

文章编号:2095-0365(2011)03-0001-04

FSA 框架下的铁路行车安全管理研究

王希良¹, 马毅²

(1. 石家庄铁道大学 土木工程学院, 河北 石家庄 050043;

2. 石家庄铁道大学 交通运输学院, 河北 石家庄 050043)

摘要:针对铁路行车安全管理工作复杂多源的特点,借鉴 FSA(综合安全评估)理论,在分析其铁路系统的适用性基础上,将其应用于铁路行车安全管理中。通过危险识别、风险评估、风险控制方案、费用与效益评估、提供决策建议 5 个步骤较全面地对铁路行车系统作出了分析评估。为铁路行车安全管理工作的开展提供了一种新的思路。

关键词:铁路行车;安全管理;综合安全评估

中图分类号:U298 **文献标识码:**A

保障行车安全是铁路运输永恒不变的话题,遵照“安全重在管理”的客观规律,在实际保障行车安全工作中必须注重安全管理的研究与实践,具体工作往往需要铁路部门在深入探究安全隐患的基础上,针对隐患构建一系列保障措施与方案^[1]。

多年来,通过铁路运输专家学者的大力研究,在保障铁路行车安全方面取得了大量的成果,一方面将系统工程理论应用于铁路运输安全管理,利用模糊综合评价法^[2]、可靠性理论^[3]、马尔可夫理论^[4]等方法探究铁路行车安全隐患并从行车系统整体上作出评价研究,为管理后续工作提供理论依据;另一方面,从“人员—设备—环境—管理”安全系统因素出发,提出了提高员工素质,加强设备可靠性,改善铁路运输企业管理体制,优化铁路运输环境等有效且可行的措施。

在此基础上,将综合安全评估(FSA)运用于铁路行车安全管理中,试图将探究安全隐患,系统安全评价,安全管理措施等各部分安全管理工作有机地结合起来,利用综合安全评估规范化的实施步骤,对铁路行车安全管理工作进行整体性研究,以期对铁路行车安全管理工作提供一种科学的理论方法。

一、综合安全评估方法

综合安全评估是一种规范化和系统化的评估方法,它基于数学概率论分析,将管理科学和工程技术结合在一起,通过各种手段找出系统中可能遇到或者出现的危险状况,分析危险状况发生的可能性及其后果的严重性,以达到在事故发生前就对风险有所预见的目的,从而采取控制措施降低风险,避免重大损失^[5]。综合安全评估通过危险识别、风险评估、风险控制方案、费用与效益评估、提供决策建议 5 个步骤,如图 1 所示,全面细致的对有关决策系统进行综合评估^[6,7]。根据需要不同,综合安全评估有(1)→(2)→(3);(1)→(2)→(3)→(5);(1)→(2)→(3)→(4)→(5)等用法。

(一)步骤一:危险识别

对所评估系统可能存在的危险因素加以识别,查找有关影响安全的因素。将危险因素尽可能按照程度高低不同排列在清单内。

(二)步骤二:风险评估

对各种危险因素的风险程度进行评估,找出

收稿日期:2011-04-22

©作者简介:王希良(1966-),男,教授,博士,研究方向:安全评价研究。http://www.cnki.net

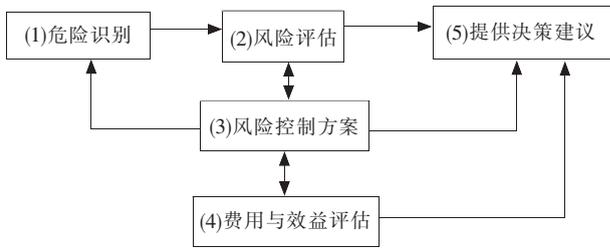


图 1 综合安全评估步骤

主要风险因素,推算出系统的总体风险水平,通过评估,使这些风险因素控制在可接受的范围内。

(三)步骤三:风险控制方案

有针对性地提出具体切实可行的降低风险的措施,形成规范的控制方案,识别出受所选择控制方案影响的相关方面。

(四)步骤四:费用与效益评估

从经济角度推算出风险控制方案带来的效益与支出的费用,并评估方案中各条措施的效益与费用。最后通过费效比作为确定重点措施与构建方案的依据。

(五)步骤五:提出决策建议

根据以上几步的评估结果,选取费效比最小的措施作为方案构建与实施的重点,或多方案比较中选择总体费效比最小的方案作为最优方案。

二、综合安全评估方法适用性说明

通过对综合安全评估方法 5 个步骤的分析,可以看出它既是一种安全管理方法,也可作为一种兼用其它理论方法的框架。对于运用于铁路行车安全管理具有以下适用性特征。

系统性:通过系统化、结构化的分析过程,综合考虑影响铁路行车安全的各方面因素。

开放性:综合安全评估不仅是一门系统、科学、独立的理论,而且还可以在其每一分析步骤中运用其它理论进行联合分析,即对其它评估理论开放,保证评价结果的准确性。

预见性:不仅能用于铁路事故发生后的事后性分析评估,更能在事故发生前就预见到其可能性,并系统地分析潜在危险发生的可能性和一旦事故发生其后果的严重性^[7]。

三、实例分析

根据上述综合安全评估方法,采用(1)→

(2)→(3)→(4)→(5)步骤,以昆明铁路局管内某铁路车站为例说明其行车安全管理过程。此车站等级为四等,位于中国西南部山区,具有自然条件复杂、员工文化程度偏低、设备安全保障措施落后等特征。

(一)危险识别

铁路运输系统是一个分布广泛的动态系统,这就决定了影响铁路行车安全的因素具有涉及面很广,错综复杂的特点。从安全系统工程学的观点出发,与铁路行车安全有关的影响因素可以分为四类:人、设备、环境以及管理。进行危险识别必须综合考虑上述四类影响因素,结合该车站的实际情况,选取人员安全管理、安全教育水平、职工技术业务水平、职工文化水平、职工劳动态度、行车设备基础性能、设备安全管理水平、作业环境安全保障、内部社会环境安全保障、自然环境安全保障、外部社会环境安全保障共 11 个危险性因素作为风险评估的基本要素。

(二)风险评估

应用未确知测度理论对通过危险识别得出的安全影响因素进行风险评估。把危险因素危险程度定为 5 级,Ⅰ级表示安全、Ⅱ级表示较安全、Ⅲ级表示一般安全、Ⅳ级表示不安全、Ⅴ级表示很不安全。用专家打分法对各安全影响因素进行打分,参与打分的专家共 10 位,每位专家 1 分,每项影响因素共计 10 分,分布于上述 5 个等级中。对安全影响因素评价结果如表 1 所示。

根据表 1 的情况统计,利用未确知数学^[8]的主观概率形式,列出单指标测度矩阵。

$$U = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.6 & 0.1 & 0.1 & 0.1 \\ 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.1 & 0.1 \\ 0.1 & 0.1 & 0.2 & 0.5 & 0.1 \\ 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \\ 0.4 & 0.3 & 0.1 & 0.1 & 0.1 \\ 0.1 & 0.3 & 0.1 & 0.3 & 0.2 \\ 0.1 & 0.4 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.6 & 0.1 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.3 & 0.4 \\ 0.1 & 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix}$$

利用信息熵原理^[8]计算出安全影响因素的评价权重向量

表1 风险因素评价结果

影响因素	I	II	III	IV	V
人员安全管理	1	6	1	1	1
安全教育水平	3	3	2	1	1
职工技术业务水平	1	1	2	5	1
职工文化水平	2	2	3	2	1
职工劳动态度	4	3	1	1	1
行车设备基础性能	1	3	1	3	2
设备安全管理水平	1	4	3	1	1
作业环境安全保障	1	1	1	6	1
内部社会环境安全保障	2	3	3	1	1
自然环境安全保障	1	1	1	3	4
外部社会环境安全保障	1	4	2	2	1

$\omega = (0.113, 0.088, 0.101, 0.043, 0.096, 0.088, 0.096, 0.113, 0.088, 0.096, 0.078)$

由权重向量可以看出,影响铁路行车安全的主要因素有人员安全管理、职工劳动态度、职工技术业务水平、设备安全管理水平、作业环境安全保障、自然环境安全保障,较符合车站实际情况。

根据未确知测度理论评价准则可知该车站行车安全评价向量为:

$W = \omega \times U = (0.159\ 5, 0.289\ 3, 0.172\ 1, 0.245\ 8, 0.133\ 3)$

置信度 λ 取 0.6,对评价特征分量依次求和,可知当 $k=3$ 时, $0.159\ 5 + 0.289\ 3 + 0.172\ 1 = 0.620\ 9 > 0.6$,此时安全水平已大于所给置信度,因此将安全水平等级定为 III 级,即车站行车安全状态级别属于一般安全状态。

(三)风险控制方案

依据风险评估所得到的安全水平及主要影响因素,有针对性地提出风险控制单方案中的各条措施,使方案能达到提高安全水平的目的。风险控制方案的具体措施包括 4 方面。

(1)人员因素方面:①深化员工培训,②开展安全大反思大检查活动,③采用激励机制,④优化工作时间,⑤增强员工自我调节能力。

(2)管理因素方面:⑥处理好干部与职工关系,⑦加强班组、各工种之间联系。

(3)设备因素方面:⑧加大设备使用人员业务培训力度,⑨培养设备使用人员安全习惯。

(4)环境因素方面:⑩加强自然环境监测力

度。

(四)费用与效益评估

在实际铁路运输系统中,由于安全水平的提高与材料、人力的支出是一个随时间变化且不易量化的变量,加之方案中各条措施的实施并不能在短时间内立杆见影地发挥作用,决定了对每条措施的投入费用以及取得的效益在现实复杂的情况下很难计算。针对上述情况,采用定性分析结合实际经验来评估费用与效益,并依据理论算法给出费用与效益评估的公式^[9]。

1. 费用评估计算

$$EXP_{rc0} = \Delta c + \Delta l$$

式中, EXP_{rc0} 为措施净费用; Δc 为措施实施费用; Δl 为措施方案损益。

实施费用主要包括材料投入费用、人工投入费用、方案实施流通费用,损益是因为方案的实施引起的资产消耗和企业负债。

2. 效益评估计算

$$EFF_{rc0} = \Delta d + \Delta a$$

式中, EFF_{rc0} 为措施净效益; Δd 为措施减损产出; Δa 为措施增值产出。

减损产出主要包括减少人员伤亡的数量,减少事故发生的频率,减轻环境损害的程度等,增值产出主要有树立铁路企业的良好形象,提高信誉度,保障员工的生命安全等。

3. 费用效益比 μ 的计算

$$\mu = \frac{EXP_{rc0}}{EFF_{rc0}}$$

由于费用与效益评估计算过程中包括大量定性的计算项目,且某些计算项目较难在短期内获得稳定取值,故只对费用与效益评估作定性分析。结合实际铁路行车安全管理经验可知,通常措施①、②、④、⑥、⑦费用较低,效益取得较大,即费效比低,措施非常实用合理;措施⑧、⑩费用较高,但带来效益较大,费效比一般;措施③、⑤、⑨实施费用较低,但所取得效益较慢,效益较低,费效比一般。

(五)决策建议

根据以上几个步骤的分析,以及费效比比较结果,可以得出结论:所提出风险控制方案符合该车站实际情况,决策合理有效,应对此方案的最终构建与实施应用给予支持。在方案的各条措施中,员工培训、安全大反思大检查、优化工作时间、处理好干部与职工关系、加强班组各工种之间联

系这5条措施由于费效比低,因此是方案最终构建时考虑的重点。

四、结束语

将综合安全评估应用于铁路行车安全管理中,由分析评估过程可以看出,综合安全评估既是一种系统性和结构性较强的评估方法,又可以作为一类框架,同时兼容其它评估方法。通过危险识别、风险评估、风险控制方案、费用与效益评估、提供决策建议5个步骤,全面仔细地对铁路行车安全系统作出了分析评估,为铁路行车安全管理工作提供了一新的理论方法,对于保障铁路行车安全具有一定的理论的意义。也可以看出,由于铁路运输系统本身特性,在对风险控制方案费用与效益评估过程中,如何对其进行精确的定量分析还有待深入研究。

参考文献:

- [1]赵吉山,肖贵平.铁路运输安全管理[M].北京:中国铁道出版社,1999.
- [2]孙晚华,李金龙,赵立炜.铁路提速区段中间站行车安全评价的研究[J].中国安全科学学报,2005,15(3):87-90.
- [3]乔键.基于可靠性的铁路运输安全预警理论研究[D].大连:大连交通大学,2009.
- [4]赵俊芳,杨涛.基于马尔可夫理论的铁路安全管理的研究[J].铁道运输与经济,2007,29(12):29-31.
- [5]沈华,李荣辉.综合安全评估法在船舶配载中的应用[J].大连海事大学学报,2003(4):28-30.
- [6]秦庭荣,陈伟炯,郝育国,等.综合安全评价(FSA)方法[J].中国安全科学学报,2005,15(4):88-92.
- [7]荣磊,蔡琦,赵新文.综合安全评估方法应用[J].船海工程,2007,36(3):98-100.
- [8]石华旺,高爱坤,牛俊萍.一种基于熵权的未确知测度评价方法及应用[J].统计与决策,2008(12):162-164.
- [9]戴耀存,黄寿锋,方诚.综合安全评估(FSA)中的费用与效益问题[J].浙江交通职业技术学院学报,2008,9(2):34-37.

Railway Traffic Safety Management Based on Formal Safety Assessment

WANG Xi-liang¹, MA Yi²

(1. College of Civil Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China ;

2. College of Transportation, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: In view of the complexity and multiple source of railway safety management, based on an analysis of its adaptability, formal safety assessment is applied in railway traffic safety management. Through five steps including risk identification, risk assessment, risk control scheme, cost and benefit assessment and decision-making recommendations, a comprehensive analysis and evaluation of the railway traffic system is made, providing a new idea and method for railway traffic safety management.

Key words: train operation; safety management ; synthesized safety assessment

(责任编辑 王丽娟)