

王欢欢,李润求,涂源原,等.基于扎根理论与灰色关联的危化品道路运输事故致因分析[J].湖南科技大学学报(自然科学版),2022,37(1):17-23. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2022.01.003

WANG H H, LI R Q, TU Y Y, et al. Analysis of the Causes of Road Transportation Accidents for Hazardous Chemicals Based on Grounded Theory and Grey Relation [J]. Journal of Hunan University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2022, 37(1):17-23. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2022.01.003

基于扎根理论与灰色关联的危化品 道路运输事故致因分析

王欢欢¹,李润求^{1,2,3*},涂源原¹,崔燕^{1,2,3},刘勇^{1,2,3},伍爱友^{1,2,3},施星宇⁴,凌妍安⁵

(1.湖南科技大学 资源环境与安全工程学院,湖南 湘潭 411201;

2.湖南科技大学 应急管理部南方煤矿瓦斯与顶板灾害预防控制安全生产重点实验室,湖南 湘潭 411201;

3.湖南科技大学 煤矿安全开采技术湖南省重点实验室,湖南 湘潭 411201;

4.长沙理工大学 电气与信息工程学院,湖南 长沙 410114;

5.湖南润安危物联科技发展有限公司,湖南 长沙 410205)

摘要:为科学预防并控制危化品道路运输事故发生,应用扎根理论对 158 起危化品道路运输事故典型案例进行了分析.通过开放性译码、主轴译码、选择性译码和理论饱和性检验确定了事故影响因素的 28 个范畴、12 个主范畴和 5 个核心范畴,绘制了危化品道路运输事故鱼刺图,构建了事故影响因素灰色关联度计算模型,对 12 个主范畴进行了灰色关联分析,获得了事故关键影响因素,为危化品道路运输事故预防与控制提供了科学依据.

关键词:危险化学品;道路运输;扎根理论;灰色关联分析;事故预防

中图分类号:X951 文献标志码:A 文章编号:1672-9102(2022)01-0017-07

Analysis of the Causes of Road Transportation Accidents for Hazardous Chemicals Based on Grounded Theory and Grey Relation

WANG Huanhuan¹, LI Runqiu^{1,2,3}, TU Yuanyuan¹, CUI Yan^{1,2,3},

LIU Yong^{1,2,3}, WU Aiyu^{1,2,3}, SHI Xingyu⁴, LING Yanan⁵

(1. School of Resources, Environment and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

2. Work Safety Key Laboratory on Prevention and Control of Gas and Roof Disasters for Southern Coal Mines of Ministry of Emergency Management, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

3. Hunan Provincial Key Laboratory of Safety Mining Techniques for Coal Mines, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

4. School of Electrical & Information Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410114, China;

5. Run'an Weiwulian Technology Ltd., Changsha 410205, China)

Abstract: In order to scientifically prevent and control hazardous chemical road transportation accidents, grounded theory is applied to analyze the 158 typical cases of hazardous chemicals road transportation accidents. 28 categories, 12 main categories and 5 core categories of the accident influencing factors are determined by open decoding, main axis decoding, selective decoding and theoretical saturation test, and a fishbone map of

收稿日期:2021-07-02

基金项目:国家自然科学基金资助项目(52074118);湖南省教育厅科学研究项目资助(19A167;18B210;20A188);湖南省自然科学基金资助项目(2019JJ50152);湖南省交通运输厅科技进步与创新计划项目资助(201943)

*通信作者,E-mail:rqli@hnust.edu.cn

hazardous chemicals road transportation accidents is drawn, the grey relational degree calculation model of accident influencing factors is established, the grey relation analysis is carried out on 12 main categories, and the key influencing factors of accident are obtained, which have provided a scientific basis for the prevention and control of hazardous chemicals road transportation accidents.

Keywords: hazardous chemicals; road transportation; grounded theory; grey relation analysis; accident prevention

危险化学品(以下简称“危化品”)作为工业生产不可或缺的重要原料,跨区域运输不可避免,运输影响因素众多,突发事故多,具有难以预测、救援困难等特点,且极易引发二次事故,造成大量的人员伤亡、财产损失和极恶劣的社会影响。据中国物流与采购联合会危化品物流分会调研数据显示,2020年我国危化品物流总量约为17亿t,其中道路运输量约为12亿t,占危化品运输总量的69%^[1]。德国使用公路运输的危化品达到了运输总量的49%,2017年土耳其包括危化品在内的90%货物也是通过公路运输。由于危化品自身具有易燃易爆等性质,加之道路环境复杂,行驶在路上的危化品道路运输车辆便如同一颗颗“移动的不定时炸弹”。道路运输过程中人、物(危化品、运输车辆及其他设备设施)、环境、管理等4个子系统间风险因素可能会不断耦合形成不同的新风险,从而导致危化品道路运输安全面临着严峻的挑战^[2]。因此,对危化品道路运输事故进行归纳分析,并由此进一步分析探究事故发生特点和演化规律,有针对性地提出防范措施和建议,对于预防和控制危化品道路运输事故具有重要意义。

为此,国内外许多专家学者做了大量研究,如吴宗之^[3]等从事事故发生的环节、引发事故的危化品类别等方面,研究了危化品道路运输事故发生的特点及规律;陈晓^[4]等利用N-K模型分别从单因素和多因素的角度研究了危化品道路运输事故不同风险耦合发生的概率;王健^[5]等从危化品道路运输事故数据中提取事故发展的特征参数,运用贝叶斯网络来探究事故情景演变趋势;沈小燕^[6]等采用决策树、支持向量机和多层感知器模型3种方法研究危化品道路运输事故严重程度的影响因素;Nikolai Holeczek^[7]等对危化品道路运输相关文献进行了结构化的概述和问题分类,揭示了近年的发展态势和研究缺口;Nijole Batarliene^[8]等采用肯德尔评级相关法和ARTIW方法对影响危化品道路运输的重要因素进行分析评估,最终得出3组因素用于未来开发模型;Sylwia Agata Bęczkowska^[9]等构建出人的不安全行为引发的事故强度模型,模拟研究了人因对危化品道路运输的重要影响。已有文献从不同角度对危化品道路事故进行了统计分析和致因分析并卓有成效。

扎根理论是根植于资料基础之上进行分析和建立相关理论的一种定性方法,研究之初不需要理论假设,直接从原始资料中归纳出经验概括,然后上升到理论^[10]。根据危化品道路运输事故特点,结合事故致因理论相关知识和事故预防技术的需要,遴选出信息比较完整的事故案例,应用扎根理论(Grounded Theory, GT)进行致因分析,进而提取出危化品道路运输事故影响因素并绘制出鱼刺图,再运用灰色关联分析方法(Grey Relation Analysis, GRA)获得危化品道路运输事故演化关键影响因素,以期从根源上降低危化品道路运输事故发生的可能性,为预防和控制危化品事故提供科学依据。

1 危化品道路运输事故影响因素提取

事故案例包含着大量的事故原因和应急处置相关知识,它们对事故预防和应急决策具有重要意义。笔者整理了化学品事故信息网2017年—2020年危化品道路运输事故信息,由于采集历史事故的数据信息具有一定局限性,一些事故特征参数存在缺失,故从中遴选出158起信息完整的典型事故案例作为研究对象。

1.1 基于扎根理论的事故影响因素提取

扎根理论方法主要包括:开放性译码,主轴译码,选择性译码与理论饱和性检验。基于事故案例属于文本资源,因此选用扎根理论来系统地总结归纳案例的共性信息,选取典型案例的85%(134起)进行编码,剩余的15%(24起)进行理论饱和度检验。

1.1.1 开放性译码.

通过对原始事故编码资料即文本语句进行分析,得出基本概念,再对概念进行范畴化以分析概念间的逻辑关系,同时逐渐将概念分层归纳,最终得出范畴.对于同一事故语句可能包含多个概念的,则分别划入多个概念,例如,“某急弯路段,一载油车倾斜,加之路面湿滑,司机不熟悉路况,转弯过急,才导致罐体倾斜,引发油料泄漏”,将其划入“急弯”“路面湿滑”“转弯过急”3 个概念下.通过对 134 起典型事故案例分析,得到制动失效、阀门故障、罐体故障、轮胎爆裂等 28 个范畴.部分开放性译码分析结果如表 1.

表 1 危化品道路运输事故案例开放性译码分析

序号	危化品道路运输事故资料语句		概念	范畴
	事故	事故原因		
1	2017 年 1 月 23 日湖南益阳汽油罐车泄漏事故	刹车失灵	刹车失灵	制动失效
2	2017 年 2 月 4 日广东番禺柴油罐车泄漏事故	避车失控	避车失控	避险措施不当
3	2017 年 5 月 14 日山东济青高速原油罐车泄漏事故	驾驶员驾驶时间过长,车横穿护栏与对向行驶车辆相撞	连续长时间驾驶	疲劳驾驶
4	2017 年 6 月 9 日广西南宁危险化学品货车火灾事故	驾驶员无运输危化品证件,车辆无运输资质运输异丙醇、环己酮、氨水等	人无运输危化品证、车无资质运输危化品	非法营运、非法车辆、管理不当
5	2017 年 7 月 6 日山西高速氯乙酰胺半挂车泄漏事故	高温降雨后氯乙酰胺腐蚀塑料桶	高温、下雨、危化品发生腐蚀	高温天气、雨雪天气、物质反应
6	2018 年 3 月 18 日广西柳州高速公路甲醛罐车泄漏事故	方向盘被卡死	方向盘被卡死	转向失灵
7	2018 年 7 月 29 日安徽合淮阜高速拖车过氧乙酸泄漏事故	混装载货,浓度大于 15%的过氧乙酸泄漏发生腐蚀	混装载货、危化品发生腐蚀	货物混装、管理不当、物质反应
8	2018 年 12 月 18 日广东肇庆高速路段液化天然气罐车泄漏事故	车辆长时间行驶,轮毂过热引起轮胎起火烧毁了槽罐阀门	车辆长时间行驶轮毂过热引起轮胎起火	轮胎起火
9	2018 年 12 月 21 日江苏盐城天然气罐车泄漏事故	雾大导致两车碰撞,天然气罐车尾部破裂	雾大	大雾天气
10	2019 年 6 月 4 日安徽合肥流动加油车泄漏事故	非法流动加油车连接油管的塑料软管老化,加上持续高温导致破裂	非法流动加油车、塑料软管老化、持续高温	非法车辆、管理不当、设备老化、高温天气
11	2019 年 7 月 23 日湖南郴州货车柴油泄漏事故	车辆车速过快,为避免撞车急刹车导致油管被震断柴油泄漏	车速过快、急刹车	超速驾驶、制动措施不当
12	2020 年 5 月 2 日湖南郴州油罐车侧翻事故	因驾驶员对路窄、坡陡、弯急的路况不熟悉,造成转弯半径不够翻入山沟	陡坡急转、转弯半径不够	陡坡急转、转弯不当
13	2020 年 6 月 13 日浙江温岭液化石油气运输槽罐车爆炸事故	车辆从限速 60 公里/小时路段行驶至限速 30 公里/小时的弯道路段时,未及时减速导致车辆侧翻,罐体撞击破裂,泄出的液化石油气遇过往机动车产生的火花爆燃	超速、弯道未及时减速、危化品遇火爆燃	超速驾驶、转弯不当、物质反应
14	2020 年 9 月 9 日山东泰安货车危化品泄漏事故	发生道路交通事故,无资质违法运输危化品,超载运输	无资质违法运输、超载运输	非法营运、管理不当、货物超载
15	2020 年 10 月 15 日辽宁大连柴油罐车泄漏事故	早晨道路湿滑、司机看手机注意力不集中	道路湿滑、驾驶员看手机注意力不集中	路面条件、分心驾驶

1.1.2 主轴译码

主轴编码是扎根理论方法的第二阶段,是通过分析概念、范畴之间的各种联系,将开放译码中得出的各个范畴有机关联在一起的过程.危化品道路运输事故的主轴编码主要考虑事故本身,不断分析整合,将有联结关系的范畴归纳到新的范畴,最终得到违法驾驶、操作不当、转弯不当等 12 个主范畴,具体结果见表 2.

表2 主轴编码结果

序号	主范畴	范畴
1	违法驾驶	超速驾驶、疲劳驾驶、非法营运、分心驾驶
2	操作不当	制动措施不当、避险措施不当
3	转弯不当	转弯不当
4	车辆失控	制动失效、转向失灵
5	设备故障	阀门故障、罐体故障、罐体结冰、除罐体/阀门外其他设备故障、设备老化
6	非法车辆	非法车辆
7	车胎故障	轮胎爆裂、轮胎起火、轮胎打滑
8	物质反应	物质反应
9	违规装载	货物混装、货物超载
10	自然天气	雨雪天气、大雾天气、高温天气
11	道路状况	路面条件、陡坡急转、连续弯道
12	管理不当	管理不当

1.1.3 选择性译码

选择性编码是对主轴编码的进一步梳理,挖掘主范畴之间的关系,对主范畴之间的关系进行说明^[11].结合危化品道路运输事故相关资料,深入比较范畴和主范畴,最后得到“驾驶员不安全行为”“车辆不安全状态”“货物不安全状态”“环境不安全条件”“管理失误”5个核心范畴,如表3.

表3 选择性编码结果

序号	核心范畴	主范畴
1	驾驶员不安全行为	违法驾驶;操作不当;转弯不当
2	车辆不安全状态	车辆失控;设备故障;非法车辆;车胎故障
3	货物不安全状态	物质反应;违规装载
4	环境不安全条件	自然天气;道路状况
5	管理失误	管理不当

1.1.4 理论饱和性检验

理论饱和是指用新的资料对确定的范畴进行检验,直到不再出现新的代码和类属,它是扎根理论停止采样的标准^[12].经过对剩余15%的危化品道路运输事故进行编码,检验未出现新的重要范畴,各主范畴之间也未发现新范畴,表明理论模型饱和完整,可以停止采样.

1.2 危化品道路运输事故原因鱼刺图构建

鱼刺图是一种透过现象看本质的因果分析方法,通过逐条逐层分析从而得出事故发生的原因,简捷实用,深入直观.经分析以通过扎根理论获得的5个核心范畴为大骨,再逐层逐条归类12个主范畴及28个范畴,明确从属关系,并以中骨、小骨的分布态势展开,最终形成鱼刺图,如图1所示,更直观地说明了各原因是如何影响危化品道路运输事故的.

前文运用扎根理论定性分析确定了危化品道路运输事故的影响因素,并依此绘制出鱼刺图,直观地表达出各因素间的内在关系.为进一步探究各个影响因素的数值关系,因此选用灰色关联分析方法进行定量分析,以量化各影响因素的重要程度.

2 危化品道路运输事故影响因素灰色关联分析

2.1 灰色关联分析模型

灰色关联分析,是一种多因素统计分析的方法.灰色系统理论由邓聚龙教授首次提出,在小样本、贫信息、不确定问题的研究方面作用突出.现行的关联度量化模型主要有邓氏关联度、灰色绝对关联度、灰色相似关联度、T型关联度、灰色斜率关联度等^[13].灰色绝对关联分析主要通过比较序列和参考序列曲线形状的相似程度来描述关联度的大小,两者成正相关.

为研究2017年—2020年我国危化品道路运输事故影响因素与事故起数的潜在联系,通过学习各关联度

量化模型的适用范围及优缺点,结合对本文研究对象信息特征的综合分析,选取灰色绝对关联度进行分析.

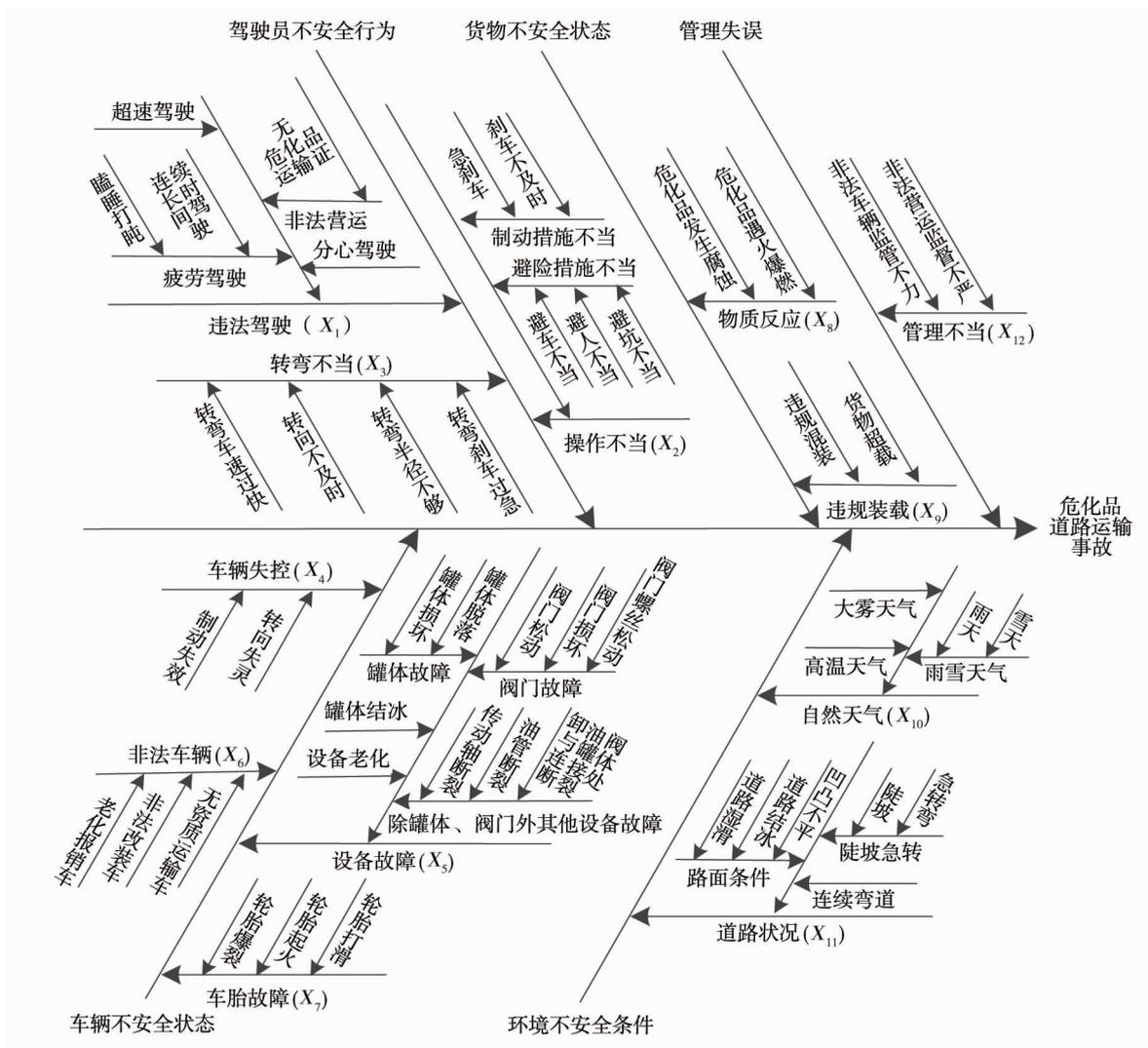


图 1 危化品道路运输事故原因鱼刺图

设各年度危化品道路运输事故起数为参考序列 $X_0 = (x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(m))$, 各年度事故影响因素出现次数为比较序列 $X_j = (x_j(1), x_j(2), \dots, x_j(m))$, $j = 1, 2, \dots, n$.

具体运算步骤:

1) 无量纲化处理. 均值化方法处理的各指标数据构成的协方差矩阵既可以反映原始数据中各指标变异程度上的差异, 也包含各指标相互影响程度差异的信息^[14], 故选用均值化方法进行无量纲化处理以避免后续运算中出现事故起数与因素出现次数量纲不同的问题. 参考序列均值化处理按式(1)计算, 比较序列均值化处理按式(2)计算, 得到新序列分别为 $X_0^* = (x_0^*(1), x_0^*(2), \dots, x_0^*(m))$, $X_j^* = (x_j^*(1), x_j^*(2), \dots, x_j^*(m))$.

$$x_0^*(k) = \frac{mx_0}{\sum_{k=1}^m x_0(k)}; \tag{1}$$

$$x_j^*(k) = \frac{mx_j}{\sum_{k=1}^m x_j(k)}. \tag{2}$$

2) 始点零像化. 由于因素序列时距相等, 可直接进行始点零像化. 参考序列的始点零像化记为 X_0^0 , 按式(3)计算可得序列 $X_0^0 = (x_0^0(1), x_0^0(2), \dots, x_0^0(m))$, 比较序列的始点零像化记为 X_j^0 , 按式(4)计算得到序列 $X_j^0 = (x_j^0(1), x_j^0(2), \dots, x_j^0(m))$.

$$x_0^0(k) = x_0^*(k) - x_0^*(1), k = 1, 2, \dots, m; \tag{3}$$

$$x_j^0(k) = x_j^*(k) - x_j^*(1), k = 1, 2, \dots, m. \tag{4}$$

3) 求解灰色绝对关联度.参考数列和比较数列的灰色绝对关联度求解计算:

$$\xi_{0j} = \frac{1 + |s_0| + |s_j|}{1 + |s_0| + |s_j| + |s_j - s_0|}. \tag{5}$$

式中: $|s_0| = \left| \sum_{k=2}^{m-1} X_0^0(k) + \frac{1}{2}X_0^0(m) \right|$; $|s_j| = \left| \sum_{k=2}^{m-1} X_j^0(k) + \frac{1}{2}X_j^0(m) \right|$.

4) 根据灰色绝对关联度大小对影响因素进行排序.

2.2 灰色绝对关联计算

由于危化品道路运输事故影响因素种类众多,若分析时将所有因素全部考虑在内,一方面会增加复杂度、降低计算效率,另一方面难以突出变量间的关联性,在进行因素分析前有必要对影响因素进行合理选取.结合上文对危化品道路运输事故影响因素的分析,同时考虑各项因素的可获得性,从每份事故调查报告中提取与事故发生有关的因素信息,选定扎根理论得到的12个主范畴作为此次研究的重要影响因素,详见图1.我国危化品道路运输事故灰色绝对关联分析的参考序列和比较序列具体统计结果见表4.

表4 危化品道路运输事故灰色关联分析的参考序列和比较序列

年份	参考序列						比较序列						
	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
2017	26	5	5	2	6	4	0	1	1	0	4	4	1
2018	41	5	7	4	8	8	1	2	1	1	4	8	2
2019	37	2	12	3	7	7	4	2	0	0	4	2	4
2020	54	8	15	4	7	16	1	2	0	1	5	12	2

由于序列包括2017年—2020年4a数据,故 $m=4$,且选取了12个主范畴作为关联分析的因素序列,故 $n=12$.通过式(1)和式(2)对原始数据进行无量纲化处理,再根据式(3)和式(4)对无量纲化处理的结果进行始点零像化计算,进而运用式(5)计算出2017年—2020年危化品道路运输事故起数与各因素的灰色绝对关联度,具体求解结果如表5所示.

表5 危化品道路运输事故起数与各因素的灰色绝对关联度

因素	灰色绝对关联度	排序	因素	灰色绝对关联度	排序
X_1	0.638	11	X_7	0.936	3
X_2	0.866	4	X_8	0.575	12
X_3	0.944	2	X_9	0.779	9
X_4	0.842	6	X_{10}	0.821	7
X_5	0.863	5	X_{11}	0.958	1
X_6	0.699	10	X_{12}	0.799	8

2.3 分析与讨论

由表5可知,各因素与事故起数的关联程度是不同的,将灰色绝对关联度较大的前五个因素按大小进行排序,道路状况 X_{11} >转弯不当 X_3 >车胎故障 X_7 >操作不当 X_2 >设备故障 X_5 ,对以上影响因素进行具体分析讨论:

1)“道路状况”与事故起数的关联程度最高,路况凹凸不平或路面湿滑结冰都有极大概率会引发事故.实际生产运输中,危化品道路运输跨度广,路线多,尤其是跨省份运输,道路环境复杂的状况难以改变,因此我们应该尽量避免经过路况不好路段,并多从防控其他因素的角度出发寻找措施保证安全运输,避免其他因素和道路状况不良出现轨迹交叉而加大事故发生的可能性.

2)“转弯不当”和“操作不当”也都是事故的关键影响因素.这说明驾驶员的操作问题也会给道路运输带来考验,一旦出现操作失误便可能引发事故,那么提高驾驶员的操作技能和专业知识便很有必要,很多事故是可以通过驾驶员正确及时的操作、补救行为和强烈的安全意识来避免或减少损失的,因此,更要注意

重对危化品道路运输相关人员的技术培训和安全知识培训,多角度、多方法提高驾驶人员安全意识和安全技能,积极组织开展安全运输交流活动,交流安全运输经验。

3)行驶中车胎突然爆裂或起火是难以预测的,驾驶员很难及时采取有效措施来避免事故发生。因此,针对“车胎故障”和“设备故障”,建立日常检查制度并确保每日落实和车辆出行前的安全检查都是十分重要且关键的,定期监督检查运输车辆及其相关设备,拒绝故障车辆上路,严格保证上路车辆罐体、阀门等安全设备处于良好状态,行驶中一旦出现不良状况或发生事故,应立即就近停车检查并维修。

4)关联度最小的因素为物质反应,但也不能因此忽视这个因素,在实际运输中,对各种不安全因素都要保持警惕,采取积极有效的措施尽量减少或避免事故发生。

3 结论

1)扎根理论可以有效避免研究者先主观假设再分析问题,确保了研究的规范性和科学性,通过对2017年—2020年我国危化品道路运输事故信息的收集整理,选取158起事故案例使用扎根理论方法分析确定了28个范畴、12个主范畴和5个核心范畴,进而构建了危化品道路运输事故原因鱼刺图。

2)运用灰色绝对关联分析法,有效识别出危化品道路运输事故关键影响因素依次为道路状况不良、转弯不当、车胎故障、操作不当等,并对结果进行了分析讨论。

3)通过对危化品道路运输事故的深入分析,识别出关键影响因素并提出了加强驾驶员技术培训、建立并落实日常出车检查制度、警惕每一个不安全因素等建议,以期从根源上降低危化品道路运输事故发生的可能性,减少并预防相关事故发生。

参考文献:

- [1] 刘宇航. 2021中国危险货物法规标准公益宣贯会(天津站)成功举办[EB/OL]. (2021-04-02)[2021-05-28]. <http://www.hcls.org.cn/article/94570.html>.
- [2] 施式亮,陈晓勇,刘勇,等.基于AHP耦合度的危化品道路运输风险因素耦合特征[J].湖南科技大学学报(自然科学版),2021,36(1):23-29.
- [3] 吴宗之,孙猛.200起危险化学品公路运输事故的统计分析及对策研究[J].中国安全生产科学技术,2006(2):3-8.
- [4] 陈晓,丁光.基于N-K模型的危化品道路运输安全风险因素耦合研究[J].山东农业大学学报(自然科学版),2019,50(4):709-714.
- [5] 王健,张明广,黄馨,等.易燃易爆危险化学品道路运输事故情景分析[J].中国安全科学学报,2019,29(5):171-177.
- [6] 沈小燕,魏珊珊,冯煜清.基于机器学习的危险货物道路运输事故影响因素分析[J].交通信息与安全,2020,38(5):113-119.
- [7] Holeczek N. Hazardous materials truck transportation problems: A classification and state of the art literature review[J]. Transportation Research, 2019, 69: 305-328.
- [8] Batarliene N. Essential Safety Factors for the Transport of Dangerous Goods by Road: A Case Study of Lithuania[J]. Sustainability, 2020,12(12):4954.
- [9] Bęczkowska S A, Grabarek I. The Importance of the Human Factor in Safety for the Transport of Dangerous Goods[J]. Int J Environ Res Public Health, 2021,18(14):7525.
- [10] 杨峰,姚乐野.危险化学品事故情报资源的情景要素提取研究[J].情报学报,2019,38(6):586-594.
- [11] 张宝生,张庆普.基于扎根理论的社会化问答社区用户知识贡献行为意向影响因素研究[J].情报学报,2018,37(10):1034-1045.
- [12] 李志刚,李兴旺.蒙牛公司快速成长模式及其影响因素研究——扎根理论研究方法的运用[J].管理科学,2006(3):2-7.
- [13] 刘思峰,谢乃明.灰色系统理论及其应用[M].6版.北京:科学出版社,2013.
- [14] 张文泉,赵凯,张贵彬,等.基于灰色关联度分析理论的底板破坏深度预测[J].煤炭学报,2015,40(s1):53-59.