

文章编号: 1674—8247(2022)02—0090—04

DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2022.02.018

## 成兰铁路泥石流防治措施

李明清

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

**摘要:**山区铁路泥石流爆发频繁,对铁路影响较大,应采用合理防治措施,降低或减少危害。本文利用成兰铁路泥石流试验专题和科研成果,对泥石流进行防治。通过理论计算和分析,详细论述了泥石流对铁路的影响程度和危害,提出了跨越泥石流沟的桥梁采取相应的工程措施,并通过工程实践验证了防治措施的合理性。研究结论可为类似铁路泥石流防治提供借鉴。

**关键词:**成兰铁路;泥石流;桥梁;防治措施

**中图分类号:**P642.23      **文献标志码:**A

## Prevention and Control Measures for Debris Flow on Chengdu-Lanzhou Railway

LI Mingqing

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

**Abstract:** Debris flow breaks out frequently on railways in mountainous areas, having a great impact on the railway. Reasonable prevention measures should be taken to reduce or mitigate harm. This paper introduced the debris flow study for Chengdu-Lanzhou Railway with its study results, and proposed the method to prevent and control debris flow. Through theoretical calculation and analysis, the impact degree and harm of debris flow on railways were discussed in detail, corresponding engineering measures were proposed for bridges crossing debris flow ditches, and the rationality of prevention and control measures was verified through engineering practice. The conclusions can provide a reference for the prevention and control of debris flow in similar railways.

**Key words:** Chengdu-Lanzhou railway; debris flow; bridge; prevention and control measures

新建成都至兰州铁路位于四川和甘肃省境内,线路始于成都,途经什邡、绵竹、安县、茂县、松潘等,位于哈达铺接上兰渝铁路,本区域内近百年经历1933年7.5级叠溪地震、1976年松潘平武7.6级地震及2008年汶川8级地震,3次大地震形成了数万个滑坡、崩塌、错落、岩堆等不良地质,此区域内地形山高坡陡,在暴雨的诱发下,形成了众多泥石流沟。如在2010年的“8·13文家沟泥石流”造成了淤平绵远河长达

3.5 km, 6 000余人受灾,7人死亡,7人失联,33人受伤,直接经济损失达6亿元;2011年“8·14汶川泥石流”造成国道213线汶川端多处阻断,造成19人死亡,59人失踪;2017年6月24日,茂县叠溪镇新磨村发生泥石流塌陷,致使高位滑坡,滑坡量约800万m<sup>3</sup>,滑坡堵塞河道2 km,造成100多人失踪。区域内物源丰富,泥石流爆发频繁,破坏力强,是非常严重的地质灾害,因此,防治泥石流是本线的重要工程措施

收稿日期:2020-09-27

作者简介:李明清(1974-),男,高级工程师。

引文格式:李明清. 成兰铁路泥石流防治措施[J]. 高速铁路技术, 2022, 13(2): 90-93.

LI Mingqing. Prevention and Control Measures for Debris Flow on Chengdu-Lanzhou Railway[J]. High Speed Railway Technology, 2022, 13(2): 90-93.

之一<sup>[1-3]</sup>。

## 1 成兰铁路泥石流爆发的条件

泥石流形成类型有暴雨型、冰水型、冰湖溃等。本区域泥石流灾害主要发生在海拔500~3 000 m内,属于暴雨型泥石流<sup>[4]</sup>。

### 1.1 复杂的地质条件

成兰铁路穿越四川盆地与青藏高原东侧的地形急变带,主体由川西北三角形断块“A”字型构造中条件最为复杂的中上部地区构成,即松潘—甘孜地槽褶皱带东部和西秦岭地槽褶皱带南部与龙门山断裂带的交汇部位,地质构造强烈而复杂。工程地质上呈典型的“四极三高”特征,即“地形切割极为强烈、构造条件极为复杂活跃、岩性条件极为软弱破碎、汶川地震效应极为显著;高地壳应力、高地震烈度和高地地质灾害风险。本线经过的区域岩性主要为变质砂岩、板岩、千枚岩、页岩等,地质构造强烈而复杂,在近百年3次大地震作用下,尤其是“5·12汶川地震”效应作用明显,区域内形成大量的滑坡、坍塌、错落等不良地质,坡面堆积大量的松散物体,为泥石流爆发创造了物源条件<sup>[5-8]</sup>。

### 1.2 陡峻的山坡

线路始于成都,全线地处海拔500~700 m的四川盆地成都平原向海拔3 000~5 600 m的青藏高原东部边缘的高山峡谷带过渡区,山高坡陡,且岷江河谷的地形地貌,大部分坡面在20°~70°,是泥石流爆发的动力条件。

### 1.3 丰富的降雨

本线成都至松潘段位于四川省西北部,因地形高差大,区域跨度大,气候由四川盆地湿热气候带的温暖湿润向暖温带、温带、寒温带、高山寒冷带气候的川西高原季风气候区过渡,降雨丰富,且近年极端暴雨频繁,区域内2011年8月13日、2013年7月9日、2019年8月20日等均为强降雨,诱发了地质灾害。

### 1.4 人类活动的影响

铁路沿线分布有许多乡镇和村庄,是当地居民生产生活集中地区,植被砍伐、放牧及公路修建等,导致地表植被受到严重破坏,在一定程度上直接影响到泥石流的发育和发生。

## 2 成兰铁路泥石流的特点

### 2.1 特大型泥石流

成兰铁路沿线发育大量的泥石流沟,尤其受“5·12汶川地震”影响,地震为龙门山地区泥石流提供大量的松散固体物质,陡峭的地形条件有利于崩塌和滑坡的产生,雨水作用和河流的侵蚀为泥石流的发

生提供固体物质来源。在龙门山6万km<sup>2</sup>范围内,所获得的地质灾害点约4万多个,其中具备泥石流发育条件的沟谷及坡面约5 000处,泥石流危害极为严重。

本区域在“5·12汶川地震”后年年爆发规模巨大的泥石流,危害严重的有2010年“文家沟泥石流”、“映秀泥石流”,2013年“金溪沟泥石流”、“福堂隧道泥石流”,2019年“汶川泥石流”等。以上泥石流皆导致连接成都至阿坝的生命线都汶高速公路中断,危害性极为突出。

### 2.2 间隙期的中型泥石流

成兰铁路茂县至松潘区域近百年经历了3次大地震,地震效应明显,滑坡、崩塌、危岩落石等不良地质分布较广,植被较差,生长低矮灌木,坡面风化严重,平缓或低洼地带大部分被开垦为旱地,降雨量较丰富,山谷间储藏着大量的堆积物。泥石流主要为沟谷型,危害程度比较严重。成兰铁路跨越泥石流有核桃沟、龙塘沟、太平沟、解放村大小沟、甲竹寺沟、庙子沟、东龙沟泥石流等,属于中型泥石流,且泥石流为间隙期。

### 2.3 高位坡面冲沟型泥石流

榴桐寨隧道出口处因地质构造、地震频繁、地表为软质岩等因素,地面起伏大,植被差,在坡面堆积松散物质分布最广,较易出现泥石流。且因山高坡陡,铁路轨面高差大,爆发时具有很大的势能,对铁路影响较大,可能会造成“天女散花”的状况,是一种防不胜防的地质灾害。

### 2.4 衰退期的泥石流

成兰铁路松潘至九寨沟区域内,属于高原地形地貌,植被发育,受活动断裂带影响小。此区域距近年的几次大地震震中稍远,地震对该区域内影响、破坏逐渐减弱,局部分布滑坡、崩塌等不良地质,虽然海拔为2 500~4 000 m,但地形相对高差变小,相对平缓,降水在逐渐减少,有高山冻融现象,碎屑泥石流增多,泥石流危害程度轻微,泥石流处于间隙期。

## 3 成兰铁路泥石流的防治措施

### 3.1 特大型泥石流的防治措施

在“5·12汶川地震”作用下,形成了大量的滑坡、错落、岩堆等,沟道和坡面松散物源丰富,极易爆发特大型泥石流。成兰铁路采用地质选线,对于特大型泥石流采用绕避或隧道深埋通过。

#### 3.1.1 孙家沟泥石流

##### (1) 概况

流域面积约为1.33 km<sup>2</sup>,流域最高海拔高程为1 999 m,沟道最高海拔为1 682 m,沟口海拔高程为880 m,相对高差802 m,主沟长约2 092 m,沟床平均

纵坡降为363‰。2009年7月17日发生泥石流后,仍有大量的松散物质堆积在沟道两侧及沟床中,经估算,一次冲出物源约20万 $\text{m}^3$ ,潜在物源可达316.1万 $\text{m}^3$ ,一次淤积高10余米,最大石块重达120 t。

### (2) 对策

该区域处于龙门山核心地带,“5·12汶川地震”效应非常明显,线路方案有龙门山长、短隧方案,最终采用龙门山长隧方案,完全绕开了孙家沟泥石流,2009年孙家沟泥石流爆发,再次验证了采用绕避方案的合理性。

### 3.1.2 道喜沟泥石流

#### (1) 概况

道喜沟位于安县雒水镇道喜村,流域面积约2.97  $\text{km}^2$ ,流域平均坡降约为423‰,最高海拔高程为2320 m,沟口海拔高程为780 m,相对高差1540 m,总流域长3.64 km。道喜沟物源共计83处,结合沟道内泥石流堆积层,总方量为499.5万 $\text{m}^3$ ,其中欠稳定物源方量89.91万 $\text{m}^3$ ,潜在不稳定物源方量149.85万 $\text{m}^3$ ,局部欠稳定物源方量203.8万 $\text{m}^3$ ,可参与近期泥石流活动量约154.3万 $\text{m}^3$ ,占物源总量的30.9%。2013年“7·9洪灾”,雒水河流域爆发泥石流,该沟属于流域内的支沟,致使雒水河床整体抬高5~10 m,乡道断道7 d。

#### (2) 对策

该段落位于龙门山前山断裂附近,坡面储存大量的松散物质,区域内降雨丰富,爆发泥石流爆发危害性大,破坏性极强,成兰铁路采用柿子园长隧方案,完全绕避泥石流的影响。

### 3.2 间隙期的中型泥石流防治措施

成兰铁路茂县至松潘段,沿岷江河谷左岸而上,距岷江活动断裂距离约1~10 km,基本呈平行通过,铁路工程均位于活动断层的下盘。岩体受地质构造影响强烈,岩体较破碎,节理裂隙较发育,此区域内受汶川地震影响逐渐减弱;因海拔逐渐升高,降水也逐渐减少,破坏力稍低,属于低频泥石流、稀性泥石流。

#### 3.2.1 太平沟泥石流

##### (1) 概况

太平沟流域属高山峡谷地貌,平面形态呈扇形,流域面积75.13  $\text{km}^2$ 。主沟长度12.10 km,沟口海拔2272.2 m,流域内最高海拔4186 m,相对高差1913.8 m,平均坡降为139‰。由于调查区在构造格架上处于“川西北三角形断块”,构造作用强烈,褶皱、节理及裂隙非常发育,从而导致沟道两侧岩层产状多变,岩体较破碎。调查区内风化作用强烈,使原本已经较破碎的岩体更易脱离山体,崩塌坠落在沟道内形成

大量“倒石堆”。部分沟段因受支沟泥石流影响,河道受到泥石流堆积物的挤压,部分甚至已经堵塞。通过遥感判译及现场校核,初步统计太平沟内物源储量约134万 $\text{m}^3$ 。

### (2) 成兰铁路采取对策

采用两联(40+64+40) m连续梁跨越泥石流,主跨64 m跨越泥石流主沟,其它桥墩位于泥石流河滩上。1~3号桥墩上游侧设置泥石流防撞墩,防撞墩为三角形,前端设置1 m的圆弧,抵抗爆发泥石流时泥石流的冲击。

### 3.2.2 格子沟泥石流

#### (1) 概况

格子沟流域属高山峡谷地貌,平面形态呈扇形。主沟沟长4.95 km,流域面积7.6  $\text{km}^2$ 。格子沟老崩塌积物储量约为4万 $\text{m}^3$ ,“5·12汶川地震”后在格子沟的中上游发育分布了崩塌和小规模的垮塌,加上之前老崩塌储量约为30万 $\text{m}^3$ ;同时该区域构造运动活跃,内动力地质作用强烈,岩体变质程度较高,故岩体完整性和强度不高,在风化作用下,形成厚的风化残坡积物,同时沟道内老滑坡和地震后新形成的滑坡储量总体共249万 $\text{m}^3$ ;因此,格子沟总的潜在物源约为283万 $\text{m}^3$ 。

#### (2) 对策

采用隧道深埋下穿泥石流沟通过,完全躲避了泥石流的影响。

### 3.3 高位坡面冲沟型泥石流的防治措施

#### 3.3.1 概况

榴桐寨隧道出口右侧泥石流沟汇水面积约0.5  $\text{km}^2$ ,泥石流沟长且陡峻,长约1.5 km,流域相对高差为1398 m,平均坡度40°,为坡面冲沟型泥石流。具有中高频率,爆发突然,爆发力强等特点,泥石流物源主要为沟道两侧坡面坡残积体及崩塌积体堆积。一次冲出量预测为5万 $\text{m}^3$ ,流域内有8个崩塌积体,表层覆盖层物质角砾土、碎石土呈松散状,物质总量为102万 $\text{m}^3$ 。

#### 3.3.2 措施

(1) 垭口处设置7根桩板墙,对泥石流就行拦挡,使其归槽。桩间内置挡土板,挂板高度约5~7 m,挡板与桩一起浇筑。

(2) 高位泥石流爆发时,泥石流沟纵坡陡峻,可能会出现泥石流飞溅的状况,可接长明洞40 m,防止泥石流飞溅影响桥梁。

(3) 通过在下游泥石流冲沟及导流槽布设振动监测仪实时捕捉泥石流事件,进而通过视频联动的方式对泥石流发生规模进行影像回传及评估。

### 3.4 衰退期的泥石流

#### 3.4.1 衰退期泥石流沟特点

(1) 远离地震中心,区域内滑坡、错落、危岩落石等不良地质范围和规模小;流域内物质储量少,爆发泥石流一次冲出量相对较少。

(2) 地形相对平缓,泥石流沟纵坡小,爆发泥石流势能不大。

(3) 流域内降雨量小,属于间隙性泥石流。

(4) 区域内植被缓慢恢复,生态环境变好。

#### 3.4.2 采取措施

(1) 采用桥梁一跨跨越泥石流沟,如右所屯双线中桥、川主寺站3号大桥、新村双线中桥,均采用24 m、32 m 简支梁一跨跨越泥石流沟,净空计算满足要求。

(2) 对泥石流进行排导,如龙塘站四线大桥泥石流排导槽、镇江关1号大桥泥石流排导槽、右所屯1号双线大桥泥石流排导槽等,排导槽使泥石流归槽,尽快排走,避免对桥墩的破坏。

(3) 泥石流监测措施,对于镇江关1号双线大桥东龙沟、高屯子双线中桥、大屯双线大桥、川主寺站3号岷江4线大桥等桥梁设置泥石流检测系统。

## 4 结束语

成兰铁路在勘察阶段地质专业对泥石流进行专题研究,提供了较全面的基础资料;选线阶段充分考虑泥石流的影响,多次优化线路方案,尽可能绕避或采用隧道深埋躲避泥石流;在施工图设计阶段,根据泥石流特征,合理确定桥梁孔跨,对泥石流采取综合整治措施;在建设过程中,对泥石流开展了多次专题研究,研究成果在成兰铁路建设过程中充分运用。成兰铁路自2011年开工建设至今,沿线多次爆发泥石流,但对成兰铁路影响甚微,再次验证了成兰铁路泥石流防治措施是合理、可行的。

## 参考文献:

- [1] GB 50021-2001 岩土工程勘察规范[S].  
GB 50021-2001 Code for Investigation of Geotechnical Engineering [S].
- [2] TB 10017-2021 铁路工程水文勘测设计规范[S].  
TB 10017-2021 Code for Survey and Design on Hydrology of Railway Engineering[S].
- [3] DZ/T 0239-2004 泥石流灾害防治工程设计规范[S].  
DZ/T 0239-2004 Specification of Design for Debris Flow Prevention [S].
- [4] 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,中铁二院工程集团有限责任公司. 成兰铁路泥石流专题研究报告[R]. 成都: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,中铁二院工程集团有限责任公司,2009.

State Key Laboratory of Geological Disaster Prevention and Control and Geological Environment Protection of the Chengdu University of Technology, China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. Report of Special Study on Debris Flow of Chengdu-Lanzhou Railway [R]. State Key Laboratory of Geological Disaster Prevention and Control and Geological Environment Protection of the Chengdu University of Technology, China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 2009.

- [5] 四川赛思特科技有限责任公司. 新建成都至兰州铁路地震安全性评价报告[R]. 成都:四川赛思特科技有限责任公司, 2010.

Sichuan Saisite Technology Co., Ltd. Seismic Safety Assessment Report of New Chengdu-Lanzhou Railway [R]. Chengdu: Sichuan Saisite Technology Co., Ltd., 2010.

- [6] 中铁二院工程集团有限责任公司,中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所,成都理工大学. 泥石流对铁路桥墩的冲击作用及综合整治技术试验[R]. 成都:中铁二院工程集团有限责任公司,中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所,成都理工大学, 2016.

China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Institute of Mountain Hazards and Environment (IMHE), Chinese Academy of Sciences, Chengdu, Chengdu University of Technology. Impact of Debris Flow on Piers of Railway Bridges and Comprehensive Treatment Technology Test [R]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Institute of Mountain Hazards and Environment (IMHE), Chinese Academy of Sciences, Chengdu, Chengdu University of Technology, 2016.

- [7] 中铁二院工程集团有限责任公司,成兰铁路有限责任公司,西南交通大学,中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所. 艰险困难复杂地质条件下路基桥梁修建关键技术研究[R]. 成都:中铁二院工程集团有限责任公司,成兰铁路有限责任公司,西南交通大学,中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 2017.

China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu-Lanzhou Railway Co., Ltd., Southwest Jiaotong University, Institute of Mountain Hazards and Environment (IMHE), Chinese Academy of Sciences, Chengdu. Study on Key Technologies for Subgrade and Bridge Construction under Difficult and Complex Geological Conditions [R]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu-Lanzhou Railway Co., Ltd., Southwest Jiaotong University, Institute of Mountain Hazards and Environment (IMHE), Chinese Academy of Sciences, Chengdu, 2017.

- [8] 中铁二院工程集团有限责任公司,成兰铁路有限责任公司,中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所. 成兰铁路桥梁工程泥石流防治技术研究[R]. 成都:中铁二院工程集团有限责任公司,成兰铁路有限责任公司,中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 2018.

China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu-Lanzhou Railway Co., Ltd., Institute of Mountain Hazards and Environment (IMHE), Chinese Academy of Sciences, Chengdu. Study on Debris Flow Prevention Technology for Bridges of Chengdu-Lanzhou Railway [R]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu-Lanzhou Railway Co., Ltd., Institute of Mountain Hazards and Environment (IMHE), Chinese Academy of Sciences, Chengdu, 2018.