

文章编号：1005-8451(2013)11-0001-04

高速铁路技术创新对人因安全的影响分析 与对策研究

戢晓峰¹, 崔梅¹, 魏雪梅²

(1. 昆明理工大学 交通工程学院, 昆明 650500; 2. 昆明地铁运营有限公司, 昆明 650500)

摘要：人因安全是高速铁路系统安全的重要保障，人因安全管理与控制更是高速铁路安全管理体系的重要组成部分。随着我国高速铁路技术持续创新，建设与运营水平不断提高，各项设备的可靠性得以提升，而大量新技术、新装备的广泛使用和铁路改革的不断推进，使得人因失误成为高速铁路系统安全的最大威胁。由于我国铁路人因安全相关研究与实践较为匮乏，目前人因安全理论与技术在高速铁路安全管理中未得到工程应用，以至出现了对人因安全与设备安全（可靠性）两方面的研究及实践不相匹配的局面。因此，在高速铁路技术创新过程中，必须科学分析与评估技术创新对人因安全的影响，提出可操作性的人因安全管理对策。

关键词：高速铁路；人因安全；技术创新；系统安全；安全管理

中图分类号：U238 : TP39 文献标识码：A

Impact analysis and countermeasures research on technology innovation in high-speed railway for human-factor security

JI Xiaofeng¹, CUI Mei¹, WEI Xuemei²

(1. Faculty of Traffic Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China;
2. Kunming Rail Transit Group Co., Ltd, Kunming 650500, China)

Abstract: As the important guarantee of high-speed railway security, the management and control in human-factor security were the most important parts of security management system in high-speed railway. Following with the continuous innovation of high-speed railway technology and the constantly improvement in construction and operation level, reliability of various equipments could be improved. With the widespread use of large numbers of new technologies and equipments and the continuously promoting in the reform of the railway, human error became the greatest threat in high-speed railway security. As researched and practiced on railway safety-related human factors were scarce in China, the theory and technology of human-factor security couldn't be used in engineering applications, which caused the mismatch situation between human factors security and equipment safety(reliability). In the process of technological innovation in high-speed railway, the influence technological innovations on human-factor security should be scientific analyzed and evaluated, and operability solutions were proposed on human-factor security management.

Key words: high-speed railway; human-factor security; technological innovation; system security; security management

保障行车安全是高速铁路提供高效、优质运输服务的前提，也是全社会对高速铁路运营的共同关注点。随着我国高速铁路建设与运营水平的不断提高，各项设备的可靠性均得以提升，运行环境得到明显改善^[1]；而操作人员作为人机系统

收稿日期：2013-03-20

项目基金：教育部人文社会科学研究青年项目（12YJC630068）；国家自然科学基金项目（61263025）。

作者简介：戢晓峰，副教授；崔梅，在读硕士研究生。

的重要一方，狭义上，由于其生理、心理、社会与精神等特性的不同，既存在各自的内在弱点，又有不同程度的可塑性和难以控制性；广义上，尽管系统的自动化程度得以提高，但归根到底还要由人来设计、控制、操作、维修、组织、管理和决策，因而人的可靠性显得愈来愈重要。研究证明，具有能动性的人是保障安全的核心要素，也是安全问题的重要诱因^[2]。高速铁路系统运营过程中存在大量人的因素，是典型的以人为中心

的复杂工业系统，保障人因安全一直是高速铁路安全管理的重点。

本文在分析高速铁路技术创新对人因安全影响的基础上，系统梳理高速铁路人因安全问题的表现形式与关键环节，并提出高速铁路人因安全的具体对策，为高速铁路人因失误分析与反馈控制提供理论依据。

1 铁路系统的人因安全研究

由于世界范围内高速铁路技术的快速发展，大量新系统、新技术被广泛采用，铁路人因安全逐渐成为研究的焦点。国外对铁路的人因安全十分重视，如 Edkins 等^[3]以澳大利亚国家铁路管理模式为例，分析了主动安全管理对铁路人因安全的影响机制；David^[4]分析了铁路安全的属性特征，并对人因安全管理的发展趋势进行了评述；Vanderhaegen^[5]提出了一种非概率的铁路人因可靠性分析方法，运用简化的认知模型来确定人的不可靠性行为的影响；John 等^[6]对铁路运营中人的因素进行了系统分析，指出了人因对铁路系统整体安全的重要影响；Cacciabue^[7]尝试在大规模铁路系统中运用人因失误风险管理，通过分析员工的工作流程识别影响安全与可靠性的行为因子；Wilson 等^[8]系统分析了当前全世界各国铁路行业人因安全研究与实践的现状，总结了大规模进行人因安全管理的模式。目前，相关研究更集中于机车乘务员的警惕性与疲劳度识别、感知模型、鉴别能力，调度中心控制人员的精神压力、工作负荷、协同作业能力等，如 Lawton^[9]建立了铁路员工的人因失误分类模型，重点分析了违反操作规定的动机与行为因素。

国内的铁路人因安全相关研究近年来也逐步展开，这些研究同样集中于关键人员选拔及监控、安全评价等，如贾利民^[10]分析了高速铁路运营安全保障技术体系，指出作业人员安全控制的复杂性与动态性；鲍枫等^[11]分析了我国两起典型的铁路重大事故，指出事故发生的主要原因为人的因素，叶龙等^[12]以机车乘务人员群体为目标，提出了人的安全性评价的定义与评价体系。由于铁路系统的自动化程度越来越高，某些重要岗位工作人员（如机车司机、调度员、值班员等）的行为对

铁路系统安全负有重要责任，如谷鸿溪等^[13]分析了铁路行车关键工种，指出应逐步改善和优化关键人员的心理特性，分类建立行车关键人员的人因数据库；赵跃等^[14]分析了铁路调度系统中人因失误产生的原因，并提出了相应的控制措施；戴晓峰等^[15]评价了铁路安全人因研究现状，建立了初步的人因安全管理模式，并提出了人因可靠性分析在铁路安全管理中的运用方法。

尽管上述研究为高速铁路人因安全管理提供了理论依据，但针对高速铁路技术创新的影响还需进行深入研究：

(1) 人因失误已成为影响高速铁路系统安全的因素之一，研究表明高速铁路系统人的行为特征与规律尤为重要，尤其是通过采集实际的高速铁路人因失误数据，探讨高速铁路人因安全机理的辨识方法已经成为安全管理的基础理论工作。

(2) 依据文献检索和现场调查，可以发现与航空、核电站、煤矿等行业比较，高速铁路系统的人因安全相关研究较为匮乏和分散，未能引起行业管理决策层的重视，较少的成果也未见全面推广，特别是针对我国铁路行业特点的人因安全相关研究更为缺乏。

(3) 目前，我国高速铁路人因安全相关研究仍处于初级阶段，关于高速铁路人因安全机理辨识与反馈控制的研究并不多见，已有研究主要集中于初步的行车岗位可靠性分析、关键人员的选拔与疲劳监测等。应建立人因安全控制的评价指标体系，根据人因安全现状与人因事故特征规则，提出合理的人因安全管理对策。

2 高速铁路技术创新对人因安全的影响分析

高速铁路列车运行速度较普通列车有很大提高，列车运行规律、性能及其与环境的相互作用等与普通列车有本质的区别。高速铁路不允许发生重大事故，其原因是处于高速移动状态下的列车，一旦发生设备异常和违章操作，可供纠正和避免事故的时间很短，可供选择的方式也很有限，速度愈高，破坏力愈大。显然，高速铁路系统运营过程中存在大量人为因素。由于我国铁路人因相关研究较为匮乏，使得目前人因相关理论与技术在铁路安全管理领域并未得到普遍应用，以至

出现了对人因安全与设备安全（可靠性）两方面的研究不相匹配的局面。目前我国的高速铁路安全管理主要侧重两个方面：（1）贯彻各级安全生产责任制；（2）不断提高设备自动化程度与可靠性。而人因安全管理主要依靠各种形式的安全教育，同时对事故、违章责任者采取经济及行政处罚等，较少对人因失误所产生的根源和环境进行系统分析，更缺乏人因安全的评估工具与方法。

此外，随着高速铁路运营信息化的广泛应用，高速铁路已成为更为复杂的人机系统，从而对人的可靠性也提出了更高的要求。高速铁路技术创新对作业人员的综合素质提出了更高的要求，运营部门越来越重视对人员的选拔和培训。高速铁路技术创新总体上将提高铁路系统的可靠性和人员绩效，但是技术创新也可能对人的绩效产生不利影响，如出现新的人因失误或降低人因可靠性等。分析高速铁路技术创新中的人因安全特征，主要表现在以下几个方面：

（1）作业人员角色转变。高速铁路技术创新过程中，作业人员角色相对于传统控制系统发生转变。由于高速铁路的状态信息和运营信息共享，增加了交流与合作，相对弱化了作业人员的责任，改变了作业人员的功能角色；另一方面，技术创新对作业人员的职业素质、心理素质、身体素质等有了更高的要求。

（2）交流与协作更为重要。高速铁路运营参数信息、预警信息、信息化规程、信息化的操作支持系统等信息共享，改变了作业人员结构和信息交流方式，增加了作业人员之间以及作业人员与应急人员之间的交流与协作。

（3）作业人员的认知负荷获得关注。高速铁路技术创新是高度自动化的系统，使得作业人员从操作者变成了监控与诊断者，对人员的能力和经验产生更高的要求，作业人员的认知负荷因此增大并需要特别关注。

3 面向高速铁路技术创新的人因安全管理对策

为了确保高速铁路系统安全，构建符合高速铁路系统运营及控制特征的人因安全管理框架，已经成为高速铁路安全管理的迫切需要。高速铁

路人因安全管理的范畴主要包括：作业人员的选拔与评价、认知可靠性、人机界面设计、工作负荷、人因失误分析、人因安全评价与反馈控制等。

（1）分析高速铁路人因安全的属性特征与作用机理，识别高速铁路人因安全的影响因子，并构建高速铁路人因失误数据库。依据高速铁路作业流程与安全需求，基于统计分析识别人因安全的影响因子。采集典型的高速铁路人因失误案例数据，构建人因数据库模型，为利用数据库进行信息化安全管理提供信息平台。

（2）系统分析高速铁路人因失误的根源，建立行车关键岗位的人因可靠性分析模型，提出铁路人因失误的分类方法与情境环境分析方法。深入探讨高速铁路人因失误产生的背景与根源，分析关键岗位的人因可靠性，从作业负荷、作业环境、培训背景与岗位流程等方面，分析高速铁路人因失误产生的背景根源与影响因素；依据人因可靠性分析理论，建立高速铁路行车关键岗位的人因可靠性分析模型，深入分析调度员与车站值班员的岗位可靠性；提出人因失误的分类方法与情境环境分析方法，探讨高速铁路 HRA 手册的编制方法与可行性。

（3）建立科学的高速铁路人因安全定量评估方法。依据高速铁路事故信息与隐患信息的特征属性，从人因数据库中提取人因失误的特征规则。构建高速铁路行车部门的人因安全定量评估方法，为各项人因安全控制策略设计提供基础信息，剖析各种因素对高速铁路人因安全的实际影响。

（4）提出高速铁路人因安全的反馈控制模式，并设计合理的人因安全信息反馈策略。高速铁路人因安全的反馈控制模式包括了人因安全管理模式规划、安全信息反馈策略、重点岗位可靠性评估等各个层面的保障对策与实施措施。分析重点岗位在不同作业状态下的信息负荷与认知模式，建立调度员与车站值班员的认知可靠性模型，评估不同作业场景中关键岗位人员的认知可靠性，并探讨行车班组的认知模型。

4 结束语

高速铁路的人因安全管理，必须从系统层面
(下转 P8)

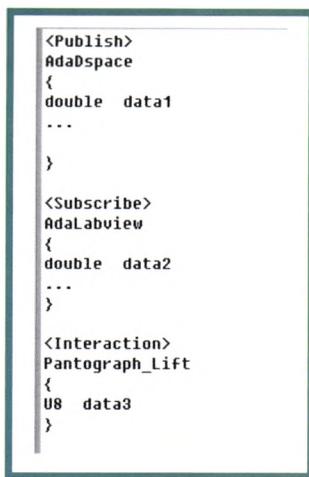


图8 SOM中对象类、交互类和订购类的定义

4 结束语

基于 HLA/RTI 的分布式协同仿真正逐渐成为仿真的主要发展方向。基于 RTI 的协同仿真系统交互方法的实现，成功验证了 HLA/RTI 技术在高速列车的协同仿真上的实用性。

(上接 P3)

进行人因安全机理辨识，并在进行科学评价人因安全状况的基础上，设计人因安全的反馈控制模式。本文结合高速铁路技术创新的背景分析，阐述了高速铁路运营过程中人因安全的实际特征与发展趋势，并提出新形势下高速铁路人因安全管理对策，为高速铁路人因失误分析与控制提供理论参考。

参考文献：

- [1] 戴晓峰, 刘 澜. 铁路系统安全人因研究综述 [J]. 人类工效学, 2007, 13 (4): 51-54.
- [2] 阎国华. 技术创新过程中的人因安全问题及其管理对策研究 [J]. 科技进步与对策, 2012, 29 (19): 8-12.
- [3] Edkins G D, Pollock C M. Pro-active safety management: application and evaluation within a rail context [J]. Safety Science, 1996, 24 (3): 83-93.
- [4] David E. Rail safety [J]. Reliability Engineering and System Safety, 2001, 74 (3): 291-297.
- [5] Vanderhaegen F. A non-probabilistic prospective and retrospective human reliability analysis method-application to railway system [J]. Reliability Engineering and System Safety, 2001, 71 (1): 1-13.
- [6] John R W, Beverley J N. Rail human factors: past, present

参考文献：

- [1] 周 彦, 戴剑伟. HLA 仿真程序设计 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [2] IEEE. IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA) Object Model Template (OMT) specification IEEE Std 1516[S]. 2009.
- [3] 唐 凯, 康凤举, 黄永华. 一种在分布交互仿真系统中使用 Simulink 模型的方法 [J]. 系统仿真学报, 2007, 19 (4): 787-789.
- [4] 郭 斌, 熊光楞, 陈晓波, 塞 佳. MATLAB 与 HLA/RTI 通用适配器研究与实现 [J]. 系统仿真学报, 2004, 16 (6): 1275-1279.
- [5] 萧国强. 基于 HLA 的协同仿真研究 [D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2011.
- [6] 张亚崇, 严海蓉, 孙国基, 钟联炯. 基于 HLA/RTI 的联邦成员开发 [J]. 计算机工程, 2003, 29 (14): 3-5.

责任编辑 陈 蓉

- and future [J]. Applied Ergonomics, 2005, 36(6): 649-660.
- [7] Cacciabue P C. Human error risk management methodology for safety audit of a large railway organisation [J]. Applied Ergonomics, 2005, 36 (6): 709-718.
- [8] Wilson J R, Norris B J. Human factors in support of a successful railway: a review [J]. Cognition, Technology & Work, 2006, 8 (3) : 4-14.
- [9] Lawton R. Not working to rule: understanding procedural violations at work [J]. Safety Science, 1998, 28 (2): 77-95.
- [10] 贾利民. 高速铁路安全保障技术 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2010.
- [11] 鲍 枫, 唐祯敏. 铁路安全与人为失误问题的研究 [J]. 中国安全科学学报, 2003, 13 (10): 45-48.
- [12] 叶 龙, 项芳芳, 沈 梅, 等. 人的安全性评价研究 [J]. 中国安全科学学报, 2003, 13 (10): 11-15.
- [13] 谷鸿溪, 张建伟. 铁路行车关键工种人员可靠性研究的几个问题 [J]. 中南工学院学报, 1999, 13 (2): 93-97.
- [14] 赵 跃, 叶 龙, 沈 梅. 铁路调度系统中人的失误原因分析及控制对策 [J]. 北方交通大学学报, 2001, 25 (5): 7-79.
- [15] 戴晓峰, 何增辉, 刘 澜. 基于 vague 集与粗糙集的铁路安全信息提取方法 [J]. 铁道学报, 2010, 32 (2): 14-17.

责任编辑 陈 蓉