

# 汶川 8.0 级地震昭通灾区边坡稳定性分析<sup>\*</sup>

张彦琪, 厉建明, 华 钧

(云南省地震局, 昆明 650224)

**摘要:** 通过分析汶川 8.0 级地震昭通灾区地形地貌、地质构造和岩石等地震地质条件的特点, 认为山高坡陡、发育大量高边坡的地形地貌致使山体的边坡稳定性差; 而长期活动的断裂发育, 致使山体岩石节理和裂隙发育、岩层完整性较差, 增加了山体边坡的不稳定性; 大强度、高频度的地震活动使地层松动、岩石进一步破碎、危岩增多, 加剧了山体边坡的不稳定程度。

**关键词:** 汶川 8.0 级地震; 昭通灾区; 地震地质条件; 地震活动; 边坡; 稳定性

**中图分类号:** P315.9      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-0666(2008)增刊-0595-04

## 0 引言

汶川 8.0 级地震昭通灾区主要指位于马边一大关地震带南部的永善、大关和盐津一线及其以北的云南地区。该区地震频度较高、强度较大, 破坏严重, 给当地人民的生命财产和生产生活带来了巨大的损失和灾难。2008 年 5 月 12 日四川汶川 8.0 级地震, 造成这一地区村镇的民用、教育、卫生和其它公用房屋破坏, 生命线工程及水利等基础设施损坏。昭通市周边各州(市)的房屋等设施也有轻微破坏现象。

本文中, 笔者着重从地形地貌、地质构造和岩石等地震地质条件以及地震活动等方面对该区域的边坡稳定性进行分析和讨论, 这对地震灾害致灾因素研究和防震减灾工作具有一定的科学和社会意义。

## 1 地形地貌分析

### 1.1 地形地貌

汶川 8.0 级地震昭通灾区地处滇东北高原乌蒙山区, 山势陡峭、地形复杂。西北侧的金沙江水流湍急, 强烈下切, 两岸支流发育, 均为青年期的深切 V 型谷, 谷坡陡峻, 对山形的改造起着很大的作用, 致使震区形成崇山峻岭、沟谷深切的

高山深谷。

在漫长的地质历史过程中, 灾区一方面地壳剧烈抬升, 一方面河流强烈下切, 从而形成了今天的地貌景观。

### 1.2 地形地貌导致山坡失稳

由于灾区绝大部分地区山峦重叠、沟谷深渊、山高坡陡, 再加上地壳剧烈抬升, 河流相应强烈下切, 使得山坡坡面岩体基本处于或接近于极限平衡状态, 只要稍遭破坏或外力影响, 就很容易失稳, 引发崩塌、滑坡和滚石等次生地质灾害。在地震作用下, 崩塌、滑坡和滚石等灾害则更为加剧。同时, 由于山坡失稳, 使原来有利于边坡稳定的因素, 如岩性与构造等, 向着不利的方向转化。

笔者在四川汶川 8.0 级地震云南灾区考察时发现, 老的崩塌随处可见, 滚石掉块频繁发生。这些均标志着在较长的历史进程中, 由于地形地貌的影响, 灾区山体边坡变得极不稳定。

## 2 地质构造分析

### 2.1 地质构造

汶川 8.0 级地震昭通灾区地处扬子准地台(I 级)滇东台褶带(II 级)滇东北台褶束(III 级)凉山拗陷的雷波隆起上(云南省地质矿产局, 1990)。新构造以强烈抬升为主要特征, 自上新世

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2008-10-20.

基金项目: 云南省地震局青年基金(200704)资助。

以来,相对抬升幅度平均达 2 400 m,平均抬升速率约为 0.12 mm/a (毛玉平等, 2003)。区内发育 NE向、NW向及近 EW向 3组区域褶皱、断裂,主要活动断裂构造为全新世活动的 NW向马边—盐津断裂及晚更新世活动的 NE向五莲峰—华蓥山断裂 (唐荣昌等, 1993) (图 1)。

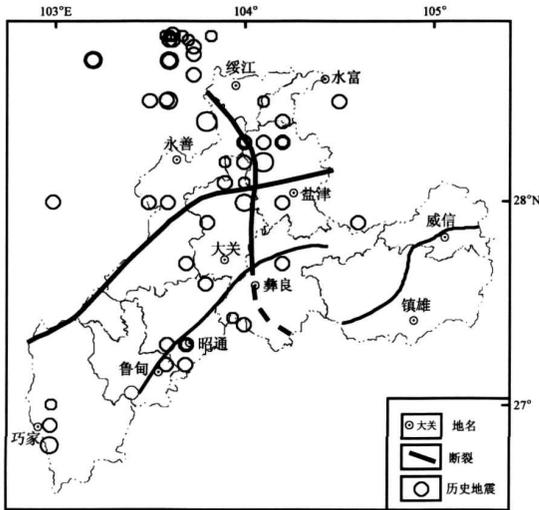


图 1 汶川 8.0 级地震昭通灾区地震构造及历史地震震中分布图

## 2.2 新构造运动

该区域新构造运动强烈,地形上表现为形成了多级的成层地貌—多级夷平面和河流阶地。新构造运动的具体表现有:

(1) 发育多级夷平面: 震区山地夷平面至少有 3 级: 2 400~2 500 m、2 000~2 100 m 和 1 500~1 700 m;

(2) 发育多级河流阶地: 总的震区阶地是不发育的。从残存的阶地来看,至少有 4 级,其相对于河床的高程分别为 10 m、30~40 m、70 m 及 100 m 上下;

(3) 反映地壳上升的沟谷形态: 在沟谷纵剖面上,宽峡谷相间而生;河床坡降大,水流湍急,跌水瀑布多级出现;冲沟与支沟往往呈直角相交等。在横剖面上,谷中谷形态特别明显;深谷切割深度至少在 500~700 m 以上;

(4) 断层最新活动迹象: 绝大部分断层均以

松散破碎带的性状出现;某些断层两侧地貌形态有明显的不对称性;断层崖明显,延伸较远,它不仅控制地貌形态,也控制着坡面物质移动<sup>①②</sup>。

这些现象均标志着这一地区新构造运动为大面积间歇性强烈抬升,并有一定的差异性。另外,从新构造运动本身的特点来看,高山深谷地区往往是新构造运动强烈的地区 (谢宇平等, 1994)。

由此可见,汶川 8.0 级地震昭通灾区新构造运动比较强烈,说明该区域是不够稳定的,而区域的不稳定给边坡的稳定性带来极为不利的影响,它构成了山坡不稳定的基础。

## 3 震区岩石分析

汶川 8.0 级地震昭通灾区主要分布侏罗系、三叠系砂岩、泥岩及煤层,局部地区分布二叠系及志留系、奥陶系玄武岩、碳酸盐岩、砂岩、页岩等岩石。

玄武岩由于性脆,在外力作用下,岩体很易破碎。由于山高坡陡,在地震作用下,山体的边坡很容易失稳,形成滑坡。如嵩芝坝公路的滑坡、马脖子滑坡及元亨大梁子的滑坡,均是典型的实例 (朱海之等, 1975)。砂岩由于性坚,往往易形成崩塌,这以木杆河、普洱渡最为典型<sup>①②</sup>。

由于断裂的长期活动,致使灾区山体岩石节理和裂隙发育、岩层完整性较差,增加了山体边坡的不稳定性<sup>①②</sup>。

## 4 地震活动分析

### 4.1 历史地震

汶川 8.0 级地震昭通灾区历史上共记发生 74 次  $M \geq 4.7$  地震,其中 6.0~6.9 级地震 5 次,7 级以上地震 3 次 (1216 年雷波马湖 7 级地震、1917 年大关 7 $\frac{1}{4}$  级和 1974 年大关 7.1 级地震) (图 2)。

1844 年大关北曾发生一次较强地震,《中国历史强震目录》(1995)将这次地震的震级定为大于 5 级,而侯治华等人 (1999)通过查阅资料和实地考察认为,这次地震震级应为 7 级左右,极震区烈

① 云南省地震局, 1994. 1974 年云南永善—大关 7.1 级地震考察初步总结.

② 云南省地震局, 1995. 1974 年云南永善—大关 7.1 级地震考察报告.

度为 IX 度。1917 年和 1974 年大关地震极震区烈度都达到 IX 度。虽然汶川 8.0 级地震微观震中距离云南昭通北部震区直线距离 263 km, 但也造成该地区的破坏烈度达到 VI 度<sup>①</sup>。

由此可见, 强度大、频度高是该区地震活动最显著的特点。

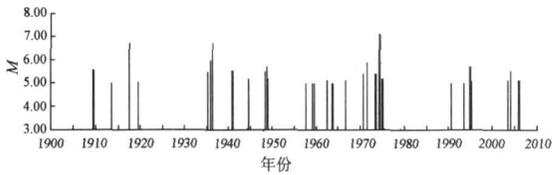


图 2 马边—大关地震带历史地震 M—T 图

#### 4.2 地震活动加剧山坡失稳

由于地震活动的作用, 使地层松动、岩石进一步破碎、危岩增多, 加剧了山体边坡的不稳定程度, 更易引发崩塌、滑坡和滚石等次生地质灾害。



照片 1 昭通灾区水富县太平乡大河口村崩塌

由此可见, 地震活动, 特别是强震活动, 加剧了山体边坡的不稳定, 从而造成地震灾害更为严重。

## 5 结论和建议

### 5.1 结论

(1) 昭通灾区以中高山地貌为主, 具有山高

坡陡、发育大量高边坡地形地貌的特点, 山体的边坡稳定性差。  
 1844 年大关北地震, 沿木杆河峡谷两侧, 陡坡地段随处可见崩塌、滑坡体, 并形成地震堰塞湖 (侯治华等, 1999)。1917 年和 1974 年大关地震均造成了大规模的崩塌与滑坡, 而且 1974 年大关地震在海口和顺和两处河道阻塞形成湖泊<sup>②③</sup>。2006 年盐津 5.1 级地震引发多处滚石、崩塌和滑坡, 而且因地震死亡的 22 人中有 18 人是因滚石或崩塌体致死 (非明伦等, 2006)。笔者调查发现, 汶川 8.0 级地震中, 云南灾区出现多处崩塌、滑坡和滚石。如水富县太平乡盐井村、大河口村、太平村、古楼村, 向家坝镇大池村、内昆铁路水富火车站边坡、县城高滩新区大连路边坡等地出现滑坡、崩塌、滚石等地质灾害或老滑坡变形加重。其中太平乡大河口村崩塌及滚石 (直径 1~5 m) 的土石方估计有 1 000 多立方, 致使约 2 000 m<sup>2</sup> 山坡的竹林等植被破坏 (照片 1) 和一幢三层砖混民房被严重破坏 (照片 2)。



照片 2 昭通灾区水富县太平乡大河口滚石砸坏砖混民房墙体

坡陡、发育大量高边坡地形地貌的特点, 山体的边坡稳定性差。

(2) 灾区长期活动的断裂发育, 致使山体岩石节理和裂隙发育、岩层完整性较差, 增加了山体边坡的不稳定性。

(3) 灾区主要分布侏罗系、三叠系砂岩、泥岩及煤层, 局部地区分布二叠系及志留系、奥陶系玄武岩、碳酸盐岩、砂岩、页岩等岩石。主要

① 云南省地震局. 2008. 2008 年 5 月 12 日四川汶川 8.0 级地震云南灾区灾害损失评估报告.

② 云南省地震局. 1994. 1974 年云南永善—大关 7.1 级地震考察初步总结.

③ 云南省地震局. 1995. 1974 年云南永善—大关 7.1 级地震考察报告.

岩石的力学性质不强,加上构造发育、岩石较破碎,由这类地层岩石组成的山体边坡稳定性较差。

(4) 灾区地震强度大、频度高,历史上3次 $M \geq 7$ 地震除产生大量滑坡、崩塌及滚石等地质灾害外,还使地层松动、岩石进一步破碎、危岩增多,加剧了山体边坡的不稳定程度。

(5) 上述4个主要因素,使得灾区山体的边坡稳定性极差。在汶川8.0级地震强震动触发下,山体边坡极易失稳发生大量滑坡、崩塌及滚石等地质灾害,加重灾区的震害程度。

## 5.2 建议

(1) 鉴于昭通灾区地震强度大、频度高的特点,有关部门应加大防震减灾等相关知识的宣传。

(2) 对一些仍遭受滑坡、危岩威胁的居民点,应采取积极措施,加强监视或及时搬迁。

(3) 灾区群众在修建新房时,有关部门应加强选址方面的指导,尽可能避开活动断裂、高边

坡地段、滑坡及危岩威胁区域。

## 参考文献:

- 非明伦,周光全,谢英情,等.2006.盐津5.1级地震现场调查与烈度分布[J].地震研究,29(4):411-417.
- 国家地震局震害防御司.1995.中国历史强震目录(公元前23世纪~公元1911年)[M].北京:地震出版社.
- 侯治华,韩德润,梁金鹏.1999.关于1844年云南大关北地震问题的探讨[J].地球物理学进展,14(1):78-83.
- 毛玉平,韩新民,谷一山,等.2003.云南地区强震( $M \geq 6$ )研究[M].昆明:云南科技出版社.
- 唐荣昌,韩渭宾,黄祖智,等.1993.四川活动断裂与地震[M].北京:地震出版社.
- 谢宇平,刘兴诗,赵景波,等.1994.第四纪地质学及地貌学[M].北京:地质出版社.
- 云南省地质矿产局.1990.云南省区域地质志[M].北京:地质出版社.
- 朱海之,王克鲁,赵其强.1975.从昭通地震破坏实例看山区地震地面破坏特点[J].地质科学,3:230-243.

# The Wenchuan $M_s 8.0$ Earthquake: Slope Stability in the Disaster Area of Zhaotong, Yunnan

ZHANG Yan-qi LI Jian-ming HUA Jun

(Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China)

## Abstract

We analyze the seismicity and the seismo-geologic conditions in the Zhaotong disaster areas of the Wenchuan  $M_s 8.0$  earthquake including terrain relief, geologic structure and rock. We find that the Zhaotong disaster areas are in the terrain and relief of high mountain and steep slope which easily cause the slope of hill unstable. In addition, the development of long-term active faults results in the development of joint and crack of mountain rock, so the integrity of rock is weakened. And strong and frequent seismicity strengthens the extent of rock breaking which further intensifies the instability of slope.

Key words: Wenchuan  $M_s 8.0$  earthquake; disaster area of Zhaotong; seismo-geologic condition; seismicity; slope; stability