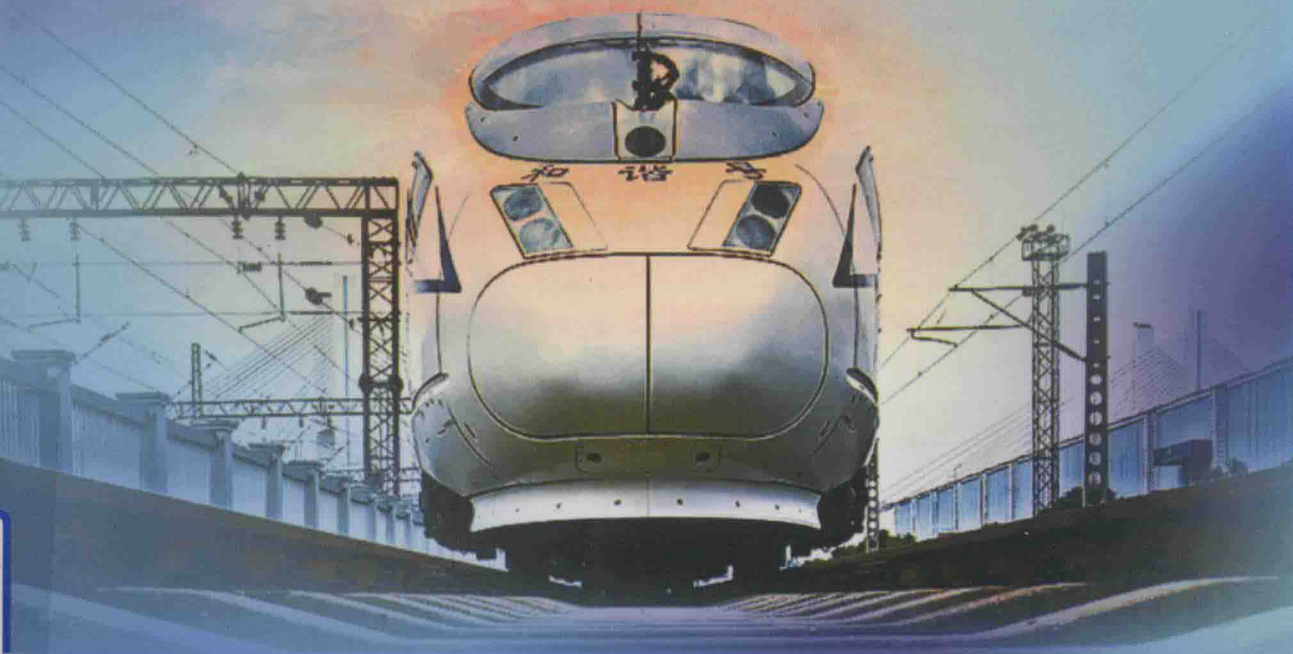


高速铁路运营 安全保障体系及应用

曲思源 编著
魏玉光 主审



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高速铁路运营安全保障体系及应用

曲思源 编著

魏玉光 主审

中国铁道出版社

2018年·北京

内 容 简 介

本书根据“问题导向”的原则,从理论方法、技术手段、案例分析、持续改进的角度出发,通过大量的工程实例总结解决高速铁路运营安全问题的具体思路、应用技术和方法,构成高速铁路运营安全保障体系,体现了我国高速铁路运营安全保障体系建设方面最新的安全管理动态和发展趋势。

本书可供铁路运输管理人员、技术人员、作业人员以及高等院校交通运输和安全工程专业的有关人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

高速铁路运营安全保障体系及应用/曲思源编著. —北京:
中国铁道出版社,2018.8
ISBN 978-7-113-24734-8

I. ①高… II. ①曲… III. ①高速铁路-铁路运输管理-安全管理 IV. ①U238

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 156875 号

书 名:高速铁路运营安全保障体系及应用
作 者:曲思源 编著

责任编辑:刘 钢 编辑部电话:010-51873055
封面设计:崔 欣
责任校对:焦桂荣
责任印制:高春晓

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)
网 址:<http://www.tdpress.com>
印 刷:中国铁道出版社印刷厂
版 次:2018年8月第1版 2018年8月第1次印刷
开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:21.75 字数:524 千
书 号:ISBN 978-7-113-24734-8
定 价:88.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)
打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

序 言

高速铁路作为现代工业文明的崭新成果,发端于日本,发展于欧洲,兴盛于中国。目前,我国高速铁路技术与总体装备处于世界先进行列,部分指标已达国际领先水平。高速铁路的发展离不开安全,安全是高速铁路运营和发展的第一要素。高速铁路的安全性不仅体现在规划、设计、建设、验收等环节上,在运营管理中也要不断地研究与改进、优化和提高。

众所周知,高速铁路是以技术密集为标志的高度集中化的现代交通工具。伴随着高技术系统集成化程度的增加,运营管理活动的复杂性、互动性及规模化程度也随之不断加大。高技术与复杂化伴随着高风险,一旦发生设备异常或人员操作失误,加之列车运行密集,可供纠偏和避免事故的时间极短,潜在的安全风险也很大。要解决这些影响高速铁路运营安全的理论与现实问题,就需要有清晰的安全管理思路和科学的管理方法,需要专业管理水平的提升。

总体而言,高速铁路运营安全管理是基于技术手段的主动和预防性管理,是在现代科学技术、现代运作管理理论与实践以及对自然及环境灾害认识的前提下,对安全管理的持续细化、全面深化和系统化。当今,在“互联网+”、物联网、大数据的时代,数字化、网络化、智能化已经成为主题,精细和精准化管理已成为高速铁路运营安全管理的趋势。在此背景下,构建高速铁路运营安全保障体系的相关理论、技术、方法等,对工程实践具有重要的现实意义。

中国铁路上海局集团有限公司的高级工程师曲思源博士就是这样

一位杰出的实践者。他从事铁路运输实践与研究二十多年,在北京交通大学、西南交通大学、同济大学三所著名院校的交通运输专业求学。从饮水思源到同舟共济,他结合运输安全岗位的实际工作,运用现代安全管理的新理论和新成果,不断总结高速铁路安全管理的相关规律,在研究和探讨高速铁路运营现代安全管理方法中进行了有益的尝试,归纳、总结、提炼出高速铁路运营安全管理的一些方法和措施,并从理论和实践两个层面加以分析,为当代高速铁路运营安全管理提供了一些实用的思路和方法。对这本书的出版表示衷心的祝贺!

我国东部铁路率先发展,本书以“长三角”高速铁路运营安全管理为基点,反映了当代高速铁路运营安全动态管理最新特征以及前沿问题,具有前瞻性、理论性、技术性、实用性及资料性等特点,同时具有较强的示范作用和重要的实践意义。

随着我国高速铁路运营网络化进程的不断推进,希望更多的管理和研究人员关注我国高速铁路事业的发展,努力探索高速铁路运营安全管理的科学规律,不断提高高速铁路运营安全管理水平。

同济大学交通运输工程学院



2017年10月18日

前言

安全是铁路永恒的主题。我相信,到铁路工作的人,从第一天参加工作时起,就会体验到“安全”两个字的重要性。记得20世纪90年代初期,我到东北铁路某站上班的第一天,心头一阵兴奋,就在站台上飞快地骑着单车到运转车间报到。突然间,一位老职工大声呵斥,“哪里来的毛头小子,铁路安全规则不懂吗?”我的行为当即被制止。站台上是不允许骑车的,我着实吓了一跳。铁路安全关系到你、我、他。当然,安全管理也是铁路最有挑战性的工作。我曾经在车站和调度所组织非正常接发列车、制定列车接车程序以及突发事件应急处置的工作情景仍历历在目。特别是我编制过的一项站场枢纽施工方案,因为句号和逗号在文件中标注不精细,造成施工主体、配合单位以及车务站段施工组织范围影响扩大化,在安全保障方面出现了问题,我还承担过相应的责任。这些安全理念已在我心中根深蒂固。我也相信,铁路人直至在岗位上退休,“安全第一”的原则和理念都会伴随着他。

2002年秋,我去西南交通大学脱产攻读硕士学位,巧的是,在导师张殿业的指导下,我开始研究客货共线的“京津线和山区行车安全技术及应用研究”的铁道部重点课题。课题的主要宗旨就是通过信息化建设来展现“数字化”铁路的安全管理的理念、技术和方法。记得硕士毕业答辩时,一位资深老教授问我:“铁路客货混运线路对客车安全有何影响?既有线信息‘数字化’对我国未来高速铁路运营安全管理有什么启发?”惭愧的是,我现在都不知道这个问题的确切答案,当时我对高速铁路的发展也仅仅是展望而已。2004年秋,我带着梦想来到华东地区铁路系统工作,这里的高速铁路率先发展。高速铁路以安全、快捷、低碳、环保、节能等诸多技术经济优势赢得了各国青睐,为铁路发展注入了全新的动能和活力。

高速铁路是现代科学和技术发展的具体体现,高速化使得各种技术系统复杂程度加深。然而,高科技也伴随着高风险。2012年,我在博士论文结尾感言中写道:“诚然,2011年‘7.23’温州动车事故使得我国高速铁路发展暂时处于低谷状态。同时,也给新时代的‘高速铁路人’抹上了一笔忧患色彩和奋发图强的使命感。我坚信,我国高速铁路发展中的问题必然会科学解决,高速铁路科学发展必将迈出坚实的步伐,我国高速铁路的明天会更加美好!”这起事故打破了高速铁路运营绝对安全的神话。从那时候起,经过奋发图强,在努力提高技术与管理水平的条件下,我国高速铁路运营的安全性得到了空前的提高,安全基础更加坚固,也

取得了让世界瞩目的成就。2014年,我结合铁路运输发展的实际,特别是信息化的发展,与同济大学合作,组织研究了铁路局重点科研项目“高速铁路调度指挥安全保障体系”。2015-2016年,我又有机会对铁路车务系统安全管理体系的建设课题进行了深入分析和研究。十多年来,我经历了华东地区高速铁路突飞猛进的发展过程,对高速铁路运营的安全认识也在逐步加深。

当前,随着铁路的信息化从“数字化”走向“智能化”并延伸向“智慧化”方向发展,我国高速铁路的发展更是日新月异,新理念、新设备、新技术在高速铁路建设和运营中得到不断应用,相应地,高速铁路运营安全管理正在分化为两条相互交织并融合在一起的螺旋式发展主线——高科技设备的“硬技术”与管理的“软对策”。可以说,当前的高速铁路运营安全管理阶段正处于超前的管理理念和飞速发展的技术与传统的管理方式以及管理体制之间的矛盾冲突阶段。在这个阶段,高速铁路运营安全管理面临着以下几种挑战,错综复杂地交织在一起。

(1)广域性和海量信息的挑战。我国高速铁路运营已经呈现网络化和广域性特征,只要有高速铁路运营组织,就有发生事故的可能性,而且细小的误差都有可能酿成大错。因此,衡量高速铁路运营安全与否的最佳标准应该是控制事故发生的能力和水平。在广域性的前提下,“人防、物防和技防”是高速铁路运营安全管理的最基本的要求,一方面,高速铁路运营安全管理应当具备相应的利用设施设备进行全方位和全覆盖的持续监视和控制,也就是“物防和技防”手段,而且还需要处理这些海量的监控信息,以便为安全预警和决策提供依据;另一方面,由于高速铁路运营对人的安全性研究一直是薄弱环节,行车作业人员的行为失误同样可以引起高速铁路运营事故,“人防”应该是核心因素。在大数据时代,我们可以通过大数据的方式对人的安全行为进行定量化描述,对人的行为规律及个性化特征进行描述以便对人的行为安全加以防控,这一点不容忽视。

(2)复杂性和惯性思维的挑战。在高速铁路运营的安全管理实践中,影响安全的各因素耦合性极高,要处理好多因素耦合的复杂问题,难度较高。而我们习惯从固定的角度观察和思考事物,固定的东西很难打破。我国古代守城曾有这样经典的防御案例:敌人凭优势兵力蜂拥攻城,已经登上一大半的城楼台阶了,突然,这些人似乎毫无防备、一个个的跌落在地。守城士兵集中放箭,迫使敌人落荒而逃。原来,在修建城楼前的台阶时,守城的将军曾命匠人留一级台阶比其他的高一点点。而爬台阶攻城之人习惯了原来的高度和步点,到了这级高一点的台阶时,十有八九就会摔倒。这看起来只是个毫不起眼的举动,却能让敌兵措手不及,进而扭转颓势。高速铁路运营管理人员、当班职工容易受天气、设备变化等原因影响,常态化的工作环境发生了变化,“变化就是风险”,就像“修高一级台阶”,若是出于惯性思维,反应不够迅速、处置不够准确,那么就很有可能酿成事故。有鉴于此,面对复杂性的运营管理和作业,除了必须继续严格遵章守纪、按标作业外,

还需要在工作中时刻保持注意力高度集中,时刻具备有效应对和熟练处置各种突发情况、事件的意识和技能。只有这样,即使一旦发生类似于“修高级台阶”那样的突发情况和安全威胁,也能从容应对。

(3) 动态性和理性的挑战。现代的安全观处于发展之中的“大”安全观,同时关注科技、环境、人文等因素。虽然我们能牢固树立高速铁路运营安全“万无一失”理念,然而现阶段我们只能认识和控制,还不能完全驾驭和消灭。面对动态性的高速铁路运营管理的环境,“零事故”仅是个美好的愿望,安全不等于不发生事故,发生事故是难以避免的,未发生事故也不等于安全。只要是事故隐患存在,即使未发生事故也不能说就是安全的。

在上述的高速铁路安全管理挑战过程中,我们意识到:高速铁路运营安全管理目的就是确保不发生恶性安全事故,促使影响较大的安全事故周期延长,甚至不发生,或是通过风险排查使得安全风险得到有效管理和控制,安全隐患能够有效得到防范和消除,使得高速铁路、运营和现场作业有序可控。为迎接这些挑战,就需要从高速铁路运营安全保障体系去研究,并需要安全管理方面的创新和发展。

目前出版的相关高速铁路运营安全管理书籍,涉及保障体系的较多,这些书籍基本上是我国高速铁路正式运营前和既有线提速到 200 km/h 时间段出版的,具有一定局限性,而近几年我国高速铁路发展迅猛,但还没有系统化的高速铁路运营安全保障体系方面的书。同时考虑到高速铁路运营安全保障体系具有两种类型的思维模式并且具有较大的差异,分别具有技术性和管理性。前者偏重于“消除模糊性”,需要确定明确的技术解决方案,是一种工程型思维;后者偏重于“把握问题的全面性”,是一种社会管理思维。而传统交通运输安全管理工程是以“技术系统”为主要研究对象,以提升技术系统效率为主解决安全问题。本书提出的安全保障体系将技术系统与社会系统结合的“技术—社会”作为基本研究对象,以复杂适应系统理论和社会系统控制理论作为学科基础,结合高速铁路运营技术性特征,提出保障高速铁路运营安全的方法和手段的综合。其中,“保障”一词是实现管理目标的保证,侧重于管理的目的、结果以及实现的手段。相应地,保障体系就是围绕影响高速铁路运营安全的四大要素,即人员—设备—环境—管理的角度展开,例如,包括人员安全监测、设施设备监测检测、环境监测预警、安全管理体系等,充分体现“人防、物防和技防”的全方位防控体系建设。另外,考虑到高速铁路运营安全管理需要采取预防管理和过程管理的模式,也就说高速铁路运营故障或是隐患在发生前预防管理、风险控制的模式,突发事件发生时需要应急管理包括应急处置和救援组织,也需要安全分析和评价,而且发现问题需要持续管理、跟踪改进、闭环管理。因此,高速铁路运营安全保障体系侧重安全管理的全过程,也是一种主动型的管理。故而,本书在安全保障体系中进一步强调了安全管理

体系。

为了全面把握高速铁路运营安全管理,本书总的路线是将高速铁路运营安全管理的动态性和实践性以及前瞻性融合在一起,力求保证内容的完整性、系统性和可操作性,反映当今高速铁路运营安全管理的最新动态,体现最新的技术手段和理念。全书内容共分为八章。第一章主要分析了高速铁路事故的特征,并引出高速铁路运营安全保障体系研究的主要内容;第二、三章概括阐述了安全基础理论和相关技术,为研究高速铁路安全运营提供铺垫;第四章主要围绕当今高速铁路运营安全实际,构建高速铁路运营安全保障体系实施内容,主要是运用监测、检测和控制的手段,对安全风险达到一定阈值时预警,综合采取防控手段,强调的是构建广域、连续和大样本的观测分析大数据平台,通过对人、设备和环境安全监测检测的数据需要经过大数据分析,从而进一步摸索相关规律,并深入研究人的安全行为特征;第五章结合案例运用图解、系统分析、数据挖掘等方法分析了高速铁路运营安全;第六章结合构建指标体系,采取相关方法进行安全评估和趋势预测;第七章主要体现应急平台、应急预案、应急演练以及应急处置方面的内容;第八章考虑到高速铁路运营遇有非常规事件发生时,分析了救援联动机制、群体决策、建立仿真平台等方法侧重点在于研究重大事故救援。全书八个章节构成一个完整的体系,体现了精细化的安全管理理念,例如可通过安全信息透明化、监控设备现代化、应急处置科学化、安全决策智能化等方式,进一步优化安全管理手段。

本书重视高速铁路运营安全分析和安全评价,并单独作为一章来体现,目前安全评价定性评价多,定量评价少,通过必要的安全评价,可以找出安全的薄弱环节,可为主动型的安全管理模式提供参考;另外,高速铁路运营应急管理实际上包括应急处置和救援组织两部分,所以本书把应急处置和救援组织分开,并把救援组织作为单独的一章,主要是考虑到当前对高速铁路运营非常规突发事件,从运营组织的角度还没有从一个高度去研究,非常规高速铁路救援组织目前也是强调的少,其中群体决策到底怎样描述一直是难题。当发生非常规突发事件时,就要采取相应的救援组织协同联动,而且还需要重视非常规事件的救援模拟。

从2015年下半年开始,多次给中国铁路上海局集团有限公司车务系统中间站站长安全管理培训授课。给现场的同志们讲安全,侧重安全管理理念的提升、定性分析和案例教育。我结合现场高速铁路运营安全讲课的讲义,并做了相应的扩展,最终形成了这本书。本书在撰写过程中,我按照“理念、方法、实践、应用”一条龙的框架做了尝试,努力打造精品,边修边改,初稿交给出版社后,我又全盘修订了有十次之多。此期间,本人对高速铁路安全保障体系的认识随着实践的发展,理念和认识得到不断提升和完善。去年7月,曾经教我做人道理和那么多知识的95岁高龄的姥姥无疾而终,百感交集后,我不自觉地加快了本书的写作进程。

本书可作为高速铁路运营系统安全管理的指导书籍,亦可作为提高现场安全保障能力的培训教材。在本书的相关研究和撰写过程中,参阅了大量的文献资料,国内外专家、学者在相关领域的研究成果构成了本书的重要基础。同时,也得到了很多同事们的热心帮助、点拨、启发和积极支持。中国铁路呼和浩特局集团有限公司调度所的王勇也帮我进行了核稿和校对。本书由北京交通大学交通运输学院魏玉光教授主审。封面照片由上海局车辆公司沈克勤提供。在此一并致以最诚挚的谢意!也特别感谢中国铁道出版社为本书出版付出的努力!希望本书能为高速铁路安全管理能力的提高尽微薄之力!

写书是整理提升思路最好的方法,也是最好的“自我沟通”,将所想所学所思写出来与他人分享,不断提高提升自己的思想和理念,将存在大脑中零散的知识调集起来,组合成有深度的思想体系,也是深度思考的过程。高速铁路运营安全管理是一个永无止境、不断完善的过程,需要持之以恒的努力,许多问题需要随着实践的发展作更深入的研究和总结,要围绕高速铁路运营安全管理的核心任务,构建强有力、可持续、高效能的支撑保障体系。书中给出的技术和方法有的尚处在建立初期,内容体系还有待完善,再加上本人学识也有限,书中不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。我的电子邮箱:syqu0453@163.com。

时间都去哪了?众里寻他千百度,蓦然回首那人却在灯火阑珊处!



2018年5月于上海

目 录

1 绪 论	1
1.1 我国高速铁路的发展	1
1.2 我国高速铁路运营系统概述	5
1.3 高速铁路运营安全概述	8
1.4 国外高速铁路运营安全管理	10
1.4.1 技术设备	10
1.4.2 人员管理	12
1.4.3 规章制度	14
1.5 世界高速铁路事故	14
1.5.1 “6.3”德国高速铁路事故	16
1.5.2 “7.23”中国温州动车事故	17
1.5.3 “7.24”西班牙高速铁路事故	19
1.5.4 “11.14”法国高速铁路联调联试事故	20
1.6 高速铁路运营事故影响及特征	21
1.7 高速铁路运营安全管理研究内容	22
2 安全基础理论	24
2.1 系统安全管理	24
2.1.1 安全系统工程	24
2.1.2 复杂系统理论	26
2.1.3 系统可靠性理论	27
2.2 人因工程理论	27
2.2.1 人机工程理论	28
2.2.2 人的失误理论	29
2.3 安全风险管理	31
2.3.1 相关概念及原理	32
2.3.2 风险管理内容及程序	33
2.4 事故产生理论	37
2.4.1 事故致因理论	37
2.4.2 事故倾向性格论	37
2.4.3 事故因果连锁理论	37
2.4.4 能量转移理论	41

2.4.5 瑟利事故模型	42
2.4.6 动态变化理论	42
2.4.7 轨迹交叉论	44
2.4.8 危险源辨识理论	45
2.5 事故预防理论	46
2.6 嵌套安全管理	47
3 安全相关技术	48
3.1 智能视频监控技术	48
3.1.1 智能视频监控技术的产生	48
3.1.2 关键技术及优势	49
3.2 物联网技术	50
3.2.1 关键技术和工作原理	50
3.2.2 物联网技术在铁路的应用	52
3.3 仿真技术	53
3.4 GIS 地理信息系统	55
3.5 GPS 全球定位和 BDS 北斗卫星导航系统	58
3.6 人工智能技术	61
3.7 大数据分析技术	63
3.7.1 大数据特征	63
3.7.2 应用流程	65
3.7.3 大数据在高速铁路运营安全管理中的应用	66
3.8 CPS 信息—物理融合系统	69
4 高速铁路运营安全保障体系	71
4.1 高速铁路运营安全的影响因素	71
4.1.1 人的影响	71
4.1.2 设备设施故障的影响	74
4.1.3 环境的影响	75
4.1.4 管理的影响	78
4.2 我国高速铁路运营安全现状	80
4.2.1 人员安全风险问题	80
4.2.2 设备设施风险问题	81
4.2.3 环境风险问题	83
4.2.4 安全管理风险问题	84
4.3 构建高速铁路运营安全保障体系的需求分析	86
4.4 高速铁路运营安全保障体系构成	89
4.4.1 人员安全防控体系	91
4.4.2 设备设施监测检测体系	111

4.4.3 环境保障系统	140
4.4.4 安全管理体系	161
4.5 我国高速铁路运营安全保障体系建设分析及京沪高速铁路350 km/h“复兴号” 标准动车组列车运行安全保障	178
4.5.1 我国高速铁路运营安全保障体系建设分析	178
4.5.2 京沪高速铁路 350 km/h“复兴号”标准动车组列车运行安全保障	181
5 安全分析及应用	187
5.1 问卷调查分析法	187
5.1.1 基本概述	187
5.1.2 调度员心理咨询调查分析	187
5.2 因素分析法	192
5.2.1 概念与步骤	192
5.2.2 动车组过电分相分析	192
5.3 图解分析法	198
5.3.1 分析流程及步骤	198
5.3.2 动车组列车错办进路事故图解应用举例	203
5.4 深度分析法	205
5.4.1 基本要求	205
5.4.2 高速铁路“站控”模式分析	206
5.5 高速铁路风险控制模型分析法	218
5.5.1 高速铁路运营危险源识别方法	218
5.5.2 高速铁路运营安全风险控制相关模型	218
5.6 统计分析法	221
6 安全评价及应用	223
6.1 安全评价内容	223
6.2 安全评价流程	225
6.3 安全评价指标体系	226
6.3.1 基本原则	227
6.3.2 评价指标构建	227
6.4 安全评价方法	230
6.4.1 因果图评价法	231
6.4.2 安全检查表评价	232
6.4.3 作业条件危险性评价法	233
6.4.4 预先危险性分析评价	237
6.4.5 事故树评价法	238
6.4.6 模糊层次评价法	242
6.4.7 粗糙集评价法	248

7 应急管理	251
7.1 突发事件与应急管理现状	251
7.2 预警管理	253
7.2.1 预警管理系统	253
7.2.2 预警机制	254
7.3 应急预案	256
7.3.1 基本构架及特征	257
7.3.2 预案分类	260
7.3.3 预案编制	263
7.3.4 预案管理	264
7.3.5 预案推广	265
7.4 应急培训与演练	266
7.4.1 准备工作	267
7.4.2 应急培训及演练	268
7.5 应急处置	273
7.5.1 应急过程管控	273
7.5.2 应急处置流程	275
7.6 应急调度指挥	277
7.6.1 应用系统使用特点	277
7.6.2 调度应急处置特征	279
7.6.3 高速铁路列车集中晚点应急处置	281
7.7 应急决策辅助系统的构建	288
8 重大事故救援组织	293
8.1 重大事故决策特征分析	293
8.1.1 决策方法	293
8.1.2 主要特征	294
8.1.3 非常规性分析	296
8.2 国外重大事故应急系统研究与建设现状	298
8.2.1 美国应急管理信息系统	299
8.2.2 德国危机预防信息系统	301
8.2.3 日本通信技术应用	302
8.3 多智能体救援仿真平台	304
8.3.1 智能救援平台简介	305
8.3.2 平台初始化和仿真过程	305
8.3.3 突发事件模型构建	306
8.3.4 灾难救援智能体构建	307
8.4 多方协同联动事故救援组织	308

8.4.1	重大事故应急平台	308
8.4.2	救援体系	309
8.4.3	应急救援的多方协同联动机制	317
8.5	我国重大事故应急管理运行机制展望	326

1 绪 论

1.1 我国高速铁路的发展

高速铁路作为一种安全可靠、快捷舒适、运载量大、低碳环保的运输方式,已成为世界交通运输业发展的重要趋势。我国高速铁路通过坚持原始创新、集成创新和引进消化吸收再创新相结合的原则,经过十多年的励精图治,发展迅速,取得了举世瞩目的成就,我国高速铁路已经成为继日本、法国和德国后,以“CRH”为标志,构建了具有自主知识产权的世界高速铁路第四大体系。高速铁路作为我国先进制造业的典范和中国企业“走出去”的代表,越来越受到国际社会的认可,提升了我国的国际地位和影响力。中国铁路总公司认真贯彻落实国家创新驱动发展战略,加大铁路关键技术科研攻关力度,现已经系统掌握了时速 250、350 km 及以上速度等级的成套技术,并以“复兴号”中国标准动车组在京沪高铁实现时速 350 km 商业运营为标志,在勘察设计、工程建造、高速动车组、列车控制、牵引供电、运营管理、安全保障等领域取得一系列自主创新成果,中国高速铁路总体技术水平迈入世界先进行列,部分技术处于世界领先水平。

我国是全世界高速铁路里程最长、在建规模最大的国家。截至 2017 年底,我国高速铁路运营里程超过 2.5 万 km,占全世界高速铁路运营里程的 66.3%,位居世界第一位,远超世界其他国家和地区高速铁路运营里程的总和。在运营组织与管理方面,我国高速铁路定期调整列车开行方案和列车运行图,通过先进的管理手段确保动车组列车安全可靠、高效运行,极大地满足了人们商务、旅游和探亲等出行需求。自 2008 年 8 月京津城际开通运营以来,我国高铁旅客发送量实现快速增长,2011 年 10 月我国高速铁路动车组累计旅客发送量突破 10 亿人次,2014 年 10 月突破 30 亿人次,2016 年 7 月突破 50 亿人次,2017 年 9 月突破 70 亿人次。目前,我国日均开行动车组列车 4 000 列,发送旅客 460 万人,安全运行里程超过 50.5 亿 km。2016 年我国高速铁路始发正点率达 98.8%,终到正点率达 95.5%。

我国拥有了世界上最现代化的铁路网和最发达的高速铁路网。其中,设计速度超过 350 km/h 等级的高速铁路约占 50%。我国高速铁路与其他铁路共同构成的快速客运网已达 4 万 km 以上,我国以高速铁路为骨架的快速客运铁路网和以高速铁路为骨架的综合交通运输体系正在形成。高速铁路在国民生活中已成为不可缺少的交通工具,我国 50% 以上的铁路旅客发送量已经由动车组列车承担,每天有 400 多万旅客享受高速铁路旅行生活。高速铁路改变了我国的交通格局,深刻地影响着人民生活,也大大增强了中华民族的自豪感和广大人民群众的幸福感,已经成为我国的一张亮丽名片。根据 2016 年 7 月新调整后发布的《中长期铁路网规划》,到 2020 年,我国高速铁路将达到 3 万 km,覆盖 80% 以上的大城市。届时将建成以“八纵八横”主通道为骨架、区域连接线为衔接、城际铁路为补充的现代高速铁路网。

高速铁路作为现代工业文明的崭新成果,发端于日本,发展于欧洲,兴盛于中国。我国高

速铁路后来居上,不仅技术先进、安全可靠,而且兼容性好、性价比高。

1. 技术先进。为适应我国地质及气候条件复杂多样的特点,我国高速铁路在路基、桥梁、隧道、客运站等基础设施建设方面,以及无砟轨道、牵引供电、通信信号等专业领域,攻克了一系列技术难题;我国已经建成全面覆盖高速铁路行车安全和基础设施的数十种检测监测系统,构建了高速铁路安全风险防控体系,并运用大数据方法,评估分析高铁设备设施的运用、维护、检修信息,掌握服役状态和性能变化规律,为修程修制优化、故障预测、故障处置等提供技术支撑。例如,智能巡检已在西(安)成(都)高速铁路投入使用,首个智能巡检机器人“成成”投入设备巡视,集结合机器人、SLAM 导航定位、图像识别、红外测温等技术为一体,可辅助变电所值班员 24 小时不间断巡视,及时发现隐患,全力保障供电设备安全平稳运行。我国还是世界上少数几个掌握高速铁路永磁牵引系统技术的国家之一。就技术系统的演进而言,从直流传动牵引系统,到交流传动牵引系统,从感应异步传动,转向永磁同步传动,永磁同步牵引系统契合了当前节能减排、绿色环保的技术发展趋势,成为世界大国竞相研究的技术热点。中国研制的永磁同步牵引系统,呈现出高效率、高功率密度优势,显著降低了高速列车的牵引能耗。目前,电机额定效率达到 98% 以上,电机损耗降至原来的 1/3。在环境保护方面,高速铁路施工时采取路基边坡植物防护、覆土复耕复植等水土保持措施,通过设置声屏障和减振措施,可有效降低高速铁路噪声对环境的影响。作为广东省首条直接连接珠三角核心城市与粤西地区的高速铁路,深茂铁路全球首例采用全封闭声屏障,有效填补了合理结构形式、列车气动力效应降噪、隔音效果方面的世界空白,形成了一套系统的全封闭声屏障综合设计和建造技术,为高速铁路在城区及邻近环境敏感点的环境保护提供有益经验。在运营管理方面,我国掌握了复杂路网条件下的高速铁路运营调度技术,建立了适应大客流、高密度的客运服务系统,我国有一流的高铁客运服务系统,依托铁路客户服务中心、客票系统和电子支付平台,推行互联网、电话等多种售票方式及网络订餐等延伸服务,提供旅客进出站导向揭示、车站广播、安全监控、紧急求助、同步时钟、旅客查询等多功能智能引导,致力打造便捷、舒适的高速铁路购票和乘车体验。

2. 兼容性好。我国有世界上最先进的高铁技术,形成了满足各种运营条件的动车组系列产品,而且技术体系能够与欧洲、日本等国家的高铁技术兼容,对于推动铁路领域多边合作、实现真正意义的互联互通极为有利。例如,我国高速铁路在工程建设、动车组、列控、牵引供电等主要领域,与世界先进技术具有良好的兼容性,不仅融合 UIC(国际铁路联盟)、IEC(国际电工委员会)、ISO(国际标准化组织)、EN(欧洲)、JIS(日本工业)等国际先进标准,也与德国的西门子(Velaro-E)、日本的川崎重工(E2-1000)、法国阿尔斯通(SM3)、加拿大的庞巴迪(Regina)等完全兼容。兼容性好源于我国高速铁路发展过程中突出的系统集成创新能力。我国不仅全面掌握了高速铁路总体设计、接口管理、联调联试等关键技术,还依托高速铁路运营大数据,针对进一步降低高速铁路运行的全寿命周期成本、提高列车调度的效率、减缓机车零部件老化磨损等前沿问题展开研究,不断优化高速铁路的整体性能。

3. 性价比高。我国高速铁路性价比高,首先体现在建设工期和质量上。通过创新施工组织动态管理模式,以工厂化、机械化等为支撑,实现施工方案、资源配置与控制目标的最佳匹配,大大提高了建设效率,确保了工期和质量。工期短并不是不合理地压缩工期,而是通过科学测算、合理确定工期。其次,根据世界银行 2014 年 7 月的研究报告,我国高速铁路每公里建设成本约为发达国家的 2/3,新研发的列车采用镁合金、碳纤维等先进的轻量化材料,运用有