

基于多目标优化的铁路危险货物运输安全分析

胡少玲

郑州铁路技师学院

[摘要] 铁路危险货物在铁路运输的过程中易发生安全事故, 如燃烧、爆炸等, 因此爆炸运输阶段危险货物的安全性具有重要意义。通过对铁路危险货物运输过程中的人口风险、运输成本风险等进行分析, 建立基于多目标优化的模型, 进而在铁路运输系统中选择一条合理的路径, 不仅能够确保铁路危险货物运输的安全性, 同时能够有效降低成本, 为安全运输提供保障。

[关键词] 铁路危险货物; 多目标优化; 运输安全

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2020.02.1504

铁路运输对于推动社会经济的发展具有重要的意义, 其主要特点体现在中长远运输距离、运输量大以及安全性高等。但是危险货物为移动的危险源, 如果发生泄漏、火灾等安全事故将会严重影响周围环境, 造成较大的财产损失, 人员伤亡^[1]。因此, 通过运输危险的角度进行分析, 在铁路运输网络中合理选择运输路径十分必要, 需要全面考虑沿线扩散区域的人口数量。从经济学的层面进行分析, 还需要考虑所选运输路径的成本问题。基于此, 本文通过人口风险以及成本风险两个方面建立多目标优化模型, 在全部铁路运输系统中探索最优的运输路径, 进而有效降低人口风险与成本风险, 保证铁路危险货物运输的安全性。

1 铁路危险货物运输路径优化目标

对危险货物路径进行优化的过程中, 首先需要明确路径优化的具体目标。因为危险货物的运输涉及较多的相关方, 其利益或者目标存在不同, 甚至存在冲突的情况, 所以在对路径进行优化的过程中需要充分考虑各方面的需求。在进行路线选择的过程中, 仅考虑危险货物运输的安全性缺乏全面性, 危险货物运输路径的优化是涉及多方面利益的一个多目标决策问题^[2]。

在确定危险货物运输路径优化目标的过程中, 需要认识到这些目标主要是应用于不同运输路径之间的比较, 因此并不需要对驾驶人员、车辆等因素进行考虑, 只需要考虑能够体现不同路径特点的目标, 并且确定的目标能够量化。其中运输企业关注的主要为成本问题, 大众关注的主要为安全问题。基于此, 本文将铁路危险货物运输路径优化的目标划分为经济目标和安全目标。其中经济目标主要为运输费用、运输时间成本, 安全目标主要为路线导致的风险以及所处危害区域的敏感目标人数^[3]。

明确目标体系后, 需要对各项目的权重进行明确, 权重能够体现各目标在路径选择中所占的重要程度。通常情况下权重能够通过专家评分或者层次分析等方法进行明确。因为安全性在危险货物运输中十分重要, 因此设置的安全目标的权重需要较大^[4]。

2 铁路危险货物运输人口及路线风险分析

铁路危险货物在运输阶段如果发生安全事故, 其危害性主

要为扩散区域内影响的人口数量, 因此扩散范围内暴露的人口数量为人口风险的主要指标, 并且与铁路沿线扩散区内人口密度和人口聚集区的人口数量关系密切。所以危险货物的铁路运输人口风险评价模型为:

$$F = \sum_{j=1}^n G_j$$

该公式中 G_j 表示路段 j 内的敏感目标人数。

另外还需要对路线风险进行分析, 其目标值体现危险货物铁路运输路线的风险情况, 由各路段风险值相加得出。路段风险通过危险货物铁路运输事故频率和导致事故后果的乘积进行计算。有一点需要加以注意, 采用该方法进行计算的风险值并不是个人风险或者社会风险, 不具有绝对数值的作用, 只能够用来体现不同路线风险程度的差异性。公式为:

$$F = \sum_{j=1}^n R_j$$

$$R_j = F_j \cdot C_j$$

以上公式中 R_j 为路段 j 的风险值, 通过该路段的事故后果与事故概率相乘得出; F_j 为路段 j 的事故率; C_j 为路段 j 上危险货物事故后果。

3 铁路危险货物运输成本风险分析

铁路危险货物的运输费用主要指集装箱的租赁费用以及运输价格, 集装箱的租赁费用需要通过单个集装箱进行计算, 设为 C_1 , 集装箱货物运输的计费标准按照每个箱子每公里的运输费用进行计算, 设为 C_2 , 对危险货物来说, 需要在基础运输价格上增加50%加成, 运费的计算公式为:

$$C_y = (C_1 + C_2) \cdot s \cdot n$$

该公式中 C_y 表示运输费用, C_1 表示发到基价, 元/箱, C_2 表示运行基价, 元/(箱·公里), S 表示运输里程, n 表示集装箱数目。

其次, 还需要对运输时间成本进行考虑。铁路货物在运输阶段需要耗费一定的时间, 这些都会形成相应的时间成本, 时间成本主要指物品在运输阶段耗费的时间花费在其他方面而形成的经济效益, 其计算公式为:

$$C_T = (p \cdot i) + (C_1 + T + t) \cdot n$$

该公式中 C_T 表示时间成本, p 表示目前危险货物的市场价值, i 表示目前市场危险货物的利润率, C_1 表示占用集装箱的具体时间, T 表示运输时间, t 表示延误的时间, n 表示集装箱

的数目。

建立铁路危险货物运输的成本模型需要假设运输过程条件, 主要包括: (1) 运输阶段, 各节点城市只需要进行1次列车的重新编组或者中转; (2) 运输阶段列车重新编组或者运转形成的成本需要计入时间成本; (3) 运输阶段各节点城市均可以进行列车的编组; (4) 运输阶段各线路上的速度和每公里的费用相等^[5]。

4 铁路危险货物运输路径优化的数学模型建立

对多种目标路径优化方法来说, 可采用下述方法进行解决。首先需要得出各个单项目标的最优值, 无论其他目标如何发生变化。之后需要根据各项目标的实际值最大可能接近其单项目的最优值, 同时还需要对各项目标的权重大小进行分析。所以各单项目目标需要具备一个偏差变量, 偏差变量能够表现各单项目标的实际值和最优值的接近情况。

通过得到最优解, 能够将问题转化为得出总偏差的最小值, 总偏差为各个偏差变量和各自目标权重乘积相加。因为各单项目标的单位存在差异性, 因此需要将各单项目目标偏差变量除以各自目标最优值, 进行规范化处理^[6]。

假设具有m危险货物运输路线方案, 其求解多目标问题最优解的公式为:

得出前面给出的单项目目标最优值

$$F^{opt} = \min[F^1, F^2, \dots, F^h, \dots, F^m]$$

得出整体目标值最优值

$$F_k = \frac{w_1 (F_1^h - F_1^{opt})}{F_1^{opt}} + \frac{w_2 (F_2^h - F_2^{opt})}{F_2^{opt}} + \frac{w_3 (F_3^h - F_3^{opt})}{F_3^{opt}}$$

该公式中 F^{opt} 主要指权重的整体目标最优值; F^h 主要指第h条路线方案的整体目标值; $F_1^{opt} - F_3^{opt}$ 主要指各路线方案中费用、路线风险及敏感目标人数各目标的最小值; $F_1^h - F_3^h$ 主要指第h条路线方案的费用、路线风险及敏感目标人数各自的目标值; $w_1 - w_3$ 主要指费用、路线风险及敏感人数者3个目标的权重; 并且 $\sum_i^5 w_i = 1$ 。其中上标主要指路线序号, 下标主要指目标序号。

5 铁路危险货物路径优化多目标决策过程

铁路危险货物路线优化决策的流程主要包括下述几个方面: (1) 明确具体范围。明确铁路危险货物运输起点与终点的位置, 同时收集相关数据与资料, 工作人员需要深入路线实地进行考察。(2) 排除禁行路线。对危险货物运输路径进行选择的过程中, 部分路径因为技术因素或者法律规定禁止通行, 所以首先需要将这类路线排除。除此之外一些技术禁止通行要求的路线也需要排除, 如坡度过陡、施工建设等, 另外规定禁止危险货物通行或限行的区域与线路也需要排除。(3) 明确路线方案。集合危险货物运输起点至终点区间内现有道路

的分布情况, 将不符合要求的路线排除后, 提出包括现有危险货物运输路径在内的多种路线方案^[7]。(4) 明确选择目标。通过相关政府机关部门、运输企业等多方展开分析讨论, 明确影响路径选择的主要因素, 建立和完善路径选择目标机制, 通过专家评分等方式明确目标的权重。(5) 对路段进行合理划分。铁路危险货物在运输的过程中, 易受到其他因素的影响, 因此路径优化评价指标中的相关变量因素, 如人口密度、路面情况、地形地势等均在发生变化。所以需要运输路线进行分段处理, 片段上的变量因素假定为常数。分段的主要原则为各片段上变量因素尽可能接近, 并将其作为相等的常数。为了简化流程, 分段过程中需要重点考虑人口密度等变量。(6) 路径优化计算与决策。采用多目标优化数学模型, 充分结合相关数据资料, 对各个路线方案的目标值进行合理计算, 最小值路线便为最佳危险货物的运输路线。可将排在前几位的路线方案列出, 对其他影响因素进行全麻分析, 如环境因素、是否具有应急备用路线等, 明确最合适的铁路危险货物运输路线。

6 结语

综上所述, 铁路危险货物运输优化是一个综合性、多目标的决策问题。本文将铁路危险货物运输过程中的风险模型划分为人口风险模型、路线风险模型以及成本风险模型, 对其赋予相应的权重, 进而得出不同权重值下铁路运输系统中的最佳运输路径, 进而在路径选择方面确保铁路危险货物运输的安全性, 进而为铁路危险货物的运输提供参考依据。另外, 因为全国铁路运输网络较为复杂, 本文主要对铁路干线进行考虑, 缺乏数据信息的收集, 今后研究中需要充分利于大数据等技术获取大量信息数据展开深入研究。

参考文献

[1] 姚振坤. 铁路危险货物运输安全风险识别与对策探讨[J]. 铁道货运, 2019(6): 55-60.

[2] 杨文韬, 张义川, 姚振坤, 等. 典型危险货物罐式箱铁路运输安全监控技术研究[J]. 铁道货运, 2019, 38(12): 78-83.

[3] 高海燕, 张博昊. 基于动态模糊理论的铁路危险货物办理站运输安全评价研究[J]. 铁道货运, 2019, 37(1): 55-60.

[4] 宫丹青. 北京局集团公司铁路危险货物运输重点区域管控对策探讨[J]. 铁道货运, 2019, 37(8): 80-84.

[5] 贺俭辉. 铁路危险货物运输中不安全因素及强化措施[J]. 科学与财富, 2018(18): 226.

[6] 杜涛. 铁路危险货物办理站安全状态监管评价及信息化监管系统模块原型设计[D]. 北京: 北京交通大学, 2018.

[7] 杨扬, 吴华玲. 危险品铁路运输专用线事故类型及安全措施[J]. 港口科技, 2018(2): 47-52.