

文章编号：1005-8451 (2010) 07-0017-04

铁路地震灾害预警与应急系统现状及展望

卢瑞珊¹, 宋麒麟², 王富章¹, 王 彤¹, 李 平¹

(1. 中国铁道科学研究院 电子计算技术研究所, 北京 100081;

2. 中国铁通集团有限公司 郑州分公司, 郑州 450052)

摘要：在对国内外铁路地震灾害预警与应急系统现状调研的基础上，分析地震灾害预警与应急技术及其发展趋势，结合我国铁路建设实际情况，提出我国铁路地震灾害预警与应急系统的发展方向。

关键词：铁路建设；地震预警；监测系统；地震应急预案

中图分类号：TP391 文献标识码：A

Existing status and future prospects of Railway Earthquake Precaution and Emergency System

LU Rui-shan¹, SONG Qi-lin², WANG Fu-zhang¹, WANG Tong¹, LI Ping¹

(1. Institute of Computing Technology, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China;

2. China Tietong Telecommunication Corporation, Zhengzhou Branch, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: Based on the research on existing status of the domestic and international Railway Earthquake Precaution and Emergency System, analysis of earthquake precaution technology and its development trend, combining the actual situation of PRC railway construction, proposed the prospect of the Chinese Railway Earthquake Precaution and Emergency System.

Key words: railway construction; earthquake precaution; Supervising System; earthquake emergency plan

地震是发生概率较小，但对铁路行车安全危害性极大的一种自然灾害。特别是当列车运行速度超过 200 km/h 以后，即使是较小震级的地震，对路基、轨道和桥梁等的冲击都可能导致危害旅客生命安全的重大事故。日本、德国、法国等国家均针对地震灾害准备了详细的应急预案，研发了地震灾害预警系统，以防止或减轻地震灾害对铁路运输安全所造成危害。因此，随着我国铁路的快速发展，有必要了解国外铁路地震灾害应急预案和预警系统的各项先进技术，为我国铁路地震灾害预警与应急系统建设提供借鉴。

1 国外铁路地震灾害预警与应急系统发展现状

1.1 日本铁路地震快速警报系统及应急预案

1.1.1 日本新干线地震快速警报系统

日本是一个多地震国家，全世界6级以上地震约20%发生在日本，日本在20世纪60年代建造东海道新干线时，就考虑了铁路地震监测系统。1965年11月安装的世界上第1台机械报警地震

仪，实现了从地震监测到报警全自动处理。

1992年，东海道新干线建设了一套地震报警系统，系统在保护东海道新干线免受地震影响方面一直发挥着重要作用。该系统在东京—大阪沿线配置14套安装在远离轨道处的远程地震仪，25套评估地震预警信息并发布停电指令的路边地震仪，2套安装于中央控制室、供调度员监控远程地震仪和变电站设备的终端设备；系统中还配有3个中继站，用于在远程地震仪、变电站设备和监控终端之间传递信息。路边地震仪有电动和机械加速度地震仪两种类型，均安装在变电站设备旁边。

进入21世纪，东海铁路公司研发了一套新型东海道新干线地震快速报警系统(TERRA-S)，可有效地提供早期地震警报，并于2005年8月30日投入使用。该系统将地震仪安装在轨道两端及铁路线沿海地区，侦测地震横波和纵波。分台装置可以根据地震规模信息发出停电信号，从而使列车执行紧急刹车。其主要特性包括：

(1) 缩短估算时间。新系统所使用的远程地震仪采用铁路技术研究所(RTRI)与气象厅联合开发的新型地震元素估算法，从第1次探测到地震到对地震元素估算结束需时约2 s，而切断电流需要

花费的时间约为1 s。

(2) 提高准确性。地震报警的准确性不仅包括“当会影响铁路结构的地震发生时，适时发出警报”，也包括“对不会影响铁路结构的地震不发出地震警报”。由于引入了新型地震元素估算法，可减少近50%不必要的警报，提高了地震报警的准确性。

(3) 信息传输更快更可靠。新型的网络配置有冗余，即使是一条通讯线路或者一个中继站发生故障，远程地震仪也能继续传送信息，不会发生中断。

2006年，日本气象厅开始在全国范围内部署紧急地震预警系统，该系统利用分布在全国范围内的1 000多个地震监测网进行地震预警，铁路地震预警系统与国家地震预警系统相结合共同使用。2007年东日本公司在首都圈对普通线路进行了地震预警系统建设。2009年将地震预警范围扩展到首都以外的地区，预警信息来自铁路和气象厅两方面的监测点。

截止2007年，新干线已安装地震仪201台，其中，沿线地震仪167台，海岸地震仪34台，沿线地震仪的设置间隔小于20 km，海岸地震仪的设置间隔约100 km。

1.1.2 日本铁路地震应急预案

在针对地震灾害制定的相关法案和应急预案方面，日本有21个针对灾害特定的法案和完整的地震方面的应急预案。预案的目标是保证铁路系统内乘客和员工的高度安全，并且在紧急事件无法避免时最大可能地减小影响。图1为日本铁路地震应急预案的核心内容。

- 核心内容
 - 应急培训、实践和演习的指导原则
 - 应急管理方案制定、批准、实施和修订的标准程序
 - 确定紧急事件的级别标准，针对某一特定事件作出反应的具体范围和规模
 - 在日本铁路和救援部门之间建立协作模式
 - 确定在紧急事件发生时可以提供专业技术协助的外部机构，并且在铁路和这些机构之间建立沟通机制
 - 应急设备、供给和技术
 - 应急反应的通用流程
 - 可能需要启动多个应急反应措施的事件

图1 日本铁路地震应急预案核心内容

1.2 法国铁路地中海线地震监测系统及应急预案

1.2.1 法国铁路地中海线地震监测系统

基于法国国营铁路公司通讯网络的地中海线

地震监测系统沿地中海线设置了24个地震监测站，沿线数字化地震观测站埋入地下，无人值守，平均每10 km设置1个监测站；各监测站与马赛控制中心相连，形成地中海线的地震监测网络。监测站间拥有2套通讯网络，保证地震信息可靠传输，系统同时还连接到国家地震验证中心。马赛控制中心具有双机冗余的判别处理和报警设备，在接收到地震监测点报警信息并经与国家地震局验证中心确认后，根据设置的报警阈值向列控系统发出相应的列车运行控制指令。图2为法国地中海地震监测系统构成示意图。

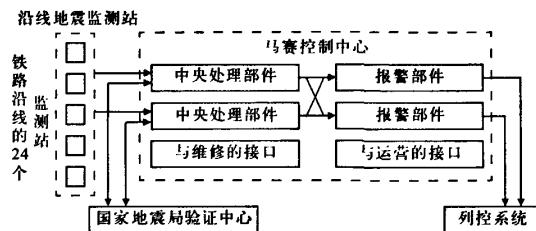


图2 法国地中海地震监测系统构成示意图

1.2.2 法国铁路地震应急预案

核心内容

- SNCF、铁路公司、各州和公共应急部门之间的联系
- 应急管理人员的作用和职责
- SNCF和媒体的沟通机制
- 各州和基础设施管理机构之间的沟通渠道
- 应急管理启动程序
- 协作团队的构成和内部组织结构
- SNCF和RFF在紧急事件处理和应急管理方面可供利用的人力、物力和技术资源
- 可供SNCF利用的第三方资源
- 其它
- 铁路系统确认热点地区
- 铁路运营特点
- 运输路径、周边交通状况以及事件地点的确认

图3 法国铁路地震应急预案核心内容

在针对地震灾害制定相关的法案和应急预案方面，法国于2008年8月颁布的2006-1279号法令主要关注铁路运输安全，其中规定应急管理总体预案必须由法国国营铁路公司(SNCF)以省为单位进行制订(法国共计有95个行政省份)。各个省份必须在SNCF地区代表的领导下，在与各个州以及国家基础设施管理署(RFF)共同协作下制定相应的干预与安全方案(PIS)。这样安排可以考虑到当地的情况和基础设施的特征，做出更准确的风险分析。PIS的目标是根据地方情况和特

色, 划定所有相关各方的义务和职责, 建立各方之间的协调机制以及向州级单位汇报的机制。图3为法国铁路地震应急预案的核心内容。

1.3 德国铁路地震监测设备及应急预案

1.3.1 德国铁路地震监测设备

日前, 德国科学家成功研制出适用于绝大多数国家和地区的新一代智能铁轨网络系统, 它相当于世界上最大的地震传感器。智能铁轨可以不断提高震灾情况分析的精确度和完整度, 相当于拥有一个自我调试能力和学习能力的神经网络系统。它可以应用于各个国家和地区: 从风险较低的莱茵河上游到地震频繁的印尼。

为了解决预警系统的信号干扰问题, 研发人员还开发出了一种“嵌入式铁路系统”(ERS, Embedded Rail System), 该系统已在德国、西班牙和荷兰的部分社区投入实际应用。铁路附近的街道交通、农场拖拉机或是火车本身传来的震动都会对传感系统造成一定的干扰, 而ERS可以清楚地分辨出频率为30 Hz的地震波和几百Hz的火车震动。

1.3.2 德国铁路地震应急预案

在针对地震灾害制定相关的法案和应急预案方面, 德国在《铁路通用法》的第4条中对应急管理方案的制定做出了相应规定。在紧急事件的处理上, 铁路公司应给予全力支持。此外, 铁路公司还有义务在铁路范围内以及基础设施区域内预防风险, 并针对发生的事件进行调查。德国国家铁路(DB)针对应急管理制定了一系列的指导原则和管理方案, 其中划定了相关各方的职责。图4为德国铁路地震应急管理方案的核心内容。

核心内容
•参阅长期运行和职责
•DB AG与州政府、市、县的协议
•DB AG将启用紧急中心, 及时对相关事件展开分析
•DB AG在1~2分钟内为客户提供随时提供地震救援服务
•在紧急中心、应急中心和灾害指挥中心, DB AG在紧急事件发生时进行沟通
•所有的信息(紧急和水平)
•其它
•应急管理体系
•在火灾或灾害时本DB确定在紧急情况下的初步措施
•成立行动机构
•现场主要任务
•与管理层、外部媒体之间的内部程序
•灾害的命令及其他可能的交办方式
•部分分类

图4 德国铁路地震应急预案核心内容

1.4 韩国铁路地震监测设备及应急预案

1.4.1 韩国铁路地震监测设备

韩国首尔至大邱段铁路同样设置有地震实时监控设备, 全线共安装地震监视感应器21处47个。地震监视器监测的资料返回到铁路调度室的地震监视系统, 调度人员根据所返回的资料对列车发出调度命令。

1.4.2 韩国铁路地震应急预案

在针对地震灾害制定相关的法案和应急预案方面, 根据韩国2004年颁布的《铁路安全法案》, 韩国国土海洋部必须每5年制定一部铁路安全方案。韩国国土海洋部与铁路运营商、铁路基础设施管理机构、韩国铁科院、韩国运输安全管理局和民航铁路事故调查委员会共同合作制定。安全方案包括紧急事件发生时采取的安全措施。图5为韩国铁路地震应急预案的核心内容。

核心内容

- 按照类型、地点和对象对紧急事件进行分类
- 各类紧急事件的情况和级别评定
- 各类紧急事件救援和内部沟通机制的执行程序
- 应急部门的职责划分、支援和协调机制
- 应急地图, 包括线路地图、周边交通地图、资源位置、支援机构位置、疏散路线等等
- 培训计划和教材、向政府汇报培训结果的文件
- 与应急机构间的信息交流

图5 韩国铁路地震应急预案核心内容

综上所述, 在日本、法国、德国、韩国这些铁路较为发达的国家, 都针对铁路运输安全建立了地震灾害应急预案和预警系统, 以尽可能减轻地震灾害对铁路安全所造成危害。

2 国内铁路地震灾害预警系统发展现状

我国地震活动频度高、强度大、震源浅、分布广, 是一个震灾严重的国家。为确保列车运营安全, 对铁路线应采取地震灾害预警及应急预案处置措施。

我国铁路尚未建立地震灾害情况下的安全预警体系, 目前仅国家地震局在全国部分地区配置地震监测网, 铁路部门从地震局获得有关地震风险信息和可能形成紧急事件的预警信息。一旦这些地震风险信息得到确认, 铁路部门将与国务院相关机构和地方当局合作, 依据相应的灾害等级做出响应。

2009年, 中国铁道科学研究院完成铁道部白皮书课题“铁路地震监测及紧急处置系统”的研

究，在行车安全监控和应急平台实验室搭建具备地震S波实时监测报警功能的铁路地震监测及紧急处置原型系统，并提出铁路地震监测及紧急处置系统关键技术的解决方案及系统实施建议，为铁路地震防灾安全监控系统的相关标准和规范编制及工程设计和施工提供参考依据。

在针对地震灾害制定相关的法案和应急预案方面，《国家突发公共事件总体应急预案》是全国应急预案体系的指导纲领，是预防各类突发公共事件的指导文件。国务院又发布了5个自然灾害类突发公共事件专项应急预案。各铁路局都针对行车事故、自然灾害、公共卫生、社会安全这4类突发事件制定了相应的应急预案，主要包括铁路交通事故应急预案、自然灾害应急预案、群体性事件应急预案、突发公共卫生事件应急预案、危化品运输应急预案、突发大客流及旅客列车大面积晚点应急处置预案以及火灾爆炸事故应急处置预案等。

3 我国铁路地震灾害预警系统发展展望

我国铁路已经具备了获得地震预报信息的程度，针对防范铁路行车安全风险的要求，当前需要根据国家地震预测做出的地区性风险分析，建设适当的地震预警系统，以求将这类风险造成的损害降到最低。

地震监测系统的发展方向分别是：(1) P波预警。通过强震仪监测出P波及其强度信息，经感震柜计算、判别出地震发生的震中、方向和震级等，分析出震中距和地震强度，利用P波与S波的走时差，在地震波中对铁路危害较大的S波到达铁路沿线之前提前发出列车停止运行的控制信息。(2) 联网综合报警和预警。进一步加密沿线地震监测点，实现P波预警+S波报警的监测体系，通过多个监测点间监测数据交互，经多次计算完成地震报警和预警，可以提高报警的准确性。

铁路运营管理部应考虑与国家地震局监测台网合作，共同组成地震监测系统，探测发生在铁路网附近、对行车造成危害的地震信息，并将评估后的信息发送到相应调度指挥中心和牵引变电所。对于影响到行车安全的报警信息，则启动自动停电或ATC中的紧急制动信号，迫使列车停止运行。

为了作好铁路信息网络与地震预测网的信息

沟通，建议制定相应的信息交流协议，以便在发生可能的地震灾害时，能够收到有价值的预警信息：如每天进行数据交流（即，铁路局根据商定的时间表接收地震报告，每天至少2次），发生地震灾害时，地震网应根据铁路的具体要求提交信息与报告，开放供内部参考的地震信息通报网页，以便运输管理部门查询当前与地震相关的信息。

在地震应急预案方面，各铁路局应在现有的地震灾害专项预案的基础上，针对铁路各段所处地理位置的风险进行具体分析，并据此完善现有的应急处置预案。应充分利用地方与社会在医疗、交通、防火防灾、食品供应、卫生监管和紧急救援等方面的资源，与地方开展合作，达成协议、制定联合应急预案和处置计划。

4 结束语

面对多震灾和大震灾的国情，我国对铁路应急管理日益重视，我国铁路应对自然灾害时应急管理水平日渐提高。由于地震灾害预警与应急预案在地震事件处置工作中的作用，铁路地震应急预案体系建设将得到进一步深化、拓展和完善。铁路地震灾害预警与应急系统必将在我国大震巨灾处置中发挥更加科学、有效的指导作用。

参考文献：

- [1] 孙汉武, 王 涣, 戴贤春, 等. 高速铁路地震紧急自动处置系统的研究[J]. 中国铁道科学, 2007, 28 (5): 121-127.
- [2] Tadayoshi Arashika, Shigeru Nakajima. Enhancement of Functions of Tokaido Shinkansen Earthquake Disaster Prevention System[J]. Japan Railway & Transport Review, 2006 (43/44): 64-68.
- [3] Susumu Hashizume. Natural Disaster Countermeasures Conducted by East Japan Railway Company[C]. 2009.
- [4] 李 伟. 防灾安全监控系统考察报告[Z]. 武汉: 铁道第四勘察设计院考察报告, 2004.
- [5] 德国: 智能铁轨可预防地震[J]. 中国防伪报道, 2009 (8): 53-54.
- [6] 中国地震局. GB18306-2001 中国地震动参数区划图[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [7] 王 彤. 高速铁路防灾安全监控系统研究与开发[J]. 中国铁路, 2009 (8): 25-28.