

黄山风景区崩塌灾害危险性评估及防治对策

胡善风¹, 王金莲¹, 周晨峰², 张俊香¹

(1. 黄山学院旅游学院, 安徽黄山, 245021; 2. 黄山风景区管委会规划土地管理局, 安徽黄山 245021)

摘要: 黄山风景区是集世界自然遗产、文化遗产和地质公园“三冠”于一体的海内外知名旅游风景区。然而, 近年来频发的地质灾害特别是崩塌灾害已经严重影响到景区游客的生命和财产安全, 并对景区周边的道路交通、生产生活设施和地方旅游经济发展产生负面影响。为此, 利用边坡防范工程的相关统计方法, 定量测度了黄山景区单体崩塌的稳定性; 结合GIS栅格网络技术, 对景区内划定的52个栅格单元内的大范围崩塌灾害稳定性和危害性进行耦合分析。结果显示: 崩塌单体不稳定, 危险性大; 整个景区崩塌灾害在空间分布上存在高易发区、中易发区和低易发区三个区间, 并呈现出不同的崩塌灾害特征。在此基础上, 针对每一区间提出不同的崩塌灾害防治策略, 从而为黄山等类似风景区的灾害防治提供参考借鉴。

关键词: 崩塌灾害; 危险性评估; 防治对策; 黄山风景区

DOI: 10.11821/dljy201310005

1 引言

长期以来, 地质灾害评估与防治备受国际社会及中国政府的高度重视。早在1991年, 联合国国际减灾委员会就提出把灾害评估作为其首要工作任务, 并要求各个国家对灾害的地理分布及影响程度、脆弱性和危险性进行有效评估^[1]。中国是世界上地质灾害频发较为严重的国家, 其中, 崩塌灾害的突发频率较高, 仅次于地震灾害, 列居第二。其破坏作用突出表现为造成人员伤亡、破坏城镇和山体、损坏道路和交通安全设施、破坏自然资源以及阻碍地方旅游经济发展等。据相关数据统计, 每年由于崩塌灾害造成的经济损失高达200亿元, 而用于崩塌防治的费用则更高^[2]。黄山风景区是集世界自然遗产、文化遗产和地质公园“三冠”为一体的世界著名旅游风景区。由于特殊的自然地理和气象资源条件, 人类涉入频率增加, 由此引发的地质灾害在景区内时有发生。目前, 地质灾害已造成4人受伤, 砸坏车辆1台, 直接经济损失110万元, 一定程度上影响了景区内游客、交通、生活设施的安全, 给黄山风景区旅游经济发展带来了一定程度的负面影响。在黄山风景区地质灾害中, 以崩塌灾害为主, 占有85%的比例。因此, 定量分析和科学测度黄山风景区崩塌灾害的稳定性, 提出切实可行的崩塌灾害防治策略, 从而为缓解地质灾害的压力、提升景区抗灾减灾的能力, 促进旅游景区的健康可持续发展, 起到积极的参考和借鉴意义。

崩塌是指陡峻斜坡上的岩土体在重力作用下突然脱离母体, 迅速滚动, 而后堆积在坡脚的现象, 属于斜坡变形灾害^[1]。斜坡稳定性, 是指地表斜坡发生变形破坏的可能性程

收稿日期: 2013-03-15; 修订日期: 2013-07-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(41071327)

通讯作者: 胡善风(1962-), 男, 安徽绩溪人, 教授, 主要从事旅游资源开发与保护研究。

E-mail: hsf4621@hsu.edu.cn

度^[1]。斜坡稳定性的测定评价有利于有效评估崩塌的危险性, 防治崩塌灾害。国内外学者提出了多种灾害危险性评价技术与预测模型^[1-18]。其中, GIS技术作为地质灾害危险性分析的主要技术手段, 为多数学者所推崇, 如利用GIS进行泥石流风险评价^[3,4]、滑坡灾害^[5]及其区划^[6,7]研究、斜坡不稳定性评价预测^[8,9]、各类灾害的制图与评价及分析预报模型等。代表性模型有刘毅等基于DEA模型的自然灾害脆弱性分析^[10], 彭令等的Logistic 回归模型^[11], Carrara等的统计分析模型^[12], Pike等的指数分析模型^[13], Chung的概率分析模型^[14], Montgomery等基于等高线的稳定状态水文模型^[15,16], 武利等的大范围分布式斜坡稳定性模型^[1,17]。整体来看, 国内外学者已就不同类型地质灾害的危险性评价技术开展了较为丰富的探索研究, 构建的预测模型趋向成熟和完善, 研究成果也逐年增多。但是, 基于崩塌灾害影响要素和机理的多元复杂性, 对崩塌时空发育进行精确预报的相关研究尚且薄弱。目前, 统计法仍为崩塌灾害分析预测中的常用方法。

为了加强崩塌灾害防治工作, 更好地保护黄山世界自然和文化双遗产以及地质遗迹资源, 本文利用边坡防范工程的相关统计方法, 对黄山景区单体崩塌的稳定性进行定量分析和科学测度, 同时结合GIS栅格网络技术, 对景区内不同区间单体的崩塌危险性进行区划及耦合分析, 从而可为崩塌灾害的防治提供科学依据和参考借鉴。

2 黄山风景区崩塌灾害概况

黄山风景区位于安徽省南部, 地跨黄山区、歙县、休宁和黟县, 地理位置为118°04'03"-118°15'00"E、30°12'32"-30°02'47"N, 南北长约40 km, 东西宽约30 km, 面积达154 km²。黄山风景区是以花岗岩为主要特征的山岳型风景区。1985年入选全国十大风景名胜区, 1990年被联合国教科文组织列入《世界文化与自然遗产名录》, 2004年入选世界地质公园。由于其特殊的地质环境: 花岗岩岩体易风化, 节理发育, 山体坡度陡, 加之汛期的强降雨, 冬季的冻融作用, 崩塌、滑坡地质灾害频发。据地质灾害区划调查资料显示, 20世纪90年代以来黄山风景区发生崩塌、滑坡、泥石流及灾害隐患点共57处。其中已发生崩塌4处, 崩塌隐患点45处, 共占有85%的比例。其次, 滑坡6处、泥石流灾害隐患点2处(图1)。崩塌灾害是黄山风景区主要的地质灾害, 滑坡和泥石流发生比例相对较低。在所有崩塌灾害中, 中型以上规模6处, 占灾害点总数的10.53%, 其余为小型规模。

崩塌灾害的发生主要受自然和人文因素的影响。自然因素包括: ①地质地貌因素: 黄山风景区为中山地貌, 海拔在500-1800 m之间, 相对高差千米以上, 地形陡, 切割深。岩石节理发育, 多形成近直立的高陡边坡, 一般坡度在50°以上, 局部地段达80°以上, 甚至陡立, 人工切坡形成高陡边坡(图2)。坡体上的岩石常沿着一组或几组结构面崩落或沿结构面滑动。因此, 崩塌灾害形成的动力条件及临空面普遍存在。②气候因素: 充沛的大气降水是该地区引发崩塌灾害的另一重要自然因素。黄山风景区属亚热带季风气候, 年平均降水量为2394.5 mm, 降水日数达183天。黄山因地形海拔高, 寒冬季节下雪、积雪天数平均达49天, 长时间的低温冰冻、冰劈作用异常强烈。因此冰雪也是

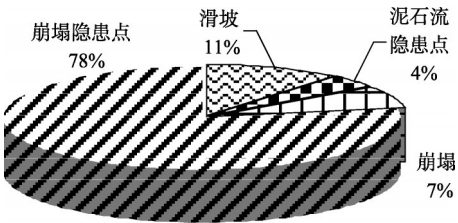


图1 黄山风景区地质灾害发生类型
Fig.1 Types of geological disasters in Huangshan scenic area

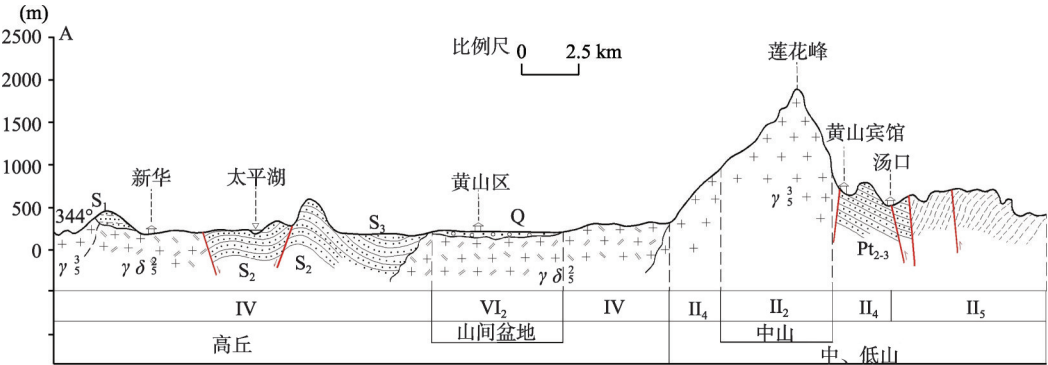


图2 黄山地区地貌坡面图

Fig.2 The cross-section of landforms in Huangshan areas

注：图件资料来源于黄山市地质监测站

形成崩塌危岩隐患因素之一。人文因素方面，人类工程活动引发的崩塌灾害占灾害总数的44%。自20世纪80年代以来，为适应旅游业的快速发展需要，景区修建了多条上山公路，建设了宾馆、空中索道、游览步道等基础设施。工程活动留下了大量的高陡斜坡，形成一大批崩塌灾害隐患点，有的崩塌灾害就发生在因工程活动而留下的高陡斜坡。

从时间分布来看，崩塌灾害一般发生在每年的4-8月的汛期，尤以5-7月主汛期为主，冬季也时有发生；从空间分布上看，黄山风景区崩塌灾害（隐患）点主要分布在景区的南大门和云汤公路，大、中、小规模均有。景区北大门和西大门的切坡修路，形成一些灾害隐患点。这些崩塌灾害频发点或隐患点大多是游客观光的重点地段，位于重要的游览线附近，4-8月又是黄山风景区的旅游旺季，游客较多。因此，从黄山景区崩塌灾害的时空分布特征看，崩塌灾害已经严重威胁到游客的安全，对旅游景区资源的保护亦产生一定程度的破坏性影响。

3 研究方法 with 数据来源

3.1 数据来源

主要数据源包括：① 1:10000 比例尺黄山风景区地形图，主要用于提取景区地形、地貌、水系和公路等信息；② 1:50000 比例尺黄山风景区地质图，用于提取地质和工程岩组等信息；③ 研究所用数据（如危岩结构面的面积、倾角、体积，岩土体的重度等）来源于黄山市地质监测站和黄山风景区管委会规划土地局。

3.2 单体崩塌稳定性测度方法

地质灾害风险性评价的目的旨在研究给定区域内各种地质灾害发生的概率或重现期以及地质灾害发生时空强度的可能性。常采用风险性评估的方法，即对地质灾害的不同强度、灾害发生概率、灾害密度等进行评价，圈定灾害危险区，进行地质灾害危险性区划^[10]。目前，地质灾害风险性的相关研究多在构建致灾因子危险性指数、承灾体易损性指数的基础上，根据风险概念模型公式：风险=危险度×易损度，或风险矩阵分析方法来实现地质灾害风险的评估^[20]；也有通过构建具体的风险计算公式来实现地质灾害风险的评估，如聂高众等在分析地震灾害风险特点与构成的基础上，提出了地震灾害绝对风险与相

对风险计算公式^[21]。本文针对崩塌灾害的特点, 利用崩塌稳定性系数对崩塌发生的可能性及危险性进行分析。稳定性越高说明其危险性低; 反之, 稳定性越低, 说明危险性越高。

对崩塌灾害可能产生的平面滑动的边坡稳定系数, 按照《建筑边坡工程技术规范》^[22] (GB50330-2002) 中的公式进行计算:

$$KS = \frac{AC + rV \cos \theta \operatorname{tg} \alpha}{rV \sin \theta} \tag{1}$$

式中: KS 为稳定系数; r 为岩土体的重度 (KN/m^3); C 为结构面的粘聚力 (kPa); α 为结构面的内摩擦角 ($^\circ$); A 为结构面的面积 (m^2); V 为岩体的体积 (m^3); θ 为结构面的倾角 ($^\circ$)。

3.3 GIS 栅格技术

GIS 技术系统主要用于空间信息分析, 通过矢量数据和栅格数据两种形式来表现。其中, 矢量数据是 GIS 技术系统的主要表现形式, 可以进行连通分析、邻接分析等空间分析。但是, 规律性不明显、图斑复杂的数据不适合用矢量数据来表示。栅格数据是作为 GIS 的一种数据源而存在的, 适合分析信息量大、图斑复杂以及规律性不明显的的数据。采用对应于 GIS 中栅格数据结构的网络单元, 是景区地质灾害风险性评估中的一种常用的模型单元, 其优点是单元划分简单快捷、模型计算速度快、样本点采集方便^[11]。因此, 本文利用栅格数据对大范围崩塌稳定性进行测度分析。在利用边坡工程统计技术测度单体崩塌稳定性的数据基础上, 以经纬度 $2' \times 2'$ 栅格为基本单元, 逐级计算了黄山风景区大范围崩塌稳定性, 划分景区崩塌灾害易发区域等级。

4 黄山风景区崩塌灾害的稳定性和危险性评价

4.1 崩塌单体研究

选取黄山景区危险等级较高的三处崩塌隐患点为例, 对其稳定性进行评估, 从而分析可能造成的危害。

4.1.1 崩塌单体特征分析 选取的三处崩塌隐患点主要分布于黄山风景区的南部及北部。1 号危岩崩塌位于飞龙峰的西侧, 共分布 4 个危岩体。该危岩体总体积为 19267 m^3 , 破坏方式为滑移式及坠落式。由于旅游线路位于该危岩崩塌体的下方, 该危岩崩塌体与公路的高差为 $20\text{--}35 \text{ m}$, 因此, 危岩崩塌对下方通过的旅客危害较大。2 号危岩崩塌位于天都峰的西南侧, 是通往云谷寺索道、北海景区的必经之路。崩塌体总长约 435 m , 宽度 $40\text{--}50 \text{ m}$, 厚度为 $3\text{--}8 \text{ m}$, 总体积在 117450 m^3 。由于该部位边坡较陡, 坡度在 $55^\circ\text{--}65^\circ$, 加之岩体裂隙发育, 因此, 在每年的雨季、冬季均易发生规模不等的崩塌体, 单体规模一般在 $100\text{--}300 \text{ m}^3$, 大者可达 1000 m^3 。3 号危岩崩塌位于汤口至云谷寺索道的中部, 崩塌体长约 535 m , 宽 $25\text{--}40 \text{ m}$, 厚度 $8\text{--}10 \text{ m}$, 体积 173340 m^3 。由于该部位边坡较陡, 坡度在 $50^\circ\text{--}65^\circ$, 易发生崩塌。2009 年莫拉克台风, 产生崩塌规模累计达 1200 m^3 。虽然崩塌的规模不大, 但由于崩塌体时常产生, 因此, 潜在危害较大。

4.1.2 崩塌单体稳定性评估 《建筑边坡工程技术规范》GB50330-2002) 的 5.2.1 条规定: 在进行危岩体稳定性计算之前应根据水文地质、工程地质、岩体结构特征以及已经出现的变形破坏迹象, 对危岩可能发生的破坏形式和边坡稳定性状态做出定性判断, 确定边坡破坏的边界范围、地质模型, 对边坡破坏趋势作出判断^[22]。根据三处崩塌危岩单体的特征分析, 判断这三处崩塌灾害对风景区的破坏方式为滑移式, 从而判断其相应的破坏类型为平面破坏。根据其结构面特征, 按照《建筑边坡工程技术规范》^[22] (GB50330-2002) 规

定的原则及公式(1)对崩塌危岩的边坡稳定性进行计算。

在公式(1)指标中,结构面的粘聚力(kPa)和内摩擦角 α 能体现结构面的抗剪强度,根据《工程岩体试验方法标准》GB/T5026和《建筑边坡工程技术规范》(GB50330-2002)的规定^[22],确定结构面抗剪强度指标标准值(表1)。

根据黄山市监测站,对这三处崩塌岩体的测试结果显示,这3块崩塌岩体的内摩擦角均为31°,内聚力分别为0.03、0.07、0.07。依据表1的监测标准,从内摩角数据可以判断这三处崩塌岩体的结构面结合一般;而从粘聚力标准分析,结合较差,特别是1号崩塌体其崩塌粘聚力仅为0.03,结合很差,抗剪强度低。根据结构面特征及黄山市监测站监测的相关数据,并按照计算公式(1),得出3处结构面的稳定性系数,验算结果见表2。

参照不同的规范对边坡工程的安全系数规定应为1.25-1.50之间,本文取《建筑边坡工程技术规范》(GB50330-2002)中最高级别,即一级边坡工程安全系数应满足1.35要求^[22]。从表2中的崩塌平面滑行破坏稳定性验算结果得知,三处崩塌稳定性系数分别为1.031、1.003和1.004,说明三处崩塌体的安全系数都低于1.35的标准。从而判定该三处崩塌体目前仍不稳定,处于危险活动状态,危岩崩塌成灾的可能性大。根据黄山风景区危岩崩塌体的特征及其危险性评估,确定三处危岩崩塌潜在的危险性等级为特大型。

4.1.3 崩塌单体危害性分析 根据边坡工程损坏后可能产生的后果,并参照地质灾害有关规范进行分析,三处边坡一旦失事将会对带来巨大的危害,具体表现在以下方面:

(1)威胁游客安全:严重威胁着游客的人身及财产安全。由于崩塌体时常产生,单体崩块的体积又较大,同时由于3处灾害点均位于旅游线路的上方,大多分布在游客所到之处,三处危岩崩塌与公路高差分别为20-35 m、30-50 m以及19-41 m。因此,三处危岩崩塌对通过旅游路线的游客的危害较大。根据黄山风景区管委会预测,三处灾害点,威胁人数大约1万人。

(2)破坏道路交通:崩塌体的产生,会对危岩崩塌体下方的旅游道路造成堵塞,间接影响黄山旅游事业的可持续发展,潜在的经济损失及危害大。随着黄山融入长江三角洲经济圈和黄山在世界上的知名度越来越高,到黄山旅游的人数(包括境外游客)将会越来越多,相应经济收入也将会有较大比例的增长。而崩塌灾害的发生,将会对黄山旅游事业的发展存在潜在的影响,根据黄山风景区管委会预测,这三处灾害点潜在的经济损失将达1.2亿元。

(3)破坏景区资源:影响景区生态旅游资源及地质遗迹资源。黄山风景区在生态保护

表1 结构面抗剪强度指标标准

Tab.1 The standard of shear strength index

结构面类型	结构面结合程度	内摩擦角 $\alpha(^{\circ})$	粘聚力 $c(\text{kPa})$
1	结合好	> 35	> 0.13
2	结合一般	35-27	0.13-0.09
3	结合差	27-18	0.09-0.05
4	结合很差	18-12	0.05-0.02

表2 平面破坏稳定性验算结果

Tab.2 The results of the plane destabilizing checking

崩塌 编号	重度 (KN/m ³)	内摩擦角 ($^{\circ}$)	内聚力 (Mpa)	滑面倾角 ($^{\circ}$)	面积 (m ²)	体积 (m ³)	稳定系数 (KS)	稳定 状况
1	25.6	31	0.03	55	6422	19267	1.031	不稳定
2	26.3	31	0.07	55	17400	117450	1.003	不稳定
3	26.9	31	0.07	55	17120	173340	1.004	不稳定

上为世界著称, 得到国际上的好评。而崩塌灾害的发生直接影响了黄山世界地质公园生态旅游资源及地质遗迹资源的保护工作。如果不做好崩塌灾害的防治工作, 将给黄山乃至中国在世界自然遗产、文化遗产和世界地质公园的保护工作上带来不利影响。

4.2 崩塌灾害危险性分析

4.2.1 大范围崩塌体稳定性和危险性分析 在对各个区域内单体崩塌稳定性评估分析的基础上, 对区域内的所有崩塌点进行求和, 确定这一单元内崩塌的总稳定性。稳定性越高说明其危险性低; 反之, 稳定性越低, 说明危险性越高。因此, 大范围的崩塌体危险性公式可以推导为:

$$RS=\sum_{i=1}^n \frac{1}{FS_i} \tag{2}$$

式中: RS 为某一区域内的崩塌危险性; n 为这一区域单元内崩塌灾害点的个数; FS_i 为第 i 个单体崩塌的稳定性。

根据公式(2), 将每一单元栅格内的所有单体崩塌危险性数据输入到GIS中, 利用GIS分析软件ARCVIEW平台进行分析。其中, 选取合适的模型单元是黄山风景区崩塌灾害稳定性评估的基础, 对评估结果具有重要影响。数据尺度对最终的评估结果产生较大影响, 为保证数据尺度的一致性, 文中将所有数据规整为1:25000比例尺图层。栅格单元的选取对崩塌危险性评价影响很大: 单元窗口太小, 具有充足的训练样本点, 但是不足以去除样本点之间的空间相关性; 若单元窗口太大时, 样本点之间的空间相关性降低, 但同时也减少了所能采集的样本点数目, 相应丢掉了部分有用信息, 相应样本数据集也不满足渐进状态分布^[11]。通过统计窗口大小与所能采集到的崩塌灾害的样本数目, 选择经纬度2'×2'的网络单元, 并根据研究区的面积及地理位置, 最终获得52个栅格单元。

4.2.2 崩塌易发性分区 基于上述分析, 结合从黄山市地质监测站以及黄山风景区规划土体局获取的数据与专题图件, 耦合大范围崩塌稳定性模型定量评估崩塌稳定性, 利用GIS软件, 从而得到研究区崩塌易发性分区(图3)。黄山风景区崩塌灾害可划分为高易发区(A区)、中易发区(B区)及低易发区(C区)三个等级。

(1) 高易发区

高易发区(A区)主要分布在三个片区, 面积合约43 km², 占景区总体面积比例的27.9%。其中A1片区位于黄山风景区南部的汤口、温泉、云谷寺、玉屏楼一带, 该地段地质环境较脆弱, 人类工程活动强烈。区内分布有汤口—温泉公路、温泉—云谷寺公路、温泉—慈光阁公路, 有宾馆、水厂、步行磴山道基础设施。该区域是车流、人流量最大的区域, 也是旅游经济最发达地段。本地段为崩塌灾害高易发区, 发生和发现崩塌灾害(隐患)点27处, 其中隐患点有21处, 占全区崩塌灾害54%的比例。危害程度严重, 已造成4人受伤, 砸毁车辆一台, 直接经济损失60余万元。A2片区位于黄山风景区北部的芙蓉岭、松谷庵、北海一带, 区内分布有二龙桥—松谷庵公路、步行磴山道、宾馆等基础设施, 也是风景区人流较多, 旅游经济较发达地段。目前, 该区崩塌灾害没有发生人员伤亡, 但破坏景区多段游道设施, 直接经济损失40余万元。A3片区位于景区西部的钓桥庵、黄泥河一带, 区内分布有焦村—钓桥庵公路, 行人磴山道及旅游基础设施。该区是后期发展起来旅游观景热区。本地段主要为崩塌隐患, 其中有大型崩塌隐患一处, 直接威胁公路、车辆、游客人生安全。

(2) 中易发区

该区位于黄山风景区南部、包括黄山温泉景区、云谷景区、浮溪保护区等全部或部分

地域,面积约49 km²,占景区总体面积31.8%的比例。该区地貌为侵蚀、剥蚀中山地貌。工程岩组为中厚层块裂状硬石英砂岩岩组、块裂状安山岩岩组、块裂状较硬花岗岩弱风化岩岩组。岩石节理发育,多形成近直立的高陡边坡,多处地段边坡达80°以上。虽然这一区域的崩塌灾害目前没有造成人员伤亡和经济损失,但崩塌灾害形成的动力条件成熟,坡体岩石下滑的可能性很大,随时威胁着游客和旅游基础设施的安全。

(3) 低易发区

该区位于黄山风景区北部,主要包括钓桥庵景区、松谷景区、北海景区、洋湖保护区、福固寺保护区全部或部分地域,面积约62 km²。在三种类型中,低易发区以40.3%的比例占居首位,说明黄山风景区崩塌灾害以低易发区为主。该区人类旅游活动及工程活动

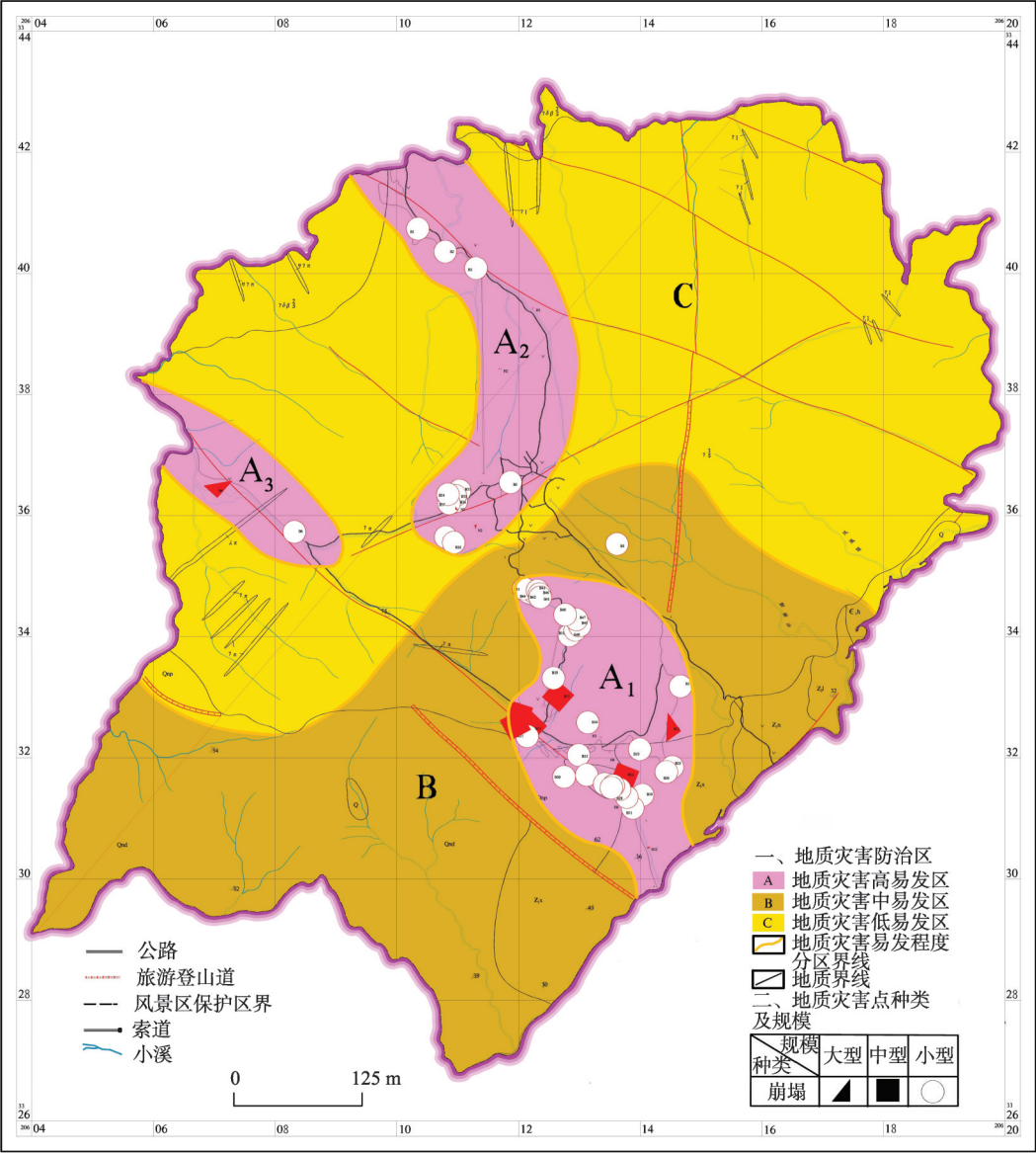


图3 黄山风景区崩塌灾害分布与易发区图

Fig.3 The collapse distribution and disaster-prone areas

较少, 目前没有发生崩塌灾害或发现崩塌灾害隐患点, 属于低易发区, 对游客安全及旅游设施安全威胁相对较小。

5 黄山风景区崩塌灾害防治对策

通过对崩塌灾害的危险性分析可知, 黄山风景区崩塌灾害发生的可能性大, 严重威胁着游客的人身财产安全, 破坏旅游交通及生活设施以及破坏景区地质旅游资源, 将会对黄山风景区的旅游事业带来负面影响及经济损失。因此, 做好黄山风景区崩塌灾害的防治工作刻不容缓。由于不同易发区域的崩塌危害性及其灾害特点不同, 各个区域的防治重点亦不相同, 针对三个易发区的特点, 提出防治重点策略:

5.1 高易发区防治重点

高易发区已发生多处崩塌且规模较大, 对黄山旅游经济产生了严重损失。这是整个景区车流、人流量最大的区域, 人文活动是造成这一区域崩塌灾害的重要因素。因此, 对已发崩塌分批开展治理是这一区域的工作重点:

(1) 布置桩顶。对于已发滑坡地段, 应采用抗滑桩加固边坡, 为改善抗滑桩的受力状态, 桩顶可布置预应力锚索。

(2) 危岩清理与加固。对边坡上明显松动的块石进行工程清理与加固, 一般采用锚杆加钢筋网的方式(此工程多用于公路、游道开挖岩体卸荷裂隙发育地区的岩体加固)。

(3) 设SNS主动防护网。主动防护网是最常使用的崩塌灾害防治与加固保护方法。主要采用系统锚杆固定, 分别利用缝合张拉和支撑绳对不同的柔性网部分进行预张拉, 对边坡形成连续支撑并抑制岩土体移动, 从而实现对整个边坡进行主动加固的功能。

(4) 坡面绿化。主要是在主动防护网加固段的支撑柱墙框架间的格构空间内, 采用三维生态网或仿生态技术喷涂绿色, 也可直接摆放花盆, 并设置一定的风景画面。使得这一区域安全性提高的同时, 保持原自然生态不变, 最大限度地和周围相邻景点协调。

5.2 中易发区防治重点

中易发区岩石节理发育, 多形成近直立的高陡边坡。虽然这一区域的崩塌灾害目前没有造成人员伤亡和经济损失, 但崩塌灾害形成的动力条件成熟, 崩塌灾害隐患点多。因此, 这一区域的防治工作重在对崩塌隐患点的预防与治理:

(1) 开展工程地质勘查。加强监测: 建立健全黄山风景区崩塌灾害群专结合的监测网络。广泛地开展多种形式崩塌灾害防治宣传工作, 普及崩塌灾害知识, 增强公众的防灾、减灾意识。在实施其它防灾措施前, 派专人进行简易监测, 注意观测边坡上是否出现张性裂缝以及观测如落石、滚石等不良地质现象等。崩塌灾害产生的原因较复杂, 引发崩塌灾害的因素较多, 但相对来说, 崩塌与降雨量等密切相关。因此, 在当地的主汛期应重点加强崩塌灾害的监测工作; 危岩体的崩落与降雨量关系比较密切, 与冬季的雨、雪交融天气关系也较密切, 为此不仅要在夏季汛期加强监测, 冬季雨雪交融天气也须要加强监测。监测中当发现边坡有岩块崩落时, 应禁止游人通行, 同时应及时向上级有关部门报告。

(2) 利用工程技术方法。对易发崩塌点和崩塌隐患点, 采用工程技术手段进行防治:
①采取支挡措施。对于仅在雨雪季节才有的坠石、浮石剥落和小型崩塌的地段, 可在坡脚或半坡上设置拦截构筑物; 在岩石突出或不稳定的大孤石下面, 修建支柱和支挡墙; 在易风化剥落的边坡地段, 修建护墙, 对缓坡进行水泥护坡等。
②削坡。在危石、孤石突出的山嘴以及坡体风化破碎的地段, 采用削坡来放缓边坡。
③排水。景区内崩塌灾害的发生大

部分与水作用有关系,因此在有水活动的地段和坡面后缘,布置排水构筑物,以进行拦截疏导,将雨水归入排水系统,防止坡面雨水的冲刷和渗透破坏。

5.3 低易发区防治重点

由于低易发区人类工程活动少,目前没有发生崩塌灾害或发现崩塌灾害隐患点。但随着黄山风景区旅游经济的逐步发展和旅游资源的充分利用,未来对这一区域的开发必不可少。人类工程活动和旅游经济活动将随之活跃,由此造成的崩塌灾害可能性也会增加。因此,对低易发区的防治重点在于对人类工程活动造成的崩塌灾害的预防。

(1) 加强执法力度。加大对《地质灾害防治条例》和地方法规的执行力度。在风景区内禁止爆破、采石、采矿、削坡建房、筑渠,随意弃渣弃土及从事其他可能引发崩塌灾害的人为活动。

(2) 工程项目的崩塌灾害危险评估。若须兴建旅游设施,必须对项目建设用地开展崩塌灾害危险性评估和地质环境影响评价。否则,有关部门不得批准其项目用地。对经评估认为可能引发崩塌灾害或者可能遭受崩塌灾害的建设工程,应当配套建设崩塌灾害治理工程。崩塌灾害的治理工程设计,施工和验收必须与主体工程的设计、施工、验收同时进行。

6 结论

(1) 所研究的三处崩塌体目前不稳定,活动的强度为强,处于危险活动状态,危岩崩塌成灾的可能性大,潜在威胁大。严重危险游客的人身财产安全,破坏旅游交通及旅游生活设施和景区旅游资源。

(2) 黄山风景区崩塌灾害可划分为高易发区、中易发区和低易发区,每一区域的危险性及灾害特点各有不同:高易发区是黄山风景区旅游经济最发达区域,地质环境脆弱,危害程度最为严重;中易发区目前没有造成人员伤亡和经济损失,但崩塌灾害形成的动力条件成熟,潜在威胁大;低易发区人类旅游活动少,目前没有发生崩塌灾害或发现崩塌灾害隐患点,对游客安全及旅游设施安全威胁相对较小。

(3) 三个易发区的防治策略重点不同。高易发区以对已发崩塌的治理作为当前工作的重点;中易发区重点在于对崩塌隐患点的预防与治理;而低易发区重点预防人类工程活动造成的崩塌灾害。

参考文献(References)

- [1] 武利, 张万昌, 张东, 等. 基于遥感与地理信息系统的分布式斜坡稳定性定量评估模型. 地理科学, 2004, 24(4): 458-465.
- [2] 张梁, 张业成. 地质灾害灾情评估理论与实践. 北京: 地质出版社, 1998.
- [3] 闫满存, 王光谦, 刘家宏. GIS支持的澜沧江下游区泥石流灾害危险性评价. 地理科学, 2001, 21 (4): 334-339.
- [4] 唐川, 朱大奎. 基于GIS技术的泥石流风险评价研究. 地理科学, 2002, 22(3): 300-304.
- [5] Dikau R, Cavallin A, Jager S. Databases and GIS for landslide research in Europe. Geomorphology, 1996, 15(3-4): 227-239.
- [6] Mantovani F R, Soeters C J, VanW. Remote sensing techniques for landslide studies and hazard zonation in Europe. Geomorphology, 1996, 15: 213-225.
- [7] Gupta R P, Joshi B. Landslides hazard zoning using the GIS approach: A case study from the Ramganga Catchment Himalayas. Engineering Geology, 1990, 28(1-2): 119-131.
- [8] Mejia Navarro M, Wohl E E, Oaks S D. Geological hazards, vulnerability, and risk assessment using GIS model for Glenwood Springs, Colorado. Geomorphology, 1994, 10(1): 331-354.

[9] Van Westen C J, Rengers N, Terlien M T J et al. Prediction of the occurrence of slope instability phenomena through GIS based hazard zonation. *Geologische Rundschau*, 1997, 86(4): 1-14.

[10] 刘毅, 黄建毅, 马丽. 基于 DEA 模型的我国自然灾害区域脆弱性评价. *地理研究*, 2010, 29(7): 1153-1163.

[11] 彭令, 牛瑞卿, 陈丽霞. GIS支持下三峡库区秭归县滑坡灾害空间预测. *地理研究*, 2010, 29(10): 1889-1899.

[12] Carrara A, Guzzeti F. Use of GIS technology in the prediction and monitoring of landslide hazard. *Natural Hazards*, 1999, 20(2): 117-135.

[13] Pike R J. Quantifying landslides terrain type from digital elevation models. *Mathematical geology*, 1988, 20(5): 491-511.

[14] Chung C F, Fabbri A G, VanWestern C I. Multi-variate regression analysis for landslide hazard zonation. In: Carrara A, Guzzeti F. *Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995. 107-133.

[15] Montgomery D R, Dietrich W E. A physical based model for the topographic control on shallow landsliding. *Water Resource Research*, 1994, 30(4): 1153-1171.

[16] Dietrich W E, Reiaas R, Hsu M I et al. A process based model for colluvial soil depth and shallow landsliding using elevation data. *Hydrological Processes*, 1995, 9: 383-400.

[17] Wud, Sidle R C. A distribution slope stability model for steep forested watershed. *Water Resource Research*, 1995, 31(8): 2097-2110.

[18] 刘运令, 汪亚平, 高建华. 胶州湾冲淤灾害地质及环境稳定性分析. *地理研究*, 2011, 30(7): 1169-1178.

[19] 张云霞, 朱杰勇, 刘益. 昆明市山地灾害风险分区及防治对策. *云南地质*, 2005, 24(1): 114-121.

[20] 徐伟, 王静爱, 史培军, 等. 中国城市地震灾害危险度评价. *自然灾害学报*, 2004, 13(1): 9-15.

[21] 聂高众, 高建国, 马宗晋, 等. 中国未来10-15年地震灾害的风险评估. *自然灾害学报*, 2002, 11(1): 68-731.

[22] 建筑边坡工程技术规范(GB50330-2002). 北京: 中国建筑工业出版社, 2002. 23-27.

Research on the risk assessment and prevent to collapse disaster in Huangshan scenic area

HU Shanfeng¹, WANG Jinlian¹, ZHOU Chenfeng², ZHANG Junxiang¹

(1. Tourism Department of Huangshan University, Huangshan 245021, China; 2. Huangshan Scenic Area Management Committee Land Planning Agency, Huangshan 245021, Anhui, China)

Abstract: Due to the frequent occurrences of geological disasters in recent years, Huangshan scenic area, World Natural & Cultural Heritage and Geological Park, has seriously threatened not only the life and property safety of tourists, but also the traffic safety and living facilities or even the development of tourism industry. In order to avoid it, this paper, based on the slope prevention engineering statistical method and GIS grid network technology, makes coupled analysis on the stability and perniciousness of the monomer collapse and large-scale collapse disaster in 52 grid cells. The result shows that the whole scenic area could be divided into high-prone areas, moderate areas and low-prone areas with different collapse disaster features respectively. Based on the coupled analysis, this paper also puts forward some countermeasures for different areas, which will also be beneficial for some other scenic areas with similar threat

Key words: collapse disaster; risk assessment; prevent strategies; Huangshan Mountain scenic area