

文章编号: 1008-2786-(2010)5-616-07

东南地区泥石流活动与降水气候特征的关系

韦方强^{1,2}, 江玉红², 杨红娟², 张国平³, 赵琳娜³

(1. 中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室 四川 成都 610041; 2. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041;
3. 中国气象局国家气象中心, 北京 100081)

摘要: 我国东南地区以低山丘陵为主, 泥石流活动频率较低, 但因经济发达和人口稠密, 泥石流易导致严重灾害。东南地区绝大部分泥石流由降水引发, 泥石流活动与降水特征间存在紧密的关系。在收集整理近年来 46 个泥石流灾害事件后, 分析了泥石流活动与各降水气候特征间的关系。分析结果显示, 诱发泥石流灾害的 5 d 降水量和 15 d 降水量与降水气候特征间的关系最为密切, 其函数关系可用于评估泥石流临界降水量, 并作为该区域泥石流区域预报的因子。

关键词: 泥石流; 降水特征; 临界降水量; 泥石流预报; 东南地区

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

降雨是泥石流的主要诱发因素, 降雨与泥石流发生间的关系对泥石流形成和临界降水量等的研究具有重要意义, 国内外对其都进行了大量的研究。相关的研究大致可以分为三类, 一类是通过对引发泥石流灾害的降水数据的统计分析, 研究引发泥石流临界降水量^[1-5]; 第二类是通过分析引发泥石流的降水条件研究确定哪些降水因子是引发泥石流的关键因子^[6-8]; 第三类是根据对泥石流灾害的分布特征和降水的时空分布特征, 研究泥石流灾害在不同降水条件下的分布规律^[9-13]。事实上泥石流在山区的分布极其广泛, 从多年平均降水量仅 300 mm 左右的干旱、半干旱地区, 到多年平均降水量高达大于 2 000 mm 的湿润地区均有泥石流分布。尽管下垫面条件差异不大, 但不同气候区内引发泥石流的临界降水量却会有显著的差异。这种差异必然与气候特征存在紧密联系, 特别是与降水气候特征存在密切关系。然而, 目前的研究中缺乏对引发泥石流的降水条件与气候特征间关系的分析和研究, 本文

将通过对我国东南地区的降水气候特征和引发泥石流灾害的降水条件进行分析研究, 揭示引发泥石流灾害的降水与降水气候特征间的关系, 为泥石流预测预报提供支持。

1 研究区概况

东南地区位于 109°27'~122°42'E, 20°14'~30°54'N 范围内, 包括浙江、福建和广东 3 个省, 总面积为 $42.92 \times 10^4 \text{ km}^2$ (图 1)。

地貌

东南地区处于我国三大地貌阶梯的最低一级阶梯。区内低山丘陵广布, 海拔多在 500 m 以下, 最高海拔为 2 158 m。低山丘陵面积占 2/3 以上, 主要由闽浙丘陵和岭南丘陵构成。闽浙丘陵主要分布在福建和浙江南部, 两列与海岸线平行的山岭构成其地形骨架。西边一列以武夷山为骨干, 平均海拔 1 000 m 以上, 东边一列由博平岭、洞宫山和天台山等构成,

收稿日期 (Received date): 2010-03-11; 改回日期 (Accepted): 2010-05-12.

基金项目 (Foundation item): 公益性行业 (气象) 科研专项经费项目 (GYHY200706037) 和科技支撑计划项目 (2008BAK50B04). [This research was supported by the Research Fund for Commonweal Trades (Meteorology) (GYHY200706037) and the Key Project in the National Science & Technology Pillar Program (Grant number 2008BAK50B04).]

作者简介 (Biography): 韦方强 (1968-) 山东临沐人, 博士、研究员, 主要从事山地灾害减灾理论和技术研究。[Fangqiang Wei (1968-) born in Linshu, Shandong, PhD Professor. Undertaking research on theory and technology of mountain hazards mitigation.] E-mail: fwei@in.ac.cn

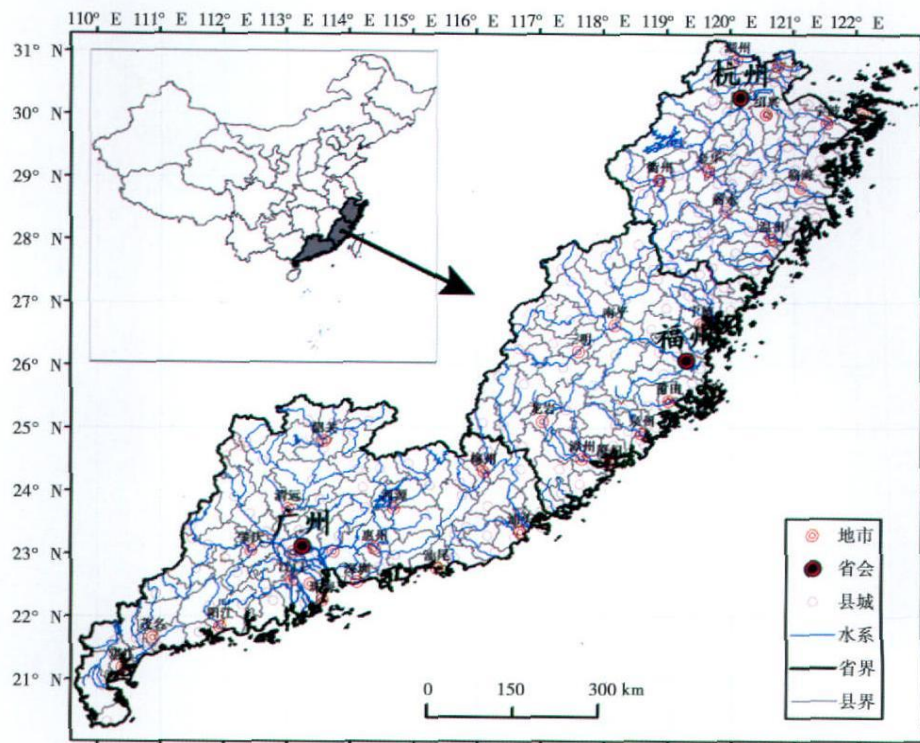


图 1 研究区位置图和地势图

Fig 1 Position of the study region

平均海拔 800 m 左右。岭南丘陵主要分布在广东北部和福建南部, 多为花岗岩丘陵。

地质

研究区位于亚欧大陆东南缘, 构造活动频繁, 地壳结构复杂。加里东运动在该区形成北北东向近似平行于海岸线的褶皱山地, 印支运动进一步使其褶皱作用加剧^[14]。闽粤地区断裂相对发育, 主要断裂总体呈北东向展布, 大致与海岸线平行^[15]。强烈的构造运动造成大量岩浆侵入和火山活动, 使区内分布着大量的中生代中酸性侵入岩和火山岩。

气候

研究区属于东亚季风区, 绝大部分区域为亚热带气候。气温由北向南逐步升高, 北部的浙江年平均气温为 15~18℃, 南部的广东则达到 19~24℃。研究区降水量丰沛, 由北向南逐渐增多, 由沿海向山地逐渐增多。浙江年平均雨量在 980~2 000 mm, 广东则达到 1 300~2 500 mm。研究区降水在年内分配极为不均, 4~10 月降水量占全年降水量的 85% 以上, 因分别受梅雨锋系和台风影响, 每年的降水量有两个高峰, 一个是在 5~6 月, 另一个在 8~9 月。

泥石流分布

根据目前查明的泥石流沟的资料, 泥石流在三个省内均有分布(图 2), 以浙江和福建两省最为集中。在地貌单元上, 泥石流主要分布在闽浙丘陵和南岭。在闽浙丘陵地区, 泥石流主要分布在雁荡山—大姥山、括苍山—洞宫山—戴云山—博平岭、龙门山—仙霞山—武夷山。在南岭地区, 泥石流主要分布在瑶山和九连山。受季风气候影响, 东南地区泥石流主要分布在夏季(5~10 月), 其中在 6 月和 8 月出现两个峰值。梅雨期降水和台风带来的高强度降水是 6 月和 8 月泥石流多发的主要原因。

2 泥石流事件及其相关降水资料

泥石流事件降水资料

东南地区泥石流暴发频率较低, 记载的有准确发生时间和地点的泥石流灾害事件较少。本研究收集整理了研究区该类泥石流灾害事件 46 个(表 1), 并整理分析了引发这些灾害事件的降水资料。

这些灾害事件主要发生在 1980~2007 年, 且大部分在 1997~2007 年, 其中福建省的灾害事件 16 个, 浙江省 16 个, 广东省 14 个。

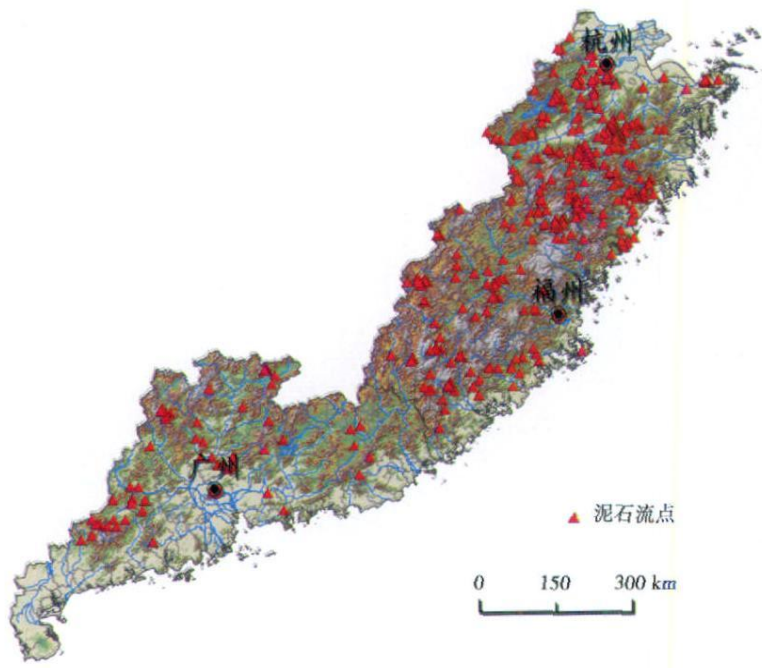


图 2 东南地区泥石流分布图

Fig 2 Distribution of debris flows in the study region

表 1 泥石流事件一览表

Table 1 Debris flow events

| 序号 | 流域名称 | 行政区 | 经度(°) | 纬度(°) | 发生日期 | 序号 | 流域名称 | 行政区 | 经度(°) | 纬度(°) | 发生日期 |
|----|------|------|--------|-------|------------|----|------|------|--------|-------|------------|
| 1 | 三阜大洋 | 福建尤溪 | 119.31 | 26.72 | 2007-08-20 | 24 | 下马沙 | 浙江青田 | 120.38 | 28.21 | 2007-09-19 |
| 2 | 福林洋 | 福建宁德 | 119.74 | 26.79 | 2007-08-19 | 25 | 底石亭 | 浙江缙云 | 120.27 | 28.49 | 1996-08-01 |
| 3 | 洋中大洋 | 福建宁德 | 119.31 | 26.72 | 2007-08-20 | 26 | 溪下 | 浙江仙居 | 120.90 | 28.83 | 2004-08-12 |
| 4 | 焦头 | 福建宁德 | 119.67 | 26.62 | 2007-08-20 | 27 | 舟山头 | 浙江乐清 | 121.15 | 28.41 | 2007-10-07 |
| 5 | 掩树坑 | 福建漳州 | 117.14 | 24.04 | 2006-05-18 | 28 | 上山村 | 浙江乐清 | 121.04 | 28.40 | 2004-08-13 |
| 6 | 龟潭 | 福建宁德 | 119.07 | 26.89 | 2006-06-07 | 29 | 石碧岩 | 浙江乐清 | 121.04 | 28.42 | 2004-08-13 |
| 7 | 下洋尾 | 福建三明 | 118.39 | 26.17 | 2006-06-08 | 30 | 分水关 | 浙江苍南 | 120.30 | 27.46 | 2005-07-19 |
| 8 | 渠许源头 | 福建三明 | 117.36 | 26.82 | 2005-06-22 | 31 | 白岩山 | 浙江乐清 | 121.06 | 28.42 | 2004-08-13 |
| 9 | 料坊 | 福建三明 | 117.01 | 26.92 | 2005-06-21 | 32 | 昌化 | 浙江临安 | 119.21 | 30.17 | 2005-09-03 |
| 10 | 里坑 | 福建三明 | 117.13 | 26.95 | 2005-06-21 | 33 | 白龙水 | 广东清远 | 112.94 | 24.00 | 1987-03-22 |
| 11 | 坪阳 | 福建南平 | 118.05 | 26.97 | 2005-06-21 | 34 | 园径 | 广东和平 | 115.16 | 24.57 | 2007-04-23 |
| 12 | 上茶坑 | 福建宁德 | 119.62 | 27.20 | 2005-06-21 | 35 | 杉木岭 | 广东南雄 | 114.14 | 25.24 | 1991-09-07 |
| 13 | 石呈东 | 福建南平 | 118.58 | 27.03 | 2005-06-23 | 36 | 塘坑 | 广东南雄 | 114.14 | 25.17 | 1991-09-07 |
| 14 | 东溪 | 福建南平 | 118.17 | 26.66 | 2005-05-14 | 37 | 塘村 | 广东信宜 | 110.80 | 22.32 | 1986-05-11 |
| 15 | 沈坑 | 福建罗源 | 119.51 | 26.48 | 2007-08-19 | 38 | 联丰 | 广东花都 | 113.31 | 23.58 | 1997-05-08 |
| 16 | 杨厝后洋 | 福建南平 | 118.35 | 26.48 | 2005-06-23 | 39 | 内莞 | 广东连平 | 114.55 | 24.37 | 2006-07-16 |
| 17 | 矾山 | 浙江苍南 | 120.40 | 27.34 | 2007-08-19 | 40 | 石咀 | 广东从化 | 113.31 | 23.57 | 1997-05-08 |
| 18 | 石垟 | 浙江文成 | 119.85 | 27.86 | 2005-09-02 | 41 | 寨岗 | 广东连南 | 112.35 | 24.48 | 1997-07-03 |
| 19 | 大乐村 | 浙江富阳 | 119.63 | 30.06 | 1991-09-17 | 42 | 大麦山 | 广东连南 | 112.29 | 24.50 | 1997-07-03 |
| 20 | 黄洋 | 浙江青田 | 120.35 | 28.30 | 1996-08-02 | 43 | 佛冈 | 广东化良 | 113.73 | 23.72 | 2001-06-11 |
| 21 | 岩下村 | 浙江景宁 | 119.61 | 27.90 | 1992-08-31 | 44 | 锡场 | 广东东源 | 114.44 | 23.99 | 1995-06-17 |
| 22 | 叶坑村 | 浙江景宁 | 119.56 | 27.97 | 1992-08-31 | 45 | 葛坪村 | 广东南雄 | 114.16 | 25.20 | 1991-09-07 |
| 23 | 新建洋 | 浙江景宁 | 119.38 | 27.72 | 1998-06-22 | 46 | 梯下村 | 广东乳源 | 113.14 | 24.87 | 1982-05-02 |

引发灾害事件的降水资料包括灾害发生当日降水量、发生前 1~15 d 降水量。根据这些资料, 又整理分析出泥石流发生的当日降水量、3 d 降水量、5 d 降水量和 15 d 降水量, 这 4 个降水量是引发泥石流灾害的最直接的降水因素。因 3 d 降水和 5 d 降水距离泥石流发生时间较近, 未做衰减处理, 而 15 d 降水量按照下式作了衰减处理

$$P=P_0+P_1K+P_2K^2+P_3K^3+\dots+P_{14}K^{14} \quad (1)$$

式中 P 为 15 d 降水量, P₀ 为当日降水量, P₁, P₂, P₃, ..., P₁₄ 分别为前 1~14 d 的日降水量, K 为衰减系数, 这里的取值为 0.8

降水特征资料

降水特征资料包括研究区多年平均年降水量、雨季降水量、旱季降水量、年暴雨雨量、平均每场暴雨雨量以及最大暴雨雨量等。首先利用各气象测站近 30 a 的观测数据内插分析出以上各降水特征量的分布图, 再根据 46 个泥石流灾害事件发生位置的地理坐标在各分布图上确定各降水特征量的值。本研究中使用的所有降水观测数据均由国家气象中心

提供。

3 泥石流活动与降水特征间关系分析

泥石流活动与多年平均降水间的关系

泥石流一般由异常降水引发, 那么这些异常降水与多年平均降水间是否存在一定的关系呢? 这里利用分析获得的引发 46 个灾害事件的降水量数据和各灾害事件发生点的降水特征数据, 分析了当日降水量、3 d 降水量、5 d 降水量和 15 d 降水量分别与多年平均年降水量、雨季降水量、旱季降水量间的相关关系。分析结果显示, 当日降水量、3 d 降水量、5 d 降水量和 15 d 降水量与多年平均年降水量、雨季降水量间均没有明显的相关性, 但除当日降水量以外, 其余各量均与旱季降水量间存在明显的相关性 (图 3)。根据图 3 这种相关性可以用多项式函数描述。分别用 2 次多项式和 3 次多项式函数对其相关关系进行了函数拟合和检验, 拟合的函数形式和检验结果列于表 3。

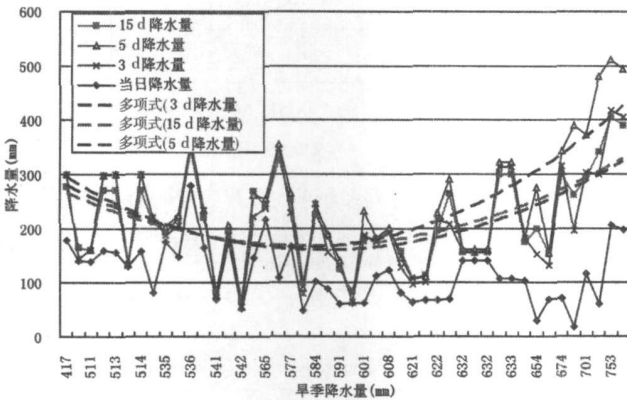


图 3 各日数降水量与平均旱季降水量间的关系
Fig. 3 Relationships between mean rainfall of dry season and rainfalls in different periods

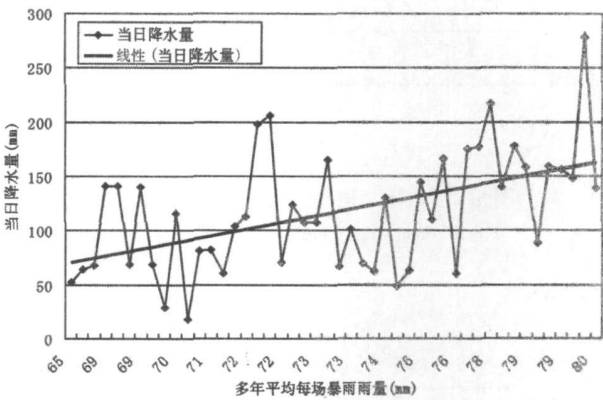


图 4 当日降水量与多年平均每场暴雨量间的关系
Fig. 4 Relationship between the rainfall of debris flow event day and mean rainfall of one rainstorm

表 3 各日数降水量与平均旱季降水量间函数关系拟合结果

Table 3 Results of function fitters between mean rainfall of dry season and rainfalls in different periods

| 降水量 | 函数类型 | 确定性系数 R ² | F 值 | 显著性水平 | 常数项 | 一次项 | 二次项 | 三次项 |
|----------|--------|----------------------|--------|-----------|-----------|--------|-------------|------------|
| 3 d 降水量 | 2 次多项式 | 0.249 9 | 7.161 | 0.002 069 | 1 814.012 | -5.723 | 0.005 014 5 | |
| | 3 次多项式 | 0.272 9 | 8.069 | 0.001 058 | 756.705 | 0.000 | -0.005 103 | 5.8492E-06 |
| 5 d 降水量 | 2 次多项式 | 0.456 6 | 18.063 | 0.000 002 | 2 298.404 | -7.673 | 0.006 971 3 | |
| | 3 次多项式 | 0.478 9 | 19.757 | 0.000 001 | 871.181 | 0.000 | -0.006 513 | 7.7547E-06 |
| 15 d 降水量 | 2 次多项式 | 0.313 3 | 9.809 | 0.000 309 | 1 685.703 | -5.345 | 0.004 757 6 | |
| | 3 次多项式 | 0.334 8 | 10.821 | 0.000 156 | 694.241 | 0.000 | -0.004 659 | 5.4273E-06 |

泥石流活动与暴雨间的关系

研究区内绝大部分泥石流由暴雨诱发, 泥石流活动又与多年平均的暴雨发生情况间存在什么关系呢? 这里再对诱发泥石流的当日降水量、3 d降水量、5 d降水量和 15 d降水量与多年平均年暴雨雨量、每场暴雨雨量以及最大暴雨雨量间的关系进行分析。分析结果显示, 当日降水量与多年平均每场暴雨雨量和最大暴雨雨量间存在一定的线性相关性(图 4 图 5); 3 d降水量、5 d降水量和 15 d降水量都只与多年平均年暴雨雨量间存在一定的线性相关关系(图 6)。根据图 4和图 5 当日降水量与多年平均每场暴雨雨量、最大暴雨雨量间的关系可以用线性函数描述。根据图 6 3 d降水量、5 d降水量、15 d

降水量与多年平均年暴雨雨量间的关系可以用多项式函数描述。用线性函数对当日降水量与多年平均每场暴雨雨量、最大暴雨雨量间函数关系的拟合结果和检验结果列于表 4 用多项式函数对 3 d降水量、5 d降水量、15 d降水量与多年平均年暴雨雨量间函数关系拟合结果和检验结果列于表 5。

分析结果

通过上述分析, 诱发泥石流的当日降水量与多年平均每场暴雨雨量、最大暴雨雨量线性相关, 但根据表 4 中的检验结果, 当日降水量与多年平均每场暴雨雨量间的相关性较好, 显著性水平达到 0. 000 23 其函数关系

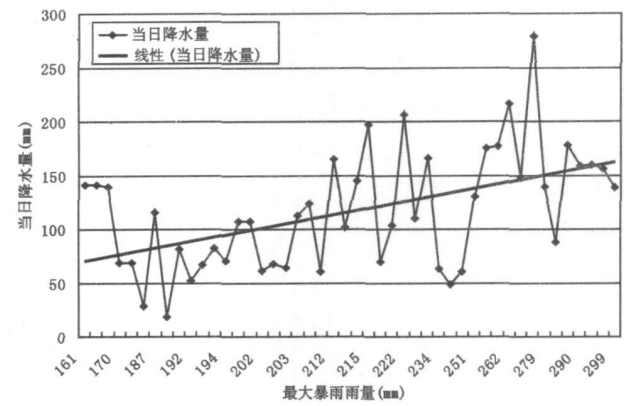


图 5 当日降水量与最大暴雨雨量间的关系

Fig 5 Relationship between the maximum storm rainfall and rainfall on debris flow event day

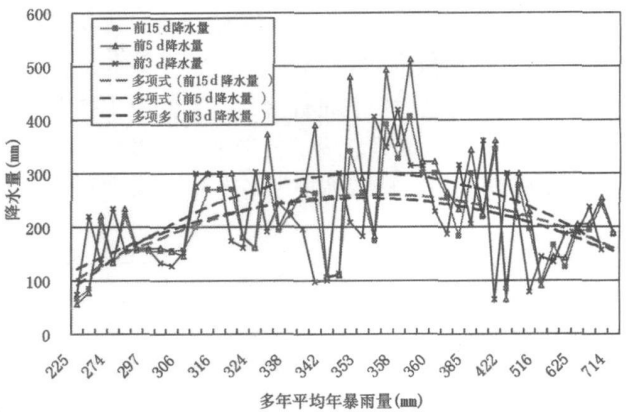


图 6 各日数降水量与多年平均年暴雨量间的关系

Fig 6 Relationship between mean annual rainfall sum and rainfalls in different periods

表 4 当日降水量的函数拟合结果

Table 3 Results of function fitter between the rainfall on debris flow event day and the maximum storm rainfall

| 暴雨雨量 | 函数类型 | 确定性系数 R ² | F值 | 显著性水平 | 常数项 | 一次项 |
|----------|------|----------------------|---------|------------|-----------|--------|
| 平均每场暴雨雨量 | 线性 | 0. 267 9 | 16. 099 | 0. 000 230 | -421. 415 | 7. 312 |
| 最大暴雨雨量 | 线性 | 0. 240 0 | 13. 897 | 0. 000 548 | -36. 147 | 0. 684 |

表 5 不同日数降水量与平均年暴雨量间函数拟合结果

Table 5 Results of function fitters between mean annual storm rainfall and rainfalls in different periods

| 降水量 | 函数类型 | 确定性系数 R ² | F值 | 显著性水平 | 常数项 | 一次项 | 二次项 | 三次项 |
|---------|-------|----------------------|--------|------------|-------------|---------|-------------|-------------|
| 3 d降水量 | 2次多项式 | 0. 152 5 | 3. 869 | 0. 028 499 | -277. 596 | 2. 340 | -0. 002 557 | |
| | 3次多项式 | 0. 250 0 | 4. 667 | 0. 006 661 | -1 426. 028 | 10. 827 | -0. 022 455 | 1. 4686E-05 |
| 5 d降水量 | 2次多项式 | 0. 144 9 | 3. 644 | 0. 034 528 | -333 640 | 2. 751 | -0. 003 026 | |
| | 3次多项式 | 0. 276 7 | 5. 356 | 0. 003 248 | -1 964. 227 | 14. 802 | -0. 031 279 | 2. 0852E-05 |
| 15 d降水量 | 2次多项式 | 0. 155 9 | 3. 972 | 0. 026 122 | -239 540 | 2. 168 | -0. 002 357 | |
| | 3次多项式 | 0. 295 2 | 5. 865 | 0. 001 937 | -1 487. 821 | 11. 393 | -0. 023 986 | 1. 5963E-05 |

$$P_0 = 7.312 P_s - 421.415 \quad (2)$$

式中 P_0 为当日降水量, P_s 为多年平均每场暴雨雨量。

3 d 降水量、5 d 降水量和 15 d 降水量与多年平均旱季降水量和多年平均年暴雨雨量有明显的相关性, 并成非线性相关。但是根据表 3 和表 5 中的检验结果, 3 d 降水量、5 d 降水量和 15 d 降水量均与多年平均旱季降水量的相关性相对最好, 显著性水平分别达到 0.001、0.000 001 和 0.000 156。3 d 降水量与多年平均旱季降水量的函数关系

$$P_3 = 0.0000058 P_d^3 - 0.0051 P_d^2 + 756.705 \quad (3)$$

式中 P_3 为 3 d 降水量, P_d 为多年平均旱季降水量。5 d 降水量与多年平均旱季降水量的函数关系

$$P_5 = 0.0000077 P_d^3 - 0.0065 P_d^2 + 871.181 \quad (4)$$

式中 P_5 为 5 d 降水量。15 d 降水量与多年平均旱季降水量的函数关系

$$P_{15} = 0.0000054 P_d^3 - 0.0047 P_d^2 + 694.241 \quad (5)$$

式中 P_{15} 为 15 d 降水量。

根据这些分析结果, 当日降水量、3 d 降水量、5 d 降水量和 15 d 降水量与区域降水的气候背景之间有较强的相关, 表现出较强的规律性, 因此均可以作为泥石流区域预报的预报因子; 但相比较之下, 5 d 降水量和 15 d 降水量的规律性更强一些, 较当日降水量和 3 d 降水量作为预报因子更为合适。这些函数关系, 特别是公式 (4) 和公式 (5) 可以用于估算研究区不同区域泥石流发生所需要降水量。当然, 要更精确地估算泥石流临界降水量还必须充分考虑下垫面条件。

4 结论

1. 东南地区地质构造复杂, 地貌类型以低山丘陵为主, 降水丰沛且暴雨频繁, 具备泥石流发育的基本环境。泥石流暴发频率虽然较低, 但由于经济发达、人口稠密, 泥石流暴发易导致严重灾害。

2. 与泥石流发生密切相关的当日降水量、3 d 降水量、5 d 降水量、15 d 降水量中, 当日降水量与多年平均每场暴雨雨量线性相关; 3 d 降水量、5 d 降水量和 15 d 降水量与多年平均旱季降水量和多年平均年暴雨雨量非线性相关。但 3 d 降水量、5 d 降水量和 15 d 降水量与多年平均旱季降水量的相关性更好。

3. 当日降水量、3 d 降水量、5 d 降水量和 15 d 降水量均可以作为泥石流区域预报的预报因子, 但 5 d 降水量和 15 d 降水量作为预报因子最佳, 其函数关系可以用于估算研究区不同区域泥石流临界降水量。当然, 要更精确地估算泥石流临界降水量还必须充分考虑下垫面条件。

参考文献 (References)

- [1] Yu Shuhua, He Guangqi, Xu Huiming, et al. A precipitation forecast method and rainfall standard of debris flow and landslides happened in J. Journal of Mountain Science 2005 23(2): 158 ~ 164 [郁淑华, 何光碧, 徐汇明, 等. 泥石流滑坡发生的降水预报方法与雨量标准 [J]. 山地学报, 2005 23(2): 158 ~ 164]
- [2] Tan Wanpei, Han Qingyu. Study on regional critical rainfall indices of debris flow in Sichuan Province [J]. Journal of Catastrophology 1992 7(2): 37 ~ 42 [谭万沛, 韩庆玉. 四川省泥石流预报的区域临界雨量指标研究 [J]. 灾害学, 1992 7(2): 37 ~ 42]
- [3] Hasnawati, Kurniati. T. Analysis of critical value of rainfall to induce landslides and debris flow in Mt. Bawakambeng Caldera, south Sulawesi, Indonesia [J]. Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University 2008 53(2): 523 ~ 527
- [4] Gregoire G, Dalla Fontana G. Rainfall threshold for the initiation of debris flows by channel bed failure in the Dolomites A. In: Chen CL, Major JJ, et al. Debris Flow Hazards Mitigation: Mechanics Prediction and Assessment and Assessment 2007 [C]. Rotterdam: Millpress Science Publishers 2007: 11 ~ 21
- [5] Westen CJ, Daag AS. Analysing the relation between rainfall characteristics and lahar activity at Mount Pinatubo, Philippines [J]. Earth Surface Processes and Landforms 2005 30(13): 1663 ~ 1674
- [6] Gao Kechang, Wei Fangqiang, Cui Peng. Relationship between the spatial characteristics of precipitation and distribution of debris flow ravines [J]. Journal of Beijing Forestry University 2007 29(1): 85 ~ 89 [高克昌, 韦方强, 崔鹏. 降水空间特征与泥石流沟分布的关系 [J]. 北京林业大学学报 2007 29(1): 85 ~ 89]
- [7] Zhu Xingqi. Analysis on the characteristics of rainfall inducing debris flows and landslides in Jiangxi Province [J]. Meteorological Science and Technology in Jiangxi 2004 27(4): 18 ~ 19 [朱星球. 诱发江西省泥石流、滑坡的降水特征分析 [J]. 江西气象科技, 2004 27(4): 18 ~ 19]
- [8] Sergio A. Serrano, Cristóbal Padilla. Rain-induced debris and mudflow triggering factors assessment in the Santiago cordillera foothills, Central Chile [J]. Natural Hazards 2008 47(2): 201 ~ 215
- [9] Tao Yun, Tang Chuang, Duan Xu. Landslide and debris flow hazards in Yunnan and their relationship with precipitation characteristics [J]. Journal of Natural Disasters 2009 18(1): 180 ~ 186 [陶云, 唐川, 段旭. 云南滑坡泥石流灾害及其与降水特征的关系 [J]. 自然灾害学报, 2009 18(1): 180 ~ 186]
- [10] Guo Zhong, Wen Luo, Chen Yan, et al. The relationship between

- between precipitation and geological disasters in Nanyang [J]. Meteorology Journal of Henan, 2003 (4): 29~30[郭志勇, 温洛, 陈燕, 等. 南阳降水与地质灾害的关系[J]. 河南气象, 2003 (4): 29~30]
- [11] Wu Zhenghua. Themud-rock flow disasters and their touch off condition by rainfall in Beijing Area [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2001 8(1): 67~72[吴正华. 北京泥石流灾害及其降水触发条件[J]. 水土保持研究, 2001 8(1): 67~72]
- [12] Wei Jinglian, Zhao Bo, Dong Guizhi. Analysis on the rainfall characteristics and the rainfall forecast in connection with the mudflow in mountainous terrain of Beijing [J]. Beijing Geology, 1995 (1): 10~17[韦京莲, 赵波, 董桂芝. 北京山区泥石流降雨特征分析及降雨预报初探[J]. 北京地质, 1995 (1): 10~17].
- [13] Chen Zhenghong, Meng Bin. Spatial and temporal distribution of Rain-caused landslides and debris flows in Hubei Province and correlative analysis of rainfall factors [J]. Rock and Soil Mechanics, 1995 16(3): 62~69[陈正洪, 孟斌. 湖北省降雨型滑坡泥石流及其降雨因子的时空分布、相关性浅析[J]. 岩土力学, 1995 16(3): 62~69]
- [14] Ren J. The Indosinian orogeny and its significance in the tectonic evolution of China [J]. Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences, 1984 6(2): 31~42[任纪舜. 印支运动及其在中国大地构造演化中的意义[J]. 中国地质科学院院报, 1984 6(2): 31~42]
- [15] Hu H, Shen Y. Principal characteristics of vertical crustal deformation in Southeast China [J]. Seismology and Geology, 1990 12(2): 121~130[胡惠民, 沈永坚. 中国东南地区地壳垂直形变基本特征[J]. 地震地质, 1990 12(2): 121~130]

Relationship between Debris Flow Activity and Precipitation Characteristics in Southeastern China

WEI Fangqiang², JIANG Yuhong², YANG Hongjuan², ZHANG Guoping², ZHAO Linna³

(1. Key Laboratory of Mountain Hazards and Surface Process, Chinese Academy of Science, Chengdu 610041, China)

2. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China

3. National Meteorological Centre of China Meteorological Administration, Beijing 100081, China)

Abstract: Low-relief terrain is the main topographical feature in southeastern China. The frequency of debris flow activity is low, but debris flow often induces catastrophic disasters because of developed economy and dense population. The activity of debris flow is closely related to the precipitation characteristics. For most of debris flows are induced by rainfall in southeastern China, 46 debris flow disaster events in recent years are collected in this paper. The relationship between debris flow activity and precipitation characteristics are analyzed with the rainfall data concerned to inducing these debris flow events and statistic precipitation data. According to the analysis, 5 days rainfall and 15 days rainfall are most closely related to the mean rainfall of dry season. The functions of 5 days rainfall and 15 days rainfall with mean rainfall of dry season are available for estimating the critical rainfall of debris flow initiation, and 5 days rainfall and 15 days rainfall can be considered as factors of regional debris flow prediction.

Key words: debris flow, precipitation characteristics, debris flow prediction, southeastern China