

文章编号: 1008 - 2786 - (2011)3 - 356 - 06

## 都汶路恢复重建中的主要地震次生山地灾害 与明洞工程

王全才<sup>1,2</sup>, 王兰生<sup>1</sup>, 李宗有<sup>3</sup>, 王浩<sup>2</sup>, 徐小林<sup>2</sup>

(1. 成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610041;

2. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041; 3. 四川省交通厅交通勘察设计研究院, 四川 成都 610017)

**摘 要:**“5·12”汶川地震次生灾害中,有两类山地灾害至今仍对公路运营安全影响很大,其一是高高堆积在坡体之上且规模较大的松散(动)危岩体,其二是与岷江大致正交的泥石流沟泥石流。它们共同的特点是危险物源分布相对位置高、体量大、来势凶猛、冲击破坏性极强,加上它们发生的时间或空间的不确定性,致使常规防治措施无能为力并极易遭到破坏。复式明洞工程则是针对上述灾害专门提出的公路实用性防护工程。经过前期运行,已明显体现出这类工程的优越性,同时也凸显出一些尚需进一步改进的地方。

**关键词:**都汶路;恢复重建;复式明洞工程

**中图分类号:** P642.2; U45

**文献标识码:** A

2008 年汶川地震的公路重灾区——都(江堰)汶(川)路映秀至汶川段全长 56 km,该段于 2003 年开始二级公路改建,2007 - 12 通车。它是国道 213 线与国道 317 线的共用路段,更是甘肃、青海及四川阿坝藏族羌族自治州等西北地区通往成都、重庆等西南地区的交通要道,从深层意义上讲,它又是一条藏、羌、汉族人民的连心线、生命线<sup>[1]</sup>。

“5.12”汶川大地震在该区段诱发了大量的次生山地灾害,主要有崩塌、滑坡、泥石流、堰塞体、水灾等等。其中崩塌是地震时响应最快、发生区域最广、即时危害最为惨烈的一种灾害;泥石流及水灾是地震时响应相对较慢并在震后多几年中随不利气象条件而相继暴发的次生灾害;崩塌型岩石滑坡和降雨型土性滑坡又分属于上述两类不同响应的灾害;而由特大型崩塌或低频泥石流形成的堰塞体则属于危险性巨大、处理最难度最大的一种次生灾害,一旦这种险情发生,不仅使岷江堵塞改道,公路被毁,更重要的是必然引起难以想象的洪水灾难。2010 年

发生的以红椿沟泥石流为诱发标志的“8·14”映秀水灾,就强烈地反映了这一点。

针对上述不同的灾害类型,对应着相应的防御措施。多年研究和实践告诉我们,对于那些大规模、大范围、高势能的崩塌体首选的应对工程就是隧道工程。尤其是位于地震高烈度区的黄金旅游线路更应选择这种安全工程。其次是使线路尽量远离坡体,选择那种并非对河道影响太大的桥梁工程。本次地震映秀至汶川段老公路几乎荡然无存,而新运营的二级公路相对完好的现实,就已很好地体现了这一科学的认识。而对于像红椿沟泥石流堵江灾害,应该采用较完备的低频率公路泥石流治理措施。即在沟内采取多级拦挡坝的基础上,沟口实施上跨 + 被动防护和下穿 + 主动防治的处置原则。

除上述两种极端情况外,纵观汶川地震灾后 2 a 多的公路运营,和作者多次深入灾区考察的思考,发现有两类山地灾害至今仍对都汶公路运营安全影响很大,其一是高高堆积在坡体之上且规模较大的松

收稿日期(Received date):2010-05-15;改回日期(Accepted):2010-11-28。

基金项目(Foundation item):中国科学院知识创新项目(KZCX2-YW-332 资助。[Supported by Knowledge Innovation Program of CAS(KZCX2-YW-332).]

作者简介(Biography):王全才(1959-),男,(汉族),研究员,主要从事滑坡整治工程设计与滑坡机理、工程结构与坡体协调性等方面的研究。

[Wang Quancai(1959-), male, the Han nationality. Professor, works fields mainly covering mechanism of landslides, engineering design, controlling engineering structure and compatibility of landslides etc. ] E-mail: slopeok@imde.ac.cn



图1 公路内侧高位危岩体

Fig. 1 Dangerous rock highly in the slope of inside road



图2 “8·14”暴发的烧房沟泥石流

Fig. 2 Shao Fanggou debris flow occurred in “8·14”

散(动)危岩体(图1),其二是与岷江大致正交甚至钝交的高位出口的泥石流沟泥石流(图2)。如“8·14”灾害中映秀-汶川段14个突出公路灾害点,竟有6处泥石流灾害和2处水害。针对这两类山地灾害已实施的明洞工程,则表现出良好的防治效果。体现出明显的优越性,同时也凸显出一些尚需进一步改进的地方。本文正是对都汶路明洞工程的一些问题,进行简要的探讨。

## 1 环境条件及灾害

### 1.1 环境条件

研究区受东亚季风及地形影响,气候分异明显,如银杏乡梭坡店以南的映秀、漩口属山地亚热带湿润季风气候区,为川西多雨地区之一,年降雨量约1 200 mm<sup>[2]</sup>。据中滩铺水文站岷江流量观测资料,多年平均流量344 m<sup>3</sup>/s,雨季时映秀镇处流量可达1 000 m<sup>3</sup>/s。2010-08-21T22:00,汶川映秀镇惨遭洪水袭击时,此处岷江流量为1 080 m<sup>3</sup>/s,而映秀附近有水文记载以来最大的洪峰流量,为1958年的2 800 m<sup>3</sup>/s。显然,研究区内异常的降雨量和洪水的暴涨暴跌,均为都汶公路惨遭山洪、泥石流袭击埋下了伏笔。研究区内山体海拔一般在1 000~3 000 m,为高中山区,山脉走向和形态基本与构造线走向一致,岩层产状变化不大,呈NE向展开,多呈单面山地形,山高坡陡,斜坡坡度一般为35°~60°,有的近于直立,地形切割强烈,沟谷发育,多呈V字形,部分大的泥石流沟为U形沟。研究区内地层出露,在龙门山褶皱带中,是中酸性为主的“彭灌杂岩”含

少量的基性岩浆岩;在古陆地及古海湾以西的地区,志留系茂县群地层较厚,三叠系及侏罗系地层沿线分布较广。

研究区主要构造为龙门山断裂带。它以大致平行的3条断裂组成。自西北向东南依次是汶川-茂汶断裂、北川-映秀断裂、安县-都江堰断裂,晚新生代的构造变形主要就发生在这3条断裂上。也正是这3条断裂带连同一些横向断裂就共同构成了庞大而复杂的龙门山断裂带体系。该区新构造活动强烈,新生代以来主要表现为大面积抬升隆起和断块差异升降,并导致岷江强烈溯源侵蚀。新构造剧烈变形产生的应力集中,最终导致该区中、强地震时常发生。主要有1713年的叠溪7级地震、1748年的漳腊北6.5级地震、1933年叠溪的7.5级地震、1960年的漳腊6.3级地震和以2008-05-12的汶川8.0级地震<sup>[3]</sup>。这些不断出现的强震自然导致本已破碎的岩体更加支离破碎。

### 1.2 主要灾害及特殊对策

据不完全统计,“5·12”汶川地震,致使研究区域内崩塌3 863处<sup>[4]</sup>、代表性滑坡18处。74条泥石流沟中,基本都堆积了大量的固体物质,有相当多的泥石流沟在近11 a内存在不同规模泥石流暴发的可能。受强烈的地震作用及其诱发次生灾害的影响,都汶公路受到毁灭性的打击,出现桥梁被震垮、隧道被震裂、路基被掩埋等情况,尤其是二级路映秀至草坡段基本报废。据粗略估计,地震使都汶公路受损超过22亿元。据都汶公路恢复重建前期工作统计,映秀-汶川段调查的险象边坡111个,其中应急抢险阶段采取工程措施的46个,长约6.7

km,占线路总长度的 12%。路基主要掩埋垮塌点 37 处,其中大于  $1 \times 10^4 \text{ m}^3$  的有 18 处,大于  $10 \times 10^4 \text{ m}^3$  的有 12 处,有 8 处大于  $30 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,最大的  $240 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,30%的路基被掩埋。

对上述不同类型灾害的演变分析认为,随着时间的推移,崩塌现象虽会继续发生,但将明显减弱,并逐渐向平稳方向发展。不过即使崩塌次数减少,同样会导致断道及交通事故,不可掉以轻心。尤其对那些块体较大,而裂隙已基本甚至完全贯通的危岩(如老虎嘴危岩体),尽管它看似没有动静,但毕竟已被裂隙切割,整体垮塌的危险随时存在,而且一旦发生,后果不堪设想。

公路低频泥石流的特点:1. 泥石流规模的异常性。在最近 100 年来发生在研究区附近的三次大的地震,以及强烈的构造运动,造成了该区域泥石流物源更加丰富,并为大规模的泥石流暴发提供物质条件。2. 触动条件的急剧。该区域处于亚热带湿润气候和干热河谷的交替区,河流流量变差较大,经常暴涨暴跌,沟道堆积的突变和差异,都为大规模泥石流暴发提供超常的动力条件。3. 发生时间和频率的不确定性。4. 潜在的危害更大。特别是与岷江大致正交甚至钝交的高位出口的泥石流沟低频泥石流,暴发的可能性大,危害性更大。如这几年时常提到的桃关沟泥石流<sup>[5]</sup>、板子沟泥石流、磨子沟泥石流和红椿沟泥石流等等。

作用时间上,预估崩塌灾害将集中于前 5 a,持续 10 a;滑坡将集中前 15 a,持续 30 a;泥石流将集中前 25 a,持续 50 a;岷江受此影响的水害将持续更

长时间,如 60 a。

对于不同灾害间相对比重的变化趋势,仍保留 2 a 前所作的推测:崩塌、滑坡、泥石流及洪灾危及公路运营所占的灾害点比重,将由地震开始 2 d 的 99%、1%、0% 和 0% 转换为 3 a 后年灾害点比重 50%、15%、10%、和 25%。即崩塌事件将由强变弱,泥石流和岷江冲刷公路水害将由弱变强。

面对映秀-汶川区间重大和疑难工程的处置问题,2008-08-19,历经 3 个多月方将都汶公路打通之时,作者与中铁西北科学研究院、四川交通厅交通勘察设计研究院技术人员一道,对映秀-汶川段 46 个突出的山地灾害点进行现场踏勘、确定灾害性质、制定治理方案。其中针对 6 处高危崩塌体和泥石流沟提出明洞、棚洞方案(表 1)。

2008-09 提交的报告中共计 8 个明、棚洞方案。施工图设计中共计 4 个明洞方案,目前首批完工的是烧房沟和麻柳湾两个明洞,早已投入运营。

2 明洞防护工程

明洞和棚洞应用于崩塌防治的优点:1. 地震灾区的巨型崩塌体规模大,容易掩埋公路,堵断岷江,而明洞和棚洞具有隧道不怕掩埋的特性,可以解决一般防护体系不能解决的此类问题;2. 滚石体积大,冲击力强,而明洞和棚洞通过洞顶的土层或其他缓冲层,有效地缓解滚石的冲击力;3. 对破碎、松散具有滑移性的边坡,利用特殊设计的抗滑明洞提供抗滑作用,稳定坡脚;4. 傍山明洞和棚洞可以减少

表 1 初拟明洞、棚洞点位基本情况表

Table 1 Basic information table of the initial open tunnel, shed-hole position

点位	名称	里程	山地灾害类型	简 况
1	烧房沟	K26 + 110 ~ K26 + 150	泥石流沟 (高位)	沟内堆积大量崩塌碎石体,泥石流出口高,物质来源丰富,大雨过后已多次发生泥石流、阻断交通。内侧基岩稳定。
2	麻柳湾	K30 + 150 ~ K30 + 340	松散 崩塌体	大量松散崩塌体位于很高的坡体上危及公路安全。对岸泥石流与本岸堆积体严重侵占河道,故此处水流湍急。
3	梭坡店	K37 + 140 ~ K37 + 280	松散 崩塌体	坡高约 150 m,自然坡度约 30 ~ 45°,坡面上存在大量不稳定土石,对公路安全威胁很大。
4	罗圈湾	K42 + 500 ~ K42 + 750	高陡 危岩体	高陡危险边坡,坡高约 200 ~ 300 m,自然坡度约 40 ~ 45°,远处观望边坡高约 1 km,地震造成边坡大量岩石发生崩落。
5	彻底关	K44 + 000 ~ K44 + 200	崩塌 危岩体	坡高约 200 m,自然坡度约 70 ~ 80°,大量崩塌体、危岩体位于坡面上,随时会产生崩塌,对桥头安全威胁巨大。
6	深沟槽	K51 + 600 ~ K51 + 650	崩塌体	基岩边坡,坡高约 100 ~ 200 m,边坡自然坡度约 40 ~ 45°,坡面存在大量不稳定土石。

对原地质体和自然植被的破坏,实现“沿路不占路,沿山少开山”体现“原生态”的建路理念(图3)。

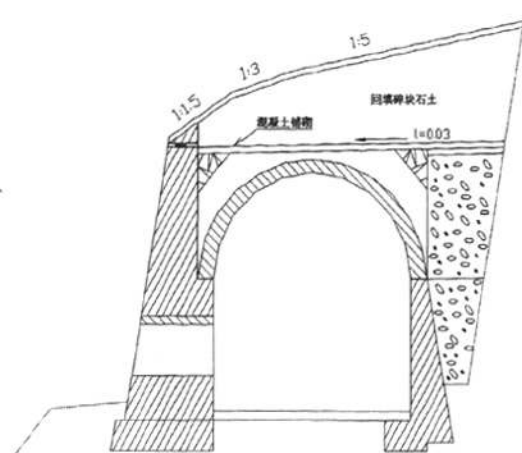


图3 普通明洞断面图

Fig. 3 General open tunnel sectional diagram

## 2.1 映汶段公路明洞

地震恢复重建中映秀至汶川段采用的明洞是在普通明洞的基础上,根据次生山地灾害的性质而专门设计的特殊明洞,已经投入运营的是烧房沟明洞和麻柳湾明洞。

烧房沟明洞是针对烧房沟泥石流而设计的。烧房沟泥石流距二级公路改造起点里程 K26+000 仅 100 m。烧房沟是一条正在发育中的泥石流沟,沟底纵坡  $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ ,纵比降约为 17%。沟内流水,雨季时水量很大,但旱季时水量又非常小,甚至断流。该泥石流沟具两个特殊之处,首先是泥石流沟口相对公路很高,高出公路约 5 m,因出口处岩性较好,与公路间形成陡坎;其次是该泥石流沟几乎没有堆积区,一旦泥石流脱离沟口,就直接倾泄于公路之上和岷江之中。“5.12”汶川地震,使沟道内堆积大量崩塌碎石体,加上坡体表面松散裸露,映秀镇附近又是暴雨集中区,所以该沟仅在地震之后,就多次暴发规模不等的泥石流,而且每逢暴发,就中断公路交通,严重时还堵塞岷江。综合分析认为,烧房沟泥石流为一高频泥石流。

根据烧房沟泥石流的具体条件,非常适用明洞+渡槽的组合结构(图4,图5)。

有利条件:1. 公路内侧岩性完整坚硬,比较稳定,拱圈受力条件好;2. 公路内侧刚好有一陡坎,自然地形利于明洞建造;3. 便于泥石流排导;4. 便于

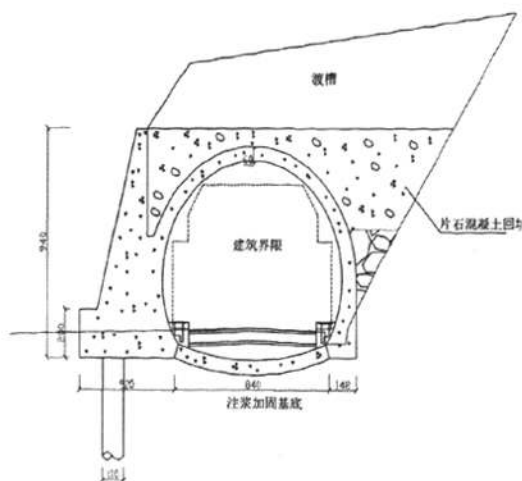


图4 明洞渡槽断面图

Fig. 4 Open tunnel aqueduct sectional diagram

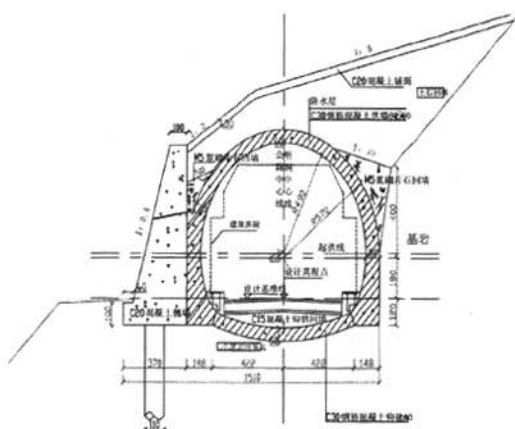


图5 明洞、桩基侧墙断面图

Fig. 5 Open tunnel, Pile side wall sectional diagram

施工,利于交通,安全性能好。

麻柳湾明洞是针对公路内侧高陡松散边坡的灾害特点而设计的。麻柳湾高边坡不仅高陡,而且地貌上呈一沟谷状,地震时,来自高山上大量的崩塌体一部分倾泻而下,另一部分堆积在坡面上随山洪集中坍塌,崩塌体不仅完全掩埋公路,而且侵占了 1/6 的岷江河道。与此同时,与麻柳湾坍塌体隔江相对的是一个大型泥石流沟,几乎在同一时刻暴发的泥石流,涌入岷江,侵占了 3/4 的河道。该点具崩塌和坡面泥石流的特点,按坍塌体来考虑。

鉴于内侧坡体较陡,出口同样很高,一般工程不宜设防,所以认为选择明洞+桩基侧墙结构较为合适。同时对出口边坡进行支护。

针对都汶路恢复重建中灾害点的不同情况也考虑了一些棚洞工程,其中包括简易的钢结构和新型的防撞击缓冲组合结构的棚洞。这种缓冲设施,分别有三种类型及其组合。

1. 在棚洞支座处安装耗能减震器(图6)<sup>[2]</sup>;
2. 紧贴棚洞预制混凝土板的上面,放置一层聚氨酯泡沫材料;
3. 在棚洞顶部回填的碎石土中设置一层缓冲网。以侧墙及纵向定间距肋墙固定之。缓冲网采用细钢丝绳编制而成,并辅以防腐功能。

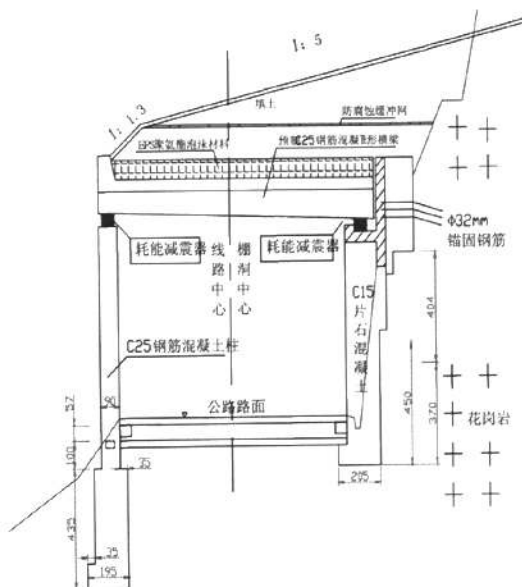


图6 抗撞击缓冲棚洞断面图

Fig. 6 Anti-collision buffer shed-hole sectional diagram

## 2.2 明洞受力图式

设计明洞时,其设计荷载按下述方法计算确定<sup>[6-8]</sup>:

1. 拱圈回填土垂直压力

$$q_i = \gamma_1 h_i$$

式中  $q_i$ : 明洞结构上任意点  $i$  的回填土垂直压力值;  $\gamma_1$ : 拱背回填土重度;  $h_i$ : 明洞结构上任意点  $i$  的土柱体高度。

2. 拱圈回填土侧压力

$$e_i = \gamma_1 h_i \lambda$$

式中  $e_i$ : 任意点  $i$  的侧压力;  $\gamma_1$ : 符号意义同前;  $\lambda$ : 侧压力系数。

填土坡面向上倾斜,按无限土体计算

$$\lambda = \cos \alpha \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \varphi_1}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \varphi_1}}$$

填土坡面向上倾斜,按有限土体计算

$$\lambda = \frac{1 + \mu n}{(\mu + n) \cos \rho + (1 + \mu n) \sin \rho} \cdot \frac{mn}{m - n}$$

式中  $\alpha$ : 设计填土面坡度角;  $\varphi_1$ : 拱背回填土石计算摩擦角;  $\rho$ : 侧压力作用方向与水平线的夹角;  $n$ : 开挖边坡破率;  $m$ : 回填土石面破率;  $\mu$ : 回填土石与开挖边坡面间的摩擦系数(图7)。

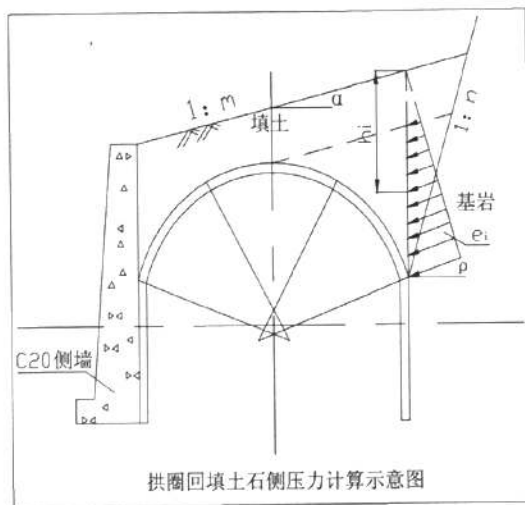


图7 拱圈回填土石侧压力计算示意图

Fig. 7 Backfill lateral pressure of earth and stone arch ring calculation diagram

## 3 结语

1. “5.12”汶川地震离我们已近3 a,从这期间映秀-汶川段公路恢复重建和运营中,作者发现有两类山地灾害至今仍对都汶公路运营安全影响很大,其一是依然存留在高陡坡体之上且规模较大的崩塌体,其二是与岷江大致正交甚至钝交的泥石流沟泥石流。其共同的特点是危险物源分布相对位置高、体量大、来势凶猛、对公路冲击破坏性极强。一旦遇到异常降雨,就有暴发的可能,轻者中断公路,重者堵断岷江,造成重大水灾,从而给人民生命财产造成极大损失。

2. 而针对这两类山地灾害提出并实施的一些明洞工程,治理效果良好,与一般工程相比已体现了明显的优越性,可以在映汶路及其他类似条件下公路中推广使用。

3. 鉴于都汶路映秀-汶川段环境条件的恶劣,特别提出了两种组合结构,其一是明洞+渡槽结构,该结构适用于内侧坡面较陡且泥石流和坡面泥石流



出口相对较高的公路路段;其二是明洞+防撞击缓冲组合结构,该结构属于一种新型的防护结构,并可根据不同情况采用不同的结构组合。

4. 从该路段明洞使用中美中不足来看,明洞工程仍要遵循“早进晚出”的原则,宜适当建造得长一些,从而保证灾害异常时,仍能保证交通安全。

5. 对低频率泥石流的防治一定特别重视,这种泥石流由于长期没有暴发,甚至环境植被很好,故常给人一种安全的假象,并吸引不少人在沟口居住。可一旦泥石流发生,必将是灾难性的,红椿沟泥石流就是一例,类似的情况像桃关沟等也应特别关注。

6. 与明洞一样,对于那些灾害规模更大,范围更长,潜在危害更加严重且线路线性条件较差的路段,隧道是一种首选的工程。

## 参考文献 (References)

- [1] Zhao Sheng, Zheng Mingxin, Wang Quancai. Analysis on collapse mechanisms and treatment scheme of Laohuzui landslide on Duijiangyan-Wenchuan Highway caused by Wenchuan Earthquake [J]. Tunnel Construction, 2009, 29(2): 243-247 [赵升, 郑明新, 王全才. 汶川地震引起的老虎嘴山体崩塌形成机理与治理方案分析 [J]. 隧道建设, 2009, 29(2): 243-247]
- [2] Zhuang Jianqing, Ge Yonggan. Land destruction by 5.12 Wenchuan Earthquake along Duijiangyan Wenchuan Highway and its loss evaluation [J]. Geological Science and Technology Information, 2009, 28(2): 7-15 [庄建琦, 葛永刚. 5.12 汶川地震对都汶公路(G213)沿线土地破坏及损失评价 [J]. 地质科技情报, 2009, 28(2): 7-15]
- [3] Wang Quancai, Wang Lansheng, Li Zongyou, et al. Application of flexible stone-gabion framework in large-scale rock-collapse controlling engineering. [J]. Journal of Mountain Science, 2009, 27(5): 631-636 [王全才, 王兰生, 李宗有, 等. 柔性框架石笼在大型崩塌体治理工程中的应用 [J]. 山地学报, 2009, 27(5): 631-636]
- [4] Han Yongshun, Cui Peng, Zhu Yingyan, et al. Remote sensing monitoring and assessment of traffical damage by Wenchuan Earthquake—a case study in Duwen Highway [J]. Journal of Sichuan University: Engineering Science Edition, 2009, 41(3): 273-283 [韩用顺, 崔鹏, 朱颖彦. 汶川地震危害道路交通及其遥感监测评估: 以都汶公路为例 [J]. 四川大学学报: 工程科学版, 2009, 41(3): 273-283]
- [5] Wang Quancai, Liu Xilin. Bridge study on danger influenced by debris in Taoguan Gully of Duijiangyan - Wenchuan Highway [J]. Advance in Earth Science, 2004, 19: 238-241 [王全才, 刘希林. 都汶公路泥石流对沟口桥梁危险性评价 [J]. 地球科学进展, 2004, 19: 238-241]
- [6] China Railway First Survey and Design Institute. Roadbed [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 1992 [铁道部第一勘测设计院. 路基 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1992]
- [7] He Siming, Wu Yong. Research on cushioning mechanism of new-typed energy dissipative rock shed [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2010, 29(5): 926-932 [何思明, 吴永. 新型耗能减震滚石棚洞作用机理研究 [J]. 岩石力学与工程学报, 2010, 29(5): 926-932]
- [8] Ministry of Communication of the People's Republic of China JTJ026-90, The Professional Standards Compilation Group of People's Republic of China. Design Specification for Highway Tunnel [S]. Beijing: China Communications Press, 1990 [中华人民共和国交通部. 公路隧道设计规范 JTJ026-90 [S]. 北京: 人民交通出版社, 1990]

# Open Tunnel Engineering and Secondary Disasters of Earthquake in the Post-earthquake Reconstruction Projects along Duwen Road

WANG Quancai<sup>1,2</sup>, WANG Lansheng<sup>1</sup>, LI Zongyou<sup>3</sup>, Wang Hao<sup>2</sup>, XU Xiaolin<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geo-environment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041, China;

3. Sichuan Communication Surveying and Design Institute, Chengdu 610017, China)

**Abstract:** In Secondary disasters of "5.12" Wenchuan earthquake, two types of mountain hazards still have a great impact on road safety operation, one is unstably large rock body which heap on top of the slope; the second is low-frequency debris flow which have the high Outlet of low-frequency debris flow gullies that approximately intersect Minjiang river into the right angle. Their common feature is the dangerous source distributing in the high position, having large body, being ferocious, devastating impact. And coupling with their occurring time or space is uncertainty, resulting in inability of conventional control measures, and easily damaged. Open tunnel project is specifically made for the road hazard protection engineering. After pre-running, the open tunnel project have clearly demonstrated the superiority, but also exposed some areas needing further improvement.

**Key words:** Duwen road; reconstruction; open tunnel of compound

作者：[王全才](#)，[王兰生](#)，[李宗有](#)，[王浩](#)，[徐小林](#)，[WANG Quancai](#)，[WANG Lansheng](#)，[LI Zongyou](#)，[Wang Hao](#)，[XU Xiaolin](#)

作者单位：[王全才](#),[WANG Quancai](#) (成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川, 成都, 610041); [中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所](#), 四川, 成都, 610041)，[王兰生](#),[WANG Lansheng](#) (成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川, 成都, 610041)，[李宗有](#),[LI Zongyou](#) (四川省交通厅交通勘察设计研究院, 四川, 成都, 610017)，[王浩](#),[徐小林](#),[Wang Hao](#),[XU Xiaolin](#) (中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川, 成都, 610041)

刊名：[山地学报](#) **ISTIC PKU**

英文刊名：[JOURNAL OF MOUNTAIN SCIENCE](#)

年，卷(期)：2011, 29(3)

## 参考文献(8条)

1. [赵升](#); [郑明新](#); [王全才](#) [汶川地震引起的老虎嘴山体崩塌形成机理与治理方案分析](#) [期刊论文]-[隧道建设](#) 2009(02)
2. [庄建琦](#); [葛永刚](#) 5.1 2汶川地震对都汶公路(G 21 3)沿线土地破坏及损失评价 2009(02)
3. [王全才](#); [王兰生](#); [李宗有](#) [柔性框架石笼在大型崩塌体治理工程中的应用](#) [期刊论文]-[山地学报](#) 2009(05)
4. [韩用顺](#); [崔鹏](#); [朱颖彦](#) [汶川地震危害道路交通及其遥感监测评估:以都汶公路为例](#) [期刊论文]-[四川大学学报\(工程科学版\)](#) 2009(03)
5. [王全才](#); [刘希林](#) [都汶公路泥石流对沟口桥梁危险性评价](#) 2004
6. [铁道第一勘测设计院](#) [路基](#) 1992
7. [何思明](#); [是永](#) [新型耗能减震滚石棚洞作用机理研究](#) [期刊论文]-[岩石力学与工程学报](#) 2010(05)
8. [中华人民共和国交通部](#) [JTJ026-90 公路隧道设计规范](#) 1990

本文链接：[http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_sdx201103013.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201103013.aspx)