

## 行车安全

文章编号:1003-1197(2007)02-0082-03

## 人因可靠性分析在铁路安全管理中的运用

戴晓峰,吴其刚,张在龙

(西南交通大学交通运输学院,四川成都 610031)

**摘要:** 现有铁路安全管理的研究与实践,都偏重于提升各项设备的可靠性,而人的可靠性并未得到应有的重视。应引进人因可靠性分析的理论与方法,将人因可靠性分析运用在铁路安全管理中,尤其对关键工种更需进行人因可靠性分析和作业人员应力分析。

**关键词:** 人因可靠性分析;铁路;安全管理

**中图分类号:** U298.1 **文献标识码:** B

在我国既有铁路线大面积提速,重载列车普遍开行以及兴建客运专线,铁路行车设备装备现代化和运营管理信息化取得很大进展的形势下,如何做到人机系统的整体安全则显得尤为重要。但现有铁路安全管理模式的研究与实践,仍以提升各项硬件设备的可靠性为主,如关于行车安全综合监控及安全管理系统的各项研究<sup>[1-2]</sup>,虽然职业卫生部门已开始从心理健康与行车安全的角度研究行车相关工种的职业适应性健康体检问题,但距人机系统整体可靠性要求还远远不够,人的可靠性因素还未能得到充分关注,甚至出现了对人及其行为的研究与各项硬件设备的研究不相匹配和断层的情况。大量具有人为差错的人机系统可靠性计算模型已经表明,一个复杂人机系统如果不充分考虑人的可靠性,系统的可靠性是不完整的,对铁路运输而言则更是如此。

### 1 铁路安全管理现状分析

铁路安全具有以下特性:(1)管理重于设计;(2)运营的分散性;(3)十分依赖人的行为因素;(4)事故后果对路内、外均会产生很大影响<sup>[3]</sup>。面对新形势下的新情况、新问题,如何实现对运输安全的有效管理则更为突出。

1.1 目前,铁路安全管理模式宏观上主要侧重两个方面:(1)依靠行政强制力来贯彻安全生产责任制。(2)集中人力物力,不断提高各项设备的现代化程度与可靠性,而对人的安全管理除依靠各种形式的安全教育(法制教育、安全意识教育等)外,对事故及违章责任者则采取经济和行政处罚等考核手段,没有系统分析人因失误产生的根源和环境。

1.2 如图1所示,在基层运营实践中,安全管理决策者和专职安全管理部门为了实现对各种安全影响因素的有效控制,必须在第一时间掌握安全生产控制、安全管理效果信息,并进行系统安全评价。但往往因铁路运营涉及面广、结合部多等客观原因,致使安全管理未能充分融入生产岗位及生产过程,存在着安全管理被动、“以罚代管”的现象,安全专职人员对基层单位的各种业务指导、安全检查,很大程度上存在着以完成量化要求为目的,以发生严重违章、事故的事后分析为主要途径的局面。同时,基层生产单位管理人员在日常管理中,也存在着诸如“好人主义”、“形式主义”等安全管理“外紧内松”的现象,埋下了安全隐患。这种滞后的经验型安全管理模式,可能会进一步削弱安全基础,使安全工作陷入被动局面<sup>[4]</sup>。

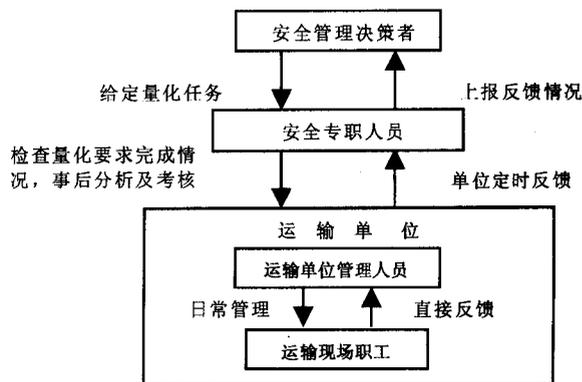


图1 现有铁路安全管理流程图

收稿日期:2006-11-20;修订日期:2006-11-30

作者简介:戴晓峰(1982-),男,湖北随州人,西南交通大学交通运输学院博士研究生,从事交通运输安全管理工程研究。

## 2 人因可靠性分析理论

随着科技进步和工程技术水平的不断提高,设备(硬件及软件)可靠性不断提高,运行环境得到明显改善。而人作为人-机系统的重要一方,狭义上,由于其生理、心理、社会、精神等特性的不同,既存在各异的内在弱点,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提高了,但归根到底还要由人来策划、设计、制造、控制操作、组织、管理、维修、训练和决策,因而人的可靠性显得愈来愈重要。事实上,人因失误已成为影响系统安全性的重要因素之一。据美国有关机构1995年统计,当今世界上所有人-机系统失效中,约有70%~90%直接或间接源于人的因素。在国内,核工业事故中约有70%与人因有关,化工、航空、冶金、矿山等行业也如此<sup>[5]</sup>。

人因可靠性分析(Human Reliability Analysis, HRA)是以分析、预测、减少与预防人的失误为研究核心,对人的可靠性进行定性和定量的分析与评价,在人机工程学与系统可靠性理论相结合的基础上发展起来的一门新型学科。目前,HRA研究已进入了结合认知心理学,以人的认知可靠性模型为研究热点的新阶段,即着重研究人在应急情景下的动态认知过程,包括探查、诊断、决策等意向行为,其核心思想是将人放在事故情景环境中去探究人的失误机理,而不是采取割裂的分解赋值方式。一些国外的研究机构正在致力于将人工智能方法与认知心理学等理论结合来实现这一新目标。此类方法也称第二代基于认知科学的动态HRA方法<sup>[6]</sup>,主要有认知可靠性和人误分析法(CREAM)和人误分析技术(ATHEANA)等。有关HRA理论及技术在行业的综合运用,现有研究集中于核电站和航天、航空领域,主要通过设计各种定量分析工具对人因可靠性进行综合评价,以找出影响主因子,加以控制和消除,从而减少人因失误。目前,铁路还未能结合本行业实际系统进行人因可靠性相关研究。

## 3 铁路行业引入人因可靠性分析的必要性

在大规模复杂人-机系统中,操作人员在长期训练及现场体验所获得的知识、技能和操作规程的基础上,通过“控制室”把握系统工作状态,进行复杂的控制操作。随着技术进步和大规模复杂人-机系统的发展,其运行特征对系统中人员行为模式产生了极大的影响,人因失误发生的可能性增大,且后果及影响易于恶化<sup>[5]</sup>。其主要运行特征如下:

### 3.1 系统更加自动化

操作人员的工作由过去以“操作”为主变为监视-决策-控制。人因失误发生的可能性及其后果和影响变得更大了。

### 3.2 系统更加复杂和危险

大量地使用计算机使得系统内人与机、各子系统间相互作用更加复杂,耦合更加紧密。同时,使大量潜在危险集中在较少的几个人身上(如中央控制人员)。

### 3.3 系统具有更多的防御装置

为了防止技术失效和人误对系统运行安全的威胁,普遍采用了多重、多样安全装置。这些装置大大提高了系统的安全性。但另一方面,对这些安全装置的依赖性又降低了操作人员对系统危险性的警觉。

### 3.4 系统更加不透明

系统的高度复杂性、耦合性和大量防御装置增加了系统内部行为的模糊性,管理人员、维护人员、操作人员经常不知道系统内正在发生什么,也不理解系统可以做什么<sup>[5]</sup>。

上述特征在铁路运营中也有十分明显的体现。当前,随着铁路运输及安全行车的计算机信息化管理的广泛应用,如:机车信号、黑匣子,工务系统的大型养路机械和轨检车,车辆的轴温检测系统,运输管理使用的TMIS及DMIS系统等,铁路已成为更为复杂的人机系统,对人的可靠性也提出了更高的要求。可以认为,对铁路机车乘务员的可靠性要求已接近于飞机乘务员,调度所的调度人员和大型编组站的站调人员的工作性质已趋同于与核电站主控室工作人员<sup>[7]</sup>,他们都要面对复杂的各种人-机(计算机系统和各种控制器)界面。因此,首先针对行车安全关键工种开展人因可靠性分析便显得尤为重要。

## 4 人因可靠性分析的实际运用

### 4.1 加强铁路安全领域人因事件的理论分析与研究

对我国铁路系统人因管理进行统一规划,并结合建立职业安全健康管理体系(OHSMS)推行人因管理;通过行之有效的人因事件分析(如人因可靠性分析、人因事件根本原因分析等)了解人为失误的薄弱环节和引发失误的根本原因,并通过有效的反馈体系,及时地将分析研究结果反馈到铁路系统的实际操作中,从而达到防范人因失误的目的。

### 4.2 关键工种分析

基于上述分析,可以认为机车乘务员、调度员及编组站站调、值班员等与行车密切相关工种都是铁路行业的关键工种。为尽量减少其人因失误,必须在提高设备可靠性的同时,进行人因可靠性分析,找出人因失误产生的影响因子,从而制定相应对策。

4.2.1 逐步引入先进的职业适应性体检方法,选拔、调配作业人员。同时,对关键岗位应设立合理的胜任标准,对新就业、转岗和提职人员进行人因可靠性、职业适应性检测与评估。

4.2.2 逐步引进现代信息技术和仪器设备,开展行车关键工种人因可靠性测试与分析。在此基础上,有针对性地进行训练和实践,改善和优化行车关键工种人员的心理特性,减少人因失误。

4.2.3 为科学管理各项人因可靠性数据,应利用计算机手段,分类建立行车关键工种人员人因工程数据库,尤其应首先建立机车乘务员的心理、生理特性数据库<sup>[7]</sup>,为人因安全管理提供计算机辅助手段。

#### 4.3 作业人员应力分析

研究表明,人在适度的应力水平下进行各项作业,会大幅度提高其可靠性。总体上说,处于高应力水平或不正常的应力水平,都会使人比在正常应力下更易导致不安全行为和风险产生。获知应力水平的主要手段包括问卷调查和专家(安全管理者)估计等,可不定期地进行评估和分析。通过应力分析,安全管理者可及时掌握人员和岗位的应力水平,按:(1)与工作任务相关;(2)与物理环境相关;(3)与社会环境相关3种方法对应力进行分类,并估算其安全水平。这些定性的数据,可以提供丰富、详细的与安全管理相关的信息。在铁路各项作业过程中,第(1)、(2)类的应力是可以部分解决的<sup>[8]</sup>,如第(1)类中的行车密度的变化、管理体制的变化、速度的变化等带来的应力变化;第(2)类中的岗位环境温度过高或过低等带来的应力变化。如在铁路管理体制发生重大改革时,大部分人员的应力会升高,从而带来不安全的因素。这时就需要安全管理者及时了解应力变化,有针对地进行交流和防范。而第(3)类应力虽然一般不易解决或成本很高,但需要安全管理者及时了解,提高安全防范能力。

#### 5 结束语

如果着眼于设计全自动化的设备来完全避免人的参与,不仅不合理,也是不可行的。为建立和强化人-机可靠性,必须系统地研究诱发人因失误的环境情景(Context),给予有效的限制和消除<sup>[6]</sup>。因此,人因可靠性分析在铁路安全管理中的整合应用,能够使铁路安全更为关注人的因素,通过减少人的失误,提高安全管理的科学性。由于人因可靠性分析的量化较为偏重主观因素,难以确立完善的模型,还需要进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 钱立新. 中国铁路行车安全技术保障体系的创新与实践[J]. 世界轨道交通, 2004, 12(12): 32~35.
- [2] 康熊, 管天保, 黎国清, 等. 沪宁线行车安全综合监控系统研究[J]. 中国铁道科学, 2002, 23(3): 1~5.
- [3] David Elms. Rail safety[J]. Reliability Engineering and System Safety, 2001, 74(3): 291~297.
- [4] 戴晓峰. 铁路中间小站安全管理现状及对策研究[J]. 铁道运输与经济, 2006, 18(3): 66~67.
- [5] 张力. 概率安全评价中人因可靠性分析技术研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2004.
- [6] 高佳, 沈祖培, 黄祥瑞. 人的可靠性分析: 历史、需求和进展[J]. 中国安全科学学报, 2003, 13(12): 44~47.
- [7] 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.
- [8] Alenka Hudoklin, Vojan Rozman. Reliability of railway traffic personnel[J]. Reliability Engineering and System Safety, 1996, 52(2): 165~169.

### An Application of Human Reliability Analysis in Railway Safety Management

Ji Xiao-feng, WU Qi-gang, ZHANG Zai-long

(School of Traffic and Transportation, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

**Abstract:** Research and practice on railway safety management were laid particular stress on upgrading the machines reliability nowadays, human reliability analysis wasn't applied synthetically in this field. Analysis on human reliability theory and technology were introduced, and the synthetical application of analysis on human reliability in railway safety management was designed. Two practicality methods were construed particularly which consisted of analysis the key type of work reliability, and stress analysis of railway worker.

**Keywords:** human reliability analysis; railway; safety management