

文章编号: 2096-1618(2023)06-0734-06

# 林芝市不同时间尺度泥石流与降水特征的关系

王书帆, 冯文兰, 陈军, 柳锦宝, 谭溪晗  
(成都信息工程大学资源环境学院, 四川 成都 610225)

**摘要:**针对林芝市因地质条件复杂、泥石流灾害多发和高精度降水数据缺乏等导致的地质灾害预测瓶颈问题,在采用河网密度法进行林芝市流域单元划分的基础上,以林芝市 2000–2019 年已发生的 128 条泥石流灾害记录作为样本数据,利用 TRMM 3B42 卫星降水数据统计分析泥石流灾害发生次数与不同时间尺度下降水特征的关系。研究表明,近年来林芝市泥石流灾害数量以 2010 年、2015 年和 2016 年数次较多,年内主要发生在 6–8 月,月内则以上弦月、下弦月及前后日期发生较多。泥石流频次在年际尺度上与年降水量、汛期雨量、6–8 月降水量呈显著正相关;在年内尺度上,与月降水量呈现显著正相关;在日尺度上与当日降水量、前 1 日至前 3 日累计降水量呈显著正相关关系。当日降水量、前 1 日、前 2 日和前 3 日累计降水量分别达到 15 mm、20 mm、30 mm、40 mm 时,对应泥石流灾害发生的次数占有记录的 80%。

**关键词:**泥石流;降水特征;TRMM 降雨数据;流域划分;林芝市

**中图分类号:** P426.62<sup>+</sup>1

**文献标志码:** A

**doi:** 10.16836/j.cnki.jcuit.2023.06.016

## 0 引言

泥石流是一种含大量泥沙石块和巨砾的固液两相流体<sup>[1]</sup>。泥石流的突出特点是:爆发突然,搬运冲击淤埋能力强,破坏力超强<sup>[2]</sup>。泥石流的性质决定了它的形成需要充足的水源,而降水是激发泥石流的重要因素,并且极大地影响泥石流活动频率<sup>[3]</sup>。随着近年来全球变暖趋势不断加剧,造成全球范围内极端降水事件显著增加,由降水因素所引发的泥石流等地质灾害越来越高频发生。因而,针对防灾减灾服务迫切性需求持续增加,极具挑战性<sup>[4]</sup>。了解高风险区泥石流灾害发生的规律,清楚泥石流灾害与降水的关系是进行泥石流灾害风险管理以及灾害预警预报的核心内容,这对于预防和防治泥石流灾害具有重要意义<sup>[5]</sup>。

关于泥石流灾害与降水关系的研究,目前一般集中在两方面:一方面是根据泥石流灾害和降水时空分布特征探求泥石流灾害与降水的关系,在上述基础上开展泥石流的危险性区划或泥石流风险等级的评估<sup>[6]</sup>。许多研究人员针对泥石流灾害发生的时间空间分布规律以及在影响泥石流灾害发生因素的基础上,陆续进行了泥石流灾害的危险性区划或评估工作。在降水指标的选择上,多数研究者通常采用年降水量,降水指标的阈值也大多根据经验确定,鲜有研究深入分析区域泥石流灾害与较长时间尺度降水特征的关系<sup>[7]</sup>。另一方面,对大量泥石流灾害样本的发生时间

进行统计分析,研究短期和短临降水与泥石流灾害发生的关系,进而开展泥石流灾害预警预报的方法研究,并尝试建立基于临界值雨量的泥石流灾害预警模型等。近年来,精细化降水资料的逐步完善为短时和短临降水引发的泥石流灾害预警研究提供了便利。曲瑞等<sup>[8]</sup>以甘肃省天水市麦积区马跑泉镇大沟村的泥石流作为研究对象,采用模型反演了泥石流灾害发生时临界的降水强度,为缺少相关降水资料的低频小流域泥石流计算提供严谨量化的参考方法。

降水数据的精度及与泥石流灾害空间匹配的一致性问题对降水与泥石流灾害之间关系的研究有着极大的影响。现阶段,多数研究采用的降水资料来源于气象观测站点。然而,由于泥石流并不一定都发生在气象观测站点处,实际工作中学者们通常需要对泥石流灾害点的降水数据进行估计。冯杭建等<sup>[9]</sup>在研究浙江省泥石流与降雨历时的关系时,采用距离泥石流沟位置最近的雨量观测站的雨量数据作为引发该泥石流的相关降雨数据。在泥石流频发的山区,气象站点的分布通常比较稀疏,因而,泥石流灾害点上的降水估计往往存在较大偏差。近年来,卫星降水数据的出现为降水引发的泥石流灾害的过程研究以及泥石流风险评估等提供了便利。其中,TRMM (tropical rainfall measuring mission) 卫星资料在全球范围内被公认为是能够有效支持大范围或长尺度气候模拟预报和降水时空特征分析的数据<sup>[10]</sup>。一些学者基于 TRMM 数据开展了地质灾害降水特征的研究。如,沈玲玲等<sup>[11]</sup>应用 TRMM 降水数据获取地质灾害发生前期降雨量,开展

四川省地质灾害降雨阈值的分析。

林芝地区由于受复杂的地貌地质环境和频发的地震、强降雨等极端情况影响,已经成为中国滑坡、泥石流及崩塌等地质灾害发生最为频繁的地区之一<sup>[13]</sup>。众多研究指出,降水因子是林芝市泥石流灾害发生的重要影响因子<sup>[14]</sup>。目前已有少量学者在林芝市全域或部分区域如国道等地方开展泥石流危险性以及地质灾害危险性区划的研究,但是对于林芝市泥石流灾害与降水关系的分析却比较薄弱。陈宫燕等<sup>[13]</sup>利用地质灾害调查的历史数据和林芝市历年的降水资料,分析了由降雨引发的林芝市地质灾害的时空分布特征。然而,地质灾害点的分布与降水资料的不一致会引起统计分析结果的偏差。同时,这种做法是将多种山洪与地质灾害进行合并研究,存在难以反映泥石流灾害问题的特点,且林芝地区气象站点分布极为稀疏,大多数是 2013 年甚至更靠后的时间才设立。

鉴于此,本研究以 TRMM 卫星数据和泥石流灾害历史数据为基础,重点分析林芝市泥石流灾害与降水因子的关系,筛选出实用性的气象指标,以期增强对泥石流灾害发生规律的认识,为泥石流的预报预警提供理论基础,为林芝市泥石流防治与预警评估提供科学依据。

## 1 研究区概况

林芝市位于西藏东南地区(图 1),属于雅鲁藏布江流域的中下游地区。该区域的北部为念青唐古拉山,南部属喜马拉雅山东段,西北部是冈底斯山余脉,东部系横断山脉。所述前三大山脉为东西走向,而后者大多数是南北走向。区域内自上古生界再到第四系地层均有发育,三叠系地层分布最广。地层是以海相沉积为主,陆相多见于白垩系与第三系地层中。岩体除新生界外均受区域变质作用和热动力作用的强烈影响而变质。地层走向正是受构造影响,在波密以东呈北西向展布,波密以西呈正东西向展布<sup>[12]</sup>。

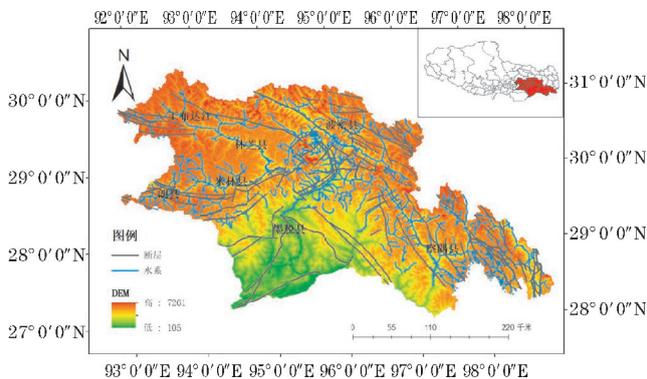


图 1 研究区位置与地理概况

林芝素有“西藏江南”之称,受印度洋海洋性西南季风、孟加拉湾暖流的影响,全区属于温带半湿润高原季风气候。雨量丰沛但分配不均,平均日照时数较少,昼夜温差大。正是因为极为悬殊的高差地形以及与大峡谷间的距离和位置不同,才造成了热量散布和降水量分布的明显差异,因而区内多种气候并存。从北到南分别为高原温带季风湿润气候、热带山地季风湿润气候和亚热带山地季风湿润气候,而东部的怒江流域及西部的朗县与工布江达西部为高原温带季风半湿润气候。全地区年平均气温各地变化极大,从南到北由 18℃ 逐渐降至 0℃,且东部有高于西部的趋势。全区蒸发量在 1200~2000 mm。

## 2 数据与方法

### 2.1 数据基础

泥石流灾害数据:以 2000–2019 年有发生日期记录的 128 起泥石流灾害记录进行泥石流灾害与降水之间关系的研究,数据由西藏自治区地质环境监测总站提供。

降水数据:TRMM 3B42 卫星降水的数据来自 NASA (<http://pmm.nasa.gov/data-access/downloads/trmm>)。数据格式为 nc,数据空间分辨率 0.25°,TRMM 时间分辨率为 3 h。首先用将所得降水文件在 matlab 中转换为 tif 文件,再用 python 批量获取泥石流灾害点对应栅格的降水量数据,最后在 matlab 中将其批量合并为日降水量数据。

DEM 数据:DEM 数据用于林芝市流域单元的划分,数据来源于地理空间数据云 (<http://www.gscloud.cn/>),空间分辨率为 30 m。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 泥石流灾害流域单元的划分

泥石流的形成需要具备 3 个基础条件:充裕的水源、陡峭的地形以及丰富而松垮的固体物源。基于子流域单元的泥石流灾害研究可以充分考虑到泥石流灾害与沟谷的地形条件、物质条件以及降水等因子的相互联系程度。为此,本文首先基于 DEM 数据并采用河网密度方法对林芝市流域单元进行划分。通过在 ArcGIS 软件中反复实验不同的汇水阈值,并对提取的结果与河网和遥感影像进行对比分析,最终确定以 250000 作为阈值来提取得到河网,将研究区划分为 27 个小流域单元(图 2)。从图 2 可以知道,林芝市在 2013 年前仅有 7 个气象站点,2013 年以后陆续增设

至现有的 69 个。尽管如此,现有的气象站点分布依然比较稀疏。为此,将利用 TRMM 降水数据统计各流域单元不同时间尺度的降水量,进而统计分析不同时间尺度下泥石流灾害的主要降水特征。

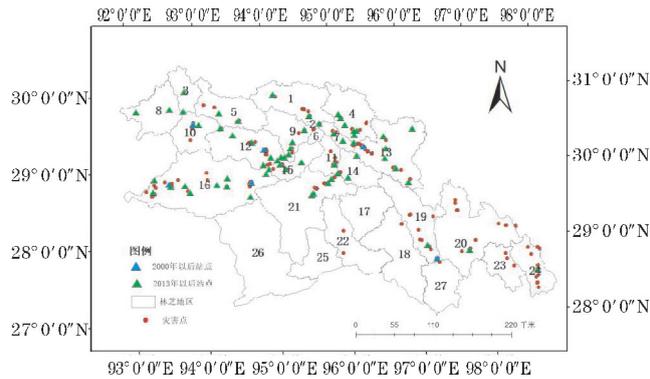


图2 子流域划分结果与灾害点及气象站点的分布

统计各小流域发生的泥石流灾害频次可知(图3),研究区共有 19 个小流域单元内发生过泥石流灾害,最多的发生了 19 次,最少的是 1 次。其中,图 2 中编号为 13 和 20 的子流域是泥石流灾害发生最频繁的区域,近 20 年分别发生了 19 次和 13 次,共占研究区泥石流灾害总记录的 25.0%。结合图 1 可以发现,林芝市泥石流灾害发生次数较多的子流域分布比较集中,并且其子流域具有较大的地形起伏和复杂的地质构造环境。

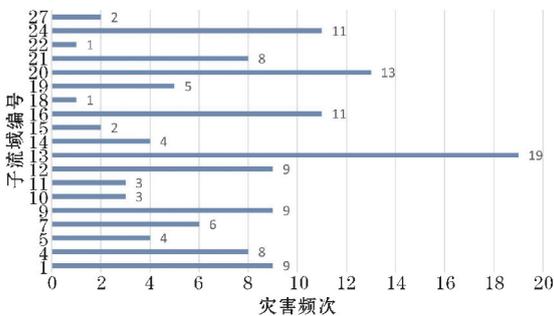


图3 子流域内灾害频次

### 2.2.2 不同时间尺度的降水指标与数据获取

不同区域泥石流的发生都具有一定的时间分布规律,这通常与降水的时空分布不均有关。在归纳总结相关研究成果的基础上,分别在年际、年内、日尺度上选择常见的降水指标(表1),期望通过统计分析确定不同时间尺度下影响林芝市泥石流灾害发生频次的主要降水指标。表中所有降水指标的统计数据均以 TRMM 日降水量数据为基础,利用 python 分别统计出各泥石流灾害事件所在的各项降水指标的数量。其中,降雨强度的类别采用以下标准划分:  $25 \text{ mm} \leq \text{日降水量} < 50 \text{ mm}$  为大雨,  $50 \text{ mm} \leq \text{日降水量} < 100 \text{ mm}$  为暴雨。

表1 泥石流灾害的影响指标筛选

时间尺度	降水指标	说明
年际尺度	年大雨日数、年暴雨日数、年大雨雨量、年暴雨雨量、汛期(5-9月)降雨量、6-8月降雨量	影响某一年泥石流灾害的数量,可用于泥石流危险性区域与风险评估
年内尺度	月降水量、月大雨日数、月暴雨日数、月大雨雨量、月暴雨雨量	影响月际泥石流灾害的风险,可用于泥石流灾害风险评估
日尺度	当日至前7日的日降雨量和累计降雨量	短期降水,影响单次泥石流灾害的发生,可用于泥石流灾害的短临预测

### 2.2.3 主要降水指标与阈值的确定

首先,采用相关分析方法确定不同时间尺度下影响泥石流灾害频次的关键降水指标。降水量和泥石流灾害频次的统计均以流域为单元。如,对于年际尺度而言,分别统计各流域发生的泥石流频次和表1中流域多年的平均降水特征,再对两者进行相关分析,根据相关系数及显著性检验的结果确定年际泥石流灾害频次的关键降水指标。各流域单元年降水指标的数值由 TRMM 日降水量累加得到各年降水量再取平均得到。

其次,进一步探求不同降水阈值下对泥石流发生概率的影响程度,对筛选后呈显著性相关的降水影响因素按照降水量进行分组统计,统计每组降水阈值内泥石流事件的发生次数与之占泥石流事件总数的百分比,最终进行估算,确定不同降水阈值内泥石流灾害的发生概率。

## 3 结果和讨论

### 3.1 泥石流灾害的时间分布特征

泥石流是一种灾难性的地质现象,致灾的动力条件包括内、外动力地质作用和人类工程动力作用<sup>[13]</sup>。为更好地理解林芝市泥石流灾害发生的时间规律,将 128 条灾害记录发生的时间转换为农历,再分别从年际、年内、月内进行统计。

#### 3.1.1 年际特征

2000 年以来,林芝市泥石流灾害数量总体呈现增多的发展趋势(图 4a)。尤其是 2010 年以后,最大年发生次数不断增加。其中,2010 年、2012 年、2015 年和 2016 年泥石流灾害数量都较多。2012 年、2015 年和 2016 年发生的泥石流灾害最多,分别为 39 次、41 次和 45 次。统计 2000-2019 年林芝市年降雨量,与同期的泥石流灾害发生的数量对比统计,结果表明灾害数量与年降雨量呈现一定的正相关性。总体而言,2009 年以来,降水量小的年份,泥石流灾害发生的次

数也相对较少。但也有例外,如 2016 年研究区降水量是相对较少的,然而,泥石流灾害的频次却为近年来最大。因此,有必要从流域的角度深度探讨泥石流灾害与降水量的具体内在关系。

### 3.1.2 年内特征

从图 4(b)可以看出,林芝市泥石流灾害主要发生在 6-8 月,近 20 年灾害发生在这 3 个月的次数占总量的 78%。其中,7 月灾害最多,共计 73 次,约为总量的 1/3。4 月、5 月和 9 月发生灾害的次数也相对较多,共计 45 次,约为总量的 1/5。3 月和 10 月仅分别有 1 次和 5 次的灾害记录,1 月、2 月、11 月和 12 月没有灾害发生记录。根据泥石流灾害发生的时间及其在流域的分布情况,林芝市各子流域单元灾害发生风险最大的

月份也是 7 月,在林芝市的各个地级行政单元均有发生过泥石流灾害的详细记录。泥石流灾害数量的年内分布特征与研究区降雨量的年内分布具有非常大的一致性,月降雨量越大,灾害发生次数越多。

### 3.1.3 月内特征

灾害次数的月内统计结果表明(图 4c),近 20 年内发生在农历初五至初八的灾害相对较多,其中,农历初五、初六和初七发生的灾害次数最多,分别为 10 次、16 次和 9 次。其次,发生在农历二十二、二十三的灾害次数也相对较多,分别为 8 次、6 次左右。结果表明,林芝市泥石流灾害的发生具有一定的月内分布特征。在灾害多发的月份内,弦月及其前后日期有更高的泥石流灾害风险,其次是望月和下弦月及之后两三天。

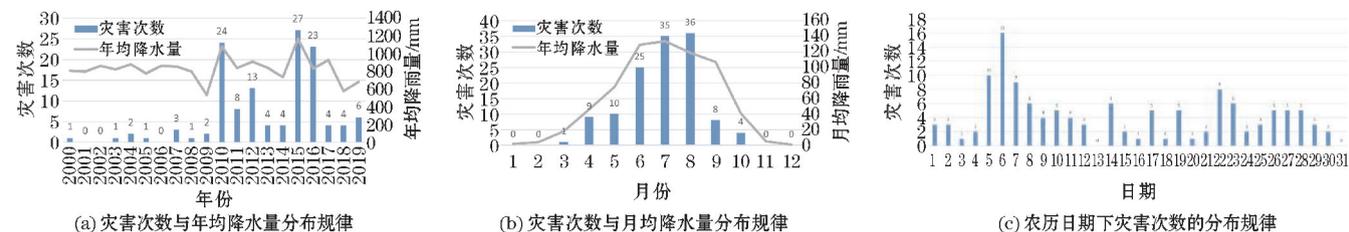


图 4 泥石流灾害的时间分布规律

## 3.2 影响泥石流灾害的关键降水因子

### 3.2.1 年际影响因子

以流域为单元,分别统计 2000-2019 年各流域内泥石流灾害的数量和各项年际指标降水量的平均值,通过对灾害频次和各项降水因子进行相关分析可以确定年际尺度下降水量与泥石流发生频次的关联程度。

从表 2 可知,在年际尺度上,流域内 6-8 月降雨量、汛期雨量和年降雨量这 3 个指标与泥石流灾害频次具有极显著的正相关关系,其相关性系数分别为 0.688、0.820 和 0.795,其中与汛期雨量相关性最强。与其他影响因子均无显著性。因此,在流域单元内,年尺度下泥石流灾害的发生频次主要受 6-8 月降雨量、汛期雨量和年降雨量的影响。

表 2 泥石流灾害频次与年际降水指标的相关系数

影响因子	6-8 月降雨量	汛期雨量	年降雨量	全年大雨雨量	全年暴雨雨量	全年大雨日数	全年暴雨日数
相关系数	0.688 **	0.820 **	0.795 **	0.032	0.183	0.050	0.183

注:\*\*指在 0.01 级别(双尾)相关性显著。

### 3.2.2 年内影响因子

在年内尺度上,统计流域单元内每月泥石流灾害数量与各月降水指标的均值。根据表 3 可知,在流域尺度上,月际泥石流灾害的频次与月降水指标之间存在显著的正相关关系,其相关性系数为 0.599,而与当月大雨雨量、月大雨日数无显著相关性。

表 3 月降水量指标与流域泥石流频次的相关性分析

年内影响因子	月降雨量	月大雨雨量	月大雨日数
相关系数	0.599 **	0.126	0.120

注:\*\*指在 0.01 级别(双尾)相关性显著。

### 3.2.3 日尺度的影响因子

对每个泥石流事件逐一统计灾害发生当日至前 7 日的流域每日降水量及当日与前 1 日至前 7 日的累计

降水量,再在流域范围内取所有灾害记录对应的各项日降水指标的均值。以流域为单元,泥石流灾害频次与日尺度降水指标的相关分析结果(表 4)表明,林芝市各流域单元内泥石流灾害频次与当日降水量、前 1 日、前 2 日及前 3 日的累计降水量具有明显的正相关性,达到极显著的水平。其中,当日降水量与灾害频次的相关系数最大,其次为前 1 日、前 2 日、前 3 日累计降水量,相关性系数依次为 0.739、0.659、0.576、0.512。同时,灾害发生前 1 日至前 7 日降水量以及前 4 日至前 7 日的累计降水量与灾害频次的相关关系不具有显著性。以上结果表明,研究区可以利用当日降水量对流域单元内的泥石流灾害进行预报研究且林芝地区泥石流灾害以当日降水为主导。

表4 尺度影响因子与子流域内泥石流相关性

指标	当日	前1日	前2日	前3日	前4日	前5日	前6日	前7日
相关系数	0.739**	0.012	0.166	0.023	-0.193	-0.132	-0.187	0.376
指标	前1日累计	前2日累计	前3日累计	前4日累计	前5日累计	前6日累计	前7日累计	
相关系数	0.659**	0.576**	0.512*	0.410	0.397	0.351	0.380	

注: \*\*指在0.01级别(双尾)相关性显著,\*指在0.05级别(双尾)相关性显著。

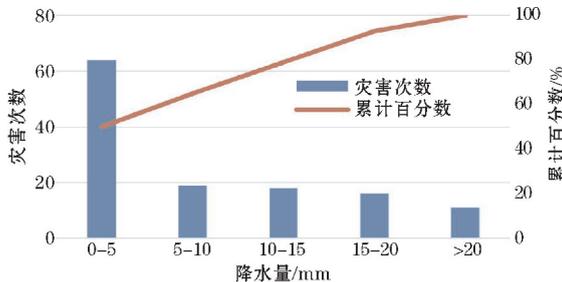
### 3.3 日降水指标的阈值

在日尺度下与泥石流灾害频次呈显著性相关的影响因子有当日降水量、前1日累计降水量、前2日累计降水量、前3日累计降水量。因此为进一步探究短期时间尺度内不同降水阈值对泥石流灾害发生概率的影响程度,对128次泥石流事件具有显著相关性的降水量因子分别按照0~5 mm、5~10 mm、10~15 mm、15~20 mm和大于20 mm进行分组,再对每组降水量阈值内泥石流事件的发生次数与之占泥石流事件频次的百分比进行统计,估算不同降水阈值内泥石流的发生概率。不同前期降水阈值与泥石流发生频次的关系如表5所示。当日降水量达到[5 mm,10 mm)、[10 mm,15 mm)时分别对应的泥石流发生频次占总频次的65%、79%(图5a),前1日累计降水量达到[10 mm,15 mm)、[15 mm,20 mm)时分别对应的泥石流发生频次占总频次的59%、79%(图5b)。前2日累计降水量

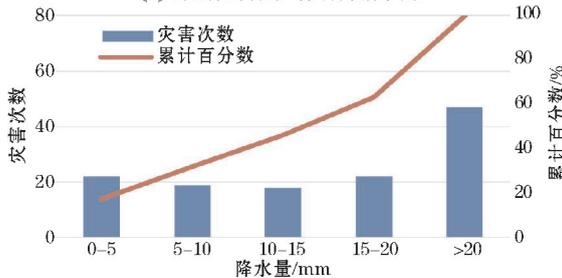
达到[10 mm,15 mm)、[15 mm,20 mm)时分别对应的泥石流发生频次占总频次的46%、63%(图5c),前3日累计降水量达到[15 mm,20 mm)、[20 mm,∞)时分别对应的泥石流发生频次占总频次的51%、100%(图5d)。

表5 日尺度降水阈值与频率关系

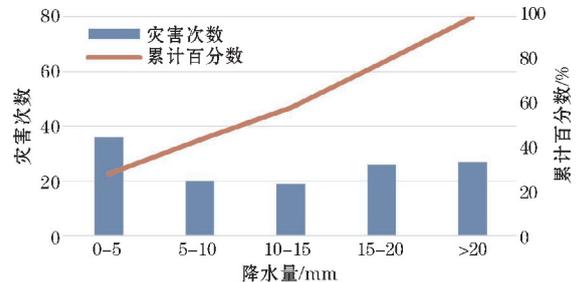
指标	0~5 mm	5~10 mm	10~15 mm	15~20 mm	>20 mm
当日灾害频次	64	19	82	16	11
累计百分比	50%	65%	79%	93%	100%
前1日累计灾害频次	36	20	19	26	27
累计百分比	28%	44%	59%	79%	100%
前2日累计灾害频次	22	19	18	22	47
累计百分比	17%	32%	46%	63%	100%
前3日累计灾害频次	16	19	10	23	60
累计百分比	13%	25%	33%	51%	100%



(a) 当日降水与灾害次数关系



(c) 前2日累计降水与灾害次数关系



(d) 前3日累计降水与灾害次数关系

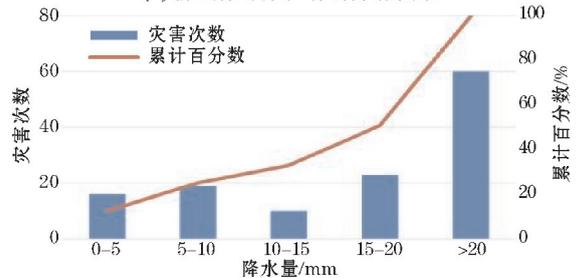


图5 不同雨量对应的泥石流灾害事件累积百分比

## 4 结论与讨论

基于 TRMM 3B42 卫星降水数据和林芝市泥石流灾害历史记录,首先分析泥石流灾害发生的时间和空间分布特征;其次对每次泥石流灾害记录在流域范围内提取灾害发生前7日、当日、当月、当年的降雨数据,再采用相关分析法分析长期和短期降水特征与泥石流

发生概率的关系;最后分析短期降水阈值对泥石流发生概率的影响。研究结果表明:

(1) 林芝市泥石流灾害具有明显的时间特征,2000-2006年灾害较少,2009-2012年及2015-2017年灾害较多。在年内灾害以6-8月发生最多,占灾害总数的75%。在月内,上、下弦月及其相邻日期发生灾害的比例较大。

(2) 降水特征与泥石流发生数量呈现显著的正相

关关系。泥石流频次在年际尺度上与年降水量、汛期雨量、6-8月降水量显著相关,相关系数分别为0.795、0.820、0.688;在年内尺度上与月降水量显著相关,相关系数为0.599;在日尺度上与当日降雨量、前1日累计降雨量、前2日累计降雨量和前3日累计降雨量显著相关,相关系数分别为0.739、0.659、0.576、0.512。

(3)在日尺度下,当日降水量、前1日累计降水、前2日累计降水和前3日累计降水量分别达15 mm、20 mm、30 mm、40 mm时,发生的泥石流数量分别占记录总数的80%。

林芝市泥石流灾害频发,大量降水资料的数据也给泥石流危险性分析和预警预报等带来了困难。论文结合泥石流灾害记录和 TRMM 3B42 卫星降雨资料,详细分析了林芝地区不同时间尺度下泥石流灾害的降水特征,研究成果有助于为该地区泥石流的预警预报和防灾减灾提供一定的参考和借鉴。林芝地区泥石流灾害在波密县、林芝县、朗县等部分流域发生次数较多,且泥石流高发的子流域空间分布较集中。另一方面,泥石流的发生呈现出明显的年内和月内特征。因此,建议林芝市以流域作为管理对象,在每年的雨季和汛期加强对泥石流易发区的监控。另外,受限于林芝市原始资料的缺乏,本文获取的灾害记录年限不够长。因此,尽管已初步揭示了不同时间尺度降水特征与泥石流频数的关系,但对应于不同时间尺度灾害发生的降水特征阈值未能深入地讨论。

## 参考文献:

[1] 李铁锋,潘懋,刘瑞琦.基岩斜坡变形与破坏的岩体结构模式分析[J].北京大学学报(自然科学版),2002(2):239-244.

- [2] 田运涛,叶振南,王高峰,等.白龙江泥湾沟泥石流特征及易发性评价研究[J].人民长江,2019,50(S2):59-64.
- [3] 胡凯衡,魏丽,刘双,等.横断山区泥石流空间格局和激发雨量分异性研究[J].地理学报,2019,74(11):2303-2313.
- [4] 狄靖月,许凤雯,李宇梅,等.东南地区引发地质灾害降水分型及阈值分析[J].灾害学,2019,34(1):62-67.
- [5] 沈毅,露丹.泸定县泥石流灾害特征及降水因子分析[J].高原山地气象研究,2014,34(2):81-85.
- [6] 钟燕川,郭海燕,徐金霞,等.四川省泥石流活动与降水因子特征[J].水土保持研究,2018,25(6):390-396.
- [7] 杨红娟,韦方强,马振峰,等.四川省泥石流灾害的时空分布规律和降水特征[J].灾害学,2017,32(4):102-107.
- [8] 曲瑞,李仲先,何政伟,等.甘肃天水大沟短时强降水诱发低频泥石流特征及成因[J].山地学报,2018,36(3):488-495.
- [9] 冯杭建,唐小明,周爱国.浙江省泥石流与降雨历时关系研究及应用检验[J].自然灾害学报,2013,22(1):159-168.
- [10] 刘俊峰,陈仁升,韩春坛,等.多卫星遥感降水数据精度评价[J].水科学进展,2010,21(3):343-348.
- [11] 沈玲玲,刘连友,杨文涛,等.基于 TRMM 降雨数据的四川省地质灾害降雨阈值分析[J].灾害学,2015,30(2):220-227.
- [12] 武辰爽.基于 GIS 的川藏铁路林芝段地质灾害危险性评价[D].拉萨:西藏大学,2021.
- [13] 陈官燕,普布桑姆,次仁,等.西藏林芝降水引发的山洪地质灾害分布特征[J].中国地质灾害与防治学报,2018,29(2):100-103.

## Relationship between Debris Flow and Precipitation at Different Time Scales in Linzhi

WANG Shufan, FENG Wenlan, CHEN Jun, LIU Jinbao, TAN Xihan

(College of Resources and Environment, Chengdu University of Information Engineering, Chengdu 610225, China)

**Abstract:** Lingzhi has complex terrain environment, frequent debris flow disasters and lack of high-precision precipitation data. To solve the problems that will affect the prediction of geological disasters, based on the watershed division by using the river network density method, taking 128 debris flow disaster records in Linzhi from 2000 to 2019 as sample data, this paper analyzes the relationship between the number of debris flow disasters and precipitation characteristics at different time scales using TRMM 3B42 satellite precipitation data. The results show that, the number of debris flow disasters in Linzhi is particularly high in 2010, 2015 and 2016 and it mainly occurs from June to August. In a month, disasters occur more frequently around first quarter month, the last quarter month. On the interannual scale, the frequency of debris flow is positively correlated with the annual precipitation, the precipitation in flood season, and the precipitation in June August. On the annual scale, there is a significant positive correlation with monthly precipitation. While on a daily scale, there is a significant positive correlation with the daily precipitation and the accumulated precipitation from the previous day to the previous three days. When the daily precipitation, the accumulated precipitation of the previous day, the previous two days and the previous three days reaches 15mm, 20 mm, 30 mm and 40 mm respectively, the corresponding number of debris flow disasters accounts for 80% of all records.

**Keywords:** debris flow; precipitation characteristics; TRMM rainfall data; watershed division; Linzhi