

远距离运输下危险化学品安全管理对策优化分析

刘 彬 (西安军代室, 陕西 西安 710000)

刘 玥 (武警陕西省总队, 陕西 西安 710000)

摘 要: 为确保在远距离危险化学品运输时实现运输路程最小、人口风险最低和运输成本最少的目标, 开展远距离运输下危险化学品安全管理对策优化分析研究。从人、车辆设备、危险化学品本身、环境等方面入手, 识别危险化学品远距离运输风险。结合三角模糊数, 建立远距离运输下危险化学品风险评价模型。将路径最小化、人口风险最小化和运输成本最小化作为目标, 优化危险化学品远距离运输路径。提出危险事故发生后的应急决策, 实现安全管理。通过实例证明, 新的管理方案的应用可以有效缩短运输路程, 将人口风险降到最低, 并减小运输成本, 在经济效益方面和社会效益方面均具备极大应用优势。

关键词: 远距离运输; 化学品; 对策; 管理; 安全; 危险

0 引言

随着工业化和全球贸易的发展, 化学品的生产和使用不断增加^[1]。这导致了危险化学品的大规模运输, 其中包括各种有毒、易燃、易爆、腐蚀性等高风险化学品。因此, 危险化学品运输安全问题已成为研究重点^[2]。因危险化学品特殊的物理化学特性, 在远距离运输过程中一旦发生交通事故, 则会给人身、财产和环境带来无法弥补的损害。因此, 对于危险化学品运输安全的管理, 需要较为完善的运输管理体系, 对于车辆装备和从业人员总体素质要求较高^[3]。对此, 本文针对远距离运输下危险化学品安全管理对策进行优化分析。

1 危险化学品远距离运输风险识别

根据危险化学品远距离运输的实际情况, 明确风险主要来源人、车辆设备、危险化学品本身、环境等方面。因此, 通过对各个方面中可能对危险化学品远距离运输安全性造成威胁的因素进行分析, 实现对危险化学品远距离运输风险的识别^[4]。危险化学品远距离运输过程中, 由于其受多种因素的影响, 且各因素间具有复杂的相互关系, 因此, 有必要对其进行分层分析, 并对其内部关系进行分析。用 $n \times n$ 的矩阵表示危险化学品远距离运输风险因素之间的关系, 以此可以得到邻接矩阵, 其函数表达式为: $A=[a_{ij}]_{n \times n}$ 。假设在矩阵当中包含一个行因素 S_i 和一个列因素 S_j , 可以利用 a_{ij} 表示二者之间的关系:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{表示 } S_i \text{ 和 } S_j \text{ 有直接影响关系} \\ 0, & \text{表示 } S_i \text{ 和 } S_j \text{ 没有直接影响关系} \end{cases}$$

(1)

相邻矩阵能够较好地反映各危险因子间的直接效应, 但不能反映各危险因素间的间接效应。由此, 可以用可达矩阵的方法来研究各因子间的间接作用。可达矩阵用 G 表示, 其计算公式为:

$$G = \{G(S) = \{S_i | S_{ij} = 1, j = 1, 2, 3, \dots, n\} i = 1, 2, 3, \dots, n\} \quad (2)$$

公式中, S_{ij} 表示矩阵中第 i 行、第 j 列对应的影响因素。根据上述内容可以实现对危险化学品远距离运输风险因素的有效识别, 通常情况下, 影响危险化学品远距离运输安全的深层因素为法律法规, 直接因素包括个人技能、安全意识、运输数量、车辆类型、安全设备情况等。

2 建立远距离运输下危险化学品风险评价模型

根据上述危险化学品远距离运输风险识别得到的各项因素, 建立关系矩阵, 并得到模糊关系矩阵^[5]。分别对危险化学品的远距离运输展开评估, 从人的因素、车辆设备因素、危险化学品本身特性的因素、环境的因素等方面来进行单因素评估, 以此为基础, 按顺序获得所需的判断矩阵, 并经过去模糊化处理后, 获得了相对权重。在此基础上, 通过对模糊权值的分析, 可以得出一个模糊权值。在解决决策问题时, 网络的层次关系和分析的层次关系是不同的, 也不存在单个因素或最高层对全局起支配作用。这一过程可用下述公式表示:

$$W^{(2)} = \sum_{m=1}^N Y_{im}^{(1)} Y_{mj}^{(1)} \quad (3)$$

公式中, $W^{(2)}$ 表示元素列归一化结果; $Y_{im}^{(1)}$ 表示

元素 i 对元素 m 的优势度； $Y_{mj}^{(1)}$ 表示元素 m 对元素 j 的优势度。考虑到危险化学品远距离运输对人的影响，可利用下述公式，计算得出人口风险数值，以此实现对远距离运输下危险化学品风险的更直观评价：

$$R_{ij} = \sum_{(i,j)} \delta * k \quad (4)$$

公式中， R_{ij} 表示人口风险； δ 表示远距离运输危险化学品对每个人造成威胁的程度； k 表示人口数量。据上述评价方法，经过极限运算后得到极限超矩阵，通过计算得到元素的权重值。将极限超矩阵中各相同行中其中之一作为极限排序，采用加权平均性合成算子对远距离运输下危险化学品风险进行评价。

3 危险化学品远距离运输路径优化

结合上述远距离运输下危险化学品风险评价模型得到的评价结果，对危险化学品远距离运输的路径进行优化。将关闭高风险路段情形下的路径最小化作为优化目标，其表达式为：

$$\min L = \sum_{(i,j)} x_{ij} l_{ij} \quad (5)$$

公式中， $\min L$ 表示关闭高风险路段情形下的路径最小化； x_{ij} 表示运输车辆的运输系数，当车辆经过规定节点 i 到节点 j 路段时，则 x_{ij} 的取值为 0，在其他情况下 x_{ij} 的取值为 0； l_{ij} 表示从节点 i 到节点 j 路段的长度。满足上述优化目标的前提是运输车辆只能从起点出发，在目的地只能由运输车辆进入，在中间节点上必须保证“一进一出”原则。在路段开放的情况下，运输车辆才能够在该路段上运行。运输车辆最多只能经过一次任意节点。在满足上述原则条件后，对提出的每一条危险化学品的远距离运输路径进行路径求解，并从中选择出路径最小的运输方案，将其作为危险化学品远距离最优运输路径。在实现路径最小的基础上，还需要从人口风险和运输成本角度对路径进行进一步优化。人口风险的目标函数为：

$$\min R = \sum_{(i,j)} x_{ij} R_{ij}^M \quad (6)$$

公式中， $\min R$ 表示人口风险最小化目标； R_{ij}^M 表示从节点 i 到节点 j 路段运输危险化学品的人口风险。在运算的过程中需要考虑到运输区域是低密度人口区域还是高密度人口区域。根据上述论述可知，对于危

险化学品远距离运输路径的优化是多目标优化问题，最终确定的方案是在多个目标上同时占优的解。针对本文优化问题，可通过统一多目标量纲的方式，结合权重法对目标优化模型进行求解。根据各条道路的危险化学品远距离运输的总体风险，可以对运营区域内的全部道路进行风险等级，并根据此种运营模式，关闭对应的高风险路段。在封闭高危区域后，通过以下三种方式确定最优运输路径：首先，从运输企业的视角出发，以运输费用（运输时间、运输路径等）为目标，确定最优运输路径；其次，从运输费用与风险费用两个方面综合考虑，确定各因素的权衡比例，确定综合费用；最后，运输路线由运输公司确定。

4 安全管理与应急决策

在严格按照优化后的路径进行远距离危险化学品运输时，结合上述构建的远距离运输下危险化学品风险评价模型对每一台运输车辆进行的运输任务进行实时风险评价，结合评价结果实现安全管理。在管理过程中，需要将运输编号、运输位置等信息与管理信息相关联，一旦出现危险事故，则可以第一时间确定事故发生位置，并根据现场实际情况，采取相应的应急决策方案。

在遇到突发情况时，为了进一步控制人口风险，将负面影响程度降到最低，需要在事故发生后提出相应的应急决策。应急决策当中包含明确的救助方案、附近人员疏散方案、危险化学品远距离运输事故等级及扩散预测、危险化学品远距离运输事故火灾后果辅助决策等。在现实生活中，在危险化学品运输事故发生后的几个小时之内，以上所说的这些问题都是关系到人民群众的生命财产安全的重要因素，只有在最短的时间内作出迅速的反应，才能将危害和损失降到最低。在危险化学品运输中，在危险化学品运输过程中，对危险化学品进行快速有效地救援，是降低危险化学品运输中人员伤亡、建筑设施损坏及环境破坏的关键。在灾难发生之后，为减少灾难造成的破坏和损失而采取的所有措施，就是救援工作。具体的救助方案是指应急救助阶段的工作，就效力而言，该阶段的救助工作更为有效和重要。由于危险品的化学特性，在运输过程中经常伴随着事故的发生，例如：爆炸、火灾等。这些有毒物质进入大气后，还会随风飘散，有可能扩散到更大范围内。因此，有必要对其演化和传播过程进行预测。在对危险化学品运输事故的危害对象进行分析的时候，要对人的伤害进行特殊的关注，这不仅

仅是由于生命是无价之宝，也是由于与房屋、建筑设施、自然环境的固定性相比，人的行动能力更强，可以主动地规避伤害。

5 实例应用分析

本文上述针对远距离运输下的危险化学品安全问题，提出了一种新的管理对策及方法，为了验证该管理方法的应用可行性，将该方法应用到具体实例当中，并对应用效果进行分析。将某危险化学品的远距离运输用数值模拟的形式表示，其运输网络如图 1 所示。

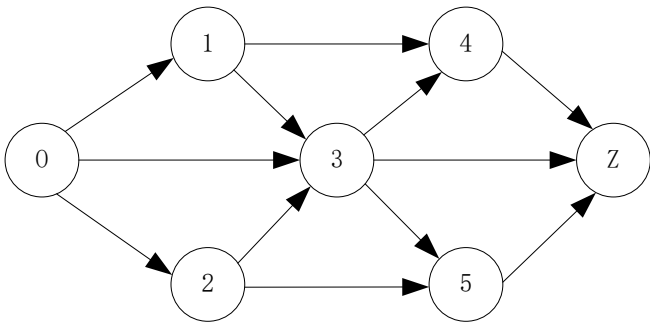


图 1 危险化学品运输网络

图 1 中 O 为危险化学品的运输起点，Z 为危险化学品的运输终点，其余各个点均为部分运输任务中要求的必经节点。远距离运输的危险化学品 M 的影响半径为 1km。假设在运输危险化学品时，运输车辆在各个路段上的速度均相等。分别设置五条不同路径，针对每条路径的运输路程、人口风险和运输成本进行记录，并将得到的结果与优化前的进行对比，其中人口风险可以通过上述建立的远距离运输下危险化学品风险评价模型得出。人口风险 R 的取值在 0~1 范围内，越接近 0，则说明风险越低；越接近 1，则说明风险越高。设置的五条路径编号为路径 I~ 路径 V，分别为，路径 I：O → 1 → 4 → Z；路径 II：O → 1 → 3 → Z；路径 III：O → 1 → 3 → 4 → Z；路径 IV：O → 3 → Z；路径 V：O → 2 → 5 → Z。针对上述五条不同的路径，分别记录优化前和优化后的运输路程、人口风险和运输成本，得到如表 1 所示的结果。

表 1 管理优化前后危险化学品远距离运输结果对比表

路径	优化前			优化后		
	运输路程 (km)	人口风险	运输成本 (元 /km)	运输路程 (km)	人口风险	运输成本 (元 /km)
路径 I	56.24	0.67	22.24	48.26	0.12	15.24

路径 II	52.42	0.75	21.25	50.21	0.10	16.65
路径 III	82.36	0.72	22.65	70.25	0.16	15.36
路径 IV	42.64	0.73	23.24	38.25	0.12	16.25
路径 V	52.75	0.69	22.52	42.15	0.14	16.24

对表 1 中记录的数据进行分析可以得出，优化前与优化后相比，针对每条路径的运输任务的运输路程均明显更多，而人口风险也更大，运输成本更高。优化后在完成每条路径的运输任务时，其人口风险可以控制在 0.20 以下，运输成本也能够控制在 20 元 /km 以内。由此可以证明，利用本文上述提出的安全管理方法对危险化学品远距离运输优化后，无论是对人口风险的影响程度还是运输成本上均明显得到改善。因此，通过上述实例能够证明，本文提出的管理方法具备实际应用可行性，能够有效促进危险化学品远距离运输的安全性和经济性提高，为企业带来更大的经济效益和社会效益。

6 结束语

危险化学品的运输对人们的生命财产安全和环境都有着十分重要的影响，因此本文针对远距离运输下危险化学品安全管理对策优化展开研究。通过研究提出了一种全新的安全管理对策和方法，并通过实例实现了对该方法应用可行性的验证。

参考文献：

- [1] 马旭. 双重预防机制信息化系统在危险化学品企业安全管理中的应用 [J]. 化工设计通讯, 2023, 49(07): 136-138.
- [2] 林启凤, 林聪炜, 陈仲巍, 等. 基于二维码技术构建高校实验室危险化学品的新型管理模式 [J]. 化工管理, 2023(19): 116-119.
- [3] 许佳, 李达. 基于 PHP+MySQL 架构的医院危险化学品信息化管理系统设计与应用 [J]. 现代医院管理, 2023, 21(03): 115-118.
- [4] 薛璐, 王富刚, 刘娟, 等. “五双”制度下高校生命科学类实验室危险化学品安全管理实践——以榆林学院生命科学学院实验室为例 [J]. 环境与发展, 2023, 35(02): 94-98+108.
- [5] 刘建华. 五方协作四环同构：区域中小学实验室危险化学品管理机制研究——以广东省中山市为例 [J]. 中国教育技术装备, 2022(19): 4-6+13.