

某山岳型景区地质灾害发育特征及地质灾害防治对策

宋宝业

安徽省地质矿产勘查局 332 地质队

摘要: 随着旅游经济的不断发展,人类活动对原始环境的扰动加剧,山岳型景区地质灾害防治工作的重要性日益凸显,但常规的调查、测绘手段难以获取悬崖峭壁上危岩体的准确参数,常用的工程措施因地质遗迹或地质景观保护的需要而无法使用,使得景区的地质灾害防治工作困难重重,本文以某花岗岩类山岳型景区为例,浅析其地质灾害发育特征、地质灾害防治工作的问题,地质景观保护的协调措施,对景区后续地质灾害防治工作提出几点建议。

关键词: 山岳型景区; 地质灾害; 地质遗迹与景观保护; 新技术

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.18.028

一、前言

随着我国经济社会发展及人民生活水平的不断提高,旅游成为国民休闲度假的主要方式之一,旅游经济蓬勃发展,出行人次逐年提高,祖国的绿水青山成为名副其实的金山银山,但随着人类活动对原始环境的扰动加剧,地质景观保护及地质灾害防治问日益凸显,这在众多的山岳型风景名胜区内都有充分的体现^[1],本文以某花岗岩类山岳型景区为例,浅析其地质灾害发育特征以及地质灾害防治与地质景观保护的协调措施。

二、地质环境背景

(一) 气象、水文

景区属亚热带季风气候区,年平均降水量为2394.5mm,降水日数达183天,6—8月降水是全年的一半。岩石的节理裂隙充水,动、静水压力的作用改变岩块的平衡发生崩塌,也加速了岩石的风化崩解;岩土体因降雨饱和岩土工程参数降低导致滑坡甚至泥石流的发生;寒冬季下雪积雪28—86天,平均49天,低温冰冻、冰劈作用异常强烈,雪载的重力作用致岩体失稳,所以大气降水、低温冰雪也是景区引发地质灾害的重要因素之一。

景区的水系沿侵蚀沟谷分布,重要流水沟谷有36条,大气降水为主要补给源,雨季常形成洪流冲刷沟谷侧坡、坡面片流冲刷残坡积层诱发地质灾害。

(二) 地形地貌

景区地貌为侵蚀中低山,花岗岩地貌景观发育完整,微地貌类型多样,相对高差千米以上,尤其是易引发地质灾害的峰林、怪石、洞穴、陡坡、悬崖、峡谷极其发育。高海拔切割深,自然地形陡近直立,群峰林立,局部临空,沟谷纵横,易发生崩塌、泥石流;中海拔为风化剥蚀地貌,自然斜坡坡度一般均在50°~60°,基岩裸露,人工切坡(景区公路与建筑)亦形成高陡边坡,是发生崩塌典型地貌;低海拔为风化残积崩塌堆积坡地地貌,基岩上不均匀覆盖崩塌堆积块石与风化残坡积土混合体,自然斜坡坡度一般20°~50°,是滑坡地质灾害的多发地段。

(三) 工程地质岩组

景区工程地质岩组主要有中厚层块裂状硬石英砂岩、块裂状安山岩、块裂状较硬弱风化花岗岩、薄层似均质状较松散强风化花岗岩、中层-薄层浅变质炭质板岩弱风化岩岩组及第四系松散岩组等六个岩组。

(四) 地质构造

景区断裂构造及节理裂隙极其发育,大的构造断裂有10条,断裂构造按走向与性质主要有四组,北西、北东、西西北、近南北四组。强烈构造作用使岩石节理、劈理、裂隙密集发育,并具有以下特点:剪节理为主,冷凝原生、动力及温差次生型多成因均有发育;多方向发育;多期次组合。岩体自形成以来,地壳一直处于持续强烈抬升之中,节理、裂隙受风化及冰冻作用,使浅表均具不同程度的张开,坡体上的岩石常沿着一组或几组结构面崩落、滑动产生地质灾害。

(五) 新构造运动

自早更新世以来,本区新构造运动主要为差异性升降运动,未发现活动性断裂,区内上升运动的幅度较大,表现在山区的强烈抬升、河流剧烈下切,河床狭窄,纵坡降较大,“V”字形河谷发育,河床及岸带基岩裸露、河床两岸形态、冲洪积物分布的不对态,较大河流发育二级阶地,一级阶地为堆积阶地,二级阶地基本为基座阶地,阶地之间高差不大,表明新构造运动的间歇性、缓慢性和各向差异性。

本区属华南地震区中的铜陵—扬州地震带,地震动反应谱特征周期分区为I区(0.35S),地震动峰值加速度分区为0.05g。自有资料记载以来,本区与周边地区地震活动的强度、频率比较低,属弱发震区。

(六) 水文地质条件

(1) 地下水类型

主要分为松散岩类孔隙水:冲洪积层、残坡积层孔隙水,为潜水;基岩裂隙水:花岗岩网状风化裂隙水、基岩裂隙水、构造裂隙水。

(2) 地下水的补径排条件

浅部基岩裂隙水富水性不均,其补给来源有两个:一为大气降水入渗补给及部分水汽(云雾)的凝结补给,但由于补给源、补给量的不稳定及岩石的持水性差,向深部径流补给深部基岩裂隙水,该种类型水量贫乏,分布范围广;另一个除了第一个来源外,最大的补给源为深部循环的基岩裂隙水,主要受连通性良好的构造(大型节理)控制,含水量较丰富,但这类分布范围较小。

深部基岩裂隙水推测埋藏深度大于1000米,接受浅部裂隙水的下渗补给,地下水水量丰富,经构造如导水的断裂破碎带、连通性好的深大节理向上径流,至地表处溢流或以泉的形式排泄。

总体上,地下水补给来源主要为大气降水及一部分水汽(云雾)的凝结补给,经岩石节理由高向低、由浅部向深部径流,在适宜的地段溢流或以泉的形式排泄出地表补充地表水体。

(3) 水化学特征

区域水化学类型主要为重碳酸盐型水，地下水矿化度普通较低，一般都小于0.1g/L，pH值在6.5—8.0之间，依硬度分类属极软水——软水。本区大部为花岗岩出露区，可溶SiO₂在地下水中的含量相差较大，高者可达40mg/L以上，深部循环水的F离子含量大于2mg/L。

三、地质灾害诱发因素

危岩体的形成包括内部条件和外部条件两类^[2]，包括地形地貌、地层岩性、坡体结构、高陡临空面、降雨、风化、植被、人类工程活动等，本地区主要诱发因素如下：

(一) 地形地貌

陡峻的斜坡地形是其形成的必要条件，坡度越陡，越容易出现崩塌落石，同时，坡高对其影响也十分明显，往往坡高越大，崩塌落石规模越大，而景区深切“V”字型沟谷，形成高达上百米的陡立崖壁，正是崩塌危岩体的温床。

(二) 地层岩性

花岗岩等块状或厚层状，坚硬或较坚硬的脆性岩体易形成陡峻边坡，节理裂隙发育，而发生崩塌落石，而软岩崩塌十分少见，工作区的花岗岩及花岗闪长岩的单轴饱和抗压强度85.0—145.0Mpa，属于坚硬岩组，是崩塌危岩体形成的良好基础。

(三) 构造运动

花岗岩本身属于高强度完整块体，在构造应力作用下出现节理裂隙，形成小块状，由于本区处于构造抬升区，不断的抬升让其更易接受流水侵蚀和风力剥蚀。

(四) 气象水文

本区年降雨量较大，降雨导致岩体饱和，自重增加，同时也使地下水量丰沛，步道沿线存在多处地下水出水点，地下水活动进一步加剧了节理裂隙的发育，降低了结构面抗剪强度，区域内冬季温度低，冰期长，冻融作用也十分明显。

(五) 植物生长

区域内高陡崖壁之上植被很难生长，少量植被做立岩缝之中，形成了秀丽景观的同时，也由于其根系不断深入岩体裂隙内部寻找给养而进一步拓展了节理裂隙，

根劈作用对崩塌的影响不可忽视。

(六) 动物活动

动物攀爬产生的岩块崩落亦时有发生，在旅游旺季，游道游客密度大时，对游客威胁凸显。

(七) 人类工程活动

独特的地形、地貌、岩石结构是大自然亿万年进化演变的结果，地质环境极其脆弱，人类工程活动很容易诱发地质灾害。为适应旅游业的快速发展需要，建设公路、宾馆、索道、游览步道等基础设施，留下了大量的高陡斜坡，形成一大批地质灾害隐患点，虽然经多年治理，其引发的地质灾害隐患并未完全消除，人类工程活动引发的地质灾害占半数以上。

四、形成机制与相互转化

崩塌区域由于风化、冰劈等作用的影响形成多组相互切割的节理裂隙，尤其是顺向节理及横向节理的发育，切割陡坡岩石成块裂状，使崖壁表面的岩石逐步脱离母岩，形成危岩体，岩块大小一般在0.5m³—50m³不等，受风化作用、冻融、根劈的影响，其稳定性逐渐降低，在自重作用下使结构面贯通，岩体发生崩塌，部分直接落于游步道区域，损坏旅游设施，威胁旅游安全，部分松散堆积于沟谷内，散落的岩块大小0.05m—3.0m不等，在雨水冲刷，动物扰动下，再次发生崩落，或在流水的冲刷下形成贯通面，造成滑坡，或在短时强降雨形成打的地表径流冲刷下形成泥石流。

五、地质灾害发育现状

随着旅游经济进入提速增质转型升级期，必要的基础设施建设导致人类工程活动对地质环境的影响程度加大；气象因素导致的汛期集中降雨和冬季的冰冻乃至动物活动、植物生长根系作用等致灾因素仍将长期存在，地质灾害危害仍将长期存在。

(一) 地质灾害类型及规模

崩塌（危岩体）占全区灾害总数的90.14%。以小型为主。崩塌和崩塌隐患点以岩质为主，其岩性为花岗岩、砂岩、安山岩，少量为四系松散层土质边坡坡肩崩塌。多数危岩体本身就是重要的地质景观，其保护与治理工作的重要性更加凸显。滑坡、泥石流少量发育，均为人类活动密集区，破坏了原有的地质环境及应力平衡而引发。

表1 地质灾害现状统计表

灾种	现状灾害点	特征	损失及威胁	备注
崩塌	中(1) 小(63)	岩质为主，以单点为多，局部群发，气象及人类工程活动为主要诱因	已造成直接损失160万元，直接威胁游客、道路、旅游设施	已治理105处
滑坡	中(1) 小(7)	发育在风化残坡积及崩塌堆积体斜坡，气象及人类工程活动为主要诱因	已造成直接损失60万元、2人死亡，威胁人员多、财产特大	已治理8处
泥石流	2(小)	发育于侵蚀峡谷中，崩塌堆积及风化残坡积物的堆积，暴雨山洪水流冲刷	阻塞游道危害旅游设施	N2于2011年5月小规模复活

(二) 地质灾害时空分布情况

空间上呈现明显的人类活动密集区集中，构造破碎带周边集中的两大特点，时间上一般发生在每年的4—8月的汛期，与降雨量分布呈现正相关，占全年发生地质灾害总量的80%以上。冬季也时有发生，低温冰裂、雪载引发的地质灾害应引起足够重视。

(三) 地质灾害活动特征

景区地质灾害活动具有发生时间集中、产生频率较

高、破坏性大、危害重、避让难、治理难度大的特点、并呈现逐步加剧的趋势，具有隐蔽性、突变性和难以预测性。

六、地质灾害发展趋势

根据已发现的地质灾害（隐患）点的稳定性发展趋势分析，均为不稳定，现已发生的地质灾害点仍有再次发生灾害的可能。随着人类工程活动的增强和特殊气候条件的影响，景区内地质灾害点和地质灾害隐患局部有

继续加剧的趋势，对游客及旅游设施的威胁还会加大。

七、地质灾害对景区经济发展的影响

景区旅游经济蓬勃发展，旅游人数和经济收入逐年递增，知名度越来越高，其影响举足轻重。为更好地保护地质景观，应切实做好地质灾害防治工作，最大限度地减少地质灾害对旅游业的危害，减少对游客生命和财产的威胁。如若不然，发生人员伤亡和财产损失、危及物质文化遗产及地质遗迹，将给景区的旅游经济带来不可估量的损失，影响深远。

八、地质灾害防治工作中存在的主要问题

（一）防治形势严峻

地质灾害隐患主要分布在主景区，该区域自然资源中地质资源特级占16%、一级占24%，其景观的主要构成就是长期地质作用形成的各种微观或宏观地形地貌、地质遗迹，一些身处峭壁孤峰上潜在地质灾害隐患的地质遗迹、巧石、象形石等著名景点及高陡峭壁上危岩体成为景区主要地质灾害隐患源，基本沿游道两侧分布，因其具较大的落差，产生的破坏势能往往十数倍放大，对游客及旅游设施存在重大隐患，景区对地质灾害防治工作高度重视，但景区地形地貌、地质构造特殊，地质遗迹多重、危害重、避让难、工程治理要考虑保护优先（地质遗迹、重要景点、动植物），勘查难度大，防治措施受限制，治理难度大，地质灾害的发生率在局部得到控制，但整体呈上升之势，威胁未能从根本上消除，面临着要求更高、任务更重、面积更广、难度更大的形势。

（二）缺少基础研究

景区地质灾害防治工作突出问题是基础调查、专题研究滞后，尚未全面掌握景区内地质灾害的分布特征，发育特点，形成机制，重要地质灾害点（危岩体）同时也是地质遗迹，传统的地质灾害调查、测量方法很难获取相关的参数，更不谈判断其稳定性、确定防治措施。

（三）保护与治理难协调

景区地质灾害防治以保护地质遗迹和地质景观为前提，使得大量成熟有效的工程治理措施难以应用，例如：危岩体破除不能适用于地质景观点或地质遗迹，常用的SNS网无论是被动防护还是主动防护都会破坏地质景观，锚杆加固露出的锚固头会破坏自然美感，大型支挡工程更是不切实际，

（四）工作条件极差

大量危岩体位于悬崖峭壁之上，无论治理还是监测，作业难度大，危险系数高，同时，景区山高路陡，材料设备运输极其困难，治理成本极高，前期调查工作更是难以开展。

（五）监测手段简单

景区目前地质灾害隐患点的监测工作还停留在人工目视的初级阶段，获取的参数精度较低，很难起到有效预警，因缺乏有效的基础数据支撑，难以确定适宜的预警阈值。

九、地质灾害防治对策

（一）增强地质灾害防治意识

地质灾害防治工作要因势利导，增强地质环境保护意识，科学规划、提前预防、早期治理。

（二）开展基础调查研究

开展基础调查研究，全面掌握景区内灾害点的分布

及发育特征，对重点防治区域及重要灾害点开展专题研究工作^[3]，立足新的地质灾害防治理论，利用无人机等新设备开展悬崖峭壁的危岩体排查，运用“三维激光扫描”等先进技术设备，获取重要参数，积累基础数据。

（三）应用新技术

将无人机低空摄影测量、纳米材料、一体化预警平台等新技术、新理论运用到景区地质灾害防治工作中，地质灾害防治与地质环境保护结合向综合集成化、数字化、自动化方向发展。无人机低空摄影测量^[4]使我们能够获得以往无法到达的悬崖峭壁之上的危岩体分布情况及参数，纳米材料技术能够与花岗岩自身发生化学反应产生黏合性，提高节理裂隙的结构强度，提高危岩体的稳定性，在表观上保留原始景观，一体化预警平台能够让管理者实时掌握隐患点动态，提前决策。

（四）开展自动化监测

对危害性大的地质灾害点要建立专业的自动化监测网络，自动化监测^[5]可保证获取数据信息的实时性，为判断危岩体的安全状态进行预警预报提供准确的实时信息。对具备条件的危岩体安装应力应变监测装置，对悬崖峭壁上难以接近的危岩体或危岩崖面通过对“三维激光扫描技术”软件的二次开发设计，建立固定三维激光扫描仪站点，设定自动扫描频率，分不同季节，雨季提高扫描频率，实现扫描监测自动化。将实时扫描数据转化为电学量后，通过模-数转换器转化为数字信号，并以GPRS方式发送至景区减灾防灾中心，对相连的两次扫描位移差及累计位移量安大小分等级进行预警值的设定，安实测数据分级实时预警预报，实现监测预警自动化，建立景区危岩体、地质遗迹、著名景点地质灾害信息档案，逐渐实现景区具重大地质灾害隐患点的危岩体、地质遗迹、著名景点的监测预警自动化。

十、结语

随着科技水平的不断发展，新的技术和设备能够为我们提供更精确的实时数据，提高工作效率，完成以往所不能完成的工作，但仍需不断探索和积累，以大量的基础工作来完善工作模型、预警阈值、设备精度，最终，我们将能有效的统筹地质灾害防治与地质遗迹、地质景观保护工作，为游客提供一个安全的旅游出行环境。

参考文献

- [1] 刘建兵, 顾琳娜, 侯利锋, 等. 江西山岳型风景区地质灾害调查存在的问题及对策: 以三清山风景区为例[J]. 中国矿业, 2015, 24(z2): 85-88, 95.
- [2] 黄义佳, 冯亮勇. 浅析危岩崩塌地质灾害成因机制及防治对策[J]. 西部资源, 2020(5): 64-65, 68.
- [3] 杨云博. 分析地质灾害的发育特点及防治对策[J]. 世界有色金属, 2019(23): 213-214.
- [4] 肖波, 朱兰艳, 黎剑, 等. 无人机低空摄影测量系统在地质灾害应急中的应用研究——以云南洱源特大山洪泥石流为例[J]. 价值工程, 2013, 32(4): 281-282.
- [5] 李晋, 刘新惠, 张弛, 等. 张家界大峡谷景区地质灾害发育规律及防治对策[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版), 2019, 31(3): 91-95.