中国云台山世界地质公园地质灾害特征及防治对策

孙越英[1], 樊克锋[2]
(1. 河南省地质矿产勘查开发局 第二地质队, 河南 焦作 454002;
2. 河南省地质调查院, 郑州 450007)

摘 要: 云台山世界地质公园地质环境条件比较复杂, 园区内以崩塌、滑坡为主的地质灾害较为发育, 文章论述了园区内地质灾害类型及影响因素, 并对园区内环境地质问题进行了成因探讨, 对园区环境地质条件分析后提出了地质灾害防治对策, 运用 SNS (Safety Netting System) 柔性拦石网防护施工技术及抗滑桩加固法治理危岩体及滑坡体。

关键词: 云台山地质公园; 地质灾害; 防治对策; 河南省
中图分类号: P694 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2005)03-0218-05

云台山世界地质公园位于河南省焦作市境内, 地理坐标: 东经 112°44′40″~ 113°26′45″; 北纬 35°11′25″~ 35°29′40″。公园北依太行, 南临华北平原, 园区面积 556 km^2, 随着云台山世界地质公园的申报成功, 云台山五大园区(云台山、青龙峡、青天河、神农山、峰林峡) 得到进一步的开发, 但在旅游基础设施的建设过程中, 区内存在大量的不稳定斜坡, 有可能引起崩塌、滑坡等地质灾害, 危及人民生命财产安全。因此, 查清云台山世界地质公园内地质灾害发育特征, 更好地保护地质遗迹, 保护游客的生命财产安全及防灾减灾, 都具有十分重要的现实意义。

1 地质环境条件

公园地层区划属华北地层区太行山小区, 出露地层主要有中元古界蓟县系云梦山组、寒武系、中奥陶统马家沟组, 石炭系等, 太古宇仅少量出露。地层产状平缓, 倾角一般不大于 15°。公园大地构造位置位于华北陆块中南部, 新生代东亚裂谷系的华北裂谷带与近 EW 向西安—郑州—徐州裂谷转换带的交汇部位, 太行山隆起东南边缘。公园主体处在太行山断块隆起的南端, 褶皱不发育, 主要受断层切割; 公园在地貌上处于太行山南麓向华北平原的过渡地带, 地势北高南低, 西高东低。园区内广泛发育新构造运动所形成的多种构造形迹, 断裂性质以张性的正断层为特征, 断层倾角较大, 多在 60°以上。

2 园区地质灾害类型与发展趋势

2.1 园区主要地质灾害类型

根据野外实地调查, 园区内主要地质灾害类型有崩塌、滑坡、泥石流, 影响较大的地质灾害类型为崩塌及滑坡, 其中崩塌(包括危岩体) 灾害约占 70%, 滑坡约占 30%(图 1)。

2.1.1 崩塌分布范围

云台山世界地质公园五大园区均存在潜在的崩塌现象, 主要分布在近 SN 向的峡谷内, 以崩塌岩块为主, 几乎见不到较大规模的崩塌岩堆积体, 近 EW 向的峡谷和断层三角面下常见有崩塌岩块, 崩塌灾害危险性较大的景点主要为小寨沟、老潭沟、青龙峡双心潭及神农山老君庙景区等。

2.1.2 滑坡分布范围

滑坡主要分布在园区北部的中山区, 在云台山老潭沟及马安石水库下方均可见到, 滑坡体均为松散堆积层滑坡, 规模较大。

2.2 地质灾害发展趋势

影响园区地质灾害发展趋势的因素有自然因素和人为因素, 自然因素主要为地形地貌, 地层岩性、

收稿日期: 2004-10-11; 修订日期: 2004-12-30
作者简介: 孙越英(1959-), 男, 广东梅州人, 高级工程师, 从事地质调查、灾害地质及治理工作。

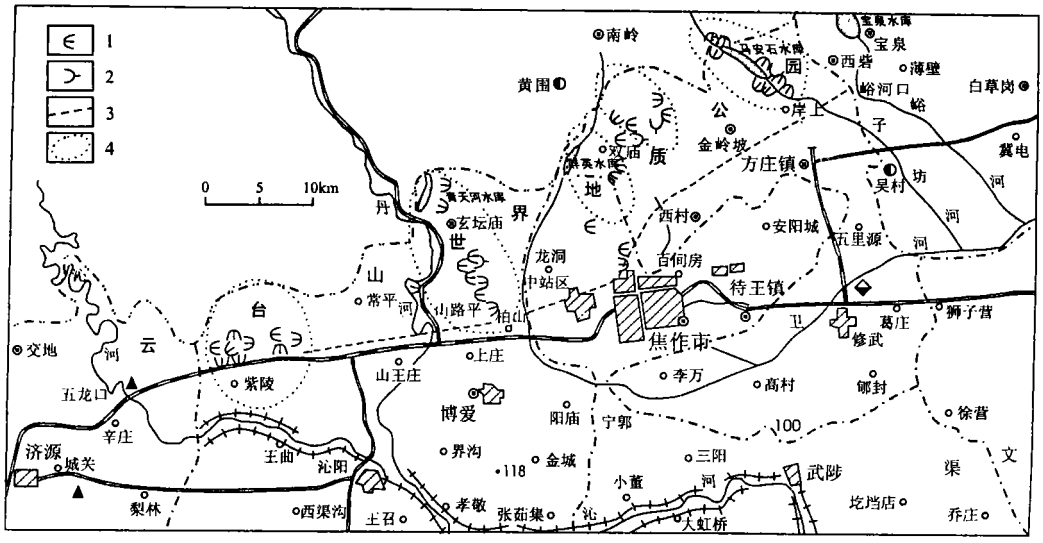

图 **1**　云台山世界地质公园地质灾害分布图

Fig. 1　The distribution of geological hazards in Yuntaishan geopark

1. 崩塌　2. 滑坡　3. 地质公园界线　4. 园区界线

地质构造、降水、水文等因素, 其影响是相对稳定的, 在短期内不会有大的变化[1]。随着旅游景区的开发和山区经济发展, 人类不合理的工程活动会加剧园区地质灾害的发展, 如园区旅游公路的建设是景区重要的基础建设项目, 由于山区地形条件的限制, 必将进行大量的边坡开挖, 边坡开挖和爆破易造成边坡失稳, 易引发崩塌及滑坡等地质灾害。

3　地质灾害特征

3.1　崩塌发育特征

园区内崩塌灾害较发育, 根据其形成方式分为剥蚀卸荷型崩塌、人工开采型崩塌两种[2] (表 1)。

(1) 剥蚀卸荷型崩塌: 主要分布在园区北部基岩山区断裂附近的脆性地层中, 构造节理将岩层切割成不规则的块体, 其中有两组构造节理面比较发育, 走向分别为 330°和 80°, 以走向 80°的一组最为发育, 且连通性较好, 由于在厚层灰岩地层中, 受区域构造的影响, 岩层节理及张性裂隙发育, 岩体的完整性遭到破坏, 岩体向临空方向卸荷形成崩塌。崩塌规模大小不一, 一般由数十立方米至数百立方米, 大者达千余立方米。

(2) 人工开采型崩塌: 主要分布于园区北部低山丘陵, 由于露天采石、山区筑路开挖等形成高陡边坡, 使岩土体失稳形成崩塌。

表 **1**　云台山世界地质公园潜在崩塌地质灾害一览表

Table 1　The schedule of potential rockfall of Yuntaishan geopark

序号	地　点	灾害类型	规模(m^3)	诱发因素	可能造成危害
1	云台山小寨沟	崩塌	7500	景区路线开发	危及游客人身安全
2	云台山老潭沟	崩塌	7500	风化剥蚀	危及游客
3	云台山老潭沟	崩塌	5000	景区路线开发	危及游客
4	博爱县长坪乡西铁村	崩塌	6250	开挖山坡	阻碍交通, 危及游客人身安全
5	青龙峡谷底	崩塌	7500	风化侵蚀	危及游客
6	青龙峡双心潭	崩塌	30000	风化侵蚀	危及游客
7	神农山老君庙	崩塌	10000	节理发育	危及游客
8	神农山索道处	崩塌	4500	节理发育	危及游客

3.2 滑坡发育特征

据野外实地调查, 园区北部山区共发现大的滑坡体 4 处, 滑带土主要为含碎块石粘性土, 滑坡体由崩积、崩坡积组成, 在云台山园区, 由于修筑旅游公路, 边坡开挖造成边坡失稳, 在滑坡分布的缓坡地段, 由于地表水流动缓慢, 易于渗入滑体, 因而有利于滑坡的形成和发展(表 2)。

表 **2** 云台山世界地质公园潜在滑坡地质灾害一览表

Table 2 The schedule of potential landslide of Yuntainshan geopark

序号	地 点	灾害类型	规模(m^3)	诱发因素	可能造成危害
1	马安石水库下方	滑坡	18000	山体开挖	危及游客人身安全
2	云台山老潭沟	滑坡	5200	开挖边坡	危及游客
3	云台山老潭沟	滑坡	13500	开挖边坡	危及游客
4	博爱县长坪乡西铁村	滑坡	6250	雨水冲刷	阻碍交通, 危及游客人身安全

4 地质构造对崩塌的影响

云台山世界地质公园内的新构造运动形迹发育, 公园范围内的构造运动形式表现为断块式上升和下降, 所形成的断裂主要为脆性断裂[3]。

4.1 张裂带

多为沿断裂面发生伸展性崩塌、跨塌和滑塌, 共同组成宏观张裂带, 同时因为不同方向的断裂在不同地段发育强度的差异, 张裂带也在不同区段表现为不同的延伸方向。目前园区的天瀑峡、潭瀑峡、青天河、峰林峡等一系列峡谷都是在这些张性断裂的背景下发育演化而成的, 这些峡谷的两侧均发育有长数百米至数千米, 高数十至数百米的崖墙, 这些高耸的崖墙和其中的构造结构面, 为崩塌体的发展提供了内在条件。

4.2 断层

按断层走向, 公园区共有 4 组断层, 各组断层的走向也有一些差异。如第一组(近 SN 向断层)有 SN 向、NNE 向和 NNW 向; 第二组(近 EW 向断层)有 EW 向、NEE 向、NWW 向; 第三组为 NE 向; 第四组为 NW 向断层。这些断层的发育亦为崩塌体的形成提供了内在条件。

4.3 破劈理带和节理密集带

公园内的区域性节理主要有近 SN 和近 EW 向两组, 近垂直相交, 其中一组走向 350°左右, 另一组走向 280°左右, 两组节理面都很平直, 大体形成棋盘格式节理组合, 节理带的进一步发育即形成脆性断裂, 加之构成云台地貌的主体岩石主要为厚层碳酸盐岩, 厚层状坚硬脆性岩石常形成较陡峻的边坡, 极易形成崩塌危岩体(图 2)。

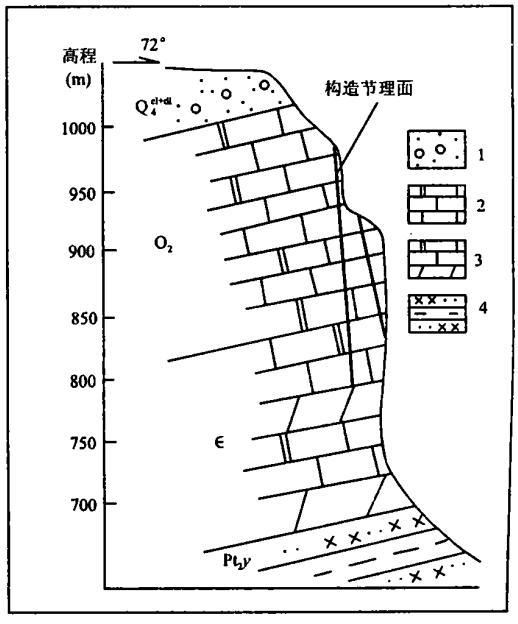

图 **2** 云台山园区马鞍石水库崩塌岩壁剖面图

Fig. 2 The section of rock cliff collapses in reservoirof Maanshi in the garden of Yuntainshan

1. 第四系残坡积层 2. 奥陶系中统灰岩及灰质白云岩 3. 寒武系灰岩及泥质白云岩 4. 蓟县系石英砂岩及页岩

5 崩塌、滑坡的成因及危害

5.1 崩塌的形成条件

崩塌的形成条件及影响因素较多, 地质地貌条件是崩塌的内因, 是崩塌形成的基本条件, 而影响因素则加速崩塌的发生。

(1) 地貌条件。崩塌形成的地貌条件是要有足够大的地形坡度、较高的势能和一定的临空面。根据野外调查, 园区内崩塌主要发生在园区北部地形强烈切割的地貌区。

(2) 地层条件。据野外调查, 在奥陶系、石炭系灰岩和白云岩脆性岩层中崩塌较发育。

(3) 地质构造。地质构造使地层强烈变形, 活动性断裂构造使岩石的完整性、坚固性和稳定性遭受严重破坏。岩石的节理裂隙、断层等成为岩层的软弱结构面, 造成岩层(体) 破碎, 使其解体卸荷形成崩塌。

(4) 气象条件。气温的季节及昼夜变化, 加剧岩石的物理风化速度; 降水软化或溶蚀裂隙中充填物, 加速溶隙的溶蚀, 使裂隙、溶隙加深加宽; 地表水或地下水径流冲刷坡脚, 导致坡脚掏空, 加大坡体的临空, 同时还增加岩石的自重, 致使崩塌的发生。据调查, 园区北部山区在雨季尤其是暴雨过程中, 普遍发生坠落式崩塌、滑移式崩塌。气温参与崩塌的孕育, 降水诱发崩塌的发生。

(5) 人类工程活动。山区修筑公路等人类工程活动, 改变坡体的平衡状态而引发崩塌灾害。如园区北部山区由于修筑公路, 爆破开挖边坡, 使裂隙发育的岩层更加破碎, 坡体临空高度一般 20~ 30 m, 局部可达 70~ 80 m 以上, 崩塌随处可见, 低山丘陵地带由于开采石灰岩导致多处崩塌。

5.2　崩塌造成的危害

(1) 中断交通, 毁坏公路。山区公路工程大量开挖边坡, 形成许多高坡、陡坡、险坡, 易发生崩塌灾害, 直接危害交通安全。如云台山园区盘山公路, 2004 年 4 月沿公路近 100 m 的坡体发生崩塌, 致使交通中断 10 余天。

(2) 危及游人安全。在高差大的山区, 崩塌能量巨大, 往往会危及游人生命安全。

5.3　滑坡的形成条件

(1) 地貌条件。地貌条件是滑坡形成的基础条件之一, 影响滑坡的地貌形态主要是地形坡度、坡面形状、临空面等。

(2) 地质构造。园区北部属太行山区, 构造升降运动强烈, 地形起伏大, 地势陡峻, 沟谷深切, 这样的地貌利于滑坡的形成。

(3) 气象条件。气象对滑坡的影响主要表现在两个方面: 一是复杂多变的气候加速了岩石的风化作用, 地表形成较厚的风化层, 在含水层处于饱和状态下, 加速岩(土) 体的软化, 极易形成滑坡; 另一方面降水使软弱夹层饱水软化, 自重增加, 岩土体抗剪强度和内聚力降低而发生滑动。野外实地调查, 区内发生的滑坡大多发生在雨季, 尤其是连续降雨或暴雨容易形成滑坡。

(4) 人类工程活动。据调查, 滑坡主要发生在人类工程活动强烈区, 如景区公路开挖等。景区公路工程建设中, 大量的山体爆破、坡脚开挖导致岩土体结构破坏, 岩土石内聚力降低, 山体临空面增大, 边坡失稳引起滑坡。

5.4　滑坡造成的危害

山区路堑边坡一旦失稳滑动, 常堵塞或毁坏公路。如通往神农山园区的晋(城) 博(爱) 公路在 2001 年 9 月发生黄土滑坡, 迫使公路东移 50 m, 造成经济损失 20 余万元。据调查, 该滑坡至今仍不稳定。此外, 在云台山、青龙峡、青天河等园区均存在滑坡隐患点, 会危及游人安全。

6　防治对策

6.1　崩塌体的处理及防治措施

6.1.1　*采用 SNS 柔性拦石网防护技术*

对云台山小寨沟及老潭沟等重点景区的危岩体, 可采用 SNS (Safety Netting System) 柔性拦石网防护技术进行治理, 因为这些危岩体本身既是崩塌灾害的祸根, 也是一种景观资源, 因此, 危岩崩塌整治必须兼顾艺术性和实用性。

SNS 柔性拦石网防护技术在我国水电站、矿山、道路等各种工程现场的崩塌落石防护中得到了广泛的应用, 它是利用钢绳网作为主要构成部分来防护崩塌落石危害的柔性安全网防护系统, 能有效地防治崩塌落石、风化剥落等斜坡坡面地质灾害。该系统由钢绳网、减压环、支撑绳、钢柱和拉锚 5 个主要部分构成, 它采用钢绳网覆盖在潜在崩岩的边坡面上, 能有效地阻止崩岩沿坡面滚下或滑下而不致剧烈弹跳到坡脚之外, 对景区高陡边坡危岩体的防治既有效且经济, 该系统既可有效防止崩塌灾害, 又可以最大限度地维持地质公园区原始地貌和植被, 保护自然生态环境, 该系统的主要优点是: ①对能量高达 5000 kJ 的高能级冲击能进行有效防护; ②简单易行的标准化装配作业, 工期短, 不干扰其他作业或运营; ③仅做少量锚固, 不破坏原始地貌及植被; ④已建立了标准化的设计计算体系[4];

6.2 对滑坡体处理及防治措施

(1) 设置抗滑桩。滑坡体在上部削坡减重, 改变斜坡外形, 降低斜坡重心, 提高滑坡稳定程度; 在滑坡前缘及后缘加抗滑桩, 按桩间距 5~ 6 m 一排设置, 以增加坡体稳定性。

(2) 排水处理。按易滑区段的地形地貌条件, 沿滑坡体周界 3m 以外布置截水沟, 避免地表水渗入滑体, 减少地表水对滑坡体的冲蚀, 提高滑带土的抗剪强度和滑坡的整体稳定性。

8 结论

云台山世界地质公园地质环境条件复杂, 园区内以崩塌、滑坡为主的地质灾害较为发育, 运用 SNS (Safety Netting System) 柔性拦石网防护技术及抗滑桩加固法治理危岩体及滑坡体, 可更好地保护地质遗迹, 防灾减灾, 保护游客生命财产安全。

参考文献:

[1] 潘懋, 李铁锋. 灾害地质学[M]. 北京: 北京大学出版社, 2002. 129-130.

[2] 张梁, 张业成, 罗元华. 地质灾害灾情评估理论与实践[M]. 北京: 地质出版社, 2002. 54-55.

[3] 樊克锋. 云台山世界地质公园地质概况[A]. 中国云台山世界地质公园规划与建设[C]. 北京: 中国大地出版社, 2004. 20-21.

[4] 朱正武, 李红超. 某高陡危岩边坡的综合治理[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2002, 13(14): 63-64.

THE CHARACTERS OF GEOLOGICAL HAZARDS AND REMEDY MEASURES OF YUNTAISHAN WORLD GEOPARK, CHINA

SUN Yue-ying[1], FAN Ke-Feng[2]

(1. The second geological team, Henan Bureau of Geoexploration and mineral Development, JiaoZuo 454002, China; 2. Henan Institute of Geological survey, Zhengzhou 454007, China)

Abstract: The geological environment condition of Yuntaishan global geopark is more complicated. The geological hazards mainly are rockfall and landslide is developed. The paper discusses the types and influencing factors of the geological disasters in the park and study the environmental geological problems. By analyzing the area environmental geological condition, is put forward the geological hazards's remedy measures, such as SNS (Safety Netting System) protecting, anchorage and grouting to reinforce the dangerous rock mass and landslide mass.

Key words: Yuntaishan geopark; geology disaster; remedy measures; Henan province

关于加入华艺 CEPS 中文电子期刊的声明

自 2004 年 1 月起, 《地质找矿论丛》全文入编华艺中文电子期刊——思博网(CEPS)。华艺中文电子期刊——思博网是目前台湾地区最大的期刊全文数据库, 其访问地址为: http://www.ceps.com.tw, 读者可以通过这一网址检索浏览本刊自 2004 年起各期的全文。

由于本刊被华艺 CEPS 收录, 故凡向本刊投稿者, 均视为其文稿刊登后可供华艺 CEPS 网上使用, 其作者文章著作权使用费与稿酬一次付清, 本刊不再另付其他报酬, 请各位继续支持本刊。

本刊编辑部