

长白山北坡边坡危岩体形成机理及危险性评价

王洁玉,张以晨,汪 茜

(吉林省地质环境监测总站,吉林 长春 130021)

摘 要 :长白山地区近期地质构造、岩浆活动强烈,地壳不断上升,是我国地质灾害频繁发生的地区之一。通过对长白山北坡登山长廊上方边坡危岩体的分析,考虑崩塌形成的影响因素、崩塌类型,总结出崩塌变形破坏机理及流沙坡形成机理。根据地形、地貌以及岩体工程地质特征,对危险区进行分区评价,为治理提供科学依据。

关键词 :边坡危岩体;形成机理;危险性分区;长白山地区

0 引言

长白山是我国少数完整的巨型火山锥体之一,自然生态完整,具有较高的鉴赏和科研意义。1980 年,联合国教科文组织将长白山保护区归入联合国“人与生物圈”自然保护网。长白山地区自然资源丰富,地貌景观奇特,是驰名中外的旅游登山胜地。

长白山北坡登山长廊北起长白山温泉,中经长白山瀑布,上至长白山天池旁,是徒步攀登长白山天池最便捷的通道,也是目睹长白山自然风光的最佳线路。

由于长白山北坡登山长廊沿途地质构造复杂、新构造活动强烈,故以岩体崩塌为主的地质灾害频繁发生。因此,对长白山北坡登山长廊边坡危岩体的研究,可以最大限度地减少地质灾害对登山长廊的危害,保障游客的人身安全,并有利于对长白山景区的开发利用和保护^[1-4]。

1 地质灾害形成机理分析

1.1 影响因素

长白山地区是新生代火山岩发育地区,也是新构造运动活动极强烈地区,岩体结构面极其发育,既有火山岩形成过程中原生结构面,也有受地质构造影响的构造结构面。新构造运动使岩体中的内应力得到释放,改变了岩体中的应力状态,产生了两组裂缝。根据野外观察,裂缝走向北西,倾角 $70^{\circ} \sim 90^{\circ}$,裂隙宽度一般为 $20 \sim 30$ mm。该组结构面和其他性质结构面组合,极易形成不稳定结构体,从而形成崩塌。流砂坡岩体裂缝是由包裹着火山灰的玄武岩经风化形成,并逐步发展形成崩塌。其形成机理受如下几方面影响。

(1)地质构造和新构造运动

地质构造的特征就是使岩石的完整性、连续性遭受破坏。断裂(包括断层、节理和原生裂隙)是使岩体破碎、形成不稳定岩体的主要因素。新构造运动使本区地壳断续上升。长白山登山长廊上方岩体坡度为 75° ,形成了高大的临空面,是产生崩塌的决定因素。

(2)软弱结构体

白头山期火山岩在各喷发间歇阶段都有风化层形成。风化层性质软,易发生形变。由于软弱结构体变形,整个岩体应力场发生变化,软弱结构体上部岩体形成重力节理,产生崩塌,形成陡坡。软弱结构体往往位于陡坡脚下。对于陡坡来说,坡角部位是岩体应力最集中的地方,极易引起软弱结构体变形,造成新的崩塌。由于上述恶性循环,白头山期火山岩崩塌现象十分普遍,尤其沟谷以及河谷两岸更为发育。每个喷发阶段均形成一个陡坎,使白头山期粗面岩陡坎呈明显阶梯状分布。

(3)岩性

长白山登山长廊上方山体岩石主要特点为:各向异性明显、饱水系数大、易受冻害和其他物理风化。

(4)地貌

研究区高程在 2000 m 以上,谷坡陡峻,微地貌呈陡崖,是产生崩塌地质灾害的条件。

(5)气候

气候条件对崩塌影响最大的是大气降水以及气温 2 个方面。大气降水可使岩块之间的摩擦系数减小,增大了临空面岩体崩塌机会;还可以使已停留在倒石堆上的块石失去平衡,形成新的坠落体。本区气温低,温

差大,对长白山登山长廊上方岩体而言,其冻胀破坏极其严重。冻害使岩石裂隙不断加大,融冻后,岩块间的内聚力和摩擦系数减小,随融化深度加大,表层岩体的稳定性逐渐减小,以致形成崩塌。所以,较大规模的崩塌多发生在8~9月份,即融冻深度达到最大值的季节。

1.2 崩塌类型

长白山登山长廊上方山高坡陡,导致该区崩塌现象发育。根据野外调查资料,研究区的崩塌形式主要有坠落、错落两种,次为剥落式。

(1) 坠落式崩塌

坠落式崩塌主要发生在高陡边坡的前缘,失稳岩体垂直下落。根据边坡岩体结构特征,坠落式崩塌又分为两种。一种是被结构面分离出的岩体在重力、地下水、冰胀力、风等作用下失稳,坠落于坡下。该类型崩塌形成的机理是:岩体中结构面将部分岩体分离出来,尤其是陡倾结构面在重力、地下水、冰胀作用下张开程度逐渐增大,岩体的稳定性逐渐下降,雨季在地下水压力作用下失稳坠落。另一种是斜坡前缘被近直立结构面切割成的板状、柱状岩体,在重力作用下发生向坡外弯曲,导致结构面变成上宽下窄形状,使水等风化营力更易进入岩体,在重力、水压力及冻胀力作用下,弯曲变形逐渐加剧。粗面岩属脆性岩石,抗折能力较小,致使板柱状岩体被折断,而坠落于坡下。当岩体中存在一些缓倾角结构面时,岩体抗折能力更小,几乎为零,更容易发生崩塌。

(2) 错落式崩塌

错落式崩塌是指失稳岩体沿直立结构面垂直下落的一种崩塌类型。根据边坡岩体结构特征,这类崩塌又分为软弱基座型和压裂型。

软弱基座型崩塌是研究区崩塌的主要形式。软弱基座是指粗面岩中的凝灰岩夹层,强度较低,由于粗面岩中裂隙发育,地下水沿裂隙向下运动。在地下水的浸泡下,凝灰岩强度降低,变形性增大。被水长期浸泡的凝灰岩在上覆岩体压力作用下,发生压缩变形,并导致上覆粗面岩中裂隙扩展或粗面岩岩体发生向下位移。斜坡表面的凝灰岩,受风化剥蚀及地下水侵蚀作用被掏空,失去对上覆岩体的支撑。在上述作用下,凝灰岩上覆岩体发生崩塌。

(3) 剥落式崩塌

剥落式崩塌是指具有片状或层状结构的岩体,斜坡表面部分的岩体在重力或地下水作用下向坡下撒落的现象。片状或薄层状岩体在温度、地下水等风化营力

作用下逐渐裂开,由于其质量小,产生的摩擦力小,稳定性很差,受雨水冲刷或风的作用脱离母岩,撒落于坡下。这种岩崩一般规模较小。

1.3 崩塌变形破坏机理

研究区发生的崩塌与岩体结构特征密切相关。因此,为了正确评价岩体边坡的稳定性,必须了解岩体结构特征,找出其变形破坏的发展规律。

研究区边坡岩体中发育有多种成因的结构面,这些结构面及其组合,不仅控制了岩体破坏的形式、规模,而且对边坡的稳定性也起控制作用。根据调查资料,该地区边坡岩体中主要有原生、构造和次生3种成因结构面。原生结构面主要指粗面岩在成岩过程中形成的节理,尤其是柱状节理。柱状节理具有张开、无填充、表面粗糙、倾角近直立的特征,在平面上表现为不等的五边形相连,在空间上表现为五边柱排列(图1)。

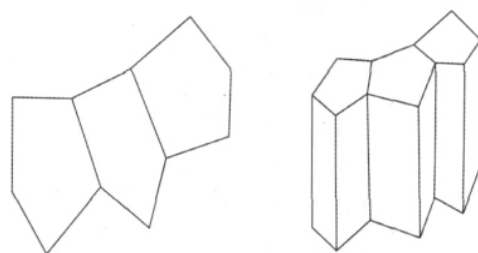


图1 柱状节理示意图

Fig. 1 Sketch of columnar joint

原生、构造和次生3种结构面的发育,破坏了岩体的稳定性,降低了边坡稳定性。结构面的组合控制了边坡变形破坏类型以及规模,为崩塌的发展奠定了基础。

1.4 流砂坡形成机理

长白山登山长廊上方地层主要为紫红色玄武质熔结火山角砾岩、灰黑色玄武质熔结角砾岩。其由火山灰胶结,疏松易碎。登山长廊上方流砂坡区,玄武质熔结角砾岩抗风化能力差,风化速度快,表层岩体在重力、地下水、冰胀力、风等作用下失稳,以崩塌形式脱落。坡体表面出露有黄褐色火山灰。由于在构造运动中岩体中的内应力得到了释放,改变了岩体中的应力状态,形成边坡危岩体,从而形成不稳定的流砂坡。

根据对观光路线岩石的力学性质试验研究,总结出影响岩体稳定性因素如下:一是岩石横波波速与纵波波速相差很大,说明其力学性质各向异性明显,抗风化能力差;二是从岩石的水理性质来说,岩石的饱水系数高达0.97,超过冻害影响临界饱水系数(0.87),说明该类岩石极易受冻害影响;三是岩石的软化系数为

0.85~0.89 ,平均 0.86 ,对岩石的稳定性也不利.

2 地质灾害危险性分区

根据地形地貌以及岩体工程地质特征,将长白山登山长廊上方岩体进行稳定性分区,分区标准如表 1.

表 1 工程地质条件分区说明表
Table 1 Division of engineering geological conditions

岩体稳定性分区		岩土类型	分区依据
不 稳 定 区 ()	极不稳定亚区 (1)	坚硬岩石	陡崖高度大于 100 mm ,山体坡度大于 70° ,裂隙宽度大于 10 mm ,裂隙率大于 8% ,陡崖底部有软弱结构体
		松散岩土	倒石堆顶部坡度大于 40° ,为危岩体坠落区
	很不稳定亚区 (2)	坚硬岩石	陡崖高度大于 100 mm ,山体坡度大于 70° ,裂隙宽度小于 10 mm ,裂隙率 2%~8% ,陡崖底部有软弱结构体
		松散岩土	倒石堆中上部 ,高差 50~100 m ,坡度 30~35° ,由碎石以及块石组成
	不稳定亚区(3)	松散岩土	倒石堆中下部 ,高差 30~50 m ,坡度 20~30°
	稳定区()	坚硬岩石	地面平缓 ,裂隙宽度小于 1 mm ,裂隙率小于 2% ,且多为原生节理
		松散岩土	地形比较平坦

根据表 1 分析确定,登山长廊上方岩石裂缝周围为不稳定区,并进一步分为极不稳定亚区(1)和很不稳定亚区(2)(见图 2).

据吉林省长白山景区管理有限公司资料,2007 年 8 月 1 日长廊上方出现崩塌,给百余名游客带来安全威胁.据《中国地调局滑坡崩塌泥石流灾害详细调查规范》中地质灾害与危害程度分级标准(如表 2),对于岩石裂缝周围极不稳定亚区(1),其崩塌本身危险性

表 2 地质灾害灾情与危害程度分级标准
Table 2 Grading standard of geological disaster and damage

灾害危险 程度分级	死亡人数	受威胁人数	直接经济 损失/万元
危险性小	<3	<10	<100
危险性中等	3~10	10~100	100~500
危险性大	10~30	100~1000	500~1000
危险性特大	>30	>1000	>1000

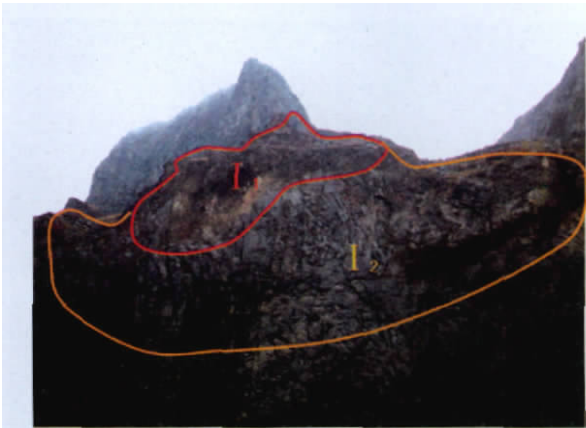


图 2 长廊上方边坡危岩体地质灾害分区图
Fig. 2 Division of geological hazard of dangerous rock mass on the slope

大,崩塌过程如图 3.但是,由于长廊的保护作用,大大降低了其危险性.该区由于崩塌而形成了流砂坡.流砂是粗面岩中的一种软弱夹层,因此,引起整体滑坡的可能性小,其灾害的主要表现形式仍为崩塌.综上所述,极不稳定亚区(1)形成的地质灾害危险性为中等.

对于很不稳定亚区(2),其具有一定的危险性,但是由于其下方有三道挡墙,而且行人从长廊通过,因此其带来的危险性为小,崩塌过程见图 4.

3 小结

长白山地区崩塌灾害较为严重,通过对研究区内地质灾害形成机理进行分析,对其进行稳定性分区.

(1)极不稳定亚区(1):崩塌本身危险性大,但是由于长廊防治工程的保护作用,大大降低了危险性.因此其形成的地质灾害危险性为中等.

(2)很不稳定亚区(2):具有一定的危险性,但是由于其下方有三道挡墙,而且行人从长廊通过,因此其

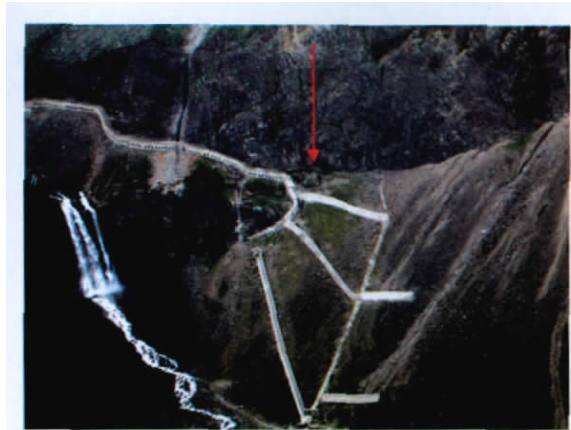


图 3 极不稳定亚区岩石崩塌过程
Fig. 3 Process of rockslide in extremely unstable sub-area

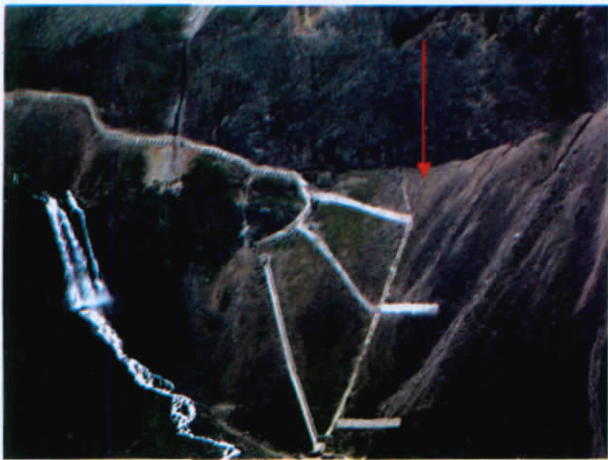


图 4 很不稳定亚区岩石崩塌过程

Fig. 4 Process of rockslide in very unstable sub-area

形成的危险性为小.

(3)崩塌地质灾害不仅恶化了自然生态环境,而且

给人民生命财产和旅游事业造成重大损失,有必要对长白山天池地区崩塌地质灾害进行治理.应该重点加强对危岩体的监测工作,并加强管理,例如,在阴雨天气对长廊进行暂时封闭,制定完善的管理制度,引导行人按制定路线行走等^[5].

参考文献:

- [1]李继泰,杨清福.长白山天池全新世以来的火山喷发与灾害风险初探[J].东北地震研究,1992(3).
- [2]孙平,王钢城,曹炳兰.长白山旅游区泥石流灾害研究[J].世界地质,2002(2).
- [3]王慧,曹炳兰.长白山旅游区崩滑形成影响因素研究[J].世界地质,2004(1).
- [4]孙道玮,陈田,姜野.长白山自然保护区的旅游资源综合开发与生态环境保护措施[J].东北林业大学学报,2005(5).
- [5]宁智,张琦,等.高边坡设计与加固问题讨论[J].地质与资源,2005(3).

MECHANISM ANALYSIS AND RISK ASSESSMENT OF THE DANGEROUS ROCK MASS IN THE NORTHERN SLOPE OF CHANGBAI MOUNTAIN

WANG Jie-yu, ZHANG Yi-chen, WANG Qian

(Jilin Geological Environment Monitoring Station, Changchun 130021, China)

Abstract: The Changbai Mountain area, with intense geological movement, active magmatism and continuously rising crust, is a region where geological hazards occur frequently. By analysis on the dangerous rock mass above the tourist corridor on the northern side of Changbai Mountain, considering the influencing factors and types of collapse, this paper summarizes the deformation mechanism of the collapse and the formation mechanism of quicksand slope. Based on the topography, geomorphology and engineering geology of the rock mass, the dangerous zones are divided, with assessment for the risk of geological hazards, which provides a scientific basis for the treatment of the potential geological hazards.

Key words: dangerous rock mass in slope; mechanism analysis; Changbai Mountain area; division of geological hazard

作者简介:王洁玉(1962—),女,吉林省长春市人,高级工程师,1983年毕业于长春地质学院水工系,主要从事水文、工程、环境地质研究工作,通信地址 吉林省长春市建设街 2838 号 邮政编码 130021.