

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2015.12.002

危险货物道路运输风险评价体系研究

吴金中, 范文姬

(交通运输部公路科学研究院, 北京 100088)

摘要: 从危险货物风险、车辆设备风险、人员风险、运输线路风险、其他风险等5方面, 全面分析了危险货物道路运输风险的主要影响因素, 建立了危险货物道路运输风险评价指标体系。应用模糊综合评价法建立了风险评价模型, 并以某大型危险货物道路运输企业为例, 进行了实证分析。结果表明: 该评价体系能够较全面地涵盖危险货物道路运输企业风险点, 评价方法能真实反映企业的安全管理薄弱点。

关键词: 运输经济; 危险货物道路运输; 风险评价; 模糊综合评价法; 风险评价指标; 安全管理

中图分类号: F540; U492.3+36.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268(2015)12-0006-06

Risk Evaluation System of Dangerous Goods Transport

WU Jin-zhong, FAN Wen-ji

(Research Institute of Highway, Ministry of Transport, Beijing 100088, China)

Abstract: From the aspects of dangerous goods risk, vehicle equipment risk, employee risk, transport route risk and other risks, the main effecting factors of dangerous goods transport are analyzed, and the risk evaluation index system of dangerous goods transport is established. The risk evaluation model is established based on fuzzy comprehensive evaluation method, and the empirical analysis of an enterprise of large dangerous goods transport is conducted. The result shows that (1) the evaluation system can comprehensively cover the risk factors of enterprise of road dangerous goods transport; (2) the risk evaluation method can really reflect the weak points of safety management of the enterprise.

Key words: transport economics; road transport of dangerous goods; risk evaluation; fuzzy comprehensive evaluation method; risk evaluation index; safety management

0 引言

危险货物运输占我国货物运输的比例正逐年上升, 道路运输已成为危险货物运输的主要运输方式。危险货物由于性质活泼或不稳定, 极易发生爆炸、燃烧、中毒、腐蚀、放射线辐射等严重事故。我国现有13万余辆运输危险货物的车辆行驶在全国各地, 在运输过程的各个环节或因素中, 稍有不慎就可能诱发事故, 潜伏着巨大的危险。由于危险货物的特殊性, 运输过程中一旦发生事故, 往往会给国家和人民群众的生命财产带来严重损失, 对生态环境造成极大破坏。

为了保证运输安全, 避免事故发生, 道路危险货物运输企业亟需加强安全管理。风险分析是加强安全管理的重要方面, 有助于企业认清存在的风险, 提出相应的控制措施, 也有助于相关管理部门有针对性地对企业进行监管, 这不仅可以降低危险货物运输事故率, 提高运营效率, 而且可提升企业服务能力、增强企业竞争力^[1]。

由于危险货物道路运输事故的巨大危害性及其对社会造成的重大负面影响, 许多国家特别是欧美发达国家积极进行了危险品运输安全评价研究, 取得了一定的成果, 并应用于实际安全管理中^[2-3]。D. K. Asante-Duah等在制定的风险评价规范基础上,

收稿日期: 2015-10-29

作者简介: 吴金中(1973-), 男, 四川广元人, 高级工程师, 博士研究生。(jz.wu@rioh.cn)

完善了风险评价程序,并探讨了这一方法在危险品运输风险分析中的实际应用。P. Montage 通过考察运输事故对人口健康及环境的影响,强调了在风险分析的基础上减缓事故危害的重要性,为危险品运输泄漏事故应对措施制订提供了指南。欧洲化工委员会(CEFIC)联合欧洲各化工公司编写了“安全质量评价体系”(Safety & Quality Assessment System, SQAS)。SQAS 主要针对化学工业及其物流服务提供商进行质量、安全和环境绩效评价的评价体系,设计了具体的评价标准。国内学者对于危险货物道路运输风险的研究起步较晚,我国学者主要进行危险货物道路运输风险评价研究,通常基于以运输路线为分析对象,进行运输风险评价,为企业开始运输业务之前优化选择运输路线提供决策依据^[4-6]。

1 危险货物道路运输风险主要影响因素分析

通过大量调研分析,本文认为道路危险货物运输企业的主要风险因素包括危险货物风险、车辆装备风险、人员风险、运输线路风险和管理风险5个方面^[7-9]。

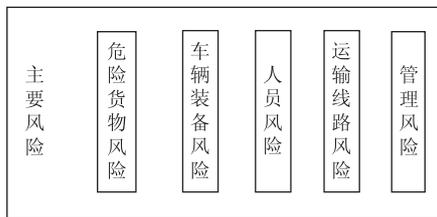


图1 道路危险货物运输主要风险因素

Fig.1 Main risk factors of road dangerous goods transport

1.1 危险货物风险

危险货物具有毒性、爆炸性、腐蚀性、易燃性以及放射性等特殊的化学特性,且由于性质活泼或不稳定,极易发生爆炸、燃烧、中毒、腐蚀、放射线辐射等严重事故。具有爆炸性的物质在受到撞击或受热的情况下易引起爆炸事故;具有毒性的物质挥发或泄漏后将导致大范围人员中毒,且会对环境造成严重污染;放射性物质具有放射性,大量的放射性物质对人体和动植物有巨大的伤害,程度较重的可导致死亡。因此,运输货物危险性的大小,是决定危险货物运输风险大小的关键因素^[11]。

1.2 车辆和装备风险

车辆和装备风险来自运输车辆本身以及行驶部件、装卸系统、安全附件、储运容器的安全性能风险。例如,车辆轮胎如果没有定期检查保养更换,

将导致车辆行驶过程中发生爆胎等危险情况;罐车重装口不紧密,将导致行车过程中危险货物的撒漏,带来严重的安全隐患。车辆的安全附件包括灭火器、防火帽、三角灯、危险标识、拖地带等。车辆任何一个部件缺少或不合格都会影响车辆行驶安全。

1.3 人员风险

人员风险中最主要的就是驾驶员风险。假设把车辆当成是一台电脑的硬件,驾驶员则成为这台电脑正常运行的软件。软件的性能直接影响硬件性能,因此,驾驶员行车能力、应急能力、精神状态、身体情况等各方面因素都直接影响车辆各方面功能的发挥。车是人操作的,驾驶员的安全意识程度、情绪稳定性、行为规范性都会在驾驶过程中体现出来。所以,人员是交通事故发生的主导因素,是危险货物道路运输最重要的风险因素。

1.4 运输路线风险

运输路线也是影响危险货物道路运输的一个典型的危险源。运输路线中路况的好坏,隧道、弯路、陡坡、桥梁等事故高发路段,都容易导致交通事故的发生,进而发生严重的危险货物道路运输事故。另外,由于危险货物道路运输一般都为跨省运输、运输路线都较长,驾驶员行驶时间周期长,也导致事故发生率相对较高。此外道路运输受环境影响较大,主要包括自然条件、运输时间、人口密度等。天气风险是影响危险货物道路运输的重要风险之一,大雪、大雾、雷暴、大雨、沙尘暴等恶劣的天气环境直接影响驾驶员对安全距离等的判断,由于冰、雪、雨天路面的摩擦力大大减少,大雾和沙尘暴等挡住了驾驶员的视野,这样驾驶员操作不当或避险不及,将会带来灾难性的事故。如果运输的危化品发生泄漏甚至爆炸等危险事件,一方面由于运输危险预防施救不很齐备,救援起来难上加难,另一方面由于雨、雪天气还会带来危险范围的扩大,剧毒化学品泄漏或爆炸品爆炸带来的二次危害是无法估量的。如果运输时间为晚上或凌晨,驾驶员处于较易疲劳的时间,也容易导致事故的发生。

1.5 管理风险

管理风险主要指企业日常运行中制定的相关管理制度和定位系统等信息化技术的应用,人员培训、应急救援预案等管理的完善与否也是影响危险货物道路运输企业安全运营的一大因素,直接影响了人员、车辆等其他风险的大小。

2 危险货物道路运输风险评价指标体系

危险货物道路运输风险评价系统是一个十分复杂的系统,风险评价指标选取是否合理、科学,直接影响到评价效果的好坏,即关系到能否对危险货物道路运输进行安全、有序管理^[13-14]。因此,为作好危险货物道路运输风险评价,本研究根据当前危险品运输的安全现状,对大量的危险货物运输企业进行了调研。通过研究分析,建立了危险货物道路运输风险评价指标体系,如图2所示。

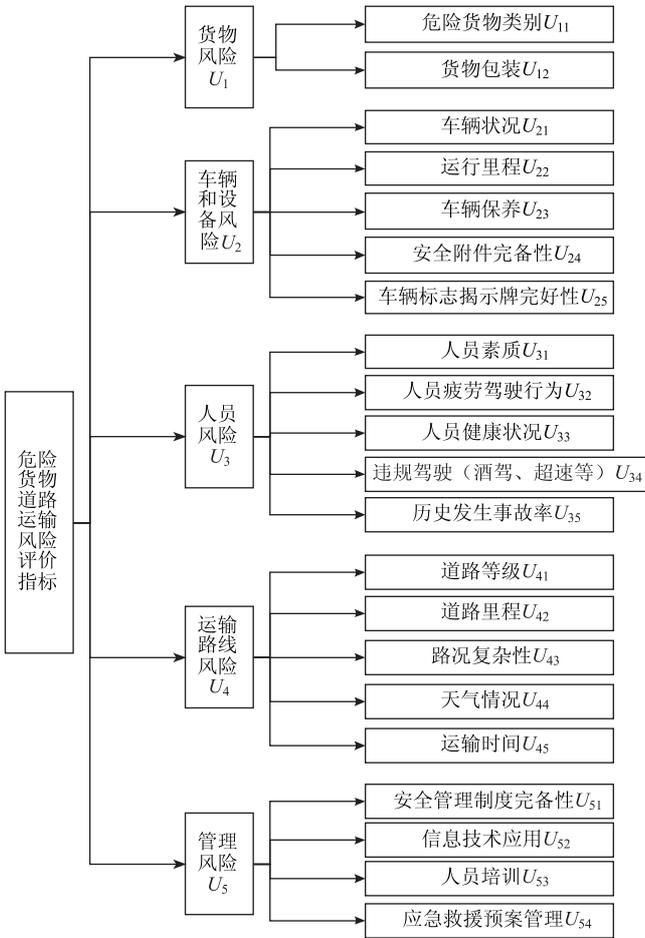


图2 危险货物道路运输风险评价指标体系

Fig. 2 Risk evaluation index system of road dangerous goods transport

应用层次分析法和模糊综合评价法对危险货物道路运输风险进行分析,与已有危险货物道路运输风险分析不同的是,本文考虑了危险货物本身危险性对运输风险的影响,使得风险评价更全面、客观^[15]。风险因素影响因素和权重确定方法如下。

(1) 判断矩阵建立

利用萨迪相对重要性等级法得到一级指标的判别矩阵 U , 其相对重要性等级如表1所示。

表1 萨迪相对重要性等级

Tab. 1 Sadie relative importance ranks

标度 (U_{ij})	说明
1	表示 i 与 j 元素相比, i 与 j 具有同等重要性
3	表示 i 与 j 元素相比, i 比 j 稍重要
5	表示 i 与 j 元素相比, i 比 j 明显重要
7	表示 i 与 j 元素相比, i 比 j 强烈重要
9	表示 i 与 j 元素相比, i 比 j 极端重要
$1/3, 1/5, 1/7, 1/9$	表示 i 与 j 元素相比, 为 U_{ij} 的相反数
2, 4, 6, 8, $1/2, 1/4, 1/6, 1/8$	表示上述相邻判断的中间值

(2) 指标权重的确定

以上的判别矩阵显然为正反矩阵。先求出该矩阵的最大特征值 λ_{\max} , 然后求出对应于最大特征值的特征向量 Y , 则可以用 Y 的归一化向量 Y' 来反映各因素对目标的相对重要性, 即得到一级指标的权重集 A 。二级指标权重级 A_j 同理获得。

(3) 确定单因素评价矩阵

首先对因素集 U 中的单因素 $u_i (i = 1, 2, \dots, m)$ 作单因素评判, 从因素 u_i 着眼确定该事物对选择等级 $v_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 的隶属度 r_{ij} , 这样就得出第 i 个因素 u_i 的单因素评判集为:

$$R_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}), \quad (1)$$

这是评价集 V 上的模糊子集, 这样 m 个因素的评价集就构造出一个总的评价矩阵 $R = (r_{ij})$, r_{ij} 为 u_i 对选择等级 v_j 的隶属度。

(4) 模糊综合评价

单因素模糊评价仅反映了一个因素对评价对象的影响, 采用模糊综合评价综合考虑所有因素的影响, 才能得出正确的评价结果。模糊综合评价可表示为:

$$B = A \cdot R = (b_j), \quad (2)$$

式中, B 为等级模糊子集; $b_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 称为模糊综合评价指标。

(5) 用等级参数对评价指标做出综合结论

设相对于各等级 v_j 规定的参数列向量为:

$$C = (c_1, c_2, \dots, c_n)^T, \quad (3)$$

则得出等级参数评价结果为:

$$B \cdot C = (b_1, b_2, \dots, b_n) \cdot (c_1, c_2, \dots, c_n)^T = \sum_{j=1}^n b_j v_j = p, \quad (4)$$

式中, p 为实数, 当 $0 \leq b_j \leq 1, \sum_{j=1}^n b_j = 1$ 时, 可视 p 为以等级模糊子集 B 为权向量关于等级 c_1, c_2, \dots ,

c_n 的加权平均值。 p 反映了等级模糊子集 B 和等级参数向量 C 所带来的综合信息。对于后评价项目来说, p 的数值最终能综合反映在各个指标因素影响下对项目目标层评价的总体信息。

本文采取风险极大、风险较大、风险一般、风险较小 4 个等级的模糊表达方式, 从评价集 V 中获得最佳的评判结果。

危险货物道路运输目标评价集见表 2, 二级指标评价子集见表 3。

表 2 危险货物道路运输目标评价集

Tab. 2 Goal evaluation set of road dangerous goods transport o

目标得分 (满分 100 分)	模糊评价语	目标评价等级	目标评价集
≥90 分	风险极大	四级	$V = (\text{四级, 三级, 二级, 一级})$
90 ~ 70 分	风险较大	三级	
70 ~ 50 分	风险一般	二级	
≤50 分	风险较小	一级	

表 3 二级指标评价子集

Tab. 3 Second-layer index evaluation sub-set

目标得分 (满分 100 分)	模糊评价语	目标评价集
≥90 分	很好	$V_0 = (\text{很好, 好, 一般, 差})$
90 ~ 70 分	好	
70 ~ 50 分	一般	
≤50 分	差	

3 实证分析

某公司成立于 1995 年, 专业从事危险化学品道路运输。企业现有员工 250 余人, 具有道路货物运输三级资质, 为国家 3A 级运输型物流企业, 通过 ISO9001 质量管理体系和 HSE (安全、环境与健康) 管理体系认证, 拥有各类专业车辆共计 100 余辆。主要经营气体类 1 项、气体类 2 项、气体类 3 项、易燃液体类、易燃固体、易于自燃物质、遇水放出易燃气体的物质类 3 项、氧化性物质和有机过氧化物类 1 项、氧化性物质和有机过氧化物类 2 项、毒性物质和感染性物质类、腐蚀性物质类等危险货物的运输。该企业建立有完善的规章制度, 应急救援体系完善, 定期对人员进行培训, 并安装有卫星定位监控平台, 实现对车辆 24 h 监控, 能及时了解、调整车辆运行状况, 处理突发事件。

假设该企业将从达州运输 30 t 丙烯腈到广州。所运输车辆使用年限为 4 a, 月运行里程已达 8 000 km, 当年内车辆没有发生较大以上交通事故, 本月没有进行过维修, 当月车辆/罐体日常检查不合格次数为 1 次, 其他标致标记安全设备齐全。企业安全管理制

度完善, 应急救援齐全, 安装有卫星定位跟踪系统。组织有 30 名专家为企业进行了模糊评价和打分评价, 根据专家打分结果, 确定企业的风险等级。

(1) 危险货物风险等级确定

根据表 1 可知, 危险货物风险 = 80, 为三级风险。

(2) 判别矩阵建立

根据专家打分和层次分析法, 一级指标判别矩阵如表 4 所示。

表 4 危险货物道路运输风险评价一级指标判别矩阵

Tab. 4 First-layer index judgment matrix of risk assessment for road dangerous goods transport

指标 i	指标 j				
	货物风险	车辆设备 风险	人员风险	运输路线 风险	管理风险
货物风险	1	3	7	5	3
车辆设备风险	1/3	1	3	3	2
人员风险	1/7	1/3	1	1/3	1/2
运输路线风险	1/5	1/3	3	1	1/2
管理风险	1/3	1/2	2	2	1

判别矩阵可表达为:

$$U = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 7 & 5 & 3 \\ 1/3 & 1 & 3 & 3 & 2 \\ 1/7 & 1/3 & 1 & 1/3 & 1/2 \\ 1/5 & 1/3 & 3 & 1 & 1/2 \\ 1/3 & 1/2 & 2 & 2 & 1 \end{bmatrix}, \quad (5)$$

同理, 二级指标判别矩阵分别为:

$$U_1 = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 1/3 & 1 \end{bmatrix}, \quad (6)$$

$$U_2 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 & 5 & 7 \\ 1/3 & 1 & 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 1 & 3 & 5 \\ 1/5 & 1/3 & 1/3 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/3 & 1/3 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}, \quad (7)$$

$$U_3 = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 3 & 7 & 5 \\ 1/5 & 1 & 1 & 3 & 2 \\ 1/3 & 1 & 1 & 3 & 2 \\ 1/7 & 1/3 & 1/3 & 1 & 1/2 \\ 1/5 & 1/2 & 1/2 & 2 & 1 \end{bmatrix}, \quad (8)$$

$$U_4 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 3 & 1 & 4 \\ 1/5 & 1/3 & 1 & 1 & 1/2 \\ 1/3 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1/5 & 1/4 & 2 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \quad (9)$$

$$U_5 = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 5 & 3 \\ 1/5 & 1 & 2 & 4 \\ 1/5 & 1/2 & 1 & 1/2 \\ 1/3 & 1/4 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

(2) 指数权重确定

本文采用 MatLab 软件处理判别矩阵, 得到 $\lambda_{\max} = 0.0556$, 其对应的归一化向量为:

$$Y' = [0.4665 \quad 0.1939 \quad 0.1939 \quad 0.0728 \quad 0.0728], \quad (11)$$

因此, 一级指标权重集为:

$$A = [0.4665 \quad 0.1939 \quad 0.1939 \quad 0.0728 \quad 0.0728], \quad (12)$$

同理, 得到二级指标权重集为:

$$A_1 = [0.75 \quad 0.25], \quad (13)$$

$$A_2 = [0.4691 \quad 0.2010 \quad 0.2010 \quad 0.0862 \quad 0.0427], \quad (14)$$

$$A_3 = [0.2495 \quad 0.5596 \quad 0.0955 \quad 0.0955], \quad (15)$$

$$A_4 = [0.5222 \quad 0.1998 \quad 0.0781 \quad 0.1998], \quad (16)$$

$$A_5 = [0.25 \quad 0.75]. \quad (17)$$

(3) 评价矩阵确定

10 名专家的评分如表 5 所示。

表 5 车辆设备风险指标专家评价

Tab. 5 Experts assessment on vehicle equipment risk

评价指标	人员素质	人员疲劳 驾驶行为	人员健康 状况	违规驾驶	历史 事故率
很好	8	4	7	6	5
好	1	5	2	3	3
一般	1	1	1	0	1
差	0	0	0	1	1

将表 5 进行归一化处理后得到评价矩阵为:

$$M_1 = \begin{bmatrix} 0.8 & 0.1 & 0.1 & 0 \\ 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0 & 0.1 \\ 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \end{bmatrix} \quad (18)$$

同理, 可得其他 4 个二级指标的评价矩阵。

通过二级指标评价结果和一级指标评价结果的计算, 最后得到该企业的总体风险值为 $R = 61.37$, 可知风险为二级, 比较安全, 与该企业在危险货物运输企业经营安全服务综合考评中所获得的 AAA 级企业结果相符。

4 安全管理措施建议

4.1 危险货物安全管理

危险货物本身所具有的危险性是无法消除的, 但可以通过包装来对危险货物的危险性进行控制。承担运输任务之前, 应检查危险货物的包装是否完好、牢固、严密不漏、清洁, 包装的材质厚度是否能够起到防护作用, 包装外的标记标签是否准确、清晰等。例如, 烟花爆竹包装必须达到防潮和坚实牢固的要求, 出厂包装必须用瓦楞纸箱, 普通纸箱和牛皮纸袋等简易的包装一律禁止作为出厂包装。

4.2 车辆安全管理

首先应注重使用车辆的日常检查 (行车前检查、行车中检查、收车后检查); 其次是注重车辆各个部件的日常保养; 最后对车辆要按时做技术类检查, 更准确地知道车辆的使用是否在安全合格的范围内。此外, 对车辆的安全附件也应定期检查和更换。安全附件是控制和处置危险货物事故的有效工具, 必须确保齐全有效。

4.3 从业人员安全管理

危险货物道路运输从业人员是危险货物道路运输工作的直接参与者, 其专业水平、安全意识等都直接决定事故发生的可能以及事态的影响程度, 因此, 企业应加强从业人员的专业培训, 通过加强从业人员各方面的专业技能来降低危化品运输的风险, 加强从业人员安全教育, 提高其安全意识。我国危险货物道路运输从业人员的安全意识总体来说较弱, 应加强对有关人员交通法规、理论和实践的培训和学习, 增强对危险货物本身属性的认识, 加强对操作规范、应急救援方法、事故案例等内容的学习, 逐渐增强从业人员的安全意识, 并应用于实际工作中。例如, 应避免将危险货物运输车辆停靠在城镇、加油站、人流量大的地区和树木茂密的地区, 确定无安全隐患后方可出行。

4.4 道路运输安全管理

企业应加强驾驶员防御性驾驶、安全驾驶等方面的培训和学习。同时, 应提前对运输线路进行勘察, 告知驾驶员运输路线的路况及关键风险点的操作规范, 使驾驶员全面掌握拟运输线路的情况, 做到心中有数, 以降低运输路线发生事故的风险可能性。

4.5 企业安全管理

企业应完善安全管理制度, 并保证安全管理制度的落实。同时, 随着“二客一危”卫星定位监控平台的建立和应用, 也应注重通过信息化手段加强

安全管理。例如, 根据道路危险货物运输事故发生的随机性和危害性, 为危险品运输选择具有最小行驶里程和路况复杂性最小的道路, 降低事故发生的概率, 并为危险品运输车辆安装 GPS 并提供远程信息服务, 监控运输车辆及危险货物在途中的状况, 实现突发事件的实时报警监控和危险预警。

5 结论

本文从危险货物道路运输企业角度出发, 系统分析了危险货物道路运输的风险问题, 辨识企业存在的各种危险源, 特别考虑货物本身危险性对企业风险管理的影响; 应用模糊综合评价法建立了风险评价模型, 对企业的风险等级进行有效评价; 对危险等级高的企业进行重点监控, 以提升和改进危险货物道路运输企业的安全管理绩效, 保证企业营运风险有序可控。

参考文献:

References:

- [1] 简晓襄. 物流企业危险品道路运输风险管理 [D]. 上海: 复旦大学, 2011.
JIAN Xiao-xiang. Risk Management on Logistics Enterprises of Road Transport of Hazardous Materials [D]. Shanghai: Fudan University, 2011.
- [2] 肖心远, 刘越琪, 吕其惠. 危险品运输模糊综合评价系统软件开发与设计 [J]. 软件导刊, 2012, 11 (3): 111 - 113.
XIAO Xin-yuan, LIU Yue-qi, LÜ Qi-hui. The Development and Design of Fuzzy Comprehensive Evaluation System Software for Dangerous Goods Transportation [J]. Software Guide, 2012, 11 (3): 111 - 113.
- [3] 刘钧. 风险管理概论 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
LIU Jun. Introduction to Risk Management [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008.
- [4] 帅斌, 黄丽霞. 危险货物运输风险评估研究动态 [J]. 中国安全科学学报, 2014, 24 (7): 50 - 56.
SHUAI Bin, HUANG Li-xia. Developments in Research on Assessment of Risk in Hazardous Materials Transportation [J]. China Safety Science Journal, 2014, 24 (7): 50 - 56.
- [5] VERMA M. Railroad Transportation of Dangerous Goods: A Conditional Exposure Approach to Minimize Transport Risk [J]. Transportation Research Part C: Emerging Technology, 2011, 19 (5): 790 - 802.
- [6] VERMA M. A fixed-penalty Cost and Expected Consequence Approach to Planning and Managing Intermodal Transportation of Hazardous Materials [J]. AIMS International Journal of Management, 2012, 6 (2): 101 - 118.
- [7] 李启然, 范正顺, 张开晶. 危险品道路运输企业风险管理对策探讨 [J]. 安全, 健康和环境, 2010, 10 (1): 42 - 46.
LI Qi-ran, FAN Zheng-shun, ZHANG Kai-jing. Discussion on Risk Management and Countermeasures of Chemicals Road Transport Enterprises [J]. Safety Health & Environment, 2010, 10 (1): 42 - 46.
- [8] 黄森. 危险品运输风险评价体系及路径选择研究 [D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2010.
HUANG Sen. Research on Risk Evaluation System and Route Choice of Dangerous Goods Transport [D]. Shenyang: Shenyang University of Technology, 2010.
- [9] 王敏. 危险品运输安全评价系统指标 [J]. 中国物流与采购, 2012 (7): 68 - 69.
WANG Min. Safety Assessment System Indicators for Dangerous Goods Transport [J]. China Logistics & Purchasing, 2012 (7): 68 - 69.
- [10] PALMER N, JONES K. Price Index of Freight Transport by Road [R]. Nantes: Voorburg Group, 2002.
- [11] 严虎. 危险品公路运输安全管理现状及探究 [J]. 北华航天工业学院学报, 2011, 21 (4): 17 - 19.
YAN Hu. The Status and Investigation on Highway Transportation Safety Management of Hazardous Materials [J]. Journal of North China Institute of Aerospace Engineering, 2011, 21 (4): 17 - 19.
- [12] 贾红梅, 米雪玉, 段满珍. 危险品道路运输定量风险分析研究 [J]. 河北理工大学学报: 自然科学版, 2011, 33 (2): 188 - 192.
JIA Hong-mei, MI Xue-yu, DUAN Man-zhen. Study on the Quantitative Risk Analysis of Hazmat Road Transport [J]. Journal of North China University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2011, 33 (2): 188 - 192.
- [13] 凡维, 倪东生. 危化品运输的风险因素分析及控制研究 [J]. 科技视界, 2015 (13): 149, 167.
FAN Wei, NI Dong-sheng. Risk Factor Analysis and Control on Transport of Dangerous Goods [J]. Science & Technology Vision, 2015 (13): 149, 167.
- [14] 王楠. 山区高速公路危险品运输风险评价与安全保障系统 [D]. 重庆: 重庆交通大学, 2010.
WANG Nan. Risk Assessment and Security Guarantee System for Dangerous Goods Transport on Mountain Expressway [D]. Chongqing: Chongqing Jiaotong University, 2010.
- [15] 任常兴, 吴宗之. 危险品道路运输风险分级指数法研究 [J]. 安全与环境学报, 2006, 6 (4): 126 - 129.
REN Chang-xing, WU Zong-zhi. Study on the Risk Rank Indices of Hazardous Materials Transportation [J]. Journal of Safety and Environment, 2006, 6 (4): 126 - 129.