

# 汶川地震交通系统震害及震后抢修<sup>1</sup>

刘爱文 夏珊 徐超

(中国地震局地球物理研究所, 北京 100081)

**摘要** 2008年5月12日下午2点28分在我国四川省汶川发生的8.0级强烈地震,是我国1976年唐山7.8级地震以来破坏最严重的一次地震。地震造成的遇难人数超过8万。汶川地震造成灾区房屋建筑和基础设施严重破坏,包括公路、铁路、航空三大交通系统严重破坏。交通受阻一度成为震后开展应急救援和恢复的关键问题。本文在地震现场调查的基础上,综述了汶川地震对交通系统的影响,总结了各交通系统的震后应急抢修情况。

**关键词:** 汶川地震 交通系统 震害现象 应急抢修

## 引言

汶川8.0级地震是新中国成立以来,破坏性最大、受灾范围最广、救灾难度最大的一次地震灾害。根据国务院抗震救灾指挥部8月25日公布的数据,四川汶川地震已确认遇难69226人,受伤374643人,失踪17923人;抢险救灾人员累计解救和转移1486405人;地震后3930665人/次到医院救治,因地震受伤住院治疗累计96544人/次。向灾区调运的救灾物质包括帐篷157.97万顶、燃油327.9万吨。各级政府共投入抗震救灾资金670.34亿元,中央财政投入的应急抢险救灾资金即达274.82亿元。

此次地震的突出特点是巨震发生在人口相对密集、地质环境本身就比较脆弱的四川西部的中、高山地区。地震触发的滑坡、崩塌和滚石等地质灾害数量之多、分布之广超出了人们的想象。据四川省国土资源部调查,地震引发的滑坡和崩塌点超过1万处。大量的崩滑灾害使山河易色,家园尽毁。造成30人以上死亡的灾难性滑坡、崩塌就有17处。北川中学新址的岩崩造成了906人死亡,北川老县城的山体滑坡造成了1600人死亡。此次地震滑坡造成的死亡人数几乎相当于过去10年全国因地质灾害而死亡的人数的总和。大型滑坡堵塞了江河,还形成了34个具有一定规模的堰塞湖。

在以往的国内外地震中,交通系统也遭受过严重破坏,主要表现为强地震动、地基场地失效等导致桥梁的破坏(刘恢先,1986;蔡之瑞,1995;中国赴日地震考察团,1995;周炳章,1996;Sassan等,2005)。而在此次汶川地震中,灾区随处可见的滑坡和崩塌、大规模的

<sup>1</sup> 基金项目 中国地震局地球物理研究所中央级公益性科研院所基本科研业务专项项目 DQJB06A01 资助

[收稿日期] 2008-08-25

[作者简介] 刘爱文,男,生于1973年。副研究员。主要研究领域:生命线地震工程、工程地震。E-mail: law73@163.com

断层错动以及强地面运动，对交通系统造成了毁灭性的打击，严重阻碍了震后救援。

在汶川地震的重灾山区，由于进入山区的通道唯一，其它生命线系统如输气和给水管道、输电线路、通信线路均沿公路两旁铺设，该“咽喉要道”一旦遭遇滑坡或者滚石，各生命线系统的链路将同时受到破坏。例如，进入什邡市红白镇、荃华镇、八角镇以及绵竹市的金花镇等重灾山区的必经之路为洛水镇的象鼻子山口，在该狭窄的通道上，公路、铁路以及中国移动、中国电信的通信光缆杆路均通过此处。震后山上滚落的巨石砸毁了铁路，同时砸断了所有的通信杆路，部分巨石又滚落到公路上，影响了抢险交通（见照片1）。

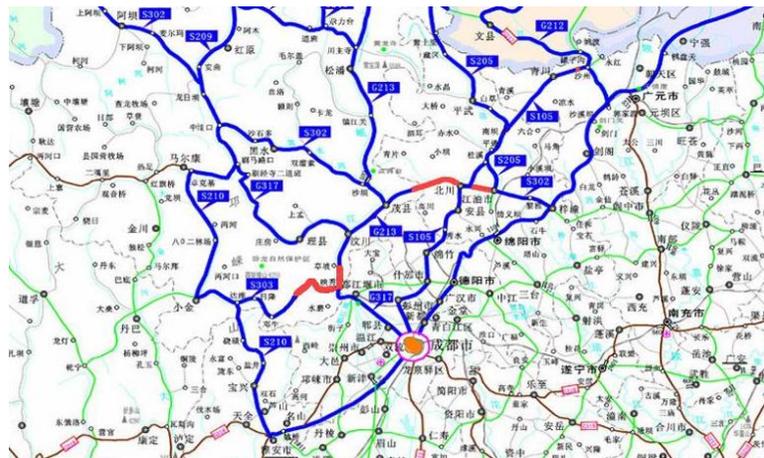


照片1 作为各生命线系统共同通道的什邡市象鼻子山口

Photo1 The common mountain pass of several lifeline systems in Xiangbizhai of Shifang County

## 1 公路系统震害

根据交通部统计的数据，汶川大地震共造成 24 条高速公路受到影响，161 条国家级、省级干线公路受损，8618 条乡村公路受损，6140 座桥梁受损，156 条隧道受损（见图1），其中道路受阻、桥梁损毁的现象最为严重。



注：蓝色为受损的公路；红色为截止5月30日仍在抢修的道路

图1 汶川地震公路受损分布图（引自交通运输部网站）

Fig. 1 Damage of road network after Wenchuan earthquake

地震灾区受破坏的国道有 3 条：G317、G213、G212。其中，国道 G213 都江堰-汶川-茂县段由于受大面积滑坡影响，震害最为严重。这一段总里程 134km，滑坡 334 处，平均每公里有 2.5 处滑坡，如表 1 所示。在震中附近的映秀镇至草坡乡的 29km 路段上，地震诱发的滑坡就达 199 处，平均每公里 6.87 处。

表 1 国道 G213 都江堰-汶川-茂县段山体滑坡情况

Table 1 Landslides along G213 road from Dujiangyan to Mouxian

路 段	里程 (km)	滑坡个数	滑坡密度 (个/km)
紫坪铺-寿江大桥	18	9	0.50
寿江大桥-映秀镇	19	10	0.53
映秀镇-草坡乡	29	199	6.87
草坡乡-汶川县	28	89	3.18
汶川县-茂县	41	27	0.67
合 计	135	334	2.47

地震灾区破坏较重的省道有 5 条：S105、S205、S210、S302 和 S303。其中，S105 线北川县城至桂溪桥无法通行，南坝-青川界断道，沙洲-青川的井田大桥垮塌；S205 线飞虹桥至茂县道路中断，黑水至南坝平武境内出现数百米的山体大滑坡，响岩至平武无法通行，绵阳南坝大桥垮塌；S302 线北川境内“两桥一洞”山体崩塌，形成堰塞湖。

同时，数量众多的县道、乡道也遭受严重破坏，有些乡镇道路目前尚未抢通。例如，绵竹沿山公路因滑坡中断；青川县县道凉前路关庄镇发生大滑坡，道路中断；崇州市鸡冠山、龙池旅游路大面积塌方，交通中断；彭州市彭银路小鱼洞大桥垮塌，交通中断；银白路路基损毁严重；德绵路茂县方向，汉旺绝缘桥-清平蔑棚子受阻于 K60+100 至 K97+400，受阻里程 37.3km。

大面积、大规模的山体滑坡使得抢修灾区公路的任务异常艰巨。由于都江堰-汶川的公路修复非常困难，地震后不得不从东、西、南、北 4 个方向抢修通往震中汶川的通道：东线是 S302 从北川至茂县；西线是 G317 理县至汶川；南线是 G213 都江堰至映秀；北线是 G213 松潘至茂县。5 月 15 日，即震后的第 3 天，贯通了从成都至震中汶川的西线公路（成都-雅安-小金-马尔康-理县-汶川）。5 月 26 日，平武南坝大桥抢通后，汶川东部环线（成都-江油-平武-九寨沟-松潘-茂县-汶川）全线贯通。

以彭州银白公路（现龙门山镇至银厂沟风景区的公路）为例，该公路属于彭州县级公路。银白公路与汶川地震的主发震断裂——龙门山中央断裂仅相距 1km 左右，两者几乎平行，因此震后破坏严重，沿银白公路山体滑坡随处可见。在银白公路全程 12km 范围内，规模较大的滑坡体就有 10 处左右，并形成大小不一的堰塞湖。银白公路的震害主要包括：①大型山体滑坡掩埋公路；②泥石流冲毁道路；③巨石砸坏公路路面，阻断交通；④断层错动引起公路隆起；⑤公路路基滑塌；⑥桥梁垮塌导致交通中断；等等。这些震害如照片 2—8 所示。



照片 2 银白公路的大型滑坡

Photo 2 Yingbai road is cut off by a huge landslide



照片 3 银白公路的泥石流

Photo 3 Yingbai road is cut off by mudflow



照片 4 巨石砸坏公路

Photo 4 Damage of road pounded by huge rock



照片 5 银厂沟景区外的道路路基破坏

Photo 5 Damage of roadbed out of the scenery of Yingchanggou



照片 6 断层错动引起道路破坏 (彭州交通局提供)

Photo 6 Road damage caused by the movement of reverse fault



照片 7 小鱼洞桥垮塌

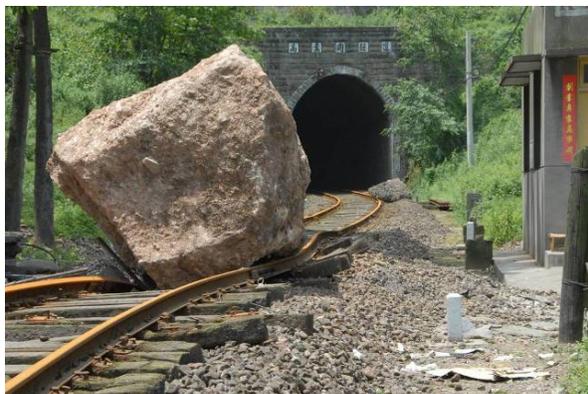
Photo 7 Collapse of Xiaoyudong Bridge



照片 8 通过小鱼洞桥的断层（走向 NW50°，垂直错距 0.8m，左旋水平错动 0.5m）  
Photo 8 Fault passing Xiaoyudong Bridge (strike: NW50°; displacement: 0.8m vertical, 0.5m horizontal)

## 2 铁路系统震害

汶川地震造成灾区铁路干线——宝成线 4 处、成昆线 4 处、成渝线 7 处塌方，沿线部分车站房屋设备遭到不同程度的损坏。地震还造成宝成线 34 个车站的通信系统供电中断，移动通信不畅。据铁道部初步统计，31 列客车、149 列货车因受地震影响而在中途滞留。



照片 9 巨石砸断铁路（谭存华摄）  
Photo 9 Damage of railway by a huge pounded rock



照片 10 滑坡破坏铁路（谭存华摄）  
Photo 10 Damage of railway caused by landslide

地震发生后，铁路系统迅速启动了地震应急预案。采取的措施包括：①对受地震影响严重的铁路区段，紧急扣停正在运行的列车；对行进在临近边坡、高崖、江河等危险地带的列车，在确保安全的情况下，将列车缓慢运行到开阔位置，防止滑坡、泥石流的威胁，并对保留车、停留车进行防溜处置。②对已经在途开往受灾地区的旅客列车作出运行中止、组织折返的安排，确保行车安全。

铁路干线抢修恢复情况如下：①达成线、阳安线、陇海线天宝段于 5 月 13 日恢复；②宝成线 109 号隧道由于油罐列车爆炸，破坏相对严重，至 5 月 24 日才抢通。对于铁路支线，特别是靠近主发震断层的铁路支线，大量、大规模的山体滑坡使得铁路支线恢复困难。以什邡铁路支线为例，山体滚落的巨石和滑坡中断火车运行达 2 个月（照片 9—10）。

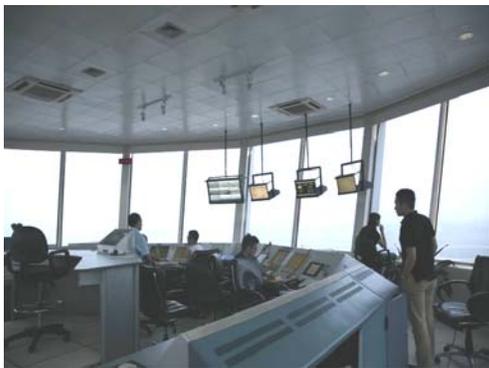


照片 11 成都双流机场的航管楼和新塔台  
Photo 11 Air Traffic Control Complex building and the control tower of Chengdu Airport

### 3 航空系统震害

鉴于震后应急救援的紧迫性，航空系统相对于其它交通系统承担着一些更重要的震后救援任务，包括国内外救援人员和救灾物资的运输、灾区伤病员的转运等等。在一些地震的极灾区，由于道路完全中断，直升飞机是通往灾区的唯一选择。然而，汶川大地震首次对我国的航空系统造成了影响，成都双流机场在震后曾被迫关闭了 17 个小时。

成都双流机场的新塔台为剪力墙筒体结构（高 57m），与航管楼为连体结构，如照片 11 所示。震后塔台结构基本完好，但是位于塔台顶部的指挥室晃动强烈，盲降、仪表着陆等航空指挥系统部分设备跌落地面损坏，其它设备也受到不同程度的破坏。加之震后余震频繁，空管人员无法在塔台继续指挥飞机起降（照片 12）。航管楼为 4 层带拐角的框架结构，在地震中结构的连接处破坏严重。另外，在原楼顶增加的第 5 层为钢架结构，由于与航管楼主体结构的刚度存在差异，其破坏相对更严重，包括窗户的破坏、天花板的变形和掉落等（照片 13）。



照片 12 震后恢复的成都双流机场塔台控制室内景  
Photo 12 Inside view of the control tower of Chengdu Airport after the emergency recovery



照片 13 震后成都双流机场航管楼附加层会议室的破坏（西南航管局提供）  
Photo 13 Damage of the conference room on the 5th floor of Air Traffic Control Complex building

成都双流机场包括 2 个候机楼。支线候机楼为苏联援建的 60 年代左右的老建筑；T1 候机楼为 90 年代建造的钢结构形式的新建筑（照片 14）。地震发生后，支线候机楼天棚脱落 960m<sup>2</sup>，天花和龙骨变形、脱落 1800m<sup>2</sup>，候机厅梁下口及柱与墙体结合部出现裂缝，被鉴定为危房；T1 候机楼主体结构基本完好，主要是附属结构和设施遭到损坏，例如，屋面多处渗水，强弱电线管脱落，室内消防管网多处受震爆裂，建筑物的伸缩缝下沉，玻璃门有开裂损坏等震害现象。



照片 14 成都双流机场的支线候机楼（左图）和 T1 候机楼（右图）  
Photo 14 Old terminal building (left) and T1 (right) of Chengdu Airport

即使不统计地震导致机场关闭和航班延误等造成的间接损失,机场的主要设施和设备的直接经济损失也不低于由机场建筑破坏引起的直接经济损失。①航显系统:3台航显设备、CATV系统、UPS系统、线路等受损;②候机楼服务设施:3条登机桥地板推进器、雨篷推进器、监视器等零部件损坏,电梯、步道、扶梯不同程度受损;③弱电系统:货运X光机图形工作站、手提行李X光机图形工作站、X光机射线源、MF200气体及压力表、音响、指挥调度台等设备不同程度破坏;④通讯系统:地震造成通讯设施设备坠落损坏或受震损坏,包括800兆天线、调度电话系统、分层管理系统、程控交换机中继板、呼叫中心、内调系统等;⑤空调系统:候机楼空调泵、空调压缩机、热力地沟潜水泵等受损,空调风口脱落损坏28个,空调水系统氧罐管道损坏需要修复;⑥消防系统:候机楼消防水池受震开裂漏水,机坪、飞行区消防管道在945m内有多处爆裂;⑦监控系统:位于支线候机楼的监控系统机房破坏严重,已经不能继续使用,候机楼监控镜头损坏大约100个。

地震发生后,航管部门立即采取了应急恢复措施:①震后成都双流机场迅速疏散了各个候机楼内的旅客。成都空管人员坚守岗位安全疏散了空中的飞机。②地震当天征用了航管楼旁的小餐馆,作为应急指挥中心;在机场起机线附近,由一辆交通车充当临时的塔台。飞行管制由原来的雷达管制改成程序管制。经连夜抢修,成都双流机场于12日晚21点37分,也就是震后约7个小时后即重新开放,恢复放行出港飞机;当晚22点55分接收第一架进港飞机。③自5月14日中午12时15分起,启用老塔台作为应急指挥点。④受地震影响,成都双流机场5月12—14日共取消航班430余班,影响旅客64000多人。为尽快疏散旅客,迅速安排加班和班机,成都双流机场24小时开放,各航空公司加大飞往灾区的机型,采取同区域同方向不分公司、不分票价统一组织疏散,以及免收退票、改签手续费等应急措施。⑤成都双流机场的货物运输从震前的每日700—800吨猛增至每日3000吨,从16日开始连续增加通往重庆、绵阳等成都周边机场的航班数量,以缓解成都双流机场的压力,优先保障救灾人员、物资运输和疏散旅客。⑥为了运送伤员改造客机。⑦经全力抢修和结构安全鉴定后,新塔台于5月29日恢复运行,这意味着成都地区空中交通管制状态和安全保障水平已完全恢复到震前水平。

## 4 结论

在汶川地震中,公路、铁路、航空三大交通系统均受到不同程度的破坏,地震引起的滑坡、崩塌、堰塞湖等次生地质灾害,对交通系统的影响尤其突出。其中,公路网络遭受破坏最为严重。县、省级以上灾区公路恢复耗时14天,而灾区乡镇公路的恢复时间将超过3个月。除了宝成线的109隧道,铁路干线相对于公路干线恢复较快。类似于四川高速公路网,铁路干线避开了汶川地震的极震区,是其震害相对较轻的原因之一。但是,部分支线铁路由于通过山体滑坡严重的极震区,恢复时间超过1个月。航空系统主要受强地震动的影响,主体建筑物虽然震害轻微,但是部分关键设备在地震发生后其功能受到影响,并导致机场关闭。包括电力、通信等其他生命线系统在内,通过采取相应的隔振和减震措施,提高生命线系统关键设备的抗震能力是此次汶川地震的主要震害经验教训。

致谢:本文是基于汶川地震现场应急工作队第38组——生命线震害调查组的现场工作完成的,调查的部分内容来自于国务院、交通运输部、铁道部、民航总局的网站以及四川省国土资源厅的滑坡调查结果。调查过程中得到了西南民航管理局、成都双流机场、彭州交通

局、什邡地震局等有关部门的大力支持,参与调查工作的同志还包括陆鸣、温增平、吴健、罗安元、周国梁、李方杰等,在此一并表示感谢。

## 参考文献

- 蔡之瑞, 1995. 1995年1月17日日本阪神地震——直下型冲击. 世界地震工程, **2** (1): 1—4.
- 刘恢先, 1986. 唐山大地震震害. 北京: 地震出版社.
- 周炳章, 1996. 日本阪神地震的震害及教训. 工程抗震, **3** (1): 39—42.
- 中国赴日地震考察团, 1995. 日本阪神大地震考察. 北京: 地震出版社.
- Sassan Eshghia and Masoud N. Aharia, 2005. Performance of Transportation Systems in the 2003 Bam, Iran, Earthquake. *Earthquake Spectra*, **21** (S1): S455—S468.

# Damage and Emergency Recovery of the Transportation Systems after Wenchuan Earthquake

Liu Aiwen, Xia Shan and Xu Chao

(Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China)

**Abstract** An earthquake with a magnitude of 8.0 hit Shichuan Province at 14:28 local time, 12 May 2008. It was the worst earthquake event occurred in China since the *M*7.8 Tangshan earthquake in 1976. Death toll is up to 80,000. It caused extensive damage to buildings and public facilities, including road, railway and the airport etc. 3 transportation systems. The damage of transportation system and facilities became one of the key problems to support emergency response and recovery efforts. Based on the site survey, the damage and the emergency recovery of transportation systems after Wenchuan earthquake were summarized.

**Key words:** Wenchuan earthquake; Transportation system; Earthquake damage; Emergency recovery