

## 四川省宁南县城后山泥石流激发雨强\*

李德基

张德华

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所 成都 610041)

(四川省宁南县气象局 宁南 615400)

**提 要** 根据宁南县城后山垂直剖面观测资料,对本区降雨的垂直变化及泥石流激发雨强作了探讨。当地暴雨泥石流发生所需的 10 分钟雨强  $i_{10\min}$  和前期降水量  $Pa$  组合为:  $i_{10\min} \geq 15\text{mm} \cap Pa \geq 50\text{mm}$ , 或  $i_{10\min} \geq 10\text{mm} \cap Pa \geq 65\text{mm}$ , 或  $i_{10\min} \geq 5\text{mm} \cap Pa \geq 90\text{mm}$ 。超过上述各组合值就有可能暴发泥石流。

**关键词** 四川省 宁南县 泥石流 雨强 前期降水量

宁南县城后山为大凉山脉南端,岭脊线走向 NW-SE,山顶海拔 2 900m,山麓海拔 1 200m,相对高度 1 700m(水平距离 4.6km)。山坡坡向 SW,平均坡度  $30^\circ-35^\circ$ ,局部陡达  $40^\circ-45^\circ$ 。该坡隔流向 SE 的黑水河,与 NW-SE 向的鲁南山脉相望。西南气流翻越鲁南山脉后,宁南县城(海拔 1 124m)所在的山坡就成迎风坡。它的降雨垂直变化明显。故在坡上布置了一个垂直剖面,除既有的县气象站(海拔 1 050m)外,由上至下另设三站,即:新电视塔、水井湾和官村子(图 1)。

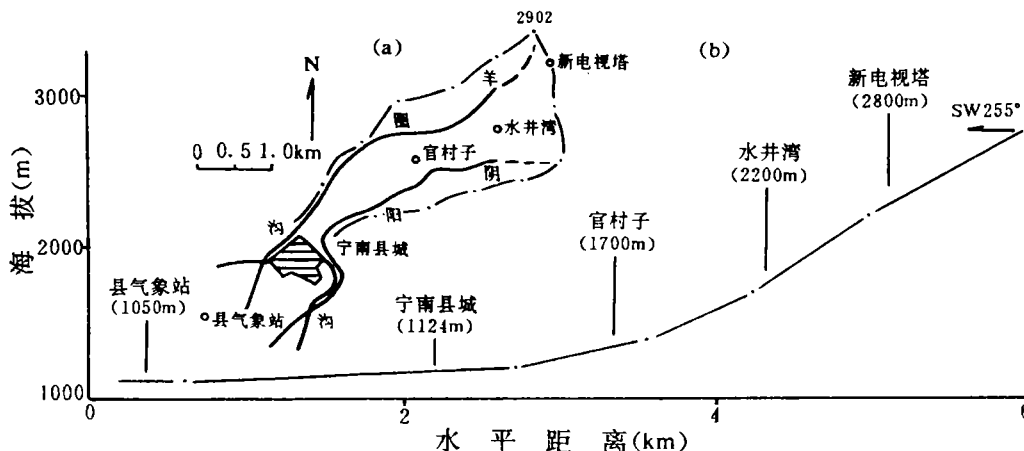


图 1 宁南县城后平面图(a)和剖面图(b)

Fig. 1 The plan (a) and profile section (b) of Houshan by Ningnan County

新电视塔—水井湾段为流域水源区和洪水汇水区,长满华山松 *Pinus armandii* 和云南松 *P. yunnanensis*;水井湾—官村子系泥石流形成区,属荒坡和稀树草甸。

该剖面既可观测水热要素、沟道水情变化,又可观测水土流失和滑坡、泥石流的动态。

1985-06—1988-12,宁南县气象局按合同对垂直剖面上各测站,全年每天定时观测气

\* 宁南县气象站原站长祝定国负责观测工作并提供部分资料,谨致谢忱。

本文改回日期: 1993-05-08。

温、降水、水汽压、云量、相对湿度和地温等要素,并负责监督、检查、资料收集、汇总整理、计算校核和复制等项事宜,严格按规范操作,所供资料准确可靠。

观测历时 43 个月,除观测水热情况外,还记录了 26 场(次)崩塌滑坡、泥石流和山洪的活动情况。现据以上观测资料和县气象站历年的有关资料,对宁南县城后山的降雨垂直变化和泥石流激发雨强阐述如下。

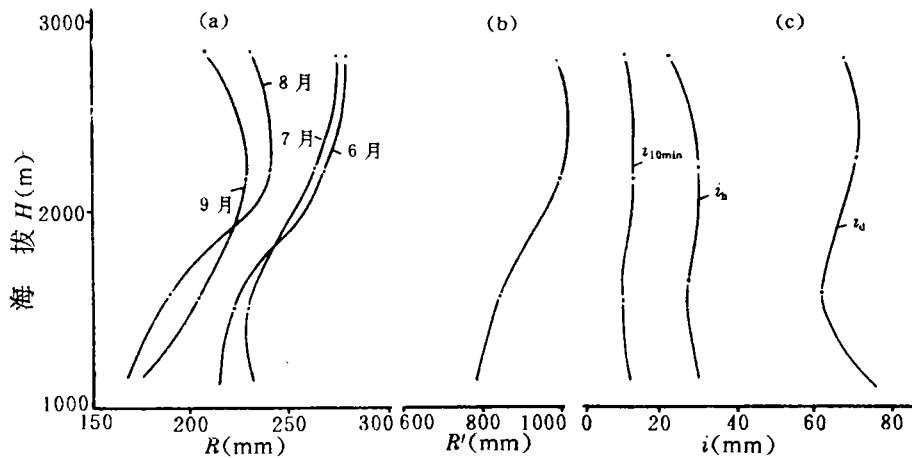


图 2 降雨量与海拔之间的关系

Fig. 2 The relationship between each monthly precipitation  $R$  (mm) from June to Sept., the precipitation  $R'$  (mm) in rainy season (June—Sept.), short-duration intensity  $i$  (mm) and altitude  $H$  (m)  
 $R$  为 6—9 月各月降雨量 (mm);  $R'$  为雨季 (6—9 月) 降雨量 (mm);  $i$  为短历时雨强 (mm);  
 $i_{10min}$  是 10 分钟雨强,  $i_h$  是 1 小时雨强,  $i_d$  是 1 日雨强

## 1 6—9 月各月和雨季 (6—9 月) 的降雨垂直分布 (图 2-a, b)

由图 2-a, b 可见,降雨量随海拔增高而递增,海拔 2 200m 附近出现最大值,往上则随海拔增高而递减。用差分法计算所得的降雨递增率 18.7mm/hm,海拔 2 200—2 800m 处降雨递减率 2.8mm/hm。8, 9 两个月海拔 2 200m 附近有一个明显的多雨带,分别比海拔 1 700m 处降雨量多 42.8, 16.6 (mm), 往上到山顶则呈递减。6, 7 两个月海拔 1 050—1 700, 2 200—2 800 (m) 两处递增率较小,而海拔 1 700—2 200m 处递增率较大。

与我国其他山区<sup>[1, 2]</sup>相比,宁南县城后山雨季降雨变化趋势基本一致。

## 2 短历时雨强的垂直分布

泥石流的发生并不完全由雨季降雨量多少决定,还与短历雨强  $i$  (含: 10 分钟雨强  $i_{10min}$ , 1 小时雨强  $i_h$  和 1 日雨强  $i_d$ ) 的关系较为密切<sup>[3]</sup>。

从各测站多年资料中,以站年法<sup>[4]</sup>每年分别选取  $i_{10min}$ ,  $i_h$  和  $i_d$  的最大值一个,并点绘成图 (见图 2-c)。由图 2-c 可见,海拔增高,各短历时雨强有减少—增加—减少的变化趋势。分别减少 4.6—17.7 ( $i_{10min}$ ), 3.3—29.4 ( $i_h$ ) 和 8.3—16.4 ( $i_d$ ) (%); 分别增加 11.1 ( $i_{10min}$ ), 7.8 ( $i_h$ ) 和 16.4 ( $i_d$ ) (%). 最大递减率分别为 0.54—2.05 ( $i_{10min}$ ), 0.15—1.51 ( $i_h$ ) 和 0.15—0.36 ( $i_d$ ) (mm/hm · min); 最大递增率别为 1.55 ( $i_{10min}$ ), 0.48 ( $i_h$ ) 和 0.43 ( $i_d$ )

(mm/hm · min).

各短历时雨强随海拔增高而递增正是在水井湾—官村子段(即泥石流形成区),海拔 2 200m 附近又有多雨带,这为泥石流的发生创造了条件.

### 3 雨率的垂直分布

雨率(mm/min)即单位时间内雨强. 将各测站 10min, 1h, 2h, 3h, 6h 和 1d 的雨强最大值(县气象站采用 1967—1989 年资料),以 10min 为时间尺度计算之,所得数据点在半对数坐标纸上,并作出拟合曲线(图 3).

由图 3 可见:1. 水井湾处 1h, 3h 和 6h 的雨率均最大,该处正是泥石流形成区的上部. 2. 10min 的雨率,除县气象站处外,其余仍随海拔增高而递增. 3. 3h 至 1d 的各雨率曲线都比较接近,这表明各测站均有代表性,它们的资料和分析结果比较稳定. 4. 官村子处的雨率曲线在他处曲线之下,属短历时雨强低值区. 5. 县气象站处雨率曲线,代表宁南县城后山可能出现的雨率最大值. 在 10min 至 1h 之间,除新电视塔处雨率曲线外,其他两处雨率曲线低于县气象站处雨率曲线,这表明观测到的泥石流激发雨强尚未达到可能出现的最大值,10min 时尤为明显,在减灾防灾中需给予密切注意.

### 4 泥石流激发雨强

泥石流的发生是当日降雨量和短历时雨强共同作用的结果<sup>[3]</sup>. 前者主要提供水源,后者起激发作用. 泥石流发生前,碎屑物质的含水状况与当日降雨量  $H_{24}$  之间的关密切. 两者合称为前期降水量  $Pa$ ,其由  $H_{24}$  和前若干日降雨量  $P_i$  (赋存于碎屑物质中)的剩余部分所组成,可用有关水文方法<sup>[5]</sup>算得. 根据宁南县城后山的气候条件和碎屑物质的岩性和组成,取:前期降水的影响期  $n$  为 1—7d,递减系数  $K$  为 0.70. 计算公式为

$$Pa = H_{24} + \sum_{i=1}^n P_i K^i.$$

由上可知,在松散固体物质量和地形条件相同的情况下,泥石流发生与否,取决于短历时雨强的大小、前期降水量与碎屑物质含水量状况两者的多少. 这就是说,泥石流发生与否,与  $i_{10min}$ ,  $H_{24}$ ,  $Pa$  之间的关系密切(图 4).

所选数据有三种情况:1. 观测期间日降雨量较大,现场有泥石流发生;2. 现场虽无而邻区有泥石流发生;3. 现场或邻区均无泥石流发生,共 26 场降雨资料. 采用两条外包曲线划分出泥石流发生区和不发生区. 两线之间为可有或可无泥石流发生的过渡区,其间表示流体的连续性和阶段性,即由高含沙洪水转变为泥石流,或由崩滑体转变为蠕变流,或表示从量变到质变间的过渡过程.

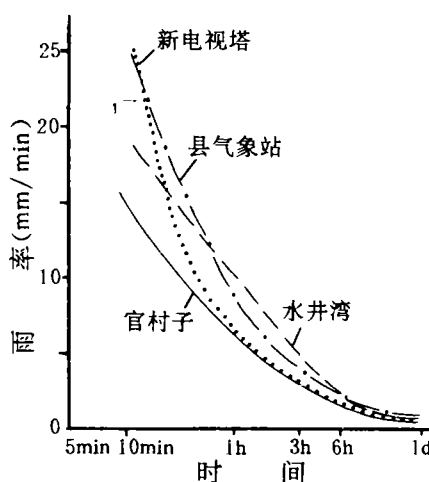


图 3 各测站雨率曲线

Fig. 3 Curve of rainy intensity (mm/min) in each station

由图 4 可见:

1.  $i_{10\min}$  和  $H_{24}$  或  $Pa$  之间互不独立, 存在着相反关系(曲线的上下两端应是有界的, 目前因资料较少, 延伸暂用虚线表示)。

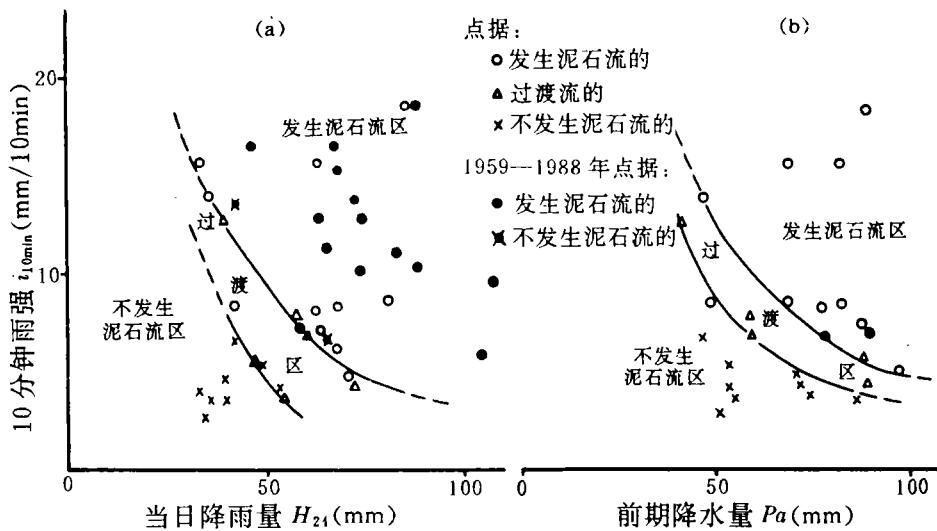


图 4  $i_{10\min}$  与  $H_{24}$ ,  $Pa$  之间的关系  
Fig. 4 The relationship between  $i_{10\min}$  (mm/10min), and  $H_{24}$  (mm),  $Pa$  (mm)

2. 由于计入泥石流发生前的前期含水量(26 场降雨资料统计结果表明, 前 7 天的有效雨量 1.1—38.1mm, 相当于  $Pa$  值的 1.9—51.6%)。按照泥石流分区检验结果显示: 图 4-b 发生泥石流区内, 12 个点有 11 个点准确, 准确率为 92%; 不发生泥石流区内, 12 个点有 9 个准确, 准确率为 75%。而图 4-a 的发生泥石流区内和不发生泥石流区内的准确率分别为 77 和 75(%)。由此表明考虑碎屑物质的前期含水量较为合理, 用作判断所得的准确率较高。

此外, 还用 1959—1984 年县气象站降雨资料, 将县城城区和县城内发生的 16 场泥石流暴雨资料点绘在图 4-a 上, 其准确率 88%, 结果是令人满意的。

鉴于目前观测资料系列较短, 泥石流发生场次有限, 区界尚待检验。故毋需刻意寻找外包曲线方程, 比较现实和简便的是: 将图 4-b 按有界函数处理, 用概化定量指标的办法, 给出  $Pa$  三组数据作为判断泥石流发生的指标, 即

$$i_{10\min} \geq 15\text{mm} \cap Pa \geq 50\text{mm},$$

$$\text{或 } i_{10\min} \geq 10\text{mm} \cap Pa \geq 65\text{mm},$$

$$\text{或 } i_{10\min} \geq 5\text{mm} \cap Pa \geq 90\text{mm}.$$

上述数组  $i_{10\min}$ ,  $Pa$  之间, 可按线性变化作内插计算。

### 参 考 文 献

- [1] 张家诚, 林之光. 中国气候. 上海: 上海科学技术出版社, 1985. 168—172.
- [2] 李兆元, 傅抱璞. 秦岭山地的气候特点. 见: 山地气候文集编委会编. 山地气候文集. 北京: 气象出版社, 1984. 87—96
- [3] 陈景武. 云南东川蒋家沟泥石流暴发与暴雨关系的初步分析. 见: 中国科学院兰州冰川冻土研究所. 中国科学

院兰州冰川冻土研究所集刊,第4号(中国泥石流研究专辑). 北京:科学出版社,1985. 88—96.

[4] 刘光文,张海岑,朱元生等编. 水文分析与计算. 北京:中国工业出版社,1963. 30—37

[5] 施成熙,梁端驹. 陆地水文学原理. 北京:中国工业出版社,1964. 77—78.

## INTENSITY EXCITING DEBRIS FLOW AT THE HOUSHAN BY NINGNAN COUNTY TOWN, SICHUAN PROVINCE

Li Deji

(*Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences*

& *Ministry of Water Conservancy Chengdu 610041*

Zhang Dehua

(*Meteorology Bureau of Ningnan County, Sichuan Province Ningnan 615400*)

### Abstract

Ningnan County is situated at the south reaches of Hengduan Mountain and belongs to middle mountain region. The piedmont of Houshan Mountain by Ningnan County is at 1 200m, the altitude of top of it is at 2 900m, relative height is 1 700m, and the horizontal range is only 3. 2km. There is a good position to observe the climatic elements and research landslide and debris flow activities in the middle region.

In 1985-06—1988-12, there was an observatory at this region. The observed results are shown as following.

1. In rainy season (June—Sept. ), the total precipitation and monthly mean precipitation (June—Sept. ) will be increasing—maximum—decreasing with the altitude lifting. The maximum precipitation appears at 2 200m.

2. The maximum rain intensities in 1d, 1h and 10min all will be decreasing—increasing—decreasing with the altitude lifting.

3. Near 2 200m, the rain intensities in 6h, 3h and 1h all will be maximum. It will have an important action for debris flow formation.

4. The composition for  $i_{10min}$  (rain intensity in 10min) and  $Pa$  (antecedent precipitation) to cause the rainstorm debris flow:

$i_{10min} \geq 15\text{mm} \cap Pa \geq 50\text{mm}$ , or  $i_{10min} \geq 10\text{mm} \cap Pa \geq 65\text{mm}$ , or  $i_{10min} \geq 5\text{mm} \cap Pa \geq 90\text{mm}$ .

When the composition values are over the above values, the debris flow would occur.

**Key words** Sichuan Province, Ningnan County, debris flow, rain intensity, antecedent precipitation