



基于 AHP-模糊综合评价的职业院校化工精馏 实训操作安全风险评价

梁西超

(陕西工业技术学院(西北工业学校), 陕西 咸阳 713100)

摘要: 为了确保职业院校的化工精馏实验实训过程中的安全问题得到妥善处理, 并提高实训课程的安全管理效率, 本研究基于职业教育的化工基本操作实践活动作为基础, 利用层级分析方法(AHP)和模糊综合评估技术(FCE)结合的方法, 对包括人员危险、设备危险、材料危险、操作危险、管理危险、环境危险和紧急情况危险等七大方面进行了全面的风险识别及控制措施的研究。构建化工精馏实训操作安全风险评价指标体系, 运用层次分析法(AHP)确定各指标权重, 并结合模糊综合评价法(FCE)对化工精馏实训进行实证分析。研究表明, 该实训的整体安全风险等级为“中等风险”, 其中“人员操作规范性”、“设备维护保养”和“应急管理”是主要的风险源。研究结果可为职业院校化工精馏实训操作识别关键风险点、制定针对性的安全管控措施提供理论依据和实践指导, 对提升实训环节的安全水平具有重要意义。

关键词: AHP-模糊综合评价; 化工实训; 精馏操作; 安全风险评价

收稿日期: 2026年2月20日

中图分类号: G710

通讯作者: 梁西超, 陕西工业技术学院

Safety Risk Assessment of Chemical Distillation Training Operation in Vocational Colleges Based on AHP-Fuzzy Comprehensive Evaluation

Liang Xichao

(Northwest Industrial School, Xianyang 713100, Shaanxi, China)

Abstract: To effectively address the safety issues in the chemical distillation training process of vocational colleges and improve the safety management efficiency of training courses, this study takes the basic chemical operation practice of vocational education as the research foundation, and adopts the combined method of Analytic Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy Comprehensive Evaluation (FCE) to conduct a comprehensive research on risk identification and control measures from seven aspects including personnel risk, equipment risk, material risk, operation risk, management risk, environmental risk and emergency risk. A safety risk evaluation index system for chemical distillation training operation was constructed, the weights of each index were determined by using AHP, and an empirical analysis on chemical distillation training was carried out combined with FCE. The research results show that the overall safety risk level of the training is "medium risk", among which "personnel operation standardization", "equipment maintenance" and "emergency management" are the main risk sources. The research results can provide theoretical basis and practical guidance for vocational colleges to identify key risk points in chemical distillation training operation and formulate targeted safety control measures, which is of great significance for improving the safety level of the training link.



Key words:AHP-fuzzy comprehensive evaluation,Chemical engineering training,Distillation operation,Safety risk assessment

0 前言

在职业院校化工专业实践教学体系中，精馏操作是化工单元操作的核心实训项目，也是学生掌握化工生产原理、熟悉设备运行流程、培养规范操作能力与职业安全素养的关键环节。精馏实训依托精馏塔、再沸器、冷凝器、输送泵、管路及阀门等设备完成物料分离与提纯，操作流程连续、步骤复杂，且涉及高温、高压、易燃、腐蚀性物料，属于高风险实训环节。在实际教学中，学生操作熟练度不足、安全意识薄弱、现场作业不规范、设备老化、管理不到位、应急能力不足等问题均可能引发泄漏、烫伤、火灾甚至爆炸等安全事故^[1]。随着职业教育对实践教学要求不断提高，职业院校化工实训频次增

加、参与人数增多，实训安全管理压力持续加大。当前多数职业院校在精馏操作安全管理中仍以经验判断、现场巡查、事后整改为主，缺乏系统化、定量化、可复制的风险评价方法，难以实现风险提前识别、科学分级与精准防控。

基于此，本文将 AHP-模糊综合评价法引入职业院校化工精馏操作实训安全评价，构建贴合教学实际的七维度评价模型，通过定性与定量相结合的方式开展全面风险分析，为提升化工精馏实训安全管理水平提供科学支撑。

1 风险识别方法确定

在化工安全管理与实训教学场景中，常用风险识别方法及适用性对比见表 1。

表 1 常用风险识别方法对比

识别方法	原理	优点	缺点	适用场景
危险与可操作性分析法 (HAZOP)	以“引导词+工艺参数”为核心，审查工艺过程中偏离正常工况的偏差，分析产生原因、后果及措施，识别风险。	1. 系统性强，覆盖全流程； 2. 适用于设计、运行、改造等； 3. 可识别设计缺陷和操作隐患。	1. 依赖团队和经验，人力成本高； 2. 耗时较长； 3. 对间歇过程或非标准工艺的适用性有限。	1. 化工等连续/间歇过程工业； 2. 新建装置设计阶段； 3. 装置改造、重大风险评估。
工作危害分析 (JSA)	将具体作业活动分解为若干个连续步骤，识别每个存在的危害因素、可能引发事故类型。	1. 聚焦具体作业，针对性强； 2. 步骤化拆解，简单易懂； 3. 能快速制定风险控制措施。	1. 偏向单一作业活动，对复杂作业覆盖不足； 2. 依赖现场作业人员经验。	1. 各类现场作业； 2. 手工操作、单步骤作业：如钳工操作、仓库理货、现场清洁等。
专家访谈法	集合各专家的经验开展综合判断	贴合教学实际、汇总多方意见	受经验与主观因素影响较大。	快速研判、综合风险识别。
安全检查表法	依据规范、规程及事故案例编制表格逐项核对	条理清晰、标准化程度高、不易遗漏。	编制周期较长，灵活性相对不足。	实训前检查、定期安全评估。
事故树分析法 (FTA)	以事故为顶事件，自上而下开展逻辑分析。	系统性强、逻辑严密、风险定位精准。	对分析人员专业能力要求较高。	重大危险源、复杂设备系统分析。

本次的风险识别采用“危险与可操作性分析法 (HAZOP) + 工作危害分析 (JSA) + 专家访谈法”相结合的综合识别方法^[2]，原因有以下几点：

一是该组合方法贴合实训教学场景，精馏操作步骤规范、流程清晰，流程分析法可实现全过程无死角梳理；二是该组合方法标准化程度高，便于逐项核对，保证识别结果全面、规范、可落地，引入一线教师与管理人员经验，能够弥补理论分

析与现场之间的差距；三是该组合方法简便易行、无需复杂工具，适合在中职院校推广并形成常态化检查机制。

2 化工精馏实训安全风险因素识别

通过对精馏操作从准备、进料、加热、调节、出料到停机的全过程开展系统性风险辨识，将风险归纳为人员、设备、物料、操作、管理、环境、应急等风险。



2.1 人员风险

人员是实训安全最直接的影响因素，也是最不稳定的风险源。学生普遍存在安全意识薄弱、操作熟练度不足、行为随意性强等问题，具体表现为未按规定穿戴防护用品、注意力不集中、现场嬉戏打闹、心理状态不稳定等。

2.2 设备风险

精馏实训设备结构复杂、连续运行要求高，长期教学使用易出现老化、磨损、密封失效等问题^[3]。主要风险包括：精馏塔体腐蚀、管路接口松动造成物料泄漏；再沸器、冷凝器换热效果下降引发超温超压；压力表、液位计、安全阀等安全附件失灵，无法实时监测运行状态；泵体振动异常、阀门卡顿导致操作失控等。

2.3 物料风险

精馏实训所用原料多具有易燃、易爆、易挥发、有毒或腐蚀性，属于典型危险化学品风险源。风险主要体现在三方面：一是储存不规范，未做到分类存放、密封保存，易发生挥发、泄漏或交叉反应；二是过程控制不当，加热速度过快、进料量不稳定，易出现液泛、冲料、塔压骤升等现象；三是泄漏后处置不及时，危险物料接触皮肤、呼吸道或遇火源，可造成灼伤、中毒乃至火灾爆炸。

2.4 操作风险

作业风险是精馏操作中最具现场特征的风险类型，直接来源于操作流程与步骤执行偏差，主要表现为：进料、加热、回流、出料等环节顺序错误；工艺参数调节幅度过大；现场交叉作业干扰；登高、近距离接触高温设备作业防护不足。

2.5 管理风险

管理漏洞是风险失控的根本原因，主要问题包括：安全管理制度不健全，缺少针对性精馏实训操作规程；安全教育流于形式，未开展岗前考核；安全责任划分不明确，出现问题无人负责；设备台账、操作记录、隐患整改记录不完整。

2.6 环境风险

实训场地环境直接影响操作安全性与应急效率。主要风险包括：实训场地通风不良，导致挥发性气体积聚达到爆炸极限；地面湿滑、通道狭窄、物品摆放杂乱，影响正常操作与紧急疏散；照明不足、警示标识缺失或不清晰，无法及时提醒学生规避危险；场地温湿度不适宜，降低设备稳定性与人员操作准确性。

2.7 应急风险

应急能力不足是事故扩大化的重要诱因^[4]。主要表现为：应急预案针对性不强、内容笼统；应急器材配备不足或过期失效；应急演练频次低、演练形式化；师生应急处置技能薄弱，发生泄漏、火灾等突发情况时无法快速响应、正确处置。

3 基于 AHP-模糊综合评价的精馏操作安全风险评价

3.1 风险评价指标体系构建

在风险因素识别的基础上，遵循科学性、系统性、可操作性和代表性原则，构建了包含1各目标层指标、7个准则层、25个指标层的化工精馏实训安全风险评价指标体系，即“1+7+25”综合评价体系，具体如表2所示。

3.2 风险评价方法确定

表2 化工精馏实训安全风险评价指标体系

目标层 A	准则层 B	指标层 C
化工精馏实训 操作安全风险 综合评价 A	人员风险 B1	操作流程不熟悉风险 C1
		安全意识知识薄弱风险 C2
		人员违规操作风险 C3
	设备风险 B2	操作技能不足风险 C4
		安全防护装置缺失风险 C5
		设备安装与调试不当风险 C6
	物料风险 B3	设备老化与故障风险 C7
		设备维护保养风险 C8
		物料固有风险 C9
		物料储存与管理风险 C10



续表

目标层 A	准则层 B	指标层 C
化工精馏实训 操作安全风险 综合评价 A	物料风险 B3	物料回收不规范风险 C11 作业流程合规性风险 C12
	操作风险 B4	工艺参数控制风险 C13 现场作业秩序风险 C14 安全管理制度缺失风险 C15 安全隐患整改不到位风险 C16
	管理风险 B5	安全责任落实风险 C17 安全教育培训风险 C18 通风条件风险 C19
	环境风险 B6	消防设施配置不足风险 C20 警示标识设置风险 C21 应急方案不完善 C22 应急演练不足风险 C23
	应急风险 B7	应急物资短缺风险 C24 应急处置能力不足风险 C25

表 3 本次研究采用的风险评价方法

评价方法	核心作用
层次分析法(AHP)	确定各指标权重,区分重要程度进行两两比较、构建判断矩阵,计算权重并进行一致性检验。
模糊综合评价法	对模糊、不确定风险进行量化与等级判定,构建隶属度矩阵,开展综合运算并确定风险等级。

3.3 层次分析法(AHP)确定指标权重

3.3.1 标度确定

邀请 5 名校内化工专业教师、3 名实训中心管

理员、2 名安全技术人员组成评价小组,共 10 人,采用 1 ~ 9 标度法对各层次指标的相对重要性进行两两比较,构建判断矩阵。

表 4 判断矩阵标度法

标度值	具体内涵
9	表示指标 y_i 和 y_j 进行对比, y_i 和 y_j 极端重要
7	表示指标 y_i 和 y_j 进行对比, y_i 和 y_j 强烈重要
5	表示指标 y_i 和 y_j 进行对比, y_i 和 y_j 明显重要
3	表示指标 y_i 和 y_j 进行对比, y_i 和 y_j 稍微重要
1	表示指标 y_i 和 y_j 进行对比, y_i 和 y_j 一样重要
2,4,6,8	表示两个相邻判断的中间值
倒数	表示指标 y_i 和 y_j 重要性比值为 A_{ij} , 则 y_i 和 y_j 比值为 $1/A_{ij}$

3.3.2 构造判断矩阵

邀请 10 名化工实训、工程管理、化工安全领域专家,结合实训实际打分取平均值,构造各层次判断矩阵,以准则层(B)对目标层(A)的判断矩阵为例,具体如表 5 所示:

3.3.3 计算指标权重

采用方根法计算判断矩阵的最大特征值 λ_{max}

及其对应的特征向量,经归一化处理后得到各指标的权重向量 W ,具体计算步骤如下:

计算判断矩阵每行元素的乘积 M_i : 2

$$M_i = \prod_{j=1}^n A_{ij} \quad (i=1,2,\dots,n)$$

(2) 计算 M_i 的 n 次方根 \bar{w}_i :

$$\bar{w}_i = \sqrt[n]{M_i}$$



表 5 准则层 B 对目标层 A 的判断矩阵

A	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
B1	1	3	5	7	8	8	9
B2	1/3	1	2	4	5	5	6
B3	1/5	1/2	1	3	4	4	5
B4	1/7	1/4	1/3	1	2	2	3
B5	1/8	1/5	1/4	1/2	1	2	2
B6	1/8	1/5	1/4	1/2	1/2	1	2
B7	1/9	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1

(3) 将 \overline{w}_i 归一化处理, 得到指标权重 W_i :

$$W_i = \frac{\overline{w}_i}{\sum_{i=1}^n \overline{w}_i}$$

计算判断矩阵的最大特征值 λ_{\max} :

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i}$$

其中, $(AW)_i$ 为权重向量 W 与判断矩阵 A 相乘后得到的向量第 i 个元素。依据上述四个步骤, 计算得到准则层 7 个指标的权重向量为 :

$$W = (0.4478, 0.2186, 0.1463, 0.0704, 0.0497, 0.0408, 0.0265)$$

3.3.4 一致性检验

为确保判断矩阵的合理性, 需进一步计算一致性指标 C.I. 和随机一致性比率 C.R. :

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$$

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$$

表 6 平均随机一致性指标 R.I. 表

矩阵阶数/n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

其中, n 为判断矩阵的阶数, R.I. 为平均随机一致性指标, 其取值根据矩阵阶数确定 (表 6)。当 $C.R. < 0.1$ 时, 认为判断矩阵具有满意的一致性; 若 $C.R. \geq 0.1$, 则需调整判断矩阵的元素取值, 直至满足一致性要求。

表明判断矩阵通过一致性检验, 权重计算结果具有合理性。指标层各判断矩阵均采用相同方法进行一致性检验, 且均满足 $CR < 0.1$ 的要求, 权重结果有效。

经过缜密计算, 准则层判断矩阵的相关数据如下 :

(1) 最大特征值 λ_{\max} :

$$\lambda_{\max} = 7.2001$$

(2) 一致性指标 C.I. :

$$C.I. = 0.0334$$

(3) 随机一致性指标 R.I. :

$$R.I. = 1.32$$

(4) 一致性比率 C.R. :

$$C.R. = 0.0253 < 0.1$$

(5) 结论 :

判断矩阵通过一致性检验。

3.4 基于 FCE 法开展模糊综合评价

3.4.1 确定评价等级集

将化工精馏实训安全风险等级划分为 5 个等级, 建立评价等级集 V :

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\} = \{\text{低风险, 较低风险, 中等风险, 较高风险, 高风险}\}$$

3.4.2 建立模糊关系矩阵

邀请上述 10 名专家对各指标层 C 的风险等级进行独立评价, 统计各指标对应不同风险等级的专家人数占比, 得到单因素模糊关系矩阵 R 。矩阵中的元素 r_{ij} 表示第 i 个指标对第 j 个风险评价等级的隶属度, 满足 $0 \leq r_{ij} \leq 1$ 且 $\sum_{j=1}^5 r_{ij} = 1$, 符合模糊关系矩阵构建要求。

以人员风险 B1 为例, 其包含 4 个指标层指标, 构建的模糊关系矩阵 $R1$ 为 :



$$R_1 = \begin{pmatrix} 0.1 & 0.2 & 0.5 & 0.1 & 0.1 \\ 0.0 & 0.1 & 0.6 & 0.2 & 0.1 \\ 0.0 & 0.0 & 0.4 & 0.4 & 0.2 \\ 0.1 & 0.2 & 0.5 & 0.1 & 0.1 \end{pmatrix}$$

设备风险 B_2 、物料风险 B_3 、操作风险 B_4 、管理风险 B_5 、环境风险 B_6 、应急风险 B_7 的模糊关系矩阵 $R_2 \sim R_7$ ，采用相同方法经专家评价与统计后构建，各矩阵维度与对应指标层指标数量一致，且均满足模糊关系矩阵构建准则。

3.4.3 模糊合成运算

将 AHP 确定的指标权重向量 W 与模糊关系矩阵 R 进行模糊合成运算，得到综合评价结果向量 B ：

$$B=W \cdot R=(b_1, b_2, b_3, b_4, b_5)$$

本次模糊综合评价分为两级进行：

一级模糊综合评价：

将准则层各维度对应的指标层权重向量，与各自模糊关系矩阵进行合成运算，分别得到人员风险、设备风险、物料风险、操作风险、管理风险、环境风险、应急风险等 7 个准则层的综合评价结果 B_1 、 B_2 、 B_3 、 B_4 、 B_5 、 B_6 、 B_7 ，各结果与评价等级集维度一致。

二级模糊综合评价：

将 7 个准则层的一级评价结果按行排列，构建目标层模糊综合关系矩阵 R 总，再将 AHP 法确定的准则层权重向量 $W=(0.4478, 0.2186, 0.1463, 0.0704, 0.0497, 0.0408, 0.0265)$ 与 R 总进行模糊合成运算，得到化工精馏实训安全风险目标层的综合评价结果：

$$B=(0.0523, 0.0986, 0.5127, 0.2358, 0.1006)$$

3.4.4 确定评价结果

根据最大隶属度原则，将综合评价结果向量 B 中最大元素对应的评价等级作为最终的风险评价结果。本次评价结果向量 B 中，各元素依次对应低风险、较低风险、中等风险、较高风险、高风险的综合隶属度，其中 $b_3=0.5127$ 为向量中最大元素，其对应评价等级为中等风险。该结果表明，职业院校化工精馏实训整体处于中等安全风险水平，实训过程中存在一定的安全隐患，需针对评价识别出的核心风险点，制定针对性、可操作性的安全风险防控措施，实现风险精准管控，降低整体风险等级。

4 精馏操作实训安全风险防控策略

基于 AHP-模糊综合评价的结果，结合化工精馏实训的实际教学场景，针对人员、设备、物料、操作、管理、环境、应急等七大风险维度，提出针对性、可操作性的安全风险防控策略，构建全流程、全方位的实训安全防控体系。

4.1 人员管控措施

(1) 搭建分层级实训安全培训体系，实训前通过线上模块化课程、典型事故案例复盘，系统讲解精馏操作流程、安全规范及防护要点^[5]；实训过程中实行教师一对一跟班指导，重点纠正不规范操作行为，建立常态化考核机制，将安全知识掌握情况纳入实训前置考核，考核不合格者严禁上岗操作。

(2) 推动技能水平与安全意识双向提升，定期开展精馏操作技能实操专项演练，强化核心操作流程熟练度；常态化组织安全警示教育，结合行业事故典型案例剖析风险根源，从思想层面筑牢安全底线，规范实训人员操作行为，明确各环节操作步骤与禁止事项，教师全程现场监督，及时制止违规操作。

4.2 设备管控措施

(1) 建立精馏设备专属台账，实行全生命周期闭环管理，明确设备型号、运行状态、维护记录等信息，制定月度维护保养计划，每月至少开展 1 次全面检测，及时更换老化失效设备、失灵仪器仪表，整改不规范安装问题；实训前必须对设备进行全面调试。

(2) 优化设备安全防护配置，在关键作业区域加装视频监控与智能预警系统，实现设备运行状态实时监测；配备备用冷凝器、应急切断阀等冗余安全设施。

4.3 物料管控措施

(1) 建立物料全流程追溯管理制度，对所有实训物料进行统一规范管理，明确标注危险特性、使用要求、应急处置方法及 MSDS 信息；实行“入库-领用-使用-回收”全流程登记制度，明确专人负责管控，确保物料流向全程可追溯。

(2) 强化危险物料专项管控，对易燃、腐蚀性等危险物料实行专库专存管理，配套防爆柜、防泄漏托盘等专业防护设施，严格控制现场物料使



用量,减少危险试剂临时存放量;实训过程中严格执行用量管控标准。

4.4 操作管控措施

(1) 严格执行精馏实训标准作业流程,明确进料、加热、参数调节、出料、停机各核心环节操作要求,细化操作步骤、参数阈值及风险防控要点,编制标准化作业指导书,确保作业流程有章可循。

(2) 强化作业过程动态管控,实训期间安排专人全程现场监管,实时监督作业人员操作规范性,及时纠正不规范行为;建立作业风险预警机制,重点关注进料速率、加热温度、压力等关键参数变化,确保作业过程安全可控。

4.5 管理管控措施

(1) 制定针对性实训安全管理细则,明确各岗位安全责任分工,细化人员、设备、物料、作业等各环节管理要求,杜绝责任推诿;完善考核奖惩机制,将安全管理表现与实训成效、评优评先挂钩,形成“有责必担、失责必究”的闭环^[6]。

(2) 建立常态化安全自查机制,定期组织安全管理专项检查,重点排查制度执行、设备运行、物料管理、作业流程等方面存在的漏洞与不足,建立问题台账,明确整改责任、整改时限,确保问题闭环整改,持续优化管理制度与流程。

4.6 环境管控措施

(1) 改善实训场地基础环境,安装强制通风设备,实时监测并控制有害气体浓度,确保符合职业卫生标准;合理规划场地布局,规范操作区域、物料存放区域、应急通道划分,保证操作通道宽度不小于1.5米,避免场地拥挤引发碰撞、操作失误等安全问题。

(2) 配齐完善基础安全设施,按标准配备灭火器、消防沙、洗眼器、应急照明等消防与应急设施,建立定期检查维护制度,确保各类设施完好可用;优化场地安全布局,消除安全盲区,安装可燃气体报警装置,完善实训场地通风系统。

4.7 应急管控措施

(1) 构建全面应急保障体系,结合精馏实训风险特点,制定针对性突发事故应急处置方案,明确应急处置流程、责任分工及人员职责;配齐应急冲洗、消防、堵漏、防护等专用应急器材,建立器材定期检查更新机制。

(2) 常态化开展应急实操训练,每月组织1次应急演练,重点围绕物料泄漏、火灾、设备故障等典型场景开展实战演练,提升实训人员与指导人员的应急处置能力;定期组织应急方案专项培训,确保全员熟悉处置流程、掌握操作技能。

5 结论

本文以职业院校化工精馏实训为研究对象,通过HAZOP、JSA与专家访谈法相结合的方式,从人员、设备、物料、操作、管理、环境、应急等7个维度识别出25项实训安全风险因素,构建了“1+7+25”的化工精馏实训安全风险评价指标体系;采用AHP法确定了各层级指标的权重,明确人员风险为准则层首要风险,人员违规操作、设备维护保养、应急处置能力不足为核心风险点;结合FCE法开展定量评价,判定化工精馏实训整体为中等风险。

基于评价结果提出的全维度风险防控策略,涵盖人员素养、设备管理、物料管控、操作规范、制度建设、环境优化、应急处置等方面,形成了闭环的实训安全防控体系。研究表明,AHP-模糊综合评价法能够科学量化精馏实训的潜在安全隐患,准确识别关键风险点,评价结果客观、贴合职业院校教学实际;该方法简便易行、适用性强,可为职业院校化工精馏实训的安全管理提供实用工具,也可为同类化工单元操作实训的风险防控提供参考。

后续研究可结合职业院校实训教学的发展变化,进一步优化风险评价指标体系,引入动态评价方法,实现对化工精馏实训安全风险的动态监测与精准防控。

参考文献:

- [1] 陈利平,孙宝江,高永海.化工装置检修安全风险分析与管控体系构建[J].中国安全生产科学技术,2021,17(5):142-148.
- [2] 赵军,李静,王磊.高温高压加氢装置检修关键技术与安全控制[J].石油化工安全环保技术,2020,36(3):1-6+11.
- [3] 王宏伟,刘全桢,胡海燕.化工装置检修作业风险分级与管控措施[J].安全与环境学报,2021,21(3):1089-1095.
- [4] 周福宝,吴征艳,陆伟.化工装置检修安全管控



措施落地性优化研究 [J]. 中国安全生产科学技术, 2023, 19(2): 153-159.

[5] 李丽, 王军, 赵亮. 化工检修人员安全技能现状及培训对策 [J]. 安全, 2021, 42(9): 78-81.

[6] 李刚, 林海飞, 成连华. 化工安全风险评价方法对比及适用性分析 [J]. 中国安全科学学报, 2022, 32(6):

12-19.

作者简介: 梁西超(1986-), 男, 汉族, 陕西西咸新区人, 本科, 陕西工业技术学院(西北工业学校)化学工程系讲师, 主要研究方向为化学工程教学, 化工实训操作管理, 化工安全风险评价管理。