

水工环地质

鲁中南地区岱崮地貌崩塌地质灾害防治对策研究

陈孝峰¹,朱晓林²,王玉峰^{1*},李卫洲¹,刘美娟³,刘子松⁴,刘伟¹,刘然¹,郭立帅¹

(1.山东省第七地质矿产勘查院,山东临沂 276006;2.临沂第三中学,山东临沂 276000;3.沂水县自然资源和规划局,山东临沂 276400;4.临沂市自然资源和规划局,山东临沂 276000)

摘要:本文阐述了鲁中南地区岱崮地貌崩塌地质灾害的成因与过程,指出了该类地质灾害具有崩塌体块度大、速度快、冲击力强、影响距离远、愈向下影响范围愈大等典型特征。在此基础上,总结提出了滚石拦截、危岩体清理、崮顶加固、支撑嵌补及坡体绿化等针对性防治措施。同时,建议加强监测预防,及时查明崮顶边缘底部悬空区、崮顶裂缝发育程度、崮体边缘危岩体分布等状况,最大程度防范崩塌地质灾害的发生。

关键词:岱崮地貌;崩塌特征;地质灾害;防治对策;鲁中南地区

中图分类号:P28 文献标识码:A doi:10.12128/j.issn.1672-6979.2024.08.002

引文格式:陈孝峰,朱晓林,王玉峰,等.鲁中南地区岱崮地貌崩塌地质灾害防治对策研究[J].山东国土资源,2024,40(8):11-16. CHEN Xiaofeng, ZHU Xiaolin, WANG Yufeng, et al. Study on Prevention and Control Measures of Geological Disasters in Daigu Landform in the Central and Southern Regions of Shandong Province[J]. Shandong Land and Resources, 2024, 40(8): 11-16.

0 引言

崮形地貌是继丹霞地貌、岩溶地貌、张家界地貌及嶂石岩地貌之后,中国第五大岩石地貌景观^[1-2]。作为一种特色的旅游地质资源,崮形地貌具有重要的经济价值、文化价值和地学研究价值^[3-7]。由于该地貌在蒙阴县岱崮地区分布较为典型且集中,故又被称为岱崮地貌。以往围绕岱崮地貌的成因演化、开发利用价值等方面进行了一定程度研究^[1,3,5,8-11],如安仰生等^[10]以抱犊崮为例对鲁中南岱崮地貌的成因演化进行了研究;周莹等^[9]分析了岱崮地貌的时空分布和发育规律,对岱崮地貌进行了价值评价,并提出了可持续发展建议;储皓等^[12]对包括岱崮地貌在内的沂蒙山区地质遗迹保护模式进行了探讨,针对存在的游客激增与地质遗迹保护矛盾、山区地质灾害预防等问题提出了应对措施和保护建议^[12]。

然而,以往对于岱崮地貌地质灾害防治方面的

研究相对较少,特别是对岱崮地貌崩塌地质灾害的防治措施研究较为欠缺。本文在近年来岱崮地貌崩塌地质灾害防治工作的基础上,结合其他类型崩塌灾害防治措施^[13-17],总结提出了针对岱崮地貌崩塌地质灾害的防治技术方法和经验做法,以期为该类地质灾害的及时有效防治和该地貌景观的长期开发利用提供参考性建议。

1 地质特征

岱崮地貌主要分布在枣庄东北部、临沂西北部、潍坊西南部及淄博东南部的鲁中南地区,依据其分布集中程度和形态典型程度,大致可划分为3个区:核心区、典型区和边缘区^[2]。核心区指蒙阴县岱崮镇一带30多个典型崮体的集中分布区域。典型区是指崮体较密集、形态较典型的区域,以蒙山山脉为界^[2],典型区可细分为2个小区,其一分布在蒙阴、沂水和沂源地区,其二分布在费县、平邑及枣庄山亭地区。边缘区是指典型区外围,崮体的数量逐渐变

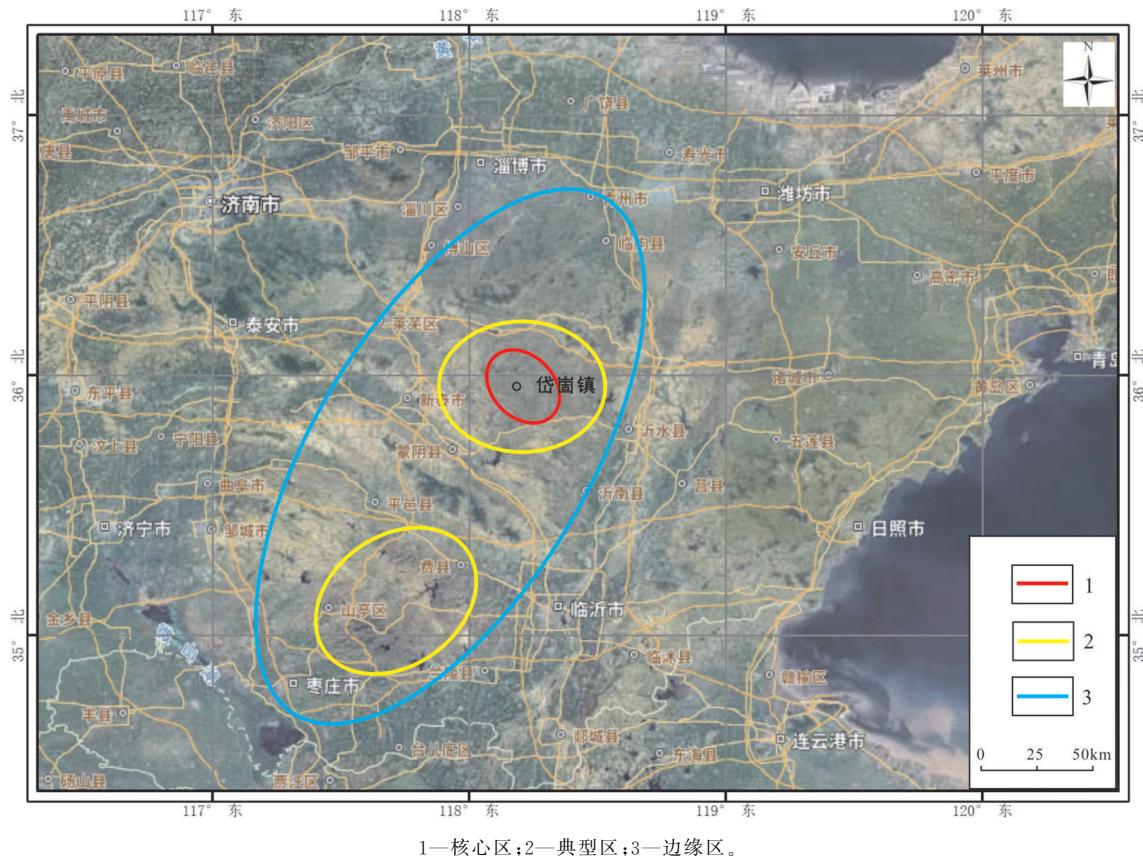
收稿日期:2024-02-21;修订日期:2024-03-28;编辑:陶卫卫

作者简介:陈孝峰(1984—),男,山东沂水人,工程师,主要从事地质灾害调查研究工作;E-mail:499094970@qq.com

*通讯作者:王玉峰(1987—),男,山东莒县人,高级工程师,主要从事地质灾害调查研究工作;E-mail:wangyufeng792@163.com

少,形态不再典型的区域,大致范围除核心区和典型区外,西到泗水、东到莒县、西南到枣庄、东北到安

丘、临朐和青州等地的广大区域(图 1)。



1—核心区;2—典型区;3—边缘区。

图 1 鲁中南地区岱崮地貌分布图

岱崮地貌的显著特征是顶部平坦开阔,四周陡直峭立,下部坡度渐缓^[8]。崮体可分为上、下两部分(图 2),崮体上部为厚层状灰岩,一般为寒武纪张夏组下灰岩段^[3,8],岩石硬度大,抗风化能力强;崮体下部多为寒武纪馒头组紫红色泥页岩、粉砂岩夹薄层灰岩,抗风化能力较差,在长期外动力作用下,形成坡度较缓的锥形底座。

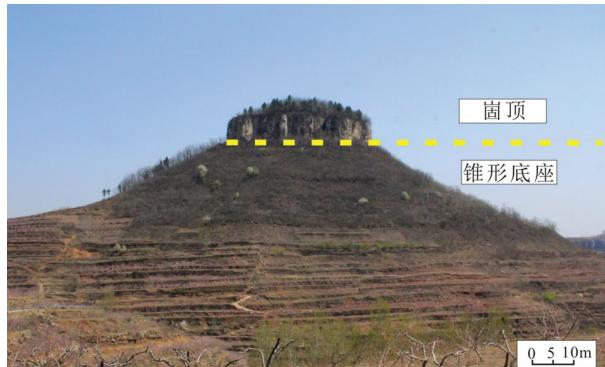
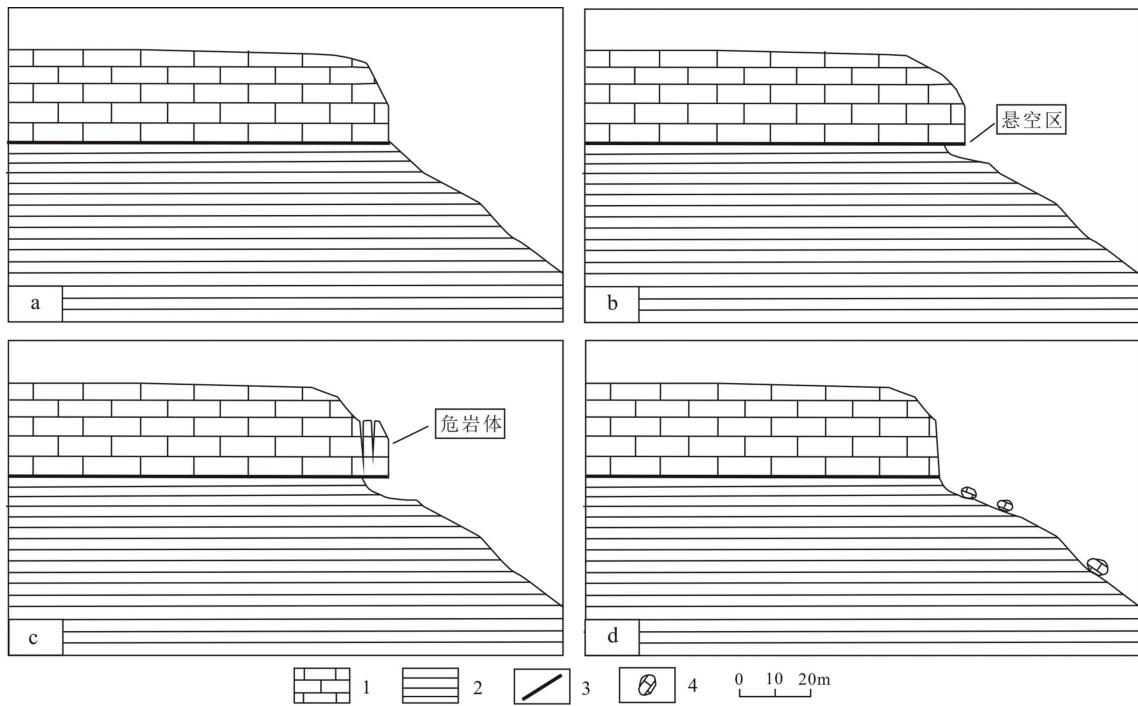


图 2 典型岱崮地貌结构图

2 崩塌形成过程

正常状况下,以页岩等软弱岩层为支撑,崮顶厚层灰岩相对稳固(图 3a)。然而,由于软弱岩层抗风化侵蚀能力弱,与崮顶坚固岩层的差异风化作用明显,在长期风化、流水等外力作用下,崮顶底部边缘的软弱岩层不断被侵蚀掏空,顶部坚固岩层悬空(图 3b)。由于缺乏持力层,在重力作用下,崮顶边部开始发育垂直节理,随着时间推移,节理面扩大,形成岩石裂隙,危岩体随之发育(图 3c)。随着裂隙扩大,崮顶边部岩层开始发生倾斜,致使边缘碎石块摆脱崮顶开始崩落,形成崩塌前兆。随着裂隙进一步发育,体积较大的危岩体开始摆脱母岩,形成崩塌地质灾害(图 3d)。由于崮顶地貌陡峻,岩石体积大,如因发生崩塌而缺失,很难再恢复原貌^[2]。



a—正常崮形地貌;b—悬空区发育;c—危岩体形成;d—崩塌发生;1—灰岩;2—页岩;3—岩性界线;4—滚石。

图 3 岱崮地貌崩塌地质灾害形成示意图

3 崩塌地质灾害特征

崩塌是岱崮地貌最主要的地质灾害类型^[18],岱崮地貌作为中国第五大岩石地貌景观,一旦发生崩塌,将严重破坏崮形地貌景观原状,影响其美学价值和经济、文化价值。按崩塌破坏方式,崩塌一般可分为滑移式、倾倒式和坠落式,岱崮地貌崩塌属于坠落式崩塌。相较于一般的岩土体崩塌,岱崮地貌崩塌地质灾害具有显著的特征:

(1)崩塌体硬度高、块度大。岱崮地貌崩塌主要为岩石崩塌^[19],由于崩塌体多为寒武系灰岩,岩石坚硬且厚度大,受边缘垂直节理影响,形成的滚石块度较大^[20],直径可达十余米,重量可达上千吨。

(2)崩塌体滚落速度快、冲击力强。崩塌点发生在崮顶,随后崩塌体沿底座斜坡滚动,由于相对高度大,块度大,滚动距离长,崩塌体冲击力强,破坏力大^[21],对崮体下部的房屋、农田及农作物毁坏较大。特别是滚石滚落速度快,对崮体下部生活或作业的人们造成较大的人身安全威胁。

(3)崩塌影响距离远、愈向下影响范围愈大。岱崮地貌崩塌地质灾害影响的区域一般呈夹角较小的扇形(图 4)。自崮顶至锥形底座底部,距离可达数

百米,随着崩塌影响距离增加,且自上而下,崩塌影响的宽度范围越来越大。因此,愈是往崮体底部,防范崩塌地质灾害风险的压力并没有降低。

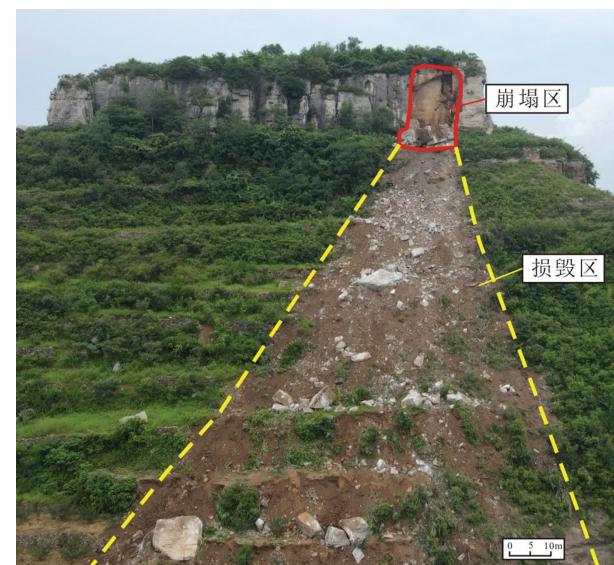


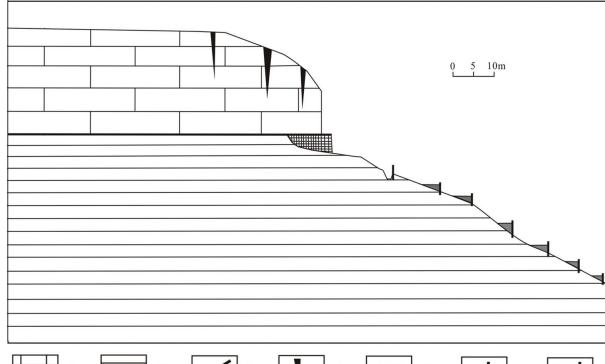
图 4 岱崮地貌崩塌损毁分区图

4 崩塌防治对策

4.1 滚石拦截

滚石是崮体岩石崩塌最危险的因素^[22],为防止

偶发性的岩块崩落,或治理过程中产生的碎石滚落,宜在崮体下部适当部位修筑落石槽、拦石墙等滚石拦截工程^[17](图 5、图 6a)。拦截工程适用于坡度小于 25°~35°,且地表有一定宽度平台的中、小型崩塌。



1—灰岩;2—页岩;3—岩性界线;4—裂缝灌浆;5—混凝土嵌补;
6—落石槽、拦石墙;7—浆砌石坎。

图 5 岱崮地貌崩塌防治工程示意图

由于滚石滚落速度主要与坡度、滚动距离有关,拦截工程宜布置在崮顶下 50 m 以内,且坡度相对较缓处。浆砌落石槽应环绕崮顶布置,底宽不宜小于 1 m。施工时,槽底可增加钢筋,以提高稳固性。浆砌拦石墙砌筑在落石槽外缘(图 6a),宜充分利用山坡上落石修筑,尽量减少对坡体岩土层的松动和破坏。落石槽内宜预先填置碎石土作为缓冲层,以免拦石墙遭受滚石冲击。

崮体斜坡中下部宜砌筑多级石坎(图 5、图 6b),在降低滚石滚落速度的同时,降低斜坡之上软弱岩土体的外力侵蚀。石坎宜采用浆砌方式砌筑,根据基底稳固性,预先砌筑适宜厚度的基础。石坎顶部宽度不宜小于 60 cm,其他设计参数应结合地基承载力验算结果进行确定。石坎内底部宜填置石块、粗砂作为滤水层,并在石坎中预先埋置滤水管。

另外,在崮体斜坡底部有公路经过的上方,可根据崩塌危险程度,设置防护网或棚洞,以防范偶发性滚石带来的伤害。

4.2 危岩体清理

危岩体主要是由于崮顶边部垂直裂隙发育产生的,是引起崩塌灾害最直接的因素。对于大部分已脱离母岩的岩体,应及时清理卸载。清理时,宜采用人工配合静态爆破方式^[16],且应有防止危岩体滚落

的措施,以免引起对崮体下方人身财产造成的损害。

4.3 崛顶加固

崮顶岩石裂缝是崩塌发生的前提条件和识别标志。对于尚未完全脱离母岩的边部岩块,可采用锚索锚固的方式进行主动加固(图 7a)。同时,应对裂隙上部进行封闭处理,防止流水、碎石土的灌入,引起缝隙的进一步扩大。对于较小的岩石裂缝,可采取灌注水泥浆液进行胶结(图 7b),考虑到水泥的胶结强度和耐久性,水泥标号不宜低于 425#。

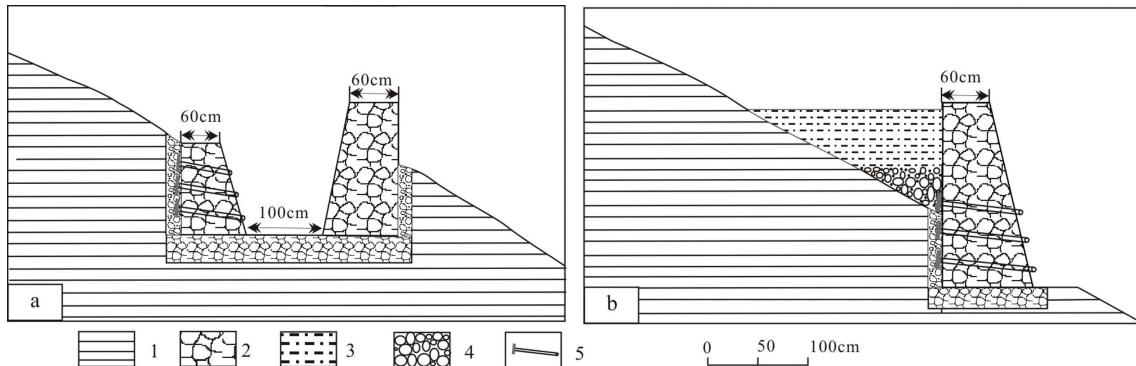
4.4 支撑嵌补

支撑嵌补通过填充边部悬空区,增强持力层,是维持崮顶岩石稳固的一项重要措施,可采用块石砌筑或钢筋混凝土浇筑的方式进行。由于岱崮地貌底部一般为页岩、薄层粉砂岩等软弱岩层,为防止底部继续被侵蚀掏空,宜采用钢筋混凝土的方式进行支撑嵌补。嵌补工程应在稳定的基岩上进行,主要工作流程包括立模、加筋、浇筑及拆模等(图 7c、图 7d)。

4.5 坡体绿化

崮体发生崩塌主要是由于崮顶坚硬岩石与底座软弱层的差异性风化作用造成的。加强对底座软弱岩层的保护,缩小差异性风化作用,是保护崮形地貌、预防崩塌地质灾害发生的关键。开展坡体绿化,加强坡体防护,是一项重要防治举措。特别是崮顶下方,包括对悬空区域进行支撑嵌补的区域,应加强植被绿化,做好水土保持,降低风化侵蚀作用,防止悬空区发育,保障崮顶岩石和支撑嵌补工程的持久稳固。除此之外,加强坡体绿化,还可形成保护屏障,降低落石速度和破坏程度,减小影响范围。

总之,崩塌防治是一项综合性、系统性工程。除以上治理措施外,还应要加强崩塌地质灾害监测,充分利用高分辨率卫星遥感、无人机航测等先进技术^[23],定期观察记录崮顶裂缝发育程度,详细查明危岩体分布状况,及时发现崮顶底部悬空区,加强对崩塌前兆的识别,做到早发现、早治理,尽可能防止崩塌地质灾害的发生。同时,要提高崮区人民群众的防范意识^[24],有针对性地开展防灾逃生演练,最大程度消除崩塌地质灾害对人民群众生命财产带来的损害。



a—落石槽、拦石墙;b—浆砌石坎;1—页岩;2—浆砌挡墙;3—石坎内填土;4—卵石层;5—滤水垫、排水管。

图 6 滚石拦截工程施工横断面图



a—锚索锚固;b—裂隙胶结;c—支撑嵌补施工;d—嵌补体成型。

图 7 岱崮地貌崩塌防治工程施工图

5 结论

(1)本文总结指出鲁中南岱崮地貌主要分布在枣庄东北部、临沂西北部、潍坊西南部及淄博东南部等地区,依据其分布集中程度和形态典型程度,将其划分为核心区、典型区和边缘区。其中蒙阴县岱崮地区作为核心区,该类型地貌分布最为密集,特征也最为典型。

(2)文中阐述了岱崮地貌崩塌地质灾害的成因机制和发育过程。岱崮地貌由崮顶和锥形底座组成,由于底座为页岩、薄层粉砂岩等软弱岩层,易受风化剥蚀形成悬空区,崮顶坚硬岩层失去支撑,随之发育垂直裂隙。随着裂隙进一步扩大,崮顶岩石裂解崩落,形成崩塌地质灾害。

(3)总结指出鲁中南地区岱崮地貌崩塌地质灾

害具有崩塌体块度大、硬度高、崩落速度快、冲击力强、崩塌影响距离愈远影响范围愈大等典型特征。

(4)基于崩塌发育过程和灾害特征,提出了岱崮地貌崩塌地质灾害的主要治理措施,包括滚石拦截、危岩体清理、崮顶加固、支撑嵌补及坡体绿化等。同时,建议加强监测预防,及时查明崮顶底部悬空区、崮顶裂缝发育程度、崮体周边危岩体分布状况,加强对崩塌地质灾害前兆的识别,做到早发现早治理,有效防范崩塌地质灾害可能造成的损害。

参考文献:

- [1] 丁新潮,徐树建,倪志超.山东岱崮地貌研究综述[J].山东国土资源,2014,30(11):32-35.
- [2] 李存修.岱崮地貌发现记[M].济南:山东友谊出版社,2014:1-326.
- [3] 杜圣贤,张瑞华,张贵丽,等.山东张夏—崮山地区华北寒武系标准剖面上寒武统研究新进展[J].山东国土资源,2007,23(10):1-6.
- [4] 米丽,李纲,孙倩蓉,等.基于游客满意度调查的枣庄抱犊崮景区高质量发展研究[J].枣庄学院学报,2023,40(5):77-87.
- [5] 张伟,金秉福,陈扬,等.沂蒙山国家地质公园地质旅游资源评估研究[J].山东国土资源,2019,35(4):42-50.
- [6] 李磊.熊耳山—抱犊崮国家地质公园旅游资源特征分析[J].枣庄学院学报,2005,22(2):109-112.
- [7] 厉建梅.文旅融合下文化遗产与旅游品牌建设研究:以山东天上王城为个案[D].济南:山东大学,2016:1-220.
- [8] 蔡胤璐,武法东,韩晋芳,等.沂蒙山世界地质公园岱崮地貌特征、成因及演化[J].现代地质,2023,37(4):1065-1074.
- [9] 周莹.沂蒙山地质公园岱崮地貌研究[D].北京:中国地质大学(北京),2016:1-58.
- [10] 安仰生,张旭,孙茂田,等.鲁中南岱崮地貌的成因及演化:以抱犊崮为例解析[J].山东国土资源,2010,26(增刊1):9-11.
- [11] 王世进,万渝生,张增奇,等.山东省主要地质遗迹形成时代及分布特征[J].山东国土资源,2013,29(2):1-12.

- [12] 储皓,武法东.沂蒙山地质公园地质遗迹保护模式探讨[J].中国人口·资源与环境,2017,27(增刊2):186-188.
- [13] 李添,王秀凤,魏海东,等.崩塌地质灾害防治示范应用:以济南章丘北明村东崩塌点为例[J].山东国土资源,2022,38(9):50-55.
- [14] 秦泗伟,吴博.山东省日照市挪庄村崩塌地质灾害治理工程分析[J].山东国土资源,2024,40(2):23-26.
- [15] 程凤,焦玉国,周超,等.泰安市崩塌、滑坡、泥石流发育特征及防治对策浅析[J].山东国土资源,2022,38(2):47-51.
- [16] 尹明泉,王治良,王建收.青岛市崂山风景区崩塌地质灾害治理方法探讨:以大平崖崩塌人造景观石治理为例[J].山东国土资源,2010,26(10):35-39.
- [17] 刘传正.重大地质灾害防治理论与实践[M].北京:科学出版社,2009:180-223.
- [18] 高峰,孟凡奇,张丽霞,等.山东省地质灾害调查工作回顾与展望[J].山东国土资源,2022,38(10):35-41.
- [19] 姚春梅,魏嘉,张晔,等.山东省山丘区地质灾害发育现状与防治[J].中国人口·资源与环境,2016,26(增刊2):365-368.
- [20] 郭建峰,傅鹤林,周宇.块体理论在潜在崩塌体稳定性分析中的应用[J].中国地质灾害与防治学报,2006(3):14-17.
- [21] 姚春梅,杨全城,高峰,等.山丘区突发性地质灾害发育与地形地貌相关性分析[J].中国人口·资源与环境,2015,25(增刊1):396-399.
- [22] 高峰,林存菊,于德杰.山东省山丘区地质灾害特征[J].山东国土资源,2014,30(8):42-46.
- [23] 刘汉龙,马彦彬,仇文岗.大数据技术在地质灾害防治中的应用综述[J].防灾减灾工程学报,2021,41(4):710-722.
- [24] 罗元华.关于地质灾害研究、勘查与防治工作的若干建议[J].中国地质灾害与防治学报,1994(增刊1):393-395.

Study on Prevention and Control Measures of Geological Disasters in Daigu Landform in the Central and Southern Regions of Shandong Province

CHEN Xiaofeng¹, ZHU Xiaolin², WANG Yufeng¹, LI Weizhou¹, LIU Meijuan³, LIU Zisong⁴, LIU Wei¹, LIU Ran¹, GUO Lishuai¹

(1. No.7 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Linyi 276006, China; 2. Linyi Third Middle School, Shandong Linyi 276000, China; 3. Yishui Bureau of Natural Resources and Planning, Shandong Linyi 276400, China; 4. Linyi Bureau of Natural Resources and Planning, Shandong Linyi 276000, China)

Abstract: In this paper, the causes and processes of geological disasters caused by the collapse of Daigu landform in the central and southern regions of Shandong province have been analyzed. It is pointed out that this type of geological disaster has typical characteristics, such as large block size, fast speed, strong impact force, long impact distance, and larger impact range as it moves downwards. On this basis, prevention and control measures have been summarized and proposed, such as construction rock interception engineering, dangerous rock body cleaning, reinforcement of fractured rock mass, support embedding, and slope greening. At the same time, monitoring and prevention should be strengthened, the suspended area at the bottom of the top edge of the mountain, the degree of crack development at the top of the mountain, and the distribution of dangerous rock masses at the edge of the mountain should be timely identified in order to prevent the occurrence of collapse geological disasters to the greatest extent possible.

Key words: Daigu landform; collapse characteristics; formation process; prevention and control measures; central and southern regions of Shandong province