

甘肃省长江流域大(暴)雨引发泥石流危险程度评价

马鹏里^{1,2}, 蒲金涌³, 辛吉武⁴

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃兰州 730020; 2. 平凉市气象局, 甘肃平凉 744000;
3. 甘肃省天水农业气象试验站, 甘肃天水 741020; 4. 海南省气象局, 海南海口 570000)

摘要: 运用甘肃省长江流域 11 个气象站 1971—2000 年 30 a 整编气象资料及 5 个农业气象观测站 1981—2000 年 1 m 土层内的土壤湿度资料, 分析了该地大(暴)雨发生频率及大(暴)雨易发时段不同深度层次的土壤含水量、可容纳水量的变化, 构建了评价当地大(暴)雨引发泥石流的评价指数。结果表明, 在发生大雨时, 西汉水流域的泥石流发生可能性大于白龙江流域。发生暴雨时, 白龙江发生泥石流的可能性大于西汉水流域。

关键词: 甘肃省; 大(暴)雨; 泥石流; 危险程度;

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2007)05—0067—04

中图分类号: P642.23

Assessment of Debris Flow Induced by Heavy Rain and Rainstorm in the Yangtze Valley of Gansu Province

MA Peng-li^{1,2}, PU Jin-yong³, XIN Ji-wu⁴

(1. Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou, Gansu 730020, China;
2. Pingliang Meteorological Bureau, Pingliang, Gansu 744000, China; 3. The Agro-meteorological Experimental Station of Tianshui, Tianshui, Gansu 741020, China; 4. Hai'nan Meteorological Bureau, Haikou, Hai'nan 570000, China)

Abstract: Based on meteorological data from 11 weather stations during 1970—2000 and data of soil moisture from 5 agro-meteorological observation stations during 1981—2000, the frequency of heavy rain and storm and the variations of soil water content and potential soil water content were analyzed. The index used to assess possibility of debris flow had been created. Results showed that under heavy rain, the possibility of debris flow in Xihan River valley is greater than that in Bailong River valley, while under rainstorm, the possibility of debris in Bailong River valley is greater than that in Xihan River valley.

Keywords: Gansu Province; heavy rain and rainstorm; debris flow; degree of risk

泥石流的发生在地理上具有山区性, 在时间上具有突发性和继承性。地质、地貌条件是其产生的物质准备, 降水条件是主要的引发因素。泥石流的研究中, 大都是按照这 2 个条件进行其发生的危险程度评价的^[1-6]。实际在大雨引发泥石流过程中, 大都是因为具有一定深度土层内, 土体含水量逐渐达到或超过饱和, 失去平衡, 加上径流的作用, 产生滑动, 加剧、加快泥石流的形成, 在评估泥石流发生的危险程度时, 当时的土壤含水状况应该是重点的考虑因素之一。

甘肃省长江流域位于秦岭山脉西段以南甘肃省东南部, 包括陇南市的全部, 天水市、甘南州的一部

分。流域面积 35 200 km², 覆盖面积占全省外流河的 20.9%, 是长江主要支流嘉陵江的发源地。大致以 105°E 为界东为西汉水水系, 西为白龙江水系。其中西汉水流域占 41.5%, 白龙江流域占 58.5%。大部分地区属秦岭褶皱带的西段, 由迭、岷山系构成, 山峰海拔在 3 500~4 000 m 间, 相对高差 2 000 m, 山坡坡度多在 30°以上。该地域在黄土高原和青藏高原的接触带上, 在新构造运动影响和重力侵蚀作用下, 境内沟谷纵横, 冲刷切割剧烈, 陡峻的地形极易形成洪水灾害, 加之地质结构复杂, 在降水量级及强度较大的时候, 极易形成泥石流^[7-10]。自有比较连续记

收稿日期: 2006-09-20 修回日期: 2007-03-20

资助项目: 科技部科研院所社会公益研究项目“西北农作物对气候变化的响应及其评价方法”(2005DIB3J100)

作者简介: 马鹏里(1965—), 男(汉族), 甘肃省平凉市人, 正研级高级工程师, 主要从事气候变化及应用气象研究工作。E-mail: qyqxjyyb@sohu.com.

通讯作者: 蒲金涌(1960—), 男(汉族), 甘肃省天水市人, 高级工程师, 主要从事土壤水分测定及应用气象业务工作。E-mail: pujinyong6@163.com.

录的明代至今,发生洪水灾害的次数,占全省外流河的 21.9%。1949—2000 年,发生危害较重的泥石流 27 次,占全省泥石流发生次数 51.3%,平均 1.9 年一遇,给当地的经济的发展造成了很大的损失。

1 资料与方法

利用甘肃省长江流域 11 个气象站 1971—2000 年的 30 a 整编气象资料及武都、文县、成县、礼县及两当 5 个农业气象观测站 1981—2000 年深度为 1 m 的逐层(间隔 10 cm)土壤湿度资料,及甘肃省长江流域泥石流发生次数资料,运用统计学方法,分析当地的大(暴)雨发生规律及可能造成滑坡、泥石流的土壤湿度条件。探索其发生、酿灾规律。其中大雨、暴雨划分以气象部门的有关业务规定(大雨: ≥ 25 mm/d,暴雨: ≥ 50 mm/d)为标准。

2 甘肃省长江流域大(暴)雨引发泥石流状况

2.1 陇东南地区地质地貌特征

陇东南长江流域,位于天水—武都地震带上,历史上的大地震,造成了大量滑坡,崩塌和坍塌,为泥石流提供了极为丰富的松散固体物质。由于地质构造运动差异性上升的结果,形成了一系列断块状中山地和丘陵,厚层黄土的大面积堆积,使陡峭的地势进一步加陡。同时,流域内分布着 12 130 处滑坡体,面

积达 9 067 km²,占全省滑坡面积的 24%,单位面积固体物质补给量达 357 m³/km²。高拔的地势,狭窄的沟谷,为滑坡、崩塌的发育提供了临空条件和场所,陡急的沟谷纵坡为泥石流运动创造了动力条件^[11]。特别是面积狭小的小流域,江流快,坡面集流时间短,水流集中,加剧了泥石流的形成。为甘肃省泥石流的高发地区。

2.2 陇东南长江流域大(暴)雨时空分布特征

陇东南长江流域是甘肃省大(暴)雨中心之一(表 1)。其发生的频率及强度都明显大于甘肃省黄河流域^[12-13]。该地域的东部西汉水流域大(暴)雨发生的频率大于西部的白龙江流域。白龙江流域大雨发生的频率为 0.600~0.933 次/a,暴雨为 15~30 年一遇,西汉水流域大雨发生的频率 0.867~1.930 次/a,34°N 以南暴雨为 3.8~2.5 年一遇,34°N 以北为 15~10 年一遇。从时间分布特征来看,98%以上的大(暴)雨集中在汛期(4—9 月),其中主汛期(6—8 月)占 90%。

陇东南长江流域 3 h 以上的降强度低于全国,而且随着历时的增长,差距愈大。但 3 h 以下的暴雨强度尤其是 1 h 以下暴雨强度可以达到甚至超过国内外记录^[14]。白龙江流域在 6 h 以内降水强度较大,略高于西汉水流域,但 1 d 最大降水量,西汉水流域大于白龙江流域,同纬度的台站(地方)的极值记录两地甚至相差 1 倍以上。

表 1 甘肃长江流域各地大(暴)雨频率及各时段最大降水量

地域	经度	纬度	大雨频率/ (次·a ⁻¹)	暴雨频率/ (次·a ⁻¹)	10 min 最大 降水量/mm	30 min 最大 降水量/mm	1 h 最大降 水量/mm	6 h 最大降 水量/mm	1 d 最大降 水量/mm
白 龙 江 流 域	迭部	103°13'E 34°04'N	0.933	0.033	13.9	23.1	26.8	47.5	55.4
	舟曲	104°22'E 33°47'N	0.500	0.033	26.9	39.4	45.4	59.4	63.3
	武都	104°55'E 33°24'N	0.700	0.067	19.6	30.0	35.8	78.1	85.4
	文县	104°40'E 32°57'N	0.600	0.067	30.2	32.9	34.7	42.2	73.0
	宕昌	104°23'E 34°02'N	0.767	0.067	20.3	61.2	62.5	72.7	73.5
西 汉 流 域	成县	105°43'E 33°45'N	1.630	0.267	20.0	43.6	59.3	106.0	116.6
	康县	105°36'E 33°20'N	1.900	0.400	21.9	35.0	49.0	91.7	147.6
	徽县	106°05'E 33°47'N	1.930	0.300	16.7	36.4	47.6	105.7	138.2
	两当	106°18'E 33°55'N	1.570	0.267	20.5	36.8	47.2	48.4	150.8
	礼县	105°11'E 34°11'N	0.867	0.067	24.2	38.2	52.4	94.5	101.3
西和	105°18'E 34°02'N	0.867	0.100	19.8	20.2	25.7	95.7	128.1	

注:部分资料取自水文、水利部门。

2.3 6—8 月 1 m 土层内土壤容纳水量分布特征

降水时的土壤含水量是决定大(暴)雨是否诱发泥石流成灾的因子之一,土壤含水愈少,可容纳降水的能力就愈大,发生同样量级的降水所诱发的泥石流的可能性就愈小。反之,土壤含水量愈大,土壤体内可容纳降水的空间就愈小,发生同样量级的降水就会比含水量小的时间发生泥石流的可能性大。

甘肃长江流域 6—8 月雨量充沛,空气湿度较大,蒸发、散消耗水较小,土壤含水量较大。当土壤含

水达到土壤可容纳水分的 80%,就有发生泥石流的可能。

另外,据各土壤湿度测定点的测量结果分析及有关研究^[15],在降水强度稍大时(>10 mm/h),土壤渗透不及 20 cm 就可形成径流,其过程降水量<50 mm,渗透深度不超过 40 cm。陇东南长江流域主汛期 100 cm 土层 80%的土壤可容纳水量在 100 mm 上下,40 cm 在 40 mm 以下。西汉水流域的土壤可容纳水量大于白龙江流域(表 2)。

表 2 主汛期(6—8 月)0—100 cm 土层最大持水量、平均含水量及土壤水分容纳量 mm

地域	县区	0—100 cm	0—100 cm	0—100 cm	0—100 cm	0—40 cm 最	0—40 cm	0—40 cm	0—40 cm
		最大持水量	平均含水量	可容纳水量	最大持水量	80% 大持水量	平均含水量	可容纳水量	可容纳水量 80%
白龙江流域	文县	285	165	120	96	88	44	44	35
	武都	269	161	108	86	103	62	41	33
西汉水流域	成县	297	164	133	106	111	61	50	40
	礼县	306	185	121	97	106	60	46	37
	两当	310	186	124	99	122	76	46	37

2.4 泥石流发生的危险程度评定

陇东南长江流域发生泥石流的条件和激发因素,大多来源于降水。中国科学院兰州冰川冻土研究所曾以固体物质储备量、沟道堵塞程度和坡度为预测因素,以暴发泥石流的雨量为指标进行泥石流的临界雨量的预报^[16]。经分析发现在 3~4 d 内降水量连续达到 25~30 mm,其临界成泥雨强为 5~10 mm/h。整个过程降水量达到 30~40 mm 就会产生泥石流。正好与 40 cm 土层 80%的土壤水容纳量相符,说明降水量越大发生泥石流的可能性越大。

以大(暴)雨的频率(F)当地主汛期(6—8 月)的 40 cm 土层 80%土壤可容纳量(W)、大(暴)雨的过程降水量(R)构成评价陇东南长江流域大(暴)雨引发泥石流可能性的评价指数(Z)。

$$Z = F + R/W \quad (1)$$

主汛期的大(暴)雨是引起泥石流发生的主要条件,发生的频率愈高,引发泥石流的可能性越大。大(暴)雨临界值的量级(大雨=25 mm/d,暴雨=50 mm/d)与当时土壤可容纳的水量的比,也应该与泥石流的发生危险程度成正比。在大雨或暴雨发生频率一定情况下,当时的土壤水分条件对泥石流的发生至关重要。土壤含水量越小,可容纳的水分越多,遇雨渗透量就愈大,减少径流及降低形成泥石流的可能;反之,就会加大泥石流形成的可能性。按(1)式计算评价陇南长江流域发生泥石流的可能性(表 3)。

表 3 陇东南长江流域泥石流发生的评价指数

流域	县区	大雨	暴雨
白龙江流域	武都	0.531	0.101
	文县	0.428	0.096
西汉水流域	成县	1.019	0.033
	礼县	0.586	0.009
	两当	1.061	0.036

白龙江流域大雨引发泥石流的可能性比西汉水小,而暴雨引发泥石流的可能性大于西汉水。由(1)式得知,在发生大雨时,虽然可能引起泥石流,但由于大雨(R)的雨量少于 40 cm 土层 80%土壤水可容纳量(W),表层土壤(40 cm)的干湿状态也起一定作用,如果土壤湿度小,土壤表层可容纳的水分量小,在降水强度不大时,就可以减缓径流的形成,泥石流发生的风险程度就主要依大雨发生的次数变化。

然而,当发生暴雨时,土壤表层的水分容纳量在短时间内根本无法下渗,就会很快形成径流,泥石流发生的可能主要依土壤的水分容纳量变化。

白龙江流域大雨发生的频率比西汉水流域小,故在大雨发生的条件下,泥石流发生的可能性比西汉水流域小,而 0—40 cm 土层可容纳水量小,在暴雨条件下,发生泥石流的可能性比西汉水流域大。这与实际情况是基本相符的。

3 结论

(1) 陇东南长江流域的泥石流频发,主要是历史地理原因,但人类活动也加剧了其发生的次数,尤其森林的过度采伐及矿产资源的大量开发,使原有的植被遭到了严重的破坏。森林覆盖率已由 20 世纪 60 年代的 50%,降低到 28.6%。其中武都林地由 173 000hm² 减少到 94 000 hm²,覆盖率由 37%降到 23.7%。礼县林地由 173 000 hm² 减少到 41 000 hm²,覆盖率由 16.5%降到 9.8%。植被的减少增加了泥石流发生的可能性,因此减少在发展经济的过程中对当地生态环境的不利影响,促使当地经济可持续发展,将是一项长期艰巨的工作。

(2) 大(暴)雨引发陇东南长江流域泥石流暴发的评价指数的构建,以大(暴)雨出现的频率为依据,结合当时的土壤水分可容纳量,在评价当地泥石流的暴发程度时,有一定的实用价值。但不同的地形、坡度、集流面积等引发泥石流的临界雨量是不同的,在实际应用时还需做进一步的修订。

[参 考 文 献]

- [1] 匡乐红,刘宝琛,姚金成. 基于模糊可拓方法的泥石流危险度区划研究[J]. 灾害学,2006,21(1):68—71.
- [2] 刘希林. 云南昭通地区泥石流灾害及危险程度评价[J]. 灾害学,1991,6(4):47—51.
- [3] 张春山. 北京地区泥石流灾害危险性评价[J]. 地质灾害与环境保护,1995,6(3):33—40.
- [4] 韦方强,谢洪,钟敦伦. 四川省泥石流危险度区划[J]. 水土保持学报,2000,4(1):59—63.
- [5] 钟敦伦,谢洪,王士革,等. 北京山区泥石流[M]. 北京:商务印书馆,2004.
- [6] 朱静,唐川. 云南省泥石流灾害危险度分布研究[J]. 中国地质灾害与防治学报,1996,7(2):86—93.
- [7] 蒲金涌,苗具全,姚小英,等. 甘肃省暴雨洪水灾害分布特征研究[J]. 灾害学,2006,21(1):27—31.
- [8] 马琨,唐少卿. 甘肃省自然灾害及其防治对策[J]. 灾害学,1990,5(4):35—41.
- [9] 温克刚,董安祥. 中国气象灾害大典. 甘肃卷[M]. 北京:气象出版社,2005. 169—220.
- [10] 杨具瑞,方铎,成自勇,等. 甘肃泥石流灾害及其分布研究[J]. 水土保持学报,2001,15(2):45—48.
- [11] 白龙江流域第四纪以来地貌发育基本模式研究[J]. 重庆交通学院学报,1997(1):25—28.
- [12] 宋连春,张存杰. 20 世纪西北地区降水变化特征[J]. 冰川冻土,2003,25(2):143—148.
- [13] 林纾,陆登荣. 近 40 年来甘肃省降水的变化特征[J]. 高原气象,2004,23(6):898—904.
- [14] 赵庆云,李栋梁,李耀辉. 西北区降水异常的时空特征分析[J]. 兰州大学学报(自然科学版),1999,35(4):512—516.
- [15] 董三孝. 黄土丘陵区退耕坡地植被自然恢复过程及其对土壤入渗的影响[J]. 水土保持通报,2004,24(4):1—5.
- [16] 中国科学院兰州冰川冻土研究所. 甘肃泥石流[M]. 北京:人民交通出版社,1983. 188—234.

(上接第 66 页)

[参 考 文 献]

- [1] 谢正苗,吕军. 红壤退化过程与生态位的研究[J]. 应用生态学报,1998,9(6):42—46.
- [2] 孙波,张桃林. 我国中亚热带缓丘区红黏土红壤肥力的演化[J]. 土壤学报,1999,36(1):36—46.
- [3] 安希忠,林秀梅. 实用多元统计分析方法[M]. 长春:吉林科学出版社,1992.
- [4] 阮桂海,蔡建平,苏红,等. SPSS 实用教程[M]. 北京:电子工业出版社,2000.
- [5] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:农业出版社,1986.
- [6] 吴蔚东,郑诗樟,卢志红,等. 江西省丘陵山区红壤非耕地土壤退化的研究[J]. 江西农学报,1997,19(1):27—31.
- [7] 何毓蓉. 我国南方山区土壤退化及其防治[J]. 山地研究,1996,14(2):110—116.
- [8] 史德民,韦启藩,梁音. 关于侵蚀土壤退化及其机理[J]. 土壤,1996,28(3):46—50.
- [9] Sims J T, Cunningham S D, Sumner M E. Assessing soil quality for environmental purposes; roles and challenges for soil scientist[J]. J. Environ. Qual,1997(26):20—25.