

·应急管理·

基于故障树分析法的危险化学品槽罐车运输事故应急救援预案完备性评估



□叶先宝 苏瑛荃

[福州大学 福州 350108]

[摘要] 【目的/意义】为强化政府风险治理和应急准备规划,提升应急预案的质量和城市公共安全应急管理水平,运用故障树分析法(FTA)对应急预案的完备性进行评估。【设计/方法】首先,以应急管理全过程理念为基础,建立标准故障树结构;其次,以福州市为例,将量化的标准故障树结构与该市现行的《危险化学品槽罐车运输事故应急救援预案》进行对照,对预案中缺失的基本事件进行排查,根据排查情况评估应急预案完备度;最后,依据完备度评估的逻辑分析过程和得出的量化结果,为该应急预案的优化提出了针对性的建议,也为相关领域内同类应急预案优化升级提供参考和借鉴。【结论/发现】可从应急预案的总则和总体分析、风险监测预警预防、善后工作、宣教培训与演练和预案的附件这五个方面对应急预案进行优化升级。

[关键词] 故障树分析法;危险化学品;应急预案;完备性

[中图分类号] X928.5

[文献标识码] A

[DOI] 10.14071/j.1008-8105(2021)-3005

Completeness Assessment of Emergency Plans for Hazardous Chemical Tanker Transportation Accidents Based on Fault Tree Analysis Method

YE Xian-bao SU Ying-quan
(Fuzhou University Fuzhou 350108 China)

Abstract [Purpose/Significance] To strengthen government risk governance and emergency preparedness planning, and enhance the quality of emergency plans and the level of urban public safety emergency management, the fault tree analysis (FTA) method is applied to assess the completeness of emergency plans. [Design/Methodology] Firstly, a standard fault tree structure is established based on the concept of the whole process of emergency management; secondly, taking Fuzhou City as an example, the quantified standard fault tree structure is compared with the city's existing Emergency Plans for Hazardous Chemical Tanker Transportation Accidents, and the missing basic events in the plan are investigated. The completeness of the emergency plan is assessed according to the investigation. Finally, the quantitative results of the completeness of the emergency plan are derived. [Findings/Conclusions] The emergency plan can be optimized and upgraded in following aspects: general rules and general analysis of the emergency plan, risk monitoring, warning and prevention, clean-up work, publicity, education, training and exercises, and annexes of the plan.

Key words fault tree analysis method; hazardous chemicals; emergency plan; degree of completeness

[收稿日期] 2020-09-15

[基金项目] 福建省应急管理预案体系编制项目([3500]FJTH[CS]2020011);福建省“十四五”应急管理领域专项规划编制项目([3500]FJLQ[CS]2020002).

[作者简介] 叶先宝(1968-)男,博士,福州大学经济与管理学院教授;苏瑛荃(1995-)女,福州大学经济与管理学院硕士研究生。

引言

危化品的存储条件特殊,在利用槽罐车运输的过程中,容易造成道路运输事故。由于交通运输事故极易导致泄露,轻则污染环境,引发周边人员中毒,重则引起燃烧爆炸,由于其事故本身和次生衍生事件造成的现场及周边群众重大伤亡和财产损失事故,危险性和处置难度大^[1]。根据《危险化学品安全管理条例》的规定,县级以上地方各级人民政府负责危险化学品安全监督管理综合工作的部门应当会同同级其他有关部门制定危险化学品事故应急救援预案^[2]。然而,我国现行的相关应急预案启动后,并不能完全覆盖事件灾情的全部要素,应急预案完备性差、可操作性不强等一系列问题凸显^[3]。因而对危化品槽罐车运输事故应急救援预案进行完备性评估,提升应急预案的质量显著提升,以减少事故发生后造成的危害和损失。

国外对于应急预案的研究起步较早,已经形成较完备的应急预案体系,研究主要集中在应急预案的编制和事故的应急处置上,鲜有对单份预案的评估研究。Paul Sarah概述了英国的综合应急管理(IEM)策略,展示了在发生紧急情况时,应急预案涉及的部门如何与中央政府联络,共同应对^[4]。David Alexander对如何编制应急预案及应急预案的未来演进与发展进行了详细的阐述^[5]。Ferreira等则基于ARICA预先建立的方法开发了一种新的城市火灾风险评估方法,以应对城市火灾时的安全要求和优化应急预案^[6]。Eshkol Batel等通过研究印度南部奥罗维尔市应急预案的实施情况,为未来应急预案编制提供参照的可能性^[7],这些研究对我国应急预案完备性的研究起到一定的借鉴作用。

国内学者对安全生产类应急预案完备性的研究还刚刚起步,相关的研究较少。燕华、林逢春在分析企业环境污染事故应急预案编写完备性的基础上,对上海市的环境污染事故应急预案进行评估,并提出了修改意见^[8]。张利华、黄宝荣等通过故障树的分析方法,对杭州市部分自然灾害应急预案的完备度进行评价^[9]。王立新等将故障树分析法和完备性分析法结合起来,对应急预案进行了评析^[10]。高明、李文云等也运用故障树的理论方法对电网调度自动化系统应急预案的完备度进行量化研究^[11]。夏宝成、牛帅印等则通过鱼刺图分析构建了应急预案完备性评估指标体系,对我国专项应急预案完备性评估方法进行探讨^[12]。崔利杰、曹志远将应急预

案和物元分析法结合起来,对航空事故应急预案进行评估研究^[13]。崔志猛、王彦富等研究了将故障树分析法和层次分析法结合的钻井应急预案完备性评估方法^[14]。王思琦、张志明等将故障树结构贝叶斯网络化,建立一种基于贝叶斯网络的船舶污染事故应急预案完备性评估新方法^[15]。孙延浩、张琦等从完整性、可操作性、针对性、协作性和可持续性5个维度对铁路应急预案进行评价研究^[16]。李俊捷等利用传递闭包法的模糊聚类分析法选取指标建立跨区域综合交通应急救援预案指标^[17],而张健则基于改进TOPSIS模型对电梯事故应急预案进行评价,最终确定最优方案^[18]。

从文献上可见,与危险化学品运输事故应急救援预案完备性的评估研究相关的内容有限。因此,本文将结合应急管理实践,遵循应急管理全过程理念,将故障树分析法引入到危险化学品槽罐车运输事故应急救援预案的完备性评价中,以福州市为例,以发现预案中存在的薄弱环节,为应急预案的优化提出建议。

一、应急预案评估方法

利用故障树分析法(FTA)对应急预案完备性进行评估的流程如图1所示:

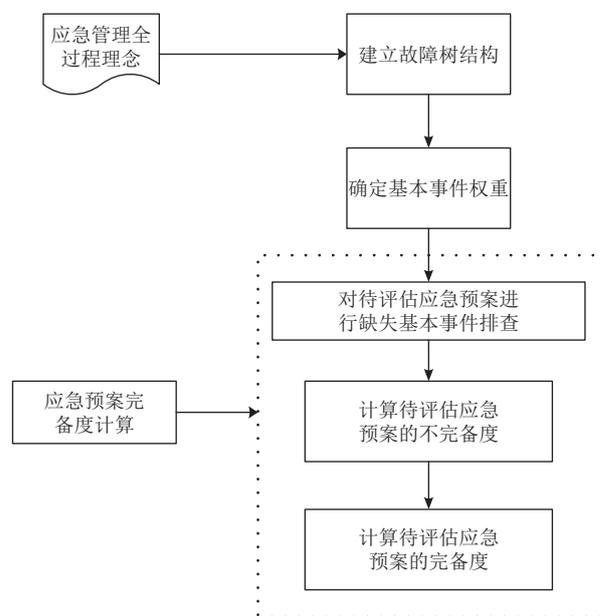


图1 应急预案完备性评估流程图

(一) 建立故障树

1. 故障树分析法简介

故障树分析法(FTA):是对可能造成系统故障的要素进行全面分析,绘制倒树状逻辑因果关

系图,对系统内部为什么发生该故障进行诊断的方法^[19]。运用故障树分析法对应急预案的文本进行完备性评价,第一步选择一个最不希望发生的故障事件作为故障树结构图的顶端事件,其次,将所有可能导致顶端事件发生的直接原因作为中间事件,根据之间的逻辑关系将顶端事件—中间事件—基本事件用适当的逻辑门(“或门”/“与门”)连接起来。最后,找出导致二级故障(即中间事件)出现的直接原因,一直追溯到位于故障树底端的基本事件。基本事件为最直接事件,即导致系统发生故障的根本原因。再通过演绎法,把故障树的顶端事件逻辑分解,得到最小割集(基本事件)。

故障树分析法(FTA)是运用从上到下的演绎推理方式进行系统实效性分析的方法,这种分析法,形象地进行危险源的分析,逐一排查出系统失效的原因,可进行定性或者定量分析。在安全工程以及可靠度工程的领域通常被用来确认某一安全事故或是特定系统失效的发生率,了解系统失效的原因,并找到最好的方式降低风险,以达到提高系统有效性的目标。

2. 建立标准故障树结构

基于故障树分析法,综合借鉴了参考文献^[5]^[7]^[11]中的方法,将顶端事件确定为T(应急预案不完备),查找所有可能引起顶端事件发生的中间事件,用M表示。最后,找出引起中间事件发生的原因,即基本事件,用X表示。

在应急管理全过程理念的基础上,通过对危险化学品槽罐车运输事故救援全过程进行调研和对预案编制导的分析和总结,将中间事件确定为:未明确预案编制总则与进行总体分析(M1),未进行监测预报预警与预防(M2),未进行应急响应(M3),未开展善后工作(M4),未说明应急保障措施(M5),未进行宣传教育和培训(M6),未进行预案演练(M7),未明确预案附件内容(M8)。

在此应急预案标准故障树中,用“未”“没有”表示否定,以“启动”“开始”“处置”“响应”等作为动词,来表达和描述每个事件。

3. 确定基本事件权重

可根据经验、概率重要度分级法和数据统计来确定应急预案故障树结构中的基本事件权重,也可以从故障树的结构方面,采用结构重要度分级法、加权结构重要度分析法来确定。具体计算公式如下所示:

$$p(e_i) = \begin{cases} 1, e_i \text{ 为顶端事件} \\ p(e_j), e_i \text{ 不是顶端事件, 逻辑关系为或} \\ \frac{1}{t} p(e_j), e_i \text{ 不是顶端事件, 逻辑关系为与} \end{cases} \quad (1)$$

公式(1)中, $p(e_i)$ 是事件 e_i 的权重;事件 e_j 是事件 e_i 的直接上层事件; t 则是事件 e_j 的直接子事件数量。

由于缺乏相关数据,故通过对故障树的结构方面进行分析,根据公式(1)计算得出各个基本事件及其权重,如表1所示。

4. 确定应急预案完备度计算公式

将待评估的应急预案与表1中确定的事件与权重进行对照,排查缺失的基本事件,对待评估应急预案的不完备度与完备度进行计算,公式如下:

应急预案不完备度计算公式:

$$P_{\text{incompleteness}} = \sum_{i=1}^n \frac{p(e_i)}{m} \times 100\% \quad (2)$$

应急预案完备度 $P_{\text{completeness}} = 1 - P_{\text{incompleteness}}$, 具体计算公式:

$$P_{\text{completeness}} = \left(1 - \sum_{i=1}^n \frac{p(e_i)}{m} \right) \times 100\% \quad (3)$$

上式中, $P_{\text{incompleteness}}$ 表示应急预案的不完备度; $P_{\text{completeness}}$ 表示应急预案的完备度。

n 为缺失的基本事件个数, $p(e_i)$ 表示缺失的基本事件权重, m 为故障树的最小割集个数。

二、实例分析

以福州市现行的《危险化学品槽罐车运输事故应急救援预案》为例,运用前文提出的故障树法,对该案的完备性进行评估。

(一) 预案现状

2018年应急管理机构改革后,成立福州市应急管理局,而福州市现行的危险化学品槽罐车运输事故应急救援预案仍然是机构改革前由安监局修订并发布的应急预案,该预案在很长时间内起到了保障福州的生产安全,维护公众的生命财产安全的关键作用。

原福州市安监局制定的《危险化学品槽罐车运输事故应急救援预案》遵循统一领导,分级管理;条块结合,属地管理的工作原则。目前,槽罐车运输事故应急救援预案的组织机构划分为:危险源控制组、消防组、安全疏散组、安全警戒组、医疗救护组、物资供应组、环境监测组、善后处理组和专家组,总计为9个小组,并根据分组划定各自职责。该预案中规定,由消防救援队伍联合应急救援

表 1 符号与故障树事件关系及其权重

符号	事件	权重	符号	事件	权重
T	应急预案不完备	1	M41	未进行善后处置	0.5
M1	未明确预案编制总则与进行总体分析	1	M411	未及时制订恢复重建计划和善后处置工作方案	0.25
M11	未明确预案编制总则	1	M412	未说明善后处置工作的原则和内容	0.25
X111	未明确编制目的	0.25	M42	未组织实施重建计划和工作方案	0.5
X112	未明确编制依据	0.25	X421	未说明开展社会救助工作	0.125
X113	未明确适用范围	0.25	X422	未明确保险受理和赔付措施	0.125
X114	未说明工作原则	0.25	X423	未开展调查评估	0.125
M12	未说明与其他预案的关系	1	X424	未实施基础设施重建与恢复	0.125
X121	未说明预案在预案体系中的位置	0.33	M5	未说明应急保障措施	1
X122	未说明与上下级预案的衔接	0.33	M51	未说明人力资源保障	0.1
X123	未说明与同级预案之间的关系	0.33	X511	未说明应急救援队伍(专业、综合)	0.05
M13	未进行风险分析与资源调查	1	X512	未说明应急专家队伍	0.05
M131	未进行风险分析	0.5	M52	未说明经费保障	0.1
X1311	未进行事故风险源分析	0.1	X521	未说明经费来源	0.025
X1312	未说明事故可能导致的紧急情况类型	0.1	X522	未说明经费管理	0.025
X1313	未说明事故发生可能的影响范围	0.1	X523	未说明经费的使用方式	0.025
X1314	未分析可能导致的衍生事件影响	0.1	X524	未说明经费的保障到位措施	0.025
X1315	未分析事故可能造成的后果	0.1	M53	未说明物资保障	0.1
M132	未进行资源调查	0.5	X531	未说明应急物资的储备数量	0.05
X1321	未进行预案可用的各方救援力量调查	0.25	X532	未说明应急物资的使用方式	0.05
X1322	未进行可行的应急装备、物资及避难场所调查	0.25	M54	未说明医疗卫生保障	0.1
M14	未明确应急组织指挥体系及职责	1	X541	未说明医疗专家队伍	0.033
X141	未明确应急指挥机构及其成员单位	0.33	X542	未说明医疗救援队伍	0.033
X142	未设置应急处置相关工作小组	0.33	X543	未明确医疗救治物资	0.033
X143	未明确各参与应急单位的职责	0.33	X51	未明确交通运输保障	0.1
M2	未进行监测、预警与预防	1	X52	未说明治安保障	0.1
M21	未进行风险监测预警	0.33	X53	未说明人员防护保障	0.1
X211	未说明风险监测预警的部门及相关负责人	0.11	X54	未说明气象服务保障	0.1
X212	未说明预警信息的收集渠道和监测方法	0.11	X55	未说明法制保障	0.1
X213	未说明预警级别	0.11	X56	未说明其他保障	0.1
M22	未进行预警信息报告	0.33	M6	未进行宣传教育和培训	1
X221	未说明预警信息报告程序	0.165	X61	未进行宣传教育	0.5
X222	未说明预警信息发布程序	0.165	X62	未进行培训	0.5
M23	未说明预防措施	0.33	M7	未进行预案演练	1
X231	未说明相关政府部门预防措施	0.11	X71	未说明预案演练的频度	0.33
X232	未说明相关企业事业单位预防措施	0.11	X72	未说明预案演练的范围	0.33
X233	未说明相关群众预防措施	0.11	X73	未说明预案演练的内容	0.33
M3	未进行应急响应	1	M8	未明确预案附件内容	1
M31	未进行应急响应分级	0.5	M81	未明确预案的报备部门、单位	0.5
X311	未明确应急响应分级标准	0.167	M82	未明确相关人员及联系方式	0.5
X312	未明确应急响应程序和处置主体	0.167	X821	未注明相关机构和人员联系方式	0.167
X313	未成立现场指挥部、明确现场处置措施	0.167	X822	未列出应急救援专家名单及联系方式	0.167
M32	未宣布应急结束	0.5	X823	未列出应急救援单位名单及联系方式	0.167
X321	未说明应急结束条件	0.25	X81	未说明预案的维护与更新的部门	1
X322	未宣布应急结束程序	0.25	X82	未说明制定和解释该预案的部门	1
M4	未开展善后工作	1	X83	未说明预案的实施时间	1

队伍共同成立事故危险源控制组，及时对事故发生的风险源进行管控，若面临事态严重，可根据需要请求人民解放军和武警部队援助。由消防救援队伍组成消防组，当危险化学品运输事故发生，引发火灾时，由该组负责对受伤人员的搜救及事故发生地灭火、隔爆、设备容器冷却、槽罐车和化学品污染区域的洗消工作；安全疏散组负责人员的疏散和物资转移；安全警戒组负责事故现场交通疏导和治安管理；医疗救护组负责对受伤人员的救治及事故现场必要的防疫工作；物资供应组则由当地政府牵头，为事故救援提供物资、人力资源、电力等应急保障。环境监测组要实时对土壤、水体、空气等环境状况进行监测，及时对现场的危险化学品采取处置

措施，事后评估危化运输事故对环境造成的影响程度，为消除事故污染提供依据；善后处理组由民政、保险、工会等部门组成，负责善后工作；由福州市相关专家组成的专家组负责提出应急救援方案建议，指导应急救援，参与事故现场调查、科学制定防范措施，具体如图2所示。

按照预案中规定的程序，当事故发生，接到接警报告后，各小组按各自分工和职责抵达事故现场实施应急救援处置，预案中将危险化学品槽罐运输事故分为：槽罐倾覆事故、易燃、易爆或有毒物质泄漏事故、爆炸事故和火灾事故，针对上述危险化学品事故的特点采取不同的处置措施。其一般处置措施如下：首先，接警。在接警时确定事故的基本

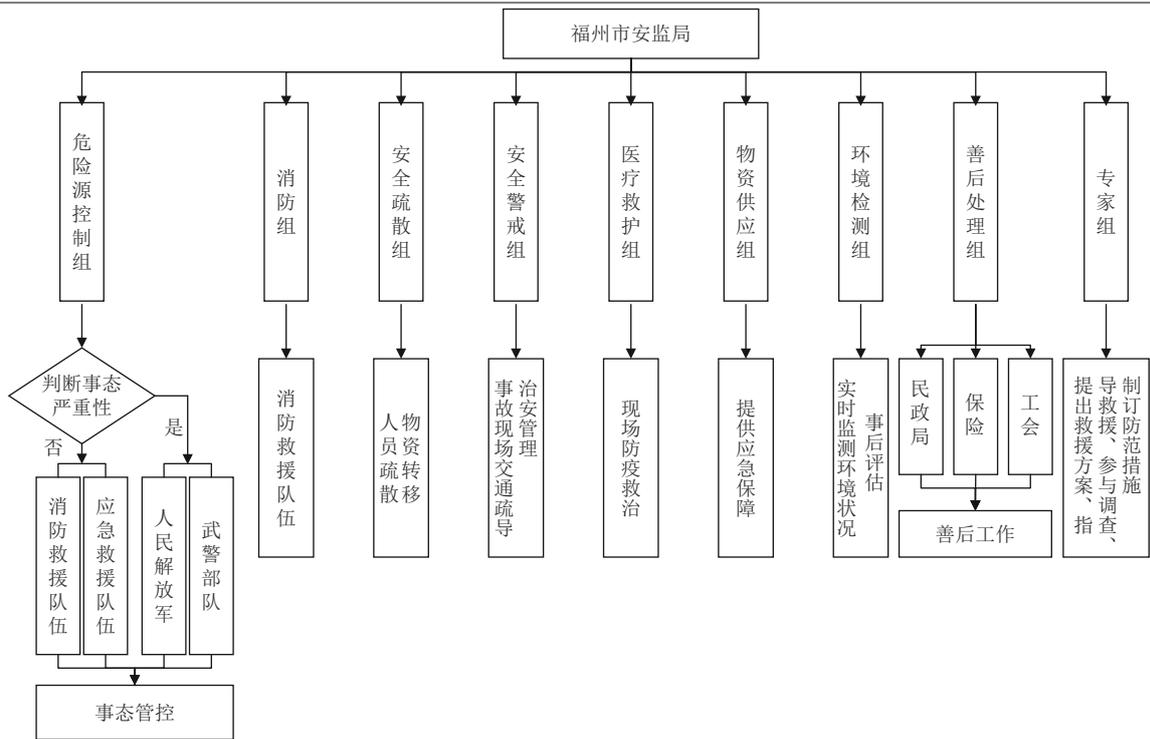


图 2 福州市危险化学品槽罐车运输事故救援组织机构现状

情况, 及时获取发生事故的地址、单位名称、危险化学品种类、人员伤亡情况等基本信息。其次, 根据事故现场化学品泄漏情况, 将火焰辐射热、危化品爆炸所涉及的范围设立警戒区, 统一实行道路交通管制。接下来, 进行人员疏散。把人员转移至安全区, 一般是从上风侧离开。最后, 现场控制。根据事故特点和事故引发物质的不同的实际情况, 实施不同的防护措施。当事故现场得到控制, 事故发生周围的环境情况监测符合标准, 次生、衍生事故隐患消除后, 应急指挥部确认无误后即宣布整个应急流程结束。具体救援程序, 如图3所示。

当前, 福州市的危化品槽罐车运输事故救援应急预案存在一些漏洞, 只偏重处置和应对, 而对应急管理其他过程有所轻视甚至直接忽视的倾向明显。由于预案长期未更新, 存在严重的滞后性, 与当前的应急管理理念和应急处置实际脱节, 加之危险化学品槽罐车在运输途中不安全因素众多, 是流动的重大危险源, 一旦事故发生, 堵漏作业存在高度的风险性, 所带来的污染和损失都是巨大的, 因此, 有必要对福州市危险化学品槽罐车运输事故应急预案进行完备性评估, 找出事故预防和应急处置全过程中的薄弱环节, 为应急预案的优化提供支撑。

(二) 预案完备性评估

1. 预案基本事件缺失情况排查

根据确定的预案标准故障树涉及的事件及权重, 对照福州市危险化学品槽罐车运输事故应急救

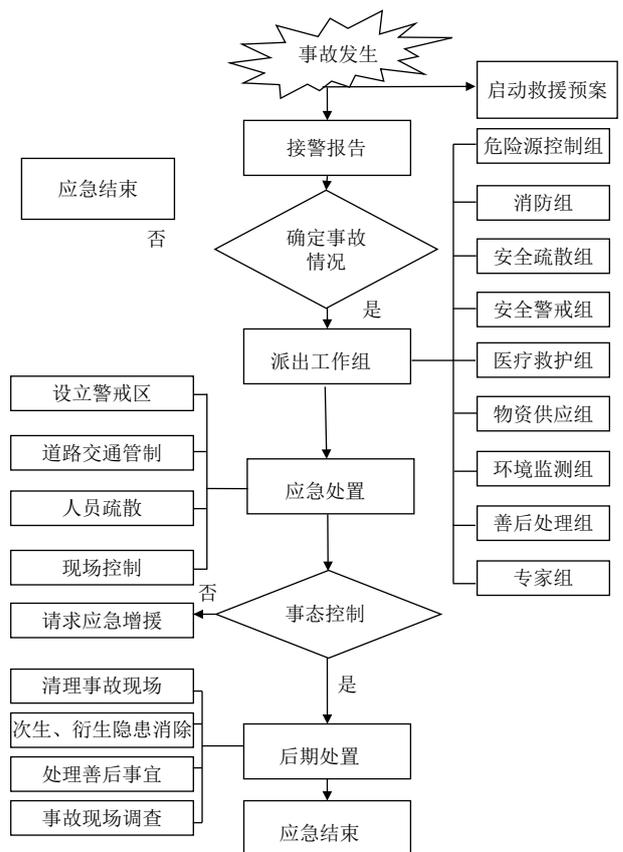


图 3 福州市危险化学品槽罐车运输事故救援程序图

援预案进行事件排查, 对该预案和预案附件文本内容的缺失情况进行统计。

福州市现行的《危险化学品槽罐车运输事故应

$P_{incompleteness}$, 福州市危险化学品槽罐车运输事故应急预案的不完备度 $P_{incompleteness} \approx 33.46\%$ 。将预案的不完备度33.46%带入公式(3), 得到福州市危险化学品槽罐车运输事故应急救援预案的完备度为:

$$P_{completeness} = \left(1 - \sum_{i=1}^n \frac{p(e_i)}{m}\right) \times 100\% \\ = \left(1 - \frac{0.25 + 0.33 + 0.33 + \dots + 1}{28}\right) \times 100\% \\ \approx 1 - 33.46\% \approx 66.54\%$$

根据计算可得福州市现行的危险化学品槽罐车运输事故应急救援预案的完备性约为66.54%。

三、结论与建议

(一) 应急预案完备性评估研究结论

应急管理全过程中, 任意关键阶段的缺失或弱化都可能成为应急管理实践失败的原因, 造成不可逆转的人员伤亡、财产损失或社会失序^[20]。因此, 本文通过对福州市应急管理局的实地调研、综合了安全生产、危化领域专家学者和有关单位意见的基础上, 对福州市现行的《危险化学品槽罐车运输事故应急救援预案》进行详细阅读和文本分析, 将预案中涉及的内容分为顶端事件、中间事件和基本事件并确定各类事件的权重, 建立应急预案的故障树结构, 运用故障树分析法对应急预案的薄弱环节进行逻辑分析, 再利用布尔代数法求出故障树的最小割集, 对应急预案的完备度进行量化评估, 得出如下结论。

通过计算得出《福州市危险化学品槽罐车运输事故应急救援预案》的总体完备度约为66.54%, 参照文中的标准, 该份预案的总体完备度处于中等偏上水平, 应急预案的内容呈现向应急处置一边倒的状态, 仍然需要进一步的修订和优化, 才能解决应急管理过程不均衡的当务之急, 实现多主体协同、全过程均衡。

基于应急管理全过程理论, 《福州市危险化学品槽罐车运输事故应急救援预案》的总则部分、组织机构和职责的设置、应急响应、善后工作及预案的附件内容这几个程序仍然需要完善与更新。预案中的各个程序中都存在基本事件缺失的状况, 风险分析阶段、监测预警与预防、善后工作、物资保障、预案演练、宣传教育和培训这六个部分的基本事件的缺失率明显过高。总之, 福州市危险化学品运输事故应急救援预案的文本内容多是对事故的普适性原则进行表述, 文本的复制性强, 言语表述模

糊, 没有参照本区的应急管理实际情况进行制定, 忽视了区域的特殊性, 缺乏针对性、实用性, 可操作性偏低。

(二) 应急预案完备性优化建议

可以通过提高完备度来提高预案质量, 实现预案的优化。提高完备度行之有效的方案就是针对预案中缺失的基本事件对福州市危化品槽罐车运输事故应急救援预案进行新一轮的修编, 根据实际调查和研究, 对提升该预案完备度提出以下针对性建议。

1. 应急预案总则与总体分析完备性优化

要加强对应急预案总则与总体分析的完善, 首先以提升应急预案的质量和实用性为目标, 应急预案编制单位可从应急预案文本的总则部分入手, 逐条列出预案编制时所依据的法律法规和文件, 明确应急预案的编制依据。其次, 着重从预案文本的总体分析来提升应急预案的完备度, 确定该预案在预案体系中的位置, 理顺该预案与上下级、同级预案间的衔接关系。

重视预案制定前期的资源调查与风险评估工作。根据以往事故发生的经验和对危险化学品运输事故周围环境进行调查, 对事故可能导致的紧急情况类型、造成的破坏、损失和人员伤亡和事故发生影响范围及可能导致的衍生事件进行预判, 并在预案中加以说明, 再进行应急资源调查, 摸清福州市各有关的危险化学品槽罐车运输事故应急单位联系电话、救援队伍基本情况、参与救援主要人员名单与联系电话、专家基本情况和相关的应急物资、器具装备、避难场所、医疗机构情况, 并在预案中列清, 增强应急预案的针对性、实用性和操作性。

2. 风险监测预警预防完备性优化

提升优化风险监测预警预防阶段的完备度, 要在预案中说明风险监测预警的部门及相关负责人、预警信息的收集渠道和监测方法、预警级别及响应级别并规划好预警信息报告和发布流程。此外, 还应该以文本的形式在预案中为各个相关主体提供相应的风险应对措施, 发挥应急预案防患于未然的作用。

3. 善后工作完备性优化

善后工作部分完备度的提升首先要做的是通过书面规定有关单位制定并实施恢复重建方案, 明确救援队伍、经费、物资、医疗、保险机制等各方面保障。在应急预案中应明确规定有关部门按照职能加强相关类别应急物资和装备储备, 建立健全应急物资装备管理协调机制, 加强综合和专业应急救援队伍建设, 适应全灾种应急救援需要。由福州市卫

生健康委员会牵头联合全市医院, 加强医疗保障建设。气象局提供必要的气象保障, 县级以上人民政府应提供必要支持, 确保善后工作顺利开展。

4. 宣教培训与演练完备性优化

对应急预案中缺失的应急知识的宣传教育和对事故灾难应对技能培训演练的明确要求, 有关部门应当引起关注。应在预案中增加宣传教育和培训内容, 置于演练之后, 给予此模块高度重视, 平时须做好应急人员的培训和对相关内容的宣传和教, 组织有效的危机学习, 为科学调查、系统反思和持续改进提供有力的制度保障。此外, 可由市应急管理局牵头, 组织危险化学品槽罐车运输事故应急救援预案中涉及的相关政府部门、企事业单位等对编制的预案进行经常性的演练, 居安思危, 提高对潜在风险的警惕性, 积累对事故救援的经验, 可以减少临场混乱、现场处置不当的情况发生, 提高事故救援的效率, 减少伤亡和损失。

5. 预案附件内容完备性优化

及时更新预案附件部分, 在该部分标注负责预案维护和更新的部门, 要写清楚该预案由什么单位负责制定和解释, 经福州市政府审批之后, 需要在预案中写明预案的发布和实施日期, 对应急预案采取动态管理。

未来的应急管理体系改革将朝着全主体, 全过程、全灾种、全球化转变^[21]。对应急预案完备性评估的最终目标是预案的实用化, 而提高应急预案实用化的有效途径就是遵循应急管理全过程理论, 使应急预案的文本内容能够涵盖应急管理全过程。本研究采用的评估方法能够直观、有效地将《福州市危险化学品槽罐车运输事故应急救援预案》的文本缺失程度量化, 并为危化品运输事故救援预案的优化提出针对性的建议, 但也存在仍然停留在单一预案评估的阶段, 没有站在整体的角度考虑预案体系优化的不足, 将在今后的研究中进一步完善和提升。

参考文献

- [1] 陈亚雄. 甲醇槽罐车交通事故警戒范围研究[J]. 广东化工, 2019, 46(12): 65-66, 75.
- [2] 危险化学品安全管理条例[EB/OL]. [2020-07-15] http://www.gov.cn/gongbao/content/2002/content_61929.htm
- [3] 曹海峰. 新时期国家应急预案体系再定位与系统重构[J]. 国家行政学院学报, 2018(6): 68-72, 188-189.

[4] PAUL, SARAH. UK emergency planning—the integrated approach[J]. Australian Journal of Emergency Management, 1999, 13(4): 47-49.

[5] ALEXANDER D. How to write an emergency plan[M]. North America: Oxford University Press, 2016 268.

[6] FERREIRA T M A, VICENTER A, SILVA R M, et al. Urban fire risk: evaluation and emergency planning[J]. Journal of Cultural Heritage, 2016, 20: 739-745.

[7] BATEL E, ALON E. Emergent planning[J]. Urban Desion Internatinal, 2018, 23(2): 102-115.

[8] 燕华, 林逢春. 上海市企业环境污染事故应急预案完备性研究[J]. 中国安全科学学报, 2008(12): 148-153, 25.

[9] 张利华, 黄宝荣, 李颖明, 等. 对杭州市部分自然灾害应急预案完备性评价的实证研究[J]. 中国安全科学学报, 2009(9): 5-11, 179.

[10] 王立新, 孙智勇, 董新宇, 等. 完备性评价在陕西电网突发性事故应急预案中的应用研究[J]. 陕西电力, 2009, 37(7): 45-50.

[11] 高明, 李文云, 袁德君, 等. 使用故障树理论对电网调度自动化系统应急预案完备度的量化分析[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(17): 58-63+69.

[12] 夏保成, 牛帅印, 张永领, 等. 我国专项应急预案完备性评估指标与方法探讨[J]. 河南理工大学学报(自然科学版), 2012(1): 19-24.

[13] 崔利杰, 曹志远, 陈浩然, 等. 基于物元分析法的航空事故应急预案评估方法[J]. 火力与指挥控制, 2020, 45(4): 115-119, 124.

[14] 崔志猛, 王彦富, 井帅, 等. 基于故障树-层次分析法的应急预案完备性评估研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2018, 38(24): 131-133.

[15] 王思琦, 张志明, 郑彭军. 基于贝叶斯网络的船舶污染事故应急预案完备性评估[J]. 宁波大学学报(理工版), 2020, 33(4): 97-102.

[16] 孙延浩, 张琦, 张芸鹏. 基于模糊层次分析法和证据推理的铁路应急预案评价研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2020, 16(1): 123-129.

[17] 李俊捷, 姚欣怡, 陈钉均, 等. 跨区域综合交通应急救援预案评估指标选取[J]. 中国安全科学学报, 2018, 28(S2): 185-190.

[18] 张健. 基于改进TOPSIS模型的电梯事故应急预案评价[J]. 机电技术, 2020(3): 87-91.

[19] 任丽辉, 郝立群, 林琳, 等. 基于故障树法的皮带输送机火灾的定性分析[J]. 中国粮油学报, 2019(2): 25-28.

[20] 张海波. 应急管理的全过程均衡: 一个新议题[J]. 中国行政管理, 2020(3): 123-130.

[21] 王郅强, 彭睿. 我国应急管理体系建设的演进逻辑: 溯源与优化[J]. 江淮论坛, 2020(2): 12-18.

编辑 何婧