

318 国道拉萨—日喀则段地质灾害特点与发育规律^{*}

扶 敏^{1,2}, 詹 涛^{1,2}, 许 冲³, 谢 超⁴

(1. 重庆市地质矿产勘查开发局 107 地质队, 重庆 401120; 2. 重庆江北地质工程勘察院, 重庆 401120; 3. 中国地震局地质研究所活动构造与火山重点实验室, 北京 100029; 4. 中国地震局第二监测中心, 陕西 西安 710054)

摘要: 利用高分辨率遥感影像目视解译技术, 结合野外调查, 对 318 国道拉萨—日喀则段沿线两侧 10 km 范围内的崩塌、滑坡与泥石流地质灾害开展解译与调查, 并分析其特点与发育规律。结合研究区高程、坡度、坡向与地层分布, 统计了崩塌与滑坡的空间分布规律。结果表明: 研究区内发育有 79 处崩塌、117 处滑坡与 133 条泥石流沟。面积为 0.01 ~ 0.1 km² 的崩塌有 45 处, 崩塌高度主要在 300 m 以内, 300 ~ 700 m 崩塌体数量随高度增加而减少; 面积为 0.1 ~ 0.01 km² 滑坡有 74 处, 包括一处面积大于 10 km² 的巨型滑坡体, 滑坡的高度主要集中在 100 ~ 300 m, 包括 54 处滑坡体; 面积在 1 ~ 10 km² 和 10 ~ 100 km² 的泥石流沟分别为 70 条和 39 条。崩塌多发生在 4.0 ~ 4.5 km 高程、20° ~ 30° 坡度、南坡向、白垩纪 (K) 地层中, 滑坡多发生在 4.0 ~ 4.5 km 高程、20° ~ 30° 坡度、NE 坡向、三叠纪 (T) 地层中。

关键词: 318 国道; 拉萨—日喀则段; 藏中南; 地质灾害

中图分类号: P315.942

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2019)03-0438-09

0 引言

强烈的构造运动、各块体之间复杂的相互作用、特殊的地形地貌及岩体分布特征, 导致青藏高原及周缘地区成为我国地质灾害发育最为严重的地区之一 (Ge *et al.*, 2014; Wei *et al.*, 2018; Dai *et al.*, 2019; 彭建兵等, 2004)。藏中南地区, 特别是雅鲁藏布江流域以其独特的雨季、干旱季风气候以及险峻的地貌形态成为滑坡、泥石流等地质灾害的重灾区 (孙妍等, 2014)。

318 国道拉萨—日喀则段近东西向展布于青藏高原中南部地区, 现场工作条件差, 沿线地质条件复杂, 崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害发育, 已成为该地区交通安全与经济发展的重要威胁。近年来, 很多学者开展该地区的地质灾害研究 (于晓东, 2010; 孙妍等, 2014; 王永斌, 2009; 焦国锋, 2013; 姚杰, 2011)。在关于 318 国道拉萨—日喀则沿线地质灾害的调查、识别与统计工作方面, 孙妍等 (2014) 根据遥感地质判译沿线确定了 8 处滑坡、84 条泥石流和 69 处崩塌; 于晓

东 (2010) 通过野外调查以及收集资料认为沿线发育了 96 条泥石流沟、21 处崩塌及 9 个滑坡体; 谢程 (2008) 在沿线识别出 20 余处规模较大的滑坡体; 汤明高等 (2012) 在西藏境内的 318 国道沿线识别出 162 个崩塌体、39 处滑坡和 88 条泥石流。在沿线地质灾害的成因机制方面, 孙妍等 (2014) 认为沿线滑坡、崩塌及泥石流明显受到地貌控制, 泥石流和滑坡的数量也与区域岩性分布和降水量有关; 也有研究认为 (郭佳宁等, 2009; 于晓东, 2010) 沿线地质灾害分布除受到地形、地貌、岩性及降水量影响外, 还受到构造断裂、区域构造应力及地震等因素的影响; 汤明高等 (2012) 认为人类活动也可以诱发各类地质灾害, 如坡脚开挖或爆破造成的岩体失稳, 均是引发崩塌或者滑坡的因素; 也有学者 (焦国锋, 2013; 谢程, 2008; 强巴等, 2015) 根据沿线地质灾害的类型与特征, 提出了一系列防治措施。

总体上, 318 国道拉萨—日喀则段地质灾害研究程度较低, 数据不完整, 缺少对不同类型地质灾害规模与规律的分析, 对地质灾害与影响因素的关系研究也不够深入。本文利用高分辨率遥

^{*} 收稿日期: 2019-01-22.

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目 (2017YFB0504104) 与国家自然科学基金国际合作项目 (41661144037) 联合资助。

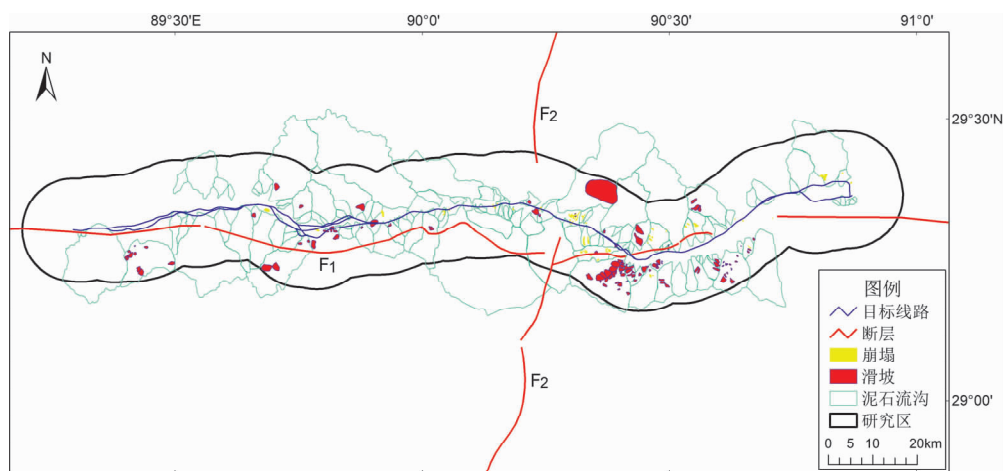
感影像与 GIS 技术开展沿线地质灾害目视解译, 结合详细的野外调查, 比较全面地获取了 318 国道拉萨—日喀则段沿线崩塌、滑坡及泥石流等地质灾害的分布数据与类型, 对各类地质灾害的规模进行了分析, 并统计了崩塌与滑坡的空间分布规律。

1 研究区概况

318 国道拉萨—日喀则段位于青藏高原中南部, 自拉萨至贡嘎机场高速公路协荣互通起, 经曲水县、尼木县、仁布县, 止于日喀则和平机场, 与日喀则机场至日喀则市专用公路嘎东互通相接, 全长约 165 km。该区主要沿雅鲁藏布江分布, 区域交通条件总体较为便利 (图 1)。区内多年平均降水量为 461.4 mm (拉萨气象站)、341.1 mm (尼木县气象站)、469.9 mm (日喀则气象站)。一年中降水时间分布不均匀, 一般集中在 6—9 月, 其降雨量一般占全年的 70% 以上, 平均降雨日数一般为 80 天。线路所在地区属高原温带干旱气候区, 具有冬寒夏凉、无霜期短、空气相对湿度小、日照充足丰富、冬春两季干燥、风沙大、多雷暴等特征。

受 SN 向挤压和 EW 向扩展作用, 研究区主要

发育了近 EW 向的雅鲁藏布江断裂和 NNE 向的亚东—谷露断裂 (图 1) (邓起东等, 2004, 2007), 这 2 条断裂对 318 国道工程影响较大^{①②}。研究区包含多套地层, 主要为第四系全新统风积粉砂, 冲、洪积粉土, 细砂, 中、粗砾砂, 细圆、粗圆砾土, 卵石土, 洪积碎石、块石土, 坡积粗角砾土、碎石土; 第四系上更新统洪积粉土、冲积卵石土、洪积块石土等。基岩主要为白垩系页岩夹砂岩、变质砂岩、板岩, 燕山期—喜山期闪长岩、花岗岩、橄榄岩、玢岩、凝灰岩等。在地貌上, 研究区包括拉萨河河谷平原、雅鲁藏布江宽谷区、雅鲁藏布江峡谷区, 经历了不同的构造体系及众多的地貌单元, 水文地质条件复杂。受到青藏高原长期隆升的影响, 沿线新构造运动强烈, 地震活动比较频繁。且空间分布与 EW 向、NNE 向断裂有明显的关系。研究区历史上曾发生 $M_s \geq 4.7$ 破坏性地震 145 次, 其中 8 级地震 2 次, 7.0~7.9 级地震 4 次, 6.0~6.9 级地震 21 次, 5.0~5.9 级地震 74 次, 最大地震为 1411 年当雄南和 1951 年崩错的 2 次 8 级地震。自 1970 年以来, 记录到 1 346 次 $M_s 2.0 \sim 4.6$ 现代小震。根据地震地质资料, 研究区及附近在历史上影响较大的高烈度地震, 均来自于近场区外的 8 级大地震 (邓起东等, 2004)。



F₁: 雅鲁藏布江断裂; F₂: 亚东—谷露断裂

图 1 目标线路、活动断层、崩塌、滑坡、泥石流沟分布图

Fig. 1 Distribution map of the target lines, active faults, rock falls, landslides and debris flow gullies

① 西藏自治区地震局工程地震研究所. 2001. 西藏米林机场场地地震安全性评价报告.

② 西藏自治区地震局工程地震研究所. 2005. 拉萨河干流中游段旁多、卡多、布嘎、扎雪水电站工程地震安全性评价报告.

2 数据与方法

结合覆盖整个区域的地质、地形等资料，利用高分辨率遥感影像与 GIS 技术开展研究区地质灾害的目视解译，框定出地质灾害的边界

以及各种不良地质现象的特点与规模等属性，并结合野外调查，调整解译结果。滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害在遥感影像上具有不同的表现形式。

滑坡的遥感解译主要通过遥感图像的形态、色调、阴影、纹理等进行，具有明显的形态、结

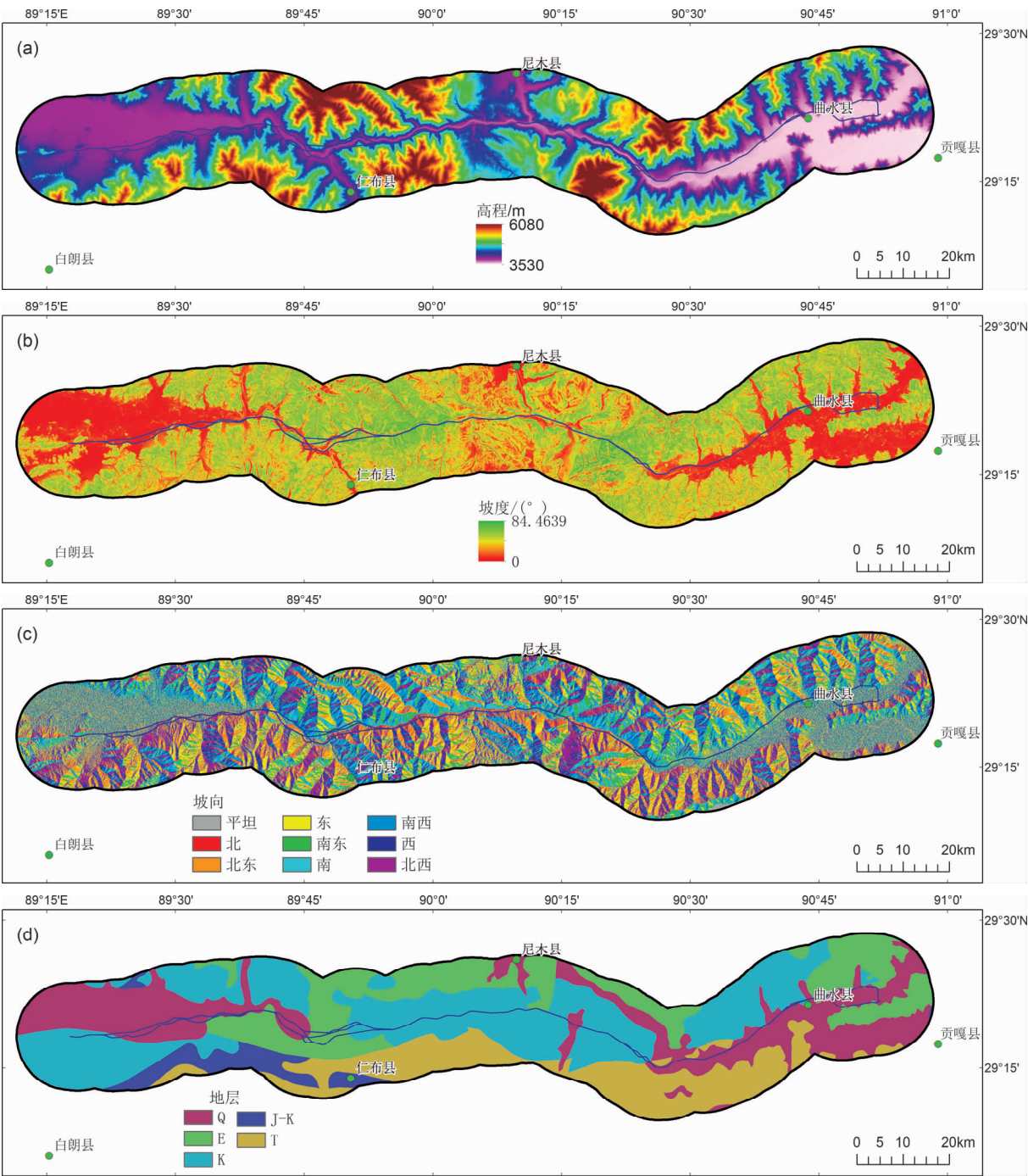


图 2 研究区高程 (a)、坡度 (b)、坡向 (c)、地层 (d) 分布图

Fig. 2 Distribution maps of elevation (a), slope angle (b), slope aspect (c) and stratigraphic (d) of the study area

构特征。滑坡的形态特征在高分辨率的卫星图像上显示较清楚,多呈簸箕型、舌形、椭圆形、长椅形、倒梨形、牛角形、平行四边形、菱形、树叶形、叠瓦形或不规则形等。滑坡后壁陡峻并呈围椅状,微地貌特征比较清楚,且滑坡体与周围地质体在色调、纹理、植被发育及生长状况上有明显的差异,陡峭的滑坡后壁及其形成的围谷在遥感图像上表现为向上弯曲的弧形。由于不能直接见到滑坡的地下部分,滑坡体和滑坡后壁是滑坡遥感解译的2项最基本要素,其他要素视图像分辨率及滑坡的可解译程度而定。

崩塌部位可见明显的崩塌壁,下方为崩塌堆积物,在遥感图像上较容易识别。崩塌堆积体地貌特征明显,多发育在沟谷或河流两侧的陡崖、陡坎或岩体破碎地带,崩塌后壁陡峭而粗糙,崩塌体在坡脚形成锥状的堆积体。崩塌壁的颜色与岩性有关,多呈浅色调,一般不长植被或植被稀疏。

沟谷型泥石流一般可分为3个部分,即物源区、流通区和堆积区。泥石流解译主要是对堆积区的识别,根据沟口的地貌特征,即只要在图像上发现沟口有明显的泥石流堆积扇,则判别其为泥石流沟;堆积区位于沟谷出口处,纵坡平缓,常形成堆积扇或冲出锥;堆积扇轮廓明显,呈浅色调,扇面无固定沟槽,多呈漫流状态(王治华,1999;许冲,徐锡伟;2014;欧阳华平,2010;遥感地质解译方法指南,DD2011—03;滑坡崩塌泥石流灾害调查规范,DZ/T 0261—2014)。

本文遥感调查范围主要是公路两侧10 km内,整个研究区面积为3 694 km²。研究区高程数据来自30分辨率的SRTM DEM(图2a),利用DEM与GIS的空间分析功能,得到研究区的坡度(图2b)与坡向(图2c)分布数据。图2d的研究区地层分布图来自全国地质图(1:50万)。

3 地震灾害特点及发育规律

3.1 地质灾害特点

依据上述方法,利用高分辨率遥感影像与GIS技术,结合野外实地考察,沿318国道拉萨—日喀则段提取和判译出117处滑坡、79处崩塌与133条泥石流沟。各地质灾害的分布如图1所示。

3.1.1 沿线滑坡体与崩塌体的形态

滑坡及崩塌根据地形、岩性等不同,其形态特征变化较大。图3a-1(29.270°N, 90.498°E), 3a-2(29.219°N, 90.338°E)反映了沿线2处滑坡发育的地貌和形态。2处滑坡发生在比较陡的谷壁上,其滑坡面积分别为40 908 m²和44 308 m²,滑坡高度均大于100 m。滑坡体地表地形呈波状起伏,其后缘形成明显的陡坎,在雨水的冲刷作用下,坡面表现出了坍塌迹象,且图3a-2显示的滑坡体坡面发育了一系列小的垂直冲沟。由于滑坡作用,该河段河床被部分堵塞,或者在滑坡地段形成了一系列的古堰塞湖,且河床在该段明显变窄。

318国道拉萨—日喀则段沿线的崩塌体普遍分布于雅鲁藏布江峡谷区两侧。受构造应力作用,峡谷区岩体节理裂隙发育,形成高陡的临空面,在风化、降雨及自身重力作用下,凌空突出的危岩与母岩分离,即形成崩塌。图3b显示了沿线雅鲁藏布江峡谷区发育的一系列崩塌体,单体崩塌面积最大约为0.09 km²,崩塌发育处峡谷陡立、险峻,最大高度达到1 000余米。崩塌作用下,谷壁上形成了多组条带状凹形陡坡,崩塌后缘形成较缓的陡坎,相邻的崩塌可以在下部相连而形成片状凹陷(图3b-1)。

3.1.2 沿线滑坡体、崩塌体、泥石流体规模

为防治滑坡、崩塌及泥石流等地质灾害,并采取相应的工程措施,必须考虑灾害体的规模这一因素。图4a显示,沿线的117处滑坡中,单个滑坡面积峰值为0.1~1 km²,该范围内发育了74处滑坡;面积在0.01~0.1 km²的滑坡有30处;面积大于10 km²的特大滑坡只有1处。沿线滑坡体的高度主要集中在100~300 m,该范围内发育了54处滑坡体;高度小于100 m的滑坡只有3处;高度大于300 m的滑坡数量随高度的增大逐渐较少,高度大于1 000 m的滑坡只有1处(图4b)。

研究滑坡体的面积和滑坡高度之间的关系,可以深入了解滑坡的成因机制,并为采取相关的工程防治措施提供科学的数据。由图4c可知,沿线滑坡体面积与高度呈明显的正相关性,关系式为:

$$S_1 = 7.5119 \times H_1^{1.8199} \quad (1)$$

式中: S_1 是滑坡的面积; H_1 为滑坡高度。该特征表明,峡谷区大型滑坡体往往发生在谷壁的上部。

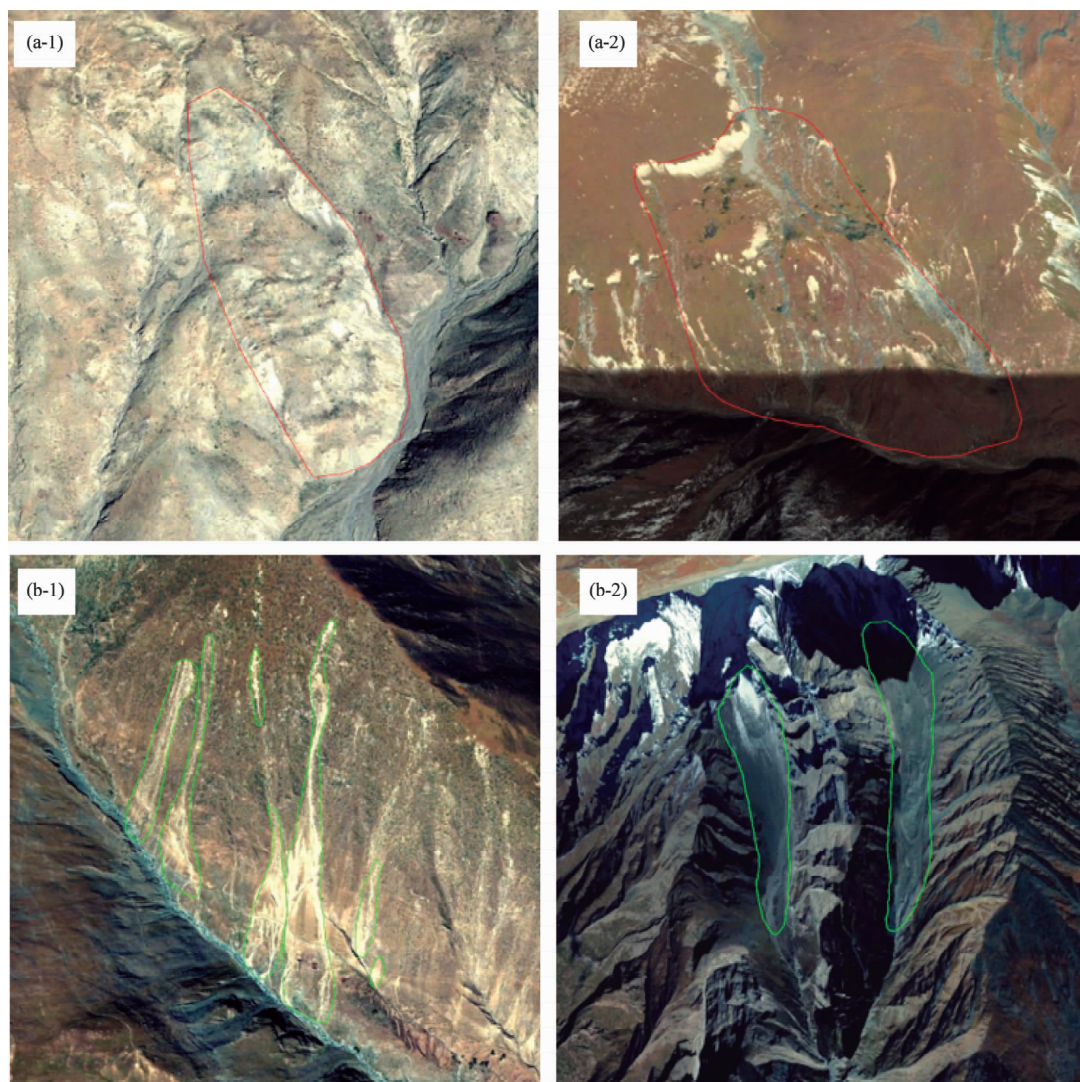


图3 区域2组滑坡 (a) 及崩塌体 (b) 解译

Fig. 3 Visual interpretation of two groups of landslides (a) and rock falls (b) in the study area

发育的79处崩塌中,有47处面积为 $0.01 \sim 0.1 \text{ km}^2$,占崩塌总数的59%,小于 0.001 km^2 的崩塌只有2处(图5a),面积在 $0.001 \sim 0.01 \text{ km}^2$ 及 $0.1 \sim 1.0 \text{ km}^2$ 的崩塌数量相当,分别有13和17处;沿线崩塌体高度具有比较明显的正态分布特征,峰值出现在 $100 \sim 200 \text{ m}$,高度在 $0 \sim 100 \text{ m}$ 和 $200 \sim 300 \text{ m}$ 的数量相当,高度大于 300 m 的崩塌体数量随高度的增大具有逐渐减少的趋势,大于 700 m 的崩塌体只有4处(图5b)。由图5c可知,沿线崩塌体的面积与高度成明显的正比关系,关系式为:

$$S_2 = 20.81 \times H_2^{1.44} \quad (2)$$

式中: S_2 为崩塌体的面积; H_2 为崩塌体的高度。

因此,在峡谷区较高的区域易发生大规模的崩塌。

沿线发育的133条泥石流沟中,单条泥石流沟的面积主要集中在 $1 \sim 100 \text{ km}^2$,其中 $1 \sim 10 \text{ km}^2$ 和 $10 \sim 100 \text{ km}^2$ 的泥石流沟分别为70条和39条,面积小于 1 km^2 的泥石流沟有17条,面积大于 100 km^2 的泥石流沟只有7条(图5d)。

3.2 地质灾害发育规律

本文通过统计不同因子与崩塌和滑坡的数量和密度的关系,探索研究区内崩塌与滑坡地质灾害的发育规律。研究区大体上沿着雅鲁藏布江分布,这一区域基本上是沿活动构造分布,活动构造分布精度受区域构造研究程度的限制,且近断层区域都受到较强断层活动性的影响,加之整个研究区的调查对象是以大型地质灾害为主,因此,

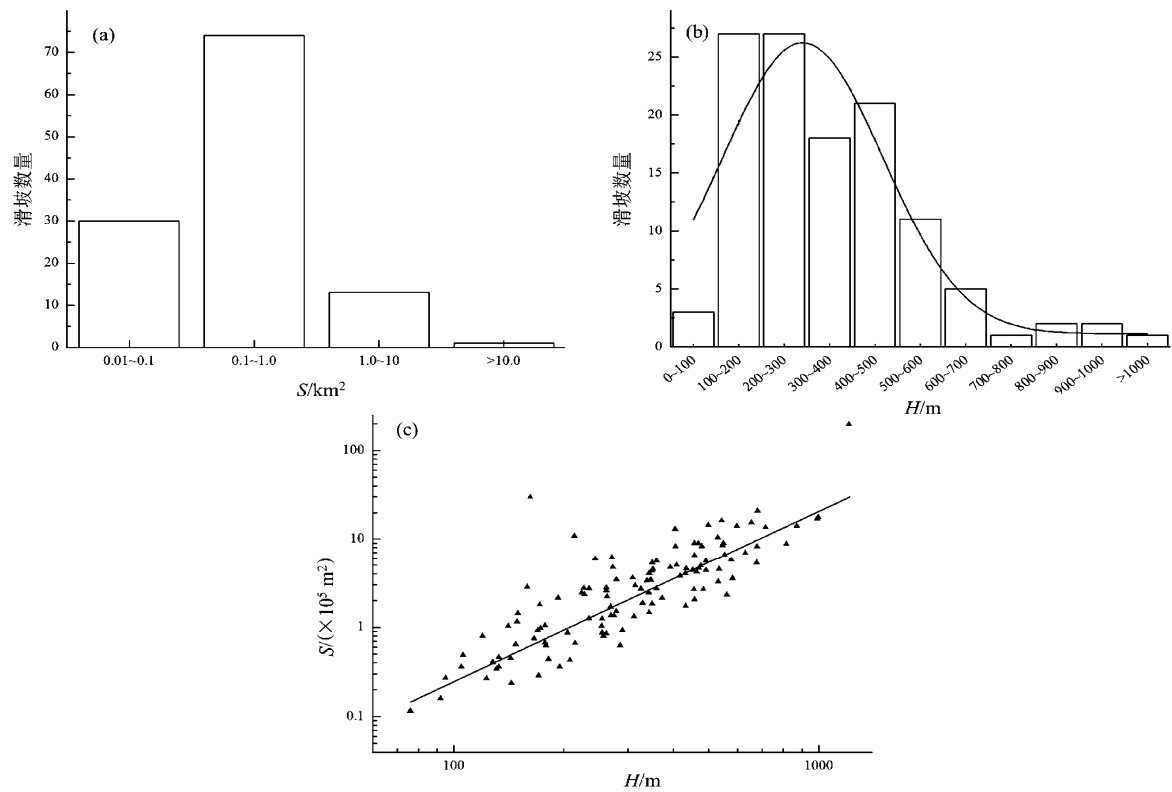


图4 沿线滑坡面积 (a)、高度 (b) 分布图及滑坡高度与面积的统计关系 (c)
Fig. 4 Distribution of landslide area (a), height (b), and statistical relationship between landslide height and area (c) along the line

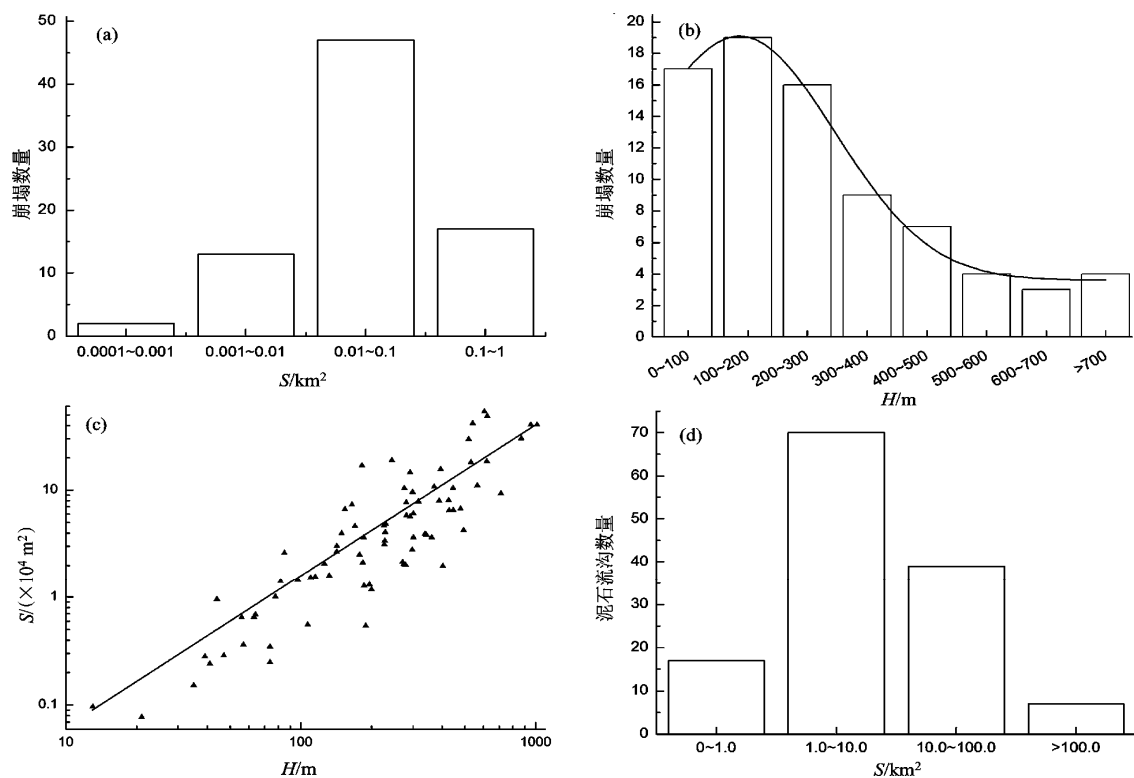


图5 沿线崩塌面积 (a)、高度 (b) 分布图, 崩塌体高度与面积的统计关系 (c) 及泥石流沟面积分布图 (d)
Fig. 5 Distribution of rock fall area (a), height (b), statistical relationship between height and area of the rock falls (c), and distribution of debris flow gully area (d) along the line

本文没有考虑活动构造对地质灾害的影响,仅选择高程、坡度、坡向、地层这4个地形与地质因子,统计其与地质灾害的关系。

研究区内高程范围是 3.53 ~ 6.08 km,按照 3.53 ~ 4.0, 4.0 ~ 4.5, 4.5 ~ 5.0, 5.0 ~ 5.5, 5.5 ~ 6.08 km 将高程范围分为 5 类,覆盖面积分别为 1 300, 1 105, 801, 451, 36 km²。统计每个因子内部的崩塌与滑坡的数量与密度。结果表明崩塌与滑坡多集中在 4.0 ~ 4.5 km (图 6a),该高程范围内崩塌与滑坡分别有 32 个与 66 个,其密度分别为 2.9 个/100 km² 与 5.97 个/100 km²。

坡度是影响地质灾害发生的一个常见的因子,其他条件相当情况下,坡度越陡,地质灾害越容易发生。根据研究区的 DEM 数据,利用 GIS 软件的空间分析功能得到研究区的坡度分布图 (图

6d)。研究区坡度范围是 0° ~ 84.5°,以 10°为间隔将研究区分为 0° ~ 10°, 10° ~ 20°, 20° ~ 30°, 30° ~ 40°, 40° ~ 50°, >50° 共 6 类,这 6 类坡度分级所占面积分别为 994, 727, 983, 785, 179, 26 km²。图 6b 展示了不同坡度分级内的崩塌与滑坡的数量与密度,结果表明崩塌与滑坡发生最多的坡度范围是 20° ~ 30°,分别是 35 与 48 个。崩塌与滑坡的密度与坡度的关系表现出不同的趋势。大体上崩塌密度随着坡度的增加而增加,崩塌密度最大的坡度范围是 40° ~ 50°,为 5.02 个/100 km²。滑坡密度总体上呈现出相反的趋势,其最大的坡度范围是 10° ~ 20°,为 5.64 个/100 km²。这可能是由于研究区位于高海拔地区,气候变化导致岩土体出现冻融现象使得在较缓的斜坡上容易发生滑坡,而在陡峭的斜坡上发生的多为崩塌。

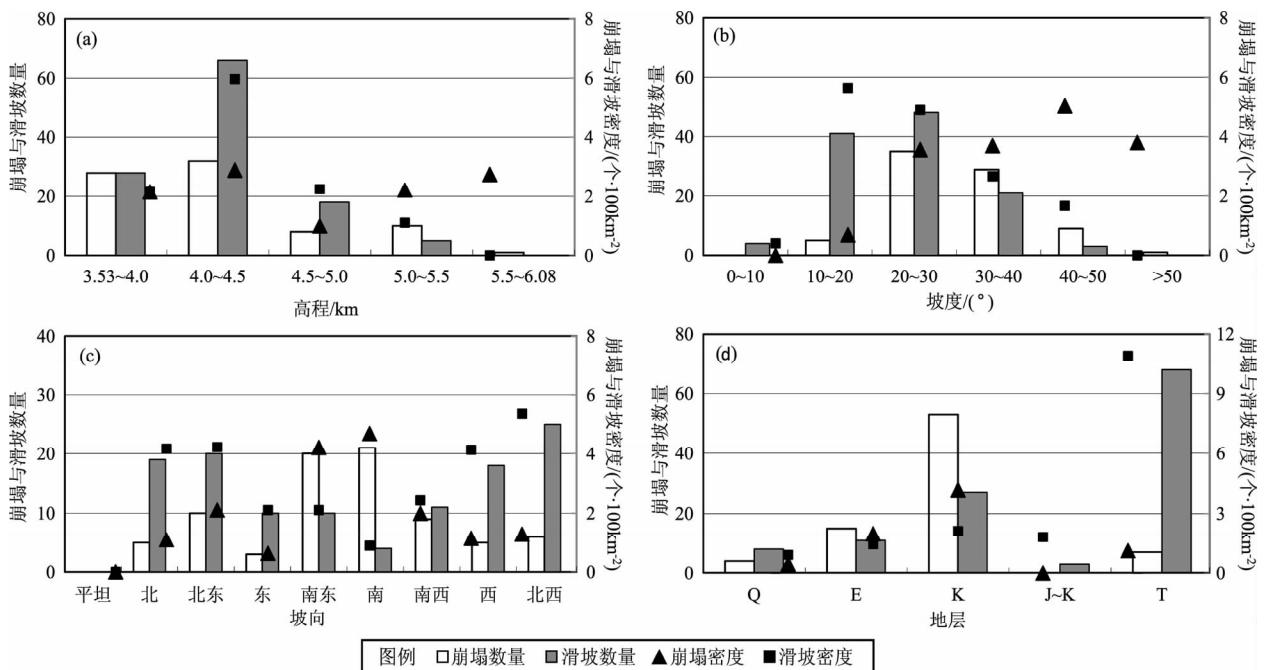


图 6 高程 (a)、坡度 (b)、坡向 (c)、地层 (d) 与崩塌、滑坡的统计关系

Fig. 6 Statistical relationship between elevation (a), slope angle (b), slope aspect (c) and stratigraphic (d) and landslides and rock falls

坡向也是影响地质灾害发生的一个主要因素,一方面不同坡向的斜坡上受到的光照与降雨强度不同,从而导致岩土体强度不同,另一方面区域主应力的方向与斜坡坡向的关系也会影响着崩塌与滑坡的发生。将研究区按照平坦、N, NE, E, SE, S, SW, W, NW 分为 9 类,覆盖面积分别为 14, 455, 474, 475, 475, 448, 451, 436, 466

km²。图 6c 展示了研究区内不同坡向分级内的崩塌与滑坡的数量与密度。崩塌数量最多的坡向为 S 向;滑坡数量最多的坡向为 NW 向,分别为 21 个与 25 个。崩塌与滑坡的密度在不同的坡向分级内有较明显的差异。崩塌密度最高的 2 个坡向为 SE 向与 S 向,分别为 4.21, 4.69 个/100 km²;滑坡密度最高的坡向为 NW 向,高达 5.36 个/100 km²。

地层是地质灾害发生的物质基础,决定着斜坡体的相关岩性及力学强度,进而影响着地质灾害的发生。研究区下伏地层与岩性从新到老有5类,分别为第四纪(Q)沉积物,古近纪(E)花岗岩与花岗闪长岩等,白垩纪(K)闪长岩与辉长岩等,侏罗纪—白垩纪(J—K)安山岩、砂岩、粉砂岩等,三叠纪(T)板岩与砂岩等。这5类地层所占的面积分别为872,755,988,450,629 km²。图6d展示了地层岩性与崩塌、滑坡数量与密度的统计关系。崩塌数量最多的地层为白垩纪(K),发育44处;滑坡数量最多的是三叠纪(T),发育72处。崩塌密度与滑坡密度最大的地层也分别在白垩纪(K)与三叠纪(T)地层,分别为4.45个/100 km²与11.45个/100 km²。

4 结论

本文利用高分辨率遥感影像目视解译,结合野外实地考察,对318国道拉萨—日喀则段沿线两侧各10 km区域开展了地质灾害调查与分析工作。得到以下结论:

(1) 沿线发育的79处崩塌中,面积在0.01~0.1 km²范围内的有47处,小于0.001 km²的崩塌体数量很少,只有2处,崩塌体自身高度大多集中在300 m以内,发育了52处,大于300 m的崩塌体数量与高度呈负相关性,崩塌体的面积与高度呈正相关性。

(2) 沿线滑坡体的面积峰值出现在0.1~1.0 km²范围内,发育了74处,滑坡的高度主要集中在100~300 m范围内,该高度范围内发育了54处滑坡体,高度大于300 m的滑坡数量随高度的增大逐渐衰减,滑坡体面积和高度呈正相关性。

(3) 研究区内面积在1~100 km²范围内的泥石流沟发育了109条,面积小于1 km²与大于100 km²的泥石流沟分别为17条和7条。

(4) 统计崩塌滑坡与高程、坡度、坡向、岩性的关系,结果表明崩塌多发生在4.0~4.5 km高程、20°~30°坡度、南坡向、白垩纪(K)地层中,滑坡多发生在4.0~4.5 km高程、20°~30°坡度、NE坡向、三叠纪(T)地层中。

本文为研究318国道拉萨—日喀则段两侧的地

质灾害发育特点与分布规律提供了科学参考,建议后续针对不同类型地质灾害开展专门的风险评价与工程地质工作,以避免或减少地质灾害可能造成的经济损失与人员伤亡。

参考文献:

- 邓起东. 2004. 中国活动断层分布图(1:400万)[M]. 北京:科学出版社.
- 邓起东,冉勇康,杨晓平,等. 2007. 中国活动构造图(1:400万)[M]. 北京:地震出版社.
- 郭佳宁,山克强,程捷. 2009. 藏东南地区滑坡发育规律分析[J]. 资源与产业,11(2):132-139.
- 焦国锋. 2013. 拉萨—日喀则铁路盆因拉隧道进口高边坡稳定性研究[J]. 铁道建设,(7):68-70.
- 欧阳华平. 2010. 遥感和GIS技术在西藏昌都县地质灾害调查与评价中的应用[D]. 长沙:中南大学.
- 彭建兵,马润勇,卢全中,等. 2004. 青藏高原隆升的地质灾害效应[J]. 地球科学进展,19(3):457-466.
- 强巴,钟建,张小刚. 2015. 西藏公路滑坡灾害治理工程的现状分析[J]. 西藏科技,(7):63-65.
- 孙妍,陈海云,张志,等. 2014. G318拉萨—日喀则沿线地质灾害分布规律及其影响因素[J]. 自然灾害学报,23(4):111-119.
- 汤明高,傅涛,张维科,等. 2012. 西藏G318典型地质灾害成因机制及防治对策[J]. 公路交通科技,29(5):30-36.
- 王永斌. 2009. 藏中南日喀则地区南木林县主要地质灾害类型浅析[J]. 甘肃地质,18(1):71-75.
- 王治华. 1999. 滑坡、泥石流遥感回顾与新技术展望[J]. 国土资源遥感,3(10):1-22.
- 谢程. 2008. 新建铁路青藏线拉萨至日喀则段峡谷区滑坡危害区划研究[J]. 甘肃科技,24(20):123-126.
- 许冲,徐锡伟. 2014. 21世纪初几次大地震事件触发滑坡基础数据建设[J]. 地震地质,36(1):90-104.
- 姚杰. 2011. 西藏地区国道318线泥石流灾害分析与防治措施[D]. 重庆:重庆交通大学.
- 于晓东. 2010. 拉萨至日喀则铁路地质灾害特征与防治措施浅析[J]. 甘肃科技,26(10):28-29.
- Dai Z L, Wang F W, Cheng Q R, et al. 2019. A giant historical landslide on the eastern margin of the Tibetan Plateau[J]. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 78(3):2055-2068.
- Ge Y G, Cui P, Zhang J Q, et al. 2014. Case history of the disastrous debris flows of Tianmo Watershed in Bomi County, Tibet, China: Some mitigation suggestions[J]. Journal of Mountain Science, 11(5):1253-1265.
- Wei R Q, Zeng Q L, Tim D, et al. 2018. Yuan Guangxiang, Wang Kaiyang, Xue Xinyu, Yin Qianfeng. Geohazard cascade and mechanism of large debris flows in Tianmo gully, SE Tibetan Plateau and implications to hazard monitoring[J]. Engineering Geology, 233:172-182.
- DD 2011—03, 遥感地质解译方法指南(5万、25万)[S].
- DZ/T 0261—2014, 滑坡崩塌泥石流灾害调查规范(1:50000)[S].

Characteristics and Developmental Laws of Geological Hazards along G318 Lhasa-Shigatse

FU Min^{1,2}, ZHAN Tao^{1,2}, XU Chong³, XIE Chao⁴

(1. 107 Geological Team, Chongqing Bureau of Geology and Minerals Exploration, Chongqing 401120, China)

(2. Chongqing Jiangbei Institute of Geo-Engineering Investigation, Chongqing 401120, China)

(3. Key Laboratory of Active Tectonics and Volcano, Institute of Geology, China Earthquake Administration, Beijing 100029, China)

(4. The Second Monitoring and Application Center, China Earthquake Administration, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract

Combine high-resolution remote sensing image visual interpretation technology with field investigation, we carried out detailed interpretation and investigation of collapse, landslide and debris flow within 10 km on both sides along G318 Lhasa-Shigatse and analyzed their characteristics and developmental regularities. Then we calculated the spatial distribution regularities of collapse and landslide according to the elevation, slope, aspect and stratum distribution of the study area. The result showed that there are 329 places of disasters categories, among which there are 79 collapses, 117 landslides, and 133 debris flows. There are 45 collapses with area in the range of 0.1 ~ 0.01 km², and the height of collapses is mainly within 300 m, while the collapses in the height of 300 ~ 700 m tends to decrease with height; 74 landslides with area in the range of 0.1 ~ 0.01 km² developed, including a giant landslide with an area larger than 10 km², and there are 54 landslides in the height within 100 ~ 300 m. There are 70 and 39 debris flows with area in the range of 1 ~ 10 km² and 10 ~ 100 km², respectively. Collapses mostly occur in the strata with the elevation of 4.0 ~ 4.5 km, the slope of 20° ~ 30°, south slope direction and Cretaceous (K). Landslides mostly occur in the strata with the elevation of 4.0 ~ 4.5 km, the slope of 20° ~ 30°, NE slope direction and Triassic (T).

Keywords: G318; Lhasa-Shigatse; south-central Tibet; geological hazards