 暖湿空气上升运动被加强、降水强度也明显加大。图 9 表明, 1989 年 7 月 21 日, 地面到 900 m 高度为 SSW-SSE 风, 风速随高度增加, 在冯家峪 24 h 降水量为 205 mm, 而沿白马河向上

参考文献:

[1] 吴成芝, 赵长英. 北京市泥石流航空遥感调查报告[R]. 1987.
[2] 吴正华. 北京的降水与泥石流. 首都圈自然灾害与减灾对策[C]. 北京: 气象出版社, 1991. 105~111.
[3] 庞炳东, 范英勇. 官厅山峡地区历史洪水泥石流灾害的初步分析[C]. 112~114, 同 2.
[4] 郑大玮, 等. 关于北京北部山区泥石流灾害成因分析和治理开发的几点意见[C]. 115~121, 同 2.
[5] 屈世秋. 北京地区泥石流分析[C]. 122~127, 同 2.
[6] 张世俊. 北京山区泥石流的特征及其综合防治[C]. 128~132, 同 2.
[7] 张世清. 北京山区泥石流防治对策的初步探讨[C]. 139~144, 同 2.
[8] 周宝山. 北京市密云县北部山区泥石流的形成条件及治理意见[C]. 145~148, 同 2.
[9] 洪惜英, 等. 清水河流域泥石流成因及其防治初探[C]. 149~153, 同 2.
[10] 田昭一, 等. 北京山区现代泥石流与减灾的群防策略[C]. 154~157, 同 2.
[11] 崔之久, 等. 关于北京山区泥石流暴发周期的初步探讨[C]. 158~165, 同 2.
[12] 谢又予, 伍永秋. 北京密云县泥石流危险区及沟谷危险度的初步研究[C]. 166~170, 同 2.
[13] 吴正华, 储锁龙. 北京泥石流暴雨基本特征[J]. 大气科学, 1992, 16(4): 476~481.

到相距仅 15 km 的番字牌, 24 h 降水量增大到 361.2 mm。1991 年 6 月 10 日, 低空盛行 SSE 风, 地形抬升作用使相距不到 5 km 的张家坟(216.0 mm)和四合堂(372.8 mm)的降水量有明显差异。1972 年 7 月 27 日也有类似情况。

(2) 辐合作用。在北京泥石流多发区, 山谷地形多为马蹄或喇叭口形。如白马关河河谷和怀柔大水峪水库的上游河谷都是典型向南开口的喇叭口地形, 而四合堂乡则是马蹄形地形。当偏南暖湿气流沿河谷爬升时, 地形作用加大气流水平辐合, 更加大垂直上升运动, 加大降水强度。这种地形又会使暴雨云团长时间滞留, 强降水持续时间在同一地点延长, 更增大了洪水量。

6 小 结

综上所述, 北京地区灾害严重的泥石流多发区的时空分布与强降水的时空分布有非常密切联系。而且泥石流地区的特殊地形条件又是加大降水量和强度的重要因素。但是, 本文由于资料收集的限制, 未能对各类泥石流(包括不同地质构造和地形类型的泥石流和不同灾害程度的泥石流)的降水时空分布和降水强度进行对比分析, 也缺乏泥石流发生前后降水时空演变的分析, 对地形与降水的关系还须做一些数值模拟研究。

今后, 在继续进行泥石流区的地质学、地理学调查研究, 采取一些流域治理工程措施的同时, 还必须尽快在北京泥石流区建立暴雨监测和预警系统。这包括稠密的自动雨量站网、实时雨情收集分析系统、暴雨实时预报系统和可靠的警报服务网, 才可能最大限度地预防和减轻泥石流灾害。