

辽东半岛山洪泥石流与诱发暴雨

张延治*

(沈阳中心气象台)

提 要

山洪泥石流是辽东半岛重大的自然灾害之一。本文分析了泥石流与长、短历时暴雨的关系,计算了诱发泥石流暴雨的定量指标,从而为预测泥石流灾害提供一定的判据。

引 言

长白山余脉千山山脉横贯辽东半岛。半岛地势由东北向西南倾斜,山地高度一般在500—1000m左右,少数山峰达1000 m以上。山涧河谷多为西北—东南向或南—北向的喇叭口地形,有利于发生强集中暴雨,诱发山洪泥石流的形成。加之植被较差,长年风化,泥石体松动,山坡和谷地堆积大量泥石的地质、地貌条件,使辽东半岛山区成为山洪泥石流的多发地区。尤其是80年代以来,泥石流明显增多,平均每年发生一次,1985年最多达3次。

山洪泥石流突然爆发,历时短暂,来势凶猛,破坏力强,往往顷刻之间即给国家和人民生命财产造成严重损失,带来巨大的灾害。仅1981年辽南老帽山区发生的山洪泥石流,就死亡了600多人,直接经济损失3亿元以上。因此,积极做好山洪泥石流的预测预防工作,已成为一项刻不容缓的任务。

山洪泥石流常常是在有利的地形、地质、地貌环境条件下,直接由强集中暴雨诱发行成的(以下简称诱发暴雨)。山洪泥石流的预测,在很大程度上是强暴雨的预报问

题。因此,研究山洪泥石流的形成与诱发暴雨的关系,确定造成山洪泥石流暴雨的临界值,则是山洪泥石流诱发暴雨预报的首要问题。在这方面已有过一些研究,得出一些有益的结果[1], [2], 1)。本文根据辽东半岛山洪泥石流灾害及有关水文气象资料,进一步探讨各类山洪泥石流的形成与诱发暴雨的定量关系,为泥石流的预测提供诱发暴雨的临界值条件。

泥石流与长历时暴雨

我们将12小时、24小时暴雨称为长历时暴雨,1小时、3小时、6小时暴雨称为短历时暴雨。图1给出辽南1981年7月28日泥石流与24小时、3小时最大降水分布。由图可见,“81.7”山洪泥石流及最大24小时泥石流灾区,与老帽山区附近24小时最大降水量300—500mm的区域相吻合。最严重的泥石流灾区的24小时最大降水量达500mm以上。较缓滑坡区24小时最大降水量在200 mm上下。

在1958—1989年的32年间,辽东半岛山区出现较重和严重的山洪泥石流灾害17次,其诱发暴雨中有14次24小时最大降水量在300mm以上(称为特强暴雨),占82%;

*戴国文同志参加部分计算工作。

1) 刘桂琴,大连地区“81.7”暴雨对泥石流形成的作用,气象科技情报,辽宁省气象科学研究所,1982年2期。

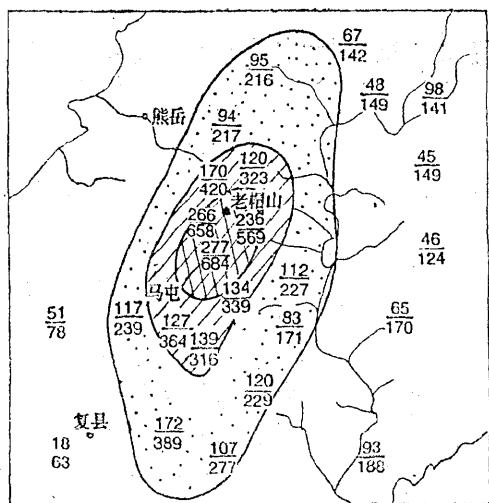


图 1 江南1981年7月28日泥石流与
24、3小时最大降水量分布
点区为较轻滑坡区、斜线区为较重泥石流区、网格区
为严重泥石流区、分母为 R_{24} ，分子为 R_3

有3次24小时最大降水量为200—300 mm的特大暴雨，占18%。此外，在10次较轻滑坡中其诱发暴雨有7次大暴雨（>100 mm）和2次特大暴雨（>200 mm），占90%，只有1次为特强暴雨（>300 mm）。资料表明，较重和严重的山洪泥石流灾害，主要是由特强暴雨的诱发形成的；而较轻的泥石流或滑坡现象，绝大多数是大暴雨和特大暴雨影响所致。

泥石流与短历时暴雨

山洪泥石流不一定在一次长历时暴雨过程结束之后才发生，而往往在暴雨过程中由于短历时强集中暴雨的诱发而形成。图2是“81.7”老帽山区马屯水文站山洪泥石流形成前后逐时降水量直方图和3小时雨量曲线图。由图可见，到27日22时，虽然累积雨量已达120mm，但雨强较小，最大1小时和3小时雨量分别为31mm和41mm，没有出现山洪泥石流现象。当23时降水量明显增大出现第一次强降雨峰时，1小时和3小时雨量分别达到57、82mm，同时出现了滑坡（当地称为片山）。当2—4时出现第2次雨峰，1小

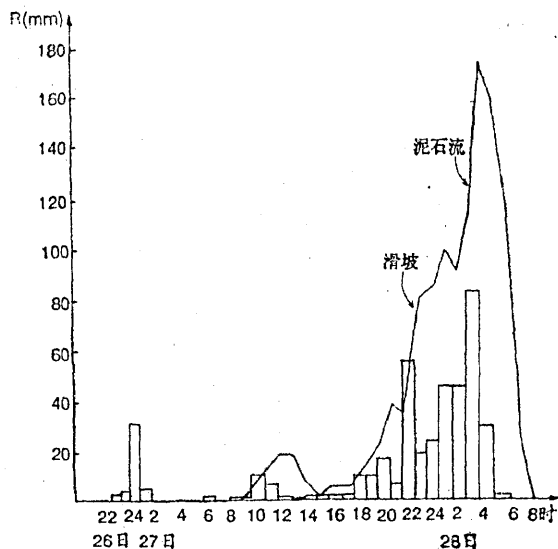


图 2 马屯水文站1981年7月26日22时—28
日08时逐时及3小时雨量图

时、3小时最大雨量分别达85mm和177mm时，山洪泥石流爆发。表明山洪泥石流的爆发与短历时强集中暴雨的诱发作用关系更为密切。

图3是“81.7”老帽山区各类山洪泥石流（每类选择5个典型水文站）与各历时最

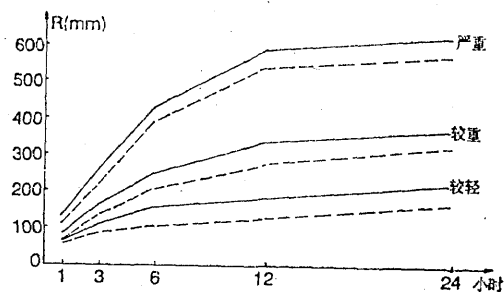


图 3 各类泥石流与各历时最大
暴雨强度曲线图

实线和虚线分别表示5个典型站的平均及最小雨量

大暴雨强度的关系。可以看出，严重泥石流灾区12小时和24小时长历时暴雨均达500mm以上，而1小时、3小时和6小时各短历时暴雨分别为100mm，200mm和300mm以上。较重泥石流灾区24小时最大降水量达300mm以上，1小时、3小时和6小时后短历时暴雨分别为60mm，120mm和200mm以上。较

轻的滑坡区24小时最大降水量在150 mm以上, 1小时、3小时和6小时最大降水量分别在40mm, 80mm和100mm以上。

诱发暴雨临界值的定量计算

各种短历时暴雨强度与最大24小时暴雨有定量的对应关系。可以借助于下列的暴雨强度公式, 计算诱发暴雨临界值。

$$i = S/t^n \quad \text{或} \quad p = St^{n-1} \quad (1)^*$$

式中 i 为暴雨强度 (mm/hr), S 为雨力(即 $t=1$ 小时的暴雨强度, t 为降雨历时(小时), n 为暴雨衰减指数, p 为降雨量 (mm)。

据我省实测资料分析, 各历时 (1, 3, 6, 12, 24小时) 的暴雨衰减指数 n 值, 大多数在6小时处有一拐点。所以分别以 n_1 , n_2 表示1、3、6小时及12、24小时的暴雨衰减指数。(1)式可转换成以下暴雨公式:

$$p_t = p_{24} \cdot 24^{n_2-1} \cdot 6^{n_1-1} \cdot t^{1-n_1} \quad (2)$$

(2)式适用于 $t=1、3、6$ 小时。

$$p_t = p \cdot 24^{n_2-1} \cdot t^{1-n_2} \quad (3)$$

(3)式适用于 $t=12、24$ 小时。

式中 p_t 为 t 历时暴雨量, p_{24} 为24小时暴雨量。各站点的 n_1 , n_2 可由下式求得

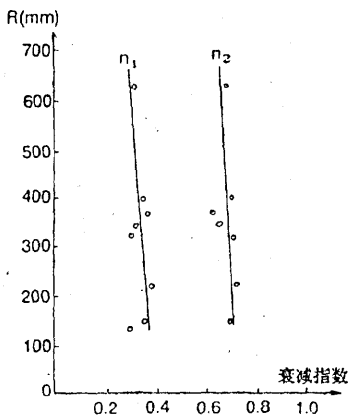


图4 最大24小时暴雨量与暴雨衰减指数相关图

$$n_1 = 1 + 1.2851g \frac{p_1}{p_0} \quad (4)$$

$$n_2 = 1 + 1.6611g \frac{p_n}{p_{24}} \quad (5)$$

式中 p_1 , p_0 , p_{24} 分别为1、6、24小时暴雨量。

根据各雨量站的 n_1 , n_2 建立最大24小时暴雨量与 n_1 , n_2 的相关图(图4)。当 p_{24} 给定时, 可以从图4查得 n_1, n_2 。计算得出的各类泥石流形成所需暴雨的临界值如表1所示。

表1 各类泥石流暴雨强度临界值

类别	各历时最大暴雨强度(mm)			
	R_{24}	R_1	R_3	R_6
较轻	150	31	62	96
较重	300	63	128	187
严重	500	87	187	304

短历时诱发暴雨与前期雨量的定量关系

过去通常认为, 山洪泥石流爆发前必有长时间的降水, 使地表长期浸泡, 达到饱和或过饱和状态, 然后遇短历时强集中暴雨诱发而形成, 如表2中前两个例子即是如此。

表2 前期雨量、各历时暴雨及泥石流典型个例

日期	站名	前期状况		各历时最大降水				
		R_{-24}	地面	R_1	R_3	R_6	$R_3 + R_{-24}$	
1982.8.8	王家窝堡	133	过饱和	64	150	213	283	
1985.7.25	鸡冠山	73	饱和	78	212	300	285	
1989.7.18	朝阳沟	30	未饱和	180	232	244	262	

然而, 表2中的第三例, 即1989年7月18日, 岫岩县朝阳沟发生的泥石流之前, 并未出现长时间的大量降水, 地表处于未饱和状态。由于短历时诱发暴雨强度明显大于前者, 同样发生了较严重的山洪泥石流灾害。事实不仅表明, 在前期少雨地表未达饱和状态下, 短历时强集中暴雨同样可以诱发山洪泥石流, 而且揭示了短历时诱发暴雨的强度与前

*暴雨公式(1) — (5) 引自辽宁水文总站1982年编的《辽宁省暴雨洪水查算图表》。

期雨量具有反比关系,即前期雨量越小,要求诱发暴雨的强度越大。

为了进一步分析诱发暴雨与前期雨量的定量关系,我们选择了80年代以来发生在辽东半岛山区的9次山洪泥石流过程中42个雨量点资料,分别制作了1小时、3小时、6小时最大诱发暴雨量 R_1 、 R_3 、 R_6 与前24小时雨量 R_{-24} 相关图,本文只给出 R_6 与 R_{-24} 的相关图(图5)。图5中的两条边界可用双曲线方程来拟合:

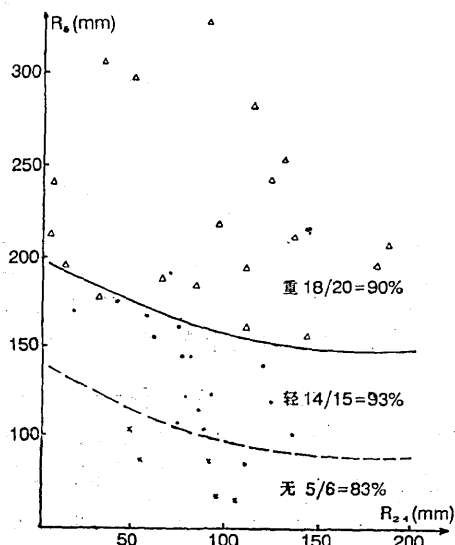


图5 R_6 与 R_{-24} 相关图

Δ 、 $\cdot$ 、 $\times$ 分别表示泥石流、滑坡和无泥石流滑坡,实线和虚线分别为泥石流和滑坡诱发暴雨临界线

$$(R_6 - 109.2)(R_{-24} + 119.6) = 10939.3 \quad (6)$$

$$(R_6 - 51.2)(R_{-24} + 125.0) = 11160.0 \quad (7)$$

(6)、(7)式分别为图5中泥石流的临界方程(实线)及滑坡临界方程(虚线)。由图5可见:

(1) 当 $R_{-24} > 100$ mm时, R_6 随 R_{-24} 的增大变化较小,表明在前期雨量和短历时暴雨达到一定临界值之后,泥石流发生的几率很大,前期雨量的变化对短历时诱发暴雨的强度影响不大。

(2) 当 $R_{-24} < 100$ mm时,短历时诱发

暴雨临界值随 R_{-24} 的减少而明显增大。历时越短,其诱发暴雨临界值的强度随 R_{-24} 减小而增大越显著。

(3) 3小时诱发暴雨临界值判别泥石流的历史拟合率最大,总和达到97.7%。其次是6小时诱发暴雨的临界值,判别泥石流的历史拟合率为90.2%。1小时诱发暴雨的临界值判别泥石流的历史拟合率最小为83.3%。

诱发暴雨临界值在泥石流预测中的应用

当已知前期24小时雨量时,可以根据方程计算或查相关图,得出各历史诱发暴雨的临界值,从而得出未来各时段内降多大暴雨才可能有哪一类泥石流发生。再根据短时暴雨的量级预报,确定未来各时段是否将有泥石流灾害发生,提出有哪一类泥石流发生及其可能性大小的预报意见。例如,前24小时雨量为50 mm,根据(6)、(7)式的计算或查图5,即可确定,若未来6小时将有175 mm以上的大暴雨,将可能有泥石流发生;若未来6小时暴雨量为115—175 mm时,将可能出现滑坡;若未来6小时暴雨量小于115 mm,则发生滑坡和泥石流的可能性很小。

结 语

上述分析表明,山洪泥石流的形成与诱发暴雨的关系十分密切,也是有规律可循的。山洪泥石流灾害的成因与一般洪涝灾害有所不同,除了有利的自然地理环境条件而外,更重要的是诱发暴雨的历时短、强度大、来势猛,即由短时特强集中暴雨的诱发所致。

本文通过定量计算,得出辽东半岛山区山洪泥石流与各历时诱发暴雨的定量关系,从而为预测这种严重的自然灾害提供了科学的依据。需要提出的是,本文提出的山洪泥石流诱发暴雨的临界值,仅是根据辽东半岛山区部分历史资料分析得出的。各地区自然地理环境条件和水文气象条件有很大差别,因此在参考使用本方法时,需根据各地的实

际资料, 求出各地不同的诱发暴雨临界值。

参 考 文 献

- (1) 陈景武, 云南东川蒋家沟泥石流爆发与暴雨关系的初步分析, 中国科学院冰川冻土研究所集刊(泥石流专集), 科学出版社。

- (2) Georgakakes, K.P., On the design of national, real-time warning system with capability for site-specific, flash-flood forecasts, Bull. Amer. Met. Soc., 67 (10), 1233—1239, 1986.