

# 丹霞地貌危岩景观分类及可持续发展对策 ——以龙虎山景区为例

郭福生<sup>1 2</sup> 姜伏伟<sup>1</sup> 胡中华<sup>3</sup> 吴知勇<sup>3</sup> 姜勇彪<sup>1 2</sup> 蒋兴波<sup>1</sup>

(1. 东华理工大学 江西 抚州 344000; 2. 核资源与环境部共建国家重点实验室培育基地 江西 南昌 330013;

3. 江西省鹰潭市龙虎山国土资源局 江西 鹰潭 335000)

**摘 要:** 从可持续发展的角度 根据稳定程度将丹霞地貌景观分为危岩景观和稳定景观 并依据规模大小、外观形态、失稳模式、旅游价值和灾害性 将危岩景观进行了简要分类。在龙虎山丹霞地貌景观特征和旅游开发现状调查的基础上 对该区危岩景观的类型进行了划分 分析了危岩景观的开发现状、潜在威胁和保护对策。

**关键词:** 危岩景观; 景观保护; 丹霞地貌; 旅游开发; 龙虎山

**中图分类号:** F124.5 ,P931

**文献标识码:** A

地质景观的形成主要与地形、岩性、构造应力、外动力条件(主要为水、温度、风)等因素相关<sup>[1-5]</sup>, 这些因素也是危岩发育的机制<sup>[6-7]</sup>。因而危岩与地质景观具有共存性,在丹霞地貌区尤为突出。我国丹霞地貌分布广泛<sup>[8]</sup>,各景区均发育不同程度的危岩景观(不稳定的岩体景观)。然而,国内外学者对危岩景观的研究较少,明显滞后于旅游发展的需要。姜伏伟、郭福生等<sup>[9-11]</sup>提出危岩景观的概念,分析了危岩景观特性及其成因机理。本文以龙虎山景区为例,进一步划分丹霞地貌危岩景观的类型,并探讨危岩景观的可持续性开发。

## 1 丹霞地貌危岩景观分类刍议

丹霞地貌是我国主要的地貌旅游资源之一。近年来,随着广东丹霞山、江西龙虎山-龟峰、福建泰宁、湖南茆山、浙江江郎山、贵州赤水申报世界地质公园和“中国丹霞”世界自然遗产的成功,丹霞地貌的学科理论体系、旅游开发和景观保护工作取得举

世瞩目的成就,并逐渐成为大众旅游的热点区域。这些景区往往地形复杂,岩壁陡峭,岩性(砂岩、砾岩)强度较差,垂直节理较发育,易侵蚀而崩塌,形成了独具特色的危岩景观。危岩景观是特殊的地质遗迹,区分其类型,以便于采取不同的保护措施,显得较为重要。

丹霞地貌景观分类目前主要从形态和成因两个方面考虑,没有涉及到危岩景观旅游开发保护因素。彭华(2002)依据物质基础、地质构造、主导动力、地貌形态、发育阶段等对丹霞地貌进行了多角度的分类<sup>[12]</sup>。龙虎山丹霞地貌的成因类型,通常被划分为水流冲刷侵蚀型、崩塌堆积型、崩塌残余型、溶蚀风化型、溶蚀风化崩塌型 5 种类型<sup>[13]</sup>。从丹霞地貌景观资源的可持续发展角度,本文提出稳定性分类方案,根据稳定性首先将丹霞地貌景观分为危岩景观和稳定景观,然后再划分危岩景观的次类型。稳定性分类方案强调了地质景观的脆弱性,这有利于丹霞地貌地质遗迹的针对性保护及开发。

危岩是特殊的地质遗迹,也是特殊的地质灾害。

收稿日期(Received date): 2011-07-09; 改回日期(Accepted): 2011-11-10。

基金项目(Foundation item): 江西省自然科学基金项目(项目号 2010GZC0001)、江西省科技计划项目(20111BBG70011-1)、江西省龙虎山地质遗迹保护项目资助。[Supported by Jiangxi Nature Science funds (No: 2010GZC0001), Jiangxi Science and Technology Development Funds (20111BBG70011-1) and project of geological heritage protection in Mt. Longhushan World Geopark.]

作者简介(Biography): 郭福生(1962-),男,江西宁都人,教授,博士,主要从事地质学、旅游地质教学与研究工作。[Guo Fusheng (1962-), man, Ningdu county of Jiangxi Province, major in teaching and studying on Geology and Geotourism] E-mail: fsguo@263.net

危岩主要由于外观形态具有旅游观赏价值而成为景观。它的危害程度往往体现在它的规模和失稳模式。规模越大,其破坏能量就越大。失稳模式是地质灾害破坏的方式,不同的模式体现了不同的危害程度。因而,笔者选取规模、形态和失稳形式三个因素对丹霞地貌危岩景观进行分类(表1)。在自然环境下,规模小的岩体受地质营力作用明显,形成的景观优美,栩栩如生,小巧玲珑。规模大的景观,地质营力的改造作用相对较弱,体现出雄伟壮观之美,很有震撼力。目前,自然景观的分类基本上不涉及规模,主要因为自然景观类型太多,各类型景观形式千差万别,从规模角度划分景观显得很单调。但危岩景观是特殊的景观,区分规模有利于其保护。危岩

(崩塌)规模等级以 $1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、 $100 \times 10^4 \text{ m}^3$ 为界限划分4个不同等级<sup>[14]</sup>,但这种划分跨度太大,作者认为,就丹霞地貌危岩景观而言,以 $100 \text{ m}^3$ 、 $1\,000 \text{ m}^3$ 为界限分为小型、中型、大型3类较合理。丹霞地貌以造型景观、峰林景观最具特色,根据其形态特征将危岩景观分为象形状、柱状、异常状。丹霞地貌是典型的岩体地貌,失稳模式为崩塌型、滑塌型两类。

危岩景观具有二重性,即旅游价值和灾害特性。旅游价值体现在形态、观赏价值,灾害性主要体现在规模、失稳模式、发生灾害可能性和潜在伤亡损失。笔者依据其旅游价值和灾害性,将危岩景观划分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三级保护类型(表2)。

表 1 危岩景观类型划分  
Table 1 Classifying of types of rockfall-landscape

分类依据	类型	特 征
规模	小型	体积 $< 100 \text{ m}^3$
	中型	体积 $100 \sim 1\,000 \text{ m}^3$
	大型	体积 $> 1\,000 \text{ m}^3$
形态	象形状	类似人形、动植物形或其他事物状
	柱状	单体为柱形,多个柱体可以构成峰林状
	异常状	除上述两类之外的其他形状
失稳模式	崩塌型	软弱结构面倾角大,失稳后下落速度快,竖向距离大于水平距离
	滑塌型	软弱结构面倾角较小,滑体滑移,竖向距离较小

表 2 危岩景观保护级别划分  
Table 2 Classifying of protected types of rockfall-landscape

级别	旅游价值	灾害性	保护管理措施
Ⅰ	象形状,形象独特,极少见,有强烈的吸引力,观赏性高,让人流连忘返,绝大部分游客观赏	大中型规模,危岩体极不稳定,后缘存在较多拉张裂隙;前缘鼓胀,出现大量放射状裂缝;失稳可能性大,以崩塌模式为主,距游道 $< 50 \text{ m}$ ,威胁人数 $> 10$ 人	纳入日常管理,加强监测,减小周围扰动因素,采取有效工程措施
Ⅱ	柱状,形象突出,不常见,有较大的吸引力,观赏性较高,大部分游客观赏	中小型规模,危岩体较不稳定,后缘存在少量拉张裂隙;前缘鼓胀,出现少量放射状裂缝;失稳可能性中等,以崩塌模式为主,距游道 $< 100 \text{ m}$ ,威胁人数 $> 3$ 人	纳入管理体系,加强监测,减小周围扰动因素
Ⅲ	异常,形象一般,不常见,较多类似形态,有一定的吸引力,观赏性一般,少部分游客观赏	小型规模,危岩体基本稳定,后缘无明显位移,局部有拉张裂隙发育;前缘局部出现少量放射状裂缝;失稳可能性小,以滑塌模式为主,距游道 $> 100 \text{ m}$ ,威胁人数 $< 3$ 人	纳入管理体系,加强监测

注:景观保护级别判定的二因素中,有一个因素达到某较高等级时,保护级别即为该等级。

## 2 龙虎山丹霞地貌危岩景观类型

龙虎山是我国丹霞地貌发育最好的地区之一,景观类型丰富多样,地貌造型独特罕见,以发育老年早期孤峰、峰林类地貌景观为特征,具有很高的旅游观赏价值<sup>[15]</sup>。龙虎山又是危岩景观发育的典型区域,在百余处奇特秀美的丹霞地貌景观中,有数十处是不同稳定程度的危岩景观,而且绝特景观多是脆弱的危岩景观,如象鼻山、金枪峰等。

根据在龙虎山丹霞地貌区域的调查,共发育有56处不同程度的地质灾害点,其中历史灾害6处,形成4处景观,潜在灾害50处。潜在灾害中,危岩景观灾害达27处,集中分布在游道附近(图1、图

2)涵盖了多种类型(表3)。危岩失稳模式以崩塌为主,崩塌型危岩景观发育18处,占总数66.7%,而滑坡型9处,占总数33.3%。规模大小不一,最大体积为 $3.36 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,最小体积为 $9 \text{ m}^3$ ,大型规模15处,中型7处,小型5处。形态异常14处,象形状10处,柱状3处。这些危岩景观距离游道比较近,均 $<500 \text{ m}$ ,其中 $<50 \text{ m}$ 有17处,50~100 m 3处, $>100 \text{ m}$  7处。根据危岩景观的基本特征,I级保护的危岩景观10处,II级7处,III级10处。龙虎山区域内地质灾害频发,尤其是每年的梅雨季节(4—7月)。最近一次地质灾害发生在2010-06,由于暴雨引起多处山体滑坡、崩塌。对危岩失稳,在景观保护中,应注意区域性、针对性、可持续性的保护原则。

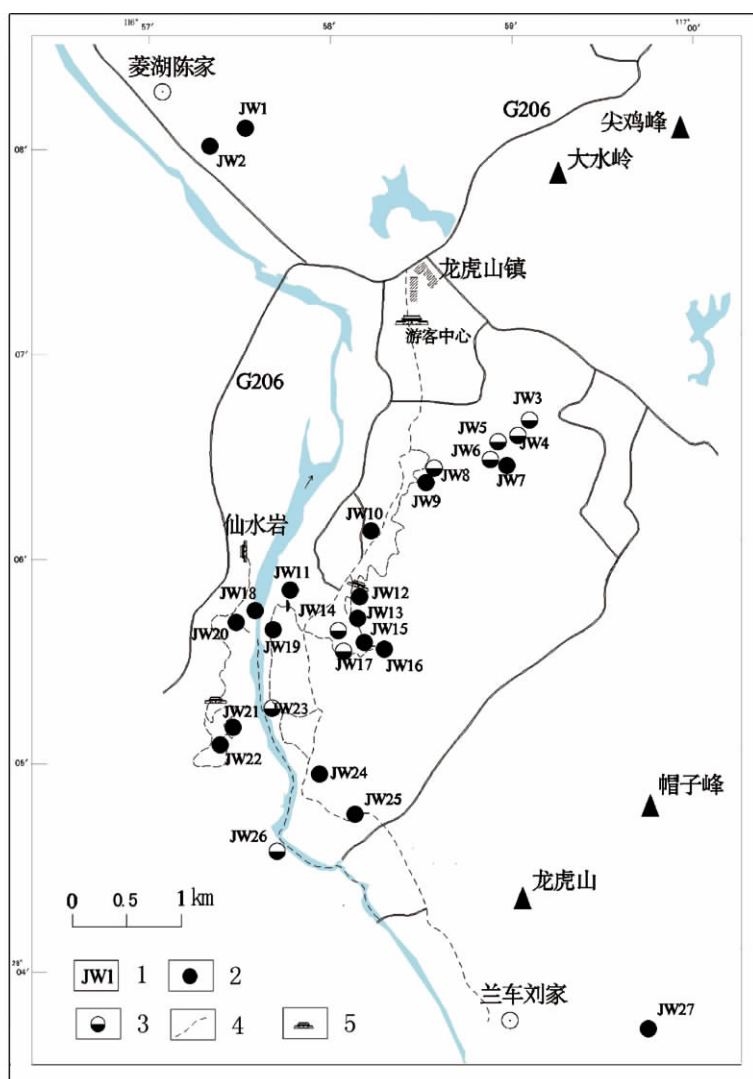


图1 龙虎山丹霞地貌危岩景观分布图

1. 危岩景观编号; 2. 潜在崩塌型危岩景观; 3. 潜在滑坡型危岩景观; 4. 游道; 5. 景区大门

Fig. 1 The distribution of Danxia landform rockfall-landscape in Mt. Longhushan



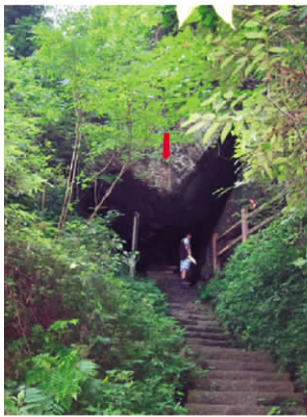
JW1 金龙峰



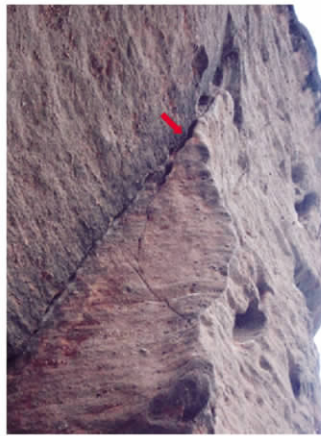
JW11 僧尼峰



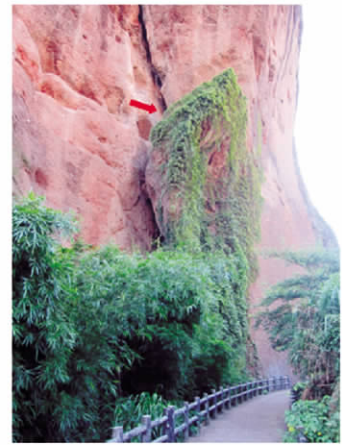
JW12 象鼻山



JW13 福地门



JW18 飞云阁



JW19 仙桃石



JW20 仙女岩入口



JW22 尼姑庵



JW23 双面石

图2 老虎山丹霞地貌景观危岩照片

Fig.2 Photos of Danxia landform rockfall-landscape in Mt. Longhushan

### 3 龙虎山危岩景观可持续开发对策

龙虎山丹霞地貌存在很多世界上绝无仅有的形态怪异、弥其珍贵的危岩景观,如象鼻山、金枪峰、僧尼峰等。这些危岩景观是独具特色的旅游资源,具

有险峻、秀丽、奇特等多重感官效应,强烈激发游客的旅游欲望,对旅游开发及经济发展作用明显。

#### 3.1 旅游开发现状

龙虎山丹霞地貌危岩景观发育密度大,空间距离小,分布在地质人文景观密集的区域,便于旅游开发。在仙水岩景区泸溪河两岸是丹霞地貌景观发育

种类最齐全、密度最大、景色最突出的区域,仅 15 km<sup>2</sup> 区域内就发育危岩景观达 27 处。景观近南北向分布,南北最远距离 10 km(排衙峰至骆驼峰),东西最远距离 800 m 左右。龙虎山旅游路线贯穿于危岩景观群中,景点之间距离数米至百米不等,最远距离 500 m。这些危岩景观所在区域已修建人行游步道约 30 km,观光车道 10 km,水路漂流路线 3 km,是旅游活动的核心区域,承接 90% 以上的旅客量。相比之下,马祖岩、峨眉峰基本上未开发,发育危岩景观 2 处。因而,龙虎山丹霞地貌开发程度高的区域,也是危岩景观高发区域。

龙虎山丹霞地貌危岩景观品位高,是旅游开发的重点。根据龙虎山管委会评出的龙虎山十大自然美景中,有 6 处存在不同程度的稳定性问题,分别为

象鼻山、金枪峰、排衙峰、僧尼峰、文豪峰、仙桃石。它们外观优美,形象突出,造型绝特罕见,是丹霞地貌最具观赏性的特色景观,并开设了专门的旅游线路,如象鼻山景区游道。象鼻山景区游道有 8 处地质景观、2 处民俗文化景观。实地调查发现,7 处为地质灾害景观,占地质景观总数的 87.5%,其中 6 处为潜在地质灾害(象鼻山、福地门、百岁岩、仙丹盒、一线天、脸谱石),2 处为崩塌堆积景观(拇指石、脸谱石)。这条游览线上,除象鼻山外,其余景观很平常,特点不明显,吸引力不大。但每年游览这条路线人数约占景区游客总数的 40%,近 30 万人,这说明象鼻山这个危岩景点的轴心作用突出。若象鼻山失稳,这条旅游线路游客人数可能会骤减,而这条旅游线路的经济价值会很低。

表 3 龙虎山丹霞地貌危岩景观类型

Table 3 Danxia landform rockfall-landscape types in Mt. Longhushan

编号	名称	规模类型	形态	失稳模式	距游道距离/m	保护级别
JW1	金龙峰	小	异常	崩塌	0	Ⅱ
JW2	金枪峰	中	柱状	崩塌	70	Ⅰ
JW3	排衙峰 1	大	异常	滑坡	400	Ⅲ
JW4	排衙峰 2	大	异常	滑坡	400	Ⅲ
JW5	排衙峰 3	大	异常	滑坡	400	Ⅲ
JW6	排衙峰 4	大	异常	滑坡	300	Ⅲ
JW7	排衙峰 5	大	异常	崩塌	350	Ⅲ
JW8	清幽谷	中	异常	滑坡	300	Ⅲ
JW9	五指山	大	柱状	崩塌	50	Ⅰ
JW10	蜡烛峰	大	柱状	崩塌	20	Ⅰ
JW11	僧尼峰	大	象形状	崩塌	20	Ⅰ
JW12	象鼻山	中	象形状	崩塌	5	Ⅰ
JW13	福地门	小	异常	崩塌	0	Ⅰ
JW14	仙丹盒	大	象形状	滑坡	30	Ⅱ
JW15	百岁岩	大	象形状	崩塌	0	Ⅱ
JW16	牵龙洞	小	异常	崩塌	15	Ⅱ
JW17	脸谱石	大	象形状	滑坡	100	Ⅱ
JW18	飞云阁	小	异常	崩塌	0	Ⅰ
JW19	仙桃石	大	象形状	崩塌	0	Ⅰ
JW20	仙女岩入口	中	象形状	崩塌	0	Ⅰ
JW21	仙人城一线天	中	异常	崩塌	20	Ⅲ
JW22	尼姑庵	大	异常	崩塌	0	Ⅱ
JW23	双面石	中	象形状	滑坡	80	Ⅲ
JW24	雷壁石	大	异常	崩塌	50	Ⅲ
JW25	三叠岩	中	异常	崩塌	30	Ⅲ
JW26	文豪峰	大	象形状	滑坡	10	Ⅰ
JW27	骆驼峰	小	象形状	崩塌	500	Ⅱ

注: 距离为 0,即危岩景观位于游道上方。



危岩景观不仅因突出的观赏价值而吸引游客,还延长了旅游路线,增加了旅客滞留时间,对景区旅游经济发展作用显著。

### 3.2 潜在威胁

龙虎山丹霞地貌区雨量充沛,每年4—6月暴雨频繁,这很容易引起危岩失稳,造成人员伤亡、财产损失,并破坏景观,影响旅游经济发展。

2010年,龙虎山接待海内外游客54万人次,平均每天1480人次,高峰期甚至一天接待游客达3万多人(数据来源于龙虎山管委会工作报告)。龙虎山游道长约30 km,而且是线性的,因而游客来回路线相同。游道上潜在的危岩景观灾害对大量游客的安全构成一定的威胁。监测系统、管理系统、宣传系统、服务系统、电力系统等设施密集,建设费用较高,部分处在危岩灾害的危害范围内。一旦发生危岩失稳,可能造成人员伤亡及财产损失。若这样,龙虎山作为世界地质公园及世界自然遗产,集娱乐、休闲于一体的公共场所,将产生负面的社会影响。这势必会影响旅游人数及游客的滞留时间,进而阻碍旅游经济发展。

另一方面,危岩失稳破坏旅游资源。龙虎山丹霞地貌区很多潜在危岩灾害点又是特色景点,达13处,其中很多稳定性较差。如仙水岩景区象鼻山斜贯鼻根的裂隙面及其分支裂隙继续发育,使得象鼻岌岌可危。如果象鼻山(图2 JW12)灾害点发生坍塌,龙虎山也失去了号称“天下第一神象”、举世无双的特色景点。福地门(图2 JW13)为一崩塌巨石,超过60 t重,后部支点岩块仅0.5 m<sup>3</sup>,而且表面可见压裂裂隙及破碎物。福地门位于半山坡上,与象鼻山相距120 m,平均坡度25°。福地门崩塌滚落很可能撞击象鼻山底部基岩,进而使象鼻山也坍塌。龙虎山丹霞地貌区域内,景观的密集区往往是地质灾害的多发区。一处地质灾害会波及多处景观的破坏,可能出现群发性。

危岩失稳灾害发生的时间、强度等有很大的不确定性,往往骤然发生,历时短、爆发力强、成灾快、危害大。景观点的危岩失稳形成的灾害主要发生在人员集中的景区,周边基础设施较多,对人民生命财产、基础设施等破坏性较大,危害性远远大于一般的危岩。而其本身就是珍贵的极具观赏性的特殊地质遗迹,若遭受破坏,对景区旅游经济发展影响较大,产生较大的社会不利影响。因而,加强危岩景观的保护是合理开发的一部分。

### 3.3 保护措施

危岩景观的保护应坚持以人为本,预防为主,优先选择撤离、避让。工程防治坚持时效性、针对性、可持续性的原则,综合考虑危岩体的变形破坏机制、致灾因子、岩性特征、施工条件等选择合理方案,进行有效的防治并力求根治。

龙虎山丹霞地貌危岩景观防治工程以危岩景观体为核心,主要从三方面进行防治。一是阻止地质灾害作用与受害对象相遇(即避让),对危岩体运动进行消能拦挡,限制运动范围、速率,达到隔离危岩体与受灾体,避免成灾。具体措施有:山坡拦石沟、滚石平台、拦石桩、拦石墙、拦石网、遮挡明洞、森林防护等。二是要减少诱发和产生新的地质灾害的因素,主要有地表排水、地下排水、风化防护、防渗工程等改造地质环境,以及减少人类活动对景观危岩灾害的加剧,尤其是尽量避免周围的爆破震动。三是危岩体自身的强化稳定措施,改善力学平衡条件,提高稳定性,包括强化软弱结构面、强化结构体,具体措施有:灌浆、抗滑桩、顶部削方减重、削低坡度、坡角堆载、支挡、锚固、反压、回填等。

龙虎山丹霞地貌危岩景观岩体以紫红色砂砾岩、砂岩为主,局部夹有粉砂岩、泥岩等。岩性力学强度较低,受外界影响较大。另外,这些危岩失稳结构面以倾向坡面的贯通性较好的软弱夹层和节理裂隙面为主,少量为底部掏空、重力拉裂而形成的张裂面。根据各危岩景观的实际工程地质条件(包括结构面、力学性质等)、危岩的景观特性及其与游道的关系,笔者制定了相应的保护方案(表4)。

## 4 结论

龙虎山是危岩景观发育的典型区域,发育几十处危岩景观,类型多样、分布集中。这些危岩景观造型奇特,惟妙惟肖,尽显其独特的形态美、色彩美,具极高的旅游观赏价值,成为旅游开发的重点。危岩景观如一颗颗璀璨的珍珠镶嵌在各旅游路线上,延长了旅游路线,增加了旅客滞留时间,对该区域旅游发展起着至关重要的作用。但潜在的危岩景观灾害对大量游客的安全及旅游设施构成极大的威胁,并破坏旅游资源。因此,依据危岩景观具体特性和工程地质条件,采取针对性的保护措施,是实现旅游可持续发展的的重要途径。

表 4 龙虎山丹霞地貌危岩景观保护方案

Table 4 Protecting measures of Danxia landform rockfall-landscape in Mt. Longhushan

编号	名称	灾害基本特征	保护措施
JW2	金枪峰	金枪峰为特色景观。岩体表面节理裂隙明显,延伸长,张开裂隙 5 - 20 cm。其顶部有一弧形结构面控制着危岩体,雨水可顺着裂隙下渗,减少摩擦力,最终失去平衡而倒塌。目前,极不稳定,易崩塌,对景观影响很大,但对人员财产威胁较少。	锚固、裂缝填埋、减少振动
JW9	五指山	五指山为五座大小不一的山峰组成,其外侧为柱状,裂隙贯通至底,底部岩体常年受上覆重力挤压,风化严重。观光栈道从底部绕过,受人为干扰大。目前极不稳定,应从多方面治理。	锚固、裂缝填埋、坡角堆载、加强监测、减少周围振动
JW24	雷壁石	景观性较好,局部存在不稳定岩体,危险性大,但治理难度大,不便以施工,保守保护较合理。	裂缝填埋、加强监测
JW11	僧尼峰		
JW16	牵龙洞		
JW23	双面石		
JW14	仙丹盒		
JW12	象鼻山	景观性极好,整体不稳定,主控结构面贯通,张开较大,对景观、游客安全威胁大,应从其自身、外界环境及监测多方面保护。	锚固、裂缝填埋、加强监测、减少周围振动
JW27	骆驼峰		
JW22	尼姑庵	这三处危岩景观主要为底部被掏空,受重力作用而下坠,造成不稳定。	支挡
JW13	福地门		
JW15	百岁岩		
JW19	仙桃石	危险岩块不影响景观,危险性大,目前极不稳定,需及时清理。	清除
JW20	仙女岩入口		
JW18	飞云阁		
JW1	金龙峰		
JW3	排衙峰 1	这 11 处危岩景观,景观特性一般,离游道较远,对游客伤害性很小,而且其自身基本稳定,产生灾害的可能性很小。无外界强烈扰动,不会造成重大灾害,目前可以保持其自然本性。	避让、减少振动
JW4	排衙峰 2		
JW5	排衙峰 3		
JW6	排衙峰 4		
JW7	排衙峰 5		
JW8	清幽谷		
JW10	蜡烛峰		
JW17	脸谱石		
JW25	三叠岩		
JW21	仙人城一线天		
JW26	文豪峰		

参考文献 (References)

[1] Guo Fusheng, Jiang Yongbiao, et al. Evolution and genesis system features of danxia Landform in Longhushan Word Geopark[J]. Journal of Mountain Science, 2011, 29( 2): 195 - 201 [郭福生,姜勇彪,胡中华. 龙虎山世界地质公园丹霞地貌成景系统特征及其演化[J]. 山地学报, 2011, 29( 2): 195 - 201]

[2] Zhu Cheng, Peng Hua, Ouyang Jie, et al. Age genesis and characteristics of Danxia landform of Fangyan in Zhejiang Province, China. Scientia Geographica Sinica, 2009, 29( 2): 229 - 237 [朱诚,彭华,欧阳杰,等. 浙江方岩丹霞地貌发育的年代、成因与特色研究,地理科学, 2009, 29( 2): 229 - 237]

[3] Zhu Cheng, Peng Hua, Li Shicheng, et al. Danxia landform genesis on Qiyun Mountain, Anhui Province [J]. Acta Geographica Sinica, 2005, 60( 3): 445 - 455 [朱诚,彭华,李世成,等. 安徽齐云山丹霞地貌成因[J]. 地理学报, 2005, 60( 3): 445 - 455]

[4] Zhu Cheng, Peng Hua, Li Zhongxuan, et al. Age and genesis of the Danxia landform on Jianglang Mountain, Zhejiang Province [J]. Acta Geographica Sinica, 2009, 64( 1): 21 - 32 [朱诚,彭华,李中轩,等. 浙江江郎山丹霞地貌发育的年代与成因[J]. 地理学报, 2009, 64( 1): 21 - 32]

[5] Li Xiaoqin. Study on the landscape characteristics and the genesis of Jianmengan geological relics in Sichuan, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition, 2008, 35( 5): 597 - 560 [李晓琴. 剑门关地质遗迹景观特征与成因研究[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2008, 35( 5): 597 - 560]

- [6] Hu Houtian. Collapse and prevention [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 1989: 9–10 [胡厚田. 崩塌与落石 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1989: 9–10]
- [7] Yang Zhunyun. Analysis of typical conditions of unstable rock development [J]. Technology of Highway and Transport 2005 6: 106–110 [杨转运. 危岩体发育的典型环境条件分析 [J]. 公路交通技术 2005 6: 106–110]
- [8] Qi Deli, Yu Rong, Zhang Renshun, et al. On the spatial pattern of Danxia Landform in China [J]. Acta Geographica Sinica, 2005, 60 (1): 41–52 [齐德利, 于蓉, 张忍顺, 等. 中国丹霞地貌空间格局 [J]. 地理学报 2005 60 (1): 41–52]
- [9] Jiang Fuwei, Guo Fusheng, Jiang Yongbiao, et al. Studying causes of formation and protection for landscape-rockfall of Danxia landform in Long – HuShan [J]. Journal of Mountain Science, 2011, 29 (2): 202–209 [姜伏伟, 郭福生, 姜勇彪, 等. 龙虎山丹霞地貌危岩景观成因及保护研究 [J]. 山地学报 2011, 29 (2): 202–209]
- [10] Fuwei Jiang, Fusheng Guo. Research protecting methods to perilous rock landscape: taking an example of protecting Elephant Trunk Hill in Dragon Tiger Mountain, China [J]. Advanced Materials Research 2011 (250–253): 2107–2111
- [11] Jiang Fuwei, Guo Fusheng, Jiang Yongbiao, et al. Preliminary treatise of researching landscape-rockfall disaster in the scenic spot [J]. Journal of East China Institute of Technology 2011 34 (2): 30–35 [姜伏伟, 郭福生, 姜勇彪, 等. 风景区景观危岩灾害研究刍议 [J]. 东华理工大学学报 2011 34 (2): 30–35]
- [12] Peng Hua. Research Danxia landform classification system [J]. Economic Geography, 2002, 22 (suppl.): 28–35 [彭华. 丹霞地貌分类系统研究 [J]. 经济地理 2002 22 (增): 28–35]
- [13] Guo Fusheng, Zhou Zuoming et al. Studying features and causes of danxia landform landscape, in Long Hushan, Jiang Xi [C] // The first world geological park conference. Beijing: Geological Publishing House 2004: 437–439 [郭福生, 周佐明. 江西龙虎山丹霞地貌景观特色及成因研究 [C] // 第一届世界地质公园大会论文集. 北京: 地质出版社 2004: 437–439]
- [14] China Geological Survey. DZ0238—2004. Standard of classification for geological disaster [S]. 中国地质调查局. DZ0238—2004. 地质灾害分类分级 [S].
- [15] Jiang Yongbiao, Guo Fusheng. A study on the features and genesis of Danxia landform in Longhushan World Geopark and comparing with others in China [J], Journal of Mountain Science 2009 27 (3): 353–360 [姜勇彪, 郭福生. 龙虎山世界地质公园丹霞地貌特征、成因及其国内对比 [J]. 山地学报 2009, 27 (3): 353–360]

## Danxia Landscape Rockfall-landscape Types and Protection Measures

—— A Case Study of Mt. Longhushan in Jiangxi, China

GUO Fusheng<sup>1 2</sup>, JIANG Fuwei<sup>1</sup>, HU Zhonghua<sup>3</sup>, WU Zhiyong<sup>3</sup>, JIANG Yongbiao<sup>1 2</sup>, JIANG Xingbo<sup>1</sup>

(1. East China Institute of Technology, Fuzhou 344000, China;

2. State Key Laboratory Breeding Base of Nuclear Resources and Environment East China Institute of Technology Nanchang 330013, China

3. Land and Resources Bureau of Longhushan Tourist Spots, Yingtan 335000, China)

**Abstract:** Danxia landform is one of major geomorphic tourist resources in China, which gradually becomes a tourist hotspot. It is especially obvious in Danxia landform that geological landscape coexist with dangerous rocks. In the process of Developing Danxia landform tourism, there are some issues in judging and protecting rockfall-landscape, but people do not pay sufficient attention to them. From the perspective of sustainable development, according to the stability, Danxia landform landscape are divided into rockfall-landscape and stable landscape. Based on size, morphology, instability mode, tourism value and risk, rockfall-landscape can be briefly classified many kinds. Surveying the features and tourism development of Mt. Longhushan Danxia landscape, the paper divides its types, and discusses the sustainability development of rockfall-landscape. Lastly, it analysis the development of potential threats and put forward some measures to protect the rockfall-landscape.

**Key words:** rockfall-landscape; landscape protection; Danxia landform; tourism development; Mt. Longhushan