

ICS 13.200
CCS E 09

CIESC

团 体 标 准

T/CIESC XXXX—202X

石化生产泄漏风险评估与分级预警指南

Guidelines for leak risk assessment and graded warning of petrochemical production

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国化工学会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 泄漏源辨识与风险识别	3
5.1 现场调研与资料收集	3
5.2 泄漏源辨识	3
5.3 泄漏源风险分析	3
6 泄漏风险评估与分级预警	4
6.1 泄漏危害评估参数指标体系构建	4
6.2 泄漏危害量化评估与分级方法	4
6.3 泄漏频率量化评估与分级方法	5
6.4 泄漏风险评估与分级预警	5
7 泄漏风险管控措施	6
附录 A （资料性） 典型场景泄漏危害评估参数指标体系	8
附录 B （资料性） 典型石化生产工艺设备泄漏频率及其分级	12
附录 C （资料性） 泄漏监测与排查方法	15

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国化工学会提出并归口。

本文件起草单位：XXX，XXX

本文件主要起草人：XXX，XXX。

本文件为首次发布。

石化生产泄漏风险评估与分级预警指南

1 范围

本文件确立了石化生产泄漏风险评估与分级预警的总体原则，并规定了泄漏源辨识与风险识别、泄漏风险评估与分级预警、泄漏风险管控措施等技术内容和要求。

本文件适用于石化生产企业开展设备泄漏风险评估与分级预警管理。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 18218 危险化学品重大危险源辨识
GB/T 27921 风险管理 风险评估技术
GB 30000.1 化学品分类和标签规范 第1部分：通则
GB 30077 危险化学品单位应急救援物资配备要求
GB/T 45233 化工园区安全风险评估导则
AQ/T 3046 化工企业定量风险评价导则
HJ 733 泄漏和敞开液面排放的挥发性有机物检测技术导则
HJ 1230 工业企业挥发性有机物泄漏检测与修复技术指南
SH/T 3226 石油化工过程风险定量分析标准
T/CCSAS 022 危险化学品企业泄漏管理导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

逸散性泄漏 fugitive leakage

易挥发物料从阀门、法兰、连接件、泵密封、搅拌器密封、压缩机密封、泄压设备、取样连接系统、开口阀或开口管线等密封部位发生的非预期或隐蔽性泄漏。

[来源：T/CCSAS 022—2022，3.1]

3.2

突发性泄漏 accident leakage

物料非计划、不受控制地以泼溅、渗漏、溢出等形式从储罐、管道、容器、槽车及其他用于转移物料的设备进入外部空间，从而造成物料排放的现象。

[来源：T/CCSAS 022—2022，3.2]

3.3

密封点 sealing point

设备与管线组件可能泄漏VOCs物料且需要开展泄漏检测的动密封或静密封点，简称密封点。

[来源：HJ 1230—2021，3.8]

3.4

泄漏检测与修复 leak detection and repair (LDAR)

通过常规或非常规检测手段，检测或检查密封点，并在一定期限内采取有效措施修复泄漏点，对工业生产全过程物料泄漏进行控制的系统工程。

[来源：HJ 1230—2021，3.11]

3.5

泄漏源 leakage source

内部含危险化学品的设备、管道，或者设备之间、设备与管道之间的连接部件。

[来源：T/CCSAS 022—2022，3.3，HJ 733—2014，2.1，有修改]

3.6

泄漏风险 risk of leakage

含有危险化学品的设备、设施和管道，发生泄漏的可能性与后果严重性的组合。

[来源：T/CCSAS 022—2022，3.6]

3.7

预防性检测 preventive testing

为发现和矫正隐性的缺陷，预防失效导致事故，定期对满足使用条件的设备、设施、管道等进行检测。

[来源：T/CCSAS 022—2022，3.7]

4 总则

4.1 石化生产企业应在现场调研、资料收集与分析基础上，对所涉及的重大危险源开展泄漏源辨识及其风险识别，重大危险源辨识按 GB 18218 标准要求开展，泄漏源风险识别可按 GB/T 27921、GB/T 45233、AQ/T 3046 等标准规定的方法开展泄漏风险分析。

4.2 石化生产企业对识别的泄漏风险应开展评估分级与预警管理。针对不同级别的泄漏风险以及逸散性泄漏和突发性泄漏不同泄漏形式，参照 T/CCSAS 022 采取管控措施，并建立动态泄漏风险监测预警管理系统，实行泄漏风险的动态管理。

4.3 石化生产企业泄漏风险评估与分级预警

石化生产企业泄漏风险评估与分级预警主要包括以下流程：

- 调研与资料收集分析；
- 泄漏源辨识及其风险识别；
- 泄漏风险评估与分级预警；
- 建立泄漏风险管控措施与智能监测系统。

5 泄漏源辨识与风险识别

5.1 现场调研与资料收集

5.1.1 企业现场调研

企业现场调研内容包括但不限于：

- 生产装置工艺特点，主要原辅料、中间产物、产品及副产品；
- 装置单元或区域划分；装置现场设备分布情况；
- 相邻装置或设施的位置关系等。

5.1.2 企业资料收集

收集的企业资料及泄漏历史数据包括但不限于：

- 装置简介、平面布置图或三维立体图；
- 生产工艺流程图（PFD）、管道仪表流程图（P&ID）；
- 设备台账及分布图、气体报警仪台账及分布图、安全环保在线监测仪器清单及布置图；
- 装置内涉及的危险物料安全数据表（MSDS）、常年气象条件；
- 设备动静密封逸散性泄漏检测数据（关注超出泄漏阈值情况）；
- 设备、管道本体及动静密封突发性泄漏情况等。

5.2 泄漏源辨识

5.2.1 企业应对所涉及的重大危险源开展泄漏源辨识，包括内部含有危险化学品，且存在泄漏可能性或已经发生泄漏的设备、管道本体及密封组件等，可参照 T/CCSAS 022 建立泄漏源管理清单和密封点台账。

5.2.2 泄漏源可能释放的危险化学品分类识别

企业应对泄漏源可能释放的危险化学品进行分类识别，包括但不限于：

——按GB 30000.1分类的爆炸物、易燃气体、气雾剂（气溶胶）和加压化学品、氧化性气体、加压气体、易燃液体、易燃固体、自反应物质或混合物、发火液体（自燃液体）、发火固体（自燃固体）、自热物质或混合物、遇水放出易燃气体的物质或混合物、氧化性液体、氧化性固体、有机过氧化物、金属腐蚀物、退敏爆炸物等物理危险类物质；或具有急性毒性、皮肤腐蚀/刺激、严重眼损伤/眼刺激、呼吸或皮肤过敏、生殖细胞致突变型、致癌性、生殖毒性、特异性靶器官系统毒性、吸入危害等健康危害类物质；或具有危害水生环境、危害臭氧层的环境危害类物质；

——符合GB 18218危险化学品重大危险源辨识规定的爆炸物、易燃气体、易燃气溶胶、氧化性气体、易燃液体、易燃固体、自反应物质或混合物、自燃液体、自燃固体、自热物质或混合物、遇水放出易燃气体的物质或混合物、氧化性液体、氧化性固体、有机过氧化物、金属腐蚀物、急性毒性物质；

- 《危险化学品目录》所列危险化学品及其混合物；
- 可燃、有毒粉尘；
- 放射性物质。

5.3 泄漏源风险分析

5.3.1 采用定性或定量的方法对识别的泄漏源进行风险分析,识别泄漏可能导致的危害,如火灾、爆炸、中毒、环境污染等。分析典型泄漏事件/事故场景,包括泄漏物质的种类、数量或浓度、泄漏方式等,分析不同场景下泄漏危害后果和泄漏可能性。

5.3.2 定性分析方法包括利用专家经验、历史数据等,对泄漏风险进行初步判断;采用风险矩阵、风险清单等方法,对风险进行分类和排序。

5.3.3 定量分析方法包括应用数学模型、仿真软件等,对泄漏风险进行量化评估,计算泄漏事故的发生概率、影响范围、损失程度等指标。

6 泄漏风险评估与分级预警

6.1 泄漏危害评估参数指标体系构建

6.1.1 开展石化生产典型泄漏场景设备泄漏危害分析,建立泄漏危害评估参数指标体系,泄漏危害评估项目包括泄漏/腐蚀程度、物料危害、生产工艺、偶发事件四个维度,并设置每个评估维度的权重。

6.1.2 构建不同评估维度的分级参数及评估指标,根据指标大小按泄漏危害由轻到重划分为 a、b、c、d、e、f 级别。

6.1.3 泄漏/腐蚀程度的评估参数可包括泄漏源强、泄漏速率、泄漏浓度、可燃气体空间总量、爆炸性气体空间体积、毒性气体空间体积、腐蚀速率、剩余厚度、剩余寿命、防腐层完整性等;物料危害的评估参数可包括物料状态、物料可燃性、物料毒性、物料腐蚀性等;生产工艺的评估参数可包括温度、压力、液位、容量、运行状态等;偶发事件的评估参数可包括突发轻度泄漏事故/事件、突发中度或严重泄漏事故/事件、腐蚀裂纹/穿孔、管道破裂、浮盘倾斜、雷击等。

6.1.4 针对不同石化生产泄漏场景可在四个维度内选择适用的泄漏危害评估参数进行评估并分级,储罐浮盘、保温管道、装置塔器密封等典型场景泄漏危害评估参数指标体系参见附录 A。

6.2 泄漏危害量化评估与分级方法

根据构建的泄漏危害评估参数分级指标体系,泄漏危害量化评估按下述公式(1)进行计算,以计算结果量化表征泄漏危害大小,并按表 1 将泄漏危害级别由轻到重分为(A~G)7个级别。

$$\begin{aligned}
 S(H) &= \sum_{j=1}^m \omega_j \sum_{i=1}^{n_j} \frac{1}{n_j} (\lambda_a a + \lambda_b b + \lambda_c c + \lambda_d d + \lambda_e e + \lambda_f f) \\
 &= 0.4 \times \frac{1}{n_1} (4a + 6b + 8c + 10d) + 0.3 \times \frac{1}{n_2} (4a + 6b + 8c + 10d) \\
 &+ 0.1 \times \frac{1}{n_3} (4a + 6b + 8c + 10d) + 0.2 \times \frac{1}{n_4} (15e + 20f) \dots \dots \dots \text{公式 (1)}
 \end{aligned}$$

式中:

$S(H)$ ——泄漏危害后果量化评估值;

m ——评估维度数量, $m=4$, 即泄漏/腐蚀程度、物料危害、生产工艺、偶发事件 4 个维度;

ω_j ——评估维度的权重, 泄漏/腐蚀程度 $\omega_1=0.4$ 、物料危害 $\omega_2=0.3$ 、生产工艺 $\omega_3=0.1$ 、偶发事件 $\omega_4=0.2$;

n_j ——每个评估维度的评估参数数量, 四个评估维度的参数数量分别为 n_1 、 n_2 、 n_3 、 n_4 ;

a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f ——分别为泄漏风险评估参数分级为 a、b、c、d、e、f 的数量;

λ_a 、 λ_b 、 λ_c 、 λ_d 、 λ_e 、 λ_f ——分别为分级为 a、b、c、d、e、f 的分级量化系数, $\lambda_a=4$ 、 $\lambda_b=6$ 、 $\lambda_c=8$ 、 $\lambda_d=10$ 、 $\lambda_e=15$ 、 $\lambda_f=20$ 。

表 1 泄漏危害量化评估分级表

泄漏危害后果量化评估值 $S(H)$	泄漏危害级别（由轻到重）
$S(H) \leq 4.5$	A
$4.5 < S(H) \leq 6.0$	B
$6.0 < S(H) \leq 7.5$	C
$7.5 < S(H) \leq 8.5$	D
$8.5 < S(H) \leq 9.5$	E
$9.5 < S(H) \leq 10.5$	F
$S(H) > 10.5$	G

6.3 泄漏频率量化评估与分级方法

6.3.1 开展石化生产典型设备泄漏频率分析，建立泄漏频率评估参数指标体系，以泄漏频率 P 的大小表征泄漏可能性，并按可能性由低到高分为 8 个级别，见表 2。

表 2 泄漏频率分级参数指标体系

评估维度	评估参数	参数指标（次/年）	参数分级
泄漏可能性	泄漏频率 P	$P \leq 10^{-6}$	1
		$10^{-6} < P \leq 10^{-5}$	2
		$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$	3
		$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$	4
		$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$	5
		$10^{-2} < P \leq 10^{-1}$	6
		$10^{-1} < P < 1$	7
		$P \geq 1$ 次/年	8

6.3.2 常见典型石化生产工艺设备泄漏频率可参见 SH/T 3226，其泄漏可能性分级见附录 B。

6.4 泄漏风险评估与分级预警

6.4.1 依据泄漏危害和泄漏可能性评估结果，构建泄漏风险评估分级矩阵，见表 3。泄漏风险由高到低分别为高泄漏风险（红色）、较高泄漏风险（橙色）、一般泄漏风险（黄色）、低泄漏风险（蓝色）四个级别，企业可根据具体评估对象及场景设定泄漏风险提级管理特别要求。

表3 泄漏风险评估分级矩阵

泄漏危害级别 (按后果由轻到重)	可能性级别 (按泄漏频率 P 由低到高)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	$P \leq 10^{-6}$	$10^{-6} < P \leq 10^{-5}$	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$	$10^{-2} < P \leq 10^{-1}$	$10^{-1} < P < 1$	$P \geq 1$
A	蓝色	蓝色	蓝色	蓝色	蓝色	蓝色	黄色	黄色
B	蓝色	蓝色	蓝色	蓝色	蓝色	黄色	黄色	橙色
C	蓝色	蓝色	蓝色	蓝色	黄色	黄色	橙色	橙色
D	蓝色	黄色	黄色	黄色	橙色	橙色	红色	红色
E	蓝色	黄色	黄色	橙色	橙色	红色	红色	红色
F	黄色	黄色	橙色	橙色	红色	红色	红色	红色
G	黄色	橙色	橙色	红色	红色	红色	红色	红色

6.4.2 根据石化生产泄漏风险评估结果，划分不同预警级别，并根据预警级别采取针对性措施：

- a) 一级预警：高泄漏风险（红色），需立即采取控制处置措施；
- b) 二级预警：较高泄漏风险（橙色），需采取预防措施，加强监测与监控；
- c) 三级预警：一般泄漏风险（黄色），需进行常规定期监测与检查；
- d) 四级预警：低泄漏风险（蓝色），需关注其变化趋势。

6.4.3 建立泄漏风险监测预警管理系统，根据预警级别智能发布推送预警信息至相关人员，由专业人员对预警信息进行确认，并采取针对性措施。针对高泄漏风险应组织人员迅速赶赴现场，采取应急处置措施，并根据处置情况，确认高泄漏风险消除后，解除高泄漏风险预警。

7 泄漏风险管控措施

7.1 企业应加强对泄漏源的监测监控，利用传感器网络、智能监测仪器等，对石化生产过程中的设备管道关键部位进行泄漏监测，对采集的监测数据进行统计分析，识别和控制潜在泄漏风险。可采用附录C规定的泄漏监测与排查方法开展预防性检测，防止较大泄漏发生。

7.2 企业应对存在较高及以上泄漏风险的泄漏源进行预防性维修。因生产连续运行或其他原因导致维修工作无法开展的，应增加检验、检测频次，采取防护性措施降低泄漏风险。预防性维修包括但不限于以下措施：

- 调整法兰的螺栓预紧力，调整填料压紧力；
- 更换管道、设备的动静密封件；
- 校验、更换安全阀，清理阻火器、更换爆破片；
- 存在温度、压力波动以及振动的设备、管道上的密封点，应根据波动次数、波动幅度、振动频率，定期安排检查并定期更换密封材料；

——更换或维修压力容器、储罐和部分管道；

7.3 企业应制定危险化学品泄漏专项应急预案，依据 GB 30077 针对不同的泄漏形式和泄漏设备配备专用泄漏应急处置物资、堵漏器具和快速到达现场的运输工具。具备条件的企业可配备专业泄漏应急抢修队伍。

7.4 对需要立即停车处置的严重泄漏事故事件，企业应启动危险化学品泄漏专项应急预案，在应急处置过程中要开展有毒有害气体检测、防火、防爆、隔离、警戒和疏散等相关工作。泄漏应急处置措施包括但不限于工艺切断、堵漏、覆盖、收集，稀释、处理、疏散等。泄漏物料收集装备应符合现场防爆等级要求，或采用吸附材料集中吸收，增加缓冲池、事故水池等措施。

附录 A

(资料性)

典型场景泄漏危害评估参数指标体系

A.1 储罐浮盘泄漏危害评估参数指标体系

针对储罐浮盘泄漏场景，建立泄漏危害评估参数指标体系，包括泄漏程度、物料危害、生产工艺、偶发事件 4 个维度，11 个评估参数，具体参数指标及分级见表 A.1。

表 A.1 储罐浮盘泄漏危害评估参数指标体系

评估维度及权重	评估参数	参数指标	参数分级
泄漏程度 (0.4)	泄漏源强 (F)	可燃物料: $F < 50\text{g}/\text{min}$, 有毒物料: $F < 0.5\text{g}/\text{min}$	a
		可燃物料: $50\text{g}/\text{min} \leq F < 400\text{g}/\text{min}$, 有毒物料: $0.5\text{g}/\text{min} \leq F < 4\text{g}/\text{min}$	b
		可燃物料: $400\text{g}/\text{min} \leq F < 800\text{g}/\text{min}$, 有毒物料: $4\text{g}/\text{min} \leq F < 8\text{g}/\text{min}$	c
		可燃物料: $F \geq 800\text{g}/\text{min}$, 有毒物料: $F \geq 8\text{g}/\text{min}$	d
	可燃气体空间总量 (m)	内浮顶: $m < 10\text{kg}$, 外浮顶: $m < 5\text{kg}$	a
		内浮顶: $10\text{kg} \leq m < 25\text{kg}$, 外浮顶: $5\text{kg} \leq m < 10\text{kg}$	b
		内浮顶: $25\text{kg} \leq m < 50\text{kg}$, 外浮顶: $10\text{kg} \leq m < 25\text{kg}$	c
		内浮顶: $m \geq 50\text{kg}$, 外浮顶: $m \geq 25\text{kg}$	d
	爆炸性气体空间体积 (V)	$V < 1/3V_0$ (V_0 为气相空间体积)	a
		$1/3V_0 \leq V < 1/2V_0$	b
		$1/2V_0 \leq V < 3/4V_0$	c
		$V \geq 3/4V_0$	d
物料危害 (0.3)	物料可燃性	闪点 $> 60^\circ\text{C}$	a
		$23^\circ\text{C} \leq \text{闪点} \leq 60^\circ\text{C}$ 且初沸点 $> 35^\circ\text{C}$	b
		闪点 $< 23^\circ\text{C}$ 且初沸点 $> 35^\circ\text{C}$, 或 $\text{LEL} < 12\%$	c
		闪点 $< 23^\circ\text{C}$ 且初沸点 $\leq 35^\circ\text{C}$, 或 $\text{LEL} \geq 12\%$	d
	物料毒性	气体 $\text{LC50} > 2.5\text{mL}/\text{L}$, 液体蒸气 $\text{LC50} > 10\text{mg}/\text{L}$	a
		气体 $0.5 < \text{LC50} \leq 2.5\text{mL}/\text{L}$, 液体蒸气 $2.0 < \text{LC50} \leq 10\text{mg}/\text{L}$	b
		气体 $0.1 < \text{LC50} \leq 0.5\text{mL}/\text{L}$, 液体蒸气 $0.5 < \text{LC50} \leq 2.0\text{mg}/\text{L}$	c
		气体 $\text{LC50} \leq 0.1\text{mL}/\text{L}$, 液体蒸气 $\text{LC50} \leq 0.5\text{mg}/\text{L}$	d
生产工艺 (0.1)	油品温度	$T < 20^\circ\text{C}$	a
		$20^\circ\text{C} \leq T < 40^\circ\text{C}$	b
		$40^\circ\text{C} \leq T < 50^\circ\text{C}$	c
		$T \geq 50^\circ\text{C}$	d
	油品液位	$H < 1/3H_0$ (H_0 为储罐高度)	a
		$1/3H_0 \leq H < 1/2H_0$	b
		$1/2H_0 \leq H < 3/4H_0$	c
		$H \geq 3/4H_0$	d
	储罐容量	$V < 10000\text{m}^3$	a
		$10000\text{m}^3 \leq V < 50000\text{m}^3$	b
		$50000\text{m}^3 \leq V < 100000\text{m}^3$	c
		$V \geq 100000\text{m}^3$	d

表 A.1 储罐浮盘泄漏危害评估参数指标体系（续）

评估维度及权重	评估参数	参数指标	参数分级
生产工艺（0.1）	收发油状态	静止	A
		发油	b
		收油	c
		边收边发	d
偶发事件（0.2）	浮盘倾斜	近3年内未发生浮盘倾斜	a
		近3年内曾发生浮盘倾斜	e
	雷击	近5年厂区内未发生雷击事件	a
		近5年厂区内曾发生雷击事件	f

A.2 保温管道泄漏危害评估参数指标体系

针对保温管道场景，建立泄漏危害评估参数指标体系，包括腐蚀程度、物料危害、生产工艺、偶发事件4个维度，11个评估参数，具体参数指标及分级见表A.2。

表 A.2 保温管道泄漏危害评估参数指标体系

评估维度及权重	评估参数	参数指标	参数分级
腐蚀程度（0.4）	剩余寿命（RL）	$RL \geq 10$ 年	a
		$5 \text{ 年} \leq RL < 10$ 年	b
		$2 \text{ 年} \leq RL < 5$ 年	c
		$RL < 2$ 年	d
	腐蚀速率（r）	$r < 0.025 \text{ mm/a}$	a
		$0.025 \text{ mm/a} \leq r < 0.13 \text{ mm/a}$	b
		$0.13 \text{ mm/a} \leq r < 0.25 \text{ mm/a}$	c
		$r \geq 0.25 \text{ mm/a}$	d
	剩余厚度（ T_i ）	$T_i > 0.9T_0$ （ T_0 为管道公称壁厚）	a
		$0.8T_0 < T_i \leq 0.9T_0$	b
		$0.6T_0 < T_i \leq 0.8T_0$	c
		$T_i \leq 0.6T_0$	d
	防腐层完整性（A）	$A > 95\%$	a
		$80\% < A \leq 95\%$	b
		$70\% < A \leq 80\%$	c
		$A \leq 70\%$	d
物料危害（0.3）	物料可燃性	闪点 $> 60^\circ\text{C}$	a
		$23^\circ\text{C} \leq \text{闪点} \leq 60^\circ\text{C}$ 且初沸点 $> 35^\circ\text{C}$	b
		闪点 $< 23^\circ\text{C}$ 且初沸点 $> 35^\circ\text{C}$ ，或 $LEL < 12\%$	c
		闪点 $< 23^\circ\text{C}$ 且初沸点 $\leq 35^\circ\text{C}$ ，或 $LEL \geq 12\%$	d
	物料毒性	气体 $LC50 > 2.5 \text{ mL/L}$ ，液体蒸气 $LC50 > 10 \text{ mg/L}$	a
		气体 $0.5 < LC50 \leq 2.5 \text{ mL/L}$ ，液体蒸气 $2.0 < LC50 \leq 10 \text{ mg/L}$	b
		气体 $0.1 < LC50 \leq 0.5 \text{ mL/L}$ ，液体蒸气 $0.5 < LC50 \leq 2.0 \text{ mg/L}$	c
		气体 $LC50 \leq 0.1 \text{ mL/L}$ ，液体蒸气 $LC50 \leq 0.5 \text{ mg/L}$	d
	物料腐蚀性	皮肤刺激：类别2（刺激），类别3（轻微刺激）	a
		皮肤腐蚀：类别1（1C）（ $1\text{h} < \text{接触} \leq 4\text{h}$ ，14天内观察可见坏死）	b
		皮肤腐蚀：类别1（1B）（ $3\text{min} < \text{接触} \leq 1\text{h}$ ，14天内观察可见坏死）	c
		皮肤腐蚀：类别1（1A）（ $\text{接触} \leq 3\text{min}$ ，1小时内观察可见坏死）	d

表 A.2 保温管道泄漏危害评估参数指标体系（续）

评估维度及权重	评估参数	参数指标	参数分级
生产工艺 (0.1)	工艺温度	$-20^{\circ}\text{C} \leq T < 200^{\circ}\text{C}$	a
		$200^{\circ}\text{C} \leq T < 300^{\circ}\text{C}$	b
		$300^{\circ}\text{C} \leq T \leq 450^{\circ}\text{C}$	c
		$T < -20^{\circ}\text{C}$ 或 $T > 450^{\circ}\text{C}$	d
	工艺压力	$0.1 \text{ MPa} \leq P < 1.6 \text{ MPa}$	a
		$1.6 \text{ MPa} \leq P < 10 \text{ MPa}$	b
		$10 \text{ MPa} \leq P < 100 \text{ MPa}$	c
		$P \geq 100 \text{ MPa}$	d
偶发事件 (0.2)	腐蚀裂纹/穿孔	近 3 年内未发生腐蚀裂纹或穿孔	a
		近 3 年内曾发生腐蚀裂纹或穿孔	e
	管道破裂	近 5 年内未发生管道破裂	a
		近 5 年内曾发生管道破裂	f

A.3 塔器密封泄漏危害评估参数指标体系

针对装置塔器密封泄漏场景，建立泄漏危害评估参数指标体系，包括泄漏程度、物料危害、生产工艺、偶发事件四个维度，11 个评估参数，具体参数指标及分级见表 A.3。

表 A.3 塔器密封泄漏危害评估参数指标体系

评估维度及权重	评估参数	参数指标	参数分级
泄漏程度 (0.4)	泄漏速率 (F)	可燃物料: $F < 50\text{g}/\text{min}$, 有毒物料: $F < 0.5\text{g}/\text{min}$	a
		可燃物料: $50\text{g}/\text{min} \leq F < 400\text{g}/\text{min}$, 有毒物料: $0.5\text{g}/\text{min} \leq F < 4\text{g}/\text{min}$	b
		可燃物料: $400\text{g}/\text{min} \leq F < 800\text{g}/\text{min}$, 有毒物料: $4\text{g}/\text{min} \leq F < 8\text{g}/\text{min}$	c
		可燃物料: $F \geq 800\text{g}/\text{min}$, 有毒物料: $F \geq 8\text{g}/\text{min}$	d
	爆炸性气体空间体积 (V)	封闭/半封闭空间: $V < 1\text{m}^3$, 敞开空间: $V < 8\text{m}^3$	a
		封闭/半封闭空间: $1\text{m}^3 \leq V < 8\text{m}^3$, 敞开空间: $8\text{m}^3 \leq V < 65\text{m}^3$	b
		封闭/半封闭空间: $8\text{m}^3 \leq V < 65\text{m}^3$, 敞开空间: $65\text{m}^3 \leq V < 523\text{m}^3$	c
		封闭/半封闭空间: $V > 65\text{m}^3$, 敞开空间: $V > 523\text{m}^3$	d
	毒性气体空间体积 (V)	封闭/半封闭空间: $V < 0.5\text{m}^3$, 敞开空间: $V < 4\text{m}^3$	a
		封闭/半封闭空间: $0.5\text{m}^3 \leq V < 4\text{m}^3$, 敞开空间: $4\text{m}^3 \leq V < 33\text{m}^3$	b
		封闭/半封闭空间: $4\text{m}^3 \leq V < 33\text{m}^3$, 敞开空间: $33\text{m}^3 \leq V < 268\text{m}^3$	c
		封闭/半封闭空间: $V > 33\text{m}^3$, 敞开空间: $V > 268\text{m}^3$	d
物料危害 (0.3)	物料可燃性	闪点 $> 60^{\circ}\text{C}$	a
		$23^{\circ}\text{C} \leq \text{闪点} \leq 60^{\circ}\text{C}$ 且初沸点 $> 35^{\circ}\text{C}$	b
		闪点 $< 23^{\circ}\text{C}$ 且初沸点 $> 35^{\circ}\text{C}$, 或 $\text{LEL} < 12\%$	c
		闪点 $< 23^{\circ}\text{C}$ 且初沸点 $\leq 35^{\circ}\text{C}$, 或 $\text{LEL} \geq 12\%$	d
	物料毒性	气体 $\text{LC50} > 2.5\text{mL}/\text{L}$, 液体蒸气 $\text{LC50} > 10\text{mg}/\text{L}$	a
		气体 $0.5 < \text{LC50} \leq 2.5\text{mL}/\text{L}$, 液体蒸气 $2.0 < \text{LC50} \leq 10\text{mg}/\text{L}$	b
		气体 $0.1 < \text{LC50} \leq 0.5\text{mL}/\text{L}$, 液体蒸气 $0.5 < \text{LC50} \leq 2.0\text{mg}/\text{L}$	c
		气体 $\text{LC50} \leq 0.1\text{mL}/\text{L}$, 液体蒸气 $\text{LC50} \leq 0.5\text{mg}/\text{L}$	d

表 A.3 塔器密封泄漏危害评估参数指标体系 (续)

评估维度及权重	评估参数	参数指标	参数分级
物料危害 (0.3)	物料腐蚀性	皮肤刺激: 类别 2 (刺激), 类别 3 (轻微刺激)	a
		皮肤腐蚀: 类别 1 (1C) (1h < 接触 ≤ 4h, 14 天内观察可见坏死)	b
		皮肤腐蚀: 类别 1 (1B) (3min < 接触 ≤ 1h, 14 天内观察可见坏死)	c
		皮肤腐蚀: 类别 1 (1A) (接触 ≤ 3min, 1 小时内观察可见坏死)	d
	物料状态	液态	a
		气液混合	b
		液体蒸气	c
		气态	d
生产工艺 (0.1)	工艺温度	$-20^{\circ}\text{C} \leq T < 200^{\circ}\text{C}$	a
		$200^{\circ}\text{C} \leq T < 300^{\circ}\text{C}$	b
		$300^{\circ}\text{C} \leq T \leq 450^{\circ}\text{C}$	c
		$T < -20^{\circ}\text{C}$ 或 $T > 450^{\circ}\text{C}$	d
	工艺压力	$0.1 \text{ MPa} \leq P < 1.6 \text{ MPa}$	a
		$1.6 \text{ MPa} \leq P < 10 \text{ MPa}$	b
		$10 \text{ MPa} \leq P < 100 \text{ MPa}$	c
		$P \geq 100 \text{ MPa}$	d
偶发事件 (0.2)	突发轻度泄漏事故/事件	近 3 年未曾发生轻度泄漏事件	a
		近 3 年内曾发生轻度泄漏事件	e
	突发中度或严重泄漏事故/事件	近 5 年内未发生中度泄漏或严重泄漏事件	a
		近 5 年内曾发生中度泄漏或严重泄漏事件	f

附录 B

(资料性)

典型石化生产工艺设备泄漏频率及其分级

B.1 典型石化生产工艺设备泄漏频率可参见 SH/T 3226, 不同泄漏场景工艺设备泄漏可能性分级见表 B.1。

表 B.1 典型石化生产工艺设备泄漏频率及其分级

设备类型	泄漏孔径类型 (mm)	泄漏频率 (次/年)	泄漏可能性分级
工艺管道	1~10	$1.5 \times 10^{-5} \sim 7.3 \times 10^{-5}$	3
		$3.9 \times 10^{-6} \sim 9.5 \times 10^{-6}$	2
	10~50	$1.6 \times 10^{-6} \sim 7.0 \times 10^{-6}$	2
	50-150	$3.2 \times 10^{-7} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	1
		1.2×10^{-6}	2
	>150	$1.6 \times 10^{-7} \sim 4.6 \times 10^{-7}$	1
$1.3 \times 10^{-6} \sim 1.7 \times 10^{-6}$		2	
长管道 (管廊)	1~10	$1.2 \times 10^{-5} \sim 6.6 \times 10^{-5}$	3
		$3.12 \times 10^{-6} \sim 8.55 \times 10^{-6}$	2
	10~50	$1.28 \times 10^{-6} \sim 6.3 \times 10^{-6}$	2
	50-150	$2.56 \times 10^{-7} \sim 9.6 \times 10^{-7}$	1
		1.08×10^{-6}	2
	>150	$1.3 \times 10^{-7} \sim 4.14 \times 10^{-7}$	1
$1.04 \times 10^{-6} \sim 1.53 \times 10^{-6}$		2	
工艺容器	1~10	$1.7 \times 10^{-4} \sim 5.9 \times 10^{-4}$	4
	10~50	$9.3 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-4}$	3
	50-150	$2.5 \times 10^{-5} \sim 5.1 \times 10^{-5}$	3
	>150	2.4×10^{-5}	3
离心泵	1~10	$2.7 \times 10^{-3} \sim 4.4 \times 10^{-3}$	5
		6.4×10^{-4}	4
	10~50	$1.4 \times 10^{-4} \sim 2.9 \times 10^{-4}$	4
	50-150	$1.4 \times 10^{-5} \sim 5.4 \times 10^{-5}$	3
	>150	1.5×10^{-5}	3
		4.0×10^{-6}	2
往复泵	1~10	3.3×10^{-3}	5
		$5.5 \times 10^{-4} \sim 8.1 \times 10^{-4}$	4
	10~50	$4.2 \times 10^{-4} \sim 7.4 \times 10^{-4}$	4
	50-150	$2.3 \times 10^{-4} \sim 5.0 \times 10^{-4}$	4
	>150	$2.7 \times 10^{-4} \sim 2.8 \times 10^{-4}$	4

表 B.1 典型石化生产工艺设备泄漏频率及其分级 (续)

设备类型	泄漏孔径类型 (mm)	泄漏频率 (次/年)	泄漏可能性分级
离心式压缩机	1~10	$1.5 \times 10^{-3} \sim 4.1 \times 10^{-3}$	5
	10~50	$1.3 \times 10^{-4} \sim 6.7 \times 10^{-4}$	4
	50-150	$1.5 \times 10^{-4} \sim 2.5 \times 10^{-4}$	4
		1.3×10^{-5}	3
	>150	1.1×10^{-4}	4
		2.5×10^{-6}	2
往复式压缩机	1~10	3.2×10^{-2}	6
		$3.1 \times 10^{-3} \sim 6.8 \times 10^{-3}$	5
	10~50	$1.4 \times 10^{-3} \sim 2.6 \times 10^{-3}$	5
	50-150	$3.2 \times 10^{-4} \sim 8.8 \times 10^{-4}$	4
	>150	$2.4 \times 10^{-4} \sim 4.8 \times 10^{-4}$	4
管壳式换热器	1~10	$1.2 \times 10^{-3} \sim 1.6 \times 10^{-3}$	5
		$2.3 \times 10^{-4} \sim 9.0 \times 10^{-4}$	4
	10~50	$1.4 \times 10^{-4} \sim 2.1 \times 10^{-4}$	4
	50-150	1.1×10^{-4}	4
		$2.4 \times 10^{-5} \sim 9.7 \times 10^{-5}$	3
	>150	$1.2 \times 10^{-5} \sim 6.2 \times 10^{-5}$	3
板式换热器	1~10	$2.0 \times 10^{-3} \sim 5.9 \times 10^{-3}$	5
	10~50	1.1×10^{-3}	5
		6.8×10^{-4}	4
	50-150	$1.1 \times 10^{-4} \sim 6.3 \times 10^{-4}$	4
		3.1×10^{-4}	4
	>150	5.8×10^{-5}	3
空冷器	1~10	1.5×10^{-3}	5
		$3.1 \times 10^{-4} \sim 8.9 \times 10^{-4}$	4
	10~50	$1.1 \times 10^{-4} \sim 2.4 \times 10^{-4}$	4
	50-150	1.1×10^{-4}	4
		$1.8 \times 10^{-5} \sim 2.8 \times 10^{-5}$	3
	>150	4.9×10^{-5}	3
9.3×10^{-6}		2	
过滤器	1~10	$1.2 \times 10^{-3} \sim 1.8 \times 10^{-3}$	5
		4.4×10^{-4}	4
	10~50	$1.5 \times 10^{-4} \sim 1.9 \times 10^{-4}$	4
	50-150	$2.6 \times 10^{-5} \sim 5.5 \times 10^{-5}$	3
	>150	$1.3 \times 10^{-5} \sim 2.0 \times 10^{-5}$	3

表 B.1 典型石化生产工艺设备泄漏频率及其分级 (续)

设备类型	泄漏孔径类型 (mm)	泄漏频率 (次/年)	泄漏可能性分级
法兰	1~10	$2.0 \times 10^{-6} \sim 7.0 \times 10^{-6}$	2
		$1.3 \times 10^{-5} \sim 7.6 \times 10^{-5}$	3
		$1.1 \times 10^{-4} \sim 2.2 \times 10^{-4}$	4
	10~50	9.1×10^{-7}	1
		$1.4 \times 10^{-6} \sim 8.8 \times 10^{-6}$	2
		1.4×10^{-5}	3
	50-150	$3.2 \times 10^{-7} \sim 8.7 \times 10^{-7}$	1
		$1.1 \times 10^{-6} \sim 2.0 \times 10^{-6}$	2
>150	5.7×10^{-7}	1	
	$1.3 \times 10^{-6} \sim 2.2 \times 10^{-6}$	2	
仪表接管	10~50	$2.5 \times 10^{-5} \sim 2.7 \times 10^{-5}$	3
常温常压储罐 ($>450\text{m}^3$)	灾难性破裂	5.0×10^{-6}	2
	严重泄漏 (孔径 $\geq 500\text{mm}$)	1.0×10^{-4}	3
	中等泄漏 (孔径 $\geq 150\text{mm}$)	2.5×10^{-3}	5
常温常压储罐 ($\leq 450\text{m}^3$)	灾难性破裂	1.6×10^{-5}	3
	严重泄漏 (孔径 $\geq 500\text{mm}$)	1.0×10^{-4}	3
	中等泄漏 (孔径 $\geq 150\text{mm}$)	1.0×10^{-3}	4
低温常压储罐 (单防罐)	灾难性破裂 (内罐)	2.3×10^{-5}	3
		2.3×10^{-6}	2
	灾难性破裂 (外罐)	7.3×10^{-6}	2
		7.3×10^{-7}	1
低温常压储罐 (双防罐、全防罐)	灾难性破裂 (内罐)	1.0×10^{-7}	1
	灾难性破裂 (外罐)	$1.0 \times 10^{-8} \sim 2.5 \times 10^{-8}$	1
低温常压储罐 (单防罐、双防罐、全防罐)	泄漏	1.0×10^{-5}	2
压力球罐与压力卧式 储罐 (储存容器)	1~10	3.5×10^{-5}	3
	10~50	7.1×10^{-6}	2
	50-150	4.3×10^{-6}	2
	>150	4.7×10^{-7}	1
		1.0×10^{-7}	1
压力球罐与压力卧式 储罐 ($<2\text{m}^3$ 小型容器)	1~10	9.0×10^{-7}	1
	>150	1.0×10^{-7}	1
气柜	灾难性破裂	2.1×10^{-6}	2
	密封失效	2.0×10^{-4}	4
	顶部撕裂	3.0×10^{-4}	4
	大孔泄漏	8.0×10^{-5}	3

附 录 C
(资料性)
泄漏监测与排查方法

- C.1 企业应加强泄漏监测与排查工作管理，重点关注各种渗漏、液滴、结块、结焦、结霜、凝液、污迹、气流、异味等多种现象，关注设备振动、声音、温度、压力、液位、固定式/便携式报警器等异常状况，并对泄漏情况实施记录。泄漏排查方法包括但不限于：人工巡检观察，皂液试漏，便携式可燃、有毒气体检测报警器，红外、超声、氢火焰离子化（FID）、光离子化（PID）等原理的便携式泄漏检测仪等，以及分布式光纤、AI 视觉识别、声成像、红外成像等新技术。
- C.2 企业应按照 HJ 1230 要求实施泄漏检测与修复（LDAR），并建立涉 VOCs 设备密封点台账，按照 HJ 733、HJ 1230 规定的检测方法对泵（轴封）、压缩机（轴封）、搅拌器（轴封）、阀门、法兰、连接件、开口阀或开口管线、泄压设备、取样连接系统及其他密封的 VOCs 逸散性泄漏情况进行检测，并记录检测值。
- C.3 企业应加强腐蚀、磨蚀管理，确定腐蚀、磨蚀重点检查部位，定期开展腐蚀、磨蚀检测或检查，评估防腐蚀、防磨蚀效果。
- C.4 企业应定期对储罐呼吸阀（液压安全阀）、阻火器、液位计、通气管等安全附件进行检测或检查，并记录检测检查情况。
- C.5 应根据工艺系统的运行工况变化所造成的压力损失或流量损失，排查泄漏或其他异常情况。根据工艺过程危险和安全风险分析结果，确定配备安全仪表系统。
- C.6 应对可燃和有毒气体检测报警器按照相关检定校准规范要求，委托具有资质的机构进行定期检定或校准，并按照企业内部制定的计划定期进行功能核查，保障可燃、有毒气体检测报警器完好并处于正常投用状态。应对关键部位的气体探测系统和火灾探测系统的可靠性进行评估，确保其覆盖率、可靠性、功能效果满足风险控制需求。
- C.7 压力容器、压力管道按照特种设备管理相关要求进行预防性检测，预防性检测措施包括但不限于：
——设备、管道的腐蚀、减薄，壁厚检验，金相检测；
——设备、管道的裂纹、鼓泡、微孔检验；
——管道弯头的冲蚀检验；
——设备、管道连接焊口位置表面缺陷检测；
——压缩机、机泵等动设备的振动、声音、温度等状况监测；
——安全阀、爆破片等防超压设施的检验与日常检查。
- C.8 当生产装置工况发生异常时，如工艺参数波动较大，温度、压力、液位计等仪表失效，应立即进行处置，加大现场巡检力度，密切关注，一旦发现泄漏，应立即报告并组织抢维修和处置。
- C.9 泄漏排查中发现设备、设施、管道、密封点等存在逸散性泄漏或突发性泄漏时，应在泄漏部位或附近位置及时悬挂泄漏标识牌，标明具体泄漏位置，并记录，方便维修处置人员定位具体泄漏部位。
-

本标准版权归中国化工学会所有。除了用于国家法律或事先得到
中国化工学会文字上的许可外，不许以任何形式复制该标准。

中国化工学会地址：北京市朝阳区安定路 33 号化信大厦 B 座 7 层

邮政编码：100029 电话：010-64455951 传真：010-64411194

网址：www.ciesc.cn