



铁路运输组织管理与优化

TIELU YUNSHU ZUZHI GUANLI YU YOUHUA

曲思源 © 著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

铁路运输组织管理与优化

曲思源 著

中国铁道出版社

2016年·北京

内 容 简 介

本书内容分为上下两篇。上篇是运输组织与管理;下篇是运输模型与优化。本书文字严谨,论据充分,涉及面广。可供铁路局运输管理人员、技术人员和科研、设计单位人员以及设交通运输专业的大专院校的相关人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

铁路运输组织管理与优化/曲思源著. —北京:中国铁道出版社,2016. 8

ISBN 978-7-113-15353-3

I. ①铁… II. ①曲… III. ①铁路运输—运输组织—文集 IV. ①U29-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 064356 号

书 名:铁路运输组织管理与优化

作 者:曲思源 著

责任编辑:梁兆煜

编辑部电话:010-51873314

电子信箱:td73133@sina.com

封面设计:崔 欣

责任校对:苗 丹

责任印制:陆 宁 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:2016年6月第1版 2016年6月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:18 字数:460 千

印 数:1~2 000 册

书 号:ISBN 978-7-113-15353-3

定 价:46.00 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

随着现代铁路以技术密集为标志的高度集中化发展,特别是近十年来高速铁路的迅猛发展,铁路运输管理活动的复杂性、互动性及规模化程度不断加大,需要专业管理水平相应的提升,需要有清晰的管理思路和科学的管理方法。以高速铁路为例,目前相关的运营组织理论滞后于运输组织的实践,国外的运营经验也只能借鉴,这就需要更多的专业人士不断积累、总结运营组织经验,探索其中的规律并使之上升为理论,再将成果运用于实践。

上海铁路局的曲思源高工就是这样一位杰出的实践者,他从事铁路运输学习与研究 20 多年,在北京交通大学、西南交通大学、同济大学三所著名高校交通运输专业求学,从饮水思源到同舟共济,学习经历丰富。我十分有幸成为他的导师,读博期间他刻苦努力、奋发向上。发表 20 余篇学术论文,以 3 年最短的时间获得博士学位,都给我留下了难以忘怀的印象!

曲思源成功的秘诀在于一切从实际出发,脚踏实地,潜心思考,充分运用系统工程、运筹学等理论与方法,研究遇到的铁路运输实际问题。他是一位思想活跃、才思敏捷、观点鲜明、脉络清晰的高效、多产的“论文高手”,通过 20 多年来对铁路运输问题的探索与积累,形成了《铁路运输组织管理与优化》这本难得的文集。

十年磨一剑,弹指一挥间,首先对这本书的出版表示真心的祝贺!与其说这本书是论文集,不如说是作者对铁路实际问题的积累、总结、思考、感悟、创新和展望,是 20 年来实践经验与理论的结晶,具有科学性、实践性和前瞻性。“长三角”是我国经济最发达地区,书中对“长三角”地区铁路客货运特点进行了深入的研究,包括京沪高速铁路、沪宁城际高速铁路、沪杭高速铁路、金山市郊铁路以及货物快运列车运营组织等,反映了当代铁路安全、技术及动态管理与优化的最新特征,具有示范作用和重要的现实意义。

随着高速铁路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铁路事业的发展,努力探索铁路运营管理特别是高速铁路运营管理的科学规律,不断提高运营管理水平。

同济大学交通运输工程学院 徐行方教授

2015 年 10 月 10 日

前 言

天地之交而万物通也(《易经·泰卦》)。我很庆幸此生选择了交通运输这个行业,并将其作为自己毕生的事业和努力的方向。

时间追忆到2011年6月30日15:00,我有幸登乘京沪高速铁路开通运营的首发列车。我浮想联翩:小时候,受粮食供应限制,每两周就要随在东北山区车务段工作的父亲乘坐摘挂列车进城买粮,100多公里的路程因沿途摘挂作业要长达4个多小时,尤其是冬天,多么寒冷!那时候我知道了铁路还有调度员,并要经常应急处置。

我在北方通过选拔做过多年的调度员工作,术业无止境,我一直尝试努力做好调度指挥工作。坚守岗位职责磨练了我的耐力。那时候我是多么希望我国也有高速铁路。如今,高速铁路调度员通过现代化的调度指挥设备,遥控指挥着高速列车运行。高速铁路的梦想变成了现实。此书基本上是我在上海铁路局调度所从事铁路运输工作10年的经验总结和理论联系实际结晶,也是作为我曾在北方从事铁路运输各项工作将近10年的工作延续。20年的铁路工作历程仅此!

在常人眼中,博士是搞理论的研究型人才,我走的路却是应用型路线。多年来从事铁路工作的习惯逐渐养成我研究问题的思路和特点——注重实践,并将复杂问题分解处理,还注意结合部的协调。将各类知识灵活运用观点一直影响着我。我欣赏简洁的解决现实问题的模型和方法,但模型不能解决很多实际问题。

2007年作为铁道部首批高速铁路调度培训班的成员,高速铁路新知识的学习让我耳目一新;2009年通过实践和分析,结合沪宁线完成“既有繁忙干线通过能力规划模型及算法”一文,在当年全国交通运输领域科技青年学术论文征集中,被专家评为“优秀”,被直接推荐到《交通运输工程学报》发表;同年,参加了全国交通运输领域博士论坛,论文“动车组交路运用计划优化”被评选为6篇优秀论文之一;2011年通过多次登乘沪宁城际列车进行客流调查,撰写了论文“城际铁路客流预测研究”,在上海市交通运输学科研究生论坛中荣获一等奖;2014年通过撰写并宣讲“长三角铁路货物快运列车优化策略”,在中国物流学会组织的首届青年论坛中获得精锐奖,并被聘为特约研究员;2015年又曾在中国物流学会年会“货运改革+互联网”分论坛中演讲“高速铁路电商列车运营组织创新发展策略”;曾连续8年在上海铁路局企协征文中获得一等奖,连续8年在铁路总公司企业管理协会组织的论坛或征文以及调研报告中获奖。

多年来,我有机会给铁路现场职工和大学生授课,很受欢迎。值得欣慰的是,通过我的授课和启发,现场很多优秀的大学生选择了调度所并通过选拔成为调度的骨干;曾多次在同济大学等多所高校讲解高速铁路观和铁路物流观,深受好评。

从事了这么多年铁道运输管理,铁道运输专业的理论到底是什么?我的看法整体理论就是系统工程。可以说,铁道运输中的理论都是从实践中积累并运用系统工程方法总结归纳出来的。从论文写作的整体看,也是运用系统工程的方法,采取分类和分层的过程,归纳而成。综合就是创造,整合就是创新,但论文的写作离不开灵感。灵感的产生,一是来自于实际问题;二是来源于所掌握知识;三是强调各种知识的灵活运用,并通过系统的理念和方法最终整合成论文。

文字是有灵性的。文学作品如此,学术论文和调研报告基本上也是如此。写作表达的是作者的理念和观点,创新可以表现在思想、理念、思路、方法等方面,常常表现为各方面的融合。我欣赏的是思想和方法都有所创新的文章。本书从文稿中精选了40篇工作和学习期间的论文,结合高速铁路和现代物流发展状况,将每篇文章做了修订,努力打造每一篇文章都是精品。

本书内容分为上、下两篇。上篇是运输组织与管理;下篇是运输模型与优化。为保证每篇文章的可读性,尽量保留了部分相似内容。当然,论文也存在不足之处,有些结果还没有经过实践检验等等,这些能使我不断深思,不断从错误中提炼出正确的观点,以便进一步弥补和完善。

读书是一种情怀,北京交通大学的学习让我选择了铁道运输这个喜欢的专业,掌握了铁路运输的基础知识;现场工作的实践又磨练了我;阅历的增加使我能够从客观的实践出发;西南交通大学硕士研究生的学习经历又培养了我系统思想的建立,能够综合运用各种知识解决实际问题;同济大学博士研究生的学习经历又培养了我独立思考的能力,不断在研究和处理复杂问题时形成自己的体系结构。今年恰逢交通大学建校120周年,明年同济大学迎来了建校110周年,从饮水思源到同舟共济,我感慨万千。

在这纷乱繁杂的社会中,努力使自己摆脱喧哗,让内心平静,让心去飞驰。每次到铁路基层站段,都能发现“粉丝”,多年来的文章和报告,已成为他们学习的模板和参考资料,高兴的是他们受到启发,甚至起到了一定的指导作用。有时,我们还能针对新的运输情况进行深入的交流,取长补短,让我继续受到启发,进一步不断修正文章。

感谢北京交通大学交通运输学院韩宝明教授,从我的大学时代就一直鼓励我奋进,并投入到高速铁路的事业中去,我难以忘记您对我学业上的启发和鼓励;感谢西南交通大学交通运输与物流学院杜文教授和王慈光教授,杜教授对铁路发展宏观的思想把握,王教授理论联系铁路运输实际模型的巧妙结合,使我深深难忘并有所继承和发展。同济大学交通运输工程学院徐瑞华教授对我理论联系实际

研究道路的鼓励,让我不能忘怀。感谢我的硕士生导师张殿业教授,他常常强调“idea”,对我系统思想的建立有很大启发。特别感谢我同济大学博士生导师徐行方教授,他是我的良师益友,每每看到导师修订过的文章红笔字样,我甚为感动!

感谢论文预审、评阅工作的专家和学者,你们所提出的中肯建议和鼓励,给了我莫大的帮助和思考;感谢期刊论文专家辛苦的审稿,你们的严格要求是我努力的方向;还有编辑老师的严格把关,使我知道何为“严谨”。特别是论文评审时专家的屡屡退稿,使我知道何为“学无止境”。

应当说明的是:正是在多方面的积极支持和热情帮助下,本书才得以顺利出版。在此,向所有为本书的完成和出版给予了直接或间接帮助的朋友表示最诚挚的谢意。感谢上海铁路局徐州机务段李文伟同志提供的本书封面,照片。感谢济南铁路局运输处调研员王连生同志的鼎力相助。感谢中国铁道出版社的编辑为本书出版付出的辛勤劳动。

出版这本书,还有一个想法就是:探索的艰辛与发现的喜悦已经深深留在我的记忆之中,时光易逝,告诉我过去已经过去,新的10年在向我招手,我依然需要努力,期待我的新论集完成的那一天!

本书可作为铁路运输管理人员和技术人员以及高等院校交通运输专业的参考书。受限于我的知识水平、实践能力以及视野,本书一定有许多不足之处,而且,一些想法是作者个人观点,仅供读者参考。

恳请各位专家、学者以及同行们多多指正并提出宝贵意见,我将甚感荣幸,电子邮箱:syqu0453@163.com。

谨将此书献给关注铁路事业特别是高速铁路事业发展的人们!

曲思源

2016年4月4日于上海

目 录

上篇 运输组织与管理

第一章 行车安全管理	1
铁路行车安全保障体系实施框架研究	1
高速铁路运营安全保障体系研究	6
基于风险耦合的车务安全薄弱环节及对策	15
车务部门强化施工管理控制的对策	25
铁路运输调度系统的危机管理	31
推进调度安全风险管理的有效途径	38
构建高速铁路调度应急处置辅助决策系统分析	44
第二章 高速铁路运输组织	49
高速铁路运输组织关键技术的初步分析	49
城际高速铁路客流分析	54
京沪高速铁路(徐-虹段)通过能力适应性分析	62
沪杭高速铁路运营组织方案优化研究	69
高速铁路动卧夕发朝至列车运营组织分析	76
高速铁路调度标准化管理体系的构建	84
第三章 普速铁路运输组织	91
不均衡运输条件下铁路运输组织的优化	91
不均衡运输条件下车流调整的优化	95
不均衡运输条件下车流组织的优化	100
不均衡条件下车流组织与调整的协同管理	104
上海金山市郊铁路公交化运营方案优化研究	110
第四章 货物运输组织	118
路企直通运输联合调度模式研究	118
铁路运输型物流组织的优化	123
服务货改条件下调度运输组织对策	128
编组站快运货物列车组织优化	134

下篇 运输模型与优化

第五章 列车开行方案与动车组运用计划·····	142
城际铁路客流预测方法·····	142
城际铁路跨线列车发车时域的确定方法·····	153
基于“广义”周期运行图的城际铁路列车停站方案·····	161
基于系统聚类的沪宁城际高速铁路列车停站改进方案·····	174
城际铁路高峰时段发车间隔时间优化探讨·····	182
基于多指标余弦决策的城际铁路列车开行方案评价·····	188
基于 DEA 的城际铁路列车开行方案分析·····	197
城际铁路动车组运用计划模型·····	205
第六章 列车运行图与通过能力·····	213
春运期间沪宁线增开临客旅行时间分析·····	213
既有繁忙干线时段性通过能力规划模型及计算方法·····	219
城际铁路高峰时段通过能力模型·····	227
第七章 车(物)流组织与调度调整·····	233
基于技术站中转的集装箱空箱调配·····	233
路企直通运输空车调配模型及算法研究·····	237
空车调配问题的区间线性规划模型·····	247
编组站堵塞情况下网络车流调整疏解方案·····	254
货车周转时间影响因素的矩阵分析·····	261
基于集对-熵权分析的铁路枢纽物流中心站选址方案·····	268
基于二元区间数理论的调度指挥应急处置能力评估·····	274

上篇 运输组织与管理

第一章 行车安全管理

铁路行车安全保障体系实施框架研究

摘要:根据我国铁路运输的实际情况,从“人-机-环境”的角度,运用系统科学的研究方法,提出应由行车人员安全保障系统、设施设备安全保障系统、环境安全预警保障系统和行车安全应急救援系统四个不可缺少的组成部分构成一个统一的铁路行车安全保障体系,通过网络信息传输实现资源共享,为铁路行车安全保障提供了构思框架,并对有关问题提出了深入研究的建议。

关键词:行车安全;保障体系;实施框架

铁路运输安全水平直接影响到铁路的市场形象、竞争能力和经济效益,并对社会经济稳定发展和良性运转意义重大。我国铁路运输长期呈超负荷运转状态,行车安全始终面临严峻考验,减少行车事故一直是普遍关注的社会问题和科学技术进步所面临的重要课题之一。随着我国铁路提速工程的实施,安全问题日益突出,传统的安全管理模式已不能适应铁路运输发展的需要。结合我国铁路运输的实际情况,从“人-机-环境”的角度出发,运用系统科学的研究方法,建立起铁路行车安全保障体系,从而提高我国铁路行车安全的整体水平。

1 框架构成

根据影响铁路行车安全主要因素的分析,铁路行车安全保障体系应当是一个以“行车人员”为核心、“管理”为中枢、“行车设施设备”为基础、“环境”为条件的实时监控的、开放的“人-机-环境”动态控制体系。该体系一方面要通过先进的信息技术、数据通信传输技术、现代控制技术等技术群,实现对铁路行车安全(包括行车人员、行车设施设备和环境安全)的保障;另一方面要在铁路发生行车事故时,能采取必要应急措施迅速进行事故救援。铁路行车安全保障体系是针对铁路行车安全因素采取所有控制手段的有机组合,具有很强的时效性和可操作性,是一项综合性系统工程,主要包括行车人员安全保障、设施设备安全保障、环境安全预警保障和行车安全应急救援系统四个不可缺少的组成部分。

* 本文是作者硕士研究生期间发表的第一篇论文,发表于《铁道运输与经济》2003年第10期。

1.1 行车人员安全保障系统

铁路行车安全保障体系是一个有人参与的复杂系统,人是行车安全保障体系中最重要且具有能动性的因素。铁路行车人员主要指车、机、工、电、辆、供电等各部门的各级管理人员和基层作业人员,其行为决定了相当一部分系统性能。人和设备都是行车安全保障体系的基本要素,人操纵、控制、监督各项设备,完成各项行车作业,并与环境系统进行信息交流,在发生行车事故时做出果断决策。行车人员的安全意识是行车安全保障体系发挥作用的前提和基础。因此,对行车人员的适应性和行为规范、教育等方面研究便显得尤为重要。例如在选拔、录用和升职过程中,需要从多方面测定候选人员的各种特征;在行车人员上岗前通过测试分析其思想品质、技术业务水平、身体状况以及生理和心理因素等是否适应本岗位行车工作的要求,消除各种事故隐患等等。

考虑到铁路的行车安全具有动态性、反复性、严重性等特点,所以必须对行车人员进行安全教育和岗位技能培训。安全教育是提高人员安全素质最有效的途径,可结合人身安全教育、事故案例和事故预防分析等提高行车人员的安全意识,以及通过导致事故的各种直接和间接原因及其相互间的内在联系地深入分析,使行车人员牢固树立“安全第一”的思想,认识到新的危险,认识到变化中的风险。同时,岗位技能培训也是人员安全保障系统的重要组成部分,岗位技能水平、各岗位作业标准执行情况直接影响行车安全。

针对铁路列车进一步提速的需求,考虑到一些区段铁路由于坡度大、曲线多、半径小等自然环境给机车乘务员驾驶带来的困难,要加强乘务员适应性方面的研究,包括出勤适应性检测、驾驶感知疲劳、驾驶行为疲劳、驾驶失衡疲劳、驾驶可靠性、职业适应性等。另外,由于自然环境和运输组织的特殊性,应当加强行车人员在缺氧和高寒条件下(青藏铁路等)劳动保护和医疗保健等方面的研究。

1.2 设施设备安全保障系统

行车设施设备包括移动设备和固定设备,其功能是以铁路行车安全、畅通为目标,按照“以设备保安全”的思路,利用分散安装在各个地点的设施设备,通过现代成熟的监测控制技术,及时准确地采集和收集各种铁路行车安全信息,并结合计算机及网络技术的应用,对铁路行车安全相关的各因素进行全方位监控,通过安全可靠性模型处理,将收集到的安全信息利用数据挖掘手段进行深层次的分析,对安全信息做到及时反馈,使铁路行车安全有序可控。

总之是在设备自检、相互监测形成安全监控网络的基础上,动态实时地对危及行车安全的因素进行监测,建立起“机控为主、人控优先”的人机联控安全系统。按照各个监测设备的方位进行设施设备技术群的系统整合,建立包括“地对车、车对地、地对地、车对车”四个相互匹配环节的闭路循环监测子系统(也可按照传统的车、机、工、电、辆、供电等部门进行系统整合),体现出“数字铁路”的概念。

一般说来,“地对车”子系统包括货物列车超限、超偏载检测,红外线轴温监测,车轮踏面擦伤检测等;“车对地”监测子系统包括轨道动态检测单元(晃车仪)、机车信号记录仪、综合检测车等;“地对地”监测子系统包括车站微机联锁监测、道岔状态监测、轨道电路监测、牵引供电监测、道口安全监测、桥梁和隧道监测等;“车对车”监测子系统包括列尾装置监测、列车运行监控装置、机车轴温监测、机车故障监测、列车运行品质动态监测、旅客列车车载安全监

测等。

应当指出,各设施设备是整个行车保障体系的信息源点,它们在现场布设的合理性将直接影响到整个保障体系的有效性。因此,要按照均衡性、经济性、针对性、便利性、选择性等原则统筹安排,综合考虑各类检测设施设备的具体布点方案。

1.3 环境安全预警保障系统

环境安全预警保障系统主要针对自然环境对行车安全的影响采取的必要措施。铁路运输处于全天候的自然环境中,大风、洪水、雪害、雷电、塌方、滑坡等会对行车安全造成危害,我国铁路目前还未形成完善的自然灾害监测报警系统,对自然灾害的抵御能力较差。因此,要通过研究和安装环境监测预警设备,在环境变化达到临界状态以前给出报警。

该系统包括沿线地质信息、气候信息系统、水文信息等子系统。沿线地质信息子系统是针对铁路沿线的地质情况设立有针对性的监测点监测地震、泥石流、山体滑坡等地质灾害,一旦上述灾害发生,立即发布紧急信息,确保行车安全;沿线气候信息子系统主要针对沿线特殊地段的风速和雪害监测,当风速超过安全行车范围时发布紧急信息;沿线水文信息子系统重点监测汛期易发生特大洪水和暴雨的地段,及时发现危及行车安全的汛情。

据不完全统计,全国铁路沿线分布有泥石流沟 1 386 条,大中型滑坡 1 000 多处,崩塌近万处。20 多条铁路干线、60 多个车站受到地质灾害的严重威胁,这些灾害主要出现在山区。因此在行车安全保障体系中应重点完善山区铁路环境监测预警,并要形成网络,监测突发的、随机的自然灾害。可以借鉴国内外先进的环境预警技术,针对山区铁路隧道、桥梁、山体滑坡、落石、泥石流、水害等进行集中监测,给决策者以参考,确保行车安全。

1.4 行车安全应急救援系统

目前,我国铁路救援工作大多是依靠经验,行车事故发生后往往由于信息传递不够详细,方案制定不够准确,造成救援工作混乱,救援效率低。行车安全应急救援系统是以行车事故发生后尽快消除事故对铁路运输的影响,迅速恢复线路畅通,提高救援效率为目的建立起来的。该系统利用 DMIS 系统(铁路调度管理信息系统)、卫星云图、动态图像传输系统和 RGIS(铁路地理信息系统)等,及时掌握事故和灾害情况,以及事故现场的地形、地貌和设备状况,实施快速救援,减少事故、灾害损失,尽快恢复列车运行。系统包括行车事故数据库、铁路设备地理信息、事故救援决策支持以及行车救援子系统等部分。

行车事故数据库可收集和存储近 10 年来行车事故中人员、设备、环境因素及其事故其他情况,包括事故类型、概况、发生时间、地点、直接作业人员、主要和次要责任者、事故原因、直接经济损失、事故设备状况、事故后跟踪管理等情况信息。可以进行事故查询,提供事故分析报告,包括事故发生原因、事故性质和后果、事故处理意见、事故防止措施等内容,这些内容也是对行车人员进行安全教育不可缺少的内容。

铁路地理信息子系统通过地图与信息相结合的方式,全面、直观、准确反映铁路设备的分布、现状及技术特征,为行车事故救援工作提供全新的技术手段。按照我国铁路的管理模式,子系统包括铁路局和站段概况图、桥隧概况图、救援列车设备概况图、车站平面图、枢纽示意图等,可以采用空间导航、地址匹配等定位方式,使用户快速地定位、显示行车设备图,为行车事故救援提供决策依据。

事故救援决策支持子系统将事故现场的信息通过系统内部推理,结合汇集尽可能多经验的专家救援知识库,根据事故地点、机车、车辆脱轨、颠覆状况、线路损坏和救援设备等条件,快速推理、制定出合理、有效、准确、符合现场实际的救援方案,克服经验决策的局限性,必要时能对推理出的方案进行解释。系统内的知识库主要存放事故救援专门知识,线路详细情况以及救援力量分布等等,其推理机可以采用正向逻辑推理,通过将用户输入的原始事故信息与知识库中的规则的的前提条件进行匹配得出结论,这也是该子系统建立的难点所在。

行车救援子系统包括消防车、医疗救护公安,救援列车和综合维修基地,其中综合维修基地又由大型机械化养路段、动车拖车维修、供电接触网维修、工务维修、通信信号维修等部分综合组成。可以充分利用其他各子系统所得信息,充分掌握列车的运行情况,开展综合性的行车救援工作。

2 结论和建议

从“人-机-环境”的角度,建立铁路安全保障体系是强化和完善铁路行车安全管理的重要措施,有利于行车安全信息集中统一管理,增强各部门间相互沟通能力,提高处理行车安全问题的工作效率。保障体系实施框架为我国铁路行车安全保障体系的建立提供明确的思路,建议在以下几个方面需要进行深入的研究。

(1)铁路行车安全保障体系要有一套安全可靠理论作为支撑。以往的铁路行车安全可靠研究都是分析以设备为主的系统故障性、可靠性指标等,很少从总体上在“人、机、环境”3个方面对行车安全保障进行研究,从而做出有针对性的综合评价,建议从危及行车安全的各种因素入手,创立铁路行车安全保障的可靠性理论体系,为进一步研究鉴定基础。

(2)建立不同级别的安全监控中心对安全信息进行综合管理。铁路固定设备、移动设备、各环境监测系统等采集到的设备情况以及环境状况等信息通过行车安全综合监控网络传送到行车安全监控中心(可以设在调度指挥中心),该中心按铁路局和站段分设,铁路局安全监控中心能够及时准确地处理各个监测系统产生的信息,分析传送的数据,并对数据进行归纳、整理和分析,负责按车、机、工、电、辆、供电等部门分类存储,能通过数据挖掘分析技术获得行车安全增值信息,再对各类数据进行模糊评价,评定危险等级,进行综合决策,在发生行车事故时决定是否启动行车安全应急救援系统,然后将危及行车的安全信息传送到各个行车相关部门,以便及时采取有效措施,保证行车安全。同时,站段安全监控中心将各种信息传输给铁路局监控中心备查,或遇有需要铁路局决策的信息时请示铁路局安全监控中心寻求帮助。另外,各相关部门将处理结果以及危及行车安全因素分析要及时反馈到铁路局安全监控中心。

(3)建立和完善必要的信息传输网络,确保信息传输有条不紊。各个监测系统信息传输网络分为地面网络和车载网络。地面信息传输网络是指各监测点接入区间综合信息传输系统,再进入站(段)局域网,从站(段)接入综合监测系统,数据流向为监测点(区间传输系统)-站(段)局域网-铁路局安全监控中心;车载网络是各监测点接入车载局域网,经车载信息传输系统直接发送到铁路局监控挥中心,数据流向为监测点-车载局域网-车载信息传输系统-铁路局安全监控中心。

(4)对高速铁路的安全保障体系进行专项研究。高速铁路也是由车、机、工、电、辆等诸多部门联合完成的开放型复杂动态系统,其基本要素的构成也是“人-机-环境”相互关联的系

统,但与普通铁路相比,存在着列车运行速度和密度的极大差别;存在着现代高新技术含量上的巨大差异;存在着人、机功能分工、组合上差别。可以预见,高速铁路的固定设备和移动设备必然将大大强化,对行车人员的素质要求大大提高,发生行车事故的潜在概率也比较大,所以必须加强适应我国实际情况的高速铁路安全保障体系的研究。

高速铁路运营安全保障体系研究

摘要:安全是高速铁路运营的生命线。在日常运营中,突发的设备故障、恶劣天气、异常事件将极大影响列车运行秩序,威胁列车运行安全。结合高速铁路运营事故分析、国外高速铁路运营安全对策、我国高速铁路安全现状分析,根据安全系统工程原理,从人-机-环境-管理的角度,提出建立起高速铁路运营安全保障体系,以便为我国高速铁路运营安全保障提供思路和方法。

关键词:高速铁路;运营;安全;保障体系

经过近 10 年的建设与发展,我国高速铁路在技术集成、运营管理方面都取得了突破性进展。截止 2015 年 12 月,我国高速铁路运营里程已达 1.9 万 km,比世界上其他国家高速铁路运营里程总和的 2 倍还多,占世界高铁运营里程的 60%。我国高速铁路在国民生产生活中已成为不可缺少的交通工具。高速铁路是高新技术的系统集成,与普速铁路相比,存在着现代科技上的巨大差异;存在着人、机功能分工和组合上的差别。高速铁路运营列车速度大、行车密度大、安全要求高等特点,高速铁路在各方面安全管理都要比普通铁路严格许多。在日常运营中,突发的设备故障、恶劣天气、异常事件将极大影响列车运行秩序,威胁列车运行安全。安全是高速铁路运营的生命线。国外没有像我国这样大规模地建设和运营高速铁路,这是我国不同于其他国家之处,研究高速铁路运营安全具有更重要的现实意义。本文结合高速铁路运营事故分析、国外高速铁路运营安全对策、我国高速铁路安全现状分析,根据安全系统工程原理,从人-机-环境-管理的角度,结合安全风险管理的理念和方法,提出建立起高速铁路运营安全保障体系,以便为我国高速铁路运营安全保障提供思路和方法。

1 高速铁路运营事故简析及国外安全对策

高速列车的软、硬件要求较既有线列车有了很大的提高,其列车运行规律、性能及其与环境的相互作用等也与普通铁路列车有本质上的区别。高速铁路发展至今,全球共发生过多起恶劣的高速列车运营事故。

(1)特别重大事故:1998 年德国的 ICE884 次列车因轮箍断裂造成列车脱轨,造成 100 人死亡,60 人重伤;2005 年日本新干线福知山线因列车超速脱轨造成 107 人死亡,549 人重伤;2011 年我国“7.23”甬温线因雷击信号失效造成动车追尾事故,造成 40 人死亡,210 人受伤;2013 年西班牙 Alvia151 列车由于超速行驶造成脱轨事故,造成 80 人死亡,170 人重伤;2015 年 11 月 14 日,法国高速列车在法、德国境斯特拉斯堡附近测试试验时,在高速线向既有线运行时因超速坠桥脱轨,造成 11 人死亡,42 人受伤,其中 12 人重伤。事故发生时,车上总人数为 53 人(法铁技术人员 49 人)。

(2)重大事故:2002 年法国发生一起一辆由巴黎开往维也纳的高速列车由于列车电路短路造成车内 12 人窒息死亡的重大事故;2006 年法国一列高速列车由于轨道路基缺陷造成列

* 本文收录于《第三届智慧城市与轨道交通学术会议论文集》(苏州 2016 年 4 月),中国城市出版社。

车出轨,导致 14 人受伤。

(3)一般事故:2004 年日本由于地震造成“朱鹭 325”次列车出轨,但没有造成人员伤亡;2011 年韩国一辆 KTX 列车由于列车螺母松动造成列车脱轨,导致全线停运;2013 年首尔由于调度失误造成 3 列列车碰撞,导致 9 节车厢出轨,无人员伤亡。

可见,高速铁路运营事故是由于设备故障(包括固定设备、车载设备、轨道线路、信号控制、供电设备)、环境气候变化以及人的失误(行车人员失误、司机误操作)等三个因素相互影响、相互作用的结果。

目前,日本新干线、法国 TGV、德国 ICE 是世界上高速铁路运营方面的三大体系,三个国家虽然都有完善的技术设备和人员保障,但由于设备故障或恶劣的自然环境造成的事故仍然屡见不鲜,三个国家都在结合自身国情和常见故障类型制定应急预案积极研究新技术保障高速铁路运营安全。主要包括:按照“科技保安全”的思路,在先进技术上为高速铁路安全提供必要的基础保障;考虑到设备的正常运转离不开人的正确操作,逐步深化实现人机系统的协调统一;因自然环境、地形特征和运营条件等不同,在结合运营实际方面采取重点防护的策略;对设备、人员操作、环境影响等方面实施行之有效的监控;在管理上加强安全监督等。

2 我国高速铁路安全现状分析

我国高速铁路已经成为以 CRH 为标志的世界上高速铁路运营第四大体系。但是,我国高速铁路技术从国外引进,消化吸收再创造时间较短,目前尚处于磨合期,高速铁路安全规律尚在摸索之中。高速铁路是由土建、轨道、车辆、供电、通信、信号和控制多个子系统构成的复杂系统,是高质量、高稳定性的土建工程、性能优越的高速列车、先进的高速列车,是先进可靠的列车运行控制系统以及高效的运输组织管理体系的集合体^[1]。根据安全系统工程的事故致因分析,任何事故都是由人、机、环境、管理四方面的因素造成,我国高速铁路安全现状相关分析如下。

2.1 行车人员风险问题

高速铁路安全系统中的“人员”是指作为工作主体的人(操作人员或管理人员),如高速铁路行车系统的司机、值班员、调度员、高速铁路调度值班副主任等,他们既是安全管理的实施者,又是安全管理的实施对象,在安全系统中起主导作用,是高速铁路安全系统的核心。在高速铁路运营系统中,“人”通过对铁路基础装备的操纵、控制和监督来完成各项作业,铁路运营中的部分事故是由人的不安全操作引起的。“人”既可以是事故的引发者,又可以是事故的受害者,具有双重属性。

面对着高速铁路高精端的先进设备,行车人员是高速铁路安全防护的一层防线。高速铁路调度是日常高速铁路运输组织的指挥中枢,承担着日常运营组织及非正常应急处置等重要职责,是高速铁路运营安全生产的关键。随着 CTC 分散自律调度集中在高速铁路区段的普遍应用,高速铁路调度不仅承担着传统意义的调度指挥,也取代了既有线车站值班员负责车站的作业指挥方式,仅在中间站设置一名应急值守人员负责日常的行车安全应急处置工作。高速铁路作业人员包括:列车调度员、动车组司机、随车机械师、车务应急值守人员及其他相关人员,其行为贯穿于整个运营组织、作业、运行的全过程,在很大程度上决定了高速铁运营安全的

可靠性。大量新技术设备的投入使用,对高速铁路作业人员的综合素质、应急处置水平提出更高要求,需要作业人员具有更高的技能和更全面的知识结构,工作中的疏忽、高速铁路设备操作错误以及在动车组运行过程中发生的设备故障处理不当等,都将直接或间接地构成安全隐患。当前高速铁路作业人员素质不相适应,而且部分高速铁路司机、维修人员工作压力较大,疲劳程度高。主要表现在:

(1)高速铁路技术发展迅猛,但行车人员缺乏必要的培训。例如,目前高速铁路车站人员业务培训还没有相关的模拟系统,行车人员素质和技术水平并没有同步提高,很多时候是按照普铁的安全管理做法管理高铁,高速铁路需要更加敏感的安全风险意识,其应急处置具有突变性和紧迫性。

(2)列车调度员直接指挥动车组司机,司机直接向列车调度员汇报或反馈信息,车站仅设应急值守人员,按线编制《行车组织细则》,不仅是作业层面,而且技术管理也要求上移至铁路局。近年来,在高速铁路运营实践中,受设备条件、传统观念、部门本位主义求稳避责等影响,遇问题往往习惯上立足于传统思维,采取传统作业组织方式解决,不能适应新的作业环境和新的作业要求,特别是随着高速铁路大幅度开通运营,矛盾较突出,风险不断。

(3)车站行车人员素质不适应。高速铁路车站值班员(应急值守)岗位,在高速铁路运营之初依靠既有普速铁路站段选拔一批优秀车站值班员到高速铁路车站,但随着高速铁路运营规模增加,通过普速站段培养输送满足不了高速铁路站段需求。

2.2 设施设备风险问题

设施设备是指高速铁路运营系统中影响运营安全的基础设施和关键设备,如高速铁路行车系统中的线路、轨道、桥梁、接触网、动车组、通信系统、电务信号、调度指挥系统等。高速铁路设施设备从设计制造开始,故障—安全的设计原则就贯穿始终。高速铁路设备可分为线路、接触网等固定设备,动车组移动设备和 CTC 调度集中等软件使用设备。整个高速铁路系统是一个大综合体,涉及车站、计划编制、维修、调度等众多部门,要保证高速铁路运营的安全,各子系统必须互相配合,协同作业。高技术不等于高保险。随着高速铁路的快速发展,高速铁路设备的安全隐患在高速铁路运营管理中逐步显现。

(1)设备故障情况。以京沪高速铁路为例,据统计:2014 年该线发生的设备故障中,车辆故障主要包括走行部、车门、空调、连接装置故障,轴温高,制动装置故障,轮对及转向架故障;供电设备故障主要包括接触网挂异物、供电单元跳闸、受电弓故障等;其他还有 ATP 故障,信号和通信设备故障包括高速铁路信号设备采用 CTCS-2、CTCS-3 列控系统,CTCS 列控系统与计算机联锁设备、ZPW2000 轨道电路等既有信号设备的联通,以及与 CTC/TDCS 调度指挥系统、GSM-R 铁路移动通信系统故障等故障;还有道岔故障、CTC 设备故障等。遇有设备故障情况发生,列车运行秩序就相应会被打乱,客观上降低了运输能力^[2]。

(2)部分高速铁路线路基础存在隐患。因为高速铁路线路 80%以上采用高架形式,有些线路由于地下水的开采过度,地面发生沉降的情况比较严重,导致高速铁路线路线位不稳定,特别是高架线路与地面线路的衔接部位,容易产生三角坑等线路病害。

(3)有时动车组车载控制系统与信号设备间的兼容性存在不协调。在动车组故障实际处理过程中,动车组机械问题主要涉及走行部、车门、空调、连接装置等,出现问题后,随车机械师