

# 高铁气象灾害防御体系现状分析与对策研究

崔新强 付佳 代娟 刘静 周小兰

(湖北省气象服务中心, 武汉 430074)

**摘要:** 从分析我国及日本、法国、德国等发达国家高铁气象灾害防御体系现状入手, 对四国高铁气象灾害防御体系特征进行了概括分析, 提出了进一步加强我国高铁气象安全防灾能力建设的几点建议, 为高铁安全运营管理和气象防灾减灾服务提供决策参考。

**关键词:** 高铁, 气象灾害防御, 现状分析, 对策研究

**DOI:** 10.3969/j.issn.2095-1973.2017.02.007

## An Analysis and Countermeasure of Current Situation in the High-Speed Railway Disaster Prevention System

Cui Xinqiang, Fu Jia, Dai Juan, Liu Jing, Zhou Xiaolan

(Hubei Meteorological Service Center, Wuhan 430205)

**Abstract:** Based upon comparisons of current situation in the high-speed railway disaster prevention system in our country with that in developed countries such as Japan, France, Germany, this article summarized four characteristics of the high-speed railway disaster prevention system and gives several suggestions to further construction of the high-speed railway security and disaster prevention ability, also provides a decision-making reference on the high-speed rail safety operation management, disaster prevention and mitigation services.

**Keywords:** high-speed railway, disaster prevention, analysis of the situation, countermeasure research

### 0 引言

自2008年我国第一条高铁——京津城际铁路开通以来, 我国高铁建设十分迅猛。截至2016年6月, 我国高铁运营里程已达到2万 km, 稳居全球第一, 实现了2008年规划提出的“四纵四横”目标。根据2016年7月最新发布的《中长期铁路网规划》, 我国高铁网将升格到“八纵八横”, 到2020年, 高铁运营里程将达到3万 km, 覆盖全国80%以上的大城市。

高铁运营与气象、地震、地质条件极为密切。高铁因其速度很快, 一旦出现突发情况可供处置的时间很短, 可供选择的方式也有限, 造成的损失往往比较惨重。1998年6月3日, 由慕尼黑开往汉堡的德国高铁事故曾造成101人死亡、105人重伤的惨剧。2011年7月京沪高铁开通, 曾因暴雨雷电天气在4天中就发生了3次故障。同年7月23日, 因雷击导致设备故障后应

急处置不力造成的“7·23”杭深线动车追尾事故, 造成40人死亡、200多人受伤<sup>[1]</sup>。

尽管高铁运营安全事故时有发生, 但在最早开通高铁的日本和法国, 却一直保持着高铁运营“零死亡”的记录, 被公认为全世界高铁最发达和最安全的国家。这些国家的共同特点是高度重视高铁灾害防御系统的建设。日本新干线自1964年10月1日开通以来, 52年来从未发生过一起导致人员死亡的事故, 创造了世界高铁运营的奇迹<sup>[2]</sup>。法国最早的高铁1983年开通, 同样创造了33年安全行驶“零死亡”的记录。

分析比较发达国家与我国高铁气象安全防灾业务现状<sup>[3-6]</sup>, 对于构建我国高铁安全运营灾害防御体系, 提升我国高铁安全运营管理和气象防灾减灾服务水平无疑具有积极的借鉴作用。

### 1 国外高铁气象灾害防御体系现状

日本、法国、德国等发达国家, 从高铁修建之前就一直致力于高铁的安全防灾系统研发, 由于其经济和技术优势, 高铁安全保障主要依靠完善和密集的实时自动监测系统及智能化信息管理系统<sup>[7-10]</sup>, 为世界

收稿日期: 2016年10月28日; 修回日期: 2016年11月24日

第一作者: 崔新强(1963—), Email: zytcxq@126.com

资助信息: 公益性行业(气象)科研专项经费项目  
(GYHY201306058)

高速铁路安全运营树立了典范。

### 1.1 日本高铁气象灾害防御体系现状

日本对新干线的安全防范极为重视,新干线运行以来,创造了铁路运输史上一个又一个奇迹<sup>[1]</sup>。经过几十年的不断研发,已经从最初简单的气象观测、报警、防护逐步构建了一整套安全防灾智能化信息管理系统,加强对强风、暴雨等主要气象灾害的监测,以确保新干线的安全。其安全防灾体系具有以下2个方面的鲜明特征,这也许是新干线创造一个又一个神化的“秘密武器”。

1) 自然环境预测和警报系统。新干线在高铁沿线多处布设了地震侦测器、风速计、雨量计、水位报警器、降雪监视器、铁轨温度报警装置、塌方落石报警装置等。构建了多个智能信息管理系统,如气象安全监测系统(MICOS)、风廓线系统(WINDAS)、智能地震预警系统(UREDAS)。

MICOS系统依据不同路段气象灾害风险情况设置有不同的风、雨、雪等气象灾害临界值,一旦系统监测到的气象要素值达到灾害临界值,系统会自动采取行车方案(减速或停车),同时将报警信息显示在驾驶台上。如新干线规定:  $25 \text{ m/s} \leq \text{平均风速} < 30 \text{ m/s}$ , 列车限速  $160 \text{ km/h}$ ;  $30 \text{ m/s} \leq \text{平均风速} < 35 \text{ m/s}$ , 列车限速  $70 \text{ km/h}$ ; 平均风速  $\geq 35 \text{ m/s}$ , 列车停止运行。1 h降水量超过  $25 \text{ mm}$ , 列车开始警戒; 1 h降水量为  $40 \sim 45 \text{ mm}$ , 列车限速  $170 \text{ km/h}$ ; 1 h降水量一般区间超过  $50 \text{ mm}$ , 高架、无砟桥超过  $70 \text{ mm}$ , 列车停止运行。钢轨积雪在  $17 \sim 19 \text{ cm}$ 时, 列车限速  $210 \text{ km/h}$ ; 钢轨积雪在  $19 \sim 22 \text{ cm}$ 时, 列车限速  $160 \text{ km/h}$ ; 钢轨积雪在  $22 \sim 30 \text{ cm}$ 时, 列车限速  $110 \text{ km/h}$ ; 钢轨积雪  $30 \text{ cm}$ 以上时, 列车停止运行。

WINDAS系统由于观测频次多、获取资料连续性强、自动化程度高、运行成本低等特点,也越来越广泛地得到应用,在新干线风灾防御中发挥了重要作用。

UREDAS系统通过探测网络可以在检测到第一轮地震P波后即停止向新干线送电,紧急刹车装置会自动启动,这一系统可保障列车自动停车。2011年“3·11”大地震期间,行驶在东北新干线区域的列车全部实现了自动安全停驶,避免了因地震造成列车出轨而引发的严重人员伤亡事故发生。不仅是地震,只要路基出现异常,比如凹凸不平,新干线也会自动停车。

2) 行车管理自动控制系统。主要依靠列车自动控制系统。例如,驾驶室信号和列车自动控制系统(ATC)、列车自动停车系统(ATS)以及列车集中控制系统(CTC)。现在新干线已经采用新的管理系统

(PTC),实现了完全电脑系统自动化管理方式,操作要点、信号控制,车站自动广播及车辆的管理、运输障碍时的时间表修正等,全部实现了自动化管理。

### 1.2 法国高铁气象灾害防御体系现状

法国对高铁安全防灾工作也非常重视。法国第一条高铁从立项到开通了整整12年时间,可见其对安全工作的重视程度。法国高铁气象安全防灾体系主要有以下3个方面特征。

1) 重视智能化管理与控制系统研发。法国的列车自动控制系统(TVM430)能够实现列车与地面信息的交换,能代替列车驾驶人员的全部功能,当地面出现危险情况时,无须驾驶人员参与就能确保列车安全停车。除此而外,系统还具有设备状态和自然环境检测、报警子系统。自动检测系统可实现列车自动检测、接触网电压检测、热轴检测、大风监测、降雨量监测、降雪量监测、立交桥下落物监测等7个子系统装置,强化了列车安全保障功能。

在气象灾害防御方面,法国高铁主要依照上述实时和可靠的大风、降雨量、降雪量等气象监测信息,通过上述智能化控制系统来自动控制列车限速或停车,无须列车调度和驾驶人员手动控制。另外,为获取地中海沿线可靠的风监测数据,法国在地中海沿线设置有两套并行运行的风监测系统,每套系统均具有独立的测量和处理系统,以此来保障气象监测系统的可靠性。

2) 制定铁路标准并严格执行。法国政府有专门针对铁路领域的标准化机构——铁路标准协会(BNF),专门制定、实施、修订铁路相关标准。法国铁路标准体系,在系统性、逻辑性、实用性、严谨性等方面,一直被称为典范。这些标准为法国高铁安全运行奠定了坚实的基础。

3) 重视试运行和人员培训。法国高铁建成后,一般都会有9个月至1年的试运行期。试运行期间,列车不搭载乘客,进行空载和模拟负载运营,同时对驾驶人员和相关技术人员进行操作培训,以确保相关人员熟练掌握列车操作、线路状况以及设备故障处理方案等。

### 1.3 德国高铁气象灾害防御体系现状

德国高铁属客、货混运型,且隧道约占线路长度的1/3,因此,隧道内的行车安全成为德国高速铁路安全保障的重点。德国对高铁安全防灾体系建设极为重视,从建设高铁之前,便一直致力于高铁安全保障系统研发。其气象安全防灾体系具有以下特征。

1) 采用自动防灾报警装置。德国在高铁新线上

采用了新型防灾报警系统(MAS90)。该系统可监督线路装备的运行状况外,还可监测和及时报告风、雨、雪等气象、地质等环境对行车安全的影响,以及移动设备发生破损的情况。为配套这一系统的探测报警仪器主要有:LSMA隧道气流报警器(在长度大于1.5 km的隧道内安装)、WMA风测量仪(在所有桥梁上安装)、BMA火灾报警仪、EMA隧道口塌方报警信号装置等。

2) 重视自动控制系统研发。德国研制的LZB80型连续式机车自动停车装置,利用铺设在轨道之间的电缆实现车地之间的双向信息传输,可以将列车的精确位置、运行速度、工作状态等信息及时送到地面控制中心。这一装置通过所获得的实时气象、地质等信息直接对列车运行速度进行综合控制。

德国对高铁隧道和桥梁行车尤为重视,制定了非常严格有效的防范措施。在隧道建设时必须考虑行车安全,如在隧道内安装气流报警装置、隧道内壁喷锚支护、铺设整体道床、设置灭火辅助设备,在所有的桥梁上安装风速测量装置等,以最大程度地减少气象及地质灾害对安全行车造成的风险。

3) 重视安全法规体系建设。德国铁路安全的支柱,是德国《通用铁路法》。该法律要求铁路公司必须设立有资格、高水平的独立安全主管。安全主管具有特别的法定权利,专门负责安全管理,维护安全利益。

## 2 我国高铁气象灾害防御体系现状

我国高铁从2008年开通运营到现在不过8年时间,在高铁气象安全防灾体系建设方面,与日本、法国、德国等发达国家尚有一定差距。现有的气象安全防灾体系主要有如下特征。

1) 建设了监测系统,但不全面。我国高铁监测系统主要由综合视频监控、CCTV监控系统、机房监控系统和防灾安全监控系统等4大系统构成。实现了供电、通信等关键部位,以及车站、广场、机房、道路异物等全方位、多视角监控。运用视频分析技术,对采集的视频资料进行分析,为安全运营提供科学调度依据。

2) 世界先进的控制技术得到广泛应用。我国高铁自动控制系统主要由列车自动控制系统(ATO)、自动防护系统(ATP)、技术调度集中系统(CTCS2)等构成。其中CTCS2属我国自主研发,负责列车运行监视、车次追踪等功能,相当于铁路的指挥中枢。

3) 紧急停车多需人工操作。在日本、法国、德国等先进国家得到广泛应用的突发状况自动停车技术

还没有在我国高铁中得到广泛应用,我国高铁对于紧急情况的处理还需要人工进行干预,这也许是我国高铁与发达国家的差距,也是未来减少高铁事故发生需要努力的方向。

在气象灾害防御方面,我国与日本、法国、德国相比差距较大。一是监测要素仅限于风、雨、雪,其他对高铁安全运营有影响的灾害天气如雷电、大雾、结冰等并未纳入监测范围。二是气象监测数据的可靠性难以保障。目前,高铁沿线的气象监测设施几乎全部都是铁路部门自建的,设备标定也未纳入气象部门管理,气象监测数据的可靠性存疑较大。三是气象监测数据汇总基本上还是靠人工来完成的,而且监测数据不能在第一时间直接到达驾驶台上,而是先汇总到调度中心,由调度中心根据气象监测数据来调整列车运行速度或停止列车运行。四是对气象监测数据的应用还不充分,重视程度也远远不够,气象监测数据的智能化应用及与安全行车控制系统的融合方面亟待改进。

## 3 进一步提升我国高铁气象安全防灾能力的对策建议

### 3.1 加快推进高铁气象监测体系建设

高铁的气象安全,已经成为减少灾害影响的重要研究领域<sup>[12-14]</sup>。研究表明<sup>[15]</sup>,影响我国高铁安全运行的气象灾害主要有雷电、大风、降雨、降雪、低能见度(雾、霾、沙尘暴、降雨、降雪、吹雪、扬沙等)、低气温、冻雨、冰雹等。未来还需要根据这些气象灾害的分布情况不断完善高铁气象监测系统,并实现智能化管理和控制。

高铁运行是否安全,除了需要性能可靠的设备提供支持外,还需要实时掌握沿线气象、地质、地震等监测信息,并根据这些信息对调度方案及时地进行自动化修正。我国高铁一般都建有风、雨(雪)量等气象灾害监测系统。一方面需要增加气象监测密度,建议按照3~5 km布设一个气象监测点。另一方面需要重点监测对高铁影响较大的风、雨、雪等气象要素;同时在一些重点地段增加雷电、雾和霾、结冰等对高铁运行影响较大的气象监测设备。第三就是加强气象等监测信息的智能化应用,加强气象与地质、地震等部门实现信息共享,将高铁沿线的气象、地质、地震监测站点实时信息与高铁的指挥控制系统紧密地结合起来,以发挥资源整体效益,有效降低自然灾害对列车安全运行造成的影响。

### 3.2 建立和完善高铁气象灾害预警体系

有了气象、地质、地震等监测资料,还需与这些

专业部门进行广泛合作,通过联合研究,制定适合高铁运行的气象、地质、地震等灾害预警指标,对上述自然灾害的发生、发展和演变做出提前预警,这也是较少气象等自然灾害的重要手段,特别要强化0~0.5 h的高铁气象灾害短时临近预警业务,为列车安全运行提供科学依据,最大限度减少气象等自然灾害对高铁运行造成的事故影响。当然,这些监测的信息搜集和信息处理都具有一定的专业性,为避免信息交换时的混乱现象,需要建立一个自然灾害预警综合信息平台,并与列车智能控制系统相融合,以实现气象地质等预警信息的自动化管理和控制。

### 3.3 努力提升高铁智能化控制系统水平

国外高铁发展的经验证明,高铁安全运行必须高度重视智能化管控系统,对列车运行过程中的设备、轨道状况以及气象、地质、地震、异物跌入等自然环境进行实时动态监测,并根据这些监测数据动态修正驾驶速度,使列车在危机事件发生前的第一时间自动减速或停车。虽然我国高铁硬件设备的制造技术已经世界领先,但与日本、法国、德国等高铁发达国家相比,我国在诸如智能化控制系统等软件方面还有比较大的差距。未来,需要按照“自动为主,人工为辅”的原则,加大高铁智能化控制系统的研发,尤其要加强自动报警、危机状态识别和突发状况自动停车等系统的研发,努力使我国高铁在生产、运营、管理等方面全面领先世界。

### 3.4 健全高铁安全法律法规体系

加强高铁安全运营立法是努力将我国铁路危机管理机制建立在依法行政基础之上的关键所在。以法律手段来处理高铁事故与紧急事件,是国外先进国家普遍采取的做法。我国的高铁需要制定一部从法律层面明确政府、铁路相关企业、公民个人职责、权利及义务的法律,整合高铁运营管理的不同部门各自独立的法律法规,尽快完善《铁路法》或出台《铁路安全法》等专用法律,通过立法手段确立高铁各职能部门之间组织协调应对危机的依法治路原则和行动规范。

### 3.5 完善高铁安全运营标准体系

“京津、武广、郑西、京沪等高铁的成功建设运行,我国已建立和形成了具有自主知识产权的高速牵引供电技术体系和标准体系。”但是,在如何利用气象、地质、地震等自然环境监测和预警预报信息,做到“该慢则慢,改停则停”等科学调度方面,目前还没有相应的标准,需要加强与气象、地质、地震等部门的密切合作,通过联合进行科技攻关,加强科学研究,制定与高铁安全运营相适应的气象、地质、地震

等标准,为高铁安全运营提供更加全面的标准支撑。

### 3.6 加强安全管理和人员培训工作

建立高铁安全管理和人员培训机构。高铁的安全运营,离不开高素质、高水平的专业技术人才。目前,我国从事危机管理方面工作的人才还比较匮乏,应该把安全管理和人员培训工作作为重要目标,不断提升安全管理和运行人员队伍的整体水平,从源头上强化安全管理,最大限度减少人为不规范操作等造成事故的概率,实现高铁“安全、快捷、舒适”的运营目标。

## 4 结语

纵观日本、法国、德国等高铁铁路发达国家安全防灾体系特征,其共同特征是建立高度密集的包括气象、地质、地震、异物跌入等环境监测及预报预警系统,并将这些实时监测预警信息应用到智能化系统管理中,一旦系统收到危机预警指令,列车可以在第一时间自动减速或停车,这样就最大程度上避免了自然环境对列车行驶构成的威胁,确保了列车运行的安全。因此,要进一步提高我国高铁气象安全防灾体系能力,特别需要加强以下3个方面的工作,一是需进一步加大气象、地质、地震等环境监测站点的密度,增加相关的监测要素,二是需尽快构建高铁气象安全防灾预报预警体系<sup>[6]</sup>,三是要不断提升智能化控制系统水平。

### 参考文献

- [1] 万孟琳.从甬温先动车事故谈中国高铁的发展与稳定.理论探索,2013,511(1):212-213.
- [2] 高津利次.日本高铁的历史与未来.甘霖,译.国际城市规划,2011,26(6):6-15.
- [3] 刘秀英,李芬,范永玲,等.强降水对铁路安全的影响.科技情报开发与经济,2007,17(17):271-272.
- [4] 马淑红,马槿娟.我国高铁强风灾害风险评估与区划方法研究.轨道交通,2013(8):94-96.
- [5] 杜欣.我国高速铁路运营概况与未来需求展望.中国铁路,2011(1):31-33.
- [6] 陈铭儒.简述我国高速铁路的发展概况.当代经济,2010(16):82-83.
- [7] 赵华.发达国家高铁安全管理之鉴.中国减灾,2011(8):25-27.
- [8] 吕忠扬,李文兴.国外高铁发展对我国高铁可持续发展的启示.物流技术,2013,32(3):18-20.
- [9] 木易.国外高铁的安全经验.兵团建设,2011(8):35.
- [10] 王彤.高速铁路防灾安全监控系统研究与开发.中国铁路,2009(8):25-28.
- [11] 孙启鹏,冯雪松,边凯,等.日本高速铁路运营组织管理的借鉴与思考.交通运输系统工程与信息,2011,11(5):11-14.
- [12] 刘远鹏.发达国家高速铁路安全对策与我国建设高速铁路之探讨.牡丹江大学学报,2007,16(6):95-97.
- [13] 刘斌,孙钰.试论我国高速铁路的安全问题及解决对策.知识经济,2013(11):72-73.
- [14] 朱艳.中国高铁存在的问题及对策.物流科技,2012(5):75-78.
- [15] 崔新强,周小兰,付佳,等.高速铁路安全运行高影响天气条件等级标准研究.灾害学,2016,31(3):26-30.
- [16] 王丽卉,易亮,等.铁路气象灾害监测预警业务服务系统的建立与完善.中国应急救援,2010,(4):29-30.