

风险控制视角下的危险品物流管理策略研究

张冠湘, 邓思琪, 付余, 钟慧玲
(华南理工大学经济与贸易学院, 广州 510006)

摘要:针对危险品物流难以进行全面风险控制分析的现状,结合现有研究成果及热点归纳出13类影响因素。运用系统工程理论及MATLAB建立危险品物流风险管理的解释结构模型。依据模型归纳危险品物流存在的主要问题,从物流规划、应急管理、监管预警三部分为企业及政府提供相应风险管理策略。

关键词:危险品物流;风险控制;解释结构模型;管理策略

DOI:10.13956/j. ss. 1001 - 8409. 2017. 08. 20

中图分类号:F252.8

文献标识码:A

文章编号:1001 - 8409(2017)08 - 0091 - 04

Management Strategy Research of Hazmat Logistics under the Perspective in Risk Control

ZHANG Guan-xiang, DENG Si-qi, FU Yu, ZHONG Hui-ling

(School of Economics and Commerce, South China University of Technology, Guangzhou 510006)

Abstract: According to the present situation that comprehensive risk analysis is difficult to control, this research summarizes 13 factors of hazardous materials logistics from existing research results and focus. Utilizing systems engineering and MATLAB to model IBM of hazardous materials logistics risk management. Summarizing main issues of hazardous materials logistics through the proposed model. Providing appropriate risk management strategies for governments and enterprises, which from logistics planning, emergency management, and regulatory warning.

Key words: hazardous materials logistics; risk control; ISM; management strategy

由于危险品具有易燃、易爆、腐蚀、剧毒等特点,使其在仓储、运输、装卸等物流过程中存在巨大的社会风险,这些风险特性是将其区别于普通货物的主要原因。目前,随着我国经济与工业的飞速发展,危险品需求量大幅增加,危险品物流的重要性日益凸显,同时因其“粗放式”的发展模式,危险品事故也呈增长态势。据中物联危化品物流分会事故统计,仅2015年我国发生危险化学品储运事故共计50起,造成184人死亡。而除危险品事故本身的危害性所造成的损失外,事故救援和善后工作也较为复杂困难。如2015年8月12日的天津爆炸事故,165人遇难,直接经济损失730亿元,事后追责工作历经数月,目前部分受灾区域仍可见爆炸留下的痕迹。

与一般货物的物流事故有所区别,危险品事故所具有的不确定性和小概率特性使危险品物流风险通常无法准确描述,对合理定量风险分析造成较大困难。同时,风险分析本身不能减缓风险,在风险分析后实施合理的风险控制措施才是有效的风险管理手段。因此深入分析危险品物流风险控制的影响因素及其层次关系,对于提出切实的风险管

理策略,减小危险品物流对社会及环境影响有重要价值。

1 风险控制视角

国外研究者很早就对风险分析、路径优化、应急管理及网络设计等方面均进行了风险控制的优化研究。Bonvicini等应用模糊逻辑理论对危险品道路和管网运输风险进行分析,评估了个人风险和社会风险的不确定性影响因素^[1]。Erkut等对多种危险品道路运输风险分析模型进行了对比研究,计算并比较了最优路线的共同点和差异性^[2-4]。Zografos等建立了一个决策支持系统,为危险货物运输路径选择和应急反应设施选址提供决策支持^[5]。Bianco等在考虑风险路网的区域平衡性基础上,构建了危险品运输网络设计的双层规划模型,上下两层为不同政府部门^[6]。

而从近几年开始,国内的危险品物流研究发展迅速,经历了由点到面、由灾前准备到事后应急的过程,主要考察政府的宏观调控措施对危险品物流风险的影响。李俊韬等在借鉴国外危险品物流管理的基础上,提出了制定法规政策、严格流程管理、责任标准化、管理信息化等风险控制管理方法^[7]。张兵等设计了基于无线传感器网络的危

收稿日期:2016-09-29

基金项目:国家社会科学基金项目(14BGL139);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2015ZDXM06);广州市科技计划项目(201510010194)

作者简介:张冠湘(1975-),男,湖南郴州人,博士、副教授,研究方向为危险品物流;邓思琪(1992-),女,新疆乌鲁木齐人,硕士研究生,研究方向为危险品物流;付余(1992-),男,湖北广水人,硕士研究生,研究方向为危险品物流;钟慧玲(1971-),女,广东人,博士、教授,研究方向为危险品物流。

危险品在途检测的车载系统^[8]。冯树民等建立了兼顾危险品运输风险和企业成本需求的路径规划模型^[9]。刘丽萍等研究了考虑应急救援的危险品运输双层规划问题^[10]。陈刚等针对应急物流系统中的选址-路径问题,建立了一个以最小化系统总耗时、总成本及最大化配送路线道路安全性的多目标优化模型^[11]。

纵观此前研究成果,尽管危险品物流领域研究成果众多,但多是从风险分析、路径优化、应急机制等环节选取一项进行研究,并非从风险控制视角综合对比研究各类影响因素的内在联系。同时为保证所提出的危险品物流管理策略的前瞻性和适应性,也应将当下研究热点作为主要影响要素纳入研究中。在CNKI中文核心期刊经济与管理科学领域中检索主题“危险品物流”,2010年后相关文章总计187篇,其中以主题并含关键词进行检索,根据数据可得到表1所示结论。可见网络设计、应急管理、路径规划、监管系统及风险评估为当前危险品物流高频研究方向。

表1 基于风险控制的危险品物流研究类型统计

研究热度	关键词	文献数量	占比
1	网络设计	46	24.6%
2	应急管理	39	20.9%
3	路径规划	34	18.2%
4	监管系统	23	12.3%
5	风险评估	15	8.0%

与此同时,由于影响危险品物流风险管理的因素众多,使其构成了一个难以全面分析的复杂系统。而解释结构模型(ISM)能将复杂的系统分为若干子系统(要素),利用人们的实践经验和知识,最终将系统构造成一个多级递阶的结构模型^[12]。借由该模型可从统筹兼顾的风控视角对危险品物流的各类影响要素进行全面分析,从而突破局限于个别要素的研究视角,找出各类影响因素的内在联系并制定风险管理对策。

2 危险品物流管理解释结构模型

2.1 要素选择

为全面概括风险控制视角下危险品物流影响因素,在充分考虑现有的成熟控制手段及研究成果,综合风险评估、路网规划、应急资源配置等时下研究热点要素的基础上,按照事前防御、事后应急的风险控制逻辑对其进行了提取与精炼。最终将其整合为13类,其中包含政府宏观政策、现有风险管理策略以及应急手段等,如表2所示。

表2 危险品物流影响因素及编号

编号	因素名称	编号	因素名称
F ₁	风险评估	F ₈	应急救援
F ₂	风险预警	F ₉	应急资源配置
F ₃	经济补贴/惩罚	F ₁₀	实时监管系统
F ₄	运输宵禁/限行	F ₁₁	规范作业程序
F ₅	人员疏散	F ₁₂	避免安全事故
F ₆	路径规划	F ₁₃	减小社会影响
F ₇	网络设计		

2.2 邻接矩阵与可达矩阵

邻接矩阵(ReachMatrix)是一个布尔矩阵,是指用矩阵形式来描述有向连接图各节点之间经过一定长度的通

路后可以到达的程度^[13]。在本研究中用邻接矩阵表示危险品物流风险体系中影响因素间的相互关系,其中每组研究对象的相互关联程度由专家打分法直接得到。根据表1内容建立邻接矩阵 $A = [a_{ij}] = \begin{cases} 1, F_i \text{ 对 } F_j \text{ 有影响} \\ 0, F_i \text{ 对 } F_j \text{ 没有影响} \end{cases}$, A中缺省的元素为0。

可达矩阵是描述元素间直接或间接影响的矩阵,该矩阵可通过MATLAB程序计算得出。求邻接矩阵A与单位矩阵I的和(A+I),基于布尔运算对矩阵(A+I)进行幂运算,直至满足条件 $M = (A + I)^{i+1} = (A + I)^i \neq (A + I)^{i+1}$ 即可得可达矩阵。可达矩阵M中元素为1时,说明因素之间存在可达路径,元素为0时,说明元素间没有联系。生成的邻接矩阵A和可达矩阵M如下:

$$A = \begin{bmatrix} & F_1 & F_2 & F_3 & F_4 & F_5 & F_6 & F_7 & F_8 & F_9 & F_{10} & F_{11} & F_{12} & F_{13} \\ F_1 & 1 & & & & & 1 & 1 & & & & & & \\ F_2 & & 1 & & & & & & & & & & 1 & \\ F_3 & & & 1 & & & & 1 & & & & & & \\ F_4 & & & & 1 & & & & & & & & & 1 \\ F_5 & & & & & 1 & & & & & & & & 1 \\ F_6 & & & & & & 1 & 1 & & & & & & 1 \\ F_7 & & & & & & & & & & & & & \\ F_8 & & & & & & & 1 & & & & & 1 & 1 \\ F_9 & & & & & & & & 1 & 1 & & & & \\ F_{10} & & 1 & & & & & & & 1 & & & & \\ F_{11} & & & & & & & & & & & & & 1 \\ F_{12} & & & & & & & & & & & & 1 & 1 \\ F_{13} & & & & & & & & & & & & & 1 \end{bmatrix}$$

$$M = \begin{bmatrix} & F_1 & F_2 & F_3 & F_4 & F_5 & F_6 & F_7 & F_8 & F_9 & F_{10} & F_{11} & F_{12} & F_{13} \\ F_1 & 1 & 1 & & & & 1 & 1 & 1 & 1 & & 1 & 1 & 1 \\ F_2 & & 1 & & & & & & & & & 1 & 1 & 1 \\ F_3 & & & 1 & & & 1 & 1 & 1 & & & & & 1 \\ F_4 & & & & 1 & & 1 & 1 & 1 & & & & & 1 \\ F_5 & & & & & 1 & & & & & & & & 1 \\ F_6 & & & & & & 1 & 1 & 1 & & & & & 1 \\ F_7 & & & & & & & 1 & 1 & 1 & & & & 1 \\ F_8 & & & & & & & & 1 & & & 1 & 1 & 1 \\ F_9 & & & & & & & & & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ F_{10} & & 1 & & & & & & & & 1 & 1 & 1 & 1 \\ F_{11} & & & & & & & & & & & 1 & 1 & 1 \\ F_{12} & & & & & & & & & & & & 1 & 1 & 1 \\ F_{13} & & & & & & & & & & & & & & 1 \end{bmatrix}$$

2.3 层级分解

在可达矩阵M中,被因素F_i影响的元素集合为可达集P(F_i),影响因素F_i的元素集合称为先行集Q(F_i),当可达集与先行集的交集B(F_i) = P(F_i) ∩ Q(F_i) = P(F_i)时即可得到最上级因素F₁,具体数据如表3所示。从可达矩阵中将F₁所在的行与列去掉得到新的可达矩阵,用同样的方法分析,可得到次一级因素,以此类推划分出各级因素。最终得出相应要素集L₁ = {F₁₃}, L₂ = {F₅, F₁₁, F₁₂}, L₃ = {F₆, F₇, F₈}, L₄ = {F₂, F₃, F₄, F₉}, L₅ = {F₁, F₁₀}。

表3 影响因素的第一级可达集和先行集

节点 i	$P(F_i)$	$Q(F_i)$	$P(F_i) \cap Q(F_i)$
1	1,2,5,6,7,8,9,11,12,13	1	1
2	2,5,6,7,11,12,13	1,2,10	2
3	3,5,6,7,13	3	3
4	4,5,6,7,13	4	4
5	5,13	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,	5
6	5,6,7,13	1,2,3,4,6,7,9,10	6,7
7	5,6,7,13	1,2,3,4,6,7,9,10	6,7
8	5,8,11,12,13	1,8,9,10	8
9	5,6,7,8,9,11,12,13	1,9	9
10	2,5,6,7,8,10,11,12,13	10	10
11	11,12,13	1,2,8,9,10,11,12	11,12
12	11,12,13	1,2,8,9,10,11,12	11,12
13	13	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13	13

2.4 解释结构模型

根据各层相应要素集,可绘制出危险品物流风险控制的解释结构模型(图1)。该模型为5层多级递阶结构,按照层级的功能属性从上到下依次可描述为:效果层、目标层、规划层、方法层和基础层。整个结构从左至右可以按照功能类别划分为物流规划、应急管理、预警监管三大部分。

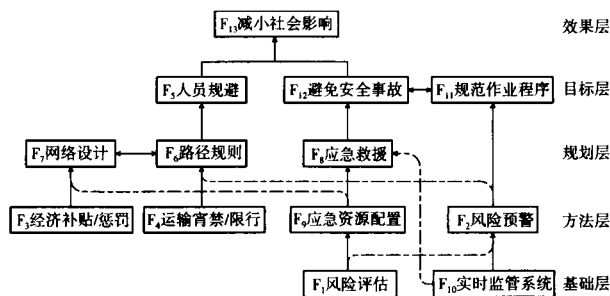


图1 危险品物流风险控制解释结构模型

第一层为效果层,要素为减小社会影响。危险品物流风险大多通过其社会影响表现出来,社会影响包括人员伤亡、财产损失及环境污染等。危险品物流的风险控制主要表现在三个方面:一是事故发生前预防规避潜在危险,表现为物流规划;二是物流过程中实时监控及时应对,表现为预警监管;三是事故发生后减少对周围环境的破坏,表现为应急管理。

第二层为目标层,要素包括人员规避、避免安全事故和规范作业程序。人员规避既有危险品物流规划过程中对于人口密集区的规避,也有应急管理中对于事故地区的人员疏散。避免安全事故与规范作业程序是具有强相关关系的两个因素,作业程序的合理优化可以极大缓解安全事故的发生概率。

第三层为规划层,要素包括网络设计、路径规划和应急救援。网络设计和路径规划之间具有强相关关系,是物流规划的核心。政府可以通过经济补贴与惩罚、运输宵禁与禁行等行政策略进行宏观控制,减少危险品物流过程对周围环境的潜在影响。而应急救援对于安全事故发生后控制事故后果、减少人员伤亡、避免事故扩大有着积极意义。

第四层为方法层,要素包括经济补贴/惩罚、运输宵禁/限行、应急资源配置和风险预警。其中,经济补贴/惩

罚影响着危险品物流网络的设计,运输宵禁/限行影响着危险品物流运输路径的选择。政府可通过税收等政策影响整个危险品物流网络的布局,同时控制运输路径使其尽量远离人口集聚区和城市中心。此外,应急配置也直接影响应急救援的快速响应,并结合现有应急资源设施有效减少网络风险。而风险预警对于规范作业程序、纠正危险状态下的货物运输路线有良好的监督作用。

第五层为基础层,要素包括风险评估与实时监管系统。风险评估是整个危险品物流研究的基础,其不仅是规划层中网络设计、路径规划、应急救援等实施过程的首要内容,也是目标层和效果层的重要度量方式。实时监管系统则是从人为监管方面出发,涉及危险品状态检测、作业监控、储运管理系统等内容,对于预防安全事故、减少事故损失是十分必要的。

3 危险品物流管理缺陷

基于以上的危险品物流风险控制解释结构模型分析,政府和企业和管理危险品物流风险过程中可能存在以下四方面的问题。

3.1 缺乏风险考量

风险是危险品物流活动区别于普通物流活动的主要特点,从危险品物流发展现状来看,我国在危险品物流规划、监管过程中仍存在着风险源辨识不清、缺乏风险度量的问题。同时,在应急救援进程中缺乏风险评估会导致救援人员对危险品的危害性认知不足,救援进度延长的情况,甚至导致次生灾害,对群众的生命及财产造成巨大损失。因此政府对危险品物流过程中的风险进行科学合理的定量评估,使得物流规划过程中有所依据,监管有具体针对目标,这既是危险品物流研究的前提,也是风险控制的基础。

3.2 监管权利分散

由于危险品物流通常需面对安监部门、城乡规划、交通部、港航局等部门的多方管理,不同部门不仅对于风险的关注角度和控制方法各有不同,在监管的职能上也存在交叉的情况。从管理机制来看,边界模糊,不同部门之间缺乏会商机制,行政力度有待提升。从政策法规来看,部分条令难以满足现代危险品物流的发展需求,有些甚至互相矛盾,使得危险品物流企业无所适从。此种多头监管模式导致管理效率低下,风险控制系统不协调。

3.3 应急准备不足

尽管危险品物流规划中有诸多监控预警措施,但危险品事故还是时有发生,并通常会造较大的社会影响。因此为了应对突发的危险品安全事故,需要在事故应急方面多做准备。而相较于国外所配置的趋于完善的化学应急响应信息服务中介组织,国内有效的事故应急机制还相对缺乏。而应急储备还体现在应急资源的配置上以及对于舆论的有效引导,以上内容是我国危险品物流风险的主要影响因素。然而目前针对危险品事故的应急机制建设仍不完善。缺乏对危险品物流事故第一时间的应急处理,导致不能及时控制危险品事故的影响范围,造成损失的进一步扩大。

3.4 违反作业程序

在我国危险品物流作业实践中,不合规的现象大量存在,成为其留下安全隐患的重要因素。由于危险品作业中企业的图利行为,从业者在作业过程中常常忽视一些物流风险,违反规定的作业程序、作业要求、作业许可,甚至轻视危险品的理化状态,超载、混装危险品货物,埋下了很大的安全事故隐患。同时,由于从业人员未能达到专业要求,发生事故时也不能及时妥当处理。

4 危险品物流管理策略

综合上述解释结构模型梳理出的影响因素里层关系,以及当前危险品物流管理存在的不足之处,在管理危险品物流风险过程中政府和企业应在以下三方面作出改进。

4.1 物流规划:宏观政策调控,联合决策优化

解决危险品物流过程中存在的一系列风险安全隐患,需要从宏观政策方面制定相应调控措施,目前发达国家常采取经济制裁、限行限量、经营许可等措施管理危险品企业。从现阶段的法律法规来看,危险品安全防护距离标准尚未制定,职业资格认证也尚未颁布,导致危险品物流管理存在灰色地带。此外,我国应该吸取天津爆炸事故的教训,对存在严重违规行为的危险品企业,应将其列入危害公共安全罪进行处理,同时追究相关责任人的刑事责任。

与此同时,由于危险品物流涉及因素众多,应当采取多部门协作模式,从事前事后两方面进行决策优化。在管理方法上,采取各部门纵横协同、区域联动的机动式管理手段;在决策手段上,利用双层规划模型的特性进行政府与企业、政府与政府部门间的协调优化。以期在事前的物流网络设计和应急资源布置都能合理规划,在兼顾社会效益的同时,也能保障危险品物流发展的经济效益。

4.2 应急管理:事前合理规划,灾后快速响应

在应急管理规划上,国家安监总局于2011年6月20日发布了《危险化学品从业单位安全生产标准化评审标准》,对危险品的物流作业流程提出了规范化管理,要求危险品从业企业制定安全生产应急预案,从应急资源的配置、应急程序的制定到应急救援响应做出明确规划。此外,今后的应急规划工作还应借鉴国外的成功经验,如1973年英国就设立了国家化学事故应急咨询中心,向有关单位提供危险品物流相关问题的专业意见和技术支持,日本化学工业协会则在主要运输线路上设置了紧急联络点,以更好地进行信息反馈和应急响应。

而在技术手段上,应建立以GIS(地理信息系统)、车辆GPS系统与RFID(无线射频技术)为核心的危险品物流信息平台,及时获取危险品物流事故信息。保证各部门

及相关企业在事故发生时实现信息连通,及时响应协调,制定合理有效的事故处理方案。从而在事故源头控制危险源进一步扩散,尽可能规避传统应急救援带来的次生危害,有效降低危险品事故的社会影响。

4.3 监管预警:实时状态监控,消除安全隐患

风险是危险品物流管理的出发点,结合解释结构模型,实现风险评估和实时监控系统,是危险品物流风险控制的首要步骤。从理论研究来看,风险评估是后续路径规划、网络设计、应急资源配置等风险控制措施的研究基础,作为决策目标衡量着宏观规划的好坏。从实际管理来看,实时监控系统可以确认当前危险品的状态,对危险品的作业状态、理化状态、风险状况进行风险评估,通过设定监管系统的风险阈值,实现风险预警和可视化管理。

危险品安全事故的发生是一系列要素所引发的连锁反应,正如“海因里希法则”所指出的,当一个企业中有300起违章或隐患,则必然会发生29起故障或轻伤,另外还有一起重大事故。因此要利用安全管理系统,实现危险要素识别,完成危险品实时动态监控和物流全程监控。在监控数据的基础上,结合历史数据,利用大数据与数据挖掘技术,进行事故风险的规律与趋势分析,根据分析结果识别当前事故隐患并排除,把事故制止在萌芽状态。

参考文献:

- [1] Bonvicini S, Leonelli P, Spadoni G. Risk Analysis of Hazardous Materials Transportation: Evaluating Uncertainty by Means of Fuzzy Logic[J]. Journal of Hazardous Materials, 1998, 62(1): 59-74.
- [2] Erhan Erkut, Vedat Verter. A Framework of Hazardous Materials Transport Risk Assessment[J]. Risk Analysis, 1995, 15(5): 589-600.
- [3] Erhan Erkut, Armann Ingolfsson. Catastrophe Avoidance Models for Hazardous Materials Route Planning[J]. Transp. Sci., 2000, 34(2): 165-179.
- [4] Erhan Erkut, Armann Ingolfsson. Transport Risk Models for Hazardous Materials: Revisited[J]. Operations Research Letters, 2005, 33(1): 81-89.
- [5] Zografos K G, Androutsopoulos K N. A Decision Support System for Integrated Hazardous Materials Routing and Emergency Response Decisions[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2008, 16(6): 684-703.
- [6] Bianco L, Caramia M, Giordani S. A Bilevel Flow Model for Hazmat Transportation Network Design[J]. Transportation Research Part C Emerging Technologies, 2009, 17(2): 175-196.
- [7] 李俊韬,刘丙午. 中外危险品物流管理比较研究[J]. 中国流通经济, 2010, 24(11): 53-56.
- [8] 张兵,李士宁,蒋思佳,等. 基于WSNs的危险品车辆在途监测预警系统[J]. 计算机测量与控制, 2012, 20(3): 630-633.
- [9] 冯树民,殷国强. 规划层面的危险品运输路径优化模型[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2012, 44(8): 53-56.
- [10] 刘丽萍,斯剑栋,谢文成. 时变条件下的危险品运输与应急救援双层规划研究[J]. 科技管理研究, 2014(20): 208-213.
- [11] 陈刚,付江月. 基于NSGAI的应急物流多目标LRP研究[J]. 软科学, 2016, 30(4): 135-139.
- [12] 汪应洛. 系统工程理论、方法与应用[M]. 高等教育出版社, 1998.
- [13] 黄贯虹,方刚. 系统工程方法与应用[M]. 暨南大学出版社, 2005.

(责任编辑:何彬)