

复杂艰险山区

铁路（公路）工程勘察设计

论文选集

朱 颖 许佑顶 主编

Fuxa Jianxian Shanqu
Tielu (Gonglu) Gongcheng Kancha Sheji
Lunwen Xuanji



人民交通出版社
China Communications Press

复杂艰险山区 铁路（公路）工程勘察设计 论文选集

朱 颖 许佑顶 主编

*Fuxa Jianxian Shanqu
Tielu (Gonglu) Gongcheng Kancha Sheji
Lunwen Xuanji*



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书系中铁二院建院 60 周年复杂艰险山区铁路(公路)工程勘察设计优秀论文的选编,共编录论文 60 篇,其中包括选线与总体设计、枢纽与站场、工程地质、路基工程、桥梁工程和隧道工程等内容。论文内容涵盖设计创新、工程实践、理论探索、试验研究,观点或新颖独特,或系统深刻,具有广泛的代表性。

本书可供从事铁路(公路)工程勘察设计的技术人员使用和借鉴,也可供教学和研究人員参考。

图书在版编目(CIP)数据

复杂艰险山区铁路(公路)工程勘察设计论文选集/

朱颖,许佑顶主编. —北京:人民交通出版社,2012. 9

ISBN 978-7-114-10074-1

I. ①复… II. ①朱… ②许… III. ①山区铁路—铁路工程—勘测—文集 ②山区铁路—铁路工程—设计—文集 ③山区道路—道路工程—勘测—文集 ④山区道路—道路工程—设计—文集 IV. ①
U239.9—53 ②U212—53 ③U421—53 ④U412—53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 213550 号

书 名: 复杂艰险山区铁路(公路)工程勘察设计论文选集

著 作 者: 朱 颖 许佑顶

责任编辑: 付宇斌

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)85285659

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 880×1230 1/16

印 张: 28.75

字 数: 730 千

版 次: 2012 年 9 月 第 1 版

印 次: 2012 年 9 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-10074-1

定 价: 85.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

编委会名单

主 编:朱 颖 许佑顶

副 主 编:秦小林 魏永幸

编 委:杨 健 乐 重 何学刚 唐 林 李光辉

韩 康 袁 明 游励晖 陶伟明 张永平

刘 洋 刘莉蓉 龙卫民 李学刚 赵立兰

赵立红 杜 鹏 张敏静 王 昱 赵祺昌

刘彦琳 王锡根

主编单位:中铁二院工程集团有限责任公司

序

2012年,中铁二院迎来了建院60周年华诞。

60年来,二院人艰苦奋斗,锐意进取,开拓创新,经营领域与业务范围不断拓宽,技术实力不断增强,已成为建筑行业集科研、设计、咨询、工程总承包为一体的国有大型工程集团,是中国陆地交通勘察设计的领军企业。

60年来,中铁二院在陆地交通多个领域树立了技术的领先或比较优势,特别是在复杂艰险山区铁路(公路)工程勘察设计方面,积淀形成了一批核心技术和专有技术,在业内有口皆碑。中铁二院曾设计完成了新中国第一条铁路——成渝铁路,新中国第一条山区电气化铁路——宝成铁路;设计的成昆铁路,其所穿越地区被国外专家称为“筑路禁区”,工程艰巨程度为世界铁路建设史上罕见,被联合国誉为人类征服自然的三大杰作之一;设计的南昆铁路是继成昆线之后我国地质最复杂、最艰难的一条长大干线铁路,也是我国第一条一次性建成的电气化铁路。“在复杂地质、险峻山区修建成昆铁路新技术”和“复杂地质艰险山区修建大能力南昆铁路干线成套技术”分别荣获国家科技进步最高奖。近十年来,中铁二院先后完成了内昆铁路、渝怀铁路、粤赣高速公路、襄渝铁路增建二线、武广高速铁路等一批典型山区铁路(公路)的勘察设计。目前,正在开展西成、成贵、长昆、云贵、成兰等复杂艰险山区铁路以及国道217线甘孜段、四川南大梁高速公路等艰险山区公路的勘察设计。

值此中铁二院建院60周年之际,公司开展了建院60周年复杂艰险山区铁路(公路)工程勘察设计论文征集活动。本论文选集是从征文中精选编辑而成,内容涉及选线与总体设计、枢纽与站场、工程地质、路基工程、桥梁工程、隧道工程等方面,主要由中铁二院从事山区铁路(公路)工程勘察设计的工程技术人员撰写,是中铁二院复杂艰险山区铁路(公路)工程勘察设计的缩影,也反映了当前我国复杂艰险山区铁路(公路)工程勘察设计的技术水平和最新发展趋势。

本论文集的出版,是中铁二院复杂艰险山区铁路(公路)工程勘察设计技术成果的一次集中展示,必将有益于我国复杂艰险山区铁路(公路)工程勘察设计技术的进一步研究与发展。

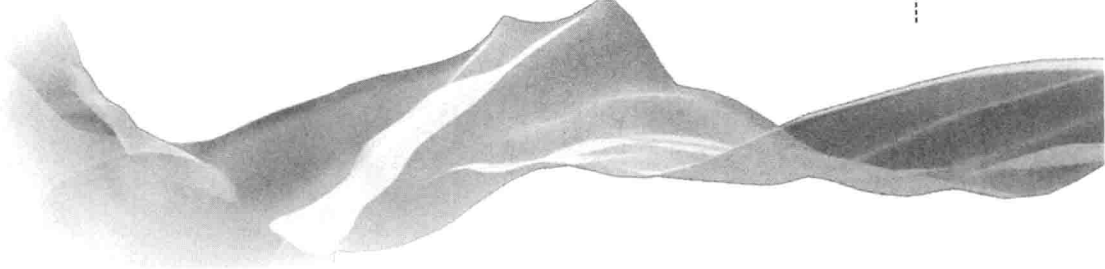
谨以此为序。

中铁二院工程集团有限责任公司党委书记、董事长

漆家瑞

2012年07月18日

编者寄语



多年以来,中铁二院紧紧围绕复杂艰险山区铁路(公路)工程勘察设计的热点、难点问题,持续开展技术创新,先后完成了一批国家、部、省重大科技攻关项目,取得了丰硕的科技创新成果,获得了多项国家、部、省级科技进步奖和工程优秀勘察设计奖,对我国复杂艰险山区的铁路(公路)工程建设事业的持续发展,特别是为保证和提高重点工程建设的水平和质量做出了重要贡献。

今年是中铁二院建院 60 周年,为回顾、总结中铁二院在复杂艰险山区铁路(公路)的工程勘察设计所取得的成果,传承经验,集团公司特别开展了建院 60 周年复杂艰险山区铁路(公路)工程勘察设计优秀论文征集活动。

本次活动,共收到论文 241 篇,择优选出其中的 60 篇结集出版。其中,关于选线与总体设计的论文 10 篇、枢纽与站场的论文 8 篇、工程地质的论文 8 篇、路基工程的论文 8 篇、桥梁工程的论文 11 篇、隧道工程的论文 8 篇以及其他方面 7 篇。论文作者均为长期从事复杂艰险山区铁路(公路)工程勘察、设计、研究与管理的人员,论文内容涵盖理论探索、设计创新、工程实践、试验研究,观点或新颖独特,或系统深刻,具有广泛的代表性,是中铁二院复杂艰险山区铁路(公路)工程勘察设计技术发展进步的一个缩影。

论文选集内容丰富、技术性强,它的出版,旨在为专业技术人员提供一次交流、借鉴和学习的机会。值此纪念中铁二院建院 60 周年之际,也是奉献给关心、支持二院发展的各级领导、各兄弟单位的一份礼物!

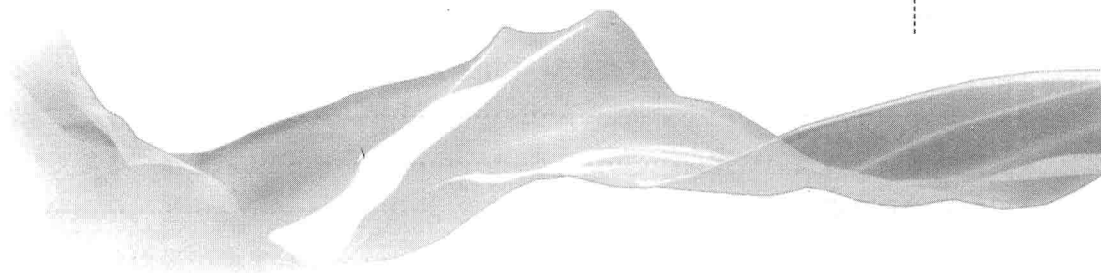
本次论文征集活动得到了公司广大职工的积极响应和支持,投稿踊跃,但限于本论文选集的篇幅,在初步审核的基础上,特邀专家进行了评审,并考虑论文的代表性,最终确定录用了 60 篇论文。其中,部分论文已公开发表过,本次收录时作了修改或补充。在此,特向积极投稿的广大作者表示感谢,同时也衷心感谢各位评审专家的辛勤劳动!

由于时间仓促、水平有限,难免存在错误和不妥之处,恳请各级领导和同行专家给予批评指正。

朱颖

2012 年 7 月

目 录



选线与总体设计

- 1 高烈度地震山区铁路综合选线与总体设计 朱 颖 魏永幸(3)
- 2 复杂山区铁路隧道方案选择原则研究..... 许佑顶(12)
- 3 渝利线岩溶地区选线技术总结..... 何小勇 裴志远 毕 强(16)
- 4 市域铁路规划设计总体思路..... 张志勤(23)
- 5 山区高速铁路最大坡度使用分析..... 何学刚(28)
- 6 艰险山区高速铁路客运专线相邻车站两端平、纵断面设计探讨 郑亚飞(33)
- 7 对新老铁路主要选线原则的探讨..... 杨举明 陈文豪(38)
- 8 沪昆客运专线长沙至昆明段安顺至普安段线路方案研究..... 郑天池 陈建国(45)
- 9 300~350km/h 客运专线平竖曲线重叠设置对舒适度的影响 胡建平(51)
- 10 玉蒙铁路曲江峡谷选线研究 王 倡(60)

枢纽与站场

- 11 西南铁路站场建设规划设计与思考 杨 健 罗江成 张家发 等(69)
- 12 重庆铁路枢纽总图布局研究 罗江成 彭强军 蔡胜全(82)
- 13 成都铁路枢纽客运站布局研究 袁光明 高丰农(90)
- 14 成都东客站站场设计 袁光明 陈 刚(95)
- 15 大湾货运中心规划设计..... 李传勇 冯 骥(103)
- 16 磨憨铁路口岸站选址方案研究..... 罗孝平 饶 武(109)
- 17 大宗散货铁路装车线布置的探讨..... 陈国涛(115)
- 18 铁路进出站线疏解方式及接轨站布置探讨..... 吴朝荣 杨 健 张家发(122)

工程地质

- 19 铁路岩溶隧道工程地质选线研究..... 曹化平 王 科(135)
- 20 渝怀铁路圆梁山隧道毛坝向斜深埋大型充填溶洞形成机制浅析 蒋良文 易勇进 贾中明(142)
- 21 可控源音频大地电磁勘探在大瑞铁路高黎贡山隧道地质选线中的应用
..... 李 坚 邓宏科 张家德 等(154)
- 22 成兰铁路地质选线及原则探讨..... 李光辉 杨昌义 袁传保(160)
- 23 汶川地震震害对艰险山区地震区铁路选线的启发..... 韩 康(171)
- 24 大瑞线高黎贡山越岭段水热活动特征及地质选线..... 杜宇本 蒋良文 邓宏科 等(175)
- 25 深切峡谷特大桥岸坡岩体稳定性分析..... 万 川(183)
- 26 复杂艰险山区铁路工程地质勘察技术..... 王 科 曹化平 李 坚(191)

路基工程

- 27 山区铁路沿线边坡综合监控技术方案探讨..... 徐 骏 魏永幸 李楚根(199)
- 28 桩排间距、桩顶埋深对双排抗滑桩承担滑坡推力影响分析 李安洪 郑颖人 徐 骏 等(207)
- 29 桩-网结构路基试验研究与工程应用 魏永幸(214)
- 30 武广客运专线全风化花岗岩改良土动静强度试验研究..... 刘 洋(220)
- 31 公路路基工程震害调查及对现行抗震设计规范的思考..... 甘善杰 刘永平 彭炳芬(228)
- 32 三峡库区堆积层滑坡特性及稳定性分析评价..... 李正川 刘贵应 潘方贵(236)
- 33 某路堑高边坡微型桩抗滑结构加固设计..... 蒋楚生 李庆海 贺 钢 等(244)
- 34 分异溶蚀作用及其量化分析的设计应用初探..... 王清海(250)

桥梁工程

- 35 拱桥发展的历史回顾..... 徐 勇 陈 列(257)
- 36 丽香铁路金沙江大桥桥位桥式方案研究..... 刘 伟 陈克坚 游励晖 等(284)
- 37 渝利铁路韩家沱长江桥方案研究..... 陈思孝 陈克坚 曾永平(289)
- 38 沪昆高速铁路北盘江特大桥设计介绍..... 徐 勇 陈 列 谢海清 等(296)
- 39 非对称超大跨度单线连续刚构设计与研究..... 辛跃辉 鄢 勇 胡步毛(305)
- 40 云桂铁路桥梁设计简介..... 游励晖 刘发明 高 超 等(310)
- 41 艰险山区铁路桥梁设计的适应性研究..... 何庭国 魏 建 游励晖 等(318)
- 42 大庆至广州高速公路粤境段 D3、D4 合同段桥梁总体设计 李晓秋(324)
- 43 宝成线清江 7 号特大桥震害整治研究..... 罗 鸣 冯 舸 毛 亮(332)
- 44 山区铁路的代表作——渝怀铁路桥梁设计..... 李正祥(336)
- 45 复杂艰险山区铁路昆玉线陡坡地段墩台基础形式及防护措施的设计..... 陈长征(342)

隧道工程

- 46 高速铁路隧道空气动力学效应研究..... 郑长青 陈赤坤 赵万强(349)
- 47 地下水与隧道衬砌结构体系作用机理研究及应用..... 陶伟明(356)
- 48 复杂岩溶隧道风险防范问题探讨..... 杨昌宇(363)
- 49 浅论特大跨度浅埋隧道支护体系转换对稳定性的影响..... 卿伟宸 朱 勇 章慧健 等(369)
- 50 浅议高地温隧道设计应考虑的几个问题..... 邴亚军 李泽龙 何万阳(376)
- 51 特长铁路隧道防灾救援设计思路..... 范 磊(380)
- 52 高速铁路超大断面黄土隧道修建技术研究..... 杨建民 喻 渝 赵辉雄 等(385)
- 53 神土连拱公路隧道设计与施工关键技术..... 苟明中(395)

其 他

- 54 山区铁路异物侵限监测技术应用研究..... 肖 琨 李 海 龙卫民(403)
- 55 山区铁路 GSM-R 通信系统覆盖技术研究 段永奇(407)
- 56 带回流线直供全并联供电在山区电气化铁路的应用..... 邓云川 高 宏 智 慧 等(413)
- 57 海南东环铁路电气化系统防雷接地设计..... 田广辉 潘 英 王思文 等(421)
- 58 强化质量管理,保障山区电气化铁路运营安全 刘莉蓉(432)
- 59 宝成线马角坝牵引变电所综合补偿方案研究..... 吴 萍 袁 勇 李 剑(436)
- 60 南昆铁路牵引供电系统电压水平及补偿措施..... 李 剑 袁 勇 高 宏(441)

选线与总体设计



高烈度地震山区铁路综合选线与总体设计

朱 颖¹ 魏永幸²

(1. 中铁二院工程集团有限责任公司公司办;
2. 中铁二院工程集团有限责任公司技术中心)

摘 要 “5·12”汶川地震突出的地震及地震次生地质灾害,给高烈度地震山区铁路选线敲响了警钟,提出了新的挑战;基于“5·12”汶川地震震害调查分析,开展高烈度地震山区铁路选线与总体设计研究,具有现实和理论意义。基于“5·12”汶川地震震害现场调查,研究分析了地震及地震次生地质灾害对铁路的影响,提出必须重视具有“生命线”意义铁路工程规划与选线、基于预防地震次生地质灾害的综合选线、地震近场效应及近场区工程选线与工程选型的高烈度地震山区铁路综合选线与总体设计三大原则;结合成兰等铁路选线与工程设计实践,总结提出了高烈度地震山区铁路综合选线原则意见16条与总体设计原则意见9条。

关键词 高烈度地震山区;铁路工程;综合选线;总体设计

Research on Principle for Integrated Route Selection and Overall Design of Railway in High-intensity Earthquake Mountain Area

Zhu Ying¹ Wei Yongxing²

(1. Administration Office of CREEC; 2. Technology Center of CREEC)

Abstract The prominent earthquake disaster and post-earthquake geological disaster due to “5·12” Wenchuan earthquake have sounded the alarm and put forward a new challenge for railway route selection in high-intensity earthquake mountain area; based on on-site survey and analysis of “5·12” Wenchuan Earthquake disaster, the research on route selection principle and overall design of railway in high intensity earthquake mountain area is of practical and theoretical significance. Based on on-site survey of “5·12” Wenchuan Earthquake disaster, after studying and analyzing the impact of earthquake and post-earthquake geological disaster on railway, three principles for integrated route selection of railway in high intensity earthquake mountain area have been put forward, that is to emphasize the planning and route selection of the railway engineering with “lifeline” significance, the integrated route selection based on the prevention of post-earthquake geological disaster and the route selection and engineering type selection of projects with near-field earthquake effect and in near-field area. Combined with the route selection and engineering design practice of ChengLan Railway, the principles for integrated route selection and overall design principle of railway in high intensity earthquake mountain area have been put forward.

Key words high intensity earthquake mountain area; railway engineering; integrated route selection; overall design

作者简介:朱颖(1963—),男,教授级高级工程师,中铁二院工程集团有限责任公司总经理。

1 引言

2008年5月12日14时28分,四川汶川发生里氏8.0级大地震。本次汶川地震发生在地质环境脆弱的龙门山山区,地震引起大量的崩塌滑坡等次生地质灾害,使地震近场区的铁路、公路工程(“5·12”汶川地震近场区的主要铁路、公路工程见图1)受到不同程度的损坏^[1-3]。基于现场震害调查及分析,本文研究分析了地震及地震次生地质灾害对铁路的影响,提出高烈度地震山区铁路综合选线与总体设计三大原则;结合成兰等铁路选线和工程设计实践,总结提出了高烈度地震山区铁路综合选线原则意见16条与总体设计原则意见9条。

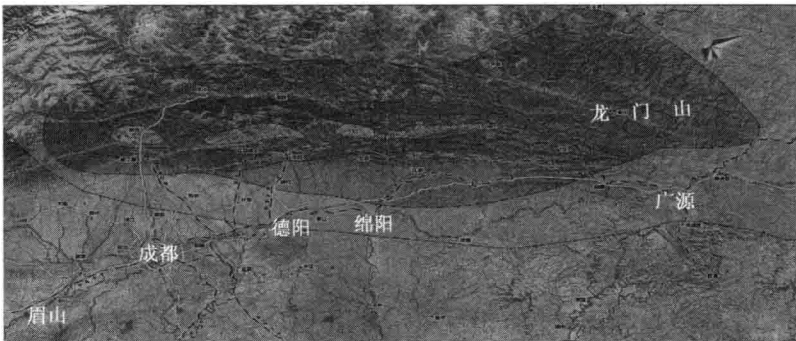


图1 “5·12”汶川地震近场区的主要铁路、公路工程示意图

2 汶川地震对铁路的影响

本次地震,近场区广岳铁路广济至岳家山段(地震烈度Ⅸ~Ⅺ度)、宝成铁路上寺至后坝段(地震烈度Ⅶ~Ⅷ度)、成灌铁路都江堰境内段(地震烈度Ⅶ~Ⅷ)受损严重,特别是通过龙门山山前断裂的广岳铁路,尤为严重。铁路工程突出、典型震害及其特征如下:

2.1 桥梁工程^[4-5]

(1)近场区的桥梁出现纵向、横向移位,甚至落梁

受地震影响,近场区的广岳、成灌、德天、宝成等铁路,不同程度出现桥梁纵向、横向移位病害,其中以广岳铁路最为严重,如图2、图3所示。靠近龙门山山前断裂的广岳铁路化肥厂中桥出现落梁,如图4所示。

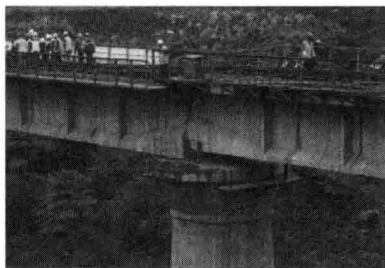


图2 桥梁纵向移位



图3 桥梁横向移位



图4 广岳铁路化肥厂中桥出现落梁

(2)近场区高度较高的桥墩出现破坏

近场区高度较高的桥墩出现破坏,桥墩破坏主要表现为:①桥墩弯曲受压引起混凝土开裂与剥落(图5),其中,矩形墩尤为严重。②桥墩受剪切,出现沿水平施工缝的剪切破坏,广岳铁路较高桥梁的桥墩几乎全被剪断,有很明显的水平贯通裂缝,多位于墩的下部1/6~1/3部位,个别墩有2~3道裂缝,裂缝大多在施工缝或其附近部位,如图6所示。



图5 桥墩开裂与剥落



图6 桥墩沿施工缝的剪切破坏

(3) 桥梁支座损坏严重

受地震作用梁体发生纵横向移位,造成支座帽栓弯曲、被拔出,或被剪断,支座脱离梁体、支承垫石被拉裂,支座上、下板移位,甚至支座倾覆。如图7~图12所示。



图7 锚固螺栓弯曲



图8 支座受拉脱空



图9 支座移位及倾覆

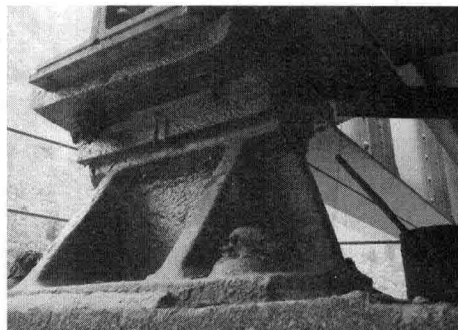


图10 支座上、下摆错移

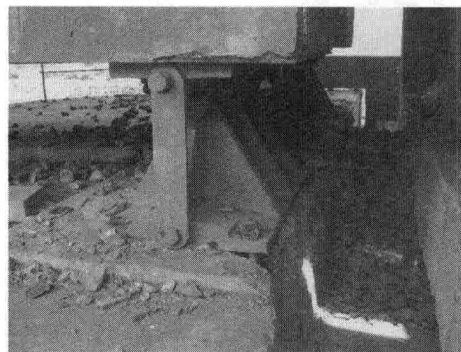


图11 垫石被破坏

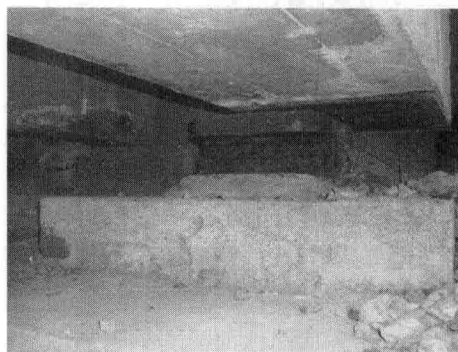


图12 梁体横移、支座帽栓剪断

2.2 路基工程^[6-9]

(1) 傍山路基遭受崩塌落石袭击而损毁

破碎山体或存在不利构造面的陡岩,在地震作用下出现以局部岩块与母岩分离为基本特征的崩

塌,该现象十分普遍和突出,其后果也十分严重。本次汶川地震,多条铁路多段傍山路基遭受崩塌落石袭击而损毁,位于震中附近的省道映秀至卧龙线映秀至耿达段、国道 213 线映秀至汶川段因地震引起的崩塌而几乎全部损毁。宝成铁路 109 隧道,地震引起南口端崩塌岩石约 2 万 m^3 ,砸毁 20 余米长的棚洞,中部被约 10 万 m^3 落石覆压,并将嘉陵江拦腰截断,形成堰塞湖;因塌方造成 21043 次货物列车脱线,油罐车起火燃烧,致宝成线中断行车 283 小时。6 月 8 日 2:40 分,达成线金堂一道观音间 K302+800 处突发岩崩,落石砸断钢轨,并与运行的 40074 次货物列车相撞。图 13 为宝成铁路区金龟岩大桥右侧 200m 高处陡岩坍塌,落石砸坏桥台。图 14 为广岳铁路上道的体积近 100m^3 的落石。



图 13 宝成铁路金龟岩大桥右侧 200m 高处陡岩坍塌

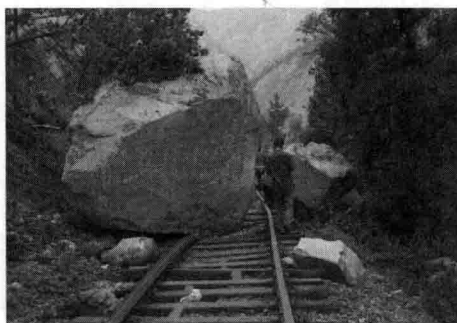


图 14 广岳铁路上道的体积近 100m^3 的落石

(2) 松散土体在地震作用下产生坍塌或滑坡

土坡,特别是松散的土坡,在地震作用下则容易出现滑坡。图 15 为广岳铁路一处滑坡。滑坡堵塞河道,形成堰塞湖,继而影响上游地段路基工程。

(3) 地震烈度Ⅷ度及以上地区填方路基普遍出现下沉

现场调查表明,在地震烈度Ⅷ度及以上地区,填方路基普遍出现下沉,路基下沉最大达 1m 左右,在桥台附近,由于桥路差异变形,路基下沉现象明显、直观。据成都铁路局统计资料,宝成铁路路基因地震灾害引起路堤下沉地段共 39 处(段),长 49.5km,如广元至广汉 280km 范围内,多数路堤均有不同程度下沉,桥台后路堤普遍下沉较大,下沉量一般 30~300mm,最大下沉 500mm。图 16 为宝成铁路清江 2 号大桥成都端桥台锥体下沉情况。图 17 为广岳铁路某桥台台后填土下沉情况。



图 15 广岳铁路某滑坡

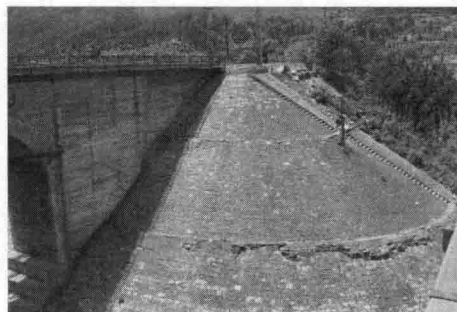


图 16 宝成铁路清江 2 号大桥成都端桥台锥体下沉

(4) 部分位于陡坡地段的挡土墙出现破坏

广岳铁路发生坍塌的几处路肩墙均为低矮衡重式路肩墙,除了穿心店车站外,均位于半填半挖的陡坡路基地段,表现为挡墙墙身失稳连同基础一起坠入陡崖。路肩溜坍一般也发生在陡坡路基地段,表现为轨枕以外的浅挖路堑或原地面积坍后道碴散落,轨枕悬空,如图 18 所示。

2.3 隧道工程^[10]

(1) 隧道洞口边仰坡坍塌或崩塌

汶川地震中,隧道工程震害相对较少,但隧道洞口边仰坡坍塌或崩塌较多。图 19 为广岳铁路某隧道进口段落石上道。



图 17 广岳铁路某桥台后填土下沉



图 18 局部挡土墙破坏

(2) 位于断层附近的隧道局部开裂

汶川地震中,位于断层带的个别隧道出现开裂等病害。图 20 为宝成铁路朝阳隧道受地震作用出现开裂情况。



图 19 广岳铁路某隧道进口段落石上道

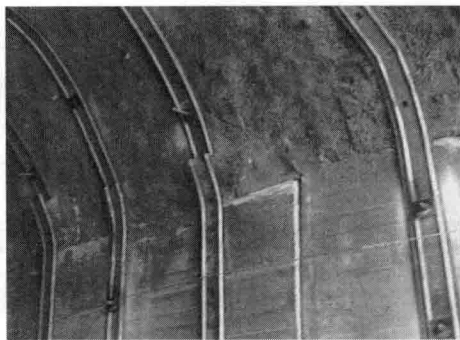


图 20 宝成铁路朝阳隧道受地震作用出现开裂

汶川地震铁路工程震害现象表明:近场高烈度区,特别是断裂带、不良地质区段工程震害突出,傍山路基及隧道洞口段遭受崩坍落石袭击,傍山线路潜在地震堰塞湖的威胁。这些突出灾害,对铁路构成巨大威胁且难以采用工程加以克服,需要在铁路规划和选线阶段加以解决。

3 汶川地震对高烈度地震山区铁路选线与设计的启示

本次汶川地震具有以下特点:

(1)震级高,震源浅,破坏性强。震级为里氏 8.0 级,震源距地表 14km。地表变形剧烈,在映秀—北川主断裂(龙门山中央断裂),最大的地表垂直和水平位移达 4~6m。沿主断裂,强烈的地表变形,无坚不摧,破坏性极强。

(2)地表破裂延伸长,地震震害重灾区范围大。汶川地震主断裂为龙门山断裂带之映秀—北川断裂,主震由映秀至北川,历时约 100s,断裂延长约 300km。地表破裂延伸长,造成本次地震烈度大于Ⅺ度的极重灾区面积达 680km²,区内房屋几乎完全倒塌,且出现大规模崩塌、滑坡现象;地震烈度Ⅷ度以上区域总面积约 7200km²,区内房屋倒塌或破坏,崩塌、滑坡现象普遍。

(3)汶川地震发生在地质环境脆弱的龙门山,地震诱发的次生地质灾害问题十分突出。据不完全统计,汶川地震造成崩塌滑坡 18000 处。崩塌滑坡掩埋村庄、城镇,直接造成人员伤亡;崩塌滑坡造成 35 个堰塞湖,部分堰塞湖造成村庄、道路被淹没;崩塌滑坡造成道路被掩埋,难以及时清除,峡谷地段,无法迂回,致使救援受阻,给救援工作带来极大困难。受降雨影响,部分滑坡会转化为泥石流,部分地震震裂的山体会形成新的滑坡,引起水土流失,严重破坏生态环境。地震引起的崩塌、滑坡以及由此衍生的堰塞湖、泥石流等次生地质灾害,还将在较长一段时间内影响灾区生态环境的恢复,给灾区恢复重建带来巨大的困难。

“5·12”汶川地震突出的地震及地震次生地质灾害,给高烈度地震山区铁路工程选线与设计敲响了警钟,提出了新的挑战。基于减轻地震及地震次生灾害对铁路的影响,我们认为在高烈度地震山区铁路规划、选线及设计中必须重视以下三个问题,遵守三大原则:

3.1 必须重视具有“生命线”意义铁路工程规划与选线

本次地震,四川境内9条铁路、7条高速公路、16条国(省)道、2754条农村公路不同程度受损,其中通往重灾区的道路受到严重破坏,当救灾人员、救灾物资源源不断快速流向灾区时,却因通往重灾区的道路全部损毁,外面的人员、物资进不去,里面的伤员、信息出不来,给救援工作增加了极大的难度。对于高烈度地震山区,如何做好“生命线”工程的规划与选线,需要反思和研究。

3.2 必须重视基于预防地震次生地质灾害的综合选线

“5·12”汶川地震诱发大量崩塌、滑坡、泥石流等次生地质灾害,对道路工程造成巨大破坏,同时对灾后恢复重建也影响巨大。高地震烈度山区道路工程规划设计,必须重视基于预防和减轻地震诱发崩塌、滑坡等次生地质灾害的综合选线和总体设计,绕避潜在地震诱发大型次生地质灾害的地段。

3.3 必须重视地震近场效应及近场区工程选线与工程选型^[1]

在地震近场区,尤其是断裂带附近,地表出现强烈的隆起、沉陷、断裂、移位等变形,桥梁、路基工程震害十分突出,通过断裂带的隧道也有损坏。对于高地震烈度山区道路工程,应重视地震近场效应,做好近场区工程的规划与设计,选择有利于防灾减灾的工程形式通过。

4 高烈度地震山区铁路综合选线原则意见 16 条

规划建设的成都至兰州铁路,位于著名的“南北向地震构造带”的中段,穿越“5·12”汶川地震发震断裂带——龙门山断裂带。龙门山地质构造强烈,大型活动性断裂密集,影响范围广(宽度近60km),属典型的高烈度地震频发及波及区。“5·12”汶川地震,破坏和改造了龙门山断裂带的地质环境,特别是诱发了大量的地质灾害,给通过该地区的成都至兰州铁路的选线和工程设计带来巨大的挑战。结合成兰铁路选线,中铁二院主持开展了《成兰铁路地震次生地质灾害特征及分布规律研究》、《成兰铁路高烈度地震山区铁路综合选线关键技术研究》等课题研究。基于前述高烈度地震山区铁路综合选线与总体设计三大原则,在相关研究成果的基础上,总结提出高烈度地震山区铁路综合选线原则意见 16 条^[12]。

(1)高烈度地震山区铁路选线,应综合考虑地质、地震因素,重视活断层、不良地质等特殊场地的地震放大效应、近场区的地震近场效应,线路应绕避大型不良地质发育地段,绕避地震及地震次生震害严重地段;必须通过时,应以简单易修复的工程形式通过。

(2)对于活断层,线路应绕避,无法绕避时应选择活动性相对较弱的安全岛通过,或在断层宽度较窄处以大角度通过。

活动断裂,在地震作用下容易产生破裂,地震及地震次生地质灾害往往沿活动断裂呈带状分布。因此,铁路选线首先应绕避活动断裂,无法绕避时则应选择活动性相对较弱的“安全岛”通过,或在断层宽度较窄处以大角度通过,尽量降低地震及地震地质灾害对铁路的影响。

(3)铁路重大、复杂工程应尽量躲开绕避断裂束,线路不宜在断裂束,特别是断裂密集处、交汇处及活动断裂的端点、拐角处,设置大中桥、高桥、隧道、高填深挖等难以修复的大型建筑物。

活动断裂的一些特殊构造部位是强震发生的处所,如不同方向的活动断裂的交汇部位,活动断裂的拐弯段,活动断裂的端点等都是强震发生的可能部位,其中以不同方向的活动断裂的交汇部位发震的概率最高。因此,应尽量避开这些地段。同时在此段内不宜修建重大的或难于修复的建筑物,如隧道、大桥和高桥等,最好是以易于抢修的低填浅挖路基通过。

(4)对于宽大的活动断裂带,线路应在查清区域性活动断裂结构和稳定性差异的基础上,选择相对稳定的部位通过,重点工程必须置于“安全岛”内。