

张孝奎, 袁牧, 冯立超, 等. 九寨沟景区在九寨沟7.0级地震中的防灾问题分析[J]. 灾害学, 2018, 33(3): 80-86. [ZHANG Xiaokui, YUAN Mu, FENG Lichao, et al. Analysis of Jiuzhaigou Scenic Disaster Prevention Problems Reflected in the Jiuzhaigou Earthquake[J]. Journal of Catastrophology, 2018, 33(3): 80-86. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2018.03.016.]

# 九寨沟景区在九寨沟7.0级地震中的防灾问题分析\*

张孝奎, 袁牧, 冯立超, 罗兴华, 董雪妍, 于开春

(北京清华同衡规划设计研究院有限公司, 北京 100085)

**摘要:** 对2017年8月8日九寨沟7.0级地震对九寨沟景区的影响进行了梳理, 分析了景区防灾减灾存在的三个问题: ①对景区所面临的高位崩塌地质灾害风险重视不够, 治理不彻底; ②交通布局未充分考虑地质灾害影响, 交通安全性不够; ③景区设计对防灾减灾重视不够, 缺乏必要的安全冗余设计。根据这些问题, 对景区如何提高防灾减灾能力提出了三条建议: ①对影响景区安全的地质灾害隐患进行全面排查和治理; ②结合景区本底条件, 对景区车行道和栈道进行安全化改造; ③完善景区地震应急管理体系。这些意见可供九寨沟景区恢复重建工作参考, 也可供其它景区的防灾减灾工作借鉴。

**关键词:** 九寨沟地震; 景区型地震; 地质灾害; 崩塌; 滑坡

**中图分类号:** X43   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1000-811X(2018)03-0080-07

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2018.03.016

地震地质灾害是指在地震作用下, 地质体变形或破坏引起的灾害<sup>[1]</sup>。我国西部地区地震频发, 又大多为山地, 山体岩石较为破碎, 是我国地震地质灾害最为频发的地区。如1933年发生于四川省茂汶县(现为茂县)境内的7.5级地震引起的滑坡在叠溪镇形成的堰塞湖将整个叠溪镇淹没, 几个规模较大的堰塞湖现在依旧存在, 人们称之为“叠溪海子”<sup>[2]</sup>。2008年汶川8.0级地震所触发的滑坡、崩塌数量总数据估算达4~5万处, 规模大于1000万m<sup>3</sup>的巨型滑坡达30余处。其中安县的大光包滑坡的滑坡体约7.5亿m<sup>3</sup>, 是目前有记载的世界上最大的地震触发的巨型滑坡<sup>[3]</sup>。在2013年雅安7.0级地震中, 诱发和明显加剧的崩塌、滑坡、泥石流和不稳定斜坡共1218处, 其中大于100万m<sup>3</sup>的19处<sup>[4]</sup>。

九寨沟景区(下称“景区”)位于四川省阿坝藏族羌族自治州九寨沟县境内, 阿坝州东北部, 地处青藏高原向四川盆地过渡地带, 距离成都市约400 km, 总面积620 km<sup>2</sup>, 九寨沟以有九个藏族村寨(又称何药九寨)而得名, 平均海拔在2000~3500 m, 遍布原始森林, 森林覆盖率超过52%, 沟内分布108个湖泊。1992年被联合国自然遗产委员会列为世界自然遗产, 2007年被国家旅游局批准为国家5A级旅游景区。

九寨沟7.0级地震是继1933年叠溪7.5级地震和1976年松潘7.2级地震之后, 发生在四川北部的又一重大地震。地震震中毗邻著名的九寨沟景区, 发震断裂从景区北部穿过, 给景区造成了严重破坏, 属典型的景区型地震。所幸由于地震发生在景区关闭时段的夜间, 景区内部没有游客, 才没造成严重人员伤亡。根据笔者震后对景区现场走访和调研, 发现地质灾害在这次地震中非常突出。分析这些地质灾害产生的特点和原因, 给景区如何提高防灾减灾能力提出了意见和建议, 可供景区后续恢复重建工作参考, 也可供其它景区的类似工作提供借鉴。

## 1 九寨沟地震及其影响范围

2017年8月8日21:19:46, 四川省阿坝州九寨沟县发生里氏7.0级地震, 震源深度为20 km。截至8月13日20时<sup>[5]</sup>, 地震造成25人死亡, 525人受伤(其中重伤42人), 6人失联, 19768户176492人(含游客)受灾, 73671间房屋不同程度受损(其中倒塌76间), 涉及阿坝州九寨沟、松潘、若尔盖、红原等4个县53个乡镇

\* 收稿日期: 2017-11-07    修回日期: 2018-03-09

基金项目: 国家技术科技支撑计划课题(2015BAK14B02-4)

第一作者简介: 张孝奎(1979-), 男, 湖北大悟人, 高级工程师, 注册城市规划师, 硕士, 主要从事防灾减灾规划研究。

E-mail: zhxkui@163.com

309 个村(社区)。绵阳市平武县有 11 个乡(镇)不同程度受灾。

根据中国地震局发布的四川九寨沟 7.0 级地震烈度图<sup>[6]</sup>, 此次地震的最大烈度为 IX 度, 等震线长轴总体呈北北西走向, VI 度区及以上面积为 18 295 km<sup>2</sup>, 8 个县受灾, 包括四川省的阿坝藏族羌族自治州 4 个县(九寨沟县、若尔盖县、红原县、松潘县)和绵阳市 1 个县(平武县); 甘肃省陇南市 1 个县(文县), 甘南藏族自治州 2 个县(舟曲县、迭部县)。其中, ①IX 度区面积 139 km<sup>2</sup>, 主要为四川省阿坝藏族羌族自治州九寨沟县漳扎镇; ②VIII 度区面积 778 km<sup>2</sup>, 包括四川省阿坝藏族羌族自治州九寨沟县漳扎镇、大录乡、黑河乡、陵江乡和马家乡; ③VII 度区面积 3 372 km<sup>2</sup>, 主要为四川省阿坝藏族羌族自治州九寨沟县、若尔盖县、松潘县和绵阳市平武县; ④VI 度区面积 14 006 km<sup>2</sup>, 主要为四川省阿坝藏族羌族自治州九寨沟县、若尔盖县、红原县、松潘县, 绵阳市平武县; 甘肃省陇南市文县, 甘南藏族自治州舟曲县、迭部县(图 1)。

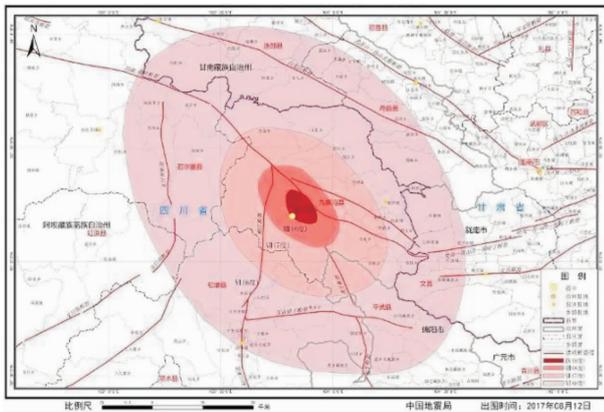


图 1 四川九寨沟 7.0 级地震烈度图<sup>[6]</sup>

在这次地震中, 景区跨越了 VII、VIII、IX 度三个烈度区(图 2)。其中, VII 度区面积约 259 km<sup>2</sup>, 主要在景区南部, 涉及 4 个景点; VIII 度区面积为 310.4 km<sup>2</sup>, 主要涉及则查洼沟和日则沟; IX 度区面积为 80.6 km<sup>2</sup>, 主要涉及树正沟。可以看出, 九寨沟地震的发震断裂从九寨沟景区北部穿过, 给九寨沟景区造成了严重破坏, 属典型的景区型地震。

## 2 景区地震地质灾害基本情况

从地质构造看, 九寨沟处于巴彦喀拉地块东部之川西北断块, 位于著名的“南北向地震构造带”的中段。自公元 1876 年以来, 景区所处区域范围内发生 M≥6.0 强烈地震 15 次, 其中 M≥7.0 地震 5 次<sup>[7]</sup>(图 3)。景区所在区域位于岷山隆起带

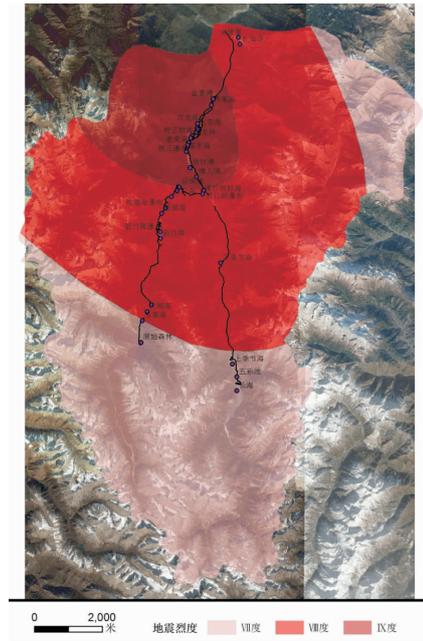


图 2 景区地震烈度分布图

北端与西秦岭地槽褶皱带之南缘文县 - 玛沁断裂相交汇部位。对该区域地质建造—构造环境有较大影响的断裂主要是文县 - 玛沁断裂、岷江断裂及虎牙断裂<sup>[8]</sup>。其中, 文县 - 玛沁断裂由塔藏(漳扎)断裂、文县 - 岸门口断裂组成。晚新生代具左旋走滑活动性质, 文县 - 岸门口断裂东段曾于 1879 年 7 月 1 日发生 8.0 级文县大地震。岷江断裂沿松潘 - 漳腊 - 贡嘎岭一线近南北向发育。断裂北段切过九寨沟地区西侧向北延伸交于文县 - 玛沁断裂。晚新生代以来表现出较强的活动性, 文县 - 玛沁断裂控制着松潘 - 漳腊第四系盆地的形成与发展。虎牙断裂近南北向发育, 向北经虎牙关至龙滴水, 错切雪山断裂后转向北西。具逆断兼左旋走滑性质(图 4)。

九寨沟地震的宏观震中位于景区西部比芒村南(图 5), 发震断裂横穿景区(图 6)。研究显示, 沿“九寨沟天堂”—震中—五花海一线以及上四寨村—中查—比芒一线存在两条“潜伏性”地震断裂<sup>[3]</sup>。前者延伸约 23.0 km, 是本次地震的主控构造; 后者长度约 19.0km, 是上四寨南侧的 NW 向次级断层的同震复活及扩展, 主震及余震活动均受控于这两条断裂(图 6)。这条 NW 向狭长区域的两端地震诱发的地质灾害非常严重(图 7)。据九寨沟县国土部门震后调查, 地震共造成景区发生 87 处地质灾害, 主要为滑坡和崩塌(图 8)。从地质灾害类型上统计, 崩塌数量为 73 处, 占比约 84%; 滑坡数量 14 处, 占比约 16%。从地质灾害规模上统计, 大型地质灾害点 7 处, 中型地质灾害点 29 处, 小型地质灾害点 51 处。地质灾害不仅导致了严重的景观损害, 还对景区交通系统造成严重破坏(图 9)。

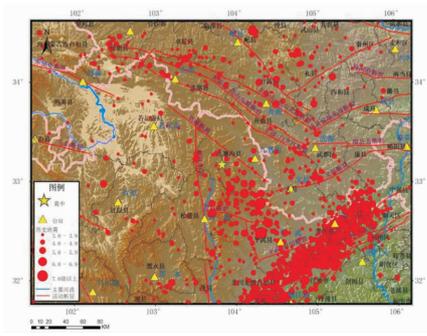


图3 区域历史地震震中分布图

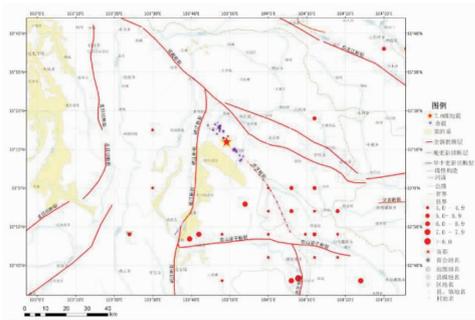


图4 区域地震构造图



图5 宏观震中与景区关系

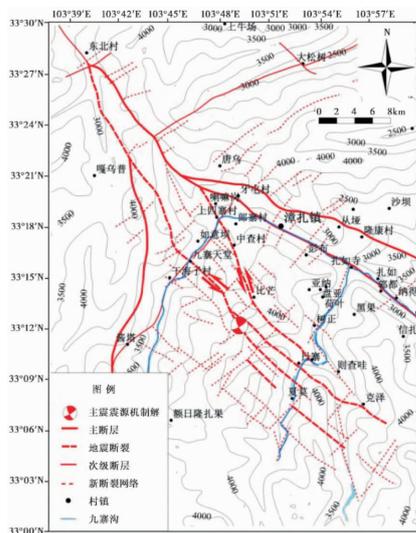


图6 九寨沟区域地震构造图<sup>[2]</sup>



图7 发震断裂经过五花海附近的部分影响区域

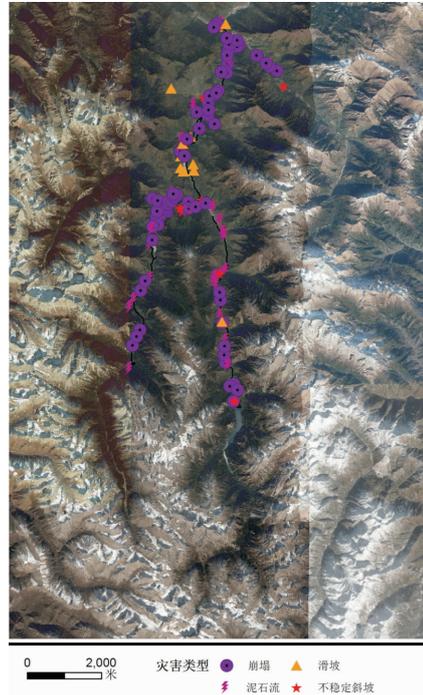


图8 景区震后地质灾害点分布图



图9 景区受损道路

### 2.1 崩塌

崩塌(崩落、垮塌或塌方)是较陡斜坡上的岩土体在重力作用下突然脱离母体崩落、滚动、堆积在坡脚(或沟谷)的地质现象。据初步统计,在九寨沟地震中,景区共发生崩塌73处,其中大型崩塌6处,中型崩塌29处,小型崩塌38处。在这些崩塌中,除了发生在诺日朗瀑布的崩塌外,其它大部分都由于处于山腰、甚至山顶的岩土体在地震作用下发生崩落。由于景区山体较为陡峭,崩落的岩石和土体下落速度非常快,具有极大的破坏力,给景区车行道和栈道构成严重威胁,是

景区地质灾害中危险性非常高的一种地质灾害。下面介绍几处较为典型的崩塌。

(1) 芦苇海西侧山体

芦苇海位于树正沟, 海拔 2 192 m, 长 1 520 m、宽 124 ~ 186 m、深 3 m, 库容 20 万 m<sup>3</sup>。是沼泽化湖泊, 湖中芦苇蔓生, 是鸟类觅食、繁衍、栖息的天然场所。芦苇海两侧山体陡峭, 山体相对高度约 650 m, 植被覆盖良好。地震中, 西侧山体顶部发生大面积崩塌, 将山顶部分植被完全破坏。崩落下来的石块, 堆积于车行道路和栈道上, 有的石块甚至冲进芦苇海中。后经紧急抢修, 车行道基本恢复通行。崩落石块在车行道上砸出大大小小坑, 并砸坏了栈道(图 10)。

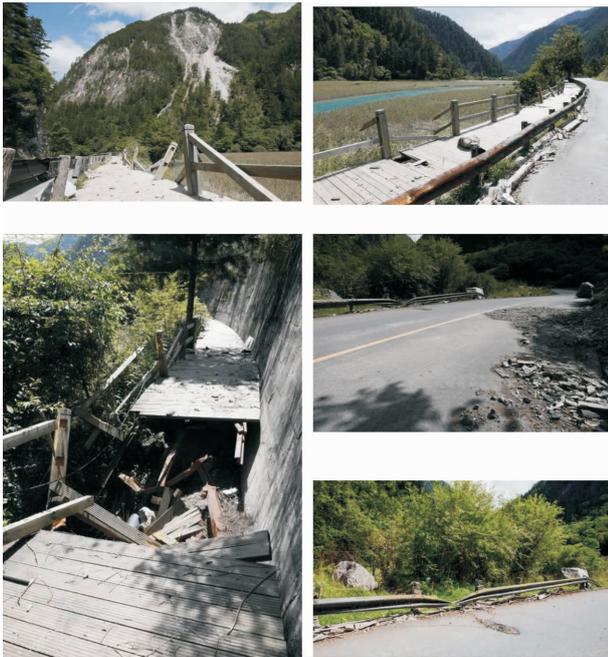


图 10 芦苇海西侧山体崩塌及影响(由陆鸣提供)

(2) 下季节海西侧山体

下季节海位于则查洼沟的中部, 镶嵌在花繁叶茂的山坳里。据观察, 下季节海距离宏观震中约 13 km, 可能是本次地震发震断裂经过区域。强烈地震导致山体发生严重崩塌和滑坡, 几十吨重的巨大石块滚落山下, 堆积在车行道上, 有的甚至落进下季节海, 将道路护栏完全毁坏(图 11)。

(3) 镜海 - 五花海道路临山边坡

镜海至五花海位于日则沟北部。日则沟是景区景点最为密集的区域之一, 也是本次地震震害最为严重的区域。从镜海到五花海约 2.5 km 的路程, 发生的比较严重滑坡就达 10 多处。部分崩塌是由于在道路建设过程中曾进行过较大规模的土方开挖, 有的形成了高达六七米的边坡。在强烈地震作用下, 连同上面的植被发生了崩塌, 崩塌体堆积于道路上, 阻塞道路。不过, 景区在日常工作中对崩塌防治比较重视, 一些措施在震时发

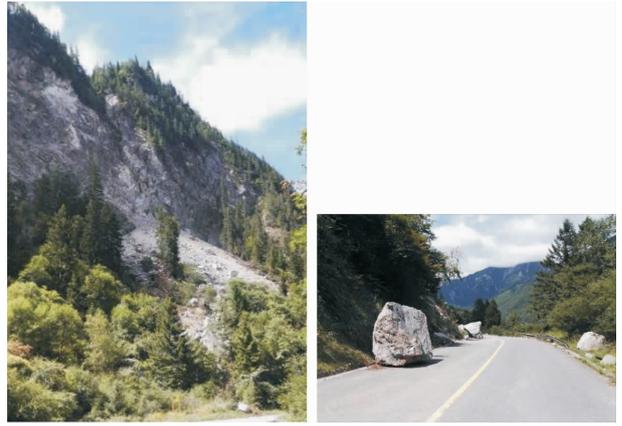


图 11 下季节海西侧山体崩塌

挥了重要作用, 也在一定程度上控制了灾害损失的扩大。如在珍珠滩到五花海的路上, 由于有非常结实的护坡网, 牢牢地将滑坡体控制在一定范围内, 阻止了损失的进一步扩大(图 12)。

(4) 诺日朗瀑布

诺日朗瀑布位于树正沟和日则沟交汇处, 海拔 2 343 m, 高 25 m, 宽 320 m, 钙华加积形成瀑坎, 是中国大型钙华瀑布之一。夏秋季节, 气势如虹; 冬季, 瀑布结冰, 瀑体泛蓝。

在这次地震中, 诺日朗瀑布南部部分瀑坎由于处于悬空状态, 类似悬臂梁的受力状态, 在强烈地震作用下发生垮塌, 垮塌长度约 20 m, 垮塌体体积约 300 m<sup>3</sup>。瀑布北部则基本未受影响。地震后, 由于南部部分瀑坎受损, 加之水流方向的改变, 致使原有景观遭到破坏(图 13)。

2.2 滑坡

据初步统计, 在九寨沟地震中, 景区共发生滑坡 14 处, 其中大型滑坡 1 处, 小型滑坡 13 处。在这些滑坡地质灾害中, 有很多直接或间接导致车行道路或栈道的破坏, 严重影响景区交通系统, 对景区安全构成严重威胁。而其中, 又以边坡失稳的危害最为突出。下面介绍几处较为典型的滑坡灾害。

(1) 火花海

火花海又称火花池, 位于树正沟的双龙海与卧龙海之间, 海拔 2 187 m, 长 205 m, 均宽 177.33 m, 均深 9.66 m, 面积 36 352.6 m<sup>2</sup>。其形成原因是泥石流堆积而成。在丰水季节, 当旭日东升或黄昏落日, 阳光斜射湖面, 波光星星点点, 跳跃闪动, 似朵朵燃烧的火花; 枯水季节, 水位下降, 金黄色的圆形钙华丘露出水面。

在九寨沟地震中, 火花海与双龙海之间的约 10 m 高的土质路堤发生滑坡, 形成约 20 m 宽的缺口。从缺口可以看出, 路堤是由粘性较差的粘土构成, 宽度约 25 m。在强烈地震作用下, 路堤被震溃, 火花海与双龙海之间因路堤阻隔而形成的

湖面高差瞬间消失，火花海中的水流失殆尽，漏出白色钙华湖底，景色遭受破坏(图 14)。

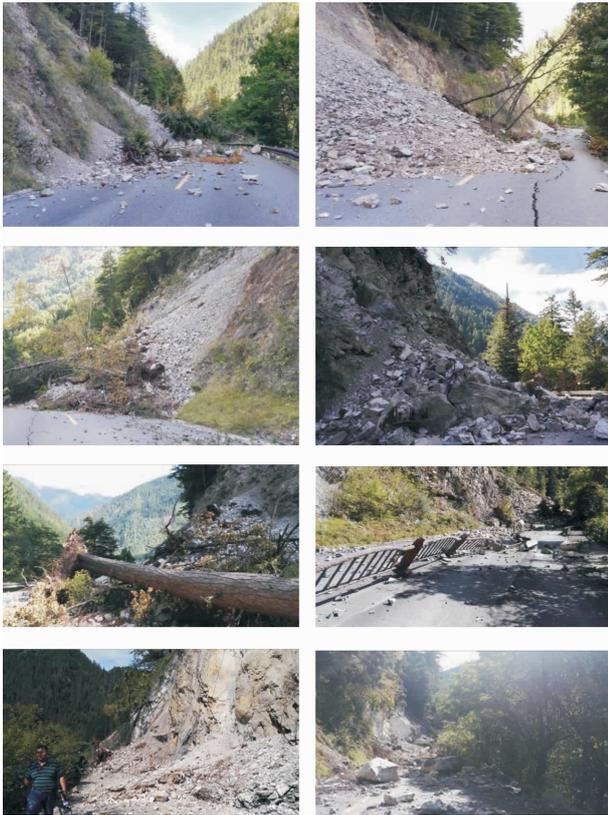


图 12 镜海 - 五花海部分沿路山体发生崩塌



图 13 在九寨沟地震中受损的诺日朗瀑布



图 14 震后火花海

### (2) 镜海至五花海道路

在整个景区的地震地质灾害中，尽管其它地方也有发生道路受损的情况，但发生在日则沟镜海南侧的 4 处比较严重的道路边坡滑坡破坏相对更典型(图 15)。其中，①处发生在从镜海乘车处往

西约 200 m 拐角处(见图 16a)。该处破坏导致路面宽度的一半落入镜海，落入镜海长度约 25 m。②处发生在离①处往西约 50 m 远(见图 16b)，由于边坡失稳，路面几乎沿道路中线发生开裂，裂缝宽度近 10 cm，裂缝延展长度超过 100 m。③处发生在离②处约 200 m 拐弯处(见图 16c)，道路临湖一侧的一半路面跌入湖中，破坏长度约 60 m。④处发生在从车行道往镜海西段的景区调度室处(见图 16d)。由于道路边坡失稳，路面被严重拉裂，裂缝最宽处达 20 ~ 30 cm。



图 15 日则沟四处道路边坡失稳分布图



图 16 镜海 - 五花海部分道路发生滑坡破坏

## 3 受损原因分析

根据对在地震中的受损情况调查分析，景区在地震中受损原因，除了客观的这次地震震级比较大、震源深度比较浅、震中离景区比较近以外，还有一些其他原因。综合起来主要有以下三个方面。

(1) 对所面临的地质灾害风险重视不够，地质灾害防治不彻底。在地震前，景区对道路临山一侧的边坡进行了治理，治理工程这次在地震中也发生了重要的作用(图 17)。但景区对自身面临的高位崩塌风险重视不够，也没有采取足够措施来防止发生高位崩塌灾害。而在这次地震中，景区就发生了多起非常严重的高位崩塌(图 18)，给景区造成了较大破坏。如果地震发生在白天的游客

高峰期, 这些高危崩塌岩石, 将对游客人身安全构成致命威胁。



图 17 景区的护坡网对地质灾害起到了一定的延缓作用



图 18 景区发生的高位崩塌

(2)交通布局不合理, 交通安全性不够。由于景区属于峡谷地形, 山高沟深, 极少有比较开阔的平地。因此, 几乎所有车行道和栈道都通过沿山脚、甚至开挖山脚建设, 某些区域与地质灾害威胁区域高度重合, 却很少考虑对可能地质灾害危险的避让。因此, 地震中, 一些区域发生地质灾害后, 直接导致了车行道和栈道的连锁破坏。据统计, 景区内受影响公路路段共计 2.49 km, 影响栈道路段共计 2.07 km, 其中游览路段 0.79 km (图 19)。



图 19 景区内受影响道路和栈道

(3)景区设计对防灾减灾重视不够, 缺乏必要的安全冗余设计。景区是人员密度非常高的公共场所, 应考虑突发情况下的公共安全问题。但现场调研发现, 景区设计缺乏必要的安全冗余设计: 无论是车行道还是栈道上, 都没有看见紧急应急避难设置。可以想见, 如果地震发生在白天, 景区的 4 万多人和 400 辆游览车, 在没有明确信息指引的情况下, 都只能凭直觉进行紧急避让, 发生拥挤踩踏、游人和车辆落水将是很难避免的。这将加重地震导致的人员伤亡和经济损失。同时, 大量人员和游览车辆拥挤在道路上, 震后景区外应急力量的进入也只能从沟口开始步步为营向景区推进, 将大大降低救灾速度, 影响救灾。

### 4 景区震后防灾减灾建议

为降低地震灾害风险, 在景区灾后恢复重建过程中, 建议从以下三个方面采取措施提高景区的防灾减灾能力。

(1)对影响景区安全的地质灾害隐患进行全面排查和治理。由于这次地震震中离景区很近, 发震断裂还经过景区, 可以预见, 给景区地质条件会造成很大破坏。因此, 在全面摸排在地震中已经显现的地质灾害外, 未来景区应密切监控景区地质灾害发展, 做到早发现早治理。同时, 对在这次地震中表现较为突出的高位崩塌, 景区应多方面采取措施进行治理, 尽可能降低其安全风险。

(2)结合景区本底条件, 对景区车行道和栈道进行安全化改造。鉴于景区山势陡峭, 而山体又比较破碎。因此, 建议在未来车行道和栈道修建过程中: ①车行道采用沿山架桥的方式进行, 禁止进行大规模的山体开挖, 以免破坏山体稳定性。同时, 对道路沿线应进行地质灾害风险评估, 对地质灾害隐患采取有针对性地预防措施, 实在难以治理区域, 应采取绕行方式通过; ②为尽可能保证游客安全, 建议研究论证部分栈道采用强化玻璃、沿河建设的可能性, 以尽可能让游客远离地质灾害威胁; ③景区应建设一套自成体系的应急道路系统, 以满足地震初期应急救援需求。

(3)完善景区地震应急管理体系。根据景区的本底条件, 结合景区景点、车行道路和栈道分布情况, 在景区每隔一定距离, 有计划性地建设一批应急基础设施, 如应急避难场所<sup>[9]</sup>、应急通道、应急通信设施等, 并据此修订景区地震应急预案, 配备应急管理人员和应急物资。同时, 景区应加强对景区管理人员和游客进行地震应急宣传教育, 降低震时可能导致的混乱。

### 5 结语

九寨沟 7.0 级地震尽管震级较大, 但由于发生时间在景区没有游客的时候, 因此, 没有造成太

大的人员伤亡。通过对景区进行考察,从防灾减灾视角分析了景区在防灾减灾存在的问题:对景区所面临的地质灾害风险重视不够,地质灾害防治不彻底;交通布局不合理,交通安全性不够;景区设计对防灾减灾重视不够,缺乏必要的安全冗余设计。根据景区在地震中所反映的问题,对景区在恢复重建过程,如何提高防灾减灾能力提出了三条建议:①对影响景区安全的地质灾害隐患进行全面排查和治理;②结合景区本底条件,对景区车行道和栈道进行安全化改造;③完善景区地震应急管理体系。希望通过景区的灾后恢复重建,打造本质性安全的景区。

### 参考文献:

- [1] GB17741-2005 工程场地地震安全性评价[S]. 北京:中国标准出版社,2005.
- [2] 王康,沈正康. 1933年叠溪地震的发震位置、震源机制与区域构造[J]. 地震学报,2011,33(5):557-567.
- [3] 黄润秋,唐川,李勇,等. 汶川地震地质灾害研究[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [4] 樊杰,兰恒星,陈田,等. 芦山地震灾后恢复重建资源环境承载能力评价[M]. 北京:科学出版社,2014.
- [5] 侯冲. “8·8”九寨沟地震致25死525伤 搜救工作基本结束[EB/OL]. (2017-08-14)[2017-08-29]. <http://www.cea.gov.cn/publish/dizhenj/468/553/101710/101716/20170814093548419970109/index.html>.
- [6] 项楠. 中国地震局发布四川九寨沟7.0级地震烈度图[EB/OL]. (2017-08-12)[2017-08-29]. <http://www.cea.gov.cn/publish/dizhenj/468/553/101710/101715/20170812212224652123547/index.html>.
- [7] 李渝生,黄超,易树健,等. 九寨沟7.0级地震的地震断裂及震源破裂的构造动力学机理研究[J]. 工程地质学报,2017,25(4):1141-1150.
- [8] 中国地震局地球物理研究所. 四川阿坝州九寨沟7.0级地震综合图集[EB/OL]. (2017-08-21)[2017-09-19]. <http://www.csi.ac.cn/manage/eqDown/05LargeEQ/201708082119M7.0/zonghe.html>.
- [9] 张孝奎. 城市规划中固定防灾避难人口估算研究[J]. 灾害学,2014,29(1):58-61,74.

## Analysis of Jiuzhaigou Scenic Disaster Prevention Problems Reflected in the Jiuzhaigou Earthquake

ZHANG Xiaokui, YUAN Mu, FENG Lichao, LUO Xinghua, DONG Xueyan and YU Kaichun  
(Beijing Tsinghua Tongheng Urban Planning & Design Institute, Beijing 100085, China)

**Abstract:** We analyze the influence of Jiuzhaigou earthquake on Jiuzhaigou scenic spot, analyze the three problems of disaster prevention and reduction in the scenic spot: ① It is not enough to pay attention to the high risk of geological disasters in the scenic area. ② The traffic arrangement is not sufficient taking into account the impact of geological disasters, traffic safety is not enough; ③ scenic spots on disaster prevention and mitigation attention is not enough, the lack of necessary safety and redundancy design. According to these problems, how to improve the disaster prevention and mitigation capacity of the scenic area put forward three suggestions: ① the impact of scenic spots on the safety of geological disasters to conduct a comprehensive investigation and governance; ② combined with scenic conditions, the scenic roadway and plank road security transformation; ③ improve the area earthquake emergency management system. These views for Jiuzhaigou scenic restoration and reconstruction work reference, but also for other scenic spots disaster prevention and mitigation work reference.

**Key words:** Jiuzhaigou earthquake; scenic earthquake; geological hazards; collapse; landslide