

# 7. 19 云南腾冲滑坡泥石流灾害调查报告

马东涛<sup>1</sup>, 冯自立<sup>1</sup>, 张金山<sup>1</sup>, 杨希云<sup>2</sup>

(1. 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; 2. 云南省腾冲县国土资源局, 云南 腾冲 679100)

**摘要:** 云南省腾冲县位于横断山南段偏西部位。2004 年 7 月 17) 19 日, 该县中北部的猴桥、明光、滇滩、固东、界头、曲石、中和 7 个乡镇遭受特大暴雨袭击, 引起 7. 19 特大滑坡泥石流灾害, 造成 9 人死亡失踪和 1. 36 @10<sup>8</sup> 元财产损失。60 a 一遇, 24 h 降雨 159. 6 mm 的特大暴雨, 是该次灾害形成的根本原因。针对灾害的特征、现状和发展趋势, 提出了目前和今后拟采取的 11 条减灾措施。

**关键词:** 滑坡泥石流灾害; 成因; 特征; 减灾对策

文献标识码: A

文章编号: 1000) 288X(2004)06) 0067) 05

中图分类号: P642. 23

## Investigation on Landslide and Debris Flow Disasters on July 19, 2004 in Tengchong of Yun. nan Province

MA Dongtao<sup>1</sup>, FENG Zili<sup>1</sup>, ZHANG Jinshan<sup>1</sup>, YANG Xi Yun<sup>2</sup>

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resources, Chengdu 610041, Sichuan Province, China;

2. Land and Resource Administration Bureau of Tengchong County, Baoshan 679100, Yun. nan Province, China)

**Abstract:** Tengchong County of Yunnan Province is located in the southern region of Hengduan Mountain. From July 17 to 19, 2004, an extraordinary rainstorm struck suddenly over Houqiao, Mingguang, Diantan, Gudong, Ji2etou, Qushi and Zhonghe villages and towns in the central and northern part of Tengchong County. This event triggered landslide and debris flow disasters over a large area. During the catastrophe, nine local residents were killed or disappeared and nearly 136 million RMB of properties damage occurred. This study shows that the rain2storm, with rainfall of 159. 6 mm within 24 hours and reoccurring frequency of 60 years, was the main cause of the disaster. Based on the characteristics of the area, the current situation and the tendency for geological hazards to develop, eleven mitigation measures currently in place or possible in the future are put forward.

**Keywords:** landslide and debris flow disaster; causes; characteristics; mitigation counter measures

腾冲县位于横断山南段偏西部位, 属印度洋水系伊洛瓦底江上游源头区。2004 年 7 月 17) 19 日, 大盈江支流槟榔江上游腾冲县的猴桥、中和及龙川江上游明光、固东、界头等地遭受特大暴雨袭击, 仅 7 月 17) 18 日就降雨 159. 6 mm, 7 月 19 日前后发生大面积滑坡、泥石流灾害, 造成严重人员伤亡和巨大财产损失, 引起了党中央、国务院和云南党政领导及社会各界高度重视<sup>[1]</sup>。

7. 19 灾害期间, 腾冲县有 21 个乡镇不同程度受灾, 其中中北部的猴桥、明光、滇滩、固东、界头、曲石和中和 7 个乡镇的 42 个村委会、316 个村民小组受灾较为严重(图 1), 共造成直接经济损失 1. 36 @10<sup>8</sup> 元<sup>[1]</sup>。这次灾害中, 全县死亡 7 人, 失踪 2 人, 受伤 4 人, 因灾伤病 420 人, 成灾人口 1. 76 @10<sup>5</sup> 人, 需要紧

急转移安置灾民及危险地区群众 3 426 人; 倒塌损毁房屋 5 138 间, 损失存粮 3. 00 @10<sup>5</sup> kg, 死亡牲畜 2 530 头(只); 农作物受灾 4 373 hm<sup>2</sup>, 成灾 2 755 hm<sup>2</sup>, 绝收 1 232 hm<sup>2</sup>, 冲毁埋没田地 387 hm<sup>2</sup>; 林木、苗木损毁严重, 10 多个林业加工企业受灾停产; 92 条县乡、乡村公路受灾, 毁坏公路 150 km、桥梁涵洞 130 座, 通往中缅猴桥口岸的公路全线中断; 火山、热海、和顺、北海等旅游景区交通中断; 损坏堤防 18 处, 堤防决口 8 处, 损坏护岸 147 处, 毁坏人畜饮水工程 50 处, 损毁大小沟渠 154 条、长 125 km, 损坏小水电站 5 座, 造成龙江 2 级、3 级电站停机; 破坏通讯线路 100 km、输电线路 20 km, 18 所中小学校受灾, 校舍、围墙等垮塌严重, 所幸的是学生们正在暑假之中, 否则后果不堪设想。

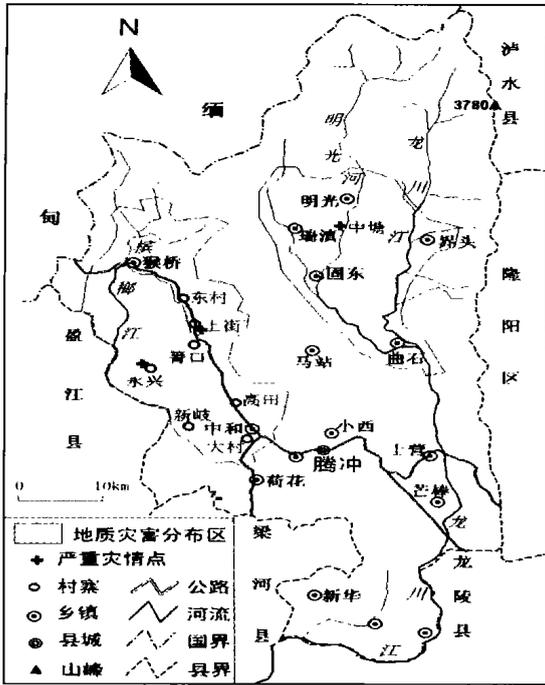


图 1 腾冲县 7.19 滑坡泥石流灾害分布略图

## 1 灾害类型及成因

### 1.1 灾害类型及分布

通过实地调查勘测,认为腾冲 7.19 灾害主要为滑坡和泥石流灾害,在其形成的前期伴有边坡坍塌和崩塌,后期伴有高含砂山洪和洪水灾害。其中滑坡泥石流主要集中分布在腾冲县中北部槟榔江上游猴桥镇的永兴村、箐口村、东村、上街村等 7 村(因灾死亡 5 人)、中和乡新岐、高田、大村(死亡 1 人)和龙川江干流及支流明光河流域的明光乡(死亡 1 人)、滇滩镇(失踪 2 人)和固东镇;零星分布于界头乡和曲石乡等山区,而高含砂山洪及洪水主要分布于槟榔江和明光河沿岸的平坝区(图 1)。

### 1.2 灾害的发育背景

在行政区划上,腾冲县隶属云南省保山市,处于保山市、怒江傈僳族自治州、德宏傣族景颇族自治州的交接部位,西北部与缅甸为邻。全县面积 5 845 km<sup>2</sup>,人口 6.10 × 10<sup>5</sup> 人,有汉、回、傣、佤、景颇、傈僳、德昂、阿昌等民族<sup>[2]</sup>。该县地处高黎贡山西坡,地形呈高山峡谷和山间断陷盆地、高原夷平面相间的态势,地势北高南低;境内最高点为位于东北角的高黎贡山大垭子峰,海拔 3 780.9 m;最低点位于南部腾冲、龙陵和梁河 3 县交界处的速庆江边,海拔 930 m,相对高差 2 850.9 m。腾冲是西南丝绸古道上的最后一站,以火山地热景观闻名于世,地震活动十分活跃;流经县内的主要河流有大盈江及其支流槟榔江、瑞丽

江上游龙川江等 3 条河流,流向大致南北向,均属伊洛瓦底江水系。县内属北亚热带高原季风海洋性气候,具有干湿季分明,气候温和,冬春旱、夏秋涝的特点。县城位于云贵高原夷平面上的腾越镇,海拔 1 600 m,年平均气温 14.9℃,年平均降水量为 1 478.5 mm,雨季降水占年降水量的 85%,降雨的分带性较明显,单点性暴雨多<sup>[3]</sup>。

### 1.3 灾害的主要成因

腾冲 7.19 滑坡泥石流灾害均发生在森林植被覆盖度极高的中北部地区,其中短历时、高雨强的特大暴雨是灾害的主要外部激发因素,强烈的断裂活动、新构造运动和强风化的花岗岩松散层是其形成的内在因素,高山峡谷区内巨大的高差、高陡斜坡和大比降沟谷为其形成提供了优越的势能条件,加之 6) 7 月份较大的前期降雨使岩土体长期浸泡、饱水,最终导致山体成片滑坡、坍塌,形成滑坡泥石流灾害,而人类某些不合理的开发及建设活动,如开采矿石、兴修水电、乱采乱伐、毁林种田等则加剧了灾害的危害程度和损失。

1.3.1 暴雨因素 受西伸的太平洋副热带高压和印度洋季风低压的共同影响,从 7 月 17) 19 日,云南西部的怒江地区、保山市和德宏州的泸水、福贡、腾冲和盈江等地出现较大范围的强降雨过程,其中腾冲和盈江地区降雨强度最大。

据腾冲县气象局的降雨观测资料<sup>[1]</sup>,2004 年 1) 7 月降水量较历年同期偏多 126.1 mm,至 7 月 19 日全县出现中到大雨以上的天气过程达 11 次,7 月 7 日以来全县范围出现连续的阴雨天气,期间总降水量 195.1 mm,有 5 d 的日降雨量达到 20 mm 以上,其中 11 日、19 日的降水分别为 28.0 mm 和 39.5 mm;而从 17 日 20 时) 20 日 08 时县城降雨达 81 mm。县城北部的降水中心 7 月 17) 18 日共降雨 159.6 mm。据当地 70~ 80 岁的老人回忆,1903 年发生 100 a 一遇的暴雨,但自 1946 年以后从未发生过这样大的暴雨,故在降雨频率上可将 7 月 17) 18 日的暴雨视为 60 a 一遇。

据腾冲县腾龙桥水文站观测资料,该次暴雨形成的龙川江洪水洪峰流量为建站以来最大,达 1 660 m<sup>3</sup>/s,属 50 a 不遇的特大洪水。该次暴雨具明显的垂直分带性,即暴雨主要发生在海拔 2 000 m 以上中高山区,猴桥的年降雨量达 3 000 mm 以上,而滑坡泥石流灾害亦多发生在海拔 2 000 m 以上的中高山区。腾冲县猴桥、滇滩、明光一带与盈江县支那、盏西是该次暴雨的中心,其灾害也最为严重,充分反映了滑坡泥石流与降雨的分布一致性。腾冲县天然植被覆盖

度较高,在 1950 年为 59%,由于大量砍伐天然林,在 1990 年减小到 38%,水土流失较为严重。但在中北部地区,植被覆盖度远高于县境其它地方,植被虽保护较好,仍然形成了严重的滑坡泥石流灾害。因此,特大暴雨是该次灾害形成的根本原因。

据调查,7 月 18 日 9 时 30 分,明光乡中塘村加谷山发生滑坡,死亡 1 人;7 月 19 日 0 时猴桥镇永兴村发生泥石流,死亡 1 人;凌晨 1 时 30 分,槟榔江四级电站的 4 名勘测人员在猴桥镇上街村遭遇泥石流,全部遇难;7 月 19 日下午猴桥镇永兴村芭蕉岭发生滑坡,造成 1 名小学教师死亡。该次暴雨形成的山洪和洪水造成的桥梁倒塌和洪水淹没还造成 3 人死亡。由此可见,灾害集中发生在 7 月 18 日夜) 19 日凌晨,以 19 日为多,故将这次灾害命名为 7.19 腾冲滑坡泥石流灾害。

### 1.3.2 地形因素

(1) 高差。腾冲县多属中山和高山区,以中山为主。本次灾害严重的中北部地区,海拔最高为县境内最高点。位于东北角的高黎贡山海拔 3 780.9 m 的大埡子峰,一般山岭海拔在 2 000~ 3 000 m,河谷和沟谷海拔在 1 000~ 1 500 m,岭谷高差 1 000~ 1 500 m,最大高差达 2 780.9 m,势能条件十分优越。同时,上述地区位于大埡子山西坡和大娘山(3 323.3 m)南坡,受高山的阻挡,南来的暖湿气流沿迎风坡上升,在中高山地带形成主要的降雨集中带,为灾害的发生提供了激发动力<sup>[3]</sup>。

(2) 山坡坡度和沟床比降。研究区属典型的中高山深切峡谷区,但同我国其它典型滑坡泥石流地区相比,区内山坡坡度相对较缓。据初步统计,除个别山岭坡度 > 40°外,绝大多数山坡坡度在 30°~ 35°间,发生滑坡的永兴村和高田山坡坡度在 35°左右。槟榔江上游、明光河上游的河床比降均在 10% 以上,而发生沟谷泥石流的猴桥、明光、固东、高田和热海等地的沟床比降在 20% 以上,坡面泥石流坡度在 30°左右。具备滑坡泥石流发育和运动的基本地形条件。

(3) 水系结构。此次灾害主要发生在腾冲县大盈江支流槟榔江上游流域和龙川江干支流。2 条河水系发达,支沟众多,呈叶脉状分布于河流两岸,沟谷和河谷均呈典型的 V 字型,受两岸泥石流扇形地堆积物及部分峡口堵塞,部分河段形成山间盆地和 U 型谷地。由于崩塌、滑坡和泥石流发育,河床上漂砾、巨石鳞次栉比,跌宕起伏,淤积十分严重<sup>[4]</sup>。

1.3.3 地质及构造 腾冲地区位于泸水)瑞丽断裂以西,邻近印度和欧亚板块接合部位,属冈底斯)念青唐古拉褶皱系的伯舒拉岭)高黎贡山褶皱带南部。

以发育的断裂构造、年青的活动火山、强烈的地热显著和地震活动而闻名<sup>[3]</sup>。区内大部为混合岩化的岩石和花岗岩所占据,残留的上古界浅变质岩零星分布于酸性侵入体之间,新生界上第三系、第四系沿龙川江、大盈江和槟榔江沿岸分布,中)基性火山岩覆盖大部分地区。受断裂活动、地震活动、地热活动影响,区内地层十分破碎松散,极易遭受风化,为滑坡泥石流的发育提供了充分的物质基础。调查结果表明,最薄风化层为 10 m,最厚超过 100 m,7.19 灾害的绝大多数滑坡泥石流,如猴桥镇永兴村泥石流、上街村泥石流、芭蕉岭滑坡和中和乡高田村滑坡等均沿风化层发育。研究区新构造运动十分强烈,具体表现为地震活动强烈频繁,温泉广泛出露,山地隆升,盆地下陷,为滑坡泥石流的发育提供了充分的物质基础和能量条件<sup>[4]</sup>。

## 2 滑坡泥石流灾害特征

### 2.1 暴发突然,成灾迅速

引起腾冲 7.19 滑坡泥石流山洪灾害的 7 月 17) 19 日暴雨发生突然,暴雨强度大、持续时间长,降雨集中于北部山区一线,加之暴雨发生于深夜,又有较大先期降雨,山高坡陡,坡长和沟道较短,故成灾迅速,难以防范和躲避。

### 2.2 形成灾害链,灾害由山区向山间平原延伸

此次灾害由特大暴雨激发,其成灾过程是:首先在沟谷上游和山坡上形成崩塌、滑坡和坡面泥石流;滑坡、崩塌在坡面径流冲刷下,部分直接转化为坡面泥石流,部分和坡面泥石流一起堆积在坡脚和沟道中,为山洪冲刷形成沟谷泥石流;泥石流出沟后与主流洪水形成高含砂洪水,并挟带大量漂木和石块向河流下游运动。因此,该次灾害从暴雨)滑坡)泥石流)山洪)漂木流)高含砂洪水,构成了一个灾害链,灾害由山岭扩展到坡脚,由山区逐渐延伸扩展到平坝区,亦由山村扩大到乡镇。

### 2.3 危害范围集中,区域性明显

由于此次暴雨范围较为集中,局地性强,故灾害和危害仅发生在腾冲县城西北 7 个乡镇和毗邻的盈江的 3 个乡镇,其中以猴桥镇永兴村、箐口村、东村、上街村等 7 村,中和乡高田、大村和明光乡、滇滩镇和固东镇受灾最重,而对东部和南部的其它乡镇造成的损失相对较轻。

### 2.4 灾害数量大、规模小,个别破坏力强,伤亡及财产损失惨重

野外调查发现,暴雨在腾冲北部地区造成滑坡泥石流达数千余处,构成威胁、造成危害的有 100 余处,

多数规模较小, 滑坡体积和泥石流堆积物大都在数十至数百立方米, 且绝大多数位于居民点和农田以外, 故未造成严重灾害。但成灾的几处滑坡泥石流规模较大, 大都在数  $1\ 000\ \text{m}^3$ , 而高田滑坡体积达  $2.00 \times 10^5\ \text{m}^3$ , 由于规模大, 滑动后破坏力极强, 对公路、村庄造成严重威胁。

### 2.5 暴发频率低

据当地老人讲, 在 1946 年的 7) 8 月间, 猴桥和毗邻的支那一带也曾发生严重的暴雨滑坡泥石流灾害, 许多村庄都是那次灾害后从山上搬迁下来的; 1952 年猴桥乡小水井附近曾发生大规模滑坡, 造成 7 人死亡; 1975 年前后及此后的 1984 年灾害较为严重, 但规模和灾害损失远不及 2004 年的 7.19 灾害; 从 1946 年至今的 58 a 间从未见过这么大的暴雨。由此可见, 7.19 泥石流灾害的暴发频率可视为 60 a 一遇, 暴发频率极低, 为历史罕见。

## 3 滑坡泥石流灾害发展趋势预测

2001 年前全县共发现滑坡、泥石流、不稳定边坡、崩塌和矿山采空区地质灾害点 302 个<sup>[3]</sup>。1999 年后降水明显偏多, 其后热海等地滑坡泥石流活动强烈, 地质灾害趋于活跃, 给当地村镇、旅游设施和乡城带来严重威胁。自 2004 年 7 月以来的连续暴雨在腾冲又引发了滑坡、泥石流数千处, 造成灾害和形成危害的灾害点达 100 余处, 有 25 处严重威胁 1 000 余户、5 000 余人生命和财产的安全, 对乡镇、县城、农田、灌渠、公路等造成了严重危害。这次灾害受暴雨中心的控制, 均发生在以前灾害较为轻微的中北部地区, 而原来地质灾害较为严重的南部龙川江中下游地区在此次并未发生严重灾害。这说明在地质条件、地形条件、固体物质条件等都具备的情况下暴雨成为滑坡泥石流灾害最主要的激发因素。

7.19 灾害发生后, 除了上述 7 个乡镇直接引发了地质灾害造成严重损失外, 同时也造成大量潜在的滑坡、崩塌, 破坏了森林植被, 使坡面支离破碎, 斜坡大量失稳, 形成许多临空面和拉张裂缝, 许多规模巨大的老滑坡相继复活。该次发生灾害的地区又是当地的一个暴雨中心, 暴雨十分频繁, 一旦发生特大暴雨, 将诱发一系列地质灾害, 并形成灾害链。调查表明, 7.19 灾害的发生, 拉开了腾冲县区新一轮地质灾害活动的帷幕。除了这一次灾害的发生区以外, 在其余地区也诱发了新的灾害险情。例如大量滑坡处于蠕滑阶段, 个别已处于滑动前的临界状态, 泥石流松散固体物质储量丰富。因此, 未来在灾害性暴雨或地震等外部因素激发下, 滑坡泥石流灾害将逐步趋于活

跃, 它对人类生命财产和山地环境的危害亦将进一步加剧, 灾害造成的损失亦将进一步扩大, 防灾和减灾形势十分严峻。

## 4 目前的应急减灾措施

### 4.1 严密排查灾害隐患, 及时转移严重隐患区人员和财产

目前, 除了加强对已发灾害和已有灾害隐患点的救灾、安置和动态监测外, 应广泛发动群众和广大地质灾害监测报警人员、专业人员对各乡、村等地质灾害隐患点进行排查, 查明灾害的分布现状、危害范围和程度、发展趋势, 掌握灾害的整体情况。对暂时无法实施防治工程的严重隐患点, 及时转移群众和财产, 减少灾害造成的损失<sup>[5]</sup>。

### 4.2 制定突发灾害的应急预案

7.19 灾害的发生, 为政府和各级主管部门敲响了警钟。针对严峻的地质灾害情势, 应成立灾害应急领导小组, 制定突发地质灾害的应急预案, 对灾害发生前人员的逃逸路线, 安置场所和灾害发生后救灾抢险、经费筹集、人员疏散、交通保障、物资运输、灾民安置、卫生防疫、通讯传输等制定周密稳妥的计划。一旦发生灾害, 应按照制定的应急方案执行, 确保万无一失, 井井有条。

### 4.3 及时向群众宣传普及地质灾害基本知识

目前必须将地质灾害基本知识, 特别是如何判别地质灾害发生的征兆及发生灾害后逃逸、避灾、救护和选择暂居地、安居地等知识宣传普及给广大的群众。群策群力, 集思广益, 充分发挥和调动群众防灾救灾的能动性, 最大程度的减少人员伤亡和财产损失, 充分贯彻以人为本的减灾宗旨。

### 4.4 加强灾害点的监测、预警和预报

7.19 灾害发生前, 腾冲县国土部门和气象部门合作做出了灾情预报, 根据监测预报, 及时撤离了许多灾害危险区内的群众, 避免了更大的灾害损失, 监测预报、报警工作在减灾防灾中发挥了十分重要的作用。因此, 应该在汛期继续加强对潜在威胁大、危及群众生命财产的滑坡泥石流灾害点的监测, 结合气象预报和灾害活动的各种迹象进行预测和预报。

### 4.5 做好灾民安置区的紧急灾害评估

7.19 灾害后, 灾区重建和移民安置是摆在灾区干部群众面前最紧迫的问题。对拟将安置灾民的地点, 应做好地质灾害调查和危险度的紧急评价工作, 尽量避免在灾害隐患区建设。在调查中发现, 有个别村民已在不安全的高陡边坡上兴建新居。因此, 国土和乡村干部应加强灾民新建住房的监督工作, 在修建

施工边道、恢复被毁公路、水渠、开垦农田等时, 严禁乱挖乱填。

#### 4.6 修建应急减灾工程, 提高防灾和抗灾能力

对目前已处于蠕滑期和临界状态的滑坡, 应及时堵填裂缝, 同时将周边和坡面汇水引出滑坡体以外, 防止水体渗入坡体; 对滑坡体上的水田, 应减少灌水量, 防止水体下渗; 对过陡的边坡和危岩、危树适当削坡和清除<sup>[4]</sup>。对危及村镇的泥石流和山洪, 应修建铅丝石笼导流堤和干砌挡墙等临时性拦排工程, 防止泥石流洪水外溢泛滥。同时, 清除河道和沟道狭谷段、涵洞、桥梁淤积物和阻碍行洪的建筑物, 疏浚河道、沟道。

### 5 防灾减灾措施

#### 5.1 开展山地灾害详查和活动性评估

7.19 灾害发生后, 腾冲县又新增了数以千计的灾害点, 灾害的数量、分布区域和活动状况发生了变化。因此, 应尽快开展新一轮的地质灾害详查工作, 查清灾害的活动规律、危害程度及未来发展趋势, 为今后灾害区划、危险度评价、监测和防治提供依据。

#### 5.2 山地灾害的危险性分析和分区

危险性分区是对灾害的区域性预测, 可为地方城乡建设、公路、水利、农田规划和灾害防治提供指导性意见<sup>[6]</sup>。在区域地质灾害详查的基础上, 根据灾害的影响因素(分布密度、高差、坡度、岩性、构造、地震、暴雨、森林植被等)和危险区的严重程度进行分级、分区对未来开展灾民安置、危险区居民搬迁和防灾减灾极为重要。

#### 5.3 系统开展山地灾害治理工作

对于严重威胁到城镇、厂矿、重要水利电力设施和较大的居民点的灾害点, 应尽快开展灾害防治项目

的规划建设、可行性研究和立项工作, 分期分批按照轻重缓急, 实施工程治理。此外, 加强灾害区森林植被的恢复和保护, 搞好水土保持, 对减少滑坡泥石流山洪灾害的发生、减轻灾害程度, 也具有十分重要的作用<sup>[6]</sup>。

#### 5.4 建立山地灾害预测预报和预警系统

由于地质灾害点多面广, 且多处于偏远的山区, 目前的气象、水文站点和灾害监测站点无法满足测报的需求。因此, 应尽快建立地质灾害监测和预报系统, 如利用遥测雨量计和气象雷达, 对雨量进行实时监测, 利用 GPS 监测滑坡位移变形等。

#### 5.5 加强部门协作, 搭建灾害防御平台

滑坡泥石流山洪灾害的监测、预报和防治是一个复杂的系统工程, 既涉及到国土资源部门, 亦涉及到行政管理、水保、水利、水文、气象、地震和救灾等多个部门。因此, 应由主管领导协调各个部门, 共同搭建山地灾害防御平台, 达到资源共享, 信息互通, 提高山地灾害的整体防御能力。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 伍皓, 曾庆红, 回良玉. 在云南灾区勉励干部群众战胜灾害[N]. 人民日报. 20040720, 第 1 版.
  - [ 2 ] 赵鼎汉, 等主编. 云南地图册[M]. 北京: 中国地图出版社, 2004. 129) 136.
  - [ 3 ] 云南省地质工程第二勘察院. 腾冲县地质灾害防治规划(2001) 2010[R]. 2001. 1) 22.
  - [ 4 ] 张信宝, 刘江. 云南大盈江流域泥石流[M]. 成都: 成都地图出版社, 1989. 1) 13, 110) 118.
  - [ 5 ] 谢洪、陈杰, 马东涛. 2002 年 6 月陕西佛坪山洪灾害成因及特征[J]. 灾害学, 2002, 17(4): 42) 47.
  - [ 6 ] 云南省计委国土整治农业区划办公室, 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所. 云南滑坡泥石流灾害防治[M]. 昆明: 云南大学出版社, 2002. 1) 16, 113) 117.
- (上接第 9 页)
- (2) 三向渗流有限元分析是分析立体排水系统降水作用的有效手段。渗流计算得到的地下水位分布以及滑坡体内部的渗流场分布是进行滑坡体稳定计算的主要依据。
- [ 参 考 文 献 ]
- [ 1 ] 崔政权, 李宁. 边坡工程))) 理论与实践最新发展[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999. 12.
  - [ 2 ] 毛昶熙, 段详宝, 李祖贻. 渗流数值计算与程序应用[M]. 南京: 河海大学出版社, 1999.
  - [ 3 ] 张爱军, 邢义川, 骆亚生, 等. 韩城发电厂三向渗流分析[J]. 西北水资源与水工程, 1995, 6(3): 58) 62.
  - [ 4 ] 张爱军, 骆亚生. 高心墙土石坝三向渗流问题研究[J]. 人民长江, 2004, 35(5): 13) 15.
  - [ 5 ] 刘祖典. 黄土力学与工程[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1997.