

川藏公路然乌-鲁朗段泥石流灾害 成因分析及量化分区

丁继新^{1,2}, 杨志法³, 尚彦军³

(1. 有色金属矿产地质调查中心, 北京 100012; 2. 北京中色资源环境工程有限公司; 北京 100045;
3. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

摘 要: 独特的地质、地形地貌、水文以及气候条件使得川藏公路然乌至鲁朗段各种山地灾害极其发育, 尤其以泥石流灾害最为严重。根据前人的成果以及作者的实地调查, 认为复杂的地质构造、强烈的地壳运动和河流切割、频繁的地震、丰富的松散堆积物、有利的地形地貌、现代冰川以及丰沛的降雨是研究区泥石流灾害频繁发生的主要原因。为了更有效地进行减灾防灾, 采用岩石工程系统方法对研究区对泥石流进行了量化分区。通过与初步定性泥石流分区以及泥石流灾害的分布情况进行对照, 验证了定量泥石流分区的正确性和可行性。

关键词: 川藏公路; 泥石流; 灾害成因; 定量分区

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

川藏公路是西藏境内两大主干公路之一, 它不仅是西藏连接祖国内地的最主要的交通命脉之一, 而且对西部大开发和祖国的国防事业具有极其重要的战略意义。川藏公路然乌-鲁朗段沿西藏自治区东南部的帕隆藏布流域穿行, 途经松宗、波密、通麦、东久至鲁朗, 全长近 300km。帕隆藏布流域是雅鲁藏布江的一级支流, 在雅鲁藏布江大拐弯的顶端岗朗附近汇入雅鲁藏布江, 是一条典型的山区河流 (图 1)。整个流域面积约为 28630.9km²。流域的主体为波都藏布、易贡藏布和拉月曲。独特的地质、地形地貌、水文和气候等自然环境条件, 造成了川藏公路然乌-鲁朗沿线地区各种山地灾害极其发育, 尤其以泥石流灾害最为严重。频繁发生的泥石流灾害不仅经常阻车断道, 而且给当地人民的生命财产造成了巨大损失。

1 泥石流灾害成因分析

1.1 地质构造

帕隆藏布流域主体上属于班公错-怒江缝合带和雅鲁藏布江缝合带之间的拉萨地块。由于印度板块不断向欧亚板块俯冲, 本区地壳发生了强烈的构造隆升和东南方向的侧向挤出, 走滑断裂和逆冲断裂发育。山体岩层中积累了巨大的地应力, 地形被强烈切割, 产生了大量性质和规模不同的断层和节理。主干断层都是压性或压扭性断层, 小断层多为张性和张扭性

收稿日期: 2005-10-10

作者简介: 丁继新 (1972-), 男, 博士, 主要从事地质灾害及其防治工程、矿山环境、大地测量与工程测量以及地壳形变等方面的研究。E-mail: dingjixin2004@yahoo.com.cn

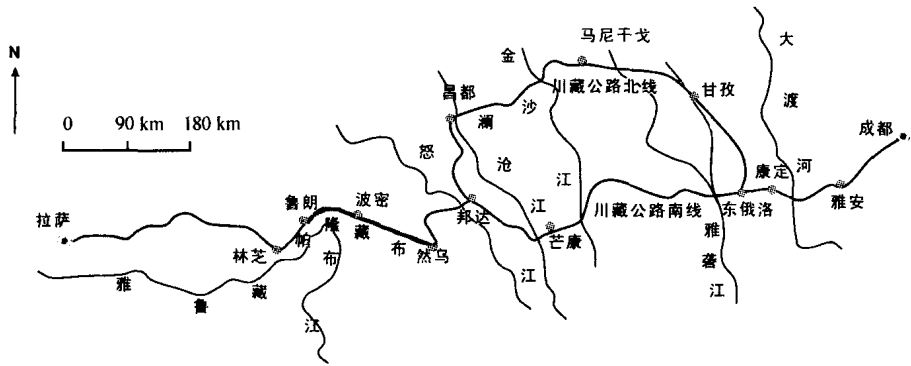


图 1 川藏公路然乌-鲁朗段位置图

Fig.1 Location of the Rawu-Lunang section in the Sichuan-Tibet Highway

断层。区域内有 6 条大型走滑断裂，如图 2 所示。区域内有许许多多小型断裂至今仍在活动^[1-3]。同时，研究区内背斜和向斜极其发育，其轴向基本上都呈近 EW 向或 NW-SE 向。

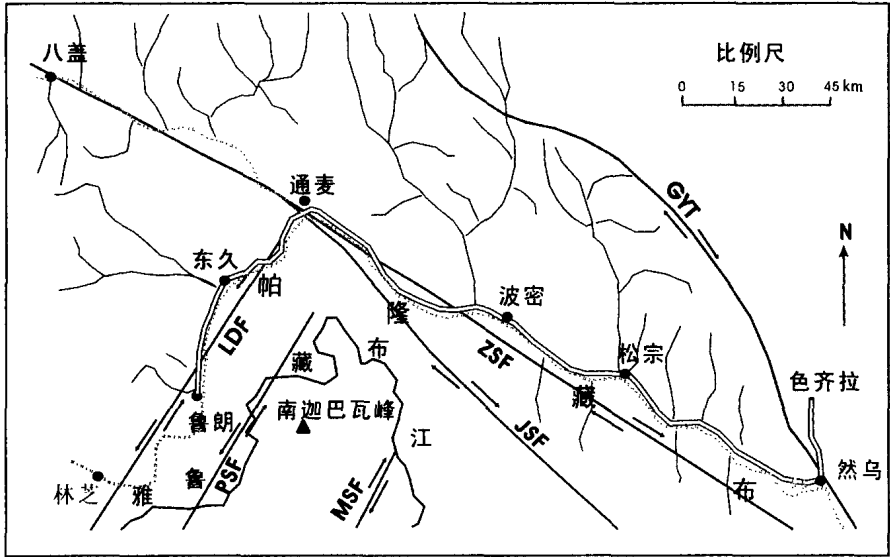


图 2 研究区地质构造图

Fig.2 Tectonic map of the study area

1. LDF: 林芝—东久走滑断裂; 2. JSF: 嘉黎走滑断裂; 3. ZSF: 察隅走滑断裂;
4. MSF: 墨脱走滑断裂; 5. GYT: 古玉走滑冲断层; 6. PSF 派区走滑断裂

1.2 基岩和第四纪地质

帕隆藏布流域地层岩性主要为泥盆系、石炭系和侏罗系的灰岩、大理岩、板岩、砾岩和砂岩，以及大片燕山期的花岗岩。其中川藏公路南线然乌—鲁朗段的岩性主要包括 3 大类：以花岗闪长岩为主的火成岩、以板岩和大理岩为主的变质岩、多种成因的第四纪松散堆积物。花岗闪长岩主要出露于 81 ~ 101 道班，由于融冻等风化作用，表层岩体中节理裂隙发育；板岩主要分布在仲沙至 92 道班之间的路段，呈层状分布，易风化；大理岩分布在然乌—索通一线，节理裂隙发育；巨厚的第四纪松散堆积物则几乎遍布于整个研究区的河谷和山间盆地中。

帕隆藏布流域第四纪以来曾经发育过多次冰期，流域内风化物、残坡积物、崩积物和冰

砾物等第四纪松散堆积物类型多、厚度大并且成分和机构复杂。例如,帕隆藏布干流下游102大滑坡后壁剖面的中下部为厚达256.4m的倒数第二次大冰期和末次冰期的古冰碛层,其上还覆盖着183m厚的冲洪积物;培龙沟中下游右岸古冰碛层厚达310m,培龙沟路段各种第四纪松散沉积物的累计厚度达586m^[4]。显然,巨厚的松散堆积物为滑坡和泥石流等重大地质灾害的发育以及成灾提供了必备的物质基础。

1.3 新构造运动、河流下切和地震

川藏公路然乌—鲁朗段地处印度板块和欧亚板块的碰撞边界,该区新构造运动特别强烈。据估计,目前的印度板块约以 8.1° 的倾角、 21.8mm/a 的速率向欧亚大陆俯冲^[5],这一估计与有关从地质推断的在过去2~3Ma时期内,印度板块向欧亚大陆俯冲速率平均为 18mm/a 的推断有较好的一致性^[6,7]。这也许可以进一步说明,在较长时间内,印度板块向欧亚大陆的俯冲仍然是强烈而稳定的。此外,中国地壳运动监测网的GPS方面的资料表明,该区附近1999~2002年地壳垂直上升的速率高达 $15\sim 26\text{mm/a}$ 。由于川藏公路然乌至路朗段地处印度板块和欧亚板块碰撞边界北缘,因此,该区域的新构造运动特别强烈。

此外,研究区也是新构造强烈隆升区。根据中国地壳运动监测网1999~2002年的GPS监测数据,研究区附近两个GPS监测点JB49(96.988° , 32.9972°)和JB50(96.8685° , 29.3911°)在垂直方向上的运动速率分别达 19.3mm/a 和 15.1mm/a 。根据实际考察和测量计算,帕隆藏布干流下游,距今7.3万年以来的河流平均下切速率为 6.3mm/a ;距今1.2万年以来基岩河床的平均下切速率为 1.1mm/a ,干流和大支流上游流水的平均下切速率比上述数值要小得多^[8]。由于河流的下切速率远远小于地壳的隆升速率,因此研究区的地形出现了巨大的相对高差,形成了山高坡陡的地貌特征。

受强烈的新构造运动的影响,研究区各种规模的地震频繁发生。帕隆藏布流域属于青藏高原南部地震区,地震烈度为9^[9]。据统计,在1970~2002年期间,帕隆藏布流域($N29^\circ07'\sim 31^\circ03'$, $E92^\circ53'\sim 97^\circ07'$)共发生2级以上地震1200多次。其中4级以上510次,5级以上105次。而在1950年流域内及其南界毗邻的察隅—墨脱地区发生62次 $M_s\geq 4$ 的地震。在这62次地震中,以8月15日22时发生的8.6级察隅大地震为国内之最。同年2~10月,在察隅—墨脱地区还发生了12次 $M_s\geq 6$ 的强烈地震。震级较大的地震可以直接触发滑坡(崩塌)和泥石流等地质灾害,而震级较小的地震则破坏了岩体的完整性,为以后的地质灾害发生奠定了良好的物质条件。

1.4 地形地貌特征

区域内地形的绝对高度和相对高差都很大,山坡陡峻,谷坡表面的松散堆积物运移强烈。流域内最高点加拉白垒峰海拔7284m,其南边相距48km的南迦巴瓦峰,海拔7782m。雅鲁藏布江从两山之间穿过,形成平均深度达5000m以上的世界第一大峡谷。帕隆藏布在通麦以下进入深切河谷,相对高差一般在2000~2500m以上,最大在3000m以上。中上游相对高差一般在1500m以上,最大在2800m以上。山坡的坡度一般在 30° 以上,最大坡度可达 80° 。

据现场考察,流域内的水系明显受到地质构造的控制:干流以及较大的支流都沿着构造线发育,小的沟谷及支流分散在干流和较大支流的两侧,呈羽毛状排列。该区的河流属于峡谷、窄谷、宽谷相间的山区河流,其中然乌—松宗段为嶂谷,两侧多为 $60\sim 80^\circ$ 的陡崖;松宗—扎木为宽谷,发育有三级阶地;扎木—培龙为窄谷;培龙以下为峡谷,谷坡陡峻。

1.5 现代海洋性冰川发育

研究区内现代海洋性冰川极其发育,共有冰川1861条,总面积约为 4638.42km^2 ,构成

了当今我国最大的海洋性冰川群^[4]。受印度洋暖湿气流的影响,本区降水丰富,气温也较高,从而导致冰川积累和消融强烈,冰川的运动速度快。

我国最大的海洋性冰川——卡钦冰川(长 35km)就位于念青唐古拉山南麓,易贡藏布北侧。沿雅鲁藏布大峡谷,以南迦巴瓦峰为中心,是我国藏东南海洋性冰川发育的一个中心。这是由于沿雅鲁藏布江水汽通道输送印度洋暖湿水汽带来的结果。海洋性冰川区别于大陆性冰川的特点是补给丰富,纬度高,冰川常温层温度维持在零度上下,因而活动性强,易运动。发育良好的海洋性冰川往往沿着山坡前进,冰川的冰舌也往往伸到森林之中。在高温季节,冰川消融,若与暴雨相伴,极易形成冰川泥石流。有利的地质地貌条件和大量冰雪融水作用下,容易触发山坡上巨厚的松散堆积物形成冰雪融水泥石流。

1.6 气候条件

一般而言,水汽的多少可以影响一个地区的气候状况。对青藏高原四周向高原水汽输送量的计算表明,水汽可以从四面八方进入高原^[10]。但就整个青藏高原而言,水汽主要来源于印度洋,并沿 3 条水汽输送路径向高原输送水汽,构成了青藏高原水分分布的主要格局^[11]。这 3 条水汽输送路径分别是:东线的孟加拉湾水汽输送通道,中线的印度半岛水汽输送通道和西线的阿拉伯海水汽输送通道(图 3)。

孟加拉湾沿岸及其以北地区是世界上最大的降雨中心之一。据杨逸畴,高登义^[12]1979 年的观测计算,雅鲁藏布江大拐弯处的水汽输送量比其它几个方向向高原输送的水汽量高 3~4 倍。研究区所在的藏东南距离孟加拉湾较近,而且这一带地势低平,河谷呈朝南敞开的马蹄形,无高大山体迎面阻挡,其间又有多条河流深切切割所形成的谷地。受印度西南季风的影响,印度洋孟加拉湾上暖湿气流沿河谷长驱直入(图 4),形成世界上降雨最多的地带,其“湿舌”向北可以伸到高原腹地的边缘^[11]。川藏公路南线然乌—鲁朗段位于青藏高原三大水汽路径的东线—孟加拉湾水汽通道上,孟加拉湾的暖湿气流经由雅鲁藏布江下游通道沿程爬高逐渐冷凝,给本区带来了丰沛的降水。暖湿气流在输送的过程中,首先受阻于研究区海拔 7782m 的藏东南最高峰—南迦巴瓦峰,其附近海拔高于 6000m 的山峰有 12 座,共形成了 41 条冰川,迎风坡雪线附近的年降雨量可达 3000mm。同时,也给帕隆藏布主河下游以及拉月曲附近区域带来了极其丰富的降雨。据统计,然乌一带的年平均降雨量超过了 700mm,波密年平均降水超过了 900mm,拉月曲一带达到了 1100~1400mm。

根据附近部分气象站以及某些特定地点的年平均降雨量,作者绘制了川藏公路南线然乌—鲁朗段附近区域的年降雨量等值线图(图 4)。帕隆藏布流域的上下游之间的年降雨量存在着较为明显降雨梯度,即沿着河谷干流,从下游到上游随着海拔升高,年降雨量逐渐递减。除此以外,自河谷向两岸山脊和现代冰川也存在着降水梯度,海拔越高降水越多。

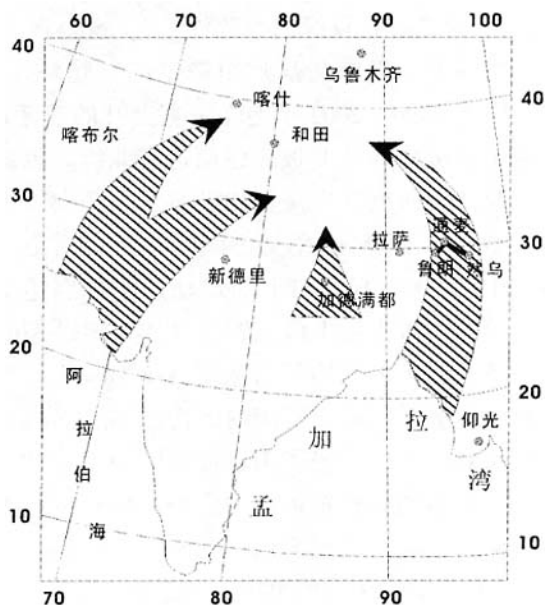


图 3 青藏高原水汽输送路径^[11]

Fig.3 Vapor transportation paths of the Qinghai-Tibet Plateau (after Sun Honglie et al.)

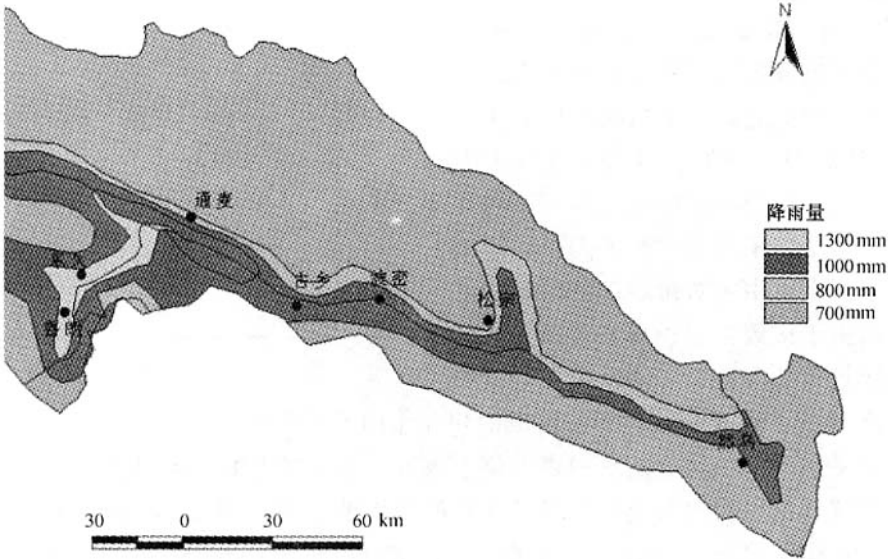


图 4 帕隆藏布流域年平均降雨量等值线图

Fig.4 Yearly average precipitation contours of the Palungzangbo drainage area

丰富的降水是研究区滑坡和泥石流灾害发育的最主要原因之一，绝大多数的灾害都是发生在雨季（5~10 月）。

2 公路沿线泥石流定量化分区

地质灾害分区是工程地质分区的一个重要组成部分，是岩土工程设计以及施工中必不可少关键环节。由于本研究区工程地质条件极其复杂，相关的资料又很匮乏，使用传统方法是很难对其进行定量化分区。在这种情况下，Hudson 提出的岩石工程系统（RES）方法^[13-15]不仅可考虑每个参数对整个系统的影响，而且还可考虑参数之间的相互作用对系统的贡献，在解决复杂问题时具有独特的优点。

2.1 初步定性分区

作者按照工程地质综合集成（EGMS）的思路，根据前人研究和作者的实地考察，依据地质背景、地质构造、工程地质岩组、地形地貌特征、水文地质条件、外动力地质作用、人类活动，特别是公路沿线泥石流灾害的性质和分布等条件，对本研究区公路沿线的泥石流灾害进行了初步定性分区，将其划分为 6 个区和 12 个亚区（表 1）。

表 1 川藏公路然乌—鲁朗路段初步泥石流分区及评价

Table 1 Preliminary qualitative zonation and assessment of mudflow hazards along the Rawu-Lunang section, Sichuan-Tibet Highway

区号	Ⅰ		Ⅱ		Ⅲ		Ⅳ		Ⅴ			Ⅵ	
亚区号	Ⅰ ₁	Ⅱ ₁	Ⅱ ₂	Ⅲ ₁	Ⅲ ₂	Ⅳ ₁	Ⅳ ₂	Ⅴ ₁	Ⅴ ₂	Ⅴ ₃	Ⅵ ₁	Ⅵ ₂	
道班位置 与范围	然乌~81	81~83	83~87	87~89	89~92	92~96	96~98	98~101	101~103	103~105	105~107	107~鲁朗	
定性泥石流 灾害评价	轻微	较严重	严重	中等	较严重	较轻微	较严重	较严重	严重	严重	较严重	较严重	

2.2 泥石流流定量化分区

2.2.1 相互作用关系矩阵 关系矩阵的组成原则是：将泥石流致灾因子依次放置在该矩阵的主对角线上（它们之间的前后顺序可以相互置换），每个致灾因子的值表示由于该致灾因子的作用而导致某个分区可能发生泥石流的具体影响程度；某个因子与其它致灾因子的作用放置在该因子所在行中主对角线以外的其它位置，其值表示由于该致灾因子与其它因子之间的相互作用而导致某个分区可能发生泥石流的具体影响程度。一个由 n 个致灾因子组成的相互作用关系矩阵（表 2）。

表 2 多因素相互作用关系矩阵编码

Table 2 Coding of the multi-factors interaction matrix

$V_{1,1}$	$V_{1,2}$	...	$V_{i,1}$	...	$V_{1,n}$
$V_{2,1}$	$V_{2,2}$	...	$V_{i,2}$	...	$V_{2,n}$
...	...	...	...	...	...
$V_{i,1}$	$V_{i,2}$	...	$V_{i,i}$	...	$V_{i,n}$
...	...	...	...	...	...
$V_{n,1}$	$V_{n,2}$	...	$V_{n,i}$	...	$V_{n,n}$

在这个关系矩阵中，每行的总和表示位于该行主对角线上的致灾因子作用于其它致灾因子而对整个系统（这里指泥石流的形成条件）所产生的影响，用 S_R 表示；每列的总和表示位于该列主对角线上的致灾因子受其它致灾因子作用而对整个系统产生的影响，用 S_C 表示；矩阵主对角线上元素表示该致灾因子本身对整个系统所产生的影响；该矩阵采用无量纲的值 $V_{i,j}$ 来表示致灾因子之间相互作用对整个系统好坏程度的影响程度（在本文中， $V_{i,j}$ 的取值范围为 $1 \sim 4$ ）。

在确定了影响某个分区整个系统的各种主要致灾因子，并组成了多因素相互作用关系矩阵后，根据公式（1）~（3）可以计算出影响某个分区整个系统的第 i 个影响因素的权重 k_i ：

$$k_i = \frac{S_R(i) + S_C(i)}{2 \sum_{j=1}^n V_{i,j}} \times 100\% \quad (i = 1, 2, \dots, n) \tag{1}$$

其中，

$$S_C(i) = \sum_{j=1}^n V_{i,j} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \tag{2}$$

$$S_R(i) = \sum_{j=1}^n V_{i,j} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \tag{3}$$

式中， n 表示某个分区整个系统主要致灾因子的个数， $S_R(i)$ 和 $S_C(i)$ 分别表示相互作用关系矩阵中第 i 行元素和 i 列元素之和。

2.2.2 泥石流灾害分区评价指标 $EZAI$ 为了使泥石流灾害分区定量化，作者考虑了可表示 j 区或者 j 亚区的泥石流分区评价指标 $EZAI(j)$ ：

$$EZAI(j) = \sum_{i=1}^n k_i \cdot P_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \tag{4}$$

式中， n 表示对分区进行泥石流灾害评价时所选取的影响因素的个数， j 表示区或亚区号； k_i 表示第 i 个影响因素的权重； P_i 是某分区 i 参数的值，表示第 i 个影响因素在整个系统中的作用，其取值范围为 $1/4 \sim 1$ 。一般而言， $EZAI(j)$ 越大，表示该区或者亚区的泥石流灾害越严重；反之，表示该区或者亚区的泥石流灾害较轻微。

按照上述方法建立起用于对各分区进行评价的相互作用关系矩阵，并按照公式（1）~（3）计算出每种影响因素的权重 k_i 后，可以根据公式（4）计算出每个区和亚区的泥石流灾

害分区评价指标 $EZAI$ ，以对各区和亚区的泥石流灾害情况给出定量评价。

这里，将亚区泥石流灾害评价的标准被划分为5级，即 $EZAI < 25\%$ 表示泥石流灾害“轻微”， $25\% \leq EZAI < 30\%$ 表示泥石流灾害“较轻微”， $30\% \leq EZAI < 40\%$ 表示泥石流灾害“中等”， $40\% \leq EZAI < 50\%$ 表示泥石流灾害“较严重”， $50\% \leq EZAI$ 表示泥石流灾害“严重”。定量泥石流灾害分区情况如表3所示。

表3 川藏公路然乌—鲁朗路段定量工程地质泥石流灾害量化分区及评价

Tab.3 Quantitative zonation and assessment of mudflow hazards of Rawu-Lunang Section, Sichuan-Tibet Highway

区号	I		II		III		IV		V			VI	
亚区号	I ₁	II ₁	II ₂	III ₁	III ₂	IV ₁	IV ₂	V ₁	V ₂	V ₃	VI ₁	VI ₂	
道班位置 与范围	然乌—81	81 ~ 83	83 ~ 87	87 ~ 89	89 ~ 92	92 ~ 96	96 ~ 98	98 ~ 101	101 ~ 103	103 ~ 105	105 ~ 107	107 ~ 鲁朗	
EZAI (%)	21.3	41.7	56.8	32.2	44.1	27.2	49.7	45.9	72.6	64.8	42.5	31.4	
泥石流灾害 定量评价	轻微	较严重	严重	中等	较严重	较轻微	较严重	较严重	严重	严重	较严重	中等	

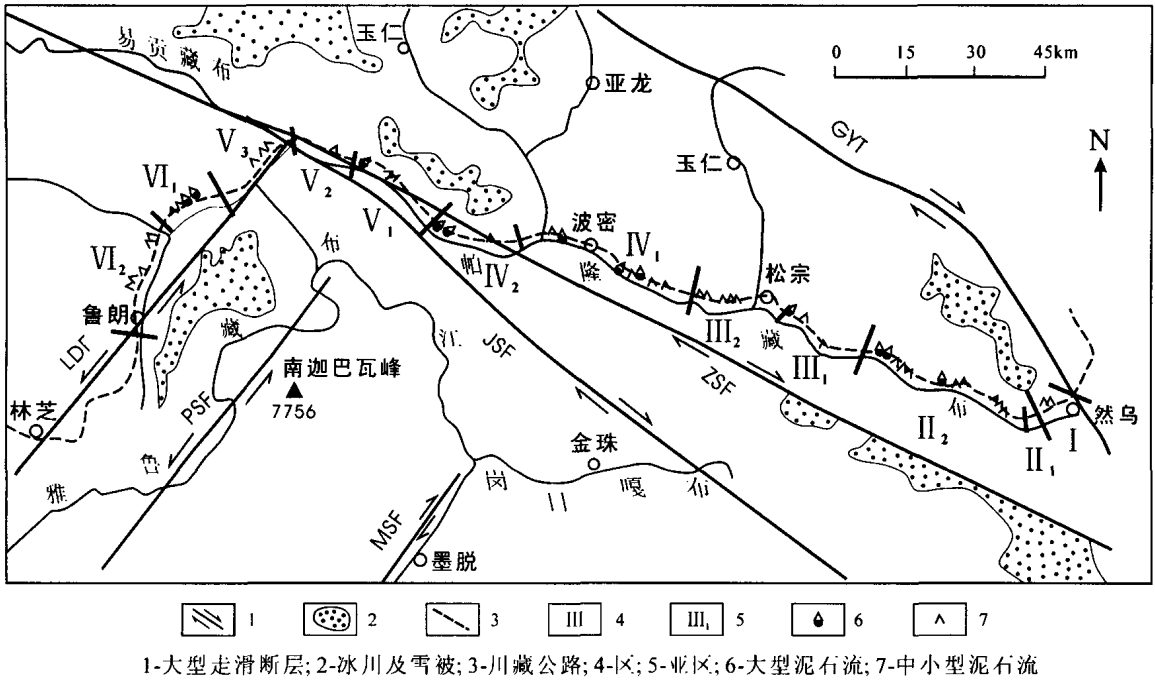


图5 川藏公路然乌—鲁朗段泥石流分区图

Fig.5 Zonation of mudflows along the Rawu-Lunang section, Sichuan-Tibet Highway

进行定量工程地质分区后，要将其与初步定性分区结果进行对照，如果定量的评价结果与初步分区的结果不一致，就要仔细分析其原因，并对分区结果进行调整，以完成整个研究区泥石流灾害分区。

从表3可以清楚地看到，除了亚区 VI_2 （即107道班—鲁朗段）的定量评价结果（计算结果为31.4%，评价结果为“中等”）与最初的定性评价结果（初评为“较差”）不一致外，其它各亚区的定量计算结果与最初的定性评价结果都是一致的。通过分析发现，定量评价结

果是正确的。产生这一错误的原因是由于在进行初步定性评价时错误地考虑了亚区 VI₂ 中地下水的作用所致。研究区的泥石流灾害分区见图 5。

由图 5 可以看出, 定量的泥石流灾害分区与泥石流灾害在总体上有着较好的一致性, 与作者实地调查的结果基本上是一致的, 这证明了本文所提出的泥石流灾害定量化分区方法的正确性和可行性。

3 结 论

(1) 研究区复杂的地质构造、强烈的地壳运动和河流切割、频繁的地震、丰富的松散堆积物、有利的地形地貌、发育的现代冰川以及丰沛的降雨是研究区泥石流灾害频繁发生的主要原因。

(2) 岩石工程系统方法不仅可考虑每个参数对整个系统的影响, 而且还可考虑参数之间的相互作用对系统的贡献, 可以较好地解决泥石流灾害分区等复杂问题。

(3) 泥石流灾害分区是一个涉及多学科、多因素的复杂的体系。通过相互作用关系矩阵, 可以很好地实现了研究区泥石流灾害的定量化分区, 通过将其与初步定性分区结果进行对照, 证明了这种定量分区方法的正确性和完全可行性。

参 考 文 献

- [1] 尚彦军, 杨志法, 廖秋林, 等. 雅鲁藏布江大拐弯北段地质灾害分布规律及防治对策 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2000 (4): 30 ~ 39.
- [2] 何易平, 胡凯衡, 韦方强, 等. 川藏公路帕隆藏布流域段泥石流活动特征 [J]. 水土保持学报, 2001, 15 (3): 76 ~ 80.
- [3] 廖秋林, 李晓, 尚彦军, 等. 水岩作用对雅鲁藏布大拐弯北段滑坡的影响 [J]. 水文地质工程地质, 2002, 29 (5): 19 ~ 21.
- [4] 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 西藏自治区交通科学研究所. 川藏公路典型山地灾害研究 [M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1999.
- [5] 王勇, 许厚泽. 青藏高原印度板块向欧亚大陆俯冲速率的研究—GPS 观测资料的反演结果 [J]. 地球物理学报, 2003, 46 (2): 185 ~ 190.
- [6] Aarmijo R, Tapponnier P, Mercier JL, et al. Quaternary extension in south Tibet: Field observations and tectonic implications [J]. Geophys. Res., 1986, 91: 13803 ~ 13872.
- [7] Molnar P, Deng Q. Faulting associated with large earthquakes and the average rate of deformation in central and eastern Asia [J]. Geophys. Res., 1984, 89: 6203 ~ 6228.
- [8] 许志琴, 姜枚, 杨经绥. 青藏高原北部隆升的构造物理作用 [J]. 地质学报, 1996, 70 (3): 195 ~ 206.
- [9] 邓起东, 张裕明, 等. 中国地震烈度区划图编制的原则和方法 [J]. 地震学报, 1980, 2 (1): 90 ~ 110.
- [10] 崔玉琴. 喀喇昆仑山与昆仑山水汽条件. 喀喇昆仑山叶尔羌河冰川与环境 [M]. 北京: 科学出版社, 1991. 114 ~ 115.
- [11] 孙鸿烈. 青藏高原的形成演化 [M]. 上海: 科学出版社, 1996. 152 ~ 193.
- [12] 杨逸畴, 高登义. 雅鲁藏布江下游河谷水汽通道初探 [J]. 中国科学 (B), 1987, 17 (8): 893 ~ 902.
- [13] Hudson JA. Rock Engineering Systems: Theory & Practice [M]. Ellis Horwood, 1992.
- [14] Hudson JA, Harrison JP. A new approach to studying complete rock engineering problems [J]. Quarterly Journal of Engineering Geology. 1992, 25 (1): 93 ~ 105.
- [15] Mazzoccola DF, Hudson JA. A comprehensive method of rock mass characterization for indicating natural slope instability [J]. Quarterly Journal of Engineering Geology. 1996, 29: 37 ~ 56.

FORMATION CONDITIONS OF SLOPE TYPE MUDFLOW IN NINGSHAAN COUNTY, SOUTHERN SHAANXI, AND ITS INDUCING MECHANISM

YANG Wei-min, WU Shu-ren, ZHANG Yong-shuang, ZHANG Chun-shan, SUN Wei-feng

(*Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China*)

Abstract: The occurrence of slope mudflow is a process in which a landslide first occurs and then rapidly changes into mudflow. It has some properties of landslide and mudflow concurrently. The slope mudflow around the seat of Ningshaan County occurs on a steep slope of Middle Devonian strata. The eluvial soils on slopes where surface flow occurs are mainly clayey soils with some blocks or debris. They have good grading distribution and a thin soil horizon. The clay minerals in the eluvial soils consist of illite/montmorillonite, illite and kaolinite with low and intermediate dilatibility, so their permeability is low or very low. When rainstorms persist, such soils will start to slide down the slope and be eroded, and furthermore, they rush down and form slurry, thus giving rise to slope mudflow. The canyons of slope mudflow are shallow and wide and mostly occur downslope, and sometimes those that obliquely intersect the slope direction but are parallel to the strike of the strata are also seen. They are embryos of canyon type mudflow. Therefore, it is necessary to study the dynamic features of slope type mudflow to provide a scientific basis for early-warning of mudflow disasters.

Key words: slope type mudflow; landslide; formation condition; inducing mechanism; Ningshaan County, Shaanxi

(上接第 210 页)

CAUSE ANALYSIS AND QUANTITATIVE ZONATION OF MUDFLOW HAZARDS ALONG THE RAWU-LUNANG SECTION, SICHUAN-TIBET HIGHWAY

DING Ji-xin^{1,2}, YANG Zhi-fa³, SHANG Yan-jun³

(1. *China Non-ferrous Metals Resource Geological Survey, Beijing 100012, China;*

2. *Beijing Resources & Environment Engineering Company Ltd., Beijing 100045, China;*

3. *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of sciences, Beijing, 100029, China*)

Abstract: Unique geological, geomorphic, hydrological and climatic conditions cause various kinds of mountainous hazards, especially very serious mudflow hazards, to occur frequently in the Rawu-Lunang section, Sichuan-Tibet Highway. On the basis of previous research and the authors' field investigations, it is thought that the complex geological structures, strong crust movements and rivers erosions, frequent earthquakes, abundant loose deposits, favorable geomorphology, well-developed modern glaciers and plentiful precipitation are the principal causes of triggering frequent mudflows in the study area. For the purpose of more effective disaster prevention and reduction, the rock engineering system (RES) method is adopted to make a quantitative zonation of mudflows in the study area. By comparing the quantitative mudflow zonation with the preliminary qualitative zonation and distribution of mudflows, it is verified that the quantitative mudflow zonation method is correct and feasible.

Key words: Sichuan-Tibet Highway; mudflow; hazard cause; quantitative zonation