

西藏林芝地区泥石流类型及形成条件分析

胡桂胜^{1,2,3}, 陈宁生^{1,2}, 邓明枫^{1,2,3}, 王元欢²

(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. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘要: 西藏林芝地区是我国泥石流灾害最为严重的地区之一, 特别是近年来受全球气候变化的影响, 冰川融化速度加快, 冰川融水型泥石流灾害频频发生, 危害极其严重。自 2009 年 7 月中旬开始, 对该地区林芝、米林、波密、察隅 4 县 30 条泥石流沟做了系统调查。在研究该区域 20 条较具代表性泥石流沟的基础上, 结合该区域已有研究资料, 按泥石流形成的激发条件将其分为降雨型泥石流, 冰川降雨型泥石流, 冰崩、雪崩型泥石流, 冰湖、堰塞湖溃决型泥石流共 4 类。进而从地形地貌、物源、水源及气温等方面分析了其形成条件。并在此基础上提出了针对性防灾建议。

关键词: 林芝地区; 泥石流类型; 形成条件

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)02-0193-05

中图分类号: P694

Classification and Initiation Conditions of Debris Flows in Linzhi Area, Tibet

HU Gui-sheng^{1,2,3}, CHEN Ning-sheng^{1,2}, DENG Ming-feng^{1,2}, WANG Yuan-huan²

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu,

Sichan 610041, China; 2. Key Laboratory of Mountain Hazards and Surface Process, CAS, Chengdu,

Sichan 610041, China; 3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Linzhi area of Tibet is one of the most dangerous regions threatened by debris flows in China. Under the influence of global warming, the melting rate of glacier has accelerated in this area, leading to frequent initiations of glacier-melting debris flows, which is severely hazardous. Since the middle of July, 2009, the authors had carried out systematic investigations regarding approximately thirty debris flow gullies in counties of Linzhi, Milin, Bomi and Chayu in Linzhi area. Based on analysis of the twenty typical debris flow gullies and related historic documents, debris flows were divided into four classes according to initial water conditions, namely, rainfall-induced debris flow, glacier-rainfall-induced debris flow, avalanche-induced debris flow, and lake-outburst-induced debris flow. The initiation conditions were analyzed regarding landform, soil source, water source and air temperature. Specific advices based on the analysis were recommended for disaster prevention.

Keywords: Linzhi area; debris flow type; initiation condition

西藏林芝地区是我国泥石流灾害最为严重的地区之一^[1-2], 通过对林芝地区实地调查发现该地区泥石流灾害最为严重的村庄主要有米林县的色岗、帮宗, 林芝县的拉月、排龙, 波密县的索通、松绕、林琼、易贡茶场一队, 察隅县的沙琼、洞冲, 墨脱县的地东、阿苍、波东, 工布江达县的四章、琼巴, 朗县的生木。自 2007 年 9 月以来, 该地区境内连续发生数次泥石流灾害, 造成了严重经济损失和社会影响。如 2007 年 9 月 4 日凌晨 2 时许, 波密县易贡茶场 1 队康布沟发生泥石流灾害, 摧毁康布沟 3 座桥梁、公路 500 m、冲毁农田约

3 335 m², 使易贡乡 2 200 余人通行受阻; 9 月 4 日 19 时许, 波密县古乡松饶村天摩沟发生大型泥石流灾害, 造成 1 人死亡, 7 人失踪, 9 人受伤, 并冲毁民房 2 户、6 户民房受损, 冲毁农田 2.00 × 10⁴ m², 冲走牲畜 40 余头, 松饶吊桥被冲毁、1 辆轻型面包车被毁, 318 国道交通中断 43 h, 直接经济损失 520 余万元。

在对林芝地区 4 县 30 条泥石流实地勘察的基础上, 选取其中 20 条比较具有代表性泥石流沟进行详细的现场勘察并在此基础上结合该区域已有研究资料对泥石流的类型和形成条件进行了较系统的分析,

目的是为了引起人们对林芝地区泥石流更加全面深入地研究,进而搞好林芝地区和西藏其它地区泥石流灾害的防治。

1 林芝地区泥石流类型

泥石流分类方法比较多且不完全统一,吕儒仁等^[3]根据泥石流形成条件分为激发类和触发诱发类。所谓激发类泥石流是指在一定地区或地段,由于某种因素(如水源)长时间持续作用,导致其它因素发生变化,最后形成泥石流。根据该区已有研究资料^[3-4]发现由于受孟加拉湾暖湿气流的影响墨脱县几乎每年5月和10—11月都不同程度地受到这种台风暴雨的影响而发生泥石流,是典型的降雨型泥石流区;而工布江达县是属于我国现代季风海洋性冰川的集中分布区,冰川在其行进和退缩的过程中对地表的融选作

用,为近期泥石流的发生发展奠定了基础,导致工布江达县冰川型泥石流占主导地位;朗县地处藏东南山地,泥石流分布以冰川降雨型和降雨型为主^[4]。同时笔者在已有研究资料基础上结合林芝地区其它4县20条泥石流沟(表1),按泥石流形成的水源条件将其主要分为4类,即降雨型泥石流,冰川降雨型泥石流,冰崩、雪崩型泥石流,冰湖、堰塞湖溃决型泥石流。林芝地区泥石流详细分类详见表2。

降雨型泥石流是由降雨作用激发的泥石流^[5],这类泥石流是林芝地区最普遍的一种类型,集中分布于察隅、墨脱和米林地区。在降雨作用下,坡面松散土体逐渐达到饱和,强度降低,发生滑动。同时地表径流切割沟床两侧山坡坡脚,导致沟床及沟岸山坡失稳。坡面和坡脚的松散物质在洪水的侵蚀下,形成不同规模的泥石流。

表1 林芝地区4县泥石流沟流域特征

沟名	所属地区	主河	沟口地理坐标		流域面积/km ²	主沟道长/km	主沟床平均比降/%	流域最大高差/m	平均坡度/(°)
			经度	纬度					
色岗沟	米林县色岗村	雅鲁藏布江	94°12'12"	29°12'29"	6.61	4.17	308	1 667	32.19
帮宗沟	米林县帮宗村	雅鲁藏布江	94°47'47"	30°15'55"	99.00	20.14	115	2 212	28.73
成月弄巴	林芝县拉月村	拉月曲	94°52'55"	29°59'40"	27.97	10.8	462	3 578	35.20
拉月弄巴	林芝县拉月村	拉月曲	94°52'39"	29°59'20"	97.61	19.84	267	4 596	27.28
检它弄巴	林芝县拉月村	拉月曲	94°52'48"	29°59'34"	8.41	6.43	534	3 114	34.16
培龙沟	林芝县排龙乡	帕隆藏布	95°00'43"	30°02'28"	86.10	18.75	132	3 828	31.26
索通沟	波密县索通村	帕隆藏布	95°17'30"	30°00'54"	43.40	9.30	288	2 892	30.48
松绕沟	波密县松绕村	帕隆藏布	95°19'09"	29°59'15"	16.68	5.97	399	2 970	35.01
古乡沟	波密县古村	帕隆藏布	95°27'21"	29°53'23"	25.20	8.70	256	3 578	30.28
边扯弄巴	波密县林琼村	波堆藏布	95°28'10"	30°08'08"	15.74	7.24	293	2 584	33.42
南多沟	波密县亚塔村	波堆藏布	95°24'44"	30°10'34"	4.50	6.30	548	2 914	34.87
嘎朗沟	波密县嘎朗村	波堆藏布	95°37'47"	29°54'53"	9.30	6.78	418	1 644	25.15
九松沟	波密县扎木村	帕隆藏布	95°45'38"	29°51'48"	3.00	4.20	534	2 070	30.99
桑登沟	波密县桑登村	帕隆藏布	95°46'12"	29°51'16"	5.50	5.40	359	1 790	31.08
甲倾布	波密县贡仲村	易贡藏布	94°48'36"	30°15'31"	15.51	7.80	418	3 338	37.83
康波弄巴	波密县贡仲村	易贡藏布	94°47'47"	30°15'36"	48.70	13.50	178	3 547	35.03
扎木弄巴	波密县格通村	易贡藏布	94°56'22"	30°40'31"	23.79	10.00	273	3 426	31.30
日瓦弄巴	察隅县沙琼村	贡日嘎布曲	97°01'16"	28°29'04"	4.90	4.72	286	1 384	22.85
冰川沟	察隅县洞冲村	贡日嘎布曲	97°01'33"	28°28'15"	52.50	12.85	352	4 522	26.31
温泉宾馆沟	察隅县竹瓦根镇	桑昂曲	97°25'35"	28°38'23"	3.46	2.60	556	2 200	27.52

表2 林芝地区4县泥石流分类

沟名	所属县	泥石流类型	沟名	所属县	泥石流类型	沟名	所属县	泥石流类型
色岗沟	米林县	降雨型	冰川沟	察隅县	降雨型	甲倾布	波密县	冰川降雨型
帮宗沟	米林县	降雨型	温泉宾馆	察隅县	降雨型	康波弄巴	波密县	冰川降雨型
检它弄巴	林芝县	降雨型	成月弄巴	林芝县	冰川降雨型	扎木弄巴	波密县	冰川降雨型
南多沟	波密县	降雨型	培龙沟	林芝县	冰川降雨型	松绕沟	波密县	冰崩、雪崩型
九松沟	波密县	降雨型	古乡沟	波密县	冰川降雨型	松宗沟	波密县	冰崩、雪崩型
桑登沟	波密县	降雨型	边扯弄巴	波密县	冰川降雨型	拉月弄巴	林芝县	冰湖、堰塞湖溃决型
日瓦弄巴	察隅县	降雨型	嘎朗沟	波密县	冰川降雨型	索通沟	波密县	冰湖、堰塞湖溃决型

冰川降雨型泥石流是指在冰川和降雨的激发下形成的泥石流,其松散固体物质主要来源于冰川活动

形成的冰碛物,这类泥石流主要分布于林芝县和波密县。冰川降雨型泥石流的形成过程大致分为3步^[3]:

(1) 前期降雨使坡面和沟岸物质浸润饱和,土体强度降低;(2) 以冰川积雪融水为主的高速水流沿沟谷运动时,一方面冲刷部分碎屑物质,使其与水流一道产生运动,一方面渗入到冰碛层等碎屑物质中,随着碎屑物含水量的增加,碎屑物质发生蠕变;(3) 沟床中流动的水体不断冲刷不稳定的沟床和边坡,造成大量的松散物质坍塌入沟道之中,坍塌物质的规模和水体的含沙量不断增大,最终形成泥石流。在这一过程中,如果崩塌物质量极大或受地形条件制约,也可能造成阻塞,形成堰塞湖^[6]。而后堰塞湖发生溃决,暴发大型乃至特大型泥石流。

冰崩、雪崩型泥石流^[7]是由于快速运动的冰崩或雪崩为泥石流形成提供水源和固体物质,其特点是质量大、速度快、能量大。这类泥石流主要分布于波密县,可以分为 3 类:(1) 冰崩、雪崩体在发生过程中直接形成泥石流。由冰雪体沿程撞击、侵蚀斜坡碎屑物并在冰雪融水的搬运下形成,其特点是速度快、破坏性强,这种泥石流规模一般较小;(2) 冰崩、雪崩体与上游沟道冰雪融水遭遇而形成泥石流。冰崩、雪崩体及裹挟物进入主河道后,与主沟水流混合而形成泥石流。其特点是泥石流含有一定数量的冰雪块体,流体连续,规模大小不等;(3) 冰崩、雪崩体(含裹挟物)堵塞沟道后溃决形成溃决泥石流。这类泥石流的特点是规模大、具阵性,含有一定数量的冰雪体。

冰湖、堰塞湖溃决型泥石流^[8-9]是由于冰湖、堰塞湖的突然溃决并快速排泄引发的,其特点是规模巨大,来势凶猛。这类泥石流主要分布于林芝县和波密县,主要有以下几种形成机制:(1) 湖水的静水压力和动水压力(波涌压力)作用突然加大,使薄弱疏松的堤身发生管涌破坏;(2) 湖水蓄满,湖水沿坝顶溢流引起溃坝;(3) 冰碛堤下死冰体消融而导致冰碛堤破裂与垮塌;(4) 冰川跃动性前进,推挤水体或强烈震动坝体而溃决;(5) 地震使坝体溃决。

从表 2 可以看出,所调查的泥石流沟中,降雨型泥石流占 40.9%,冰川降雨型占 36.4%,冰崩、雪崩泥石流占 9.1%,冰湖堰塞湖溃决型泥石流占 13.6%。降雨型和冰川降雨型泥石流是西藏林芝地区最为常见的泥石流类型,两者之和占到总数的 77.3%,这与林芝地区的气候条件是分不开的。

2 林芝地区泥石流形成条件

2.1 地形地貌条件

地形地貌条件是泥石流形成的内因和必要条件^[3],制约着泥石流的形成、搬运与堆积,影响着其规模和特性。林芝地区隶属喜马拉雅山系地形地貌单

元段,林芝地段主要包括帕隆藏布与尼洋河地区,东于唐古拉山以西,西于米拉山以东及念青唐古拉山之东延余脉,呈东西向。河谷狭窄相间,以峡谷为主,谷地陡峻,多悬崖绝壁,支流密布,冰川、冰湖、古冰碛地貌发育,侵蚀强烈。从调查数据(表 1)发现林芝地区 4 县泥石流沟都具有完整而典型的山谷型泥石流流域特征,岭谷高差为 1 384~4 596 m,山体坡度为 23°~38°,沟床比降大都在 250‰~550‰之间,赋予了泥石流有利的地形条件。此外,在 20 条代表性泥石流沟中,流域面积 1~50 km² 的泥石流沟共 16 条,占总数的 80%,而这些沟谷也是泥石流频发沟谷。

2.2 土源条件

首先,该区域地质环境的各要素如地质构造、地层岩性在风化作用和自然地质现象等以不同的方式提供松散碎屑物质,构成泥石流活动的物质基础。其次,由于边坡(特别是碎屑边坡)失稳、滑坡、崩塌、错落等不良地质现象在区域内较为常见,也常常为泥石流提供大量物质,并同时在泥石流发生时而伴生形成。通过调查,古乡沟、培龙沟、米堆沟等流域中这一现象均十分普遍。最后,该区域较大部分地区是第四纪冰川作用盛行地带,除风化,构造破碎形成的碎屑物质外,分布最广最多的是冰碛物质和冰水沉积物。已有研究资料^[9]表明在古乡沟中上游段内的围谷盆地中就堆积储量约为 4.00×10⁸ m³ 的新老冰碛物,是该沟发生大规模泥石流并频繁暴发的主要因素之一。

2.2.1 物质组成 通过对林芝地区 4 县泥石流堆积物样品(<60 mm)进行颗粒分析,获得了林芝地区泥石流的物质组成特征。其泥石流堆积物颗粒分析结果见图 1。

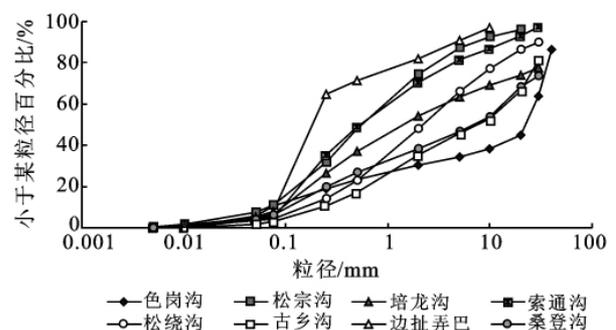


图 1 林芝地区 4 县部分泥石流堆积体粒分曲线

通过颗粒分析发现,泥石流物质组成中黏粒含量普遍较少,通常小于 0.5%,砾粒组成大多大于 50%,这主要是因为泥石流的形成区普遍位于海拔相对较高的冰川、积雪活动影响区范围内,物理风化作用强,但化学风化作用较弱,黏粒形成困难。

2.2.2 松散固体物质类型及方量 考察的泥石流沟
物源类型多,主要为冰碛物、残坡积物、崩滑堆积物、
冲洪积物和老泥石流堆积物等。

通过遥感解译获得物源面积,通过现场调查和测
量估算其平均厚度,进一步估算得到泥石流物源的方
量(表 3)。

表 3 林芝地区 4 县泥石流沟物源统计表

沟名	主要物源	物质组成	面积/km ²	物源量/10 ⁴ m ³
色岗沟	冰碛物	砾石	1.03	100
帮宗沟	冰碛物	砾石	16.54	2 000
成月弄巴	冰碛物	漂砾、巨砾、角砾、砾石、卵石	5.69	3 000
拉月弄巴	冰碛物、冲洪积	巨砾、角砾、砾石、卵石	17.24	10 000
检它弄巴	冰碛物	砾石	0.75	50
培龙沟	冰碛物、坡积物、崩滑堆积	角砾、砾石、卵石、碎石、砂砾、砂土	12.09	10 000
索通沟	冰碛物、坡积物、崩滑堆积	角砾、砾石、卵石、碎石、砂砾、砂土	6.78	5 000
松绕沟	冰碛物、坡积物	碎石、砂砾、砂土、砾石、角砾	2.04	2 000
古乡沟	冰碛物、坡积物、崩滑堆积	角砾、砾石、卵石、碎石、砂砾、砂土	11.05	20 000
边扯弄巴	冰碛物、坡积物、崩滑堆积	角砾、砾石、卵石、碎石、砂砾、砂土	2.13	3 000
南多沟	冰碛物、坡积物	碎石、砂砾、砂土、砾石、角砾	0.97	20
嘎朗沟	冰碛物、坡积物	碎石、砂砾、砂土、砾石、角砾	2.04	500
九松沟	坡积物	碎石、砂砾、砂土	0.66	100
桑登沟	坡积物	碎石、砂砾、砂土	0.72	50
甲倾布	冰碛物	角砾、碎石、砂砾、砂土	2.05	1 000
康波弄巴	冰碛物、坡积物	碎石、砂砾、砂土、砾石、角砾	3.20	1 000
扎木弄巴	冰碛物、坡积物、崩滑堆积	角砾、砾石、卵石、碎石、砂砾、砂土	3.46	10 000
日瓦弄巴	坡积物、崩滑堆积	碎石、砂砾、砂土	0.35	1 000
冰川沟	冰碛物、坡积物	碎石、砂砾、砂土、砾石、角砾	6.50	5 000
温泉宾馆沟	残坡积	碎石、砂砾、砂土	0.10	20

在上述调查的松散固体物质中绝大部分作为动
储量来考虑,所谓动储量就是可以直接补给泥石流的
松散固体物质,单位为 10⁴ m³/km²。并根据沟道流
域面积划分为: >50, 50~10, 10~2, 2~0.5, <
0.5 的 5 个等级,以反映沟谷内松散固体物质的数量
和稳定程度^[10]。通过对林芝地区泥石流沟的实地调
查发现有部分松散固体物质目前处于稳定状态的(静
储量),但在暴雨、人类工程活动等其它条件的强烈作
用下,在某一时刻产生失稳、滑移,迅速转化为形成泥
石流所需的松散碎屑物的岩土体(含花岗岩风化残坡
积红土层、其它各类岩石的全强风化层、第四系等),
如培龙沟、古乡沟等。

2.3 水源和温度条件

水源是否丰富及其类型特点主要取决于地区的
气候环境,从地理位置和环流变化来看,主要受夏季
强大的季风环流和冬季环流的影响^[11]。印度洋孟加
拉湾暖湿气流沿雅鲁藏布大拐弯及其山口北进入该
区,致使波密一带雨季最长,雨量最多,其中通麦一带
年降水量 >1 100 mm。这里不仅夏季高山带降水丰
富,而且冬春季降雪量也大。工布江达一带是我国季
风海洋性冰川的集中分布区,冰川储备量丰富。由于
冰川区降水量丰富,气温较高,位置低,故冰川积消水
平高,消融强烈,加之冰川运动速度高,不仅对河流的
补给和影响很大,而且加上冰崩,雪崩的发育,孕育冰

湖和降雨径流等构成冰川泥石流形成的极为充沛的
水源条件。

通过调查林芝地区 4 县泥石流的水源发现其水
源主要有降雨、冰雪融水、冰崩雪崩堆积融水、冰湖溃
决洪水和冰雪消融与降雨混合型洪水等^[1,3]。林芝地
区年降雨量比较丰富,根据林芝地区年均降雨等值线
图^[3]可以看出,米林县—林芝县—易贡县—波密县—
察隅县以南的地区,年均降雨在 600 mm 以上。冰川
泥石流的形成对日均温的变化十分敏感,多发生在月
均温高、日均温变化大的时间段。

由表 4—5 的统计数据来看,林芝地区降雨量满
足下述条件之一时,就有可能爆发泥石流:(1) 10
min 降雨量为 0.2~2 mm;(2) 1 h 降雨量为 0.8~
6.3 mm;(3) 24 h 降雨量为 3~19.4 mm。对于冰川
泥石流,除在满足上述降雨条件下会暴发泥石流外,温
度的变化也可能引发泥石流,根据统计的数据来看,
其可能引起泥石流暴发的温差变化区间为 4.3~
10.7 °C。此外,前期雨量与泥石流的暴发关系密切,
如 2007 年 7 月 30 日温泉宾馆沟暴发了泥石流,2007
年 7 月 29 日该区域降雨 24.7 mm,为第二天温泉宾
馆沟泥石流的暴发奠定了基础,即使 7 月 30 日区域
降雨量较少(最大 10 min 降雨量为 0.2 mm,最大 1 h
降雨量为 0.8 mm,最大 24 h 降雨量为 2.6 mm),也
足以引发泥石流。

表 4 林芝地区 4 县泥石流暴发当日气象统计

沟名	时间	最大 10 min 雨强/ mm	最大 1 h 雨强/mm	最大 24 h 雨强/ mm	最高温度/ ℃	最低温度/ ℃	温差/ ℃
培龙沟	20070904	2.0	6.3	19.4	21.6	10.9	10.7
嘎朗沟	20080827	0.6	1.8	9.6	17.5	13.2	4.3
边扯弄巴	20070811	0.3	1.0	4.4	24.3	14.6	9.7
甲倾布	20070909	0.7	2.6	16.5	19.0	11.7	7.2
扎木弄巴	20070907	0.5	1.9	14.4	16.7	11.2	5.5
日瓦弄巴	20090824	0.3	0.6	3.0	—	—	—
温泉宾馆	20050710	0.5	2.3	12.0	—	—	—
温泉宾馆	20070730	0.2	0.8	2.6	—	—	—
冰川沟	20060621	1.7	2.8	10.9	—	—	—

注:资料来源于波密县、察隅县气象局观测资料。

表 5 林芝地区 4 县泥石流发生日前 5 d 降雨量 mm

沟名	时间	前 5 d	前 4 d	前 3 d	前 2 d	前 1 d
培龙沟	20070904	5.2	1.9	—	0.1	0.7
嘎朗沟	20080827	3.6	0.5	—	0.6	—
边扯弄巴	20070811	—	—	0.2	—	0.1
甲倾布	20070909	12.1	14.4	22.9	17.7	19.4
扎木弄巴	20070907	22.9	17.7	19.4	5.2	1.9
日瓦弄巴	20090824	3.1	1.8	0.1	—	—
温泉宾馆	20050710	0.1	0	0	0	1.1
温泉宾馆	20070730	1.9	1.9	1.8	0	24.7
冰川沟	20060621	3.9	—	—	—	0.2

注:资料来源于波密县、察隅县气象局观测资料。

3 林芝地区泥石流防灾建议

泥石流灾害危害性判别是根据泥石流灾害一次造成的死亡人数或者直接经济损失,可以分为特大型、大型、中型、小型 4 个灾害等级以及监测点分布,具体见表 6—7,表中灾度等级不在一个级次时,按从高原则确定灾度等级,划分标准是根据中华人民共和国国土资源部发布的《泥石流灾害防治工程勘查规范》确定。

表 6 泥石流灾害危害性等级划分

危害性灾度等级	特大型	大型	中型	小型
死亡人数/人	>30	30~10	10~3	<3
直接经济损失/万元	>1 000	1 000~500	500~100	<100

表 7 林芝地区 4 县泥石流监测站点布设表

沟名	危害对象或特点	危害程度	监测建议	监测要素
色岗沟	威胁水厂、米林县、米林区、勒马乡等,威胁人口 95 人,潜在威胁资产 560 万元	特大型	重点监测	降雨
帮宗沟	无危害对象	小型	不需监测	—
成月弄巴	拉月桥,318 国道	中型	监测	降雨、温度
拉月弄巴	堵塞拉月曲	特大型	重点监测	降雨、温度
检它弄巴	拉月村	大型	监测	降雨
培龙沟	堵塞帕隆藏布	特大型	重点监测	降雨、温度
索通沟	索通村 22 户,威胁 135 人	特大型	重点监测	降雨、温度
松绕沟	318 国道	中型	监测	降雨、温度
古乡沟	318 国道	中型	监测	降雨、温度
边扯弄巴	林琼乡	大型	监测	降雨、温度
南多沟	许木多居民 42 户,威胁人口 190 人	特大型	重点监测	降雨
嘎朗沟	卡达村卡拉村、96 道班,威胁人口 132 人	特大型	重点监测	降雨、温度
九松沟	那哈、波密县城,威胁人口 105 人	特大型	重点监测	降雨
桑登沟	桑登村 20 户,威胁人口 67 人	大型	监测	降雨
松宗沟	318 国道	中型	监测	降雨、温度
甲倾布	易贡茶场	特大型	重点监测	降雨、温度
康波弄巴	乡村公路	中型	监测	降雨、温度
扎木弄巴	堵塞易贡藏布	特大型	重点监测	降雨
日瓦弄巴	沙琼村、农田、学校等,威胁人口 3 000 多	特大型	重点监测	降雨
冰川沟	公路	中型	监测	降雨

(下转第 221 页)

- [16] 中华人民共和国国家旅游局. 国家旅游局公布 2000 年入境旅游者抽样调查综合分析报告[R]. 北京: 国家旅游局, 2000.
- [17] 鞠美庭. 湿地生态系统的保护与评估[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [18] 刘庄, 蒋建国, 沈渭寿, 等. 太湖流域湖泊滩地资源及其开发利用[J]. 农村生态环境, 2003, 19(4): 27-30.
- [19] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统生态服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报, 1999, 19(5): 608-613.
- [20] 张运林, 冯胜, 马荣华, 等. 太湖秋季真光层深度空间分布及浮游植物初级生产力的估算[J]. 湖泊科学, 2008, 20(3): 380-388.
- [21] 常州市环境保护局. 常州市环境质量报告书(2007)[R]. 常州: 常州市环境保护局, 2008.
- [22] 太湖流域水资源保护局. 太湖流域及东南诸河省界水体水资源质量状况通报[R]. 上海: 太湖流域管理局, 2008: 132.
- [23] 中国生物多样性国情研究报告编写组. 中国生物多样性国情研究报告[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.
- [24] 李青梅, 黄家柱, 陆皖宁, 等. 基于分析模型的太湖悬浮物浓度遥感监测[J]. 海洋与湖沼, 2006, 37(2): 171-177.
- [25] Guo Z W, Xiao X M, Gan Y L, et al. Ecosystem functions, services and their values: A case study in Xingshan County of China[J]. Ecological Economics, 2001, 38: 141-154.
- [26] 李金昌. 生态价值论[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1999.
- [27] 鲁春霞, 谢高地, 成升魁, 等. 水利工程对河流生态系统服务功能的影响评价方法初探[J]. 应用生态学报, 2003, 14(5): 803-807.
- [28] 张朝晖, 吕吉斌, 叶属峰, 等. 桑沟湾海洋生态系统的服务价值[J]. 应用生态学报, 2007, 18(11): 2540-2547.
- [29] 李文华, 张彪, 谢高地. 中国生态系统服务研究的回顾与展望[J]. 自然资源学报, 2009, 24(1): 1-10.

(上接第 197 页)

通过实地勘查及调访掌握这些泥石流沟威胁对象并确定其危害性大小, 并在此基础上建立监测程度和要素。从监测的角度来看, 对降雨型泥石流, 应当对其实施雨量监测; 对冰川降雨型泥石流, 除了要监测雨量外, 还应对其温度进行实时监测; 对冰湖、堰塞湖溃决型泥石流, 应增加湖水位的监测, 林芝地区详细监测站点布设见表 7。针对林芝地区泥石流灾害特征提出 3 点具体防灾建议: (1) 加强防控重点防控区的泥石流灾害。林芝地区山地灾害点多面广, 突出重点防控区意义重大。针对这些地区检查和重点落实群测群防体系, 对于由于经费等因素没有落实的群测群防点, 进一步加以落实, 增加该地区山地灾害防治的宣传教育, 普及防灾知识; (2) 加强气象预测预报。重点防控区范围内许多山区降雨观测设施落后或缺, 建议结合现有的气象防灾规划项目、地质灾害监测预警规划与试点项目, 争取雨季前增加降雨和泥石流等灾害的监测。增加这一地区雨季的气象卫星遥感监测预报; (3) 加强林芝地区泥石流灾害成灾规律的研究, 系统进行灾害规划推动监测预警和资源信息共享系统。目前气候变化和地震活动频繁的背景下, 泥石流灾害的成灾规律需要加强研究, 进行基于全球气候变化条件下的泥石流防治规划, 加强监测预警工作中, 集成气象、水利、国土和林业与农业的气象台网, 特别是中上游泥石流灾害源区的小流域监测

站点, 提升泥石流灾害的预测预报精度, 并推动资源信息的共享。

[参 考 文 献]

- [1] 钟祥浩, 王小丹, 刘淑珍, 等. 西藏高原生态安全[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 1-249.
- [2] 童立强, 祈生文, 刘春玲. 喜马拉雅山东南地区地质灾害发育规律初步研究[J]. 工程地质学报, 2007, 15(6): 721-729.
- [3] 吕儒仁, 唐邦兴, 朱平一, 等. 西藏泥石流与环境[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1999: 1-245.
- [4] 罗德富, 毛济周. 川藏公路南线(西藏境内)山地灾害及防治对策[M]. 北京: 科学出版社, 1995: 1-253.
- [5] 蒋忠信. 藏东南泥石流沟纵剖面演化的最小功模式[J]. 地理科学, 2003, 23(1): 25-31.
- [6] 吴积善, 程尊兰, 耿学勇. 西藏东南部泥石流堵塞坝的形成机理[J]. 山地学报, 2005, 23(4): 399-405.
- [7] 吕儒仁, 李德基. 西藏波密冬茹弄巴的冰雪融水泥石流[J]. 冰川冻土, 1989, 11(2): 148-160.
- [8] 刘伟. 西藏典型冰湖溃决型泥石流的初步研究[J]. 水文地质工程地质, 2006(3): 88-92.
- [9] Cheng Z L, Geng X Y, Dang C, et al. Modeling experiment of break of debris-flow dam[J]. Wuhan University Journal of Natural Sciences, 2007, 12(4): 588-594.
- [10] 蒋忠信. 西南山区暴雨泥石流沟简易判别方法[J]. 自然灾害学报, 1994, 3(1): 75-82.
- [11] 李吉均. 西藏冰川[M]. 北京: 科学出版社, 1988: 8-9.