

# 滇西南大通道主要地质灾害类型及发育规律研究

郭长宝<sup>1,2</sup> 张永双<sup>1</sup> 杜宇本<sup>3</sup> 熊探宇<sup>1</sup> 赵红娟<sup>4</sup>

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2. 建设综合勘察研究设计院有限公司, 北京 100007;  
3. 中铁二院工程集团有限责任公司, 四川 成都 610500; 4. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083)

**摘要:**滇西南大通道位于青藏高原东南缘横断山区南段, 地形地貌复杂、峡谷深切、新构造运动强烈。该区的降雨主要集中在6~9月份, 降雨强度大且集中, 复杂的地质环境加之降雨、人类工程活动等外部因素使该区成为崩塌、滑坡和泥石流等地质灾害多发区, 常引起交通中断、毁坏房屋和人员伤亡事故, 对该区规划建设的大瑞铁路、中缅油气管道、保瑞高速、中印公路等大型生命线工程产生重大影响。在野外地质调查的基础上, 着重阐述了研究区主要地质灾害类型和发育分布规律, 对于减少和预防重大工程规划建设遭受崩塌、滑坡和泥石流等地质灾害的危害具有重要的理论和实际意义。

**关键词:**地质灾害; 发育规律; 影响因素; 滇西南大通道

中图分类号: P642 文献标志码: A

## 1 概述

滇西南大通道是中国西南泛亚大通道的一部分, 是指通过滇西南地区与东南亚各国联系的集交通、能源、水力开发等于一体的重要经济廊带。近年来, 随着我国经济建设的快速发展和西部开发战略的不断深入, 滇西南大通道的战略地位越来越突出, 成为当前重大工程建设的重要区域<sup>[1]</sup>。目前, 一系列大型-超大型生命线工程正在该区规划和建设(图1), 以大理-瑞丽铁路为代表的西南泛亚铁路网正在规划建设<sup>[2-3]</sup>, 为向西南入缅甸、向西经密支那入印度奠定了基础; 中印公路(原史迪威公路)腾冲至缅甸密支那段已进行全面改造, 腾冲至保山高速公路段已开工建设; 保山至瑞丽高速公路工程建设也正在加紧实施, 目前保山至龙陵镇安段已建成通车, 镇安至龙陵段隧道正在施工; 中缅油气管道也在这个地区规划<sup>[4]</sup>; 以澜沧江小湾电站为代表的水电工程逐步进入实施阶段<sup>[5]</sup>。诸此种种, 标志着滇西南大通道对我国西南地区今后的发展具有重要的战略和经济地位。

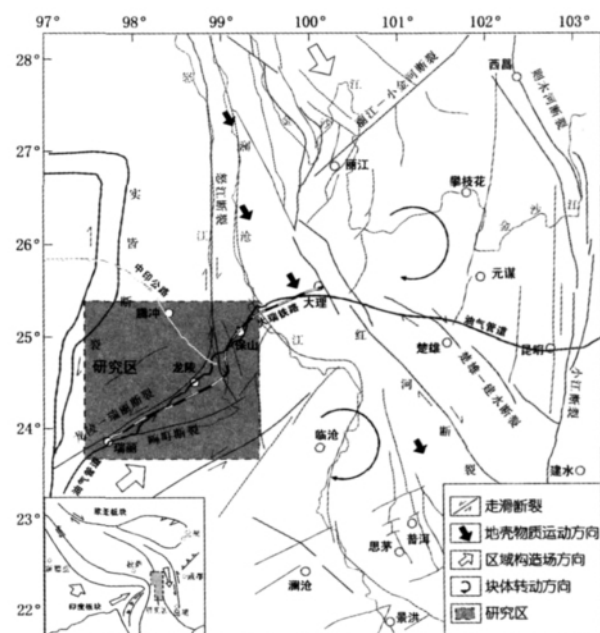


图1 滇西南大通道区域构造

滇西南大通道地处我国西南地质环境条件极其复杂的横断山区南段, 是现今地壳强烈活动区和中强地震多发区。特殊的地质环境孕育了多种地质灾害, 并

收稿日期: 2010-10-14

基金项目: 铁道部科技研究开发计划项目(2008G027-D)资助

作者简介: 郭长宝, 男, 工程师, 博士研究生, 主要从事工程地质与地质灾害方面的研究。E-mail: guochangbao@163.com

以类型全、数量多、规模大为特点<sup>[1-7]</sup>。在众多的地质灾害或不良地质现象中,除了活动断裂和地震外,以崩塌、滑坡和泥石流最为普遍(张永双,2008)。近年来该地区地质灾害发育强烈,单体规模大,引起了大量的人员伤亡和财产损失,如2004年7.19腾冲滑坡泥石流<sup>[8]</sup>、2004年云南盈江7.5、7.20特大泥石流<sup>[9]</sup>、2007年腾冲7.19苏家河口水电站滑坡<sup>[10-11]</sup>等致灾严重的地质灾害事件,表明地质灾害已成为影响该区工程规划建设和社会经济发展的重要因素。本文在野外地质调查的基础上,着重阐述了滇西南大通道地区主要地质灾害的分布、形成条件及发育规律,对于减少和预防工程遭受崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害的危害具有重要的现实意义。

## 2 地质背景

滇西南大通道地处东亚、南亚和青藏高原三大地理区域的交汇处,位于我国西南地质环境条件极其复杂的横断山区南段,区域性大断裂发育(图1),是世界上罕见的高山地貌及其演化的代表地区,也是现今地壳强烈活动区和中强地震多发区<sup>[1-4,6-7]</sup>。新生代以来青藏高原地壳物质的“向东挤出”和绕东喜马拉雅构造结的顺时针旋转,致使该区内动力作用都十分活跃,导致该区成为环境工程地质条件极其复杂的地区,具有显著的“三高、四活跃”的地质特征<sup>[1]</sup>,即:高地热、高地应力、高地震烈度;活跃的新构造运动、活跃的地热水环境、活跃的外动力地质条件和活跃的岸坡浅表改造过程。

## 3 主要地质灾害类型及发育特征

野外地质调查表明,研究区内主要地质灾害类型为崩塌、滑坡和泥石流。根据野外调查和前人研究成果统计,研究区内20世纪50年代以来发生的地质灾害中,有88%的崩塌、滑坡和93%的泥石流发生在6~9月份,基本与云南省的雨季相吻合,为影响公路交通安全和人类生存环境的重要控制因素。地质灾害分布在区域上明显的表现为高黎贡山以西的腾冲地区地质灾害发育密度大,这与高黎贡山以西地区的降雨量大有较强的关系。研究区地质灾害链比较明显,主要表现为滑坡多以群状分布,且崩塌、滑坡体多成为泥石流的物质来源。

### 3.1 崩塌

崩塌灾害主要位于深切河谷、冲沟两岸的陡坡地带及人工开挖陡峻斜坡地带,受结构面密度、地层岩性及地貌形态控制,且多发育在石灰岩、砂岩、砂质页岩、白云岩、板岩等坚硬岩石地层中。在地质构造发育的

深切河谷区,崩塌灾害呈现出多样性特点,尤其是风化卸荷带的深度成为控制崩塌规模和失稳的重要因素。研究区内典型的崩塌有白石岩崩塌、热水塘崩塌等。热水塘崩塌体位于龙陵县滥枣河南岸热水塘村附近,杭瑞高速从该崩塌体中部以隧道形式通过,地形坡度约35°,崩塌体呈舌形,长1.5~1.8 km,宽100~300 m,平均约200 m,为大型崩塌。该崩塌体发育于侏罗系中统柳湾组灰岩、鲕状灰岩夹页岩地层中,岩体主要发育有三组节理裂隙,在节理裂隙的切割下,岩体破碎,风化强烈。崩塌体主要成份为灰岩碎块石夹粉质黏土,且大部分被雨水冲刷及清除,壁坡基岩裸露,植被稀少,零星分布有灌木,目前后缘壁坡无地裂缝发育。该堆积体于2007年在进行杭瑞高速施工时进行了治理,目前处于稳定状态。

### 3.2 滑坡

研究区内部分滑坡的发生与断裂破碎带、边坡风化卸荷带有密切的关系。根据滑坡体的物质组成和发育位置,将研究区内的滑坡划分为残坡积物滑坡、岩质滑坡、阶地滑坡、断裂构造控制作用下的滑坡等类型,分述如下。

#### 3.2.1 残坡积物滑坡

此类滑坡在研究区广泛分布,通常表现为浅表层的土体滑动,即以浅层滑坡和中层滑坡为主,常分布在公路边坡、河流沟谷等斜坡体处,以突发性为主,且发生频繁,在人类工程活动或降雨等因素影响作用下发生滑动,经常堵塞公路、毁坏房屋等。如龙陵平坡至碧寨公路在2009年雨季多处发生滑坡,对公路交通造成重大影响。残坡积物滑坡在研究区内另外一种表现形式是深层滑坡或超深层滑坡,即滑体厚度大。该类滑坡主要分布在大型区域性河流两侧,在研究区内怒江两岸和龙川江两岸就分布着大量深层滑坡和超深层滑坡,滑体厚度一般超过20 m,有的滑坡滑动面深度甚至超过100 m,如拟建大瑞铁路C12K线怒江车站等子滑坡等,该类大型滑坡体滑坡前缘临空,坡舌进入江中或河谷支流中,在河水等对坡脚的侵蚀作用下,滑坡发生慢慢蠕动,当变形加大或在地震等外力作用下,该类滑坡即将发生大规模滑动,危害性大。

#### 3.2.2 岩质滑坡

岩质滑坡在本区内主要表现为3种类型:第一种为发生在中等-强风化岩体中的滑坡,研究区内主要发生在花岗岩强风化边坡中,其中以腾冲槟榔江流域喜山期花岗岩、龙陵天宁一带的加里东晚期花岗岩等地区发育分布较多,如苏家河口电站小江平坝滑坡、槟榔江某处花岗岩风化边坡、龙陵天宁坡头村小学滑坡

等;第二种为发生在半成岩体中的岩质滑坡,该类滑坡主要发育在龙川江流域腾冲芒棒组第三系软弱泥岩、砂岩中,如龙川江右岸芒棒乡赵营村滑坡;第三种为主要发育在结构面强烈发育的坚硬岩体中的岩质滑坡,以顺向滑坡和楔形体滑坡为主,该类滑坡主要分布在灰岩、板岩等结构面发育,岩石坚硬的岩体中。

2007年7月19日,腾冲槟榔江流域苏家河口电站小江平坝石料场运渣便道边坡发生滑坡<sup>[10-11]</sup>。滑坡体主要由喜山期花岗岩组成,球状风化发育,全风化层呈砂状,结构松散,透水性强,滑坡区平面形态近似圈椅状,平均长约100 m,宽约60 m,滑体体积约3万 m<sup>3</sup>,属浅层土体小型滑坡,滑体最大滑移距离约200 m。降雨是激发此次滑坡的直接因素,滑坡启动后快速滑至坡脚,由于坡度骤然变缓,大部分滑坡物质在坡脚呈台状堆积下来。

### 3.2.3 阶地滑坡

阶地滑坡是指发生在河流阶地组成的斜坡体中的滑坡,组成滑坡体的物质均为阶地堆积物。野外地质调查表明该类滑坡主要分布在大盈江流域河流高阶地上,其中以梁河地区发育较多,如梁河县丝瓜坪河流阶地发育多处滑坡,典型滑坡如图2所示。该滑坡发育在大盈江河流阶地之上,阶地高于现今大盈江近百米,滑坡体高约15 m,宽20 m,后壁较陡峭,下部滑体厚度约20 m,为中型滑坡。滑动剖面显示,在该处曾发生过多次滑动,目前该滑坡仍处于潜在不稳定状态,在降雨和人为因素等影响作用下会发生再次滑动。



图2 梁河县丝瓜坪河流阶地滑坡(镜向W)

### 3.2.4 断裂构造控制作用下的滑坡

研究区内地质构造发育,活动断裂分布广泛,在断裂构造控制作用下形成的滑坡在本区分布较多,同时也是该区地质灾害发育分布的一个主要特点,如腾冲龙洞山古滑坡(图3)。该滑坡位于腾冲县龙川江左岸金塘寨村北,为一典型的在SN向龙川江断裂及其NE向分支断裂控制作用下形成的滑坡。从图3中可见,

滑坡体北侧边界为一断面清晰的断层,显示正断性质,在滑坡发生时滑坡体物质发生高速滑动,滑体前缘冲入龙川江支流(该支流为龙川江断裂经过处),滑床较平整,未保留滑坡体,滑坡周壁清晰可见。在断层发生蠕动等作用下,斜坡体平衡状态发生变化,进而发生斜坡体平衡状态被破坏,目前,该滑体前缘仍处于蠕滑状态。



图3 腾冲县芒棒乡龙洞山古滑坡(镜向E)

### 3.3 泥石流

本区泥石流以沟谷型为主,仅有少量为坡面侵蚀型。沟谷型泥石流的松散物质主要来自沟岸崩塌和沟底松散物质的再次搬运,所携带的松散砂、砾石、黏土等大多在沟口堆积,形成沟口扇。泥石流的发生除了降雨因素外,丰富的松散堆积物来源也是重要因素之一。由于沟谷中物质多为泥岩、页岩、各类砂岩、混合花岗岩的风化岩土和水的混合体,黏粒含量相对较高,因而大部分形成黏性泥石流,仅有少部分为稀性泥石流。研究区内泥石流主要分布在怒江两岸各主要支流、大盈江河流各主要支流等切割较严重地区,以怒江两岸发育泥石流最多,且以大型泥石流为主,引起的灾害较严重,典型泥石流有怒江老白河泥石流、澡堂河泥石流、绿根河泥石流、张田河泥石流和大盈江浑水沟泥石流等。其中老白河泥石流发育于怒江左岸一级支流中,该泥石流沟流域面积约18.60 km<sup>2</sup>,主沟长9.5 km,纵坡为148‰,沟谷形态呈“V”字形,两岸谷坡坡度35°~45°,局部达50°,零星分布有灌木,中上游部位沟床中有大量卵砾石、泥沙堆积,一般砾径为20~30 cm,最大可达60 cm,沟床堆积宽5~15 m,最宽达20 m,厚1~3 m,下游堆积物长462 m,宽7.5 m,厚3.5 m,体积约1.2万 m<sup>3</sup>,主要由碎块石组成,最大块石直径约1.0 m,该泥石流单次冲出方量小于5.0万 m<sup>3</sup>,为中型泥石流沟。走访当地居民得知,该泥石流沟近年来多次爆发、多年淤积,处于旺盛期,易发程度

为中等,目前主要对下游怒江河床农田及村寨构成威胁和危害。浑水沟泥石流是大盈江一级支流南底河葫芦口峡谷段左岸的一条泥石流支沟<sup>[13]</sup>,主沟长 3.75 km,流域面积 4.5 km<sup>2</sup>,已有 100 余年的活动历史,治理前,每年爆发黏性泥石流 50 次以上,从 1966 年到 2004 年对浑水沟泥石流进行长达 38 a 的治理,主要完成了在主沟下游猴子岩峡谷段建 0~6 号共 7 座拦沙坝等工程,到 2000 年 6 号坝兴建以后,泥石流完全被拦截在沟内<sup>[14]</sup>。目前,浑水沟泥石流 6 号坝处于基本填满状态,每年只有清水流入主河,浑水沟的输沙量对主河的影响可以忽略不计。

## 4 地质灾害发育规律及影响因素分析

### 4.1 地质灾害发育规律

(1) 以突发性地质灾害为主,类型包括崩塌、滑坡和泥石流。根据滑坡体的物质组成,滑坡又分为残坡积物滑坡、岩质滑坡、阶地滑坡、断裂构造控制作用下的滑坡等类型,研究区内大型滑坡发育,危害严重。泥石流以暴雨型最为突出,在流域形态上主要表现为沟谷型泥石流,坡面型泥石流在研究区内较少见。

(2) 地质灾害在时间和空间的分布上有明显的规律,在时间分布上地质灾害主要集中分布在 6~9 月,基本与研究区的雨季相吻合;在空间上以高黎贡山为界,具体表现为高黎贡山以西的腾冲地区地质灾害发育密度比高黎贡山以东保山地区的地质灾害发育密度大,且研究区东南部地质灾害发育密度低,与年降雨量在空间上的分布具有一定相关性。

(3) 崩塌、滑坡和泥石流沿怒江、大盈江、龙川江等区域性河流及其支流广泛分布,呈带状密集分布。这些地区主要受构造影响,岩土体风化强烈,地貌形态表现为深切割、山体陡峻,并且滑坡往往同崩塌、泥石流同时发生,并具有群发性特征,灾害链现象显著,在部分地区发育滑坡群,对公路和居民设施有较大威胁。

(4) 研究区地质灾害发育分布与地质构造分布具有较强的关联性,并且内外动力耦合作用形成的地质灾害规模大、灾害严重、治理难度大;该区中强地震多发,地震诱发和触发的地质灾害在研究区内分布较多。

(5) 该区地质灾害发育受多种因素影响,具有危害性大、发生频率高的特点。

### 4.2 主要影响因素分析

从以上分析可知,导致滇西南大通道地区崩塌、滑坡和泥石流频繁发生的原因是多方面的,其中地质构造、地形地貌、新构造运动、地层岩性是内在影响因素,降雨、地震及人类工程活动是最为重要的诱发因素

(表 1)。

表 1 滇西南大通道地区滑坡泥石流灾害点分布与诱发因素统计

地质 灾害类型	总数	诱发因素			
		降雨	地震	人类工程活动	其他
崩塌	42	29	4	8	1
滑坡	533	468	24	32	9
泥石流	156	153	—	—	3

### 4.2.1 地质构造、新构造运动、地形地貌

滇西南地区地质构造运动表现强烈,断裂十分发育,这些断裂规模大,活动性强,对地形的影响和对斜坡岩体的破坏作用很明显,它们不仅控制着研究区现代地貌的发育,而且也基本控制了研究区崩塌、滑坡和泥石流的发育及区域分布。滑坡和崩塌等地质灾害与构造发育具有较强的一致性,断裂带内及两侧岩石的破碎,削弱了岩体的强度,并且在断裂的活动下,斜坡体稳定性受到较大影响,并产生较大位移,从而引发崩塌、滑坡等地质灾害。地貌特征上,研究区位于横断山脉的南段,既是东西地理分界的过渡区,也是地貌梯度带,地形地貌复杂;地形相对高差大,河流切割深,高黎贡山、怒江、龙川江及其支流等地区多为陡峻的“V”形谷,近直立的岸坡或陡崖常见,因而自然地理条件较差,生态地质环境脆弱,成为外动力地质灾害的易发地区。

### 4.2.2 气象因素

研究区地势总体上北高南低、西高东低,主要山脉和河流的走向为 SN 向、SW 向,有利于西南印度洋和东南太平洋暖湿气流的输入和深入,降水季节性变化显著,雨季的降水量可占全年降水量的 80%,并主要集中在 7~9 月份 3 个月,降雨量丰沛且多暴雨,因此经常诱发暴雨型泥石流,7~9 月是滑坡、泥石流等地质灾害活动的高峰期,7、8 月份滑坡泥石流活动最频繁,9 月份逐渐减少<sup>[15]</sup>。降水还能够降低岩土体强度和促进松散碎屑物质的聚集,为崩塌、滑坡和泥石流形成提供条件。此外,研究区内由于受高黎贡山的阻挡作用,高黎贡山以东降雨量较少,高黎贡山以西降雨量较多,年降水量多达 1 300~1 800 mm/a,多暴雨和持续降雨过程,高黎贡山以东地区降雨量多为 600~1 200 mm/a,受降雨量的影响,地质灾害分布上在高黎贡山东西两侧表现出了明显的差异。

### 4.2.3 地层岩性

岩土类型和性质是影响斜坡稳定性的根本因素,也是泥石流物质组成和发生的重要因素。研究区内碎屑岩类及岩浆岩分布范围较广,岩体破碎,表层风化带较厚,加之坡面植被较差,斜坡表层受雨水冲刷及外营

力作用强烈,易形成滑坡和泥石流。另外黏土岩类、含软弱夹层的坚硬岩层、第三系芒棒组半成岩类、第四纪松散堆积体等在内外动力联合作用下亦常发生地质灾害。

#### 4.2.4 地震

强地震可显著降低岩土体的强度,破坏自然斜坡的稳定性。由地震引起的崩塌、滑坡和泥石流灾害在某些地区远远超过地震本身直接造成的灾害,并易形成灾害链,1997年龙陵7.4级地震就曾诱发了大量崩塌、滑坡、泥石流和地裂缝等地质灾害<sup>[16]</sup>;2008年盈江5.9级地震诱发了大量崩塌、滑坡和泥石流等地质灾害<sup>[17]</sup>。地震还可使老滑坡复活,使衰退的泥石流转而旺盛发育,经常诱发大型滑坡,1976年龙陵地震诱发的龙川江右岸芒棒乡香菜塘村滑坡对村民房屋和公路造成了巨大破坏,大盈江流域的浑水沟泥石流也为在地震作用下由于古滑坡复活引起的<sup>[13]</sup>。

#### 4.2.5 人类工程活动因素

人类工程活动强烈、生态环境集中破坏地区,崩塌、滑坡和泥石流等地质灾害暴发也相应频繁。研究区内由于近年来人类对地表植被的破坏和部分工程施工,破坏了斜坡的自然稳定状态,加剧了山体的不稳定性。修筑公路和铁路,大量切坡剥离废弃的土石弃入沟道中,为泥石流的形成创造了丰富的固体物质条件。20世纪晚期以来,梁河等地区森林破坏严重,成片林区被砍伐,且引水上山,激发了浅表层地质灾害的发生<sup>[18]</sup>。2007年7月19日腾冲苏家河口电站小江坡采石场滑坡亦是在人类工程活动影响下发生的地质灾害。此外,研究区内是云南省重要的矿业开采区,大规模的采矿活动,尤其是露天采矿,如龙陵八〇八铁矿、大坝煤矿等矿业活动对研究区的地质环境条件产生了重大影响,易产生崩塌和滑坡等地质灾害。

### 5 结论和建议

野外地质调查表明,滇西南大通道地区的地质灾害类型以崩塌、滑坡和泥石流不稳定斜坡体为主,复杂的区域地质环境决定了研究区地质灾害具有频率高、数量多、危害大等特点,它们在空间和时间上具有群发性和集中诱发的特征。许多大型滑坡制约着工程规划建设,如目前正在规划建设的大瑞铁路就受到地质灾害的威胁和影响,崩塌、滑坡和泥石流等地质灾害对铁路路基、车站和隧道进出口等工程设施影响较大。此外,在本区内,由断裂控制的滑坡规模较大,分布较广,此类由断裂控制的滑坡治理难度大,需根据该类滑坡的形成机理和稳定性进行专门的地质灾害防治设

计,从而避免由于设计不当而引起的次生灾害。因此,很有必要在野外调查、监测和室内试验测试、模拟等综合研究的基础上,开展研究区典型重大地质灾害的成灾机理研究,探索地壳运动活跃地区内外动力耦合作用对各类地质灾害的控制作用以及重大突发性地质灾害的预测途径,从而有针对性地指导减灾防灾,促进工程建设区经济和环境的可持续发展。

#### 致谢

中国地质科学院地质力学研究所谭成轩研究员参加了部分野外工作,中国地质环境监测院孟晖研究员、云南地质工程第二勘察院陈溪华高级工程师、和勇高级工程师等为本文提供了部分数据,深表谢意!

#### 参考文献:

- [1] 张永双,张加桂,雷伟志,等.中国西南泛亚大通道环境工程地质问题概论[J].地质前缘,2007,14(6):24-31.
- [2] 葛根荣.大理至瑞丽铁路的防灾减灾选线原则[J].路基工程,2006,128(5):46-48.
- [3] 唐伟华,陈明浩.大瑞铁路澜沧江大桥桥址工程地质比选研究[J].铁道工程学报,2008,4(4):8-11.
- [4] 中国地质科学院地质力学研究所.中缅油气管道云南段建设用地地质灾害危险性评估[R].北京:中国地质科学院地质力学研究所,2007.
- [5] 杨根兰,黄润秋,严明,等.小湾水电站饮水沟大规模倾倒破坏现象的工程地质研究[J].工程地质学报,2006,14(2):165-171.
- [6] 王思敬.地球内外动力耦合作用与重大地质灾害的成因初探[J].工程地质学报,2002,10(2):115-117.
- [7] 伍法权.中国21世纪若干重大工程地质与环境问题[J].工程地质学报,2001,9(2):115-121.
- [8] 马东涛,冯自立,张金山,等.7.19云南腾冲滑坡泥石流灾害调查报告[J].水土保持通报,2004,24(6):67-71.
- [9] 盈江县国土资源局.云南省盈江县地质灾害防治规划报告(2005~2020年)[R].2005.
- [10] 殷跃平.云南省腾冲县苏家河口电站小江平坝滑坡[J].中国地质灾害与防治学报,2008,1(1).
- [11] 国土资源部云南省腾冲县苏家河口电站小江坡采石场滑坡灾害调查组.云南省腾冲县苏家河口电站小江坡采石场滑坡应急调查报告[R].2007.
- [12] 云南省地质环境监测总站.云南省地质灾害易发性分区图[R].2003.
- [13] 张正荣,胡家林.浑水沟流域的泥石流及其治理成效[J].中国水土保持,1992,4(8):23-27.
- [14] 王士革.云南浑水沟泥石流与大盈江河床演变[J].泥沙研究,2005,1(10):28-35.
- [15] 唐川,朱静.云南滑坡泥石流研究[M].北京:商务印书馆,2003.
- [16] 陈立德,赵维城.一九七六年龙陵地震[M].北京:地震出版社,1979.
- [17] 云南地质工程第二勘察院腾冲地热队.云南省盈江县“8.20”、“8.21”地震次生地质灾害调查报告[R].2009.
- [18] 云南省地质矿产局第一、二水文地质工程地质大队.云南省崩塌滑坡泥石流地质灾害调查(中间性报告)[R].1988.

(编辑:赵凤超)

(下转第63页)

算出导温系数

$$\alpha = \frac{\pi}{24A^2} = \frac{\pi}{24 \times 6.127^2} = 0.0035 \text{ m}^2/\text{h}$$

因此,该大体积混凝土的导热系数为:

$$\lambda = \alpha c p = 0.0035 \times 1003.1 \times 2396/3600 = 2.33 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$$

### 3 结论

根据江垭混凝土重力坝大体积混凝土温度实测资料,反演计算得出的该大体积混凝土导热系数为  $2.33 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 。这与试验测得的混凝土导热系数  $2.37 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$  比较接近,说明此方法的计算结果是可信

的,可用于验证设计。所得反演结果一方面可以验证设计时计算参数和计算模型选取的合理性;另一方面还可以为今后类似工程设计提供依据,指导未来工程建设。

参考文献:

- [1] 水利水电科学研究院结构材料研究所. 大体积混凝土[M]. 北京: 水利电力出版社, 1990.
- [2] 杨东海, 李喜昌. 建筑材料手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1978.
- [3] 吴中如. 水工建筑物安全监控理论及其应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.

(编辑: 郑毅)

## Back analysis for thermal conductivity of massive concrete

ZHAO Yuqing, QIU Pan, XING Zhenxian, WANG Jing

(School of Civil Engineering and Communication, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450011, China)

**Abstract:** Temperature field analysis of massive concrete has always been an emphasis in concrete design. When temperature field of mass concrete is analyzed, the data of air temperature and water temperature at a dam site and thermodynamic parameter of dam are necessary. Principle and method of back analysis for thermal conductivity of mass concrete is presented. We obtain the thermal conductivity of massive concrete by mathematical model established by least square method based on temperature data of Jiangya gravity dam. The calculation result is consistent with values obtained in laboratory, which proves the correctness of the back analysis. The thermal conductivity obtained by back analysis can evaluate safety of built projects and optimize project under construction.

**Key words:** massive concrete; thermal conductivity; back analysis; least square method; monitoring data

(上接第 39 页)

## Main geo-hazard types and development law in Great Passageway of Southwest Yunnan Province

GUO Changbao<sup>1,2</sup>, ZHANG Yongshuang<sup>1</sup>, DU Yuben<sup>3</sup>, XIONG Tanyu<sup>1</sup>, ZHAO Hongjuan<sup>4</sup>

(1. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China; 2. China Institute of Geotechnical Investigation and Surveying, Beijing 100007, China; 3. China Railway Eryuan Engineering Group Ltd, Chengdu 610500, China; 4. School of Earth and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The Great Passageway in Southwest Yunnan Province is located at the southern part of Hengduanshan Range of southeast section of Tibetan plateau with complex terrain landform, deep incised canyon and intense new tectonic movement. The rainfall in this area is mainly concentrated in the period from June to September with high intensity and great concentration. The complex geological environment and rainfall as well as human activities caused frequently occurrences of geo-hazards in this region, such as collapse, landslide and debris flow. On the basis of field geology investigation, we emphatically elaborate the main geo-hazard type and the development law along the Great Passageway in southwest Yunnan Province, which has important theoretical and practical significance to prevent the important projects from the geo-hazards.

**Key words:** geological hazards; development law; influential factors; Great Passageway of Southwest Yunnan Province