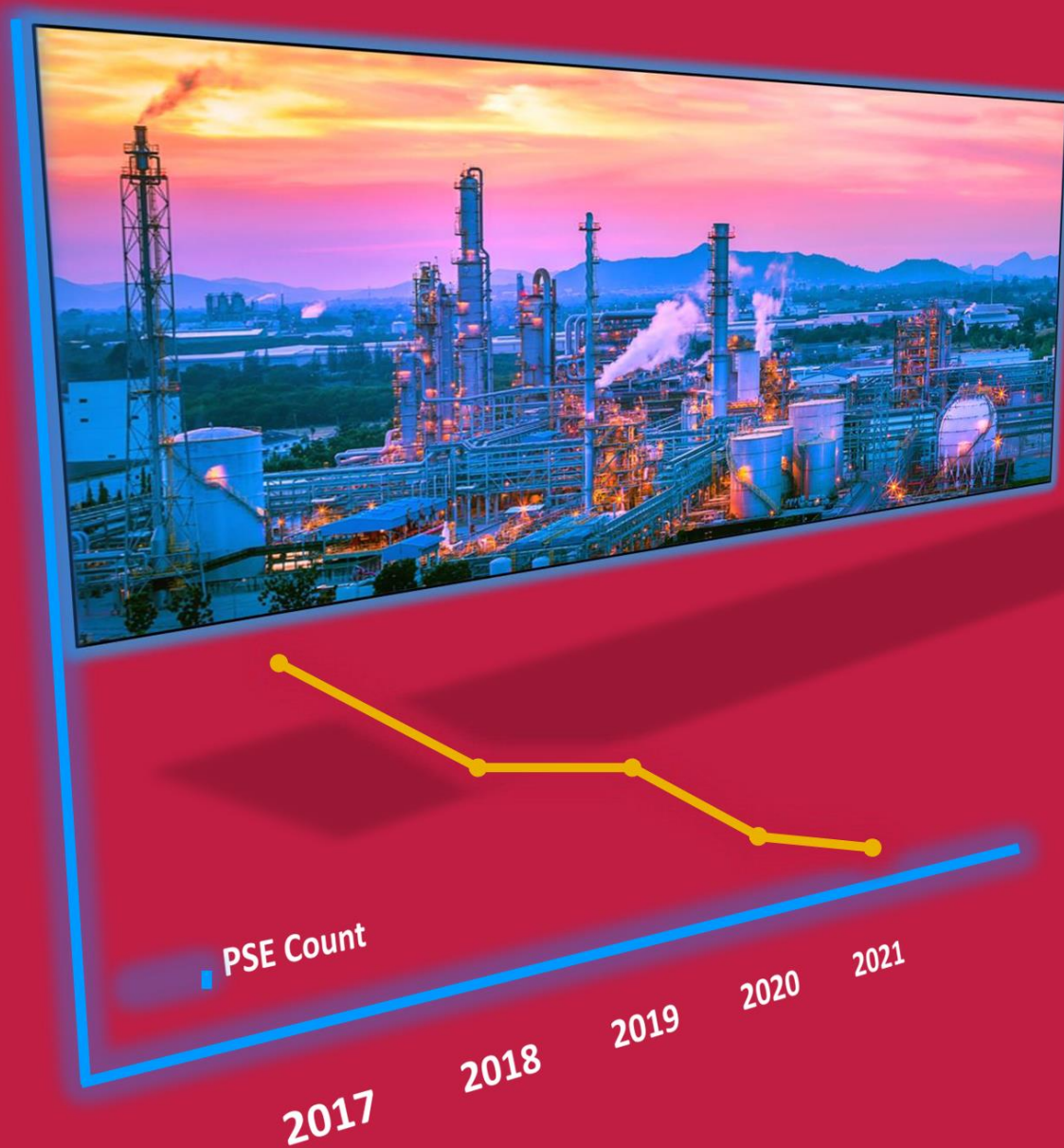




过程安全衡量指标指南

- 先导和滞后指标



免责声明：我们衷心希望本指南中提供的信息能够减少整个行业的过程安全事故，提高过程安全绩效。然而，美国化学工程师协会（AIChE）及其顾问、化学过程安全中心（CCPS）技术指导委员会和小组成员，以及他们的雇主、雇主的职员和董事均不保证、声明或暗示本指南中提供的信息的内容的正确性或准确性。在(1) AIChE 及其顾问、CCPS 技术指导委员会和小组成员、他们的雇主、雇主的职员和董事，与(2)本文件的使用者之间，使用者对其使用或误用造成的后果承担所有法律责任或义务。

目录

图例目录	4
表格目录	4
附录图表目录	4
附录 A	4
附录 C	4
附录 D	5
附录 E	5
本指南中的缩略语	6
前言 8	
1. 介绍	10
1.1 过程安全事件认定	12
图 1-1 代表先导和滞后过程安全绩效指标的不同层级	13
1.2 过程安全绩效指标标准	13
表 1-1 第 1 级和第 2 级事件后果之间的差异	16
1.3 过程安全事件判断流程图	17
图 1-2 第 1 级过程安全事件判断流程图	17
1.4 适用性和排除条款	18
2. 第 1 级过程安全事件绩效指标	19
1.5 第 1 级过程安全事件 (T-1PSE) 绩效指标的目的	19
1.6 第 1 级过程安全事件阈值量	19
1.7 第 1 级过程安全事件 (T-1 PSE) 严重性等级	19
表 2-1 第 1 级过程安全事件 (T-1 PSE) 严重性权值类别	20
3. 第 2 级过程安全事件绩效指标	21
1.8 第 2 级过程安全事件 (T-2 PSE) 绩效指标的目的	21
1.9 第 2 级过程安全事件严重性阈值	21
4. 报告过程安全事件第 1 级和第 2 级指标	22
5. 第 3 级未遂事件绩效指标	23
1.10 第 3 级指标的目的	23
1.11 过程安全未遂事故的定义	24
1.12 过程安全未遂事故示例	25
1.13 未遂事件管理系统	26
1.14 未遂事故报告的价值最大化	27
6. 第 4 级——操作纪律与管理系统绩效指标	28
1.15 第 4 级指标的目的	29
1.16 事故 (Incident/Accident) 因果模型	29

1. 17 降低过程安全风险	29
图 6-1 瑞士奶酪事故因果模型	30
图 6-2 领结图事故因果模型	30
1. 18 保护层方法	32
图 6-3 保护层层次结构示例	34
1. 19 基于风险的过程安全方法	35
表 6-1 基于风险的过程安全(RBPS)方法的支柱和要素	36
图 6-4 基于 CCPS 风险的过程安全(RBPS)模型	37
1. 20 人为因素	44
参考文献	46
附录 A 第 1 级和第 2 级过程安全事件释放量阈值表	51
表 A-1 释放量阈值表 (TIH、美国运输部、联合国发展集团)	51
表 A-2 释放量阈值 (全球化学品统一分类和标签制度)	54
附录 B 本指南的术语和定义	57
附录 C 过程安全事件 (PSE) 指标的详细示例	67
表 C-1 伤害: 过程安全事件示例和问题	67
表 C-2 火灾或爆炸: 过程安全事件示例和问题	73
表 C-3 首层容纳失效: 过程安全事件示例和问题	78
表 C-4 任何一小时内的释放: 过程安全事件示例和问题	87
表 C-5 混合物和溶液: 过程安全事件示例和问题	90
表 C-6 泄压装置, 不安全位置: 过程安全事件示例和问题	93
表 C-7 管道和具有多个结果的事件: 过程安全事件示例和问题	97
表 C-8 海上运输: 过程安全事件示例和问题	98
表 C-9 公路和铁路槽车: 过程安全事件示例和问题	99
表 C-10 气体处理设施: 过程安全事件示例和问题	102
表 C-11 真空槽车操作: 过程安全事件示例和问题	104
表 C-12 直接损失: 过程安全事件示例和问题	105
表 C-13 官方宣布的疏散或就地避难: 过程安全事件示例和问题	107
表 C-14 异常排放: 过程安全事件示例和问题	108
表 C-15 辅助设备、等候阶段或在用仓库: 过程安全事件示例和问题	110
表 C-16 责任方: 过程安全事件示例和问题	112
附录 D 阈值释放类别在多组分释放中的应用	114
图 D-1 甲烷、氮气和氧气混合物的爆炸极限	115
附录 E 第 1 级和第 2 级过程安全事件判定决策逻辑树	118
图 E-1 第 1 级过程安全事件和第 2 级过程安全事件判定逻辑树	119
修订历史	119

图例目录

图 1-1 代表先导和滞后过程安全绩效指标的不同层级	132
图 1-2 第 1 级过程安全事件判断流程图	177
图 6-1 瑞士奶酪事故因果模型	302
图 6-2 领结图事故因果模型	302
图 6-3 保护层层结构示例	36
图 6-4 基于 CCPS 风险的过程安全(RBPS)模型	39

表格目录

表 1-1 第 1 级和第 2 级事件后果之间的差异	165
表 2-1 第 1 级过程安全事件 (T-1 PSE) 严重性权值类别	200
表 6-1 基于风险的过程安全(RBPS)方法的支柱和要素	37

附录图表目录

附录 A

表 A-1 释放量阈值表 (TIH、美国运输部、联合国发展集团)	52
表 A-2 《全球化学品统一分类和标签制度》释放量阈值表	57

附录 C

表 C-1 伤害: PSE 示例和问题	73
表 C-2 火灾或爆炸: PSE 示例和问题	78
表 C-3 首层容纳失效: 过程安全事件示例和问题	86
表 C-4 任何一小时内的释放: 过程安全事件示例和问题	95
表 C-5 混合物和溶液: 过程安全事件示例和问题	98
表 C-6 泄压装置, 不安全位置: 过程安全事件示例或问题	101
表 C-7 具有多个结果的管道和事件: 过程安全事件示例和问题	105
表 C-8 海上运输: 过程安全事件示例和问题	106
表 C-9 公路和铁路槽车: 过程安全事件示例和问题	107
表 C-10 气体处理设施: 过程安全事件例子和问题	110
表 C-11 真空槽车操作: 过程安全事件例子和问题	112
表 C-12 直接损失: 过程安全事件例子和问题	113
表 C-13 官方宣布的疏散或就地避难: 过程安全事件例子和问题	115
表 C-14 异常排放: 过程安全事件例子和问题	116
表 C-15 辅助设备、等候阶段或在用仓库:过程安全事件例子和问题	118
表 C-16 责任方: 过程安全事件例子和问题	121

附录 D

图 D-1 甲烷、氮气和氧气混合物的爆炸极限	115
------------------------------	-----

附录 E

图 E-1 第 1 级过程安全事件和第 2 级过程安全事件判定逻辑树	128
--	-----

本指南中的缩略语

AIChE	美国化学工程师学会
ANSI	美国国家标准协会
API	美国石油协会
bb1.	标桶原油
CCPS	化工过程安全中心
COO	操作执行
DOT	美国交通部
EHS	环境、健康与安全
GHS	全球化学品统一分类和标签制度
ITPM	检查、测试和预防性维护程序
LOPC	首层容纳失效
MOC	变更管理
OD	操作纪律
PRD	泄压装置
PSE	过程安全事件
PSI	过程安全事故

RBPS	基于风险的过程安全 (CCPS)
SDS	安全数据表
SIS	安全仪表系统
SOL	安全操作限值
T-1 PSE	第 1 级过程安全事件
T-1 PSER	第 1 级过程安全事件率指标
T-1 PSESR	第 1 级过程安全事件严重率指标
T-2 PSE	第 2 级过程安全事件
T-2 PSER	第 2 级过程安全事件率指标
TIH	毒物吸入危害
TQ	阈值量
TRC	释放阈值类别 (见附录 A)
TRQ	释放阈值量 (见附录 A)
UNECE	联合国欧洲经济委员会
UNDG	联合国危险货物
U. S.	美国

前言

美国化学工程师学会 (AIChE) 于 1985 年成立了化学过程安全中心 (CCPS)，其目的是帮助相关行业预防和减轻过程安全事故，有效管理过程安全风险。目前全球有超过 225 家公司会员共同推动着 CCPS 的各项活动。

本指南已进行了更新，旨在帮助在流程工业工作的人，利用指标评估其过程安全体系的趋势，预防过程安全事故。衡量和监控这些趋势并改进系统中已识别的漏洞有助于降低过程安全风险，减少可能导致伤亡、环境污染、财产损失、业务中断、以及对公司声誉产生不利影响的故事。可从本指南中受益的行业范围很广：上游、中游和下游石油和天然气以外（包括码头、管道、储存和分配设施），石化、化工、制药等。其他行业包括：

- 采矿业
- 造纸业
- 食品业
- 氨制冷
- 塑料及树脂制造和成型
- 电子
- 水和废水处理

任何管理、使用和储存有害物质或能量的行业也将从中受益。这里的有害物质除了有毒、易燃、易爆和腐蚀性物质外，还包括可燃粉尘和植物基物质。

CCPS 和 API 共同审查了衡量指标指南，并在 2021 年发布了新的版本[1][2]。两个版本在确定释放阈值分类部分都增加了全球化学品统一分类和标签制度(GHS)。基于 GHS 危害分类的释放阈值分类可与基于联合国危险货物(UNDG)危害分类的美国交通部释放阈值分类相对应，后者在本指南早期版本中应用，在 2021 版本中与前者同时使用。

2021 年更新版降低了酸/碱腐蚀剂的危害分类级别，这是本版最深入研究和讨论的更新之一。与有毒或可燃物质的容纳失效事件相比，腐蚀性物质的容纳失效事件影响较小，所以腐蚀性物质的释放阈值类别(TRC)被降低了一级。总的影晌是，强酸和强碱的室外释放事件不再属于一级

过程安全事件，新版本中强酸和强碱被判定为 TRC-8 类，二级过程安全事件中最低的危害类别。中度酸和碱的释放不再被报告为二级过程安全事件 (PSEs)。这一改变可能会减少第 1 级和第 2 级事件的报告数量，但是并不会减少对已释放的腐蚀剂的量的报告。

本版的其他更新内容包括对首层容纳和次层容纳、直接经济损失、室内释放和不安全地点的定义澄清。这些定义的更新也会减少过程安全事件的报告数量。

2021 年 API RP 754 的一个重大变化是强制要求报告一级过程安全事件严重性权重。严重性权重仅用于辅助判定一级过程安全事件之间的严重性差异。CCPS 的任何出版物包括本指南都未作强制要求。这些一级过程安全事件严重性权重正被整合到扩充更新的 CCPS 过程安全事件数据库 (PSID) 中。到 2022 年年中，PSID 将面向 CCPS 会员公司开放，其中包括从石油产业和非石油产业化学工厂中获得的事件教训[3]。

CCPS 和 API 2021 版本的更新保持了一致并相互补充。两份出版物都包含了有关这些衡量指标发展历史的详细信息。认识到绩效衡量指标在不断发展，CCPS 创建了一个专门介绍过程安全衡量指标的网页，并包含指向其他过程安全指标资源的链接 [4]。

如果您发现本指南中存在任何问题，请通知 CCPS [5]。

1. 介绍

建立全行业适用的过程安全衡量指标是 CCPS 会员公司的共同愿景，该衡量指标体系包括一组通用定义以及阈值水平，通过提供如下机制，为公司个体和整个行业提供服务：

- 反映公司或者行业绩效的变化，进而驱动绩效的持续提升；
- 开展公司间或者行业部门之间的对标，以及
- 作为可能导致不期望事件的潜在过程安全问题的先导指标。

在某种程度上，这个愿景最初来源于 BP 美国炼油厂独立安全审查小组（“贝克小组”）和美国化学安全事故调查组对 2005 年 BP 得克萨斯城炼油厂爆炸的最终调查报告中的一个建议项——改善全行业过程安全衡量指标[2, 3]。如该事故调查报告所述，过程安全衡量指标被分成不同的级别，每个级别都使用可被监控和评估的“指标”进行测量。因此，公司可以结合过程安全衡量指标评估结果实施针对性改变，进而提升其过程安全绩效。

如前所述，对绩效数据的测量和趋势分析是所有持续改进计划的基本要素。因此，为了持续改进过程安全绩效，公司必须实施有效的先导和滞后过程安全绩效指标。这些衡量指标的特征如下[2]：

可靠性：它们可以被客观地、公正地测量。为了可测量，指标应是具体的、离散的。

可重复性：类似的条件会产生类似的结果，受过培训的不同人员测量同一事件或数据会得到相同的结果。

一致性：在整个公司内，指标的单位 and 定义应是一致的。当公司一个区域的指标与另一个区域的指标相比较时，这一点尤为重要。

不受外界影响：指标能得出正确的结论，不会受外部影响得到特定结果。

相关性：指标与被衡量的操作纪律或管理系统相关：指标具有目标性，一旦超出预期范围，就会导向可执行的响应措施。

可比性：指标与其它类似指标具有可比性。可比性可以是不同时间维度的比较、公司范围内的比较或行业范围内的比较。

有意义：指标包含足够的数据来衡量积极的和消极的变化。

适用于目标受众：报告的数据和指标将根据受众的需求而变。给高级管理人员和公开报告的信息通常包含集合化或规范化的数据和趋势，一般为定期(例如每季度或年度)提供。给员工和员工代表的信息通常会更详细，报告也更频繁。

及时性：指标根据其目的和目标受众的需要及时提供信息。

易于使用性：难以衡量或获取的指标不太可能被衡量或不太可能被正确衡量。

可审核性：指标必须是可审核的，以确保达到上述预期。

本指南介绍了 CCPS 汇编的一系列公司和行业通用的先导和滞后衡量指标推荐做法。详情请参考已发布的关于选择和管理过程安全衡量指标的其他 CCPS 指南[6][7]。

衡量指标分为三种类型：

- 1 滞后衡量指标**——一系列基于达到既定严重度阈值的事件的回顾性衡量指标。
- 2 未遂事件衡量指标**——一系列基于轻微后果或无后果事件的衡量指标(即回顾性、滞后性指标)，或从前瞻性的系统性能评估和观察中得到的一系列指标(即前瞻性、先导性指标)。
- 3 先导衡量指标**——一系列前瞻性指标，用来反映关键工作流程、操作纪律或预防潜在事件的保护层的性能。

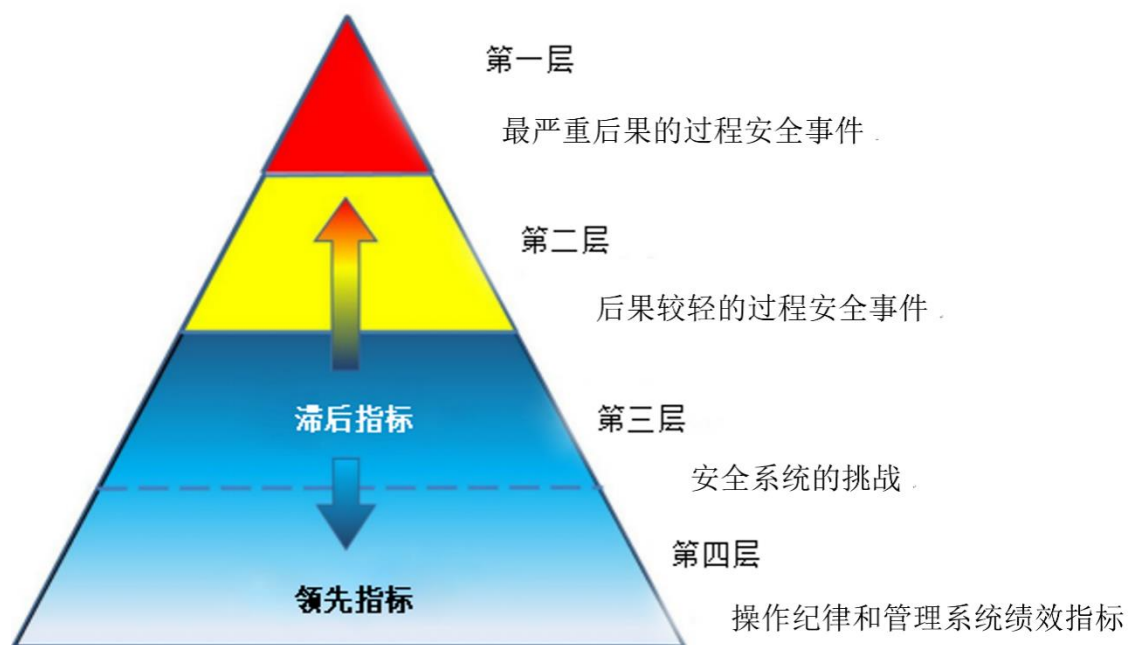
如图 1-1 所示，这三种类型的衡量指标以及其测量指标可表现在不同层级中。此图根据已发生的事件(顶部的少数)或可能发生的事件(底部的较大数字)的严重程度分为四个层级，与 API RP 754[2]中的四个层级相对应，其中后果最严重的事件处于第 1 级，前瞻性绩效评估处于第 4 级。图的顶部表示滞后指标，底部表示先导指标。请注意，第 3 级或第 4 级指标之间没有明确的分界线，因为将它们区分为滞后或先导的标准并不明确，这取决于公司如何定义未遂事件以及其过程安全计划的成熟度[8]。

本指南详细介绍了这些层级以及用于测量和评估这些层级的指标。强烈建议所有公司在各个层级选择合适的指标来监控其过程安全绩效。通过对标共享他们的信息，每家公司都将助力推动整个行业过程安全绩效的持续改进。可以根据过程安全要素选择衡量指标，例如基于 20 个基于风险的过程安全 (RBPS) 要素的衡量指标[9]。本指南在后文将更详细地介绍其中每个层级的推荐衡量指标。

本节接下来将讨论过程安全事故和事件的术语(见表 B-1 术语表), 并提供关于判断事件标准的指南。包括涉及什么过程、报告阈值是什么、事件发生的地点(位置)以及什么是紧急释放。同时, 本节还提供了一个流程图, 以帮助根据释放的严重性判定事件。请注意, 在确定先导和滞后过程安全相关衡量指标时, 不包含已被排除在外的某些事件。

1.1 过程安全事件认定

过程安全风险和管理系统的目标是通过识别工艺固有的危险物质和能量, 确定如何管理与这些危害相关的风险, 然后持续实施已建立的过程安全计划, 来提高过程安全绩效。该计划的目标是有效地控制工艺过程, 以防止危险物质或能量意外释放, 从而预防灾难性事故发生。最初, CCPS 术语“过程安全事件”(PSI)在 2008 年被定义为: “具有潜在灾难性后果的事件, 即涉及危险物质释放/容纳失效(泄漏), 可能导致大规模的健康和环境后果的事件。”本术语是 API RP 754 第 1 级过程安全事件(PSE)的基础, 本指南第 2 节将对此进行进一步说明。为保证文件之间的一致性, 本指南中将使用术语“过程安全事件(PSE)”。



注：（上图中领先指标改成先导指标，一二三四改成 1234，层改成年）第 3 级——安全系统面临的挑战，包括其他保护层挑战和未遂事件第 4 级——操作纪律和管理系统绩效指标；包括前瞻性评估和持续改进的努力，例如管理评审[9]、操作纪律调查[10]、过程安全管理系统审计[11]和现场观察（例如，基于行为的观察）。

图 1-1 代表先导和滞后过程安全绩效指标的不同层级

1.2 过程安全绩效指标标准

本节提供了用于帮助确定第 1 级或第 2 级 PSE 指标标准的指南。

1.2.1 涉及的过程

一个过程安全事件 (PSE) 的“过程”应满足如下标准：

过程必须与已经造成的破坏有直接关联。

本指南中的术语“过程”广泛包括现场和非现场设施所需的设备和技术，包括化工、石化、炼油生产、反应器、储罐、管道、锅炉、冷却塔、制冷系统等。不直接涉及化学品或过程的事故，例如办公楼火灾，即使办公大楼位于设施现场，也无需报告。

员工伤害发生在某工艺区域但该工艺没有直接涉及到伤害事故，不应作为 PSE 报告(尽管它可能是监管部门应报告的伤害)。这一标准的目的是识别与过程安全有关的事件，以使其区别于与工艺不相关的人员安全事件。例如：从梯子上摔下来导致损工伤害不属于可报告的 PSE，哪怕其发生在工艺过程区域。但是，如果坠落是由化学物质释放造成的，则应报告该事件。

报告阈值取决于释放的物质质量。首层容纳失效 (LOPC) 事件定义为：“任何物质从首层容纳中意外或不受控释放，包括无毒和不易燃物质（例如，蒸汽、[热凝结水]、热水、氮气、压缩 CO₂ 或压缩空气）[12]。API RP 754 将该定义扩展如下：“评估物质释放的持续时间是从释放开始到释放结束，而不是从释放开始到释放得到遏制或缓解。”第 1 级和第 2 级过程安全事件定义之间的差异如表 1-1 所示。

注：见下文，释放量如表 A-1 (TIH、美国运输部、联合国危险货物) 和表 A-2 (GHS) 所示。这些附录表明确了第 1 级 PSE 释放量没有上限，第 2 级 PSE 则是一个数量范围。

1.2.2 地点

过程安全事件应满足如下位置标准：

事件发生在工厂的生产、分销、储存、公用设施或中试装置，且符合定义的指标报告标准，包括罐区、辅助支持区（如锅炉房和废水处理厂）和现场控制下的分配管道。

在某一地点发生的所有可报告事件应由所属运营公司报告。这适用于承包商工作区域内可能发生的事件以及其他事件。在收费运营和多方共用场所，引发事故一方应记录事件并将其计入 PSE 指标。API RP 754 对“责任方”和“在用仓库”的定义进行了详细说明。

1.2.3 急性释放

“1 小时”规则适用于报告第 1 级或第 2 级 PSE。通常，急性释放发生的时间不超过一个小时或更短。然而，对一些释放事件来说，很难证明在一小时之内达到过阈值量。例如，由于排放阀在物料转移操作之前处于开启状态，导致大量易燃液体在夜间从储罐或围堰中溢出，可能在几个小时内都不会被发现，所以很难知道达到阈值数量的确切时间。如果释放事件的持续时间无法确定，持续时间应假定为一小时。

第 1 级 PSE 的认定准则为（第 2 节），在任意一小时内释放的物质达到或超过附录 A 中列出的报告阈值（TQ）。如果在任意一小时范围内释放的物质均未超过附录 A 中所示的阈值，可将其视为第 2 级 PSE。

第 2 级 PSE 的认定准则为（第 3 节），在任意一小时内释放的物质处于附录 A 中列出的报告阈值范围内。如果任意一小时内释放的物质均未达到或超过最小阈值数量（TQ）水平，则不会被视为第 2 级 PSE。如果超过附录 A 中列出的最高值，则该释放被视为第 1 级 PSE。

表 1-1 第 1 级和第 2 级事件后果之间的差异

第 1 级过程安全事件（T-1 PSE）的后果 (在第 2 部分中讨论)	第 2 级过程安全事件（T-2 PSE）的后果 (在第 3 部分中讨论)
员工或承包商发生损工伤害和/或死亡，或第三方（非雇员/承包商）住院和/或死亡	员工、承包商或分包商发生的可记录伤害
官方宣布社区疏散或社区就地避难（包括预防性的社区疏散或社区就地避难）	不适用
火灾或爆炸，导致公司直接损失大于或等于 100000 美元（注 1）	火灾或爆炸，导致公司直接损失在 2500 美元至 100000 美元之间
易燃、可燃或有毒物质的急性释放，且任一小时内释放量超过附录 A 中的阈值量（注 2）	易燃、可燃或有毒物质的急性释放，且任一小时内释放量处于附录 A 所列的阈值上下限之间
泄压装置（PRD，注 3）发生的释放，不管是直接排放还是通过下游气体处理设施 或 经许可或管制的排放源的异常释放，且任一小时内释放量超过附录 A 中的阈值量，并且导致如下任一情况的： 地面液滴积聚； 排放到潜在的不安全位置； 现场就地避难或现场疏散（不包括预防性的现场就地避难或现场疏散）； 公众保护措施（如道路封闭），无论是实际的还是预防性的； 未点燃的释放，任一小时内的物质释放量达到或超过附录 A 阈值量，不包括压力泄放装置的释放以及经许可或管制的排放源的异常释放	泄压装置（PRD）发生的释放，不管是直接排放还是通过下游气体处理设施 或 经许可或管制的排放源的异常释放，且任一小时内释放量处于附录 A 中的上下阈值量之间，并且导致如下任一情况的： 地面液滴积聚； 排放到潜在的不安全位置； 现场就地避难或现场疏散（不包括预防性的现场就地避难或现场疏散）； 公众保护措施（如道路封闭），无论是实际的还是预防性的； 未点燃的释放，任一小时内的物质释放量达到或超过附录 A 阈值量，不包括压力泄放装置的释放以及经许可或管制的排放源的异常释放

表1-1注:

- 1) 导致产生工艺上LOPC事件的内部火灾或爆炸，也会触发第1级后果评估。LOPC并不一定要先发生。
- 2) 一些无毒和不易燃物质（例如蒸汽、冷凝液、热水或压缩空气）没有阈值量，将其纳入是因为它们可能导致产生其他潜在后果。
- 3) 泄压装置（PRD）、安全仪表系统（SIS）或手动启动的紧急降压装置的释放被看作LOPC，是因为其释放是非计划性的。根据附录A所述标准确定是第1级PSE还是第2级PSE。

1.3 过程安全事件判断流程图

图 1-2 所示的流程图可以用来帮助判断过程安全事件。

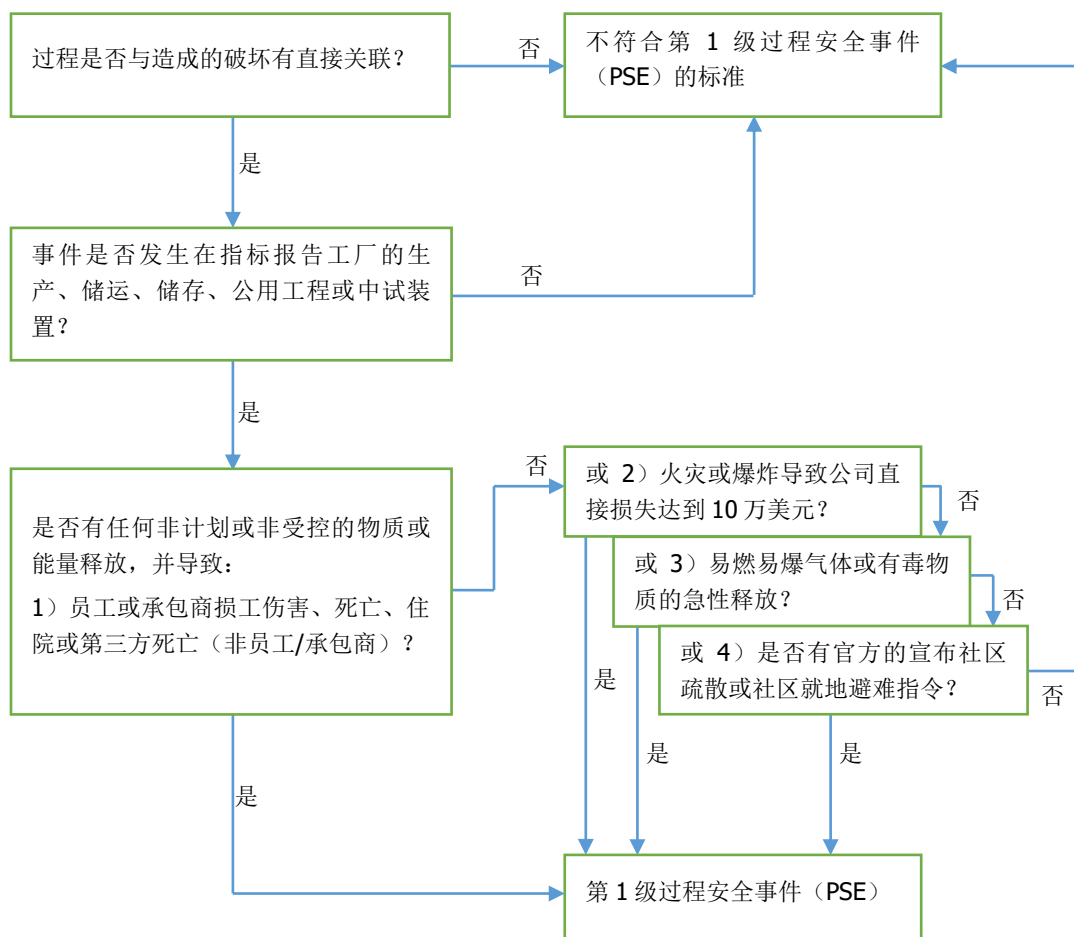


图 1-2 第 1 级过程安全事件判断流程图

1.4 适用性和排除条款

本指南的适用范围包括公司拥有或运营的设施，以及管理、使用和储存有害物质或能量的任何行业。除了有毒、易燃和易爆物质危害以外，还包括可燃粉尘和植物基物质。但是，与以下活动相关的事件不在本指南范围之内：

- 1) 责任方控制范围以外的运输管道作业导致的释放；
- 2) 海上运输作业，船舶正与工艺设施连接或断开的情形除外；

注：海上运输操作及与工艺设施连接或断开的过程之间的界限是装载/卸载程序的第一步/最后一步(如船岸连接的第一条线、移除最后一条线等)。

- 3) 槽车或铁路运输作业，槽车或铁路罐车正与工艺设施连接或断开的过程除外，槽车或铁路罐车用于现场储存时也除外；

注：等待卸车阶段不属于连接或断开流程的一部分，不被视为现场存储，属于运输的一部分。

注：槽车或铁路运输运营和与过程设施连接或断开的过程之间的边界是装载/卸载程序的第一步/最后一步(例如轮楔、设置空气制动器、断开主开关等)。

- 4) 真空槽车作业，但现场装卸车作业槽车，以及使用真空槽车输送泵除外；
- 5) 许可或管控来源的常规排放；

注：根据第 5.2 节和第 6.2 节，异常排放可能被评估为的第 1 级或第 2 级 PSEs

- 6) 办公室、车间和仓库建筑的事件(如办公室火灾、泄漏、人员受伤或生病等)；
- 7) 与首层容纳失效(LOPC)事件的现场响应或暴露无直接关系的行为安全事件(如滑倒、绊倒、坠落)；
- 8) 未连接到工艺系统的辅助设备的 LOPC 事件；
- 9) 质量保证(QA)、质量控制(QC)和研发(R&D)实验室(包括中试装置)；
- 10) 在试车之前和引入工艺介质之前，用于有效隔离工艺系统新的施工活动，比如加盲板或者断开连接，这些施工活动不是工艺系统的一部分；

11) 零售服务站;

12) 移动和固定设备(如皮卡车、柴油发电机和重型设备)的现场加油操作。

注: 针对石油管道和终端运行的除外条款已经制定, 并已在 API RP 754[2]附录 A 中列出。

2. 第 1 级过程安全事件绩效指标

1.5 第 1 级过程安全事件 (T-1PSE) 绩效指标的目的

第1级过程安全事件的计数被认为是最严重的滞后续效指标, 其反映了后果更严重的首层容纳失效 (LOPC) 事件 (在图1-1中被指定为“后果最重大的过程安全事件”) 的发生情况。发生了第1级过程安全事件, 哪怕其已被次层防护系统约束, 也表明系统存在多个保护层缺陷。当第1级过程安全事件指标与下级指标合并使用时, 有助于为公司提供对其整体过程安全绩效的评估。

1.6 第 1 级过程安全事件阈值量

第1.2节中讨论了识别第1级过程安全事件 (T-1PSE) 的标准。这些标准包括: 涉及什么工艺过程、报告的阈值是什么、事故发生 (的位置) 在哪里以及什么是急性释放。表1-1显示了第1级和第2级过程安全事件后果类型之间的比较。

在确定释放类别阈值时, 公司可以选择使用基于释放时实验室分析的释放物料的特性或安全数据表 (SDS) 中记录的特性。附录 A 中列出了第1级过程安全事件的严重性阈值。由于以公斤和桶或者磅和桶为单位呈现的阈值不一致, 公司应选择一组单位并在所有的记录活动中保持一致。

公司应对所有首层容纳失效 (LOPC) 采取一致的方法。

1.7 第 1 级过程安全事件 (T-1 PSE) 严重性等级

使用表 2-1 中所示的标准为第1级过程安全事件的每个后果类别分配严重性等级。

表 2-1 第 1 级过程安全事件（T-1 PSE）严重性权值类别

严重性得分	后果类别				
	安全/人员健康 ^c	火灾或爆炸的直接损失	1小时内的物料释放 ^{a,d,e}	社区影响	厂外环境影响 ^{b,c}
1分	员工、承包商或分包商受伤，需要急救以上的治疗	导致\$100,000至\$1,000,000的直接损失	释放到次层容纳以外，释放量在1至3倍第1级阈值之间	- 官方发布的就地避难或公共保护措施（例如公路封闭）小于3小时，或 - 正式声明的疏散小于3小时	导致\$100,000至\$1,000,000的严重环境损失
3分	- 员工、承包商或分包商的工伤离岗天数，或 - 第三方受伤，需要急救以上的治疗	导致\$1,000,000至\$10,000,000的直接损失	释放到次层容纳以外，释放量在3至9倍第1级阈值之间	- 官方发布的就地避难或公共保护措施（例如公路封闭）超过3小时，或 - 官方发布的疏散在3小时至24小时之间	- 导致\$1,000,000至\$10,000,000的急性环境损失，或 - 水生或陆生野生动物的小规模伤亡
9分	- 员工、承包商或分包商的死亡，或 - 第三方住院	导致\$10,000,000至\$100,000,000的直接损失	释放到次层容纳以外，释放量在9至27倍第1级阈值之间	官方发布的疏散在24至48小时之间	- 导致\$10,000,000至\$100,000,000的急性环境损失，或 - 水生或陆生野生动物的中等规模伤亡
27分	- 多名员工、承包商或分包商死亡，或 - 第三方多次住院，或 - 第三方死亡	导致超过\$100,000,000直接损失	释放到次层容纳以外，释放量超过27倍第1级阈值	官方发布的疏散>48小时	- 导致超过\$100,000,000的急性环境损失，或 - 水生或陆生野生动物的大规模伤亡

- a. 在没有次层容纳的情况下，使用从首层容纳中释放的物料量。如果次层容纳设计为仅含有液体，则必须计算从液体中释放的气体或蒸气量以及从液体中产生的任何气体或蒸气量，以确定次层容纳外的释放量。
- b. 判断水生或陆地野生动物的小规模、中等规模或大规模伤亡应以当地法规或公司准则为依据。
- c. 严重性权值计算时，考虑了“厂外环境影响”和“对安全/人类健康影响超出急救水平的伤害”，然而这两者并不包含在第1级过程安全事件定义阈值标准内。纳入这两个值的目的是为导致不同环境影响或伤害的事件分配显著不同的严重性分值。
- d. 出于严格确定严重性权值的目的，铺装工艺设备下的普通路面或混凝土路面即使倾斜到收集系统，也不视为次层容纳。
- e. 火灾或爆炸的物料释放量不计入表格。这些事件的严重性权值将由该表中的其他后果类别确定。

3. 第2级过程安全事件绩效指标

1.8 第2级过程安全事件（T-2 PSE）绩效指标的目的

第2级过程安全事件是指导致较小后果的首层容纳失效事件——在图1-1中标识为“后果较小的过程安全事件”。即使是首层容纳四周设有次层容纳系统，发生第2级过程安全事件也表明在屏障系统中存在缺陷，该薄弱点将成为未来更为严重的事故的前导事件。因此，第2级过程安全事件作为第1级过程安全事件的前导指标，为公司提供了学习和提升过程安全绩效的机会。

1.9 第2级过程安全事件严重性阈值

在第1.2节中讨论了识别第1级过程安全事件（T-1PSE）的标准。这些标准包括：涉及什么工艺过程，报告阈值是什么，事故发生在哪里（其位置）以及什么是急性释放。即使是那些已经包含在次层容纳系统的第2级过程安全事件，也表明保护层存在缺陷，这些缺陷可能是未来升级为第1级过程安全事件的更重大事故的潜在先兆。表1-1展示了第1级和第2级过程安全事件的后果类型之间的比较。

如前所述，在确定释放类别阈值时，公司可以选择使用基于释放时实验室分析的释放物料的特性或安全数据表（SDS）中记录的特性。附录 A 中列出了第1级过程安全事件严重性阈值。由于以国际单位制或英制单位给出的阈值不一致，公司应选择一组单位并在所有的记录活动中保持一致。

公司应对所有首层容纳失效（LOPC）采取一致的方法。

在第6节中提供了其他关于保护层及其缺陷如何导致事故的相关讨论。因此第2级过程安全事件为公司提供了较少的与后果相关的学习机会。附录 A 中列出了第2级过程安全事件严重性阈值范围。如果超过最大值，则该事故被视为第1级过程安全事件。表1-1展示了第1级和第2级过程安全事件的后果类型之间的比较。

4. 报告过程安全事件第 1 级和第 2 级指标

行业过程安全衡量指标，包括比率调整指标，可用于帮助公司或行业部门之间建立基准。使用术语表中提供的定义，可以生成各种基于比率的指标。其中包括：

第1级过程安全事件率 (T-1 PSER) =

$$\frac{\text{第1级过程安全事件总数量}}{\text{总工时数}} \times 200,000$$

第2级过程安全事件率 (T-2PSER) =

$$\frac{\text{第2级过程安全事件总数量}}{\text{总工时数}} \times 200,000$$

第1级过程安全事件严重度 (T-1 PSES) =

$$\frac{\text{第1级过程安全事件严重性总计数}}{\text{总工时数}} \times 200,000$$

确定T-1 PSES时用到的第1级过程安全事件严重性权值类别如表2-1所示。每个第4级事故后果分配严重度1分，每个第3级事故后果分配3分，每个第2级事故后果分配9分，每个第1级事故后果分配27分。第1级过程安全事件的最低分数可以是1分（事故仅在一个类别中符合第4级后果的属性；1×1=1）。第1级过程安全事件的最高分数可能是135分（事故在五个类别中均符合第1级事故的后果；27×5=135）。附录C中提供了一些指标解释指南和示例，以帮助澄清在第1级和第2级过程安全事件之间进行评估时可能出现的问题。

5. 第3级未遂事件绩效指标

基于许多不同行业的经验，行业指南鼓励所有公司选择和监控更“主动”的指标，如“安全系统面临的挑战”和未遂事故(第3级)以及工艺纪律管理系统绩效审查(第4级)衡量指标。如图1-1中过程指标图的下部所示，这些指标侧重于更频繁且不太严重的事故。由于未遂事故通常是实际事故或潜在不安全情况被发现，因此该指标可以定义为滞后指标。

当公司监控第3级未遂事故时，大量的或不断增加的未遂事故被用来作为可能发生的更重大事故的先兆。这些未遂事故被标明为“警告标识”，公司应该在第2级或更严重的第1级事故发生前识别并解决这些问题[13]。因此，许多公司将这些未遂事件衡量指标作为先导指标的替代。

顺便提一下，未遂事件计划一旦实施，公司就会发现未遂事件报告的增加——至少在最初的时候是这样的——这是他们改进过程安全文化的积极信号。公司在不断提高各级人员过程安全意识和工艺纪律，从而帮助提升其整体过程安全绩效。因此，随着第3级未遂事故的增加，第2级和第1级重大事故的数量很有可能会减少（图1-1）。

对于有效的过程安全和风险管理计划，所有公司都必须实施某种类型的未遂事故报告系统。当审查和更新现有报告系统或实施新报告系统时，应考虑本节中描述的衡量指标和定义。此外，从未遂事件计划中收集的数据和趋势可用来帮助预测和预防更严重的事故发生。

1.10 第3级指标的目的

第3级未遂事故通常代表对保护层的挑战，这种挑战沿着损害的路径发展，但没有达到第1级或第2级过程安全事件后果——在图1-1中指定为“对保护层的挑战”。此级别的指标为识别和纠正保护层系统中的缺陷提供了额外的机会。

第3级指标过于针对特定化的工厂，不适合进行基准测试或制定行业适用标准。第3级指标用于公司内部使用，并可向当地（工厂）的公众公开。公司可使用下列这些示例指标中的全部或部分：

- 偏离安全操作限值（SOL）
- 首层容纳检查或测试结果不满足可接受限值
- 安全系统的需求

- 其它的首层容纳失效 (LOPC) 事件，或
- 识别对安全运行有影响的其它事件

1.11 过程安全未遂事件的定义

“未遂事件”有三个基本要素。虽然工业领域中使用不同的措辞来对未遂事件进行定义，但绝大多数都包含以下要素：

- 发生意外事件或发现潜在的不安全情况
- 该事件或不安全情况有合理的升级可能性，以及
- 潜在的恶化会导致严重的不良后果

换句话说，由于时间(秒)或位置(距离，如英尺或米)的因素，幸而避免了事故造成死亡、重伤、重大环境损害或重大财产损失。出于报告的目的，使用以下“未遂事件”定义[12]：

未遂事件：一个不希望发生的事件，在稍有不同的情况下就会导致人员的伤害，财产、设备或环境的破坏或生产损失。

这一未遂事件的定义可以用在环境、健康和安全(EHS)管理计划的任何一个方面，用于报告环境、健康和人员安全或过程安全的未遂事件。有关基于风险的过程安全方法的集成管理系统，请参阅文献[7]。

为了在未遂事件报告方案中特别关注与过程安全相关的事件，许多公司也制定了过程安全未遂事件的定义。同样，出于报告的目的，使用以下过程安全未遂事件的定义：

过程安全未遂事件：

- 有害物料发生显著释放，但并没有达到可以认定为第2级过程安全事件（T-2 PSE）的滞后指标（第1级和第2级阈值释放量表）的最低阈值
- 对安全系统的挑战，这些挑战可分为以下几类：
 - 对安全系统产生要求(压力泄放装置、安全仪表系统、机械停车系统)
 - 首层容纳检查或测试结果超出可接受的限值，或
 - 工艺过程偏离或偏移

1.12 过程安全未遂事故示例

1.12.1 对安全系统的挑战

对安全系统产生挑战的未遂事件可分为两类：

- 1) 对安全系统产生要求（挑战），安全系统成功运行，或
- 2) 对安全系统产生要求（挑战），一个或多个安全系统响应失败，但事件没有超过任何阈值限值（即第2级过程安全事件）。

安全系统成功响应或不充分响应的要求示例：

- 爆破片爆破、通向火炬或向大气释放的压力控制阀打开，或者当压力达到预先设定的触发点时压力安全阀起跳
- 爆破片未能爆破，安全阀打开，通向火炬或向大气释放的压力控制阀打开，或在系统条件达到或超过规定的触发点时压力安全阀起跳
- 在监测到工艺过程变量“超出可接受范围”时，激活安全仪表系统，例如：
 - 聚乙烯反应器高压联锁触发，停止反应/关闭进料
 - 进口分离罐的高液位联锁发生，压缩机停机
- 任何时间，在对系统有要求时，安全仪表系统没有能够按照设计进行动作（如，无法满足要求）
- 由有效的信号要求机械停车系统动作的次数，不论此装置是否真正响应
注：仅为设备防护而设计，而与容纳失效的防护无关的机械停车系统不应该包括在过程安全未遂事件的报告统计中。

1.12.2 工艺过程偏离或偏移

工艺过程偏离或偏移的未遂事件包括：

- 参数偏离，例如压力、温度、流量处于标准操作限值（质量控制的“操作窗口”）外，但是在过程安全限值内

- 过程参数偏离，超出预先设定的关键控制点或达到需要紧急停车或干预的值
- 在设备的设计参数范围以外的操作
- 不常见的或意外的失控反应，不论是否在设计参数的范围内

1.13 未遂事件管理系统

未遂事件管理系统的缺陷和问题可以从以下要素中发现：

- 1) 工厂的检查、测试和预防性维护（ITPM）计划
- 2) 人因问题：遗漏或包含
- 3) 意外或计划外的设备状况
- 4) 容纳外壳的物理损坏

以下是上述每个管理系统缺陷和问题的示例：

1) ITPM相关的未遂事件的示例包括：

- 首层容纳检查或测试结果超出可接受范围
- 首层容纳检验或测试结果发现检测到首层容纳设备运行超出容许限值
- ITPM结果触发行动项，如设备或部件更换、设备重新校准、修复以恢复设备的适用性、增加检查或测试频率和/或变更工艺过程设备额定值

（注：通过工厂的变更管理（MOC）计划[9]触发实施的变更是很好的候选方案。）

- 检验或测试结果表明，基于壁厚检查测量数据，容器、常压储罐、管线或机械设备的操作压力和等级超过了限值
 - 无论发现多少个单独测试的测量值低于要求的壁厚，每个压力容器或常压罐记录为一个单一事件
 - 无论发现多少个单独测试的测量值低于要求的壁厚，只要是处于同一管道、使用同样的物料并用于同样的工艺，每个管道回路记录为一个单一事件。
- 测试时发现安全管理体系不足，例如：
 - 泄压设备在测试台上整定压力测试失败
 - 联锁测试失败

- 不间断供电系统故障
- 例行检查/测试过程中发现火灾、气体或有毒气体探测器有缺陷
- 因应急洗涤器内的水气倒流进入紧急排放总管，检查时发现总管被铁屑完全堵住了
- 在一个紧急停车系统的测试中，由于阀门聚四氟乙烯衬里冷变形导致阀门关闭时卡在其打开状态
- 在检查呼吸阀的时候，发现排放口被冷凝冻结的工艺物料堵住了
- 发现安全系统失效：
 - 工艺异常时联锁处于旁路状态
 - 没有按照屏蔽（或摘除）程序屏蔽（或摘除）关键仪表/设备
 - 生产恢复后旁路未解除

2) 人的疏忽或失误行为因素示例包括：

- 在启动或以正确顺序添加批次原料期间，将盲板遗漏在关键管道中
- 在更换爆破片时，发现爆破片还带着运输保护罩
- 下载错误的软件并组态到工艺单元DCS中

3) 意外/非计划设备状况示例包括：

- 发现由于损坏或过早/意外功能衰退造成设备处于“意外”情况
- 蒸汽系统使用了错误的配件
- 设备故障，例如换热器管程故障导致流体混合和/或污染

4) 容纳外壳的物理损坏示例包括：

- 负载掉落/物体坠落至工艺设备上
- 卡车倒车至井口
- 铲雪车刮擦气体输送管线

1.14 未遂事故报告的价值最大化

未遂事件报告为工厂改进过程安全管理体系提供了宝贵数据。以下程序可以实现过程安全未遂事件管理计划的利益最大化。

- 统计过程安全滞后指标(第1级和第2级过程安全事件，分别在第2节和第3节)、过程安全未遂事件(第3级，本节)和绩效审查指标(第4级，第6节中描述)的计数，以验证事故报告

趋势与图1-1过程安全绩效指标图的一致性。（相对于第3级和第4级事故来说，第1级事故的数量应该较少（如果有的话）。）

- 在评估过程安全未遂事件时，考虑潜在的不利影响。未遂事件的响应（如调查、分析和跟进）级别应根据事件的发生潜在性及其实际后果来确定。
- 将未遂事件数据与有缺陷的管理系统关联起来，以便从未遂事件和实际事故中推动系统改进。文献[14][15][16]中展示了使用领结法的示例。

6. 第4级——操作纪律与管理系统的绩效指标

本节包含许多基于前瞻性绩效评估的潜在先导衡量指标。这些指标提供了对公司过程安全和风险管理计划的“健康”的衡量。如果进行测量和监控，为先导衡量指标收集的数据可以为关键管理系统有效性的下降提供早期的警示。这使得在任何容纳失效事件发生之前，就能够采取恢复这些系统及其相应保护层的有效性的行动。

建议所有公司采用并实施有先导作用的过程安全衡量指标，包括对过程安全文化的衡量[17]。然而，鉴于可以选择和监控的衡量指标有很多，因此想要收集和报告每个指标的数据是不现实的。在这种情况下，公司应确定其中哪些对于确保其工厂的安全最重要，并选择能使绩效显著提升的最有意义的先导衡量指标。CCPS 提供了关于选择先导和滞后过程安全衡量指标的附加指南[6][7]。

本指南中提供的过程安全先导衡量指标示例是根据许多公司的经验选择的。这些衡量指标包括：

- 与管理危险物料和能量的操作中固有的危害相关的保护层
- 与导致事故影响（例如死亡、受伤、环境损害、财产损失和业务中断）的容纳失效事件相关的保护层

本节为如何最优选择先导指标奠定了基础，首先简要介绍了瑞士奶酪（Swiss Cheese）和领结（Bow Tie）事故因果模型，然后描述了用于帮助降低过程安全风险的方法（包括糟糕的工艺纪律如何影响整体风险）。这为描述已完成设计并实行的保护层中的缺陷提供了一个可视化工具，以帮助降低过程安全风险。本节在最后简要介绍了CCPS基于风险的过程安全（RBPS）方法，以RBPS四大支柱为背景提供了先导指标示例[9]。

1.15 第4级指标的目的

第4级指标通常代表工艺纪律和管理体系各组成部分的绩效指标，特别关注保护层在其生命周期中的完整性。这一级别的指标为识别并纠正与系统相关的缺陷提供了机会。第4级指标表明过程安全系统的缺陷，这些缺陷可能导致未来的第3级未遂事件、第2级过程安全事件，甚至最为不幸的第1级过程安全事件。从这个意义上说，第4级指标有助于识别学习和改进过程安全体系的问题和机会。针对特定工厂的第4级指标对于制定基准或行业适用标准来说过于具体。它们供公司内部使用和用于本地(工厂)报告。

1.16 事故(Incident/Accident)因果模型

另一种考虑衡量指标的方法是图1-1所示图表顶部的第1级指标反映了多重保护层出现缺陷的情况。另一方面，位于最底层的第3级指标，反映了部分(而非所有)保护层出现缺陷或挑战。多重保护层概念的简化线性图像如图6-1所示，由瑞士奶酪事故(incident/accident)因果模型表示[18][19]。尽管该模型过度简化了管理工艺过程时固有的复杂性，但它作为一种有用的可视化模型可以通过过程安全衡量指标进行有效监控，用于描述保护层面临的挑战以及过程安全体系中的缺陷。

如图6-2所示，领结图可用来表示可能影响预防性和缓解性保护层的有效性的系统性缺陷。从图表中心进出的每条路径都代表瑞士奶酪模型的潜在的、独立的路径[16]。一旦预防性保护层中的缺陷对齐在一条直线上，就会发生容纳失效。如果缓解性保护层中的缺陷也对齐在一条线上，则可能发生严重事故。本指南的目的是帮助识别可用于监控预防性和缓解性保护层的先导和滞后指标，以确保这些保护层在需要时可用。

1.17 降低过程安全风险

过程安全计划旨在降低储存、处理和使用危险物料和能量时涉及的过程安全风险。危险物料可能是有毒的、易燃的、易爆的和/或反应性的(不稳定)。降低过程安全风险将有助于减小可能导致死亡、受伤、环境破坏、财产损失、业务中断和/或罚款的严重过程安全事件的可能性。工程或管理控制方面的缺陷可能是由潜在的、初期的或落后的工程设计引起的，或者是由人员的不正确行为或不作为引起的。简单的瑞士奶酪模型的假设条件包括：

- 每个保护层都有明显或轻微的缺陷（奶酪上的洞）
- 危害可以穿过每个保护层的这些缺陷
- 当有一个路径径直通过所有保护层时，事故会发生

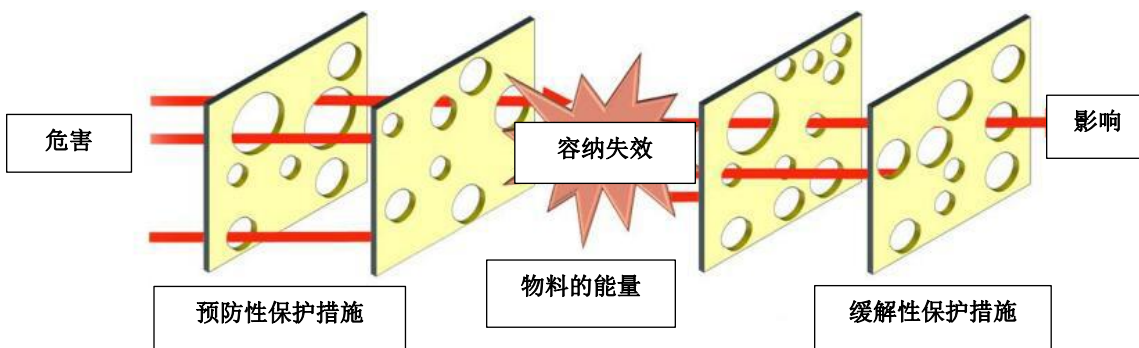


图 6-1 瑞士奶酪事故因果模型

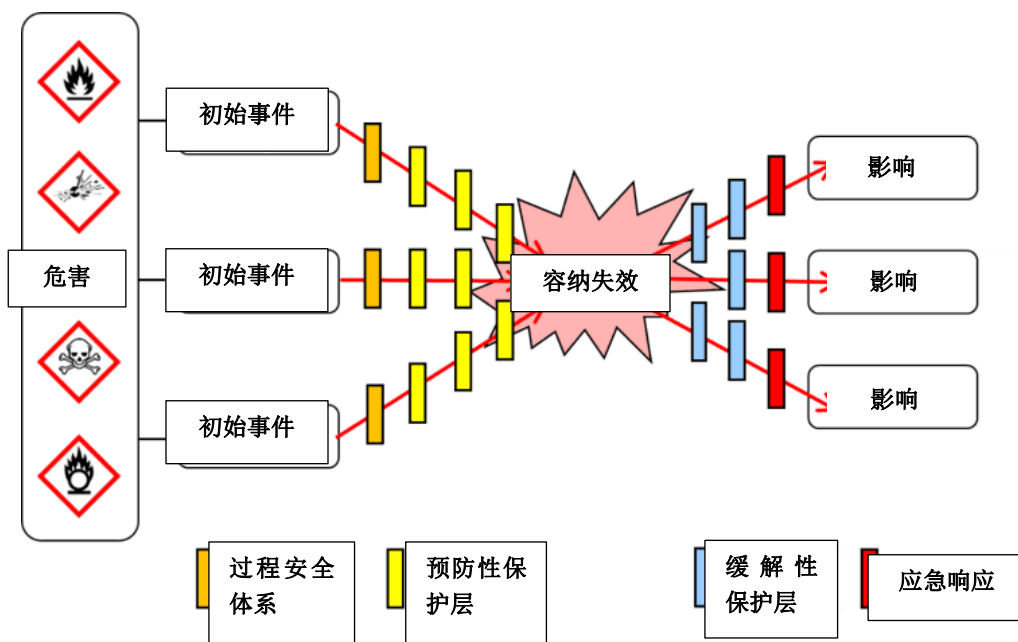


图 6-2 领结图事故因果模型

与危险物料或能量释放场景相关的过程安全风险可定义为[12]：

风险：根据事故发生的可能性和损失或伤害的严重程度来衡量人员伤害、环境破坏或经济损失。这种关系的简化版本将风险表示为事故的可能性和后果的乘积(即风险=后果×可能性)。

因此，场景的风险是潜在后果的函数，例如死亡、环境破坏、财产损失或其他一些后果(例如，“死亡人数/事件”)，乘以潜在的可能性或频率，通常以年(“事件/年”)表示，得出“死亡人数/年”这样的单位，如公式 1 所示：

$$\text{风险(R)} = f\{\text{频率(F)} \times \text{后果(C)}\} \quad \text{公式 1}$$

可能发生的危险事件的频率通常取决于过程安全系统和多重保护层的有效性；事件的潜在后果通常以固有的物料危害和工艺过程危害为特征。目标是通过评估和实施不同的风险管理策略来降低过程安全风险，以减少潜在危险事件的频率和/或后果。通过测量和监控过程安全先导指标，公司可以主动检测其过程安全和风险管理计划的趋势，有助于防止更严重的事故发生(图 1-1)。

1.17.1 工艺纪律的定义

由于公司的持续改进工作侧重于先导指标，因此定义工艺纪律是很有用的，是第 4 级指标中监控的“工艺纪律”方面的重要组成部分。“工艺纪律”是制造过程(例如管理、工程、操作、维护和采购)中固有的重要且截然不同的组别。每个规程都有一个系统来有效管理其工作，且每个规程与其他规程有效地相互作用，以管理公司的过程安全风险并维持其过程安全绩效。

当前适用于所有规程的“工艺纪律”，定义如下[12]：

工艺纪律(OD)：每次都能正确执行所有任务。良好的工艺纪律是每次都以正确的方式执行任务。个人通过工艺纪律证明其对过程安全的承诺。工艺纪律指所有人员进行的日常活动。工艺纪律是指公司内部个人对执行操作系统(COO)的执行。

如前所述，公司的领导层要求每个人都遵守良好的工艺纪律，管理其公司过程安全系统、政策、标准、指南和设施。这种领导力推动公司的过程安全文化，为其持续改进工作提供充足的资源。公司里的每个人都养成了良好的习惯，并制定了每次都以正确方式工作的方案。文献[9][10][20]中提供了有关执行操作和工艺纪律之间关系的更多信息。

1.17.2 工艺纪律对风险的影响

糟糕的工艺纪律会增加风险。工艺纪律对场景过程安全风险的定性影响可以通过将工艺纪律添加到公式 1 的分母中来表示，如公式 2 所示[21]：

$$\text{风险(R)} = f \left\{ \frac{\text{频率(F)} \times \text{后果(C)}}{\text{工艺纪律(OD)}} \right\} \quad \text{公式 2}$$

为了帮助说明工艺纪律对场景风险的影响，工艺纪律可以表示为简单的分数形式，例如 0.5 表示 50%的工艺纪律。例如，如果人员只有一半的时间内遵循程序，其中工艺纪律=0.5，则公式 2 表明**风险增加了一倍**。不使用工艺纪律术语（公式 1）确定的“感知”风险并不反映由工艺纪律术语（公式 2）确定的“实际”风险[21]。

请认识到，风险、频率、后果和工艺纪律之间的关系比本节中提到的简单定性方法更为复杂。然而，如果每个人每次都以正确的方式工作，工艺纪律为 100%，遵循过程安全系统且保护层的设计和维护良好，那么整体操作风险应该会降低。如本节开头所述，糟糕的工艺纪律会增加过程安全风险。过程安全风险的增加可能导致更严重的过程安全事件，损害公司的过程安全绩效。因此，工艺纪律被认为是有效的过程安全计划必不可少的基本过程安全基础之一[20]。

1.18 保护层方法

将管理系统可视化为保护层的一种方法是使用表示保护层框架的图示，即图 6-3 所示的一系列墙[15][20][22][23][24]。激活的、被“质疑”的安全系统表明其中一个保护层存在弱点或故障。无论保护层是预防性的还是缓解性的，这些事故都可以被指定为第 3 级过程安全事件。这些工程和管理控制的层次结构，在图 6-3 中表示为各保护层的“停止”标志，详情如下[20]：

1. **设计：**这些工程控制基于基本的过程化学和设计。过程安全信息用于设计确保安全的操作的保护层，包括控制和监控过程的仪表设计，有助于最大限度地降低可能导致事故的初始事件的可能性。该保护层采用了本质上更安全的设计原则，以帮助减少对额外保护层的需求[25]。

使用预防和缓解保护层来管理风险：

2. **过程安全系统：**这些管理控制，即过程安全和风险管理系统，旨在管理处理危险 物料和能源的工厂的安全操作。过程安全系统是有效过程安全计划的三个基础之一，包括多个要素，如危害识别和风险分析、设备和资产完整性、变更管理、培训和审计 [7][9][20]。
3. **基本过程控制系统：**这些工程控制旨在确保产品质量和操作过程的安全。
4. **仪表和警报：**这些工程控制旨在检测偏离正常的、预期的操作参数。一旦检测到偏差，就需要自动和/或人工响应，以保持过程在安全状态下运行。这些响应可能涉及紧急或安全的过程停车。
5. **安全仪表系统（SIS）：**这些独立的工程控制被设计为危险释放导致首层容纳失效前的“最后一道防线”。安全仪表系统响应也可能涉及紧急或安全的过程停车。
6. **主动的缓解性工程控制：**这些工程控制旨在减少或缓解危险释放的后果。它们包括减压装置、火炬和洗涤器。
7. **被动的缓解性工程控制：**这些工程控制旨在减少或缓解危险释放的后果。它们包括堤坝和集水池。
8. **应急响应：**应急响应系统是旨在遏制、减少和缓解危险释放后果的工程和管理控制。工程控制包括泡沫系统；行政控制包括配备训练有素的内部和/或应急响应人员的应急响应计划。考虑应急响应的两个方面：1）内部——仅厂内资源；和 2）外部——包括内部和外部的社会资源。

如果为管理过程安全风险而设计和实施的系统薄弱，则会对后续保护层提出挑战和要求。当检测的保护层失效（保护层 3、4 和 5；图 6-3 中为黄色）时，发生的首层容纳失效导致缓解性保护层（保护层 6、7 和 8；浅蓝色）激活。在这种情况下，按事故严重性增加的次序，这些保护层中的后续弱点可能导致最坏的情况：因死亡、受伤、环境伤害和财产损失而需要应急响应（保护层 8；红色）。



(改编自[20])

图 6-3 保护层层次结构示例

如过程安全绩效指标示意图1-1和领结图6-2所示，保护层弱点的顺序始于第4级事件(即保护层2中的弱点)，导致第3级未遂事件、第2级或第1级过程安全事件。在所有可能导致人员伤亡、环境破坏、财产损失和业务中断(保护层8)事故的情况下启动应急响应系统。因此，系统性保护层弱点方法侧重于有效测量和监控第4级事件的管理系统绩效和与工艺纪律相关的指标(图1-1)。

总而言之，从系统性弱点（保护层2；图6-3中的橙色部分）开始的事故序列在某种程度上通过以下组合方法得到了反映：

- 1) 工程和管理控制上的漏洞或缺口（弱点）可能导致事故，如瑞士奶酪模型所示（图6-1）；
- 2) 多个危险的威胁场景可能导致一个“顶上事件”——首层容纳失效——需要用预防性保护层和缓解性保护层进行管理，如领结模型所示（图6-2），然后；
- 3) 正如保护层模型（图6-3）中所描绘的，预防性和缓解性保护层——遏制危险的墙之所以会失效，部分原因在于从一开始就存在系统性弱点。

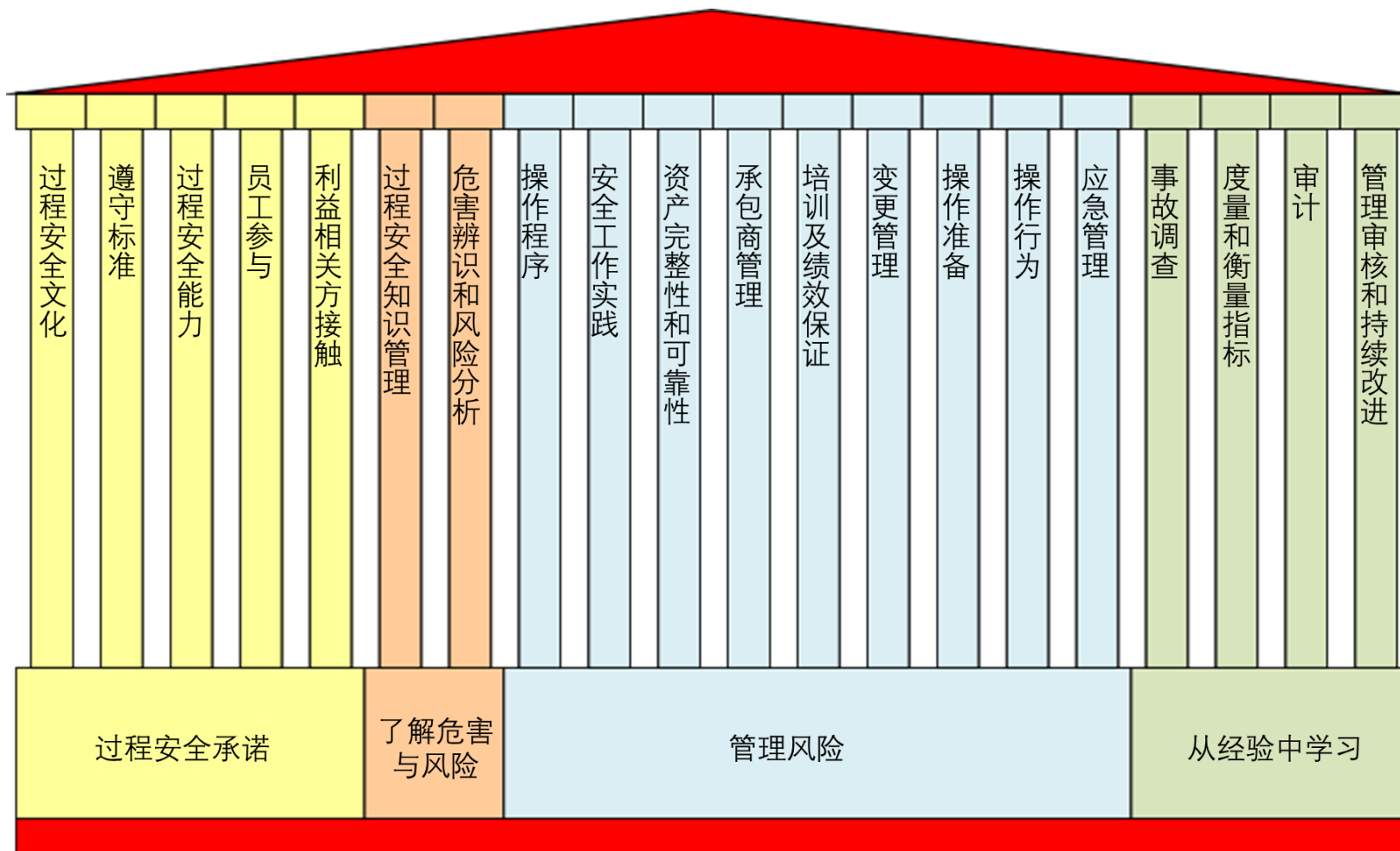
因此，对第4级过程安全事件先导指标的测量和监控有助于显示潜在的系统缺陷，这些缺陷可能会对用于事故预防的工程技术措施及管理控制措施产生不利影响。正如前面所提到的，为了使一个公司建立一套有效的过程安全程序，过程安全文化、领导力、操作纪律以及完善的过程安全系统都是必不可少的[20]。

1.19 基于风险的过程安全方法

为先导衡量指标开发的管理系统是基于图6-4所示的CCPS基于风险的过程安全（RBPS）模型；RBPS模型包括四大支柱合计20个要素，如表6-1[9][26]所示。有关RBPS的其他资料，请参阅CCPS相关导则及网页[5]。

表 6-1 基于风险的过程安全(RBPS)方法的支柱和要素

支柱		要素	
1	过程安全承诺	1	过程安全文化
		2	遵守标准
		3	过程安全能力
		4	员工参与
		5	Stakeholder Outreach 利益相关方接触
2	了解危害与风险	6	过程安全知识管理
		7	危害辨识和风险分析, HIRA
3	管理风险	8	操作程序
		9	Safe Work Practices (安全工作实践)
		10	资产完整性和可靠性
		11	承包商管理
		12	培训及绩效保证
		13	M变更管理
		14	操作准备
		15	Conduct of Operations (操作行为)
		16	应急管理
4	从经验中学习	17	事故调查
		18	度量和衡量指标
		19	审计
		20	管理审核和持续改进



(改编自[9])

图 6-4 基于 CCPS 风险的过程安全(RBPS)模型

1.19.1 以“过程安全承诺”支柱为例

1.19.1.1 过程安全文化

2005 年英国石油公司（BP）美国德克萨斯炼油厂事故发生后，以詹姆斯·贝克为首的专家团队展开了独立调查并出具了事故调查报告。报告中采用了如附录 G 中所列类型的文化调查类的评估，并在整个报告中进行了讨论，以确定德克萨斯炼油厂过程安全文化的充分性[27][28]。目前这种方法也是衡量流程工业公司内过程安全文化有效性的一种常见机制。

化学工业和石油天然气下游行业应考虑使用操作或文化调查[9][10][17]。从匿名的过程安全文化调查中可以获得更好、更真实、更诚实的结果。请注意，由于过程安全文化调查是针对公司的，许多其他因素会影响结果，不推荐将其结果在不同公司之间进行比较或是将某公司的调查结果作为其他公司的基准。然而，此类调查可用于监控公司内部过程安全文化随着时间的推移所取得的进步[17][29]。

1.19.2 以“了解危害和风险”支柱为例

1.19.2.1 过程危害分析(PHAs)

（记录了使用完整过程安全知识（信息）的 PHA 数量/PHA 分析总数量） $\times 100\%$

注：过程安全知识（信息）的一个示例是：在开展危险及可操作性分析（HAZOP）时使用最新版的、准确的工艺及仪表流程图（P&IDs）

1.19.2.2 过程危害分析建议措施

（逾期未完成的 PHA 建议措施数量/PHA 建议措施总数） $\times 100\%$

1.19.2.3 设施选址风险评估

（记录了包括设施选址风险评估的 PHA 数量/PHA 分析总数量） $\times 100\%$

注：并不是所有的 PHA 分析都需要开展定量设施选址风险评估。然而，一旦潜在后果可能超出设施红线外，通常需要开展设施选址与布局风险评估来进行进一步复核确认^[30]。

1.19.3 以“管理风险”支柱为例

1.19.3.1 操作及维护程序

A. 程序的实时性及准确性

(每年审查/更新的操作或维护程序数量/ 在指定周期内需要审核/更新的操作或维护程序的总数量) x 100%

这一指标用于衡量审查/更新周期的进度。一旦此指标出现降低的趋势，可能需要加强关注或资源投入以确保程序的维护。

B. 程序内容的清晰度、简明度以及完整性

(对内容进行过审核的操作或维护程序的数量/操作或维护程序的总数量) x 100%.

这一指标用于衡量操作或维护程序制定的清晰性、简明性及有效性。程序审核标准的制定需要考虑以下因素：

- 文档管理
- 执行步骤清晰有序
- 提示、警示标示、注释等
- 安全操作限值 (SOLs), 偏离这些限值可能导致的后果, 以及确保工艺操作在安全操作限值内需要采取的步骤
- 操作运行的限制条件
- 其它检查表 (如适用)

C. 程序信任度

(相信现有操作或维护程序是最新的、准确的、有效的操作或维修人员数量/现有操作或维护程序涉及到的所有操作或维护人员) x 100%.

对操作或维护人员的意见调查结果可以提供程序准确性和有效性变化的早期迹象。意见调查表的内容应包括下一次更新程序的时间, 准确性以及用户友好性等方面的关注。

1.19.3.2 资产完整性

更多信息请参阅资产完整性管理指南^{[31] [32]}。

A. (在测量周期内按时完成检验的安全关键设施及设备的数量/在测量周期内安全关键设施及设备计划检验活动的总数量) x 100%.

这个指标是过程安全管理系统有效性度量的一个方面，用来确认安全关键设施及设备的功能完好性。这个指标需要收集安全关键设施及设备计划检验活动的实施信息。

这一指标的计算包括：

- 设定检验活动的测量周期
- 确定本次测量周期内安全关键设施及设备计划检验活动的数量
- 确定本次测量周期内安全关键设施及设备完成检验活动的数量

上一次测量期间计划但未开展的检验活动默认在下一次测量期间开展。

定义：

安全关键设施及设备：用于确保危害物料或能量被安全容纳，以及维持装置持续安全运行所依赖的设施和设备。安全关键设施及设备通常被涵盖在工厂的预防性维护程序中，比如：

- 压力容器
- 储罐
- 管道系统
- 泄压及放空设施
- 机泵
- 仪表
- 控制系统
- 联锁及紧急停车系统
- 应急响应涉及的设备

B. (安全关键设施及设备经检验发现或损坏造成处于失效状态下的工厂运行时长/工厂运行时长) x 100%

这一指标用于确认过程安全管理系统的有效性，特别是在及时修复识别出的安全关键设施及设备缺陷方面。

1.19.3.3 过程安全培训与能力保证

更多信息请参阅培训与能力保证指南 [33]。

A. 过程安全管理关键岗位培训

（按计划时间完成过程安全管理培训课程的人员数量/计划接受过程安全管理培训课程人员的总数量）x 100%

定义：

过程安全管理关键岗位：装置内涉及到重大事故预防及恢复的关键活动、任务、监管及/或程序责任的任意岗位。

计划的过程安全管理培训课程：为过程安全管理关键岗位定制的培训，用于增强相关人员在重大事故预防及恢复相关领域的知识、技能和/或能力。单一个人可能在一段期间内参加多个培训课程。单一培训课程可能涉及多个人员（如多人培训课程）。

更多信息请参见 CCPS 培训及能力保证和能力调查相关内容（附录 G：过程安全人员能力调查^[33]）。

B. 培训能力评估

（首次接受计划过程安全管理培训课程即可顺利通过的参训人员数量/计划时间内通过过程安全管理培训课程能力评估的总人数）x 100%

定义：

顺利通过：单次测试或能力评估直接取得“通过”成绩，无需后续重复进行培训、测试、能力评估或其他类似要求。

培训课程能力（应知应会）评估：计划的过程安全管理培训课程要求以测试或能力评估的方式来展示对培训知识或技能的理解和掌握。

C. 未严格遵守程序或安全工作实践要求

（未遵守相关安全作业程序中所有步骤的安全关键任务数量/被识别为安全关键任务的总数量）x 100%

这个指标用于确定工作现场任务是否被识别为安全关键任务并是否严格按照相关安全操作程序上规定的步骤执行。

1.19.3.4 变更管理

更多信息请参见变更管理指南 [34] [35]。

A. 变更管理记录样本中满足变更管理程序所有方面要求的比例

这一指标用来衡量现场变更管理程序的遵守情况。涉及到定期审核已完成变更管理的文档记录。审核步骤包括：

- 设定审核范围：时间周期，频次以及审核实施部门
- 确定统计学上合理的样本规模。这可能需要根据实际变更管理文档的总数量，使用通用表格来完成。
- 对完成的变更管理文档进行审核，包括支持性文档备份情况：如危害审查、操作规程等，以及 P&ID 图纸等过程安全信息更新情况。

指标计算方法：

变更管理正确实施的比例 (%) = $100 \times (\text{变更管理正确实施的数量}) / (\text{变更管理总数量})$

B. 变更实施之前，依据现场变更管理程序进行管理的变更的比例

这一指标衡量了现场或部门(i) 了解变更需要根据现场变更管理程序开展的程度，以及在实施变更之前审批流程的合规实施程度。

本指标涉及部门或现场对变更的定期审核工作，包括确定这些变更是否适用于变更管理程序的管辖范围。审核实施步骤包括：

- 设定审核范围：时间周期以及实施部门
- 基于现场变更管理程序对变更的定义，来识别哪些类型的变更可能绕过变更管理程序
- 识别变更是否绕过变更管理程序的途径，可能包括：
 - 审核维护作业工单
 - 审核投资项目及维护项目的文档资料
 - 审核 DCS 系统控制逻辑的变更，和/或
 - 与部门人员面谈

指标计算方法：

遵循变更管理程序开展变更的比例 (%) = $100 \times (\text{遵循变更管理程序开展的变更数量}) / (\text{遵循变更管理程序开展的变更数量} + \text{绕过变更管理程序开展的变更数量})$

C. 其他思路

上述两个变更管理相关指标可以帮助公司快速的衡量他们在识别是否需要进行变更管理的适用性实施情况，以及对这些适用变更进行变更管理的实施情况。

一个思路是通过打分的方式来强化公司对变更管理程序实施的符合性，而不是像上面指标里提到的仅仅回答是与否。举例来说，一个公司识别出正确完成变更管理程序涉及 25 个关键步骤/方面，被审核的变更满足了其中的 20 个步骤/方面，针对本次变更的打分就是 0.8。当我们对公司中存在的大量变更管理都按照这种方法进行审核打分后，就会得到一个审核样本的平均分。更复杂的方式是我们甚至能够以这 25 个步骤/方面重要性的区别来为每个步骤/方面赋值不同的权重。

另一个思路是衡量变更管理程序在识别和解决与变更相关的潜在危害方面的有效性。我们可以通过如下方式来考虑：

变更实施后的试运行或开车阶段未发生与该变更相关的任何安全问题的比例

- 涉及到实时开车日志，包括试运行和开车阶段遇到的所有安全问题，并需要通过根本原因分析方法来确定逐一确定这些问题是否与变更相关。
- 涉及到对已完成变更的定期审核，需要覆盖整体工艺单元或局部工艺单元的停车及重启，审核实施步骤包括：
 - 设定审核范围：时间周期以及实施部门
 - 确定实施变更后工艺单元或局部工艺单元开车的数量
 - 确定在水运行后，试运行和开车阶段遇到与变更相关安全问题的开车次数指标计算方法：

变更实施后安全开车比例% = $100 \times (\text{变更实施后的试运行或开车阶段未发生任何与该变更相关的安全问题的启动数量}) / (\text{变更后开车的总数量})$

由于工艺或变更的复杂性，变更产生的问题可能直到再次恢复生产后才会被发现。

定义：

需要变更管理程序介入的变更：变更是否适用于变更管理程序的管辖范围应由变更管理程序来定义。通常范围可能包括：

- 针对设备、设施和操作参数的变更，且超出了装置过程安全信息里定义的限值
- 工艺控制变更
- 引入新的物料
- 变更化学品规格或供货商
- 变更建筑物位置或厂内定员配置（或其他人员暴露率相关配置）
- 组织机构变化，如关键人员职位或岗位变化等

水运行：本文中特指变更实施后，在引入化学品或其他危害性物料前，使用水或其他惰性气体对系统完整性进行确认的过程。水运行阶段发现的潜在危害条件通常可以及时更正，而不会直接导致事故发生。

再次试运行：指的是水运行之后，开车之前，向系统中引入化学品并可能伴随着温度和压力的升高。试运行阶段发现的潜在危害条件可能转变为安全和/或环境事故。

开车：指的是试运行之后，开始逐步恢复生产。开车阶段发现的潜在危害条件可能转变为安全和/或环境事故。

1.19.4 以“从经验中学习”支柱为例

1.19.4.1 行动项跟踪

(过程安全行动项已逾期数量 / 当前到期过程安全行动项总数量) x 100%.

这一指标可以作为一个整体指标来设置，或是设置若干个独立的特定逾期项指标，例如：

- (审核行动项已逾期数量 / 当前到期审核行动项总数量) x 100%
- (PHA 分析行动项已逾期数量 / 当前到期 PHA 分析行动项总数量) x 100%
- (事故调查行动项已逾期数量 / 当前到期事故调查行动项总数量) x 100%
- (PHA 分析行动项已逾期数量/未关闭或尚未结束的 PHA 分析行动项总数量) x 100%

定义：

当前到期：当前行动项未超过它们指定的完成时限

逾期：行动项超过它们指定的完成时限仍未关闭或行动尚未结束。

1.20 人为因素

当通过设计和管理设备及系统来管控过程风险时，人为因素的考虑是其中非常重要的一个方面 [36] [37] [38]。人为因素分析主要关注人员与其工作环境中的设备，系统以及信息之间的交互。人为因素分析侧重于识别和避免工艺操作及相关设备和系统维护中潜在的由人员导致的性能/绩效影响。人为因素的定义如下所述 [12]：

人为因素：设计机器、操作及工作环境，以使其与人的能力、限制及需求相匹配的一门学科。包括任何与人机交互系统相关的人为因素技术工作（如工程设计、程序编制，人员培训，人员选择等）。

一些潜在人为因素相关的指标来自于过程安全系统审核，例如：

危险辨识和风险分析 (HIRA)

$(\text{涉及人为因素的 HIRA 分析数量} / \text{HIRA 分析总数量}) \times 100\%$

过程危害分析 (PHAs)

$(\text{涉及人为因素的 PHA 分析数量} / \text{PHA 分析总数量}) \times 100\%$

人为因素分析的一个方面涉及到疲劳风险管理，详见参考文献 [39]。一些可能的指标包括：

疲劳风险教育

$(\text{可能受疲劳风险影响且了解相关疲劳状态下可能出现危险场景的原因、潜在后果及风险的员工数量} / \text{可能受疲劳风险影响的所有员工总数量}) \times 100\%$

疲劳风险教育应面向所有可能受疲劳风险影响的员工，使他们了解睡眠、睡眠障碍、警觉性、昼夜节律和疲劳生理学的基本科学原理。这些信息有助于他们发现并降低疲劳风险，不仅仅包括他们自身，也包括他们的同事，他们监督或管理的人员等。疲劳风险教育中获取的感知信息也可与家人进行分享。

加班比例（中值，平均值，前 10%）

$(\text{加班总时长} / \text{指定周期内人均标准工作时间总时长}) \times 100\%$

轮班时间延长的次数

指定周期内人均轮班时间延长的次数

轮班时间的延长意味着人员被要求连续工作超出其正常轮班时间。轮班时间延长可能包括参加培训、参加安全会议等其他原因。这里的轮班时间延长并不包括正常轮班结束后的交接班时间。

参考文献

- [1] CCPS, "Process Safety Metrics: Guide for Selecting Leading and Lagging Indicators, Version 4," Center for Chemical Process Safety, New York, NY USA, 2021.
- [2] API, "API Guide to Reporting Process Safety Events, Version 3.0," American Petroleum Institute, www.api.org, 2021.
- [3] CCPS, *Process Safety Incident Database (PSID)*, New York, NY: www.aiche.org/ccps, Expected 2022.
- [4] Center for Chemical Process Safety (CCPS), *Process Safety Metrics*, www.aiche.org/ccps/process-safety-metrics, 2021.
- [5] Center for Chemical Process Safety, *CCPS Homepage*, www.aiche.org/ccps, 2021.
- [6] CCPS, *Guidelines for Process Safety Metrics*, Hoboken, NJ USA: John Wiley and Sons, 2009.
- [7] CCPS, *Guidelines for Integrating Management Systems and Metrics to Improve Process Safety Performance*, Hoboken, NJ USA: John Wiley & Sons, 2016.
- [8] A. Hopkins, "Thinking about Process Safety Metrics," *Safety Science*, vol. 47, no. 4, 2009.
- [9] CCPS, *Guidelines for Risk Based Process Safety (RBPS)*, Hoboken, NJ USA, NY: John Wiley and Sons, 2007.
- [10] CCPS, *Conduct of Operations and Operational Discipline*, Hoboken, NJ USA: John Wiley & Sons, 2011.
- [11] CCPS, *Guidelines for Auditing Process Safety Management Systems*, Hoboken, NJ USA: John Wiley & Sons, 2011.
- [12] Center for Chemical Process Safety, "CCPS Process Safety Glossary," Center for Chemical Process Safety, 2021. [Online]. Available: www.aiche.org/ccps/resources/glossary.
- [13] CCPS, *Recognizing Catastrophic Incident Warning Signs in the Process Industries*, Hoboken, NJ USA: John Wiley & Sons, 2012.
- [14] J. A. Klein, "The ChE as Sherlock Holmes: Investigating Process Safety Incidents," *Chemical Engineering Progress*, vol. 112, no. 12, pp. 28-34, 2016.
- [15] B. K. Vaughen and K. Bloch, "Use the Bow Tie Diagram to Help Reduce Process Safety Risks," *Chemical Engineering Progress*, vol. 112, no. 12, pp. 30-36, 2016.

- [16] CCPS and the Energy Institute, *Bow Ties in Risk Management: A Concept Book for Process Safety*, Hoboken, NJ USA: John Wiley & Sons, 2018.
- [17] CCPS, *Essential Practices for Creating, Strengthening, and Sustaining Process Safety Culture*, Hoboken, NY USA: John Wiley & Sons, 2018.
- [18] J. Reason, *Human Error*, Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1990.
- [19] J. Reason, *Managing the Risks of Organizational Accidents*, <https://www.routledge.com>: Routledge, Taylor & Francis Group, 1997.
- [20] J. A. Klein and B. K. Vaughen, *Process Safety: Key Concepts and Practical Approaches*, Boca Raton, FL USA: CRC Press, 2017.
- [21] J. A. Klein and B. K. Vaughen, "A Revised Program for Operational Discipline," *Process Safety Progress*, vol. 27, pp. 58-65, 2008.
- [22] R. F. Blanco, "Understanding Hazards, Consequences, LOPA, SILs, PFD, and RRFs as Related to Risk and Hazard Management," *Process Safety Progress*, vol. 33, no. 3, pp. 208-216, 2014.
- [23] CCPS, *Guidelines for Safe Automation of Chemical Processes*, Second Edition, Hoboken, NJ USA: John Wiley & Sons, 2017.
- [24] R. F. Waseleski, "Think Facility, Act on Integrity," *Process Safety Progress*, vol. 36, pp. 264-272, 2017.
- [25] CCPS, *Guidelines for Inherently Safer Designs*, 3rd Edition, Hoboken, NJ USA: John Wiley and Sons, 2020.
- [26] CCPS, *Guidelines for Implementing Process Safety Management*, Hoboken, NJ USA: John Wiley and Sons, 2009.
- [27] J. A. Baker, F. L. Bowman, G. Erwin, S. Gorton, D. Hendershot, N. Leveson, S. Priest, I. Rosenthal, P. Tebo, L. D. Wilson and D. A. Wiegmann, "The Report of the BP US Refineries Independent Safety Review Panel," The Baker Panel Report, www.csb.gov, 2007.
- [28] CSB, "Refinery Explosion and Fire, Report 2005-04-I-TX," US Chemical Safety Board, Washington, D.C. USA.
- [29] CCPS, *Vision 20/20*, www.aiche.org/ccps: Center for Chemical Process Safety, 2021.
- [30] CCPS, *Guidelines for Siting and Layout of Facilities*, Hoboken, NJ USA: John Wiley & Sons, 2018.

- [31] CCPS, Guidelines for Asset Integrity Management, Hoboken, NJ USA: John Wiley and Sons, 2017.
- [32] CCPS, Dealing with Aging Process Facilities And Infrastructure, Hoboken, NJ USA: John Wiley & Sons, 2018.
- [33] CCPS, Guidelines for Defining Process Safety Competency Requirements, Hoboken, NJ USA: John Wiley and Sons, 2015.
- [34] CCPS, Guidelines for Managing Process Safety Risks During Organizational Change, Hoboken, NJ USA: John Wiley and Sons, 2013.
- [35] CCPS, Guidelines for the Management of Change for Process Safety, Hoboken, NJ USA: John Wiley & Sons, 2008.
- [36] CCPS, Guidelines for Preventing Human Error in Process Safety, Hoboken, NJ USA: John Wiley and Sons, 2004.
- [37] CCPS, Human Factors Methods for Improving Performance in the Process Industries, Hoboken, NJ USA: John Wiley and Sons, 2006.
- [38] CCPS, Human Factors Handbook for Process Plant Operations: A Guide for Improving Process Safety and System Performance, Hoboken, NJ USA: John Wiley and Sons, Expected Late 2021.
- [39] API, "Fatigue Risk Management Systems for Personnel in the Refining and Petrochemical Industries, Second Edition, API RP 755," American Petroleum Institute, www.api.org, 2019.
- [40] US OSHA, *Medical and First Aid: What is First Aid?*, Washington, D.C., www.osha.gov: US Occupational Safety and Health Administration, 2021.
- [41] UNECE, *Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS)*, Rev. 9, unece.org: The United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), 2021.
- [42] ISO, "ISO 10156:2010(en) Third Edition, Gases and gas mixtures--Determination of fire potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve outlets," ISO, Geneva, Switzerland, 2010.
- [43] API, "Standard 521, Pressure-relieving and Depressuring Systems, 7th Edition," American Petroleum Institute, api.org, 2020.
- [44] U.S. Department of Transportation (DOT), *49 CFR 173.2a - Classification of a material having more than one hazard*, www.govinfo.gov: United States Government Publishing Office (GPO), 2011.

- [45] UNECE, *UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods - Model Regulations (Rev. 21)*, www.unece.org: The United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), 2019.

- [46] T. J. Hansen and D. A. Cowl, "Estimation of the Flammability Zone Boundaries for Flammable Gases," *Process Safety Progress*, vol. 29, no. 4, pp. 209-215, 2009.

附录 A 第 1 级和第 2 级过程安全事件释放量阈值表

表 A-1 释放量阈值表（TIH、美国运输部、联合国发展集团）

释放阈值类别	物质危害分类	第 1 级过程安全事件		第 2 级过程安全事件	
		阈值 (室外)	阈值 (室内)	阈值 (室外)	阈值 (室内)
TRC-1	吸入 A 类毒性物质	≥5 kg (11 磅)	≥0.5 kg (1.1 磅)	≥0.5 kg (1.1 磅)	≥0.25 kg (0.55 磅)
TRC-2	吸入 B 类毒性物质	≥25 kg (55 磅)	≥2.5 kg (5.5 磅)	≥2.5 kg (5.5 磅)	≥1.25 kg (2.75 磅)
TRC-3	吸入 C 类毒性物质	≥100 kg (220 磅)	≥10 kg (22 磅)	≥10 kg (22 磅)	≥5 kg (11 磅)
TRC-4	吸入 D 类毒性物质	≥200 kg (440 磅)	≥20 kg (44 磅)	≥20 kg (44 磅)	≥10 kg (22 磅)
TRC-5	易燃气体				
	标准状态下沸点≤35 °C (95 °F) 且闪点<23 °C (73 °F) 的液体	≥500 kg (1100 磅)	≥50 kg (110 磅)	≥50 kg (110 磅)	≥25 kg (55 磅)
	其他 I 类包装类别物质（酸碱除外，UNDG 1 类；2.2 类；4.2 类；4.3 类；7 类及 9 类物质除外）				

		第 1 级过程安全事件		第 2 级过程安全事件	
释放阈值类别	物质危害分类	阈值 (室外)	阈值 (室内)	阈值 (室外)	阈值 (室内)
TRC-6	标准状态下沸点 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ (95°F)且闪点 $< 23^{\circ}\text{C}$ (73°F)的液体	$\geq 1000\text{ kg}$ (2200 磅) 或 ≥ 7 标桶原油	$\geq 100\text{ kg}$ (220 磅) 或 ≥ 0.7 标桶原油	$\geq 100\text{ kg}$ (220 磅) 或 ≥ 0.7 标桶原油	$\geq 50\text{ kg}$ (110 磅) 或 ≥ 0.35 标桶原油
	API 重度 ≥ 15 的原油 (有准确闪点数据的原油除外)				
	其他 II 类包装类别物质 (酸碱除外, UNDG 1 类; 2.2 类; 4.2 类; 4.3 类; 7 类及 9 类物质除外)				
TRC-7	闪点 $\geq 23^{\circ}\text{C}$ (73°F)且 $\leq 60^{\circ}\text{C}$ (140°F)的液体	$\geq 2000\text{ kg}$ (4400 磅) 或 ≥ 14 标桶原油	$\geq 200\text{ kg}$ (440 磅) 或 ≥ 1.4 标桶原油	$\geq 200\text{ kg}$ (440 磅) 或 ≥ 1.4 标桶原油	$\geq 100\text{ kg}$ (220 磅) 或 ≥ 0.7 标桶原油
	标准状态下沸点 $> 60^{\circ}\text{C}$ (140°F)且释放时温度高于其闪点的液体				
	API 重度 < 15 的原油 (有准确闪点数据的原油除外)				
	属于 UNDG 2 类, 2.2 分项的非可燃非有毒气体 (空气除外)				

		第 1 级过程安全事件		第 2 级过程安全事件	
释放阈值类别	物质危害分类	阈值 (室外)	阈值 (室内)	阈值 (室外)	阈值 (室内)
TRC-8	标准状态下沸点 >60 °C (140 °F) 且闪点 ≤ 93 °C (200 °F) 的液体	N/A	N/A	≥1000 kg (2200 磅) or ≥7 标 桶原油磅 标桶原油	≥500 kg (1100 磅) 或 ≥3.5 标 桶原油 磅标桶原油
	强酸/强碱 (详见附录 B 术语表)				

表 A-1 释放阈值量（全球化学品统一分类和标签制度）

释放阈值类别	物料危害分类	第 1 级		第 2 级	
		阈值量（室外）	阈值量（室内）	阈值量（室外）	阈值量（室内）
TRC-1	H330 吸入可致命，急性毒性，吸入（第 3.1 章）（第 1 类）	≥ 5 公斤 （11 磅）	≥ 0.5 千克 （1.1 磅）	≥ 0.5 千克 （1.1 磅）	≥ 0.25 千克 （0.55 磅）
TRC-2	H330 吸入可致命，急性毒性，吸入（第 3.1 章）（第 2 类）	≥ 25 公斤 （55 磅）	≥ 2.5 千克 （5.5 磅）	≥ 2.5 千克 （5.5 磅）	≥ 1.25 千克 （2.75 磅）
TRC-3	H331 吸入可致命，急性毒性，吸入（第 3.1 章）（第 3 类）	≥ 100 公斤 （220 磅）	≥ 10 公斤 （22 磅）	≥ 10 公斤 （22 磅）	≥ 5 公斤 （11 磅）
TRC-4	H332 吸入可致命，急性毒性，吸入（第 3.1 章）（第 4 类）	≥ 200 公斤 （440 磅）	≥ 20 公斤 （44 磅）	≥ 20 公斤 （44 磅）	≥ 10 公斤 （22 磅）
TRC-5	H220 极易燃气体、易燃气体（第 2.2 章）（1A 类）	≥ 500 kg （1100 磅）	≥ 50 公斤 （110 磅）	≥ 50 公斤 （110 磅）	≥ 25 公斤 （55 磅）
	H221 易燃气体、易燃气体（第 2.2 章）（第 1B、2 类）				
	H224 极易燃液体和蒸气、易燃液体（第 2.6 章）（第 1 类）				
	H228 易燃固体、易燃固体（第 2.7 章）（第 1、2 类）				
	H230 即使在没有空气的情况下也可能发生爆炸性反应，易燃气体（第 2.2 章）（化学不稳定气体 A 类）				

	H231 即使在没有空气的情况下，在高压和/或高温下也可能发生爆炸性反应，易燃气体（第 2.2 章）（化学不稳定气体 B 类） H232 暴露于空气中可自燃，易燃气体（第 2.2 章）（1A 类自燃气体） H250 Catches fire spontaneously if H250 若暴露在空气中会自燃，自燃液体及自燃固体（第 2.9 及 2.10 章）（第 1 类） H310 与皮肤接触可致命，急性毒性，皮肤（第 3.1 章）（第 1 类）				
TRC-6	H225 高度易燃液体和蒸汽，易燃液体（第 2.6 章）（第 2 类） 原油 ≥ 15 API 重度（除非有实际闪点） H240 加热可能引起爆炸，自反应物质和混合物及有机过氧化物（第 2.8 及 2.15 章）（A 型） H241 加热可能引起火灾或爆炸，自反应物质和混合物及有机过氧化物（第 2.8 及 2.15 章）（B 型） H242 加热可能引起火灾，自反应物质和混合物及有机过氧化物（第 2.8 及 2.15 章）（C-F 型） H271 可能引起火灾或爆炸；强氧化剂、氧化性液体和氧化性固体（第 2.13 及 2.14 章）（第 1 类） H310 与皮肤接触可致命，急性毒性，皮肤（第 3.1 章）（第 2 类）	≥ 1000 千克 (2200 磅) 或 ≥ 7 标桶原油	≥ 100 千克 (220 磅) 或 ≥ 0.7 标桶原油	≥ 100 千克 (220 磅) 或 ≥ 0.7 标桶原油	≥ 50 千克 (110 磅) 或 ≥ 0.35 标桶原油

TRC-7	H226 易燃液体和气体，易燃液体(第 2.6 章)(第 3 类)	≥ 2000 千克(4400 磅)或 ≥ 14 标桶原油	≥ 200 千克(440 磅)或 ≥ 1.4 标桶原油	≥ 200 千克(440 磅)或 ≥ 1.4 标桶原油	≥ 100 千克(220 磅)或 ≥ 0.7 标桶原油
	H227 可燃液体，易燃液体(第 2.6 章)(第 4 类)[* *在闪点或闪点以上的温度下释放**]				
	t 闪点 $> 93^{\circ}\text{C}$ (200°F)的液体在闪点或闪点以上的温度下释放				
	原油 < 15 API 重度(除非有实际闪点)				
	H270 可能引起或加剧火灾；氧化气体(第 2.4 章)(第 1 类)				
	UNDG 第 2 级，2.2 项(不易燃、无毒气体)，不包括空气				
	H272 可能会加剧火灾；氧化剂、氧化液体和氧化固体(第 2.13 和 2.14 章)(第 2、3 类)				
TRC-8	H311 与皮肤接触有毒性，急性毒性，皮肤(第 3.1 章)(第 3 类)	N/A 不适用	N/A 不适用	≥ 1000 千克(2200 磅)或 ≥ 7 标桶原油	≥ 500 千克(1100 磅)或 ≥ 3.5 标桶原油
	H227 易燃液体，易燃液体(第 2.6 章)(第 4 类)[* *在低于闪点的温度下释放**]				
	H314 会导致严重的皮肤烧伤、皮肤腐蚀/刺激(第 3.2 章)(第 1A 类)				
	H370 会导致人体器官损伤，特定目标器官毒性，单次接触(第 3.8 章)(第 1 类)				

附录 B 本指南的术语和定义

表 B- 1 本指南的术语

术语	定义
事故	导致不良后果的计划外事件或事件序列。
等待卸车阶段	等待卸载的公路槽车或铁路槽车，仅是由于卸料过程中的物理限制（例如，卸料站的数量）或合理的人力可用性（例如，仅在白天卸料，仅在星期一至星期五卸料）导致的卸料延迟，而与此过程中系统可用容积量的任何限制无关。等候阶段是运输过程的一部分。 由于卸料过程中可用容积量的限制而等待卸料的任何公路槽车或铁路槽车都被视为现场存储。
在用仓库	现场仓库，用于存储由某个过程使用或生产的原材料、中间品或成品 [2]。 从工艺过程的角度来看，在用仓库类似于储罐。原材料、中间品或成品不是储存在单个大型储罐中，而是储存在较小的容器中（例如吨桶、桶、小罐等）。
配套设备	支持工艺设备的目的和功能所需的设备（例如润滑系统、工艺密封液、添加剂加入、液压或气动执行器、取样器等）。
屏障	任何用于控制、预防或阻碍能量流动的措施。包括工程措施（物理，设备设计）和管理措施（程序和工作流程）。

领结模型	一个风险图，显示各种威胁如何会导致对危害失去控制，并使得不安全状况发展成各种非预期后果。领结图可以显示现有的所有屏障和降低风险的控制措施。
后果	事故造成的一系列直接的、非预期结果，通常涉及火灾、爆炸或有毒物质的释放。后果描述可以是对事故影响的定性或定量估计。
容纳	一种系统隔离条件，在这种条件下，化学系统与其环境之间无反应物或产物的交换。
直接成本 [2]	火灾或爆炸直接成本包括以下材料和人工成本 (1) 以同类修理，更换或恢复工艺和非工艺设备，以及将公共或私人有形资产，都恢复到事故前的状态的成本费用，无论是否完成。 (2) 善后清理费用， (3) 物料处置费，以及 (4) 由于火灾/爆炸应急响应工作导致对外部环境影响（例如消防泡沫和废水的排放）的相关短期清理和物料处置。 直接成本不包括下面这些费用： (1) 用于管理事件或应急响应造成的附带损失的应急人员、设备、材料和用品， (2) 确定损坏程度或必要维修的工程或检验评估， (3) 材料或技术升级的费用， (4) 不影响功能或性能的外观或仅表面损坏的工艺和非工艺设备， (5) 间接成本，如商业机会，业务中断，罚款和原料/产品的损失，

	(6) 因设备停机、获得或运营临时设施的成本而造成的利润损失，或 (7) 为了获得满足客户需求的更换产品的成本。 直接成本 不包括 修理或更换导致首层容纳失效 (LOPC) 的故障设备部件 (如果这些设备部件没有因火灾或爆炸而进一步损坏) 的成本。但直接成本 包括 修理或更换导致首层容纳失效 (LOPC) 的故障设备部件 (如果这些设备部件是由于内部或外部火灾或爆炸而发生事故的) 的成本。
设备	是一种硬件，可以根据其含有的机械、电气或仪器组件来进行定义。
设备可靠性	在规定的运行条件下运行时，工艺设备在指定的暴露期内充分执行其预期功能的概率。
事件	由设备性能或人的行为，或由流程的外部事件所引起的一种情况。
爆炸	导致压力不连续性或冲击波的一种能量释放。
爆炸物	一种化学物质，在受到突然的冲击、压力或高温时，会导致急剧的、瞬时的压力、气体和热量释放。
装置，设施，或工厂	包含一种工艺流程的建筑物、容器或设备 [2]。
失效	预期性能和实际性能之间存在的不可接受的差异。
火	伴有热、光和火焰发生的燃烧反应。

急救	急救是指通常在受伤发生后立即在受伤发生地点给予医疗护理。它通常包括一次性的短期治疗，几乎不需要技术或培训来进行 [40]。 注意：急救可能包括清洁轻微的割伤、擦伤或划痕。治疗轻微烧伤；使用绷带和敷料；使用非处方药；穿破水泡；清除眼睛上的碎屑；按摩；和饮用液体以缓解中暑等。
易燃的	一种与气态氧化剂（如空气或氯气）混合可以点燃并产生火焰的气体。术语“易燃气体”包括温度在其闪点以上的易燃或可燃液体的蒸气。
频率	单位时间内事件的发生次数（例如，1000 年中有 1 个事件 = 1×10^{-3} 个事件/年）。
危害	一种有可能对人员、财产或环境造成损害的固有的化学或物理特性。在本指南中，它是危害物料、操作环境和某些计划外事件可能会导致事故（事件）的组合。
有害物料	从广义上讲，具有能够对人类或环境的健康或安全产生不利影响特性的任何物料或物料混合物。除了与物料闪点和沸点相关的火灾方面的危害之外，还可能包括且不限于毒性、反应性、不稳定性或腐蚀性。
事件	导致一个或多个非预期后果的事件或事件序列，例如对人员的伤害、对环境的损害或资产/业务损失。 在本指南中表示“事故”。
指标	一种衡量，特别是趋势或事实，它提供有关事物的状态或水平的信息。
室内释放	由四面墙、楼板和屋顶组成的结构内的释放 [2]。

	注意：由于与拥堵、限制、人员接近和出口限制相关的危害，室内释放的潜在后果被放大。打开门窗，强制或自然通风系统不会改变室内的定义。
滞后指标	一种以结果为导向的回顾性指标，用于衡量已经发生的事件，并可能表明潜在的反复出现的问题。
滞后衡量指标	一组基于满足既定严重性阈值事件的回顾性指标。
先导指标	一个前瞻性指标，用于衡量防止发生事件的关键工作程序、操作纪律或保护层的绩效。
先导衡量指标	一组前瞻性指标，用于指示防止发生事件的关键工作程序、操作规程或保护层的绩效。
可能性	事件发生的预期概率或频率的衡量指标。这可以表示为事件频率（例如，事件每年发生的次数），在指定时间间隔内发生的概率（例如，年度概率）或条件概率（例如，假设一个引发事件已经发生时的事件发生概率）。
首层容纳失效 (LOPC)	计划外或不受控制地从首层容纳释放任何物料，包括无毒和不易燃物料（例如蒸汽、热冷凝水、热水、氮气、压缩二氧化碳或压缩空气）。 注意：物料释放的持续时间是从释放开始到释放结束，而不是从释放开始到释放被约束或缓解的时间。
物料	由于其化学特性（例如易燃性，毒性，腐蚀性，反应性，窒息性）或物理特性（例如热，压力）而可能造成危害的物质。
衡量指标	一种测量某物的方法，或从测量中获得的结果。

缓解	通过以预防性方式采取行动减少事件发生的可能性，或以保护性方式减少事件影响和/或减少现场人员或财产暴露，从而降低事故（事件）的风险。
中度酸性/中度碱性	全球化学品统一分类和标签制度（GHS）皮肤腐蚀类别 1B 的物质，或 pH 值 ≥ 1 且 < 2，或 pH 值 > 11.5 且 ≤ 12.5 的物质，其中任何一个定义都可用于确认此分类。GHS 定义被认为对皮肤腐蚀分类更精确，但是，这种测量的可用性可能会排除其使用 [41]。 注意：GHS 皮肤腐蚀类别 1B 被定义为导致皮肤组织破坏的物质，即在暴露于大于 3 分钟和小于等于 1 小时和以及小于等于 14 天的观察，至少在一只动物上观察到通过表皮进入真皮的可见坏死[41]。
官方声明	由经认可的社区官员（例如消防、警察、民防、应急管理）或授权的代表（例如公司官员）下令执行社区行动（例如就地避难、疏散）所发表的声明 [2]。
未遂事件	在略有不同的情况下可能导致人员伤害，财产，设备或环境损坏或过程损失的非预期事件。它是一个对安全系统的挑战，对安全系统的挑战可分为以下几类： ● 对安全系统的需求（泄压装置、安全仪表系统、机械停机系统） ● 首层容纳的检验或测试结果超出可接受限度，或 ● 工艺流程从正常状态的偏差或偏移
预防	消除或预防与特定活动相关的危害或风险的过程。预防有时指为减少意外事件发生的可能性而提前采取的行动。

首层容纳	一种储罐、容器、管道、公路槽车、铁路槽车或其他设备，设计用于将物料保存在其中，通常用于存储、分离、加工或转移物料。 首层容纳还包括具有压力边界的封闭系统，因此工艺物料不会暴露在大气中。在有压力边界的地方，液体和蒸气被回收或控制——并且物料在任何时候都不会直接与大气接触。例子包括封闭式排水或收集系统、快速排风系统、双壁储罐等。
工艺流程 — 石油化工	一个广义的术语，包括石油化工生产所需的设备和技术，包括反应器，储罐，管道，锅炉，冷却塔，制冷系统等（CCPS[5]）
工艺流程 — 石油化工和石油精炼	用于制造石化和炼油产品的生产、分销、储存、公用工程或试验工厂的设施。这包括工艺设备（例如反应器、容器、管道、加热炉、锅炉、泵、压缩机、换热器、冷却塔、制冷系统、相关辅助设备等）、储罐、活动仓库、支持区域（例如锅炉房和废水处理厂）、现场修复设施和公司拥有控制权的输送管道。 （API 标准）[2，第 8 页]
工艺流程 — 输油管道和码头运营	用于储存和运输石化和炼油原料及产品的输送、储存、公用工程或装卸设施。这包括工艺设备（例如容器、管道、集液池、气体回收系统、泵、压缩机、换热器、清管站、计量站、制冷系统、相关辅助设备等）、储罐、活动仓库、支持区域（例如废水和压载水处理厂）、现场修复设施以及公司拥有控制权的厂内及厂外分输管道。（API 附件 A）[2，第 43 页]
工艺流程 — 零售服务加油站	用于石油精炼产品和生物燃料零售的储存和分配设施。这包括公司拥有控制权的工艺设备（例如液化气容器、管道、软管、泵、压缩机、换热

	器等）、地上或地下储罐、日常使用的仓库、自动加油机和可充装液化气气瓶等。 （API 附件 B）[2，第 44 页]
过程安全	通过应用良好的设计原则、工程和操作实践来管理操作系统和处理有害物质过程的完整性的严谨的框架方法。它涉及到预防和控制可能释放危害物料或能源的事件。此类事件可能导致毒性后果、火灾或爆炸，并最终可能导致人员严重伤害、财产损失、生产中断和环境影响。
过程安全和风险管理	一种侧重于预防、准备、减轻、应对和恢复危害物料和能源的释放的管理系统。
过程安全事件	具有潜在灾难性的事件，即涉及危害物料释放/容纳失效的事件，可能会导致大规模的健康和环境后果。等同于过程安全事件/事故，注意本指南中 PSE 与所述的第 1 级和第 2 级后果级别的区分（请参阅 Error! Reference source not found.
过程安全性能指标	与过程安全相关的特定衡量方式，用于提供有关过程安全事件的状态或级别、未遂事件、对保护层的挑战、操作纪律和过程安全计划中的管理系统的信息（特别是趋势或事实）。
过程安全衡量指标	用于测量或分析过程安全程序效率或性能指标结果的方法
过程安全系统	过程安全系统包括用于安全操作和维护过程安全的相关设计、程序和硬件。
雨落	从排放口或泄压装置中释放的出来的两相（气相和夹带的液体）物料，气相扩散到大气中，剩余液相落到地面，或者有证据表明液体已落到地面（API） [2]。

可靠性	一个设备能够在规定期限或规定需求的情况下，以及在规定条件下执行其所需功能的概率。
责任方	负责以安全，合规和可靠的方式运营设施的一方是责任方。在某些国家或司法管辖区，责任方可能被称为“责任人”或具有负有监管报告责任的一方。在本指南中，术语“责任方”和“公司”是同义词。 注意：责任方在任何过程安全事件发生之前已经确定。责任方可以是设施业主或设施运营方，具体取决于两者之间的关系。业主或运营方是否对设施的绩效负责？谁负责制定和实施预防计划？谁负责在过程安全事件发生后执行调查、识别和实施纠正措施？
风险	衡量人身伤害、环境损害或经济损失的指标，包括事件的可能性和损失或伤害的程度。这种关系的简化版本将风险表示为事件的可能性和后果的乘积。（即，风险 = 后果 × 可能性）
基于风险的过程安全 (RBPS)	美国化学过程安全中心的过程安全管理系统方法，这个方法使用基于风险的策略和实施策略，这些策略和实施策略与基于风险的过程安全活动的需求，资源可用性和现有过程安全文化相匹配，从而来设计，纠正和改进过程安全管理活动。
保护措施或防护功能	降低原因-后果场景中的可能性或减轻其严重性的设计功能、设备、和程序等。
安全系统	旨在限制或终止事件过程的设备及/或程序，从而避免失效事件或减轻其后果。
次层容纳	一种不渗漏的物理屏障，专门设计用于减轻由于首层容纳损坏造成物料释放的影响。次层容纳系统包括但不限于储罐围堰、工艺设备周围的矮

	堰、开放式排污收集系统、沟渠、坑、露天集水坑、开顶双壁储罐的外壁等。
停车	一个使装置操作达到安全和非运行状态的过程。
强酸/强碱	具有全球化学品统一分类和标签制度（GHS）皮肤腐蚀类别 1A 的物质，或 $\text{pH} < 1$ 或 $\text{pH} > 12.5$ 的物质，其中任何一个定义都可用于来分类。GHS 定义被认为对皮肤腐蚀分类更精确；但这种分类的测量可用性可能会妨碍其使用 [41]。 注意：GHS 皮肤腐蚀类别 1A 被定义为导致皮肤组织破坏的物质，即在观察期间 ≤ 1 小时内，至少一种动物暴露 ≤ 3 分钟后，通过表皮进入真皮的可见坏死[41]。
系统	为完成一组特定功能而组织的人员，设备和方法的集合。
<i>UNDG 2 类，2.2 条款（不易燃、无毒气体）</i>	不易燃、无毒气体（对应于指定为窒息性或氧化的物料组），不包括空气。 窒息性气体 — 非氧化性、不易燃且无毒的气体，可正常稀释或取代大气中的氧气。 氧化性 — 通常通过提供氧气，比空气更能引起或导致其他物质燃烧的气体。这些气体是纯气体或氧化能力大于 23.5% 的气体混合物（由 ISO 10156: 2010 (en) 中规定的方法确定） [42]。
不安全位置	一个排入大气的安全泄压设备，或非常规的物料排放，或下游的废气处理设备（例如火炬、洗涤器等）的排放物料，造成在地面或高处工作平台框架上形成易燃混合物、或有毒或腐蚀性的物料或形成 API 521 第 5.8.4.4 节中规定的因排放物料的点燃而产生的热辐射效应[43]，导致对人员（无论人员是否存在）造成潜在危害。

	不安全位置的定义不包括那些已知的人员有可能暴露于易燃混合物，有毒物质，腐蚀性材料或热辐射效应的地面和高空工作框架的位置，这些位置必须通过授权进入或其带有适当警告标志的围栏来控制人员进入到这些位置。 注：术语“不安全位置”是用于描述与装置泄压装置或从得到许可的或管制的排放点的非常规排放相关的四种潜在第 1 级或第 2 级的后果之一。这里的假设是装置泄压的排放是直接排放到大气中，或通过下游废气处理装置排放，或者是来自得到许可的或管制的排放点的排放，这些都是用于排放物料安全扩散的工程设计。
非常规排放	任何超出排放许可证中的许可参数，或超过与许可证或受管制排放源的常规排放相关的任何条件。这可能包括过程参数，如温度，压力，体积，速率，浓度和持续时间；或释放条件，如时间、位置、昼/夜、风速/风向和同时操作条件等 [2]。 注：非常规排放适用于特定的已经识别的资产（例如焚烧炉烟囱），而不适用于涵盖现场许可证中的通用或无组织排放源（例如密封件和填料）。

附录 C 过程安全事件（PSE）指标的详细示例

这些示例仅用于说明目的，与 API RP 754 第 3 版发布时附件 E 中提供的示例和问题一致 [2]。请参阅 CCPS 过程安全指标网页获得更新信息 [4]。

表 1 伤害：过程安全事件示例和问题

伤害：示例或问题	第 1 级 或 第 2 级
C. 1-1 操作工走过一个工艺单元装置，不小心滑倒并摔倒在地上，造成一天的损工时工伤。滑倒/跌倒的原因是由于天气条件，“一直存在”的含油地面和湿滑的鞋子。 这不是过程安全事件（PSE）。这个“滑倒/绊倒/跌倒”的人身安全事件是与从首层容纳失效（LOPC）的撤离或去响应处理发生的 LOPC 事件没有直接关系，它很显然被排除在过程安全事件（PSE）的报告中。	不是第 1 或 第 2 级的 PSE 第 1.4 节，Error! Reference source not found. 适用性 第 1.2 节，第 Error! Reference source not found. 1 级 定义
C. 1-2 与上述例子相同，但是发生在操作工去响应处理闪点 $<23^{\circ}\text{C}$ (73°F) 的少量液体（1 小时内小于 7 标桶原油）泄漏时的滑倒并摔倒，导致一天的损工时工伤。 这将是第 1 级 PSE，因为操作工正在响应处理 LOPC 事件。	第 1 级 PSE 第 1.2 节，第 1 级 定义
C. 1-3 与上述例子相同，但是发生在操作工去响应处理这个事件结束几个小时后的滑倒并摔倒。 这不是一个可报告的 PSE。这个是与现场操作工对 LOPC 的处理响没有直接关系的个人安全事件（即滑倒、绊倒和跌倒）。LOPC 结束后的滑倒/绊倒/跌倒（例如“事后”的清理和补救）与现场处理响应没有直接关系。	不是第 1 级或第 2 级 PSE 第 1.4 节，Error! Reference source not found. 适用性
C. 1-4 由于附近设备上发生首层容纳失效（LOPC），搭脚手架员工在撤离时从脚手架梯子上摔下来后，造成一天的损工时工伤。 这是一个第 1 级的 PSE 例子。	第 1 级 PSE 部分 1.4，Error! Reference source not found. 适用性

伤害：示例或问题	第 1 级 或 第 2 级
	第 1.2 节，第 1 级定义
C. 1-5 操作员工在蒸汽疏水器排出热水时，正好走过这个位于公共走道附近的蒸汽疏水器。操作员工的脚踝因热水而灼伤，导致工伤一天。 这是 PSE 吗？ 这是一个第 1 级 PSE 例子。虽然蒸汽疏水器的设计是定期排放热冷凝水，但排放时间是非计划的，其靠近公共走道的排放位置不受控制的；因此，这个事件既是计划外的，也是不受控制的 LOPC，导致了一起第 1 级 PSE 的后果。排放的物料不一定是碳氢化合物或化学品；一个第 1 级的 PSE 事件可能是由于计划外或不受控制地从工艺中释放任何物料（包括无毒和不易燃材料）引起的。	第 1 层 PSE 第 1.2 节，第 1 级定义
C. 1-6 用氮气吹扫反应器是一个操作的步骤。严格控制人员进入，包括个人防护装备，已被规定为密闭空间进入许可程序的一部分。无人看管的不用于人员进入的反应器人孔和其周围附近可能由于吹出的氮气造成潜在缺氧大气的区域由安全围栏和标志来控制人员进入。由于未知原因，在其中一个无人看管的反应器人孔中，承包商绕过安全围栏的控制，进入反应器并死亡。这是第 1 级的 PSE 吗？ 这不是第 1 级 PSE。反应器中氮气的排放是计划中的并且已经有控制措施了，并且个人防护装备，物理屏障和标志等安全措施都适合来控制危害。承包商故意绕过和破坏这些控制措施导致死亡，这个不是计划外或不受控制的 LOPC。这一悲惨事件是一起人身安全事件，将记录在公司的伤害和疾病的报告中。 <u>其它场景：</u> 人员在标准的密闭空间内工作（无惰性气体吹扫）。氮气软管无意中连接到这个密闭空间中使用的气动工具。氮气会产生缺氧的环境，人员缺氧倒下，撞到他们的头部并不幸死亡。这是第 1 级 PSE 吗？	不是第 1 级 PSE 第 1.2 节，第 1 级定义 第 1 级 PSE 第 1.2 节，第 1 级定义

伤害：示例或问题	第 1 级 或 第 2 级
这是一个 第 1 级的 PSE。任何物料（氮气）的计划外释放导致死亡。	
C. 1-7 在常规的、计划的催化剂替换工作期间，蒸汽以指定压力引入反应器，并打开催化剂托盘下方的滑阀来卸出催化剂。在催化剂卸出过程中，一名员工走到反应器法兰前，从反应器中拉出滑阀插销，一些热催化剂通过插销套/法兰出来，导致员工与热催化剂接触中受到了可记录的热灼伤。受伤的员工不是被指派执行这项任务的人，因此没有穿戴所有适当的个人防护装备。 热催化剂的卸除是有计划的，但由于它接触到一名员工并造成了伤害，因此催化剂没有得到有效控制；因此，这将是基于可记录伤害的第2级PSE。	第 2 级 PSE 第 1.2 节，第 2 级定义
C. 1-8 维护技术人员正在用扳手转动工艺法兰上的螺栓。由于身体姿势不当，扳手滑出并击中员工的口腔，需要牙科手术和两天的休息。 这不是 PSE 例子，因为没有计划外或不受控制的 LOPC 造成伤害。	不是第 1 级 或 第 2 级 PSE 第 1.2 节，第 1 级定义
C. 1-9 由于热水从下水道流出而发生可记录的伤害（站在附近的人脚部受到热灼伤）。因为下水道系统是次层的而不是首层容纳，这是第 2 级 PSE 吗？ 下水道系统可以被认为是不同的工艺过程（即废水处理）的一部分，将热水引入下水道系统可以被认为是计划外的或不受控制的，从而导致伤害。因此，这是第 2 级 PSE。	第 2 级 PSE 第 1.2 节，第 2 级定义
C. 1-10 作为新建项目的一部分，当设备用水进行水压测试时，一个 2 英寸的球阀突然和软管断开。软管飞起来并击中了一名员工的头部，造成死亡。这是第 1 级 PSE 吗？	不是第 1 级 或 第 2 级 PSE

伤害：示例或问题	第 1 级 或 第 2 级
用水进行水压试验不被认为是一个“工艺过程”；因此，这一悲惨的事件不是 PSE。这是一起与职业安全相关的死亡案例，必须进行适当的调查以防止其再次发生。	第 1.4 节，Error! Reference source not found. 适用性术语，工艺过程定义
C. 1-11 在排空气相管路期间发生火情。执行排空操作的员工没有受伤；然而，另一名员工在排空作业附近看到着火开始奔跑，从楼梯上摔下来，脚踝受伤，导致 8 天损工时的伤害。因为火情很小（轻微爆燃），火情损失不到 2500 美元，当时就没有执行装置的疏散响应计划。此次事件是否被视为 PSE，还是被视为职业安全事件？ 如果有任何理由相信该员工开始奔跑是因为担心其工作区域发生火灾的潜在后果，那么这个伤害将与 LOPC 有关。由于 LOPC 导致一天的损工时的工伤，这将是第 1 级 PSE。	第 1 级 PSE 第 1.2 节，第 1 级定义
C. 1-12 一名员工在将碱液排入容器时被其喷洒在眼睛里，导致一天的损工时伤害。这名工人戴着护目镜，但从一个错误的位置进行排碱液操出，那里的压力比预期的要高。这是 PSE 吗？ 碱液排放是有计划的，但当操作员受伤时，它没有被控制。这将是第 1 级 PSE。	第 1 级 PSE 第 1.2 节，第 1 级定义
C. 1-13 两（2）名承包商的任务是从一个容器上拆除液位变送器。第三名承包商被指派在该地区执行其它工作。执行液位变送器拆卸的两家承包商必须获得工作许可证，穿戴 PPE（例如护目镜，化学防护服，手套等），以保护他们免受残留化学品的伤害。履行一般职责的第三名承包商只需佩戴标准个人防护用品（安全眼镜、防火服、安全帽等）。	第 1 级 PSE 第 1.2 节，第 1 级定义

伤害：示例或问题	第 1 级 或 第 2 级
在完成其它一般的工作后，穿戴标准 PPE 的第三名承包商去协助另外两名承包商拆除液位变送器。当液位变送器被移除时，残留的化学物质从开口端排入积液盘中，溅到第三名穿着标准 PPE 的承包商身上。这名承包商跑到大约 200 米外的安全喷淋点。由于化学品的接触导致第三名承包商受到了可记录的伤害。这是 PSE 吗？ 这是第 1 级 PSE。工厂认识到接触残留化学品可能会导致员工受伤，为了有计划和有控制的物料释放原因，工作许可证采取使用特殊的 PPE 来执行这个工作。受伤的承包商没有穿戴适合这项工作的个人防护装备；释放的化学品没有受到控制。导致损工时伤害的物料释放是第 1 级 PSE，因为无论穿戴何种 PPE，它都没有受到控制。	
C. 1-14 当一名员工进行盐水过滤器排污时，PVC 管道发生故障，导致员工被喷洒盐水，其向后退的过程中被绊倒，头部撞到相邻设备上，从而导致可记录的伤害。盐水是非危害物料，工作温度约为 60° F (≈15° C)。这是 PSE 吗？ 这是第 2 级 PSE。要成为第 1 级 或 第 2 级的 PSE，必须从导致其中一个定义后果的工艺过程中意外地或不受控制地释放任何物料，甚至是非危害物料。“物料”的定义（见术语表）指出，释放的物质具有“由于其化学性质（例如易燃，有毒，腐蚀性，反应性，窒息性）或物理性质（例如热，压力）而造成伤害的可能性”。在这个例子中，由于系统压力足以造成伤害，盐水具有造成伤害的能力。因此，此示例说明了从工艺流程中不受控制地释放物料，从而导致第 2 级 PSE 的后果。	第 2 级 PSE 第 1.2 节，第 2 级定义 术语，LOPC 定义 术语，物料定义

表 C-2 火灾或爆炸：过程安全事件示例和问题

火灾或爆炸：示例或问题	第 1 级 或 第 2 级
C. 2-1 脚手架板放置在高压蒸汽管附近，随后开始燃烧，但很快熄灭，没有造成进一步的损坏。调查发现，该脚手架板已被一些油性物料污染，但没有迹象表明该区域有漏油。这是 PSE 吗？ 这不是 PSE，因为 没有计划外或不受控制的 LOPC 发生。	不是第 1 级或第 2 级 PSE 第 1.2 节， 第 1 级定义 第 1.2 节， 第 2 级定义
C. 2-2 容器内部爆燃造成 100,000 美元的设备损坏，但没有容纳失效（LOPC）。这是 PSE 吗？ 虽然这是一个严重的工艺过程事件，应该进行调查。但它不符合第 1 级 PSE 的定义，因为没有涉及到 LOPC。 公司可能还希望确定此事件是否触发了 第 3 级指标。	不是第 1 级 PSE 第 1.2 节， 第 1 级定义
C. 2-3 可能由于发生电气火灾，断电或任何其他公用工程的故障，导致工厂停车，并可能附带设备损坏（例如，由于停车不当而损坏反应器或设备），但是如果它们没有产生 LOPC 的释放，则不是 PSE。 在停车期间，可能会激活一个或多个安全联锁装置；因此，公司可能会选择记录这个事件是第 3 级对安全系统要求。	不是第 1 级或第 2 级 PSE 第 1.2 节， 第 1 级定义
C. 2-4 一个机泵润滑油系统因泄漏而起火，造成的损失超过 100,000 美元，但不会产生大于阈值的 LOPC 或造成死亡或严重伤害。这是一个第 1 级的 PSE，因为直接成本损失超过 100,000 美元。	第 1 级 PSE 第 1.2 节， 第 1 级定义
C. 2-5 一辆在工艺装置内运送物料的叉车撞掉了一个排放阀门，导致异戊烷释放，随后发生蒸汽云爆炸，财产损失超过 100,000 美元。这是一个第 1	第 1 级 PSE

火灾或爆炸：示例或问题	第 1 级 或 第 2 级
级的 PSE，因为计划外或不受控制的 LOPC 导致火灾或爆炸，造成超过 100,000 美元的损失。	第 1.2 节，第 1 级定义
C. 2-6 主办公大楼的蒸汽加热锅炉发生火灾，直接成本损失总计 75,000 美元。因为办公楼发生的事件被特别排除在外，所以这个事件不是 PSE。	不是第 1 级或第 2 级 PSE 第 1.4 节，适用性
C. 2-7 碳氢化合物的气体扩散到位于装置内的 QA / QC 实验室，并导致火灾，损失 5000 美元。碳氢化合物气体的来源是含油性的下水道系统。此事件是第 2 级 PSE，因为 LOPC 来自该工艺过程并导致第 2 级的后果（导致直接成本大于 2500 美元的火灾）。	第 2 级 PSE 第 1.2 节，第 2 级定义
C. 2-8 不合格#6 燃料油的温度远高于正常温度进入储罐。当这个储罐充满后，不合格的燃料油切到进入第二个储罐。第二个储罐中的液位非常低，储罐中的产品顶部有可能是由冷凝引起的游离水。不合格高温燃料油进入第二个储罐导致水汽化，造成储罐超压，导致罐顶弯曲，顶部焊接缝撕裂几个地方，蒸汽从储罐逸出。储罐的损失超过 10 万美元。这是一起第 1 级 PSE 吗？ 水的快速汽化满足 API 754 爆炸的定义中的压力不连续性，并且由于直接成本超过了 10 万美元的第 1 级阈值，因此此事件将是第 1 级 PSE。	第 1 级 PSE 术语表，爆炸定义 术语表，直接成本定义 第 1.2 节，第 1 级定义
C. 2-9 工艺单元一部分的电机跳闸导致氢气从排气总管倒流到工艺的另一部分，导致设备内部爆炸，损失超过 100,000 美元。没有 LOPC 释放到大气中。在正常操作期间，压力平衡会阻止氢气从排气总管进入工艺过程的这一部分。这是第 1 级 PSE 吗？ 由于首层容纳没有失效（氢气从一个首层容纳转移到了另一个中），这不是第 1 级 PSE。	不是第 1 级或第 2 级 PSE 第 1.2 节，第 1 级定义

火灾或爆炸：示例或问题	第 1 级 或 第 2 级
这似乎是一个重大的非正常工艺状况，并可能触发一个或多个将其定性为第 3 级 PSE 的标准，应根据潜在后果进行全面调查。	
C. 2-10 在释放导致火灾/爆炸的情况下，您是否计算释放的物料量和火灾造成的损失？ 如果释放的物料被点燃，火灾/爆炸的直接成本损害代表了 LOPC 的全部潜在伤害；因此，只有火灾/爆炸的直接成本才能确定事件的分类。 例如： 炉管上的裂缝释放物料在炉膛中被点燃和燃烧，直到可以隔离释放为止。物料燃烧对炉子造成 75,000 美元的直接成本损坏。工程师计算出，在释放被隔离前，从头到尾释放了 13000 磅的易燃气体。对直接成本损害的评估将导致此事件被归类为第 2 级 PSE。对物料释放量的评估表明，释放的易燃气体数量大于第 1 级阈值，但是由于其释放后被点燃，因此仅考虑直接损坏成本，使此成为第 2 级工艺安全事件。 <u>其它案例情况：</u> 如果示例中的所有内容都相同，但物料的燃烧仅造成 2,000 美元的直接成本损失，此事件既不是第 1 级也不是第 2 级的 PSE，但公司可以选择将此事件计入其第 3 级指标。	第 2 级 PSE 第 1.2 节，第 1 级定义 第 1.2 节，第 2 级定义
C. 2-11 一个水平衡储槽由于其出水泵没有运行而充满；造成储槽超压，储槽的底部裂开，释放出大量水。没有人受伤，但对储槽的损坏估算是 35,000 美元。这种超压是否符合爆炸的定义，这是否意味着这将是第 2 级的 PSE？ 这不是第 2 级 PSE。本例中的超压不符合爆炸的定义，因为释放没有导致压力不连续性或冲击波的能量。 公司可以选择将此记录为第 3 级的其它 LOPC 事件。	不是第 2 级 PSE 术语表，爆炸定义

火灾或爆炸：示例或问题	第 1 级 或 第 2 级
C. 2-12 由于振动引起的疲劳，一根管线发生灾难性的故障破裂。释放出的物料被点燃导致了喷射火。喷射火烧到停在附近的起重机，摧毁了起重机，但不会对工艺设备造成任何重大损坏。更换起重机的成本为 350,000 美元。这是第 1 级 PSE 吗？ 这是一个第 1 级 PSE，因为 LOPC 的直接成本火灾损失超过了 100,000 美元的第 1 级 PSE 阈值。根据定义，直接成本火灾/爆炸损坏包括修理或更换工艺和非工艺设备以及公共或私人财产的费用。	第 1 级 PSE 术语表，直接成本定义
C. 2-13 与腐蚀相关的释放导致大火，造成管道和一个已经停止使用的容器（废弃在原地）的损坏。公司花了 15,000 美元的工程和检查费用来确定火灾损坏的程度，花了 95,000 美元用于修复损坏的管道并使用了升级的耐腐蚀材质的金属，以及 50,000 美元用于使停用的容器安全地留在原位。如果用原材质的金属来替换管道只要花费 45,000 美元。如果要恢复这个停用（废弃）的容器的功能来重新使用，将花费 125,000 美元。这是第 1 级还是第 2 级 PSE？ 这是第 2 级 PSE。直接成本的定义不包括工程或检查评估的成本，以确定损坏程度或必要的维修费用，也不包括材料或技术升级的成本。但直接成本的定义确实包括将设备恢复到事件发生前状态的成本，无论是否进行了维修。在本例中，已经停止使用的容器已被废弃（即没有期望将来会使用）；因此，直接成本计算中仅包括火灾后使设备安全的成本。这是一个第 2 级的 PSE，基于 50,000 美元用于使容器能够安全在原位，45,000 美元用于原材料替换管道的成本，总直接成本为 95,000 美元。	第 2 级 PSE 术语表，直接成本定义
C. 2-14 一个小的法兰着火在被迅速扑灭之前烧坏了一些仪器电缆。确定设备之后可以正常工作，但维护部门建议更换一小段被火损坏的电缆，以避免将来出现任何可靠性问题。在执行作业时，维护部门确定更换 50 英尺长的电缆比修复小部分电缆更容易。更换 50 英尺电缆的成本是否包括在这次火灾的直接成本损失总额中？	术语表，直接成本定义

火灾或爆炸：示例或问题	第 1 级 或 第 2 级
直接成本的定义包括维修、更换或恢复到事前的状态。直接成本不包括不影响功能或性能的表面或仅表面损坏的维修成本。直接成本也不包括材质或技术的升级成本。因此，在这种情况下，维修人员为确保可靠功能而建议的一小段电缆的维修费用包括在直接成本中；但是，更换 50 英尺电缆的易维修性建议被排除在直接成本之外，因为这被认为是升级成本。	
C. 2-15 氢气炉内的炉管产生泄漏。释放的物料是氢气和蒸汽的混合物，在炉膛内烧掉。在释放过程中，释放物料的压力导致一些耐火材料从炉侧剥落并落到燃烧器上。燃烧器的火焰被重定向到它从燃料和空气混合出来的地方，并对温度仪表的电缆导管造成损坏。电缆管道的维修费用超过 2500 美元。无需维修炉壁，耐火材料维修费用低于 2500 美元。没有发生其他负面的后果。这是第 2 级 PSE 吗？ 这是第 2 级 PSE。有一连串复杂的事件发生导致了最终的后果，这并不重要。从管道泄漏中意外释放氢气和蒸汽，导致直接成本超过 2500 美元的火灾损失。 第 1 级和第 2 级 PSE 分类要求工艺过程中存在计划外或不受控制的 LOPC，并且发生了其中一个负面后果。它不需要 LOPC 直接造成其中的一个后果。	第 2 级 PSE 术语表，直接成本定义 第 1.2 节，第 2 级定义
C. 2-16 一个便携式柴油驱动泵被用来将物料从一个储罐转移到另一个储罐。柴油发动机的热排气点燃了隔音排气壳体造成其着火，并通过散热器使软管燃烧，最后造成发动机冷却液释放。泵的火灾损坏超过 2500 美元。这是第 2 级 PSE 吗？ 这不是第 2 级 PSE。虽然临时便携式泵及其柴油驱动发动机在连接到过程时变成了该过程的一部分，但火灾是由热排气不是 LOPC 引起的，因此，火灾损坏被排除在第 2 级之外。此外，火灾引起的发动机冷却液 LOPC 没有导致任何第 2 级的后果。公司可以选择将此事件记录为第 3 级火灾。	不是第 2 级 PSE 术语表，火灾定义 第 1.2 节，第 2 级定义

表 C-3 首层容纳失效：过程安全事件示例和问题

首层容纳失效：示例或问题	第1级或第2级
C. 3-1 在不到一小时的时间里，由于日罐阀门的机械故障，造成了20标桶弱漂白剂溢出泄漏。SDS表列出了物料的pH值在13-14之间(即，强碱，见术语表)。使用SDS列出的特性，这将被归类为第2级过程安全事件，因为在一小时内释放的强碱体积超过7标桶。然而，在这种情况下，在释放当天对残留在日罐内的漂白剂进行的每次测试中，物料的实际pH值测量为11.2。在pH为11.2时，该物料不符合强碱的定义；因此，没有达到第2级的阈值量。是否应该根据物料的SDS特性将此事件归类为第2级过程安全事件？使用溢出的物料分析(此处的pH值)结果是允许。根据第1.6和1.9节的说明，公司可以选择使用释放物料在释放时基于实验室分析的特性，或者使用SDS中记录的特性。公司应该对所有的首层容纳失效采取一致的方法。	可能是第2级过程安全事件 术语表，强碱定义。附录A
C. 3-2 液位表错误导致含有正常沸点$>35^{\circ}\text{C}$ (95°F) 和闪点$<23^{\circ}\text{C}$ (73°F) 的液体产品储罐溢流。在几分钟内，大约有50标桶(7000公斤，15500磅)的液体溢出到储罐的围堰区域。 该事件属于第1级过程安全事件，因为在任何一个小时内释放2200磅或更多，无论是否有次层容纳。 其它场景： 如果泄漏量小于2200磅(7标桶)，但等于或大于220磅(1标桶)，则属于第2级过程安全事件。	第1级过程安全事件 第1.2节，第1级定义和附录A 第2级过程安全事件 第1.2节，第2级定义附录A
C. 3-3 维修承包商打开阀门后，被喷上了低于第1级或第2级阈值量的硫酸，导致严重烧伤，并造成了几天的损工时工伤。 这是一个第1级过程安全事件，因为它是一个计划外的或不受控制的首层容纳失效，导致了几天的损工时工伤。 其它场景： 如果这个事件导致了可记录的伤害，它将是一个第2级过程安全事件。	第1级过程安全事件 第1.2节，第1级定义 第1.2节，第2级定义

版权 © 2021 AIChE CCPS

点和沸点)或腐蚀性(强酸或强碱与弱酸或弱碱)特征。只有当这些简单特性(例如与水发生剧烈反应)不能表示物料的危险时,才使用UNDG包装组的定义。就燃油而言,可燃性是主要的危害,因此沸点和闪点应为确定阈值释放类别特征。在这种情况下,阈值释放类别为第2级 TRC 8 (闪点$>60^{\circ}\text{C}$ (140°F)的液体)和$\leq 93^{\circ}\text{C}$ (200°F),在低于闪点的温度下释放)	
C. 3-7 燃烧加热器炉膛中燃烧器火焰熄灭,导致燃料富集环境。操作人员进行了错误的响应,向炉膛通入空气,导致炉膛爆炸,加热器内部损坏价值超过100000美元。炉膛外没有任何物料释放。这是第1级过程安全事件,因为在火焰熄灭后,燃气的持续流入是不受控制的释放。其目的是在燃烧器处燃烧燃气,而不是将燃气滞留在炉膛内。 如果同一事件造成的损失小于100000美元,但大于2500美元,则属于第2级过程安全事件,因为爆炸造成的损失大于2500美元。	第1级过程安全事件 第1.2节,第1级定义 第2级过程安全事件 第1.2节第2级定义
C. 3-8 再生热氧化器(RTO)通常是用低于可燃气体(LEL)浓度的进料。对于这里所讨论的事件,是将高于正常LEL的物料送入RTO。LEL较高的物料燃烧导致RTO外部结构超压,导致箱体破裂。该事件的直接费用超过10万美元。即使爆炸不是由首层容纳失效引起的,这是否属于第1级过程安全事件? 根据表1-1注1,内部火灾或爆炸导致工艺中任何物料的首层容纳失效,会引发第1级后果的评估。首层容纳失效不必先发生。100000美元的直接成本损失将过程安全事件归类为第1级事件	第1级过程安全事件 第1.2节,第1级定义 表1-1,注1
C. 3-9 机泵密封件泄漏释放了TRC-7液体。液体在外面被点燃,对周围设备造成10000美元的损失。工程师们的计算显示,总共释放了7000磅的液体。这是过程安全事件吗? 这是第2级过程安全事件。火灾/爆炸直接成本损失评估将得出第2级过程安全事件分类(10000美元损失)。对物料释放量的评估将定位在第1级过	第2级过程安全事件 术语表,直接成本定义 第1.2节,第2级定义

程安全事件（大于TRC-7第1级阈值量）。如果释放的物料着火，火灾/爆炸直接成本损失代表首层容纳失效的全部潜在危害；因此，只有火灾/爆炸的直接成本用于确定事件的等级分类。这是第2级过程安全事件。	
C. 3-10 操作员将闪点为60° C（140° F）或以下的易燃原油储罐中的原油排入为此目的设计的开放式排液系统之中。操作员离开现场时忘记关闭阀门。20标桶原油在一小时内被排放到排液系统中。这是第1级过程安全事件，因为原油的释放是非计划的或不受控制的，并且大于14标桶的释放标准。 在上述示例中，如果闪点高于60° C（140° F）的原油在低于闪点的温度下释放，则为第2级过程安全事件。 如果排液系统是一个封闭系统，并进入一个封闭的API分离罐，且原油被回收，这将是第1级事件，因为原油没有离开其首层容纳。如果封闭式排液系统破裂、失效或溢流，则应对封闭式系统泄漏的油量进行评估，以确定可能的第1级或第2级事件。	第1级过程安全事件 第1.2节，第1级定义和附录A 第2级过程安全事件 第1.2节，第2级定义附录A 不是第1级或第2级过程安全事件。 术语表，首层容纳定义 术语表，次层容纳定义
C. 3-11 作为容器清洁操作的一部分，操作员按照程序在一小时内将20标桶闪点>60° C（140° F）且温度低于其闪点的物料排入开放式油水收集系统。由于排液系统经过规划和控制，且收集系统的设计是用于此类操作，因此这不是一个可报告的第1级或第2级过程安全事件。 如果释放的物料是非计划或不受控的，并流入开放式的排液系统、下水道或其他收集系统，则根据物料阈值量及其低于闪点的性质，该释放就是可报告的第2级过程安全事件。	不是第1级或第2级过程安全事件。 第1.2节，第1级定义 第2级过程安全事件 第1.2节，第2级定义附录A
C. 3-12 如果浮顶罐内部或外部浮顶部分下沉，且物料到达了浮顶之上，但仍留在储罐内，这是首层容纳失效吗？ 浮顶顶部的物料存在是首层容纳失效。储存在浮顶罐内的物料应在储罐内和浮顶下方。 根据释放的物料量，这可能是第1级或第2级过程安全事件。	可能的第1级或第2级过程安全事件。 术语表，首层容纳失效定义

C. 3-13 油水/工艺废水收集在带内部浮顶（IFR）的锥顶储罐中。储罐中既有油也有水；油的闪点和正常沸点可能会有所不同，这取决于在任意给定时间收集和输送到储罐里的物料情况。IFR由于未知原因下沉可能会导致储罐内物料溢出到内部浮顶的上面。低闪点物料的蒸汽通过锥形罐顶部排气口释放，但液体全部留在储罐内。就第1级和第2级过程安全事件报告而言，这是首层容纳失效吗？ 浮顶上面的液体（浮顶、罐壁和罐底是首层容纳）是首层容纳失效。当浮顶下沉或被液体淹没时，用于确定是第1级还是第2级的事件标准是浮顶上方的碳氢化合物的液体量，而与内浮顶还是外浮顶无关。	第1级过程安全事件 第1.2节，第1级定义 第2级过程安全事件 第1.2节，第2级定义
C. 3-14 炎热夏日的降雨会导致火炬总管的热收缩。由于吹扫设计不充分，空气被吸入系统，通过计算，系统内会产生爆炸性气体的混合物。这是过程安全事件吗？ 吹扫系统旨在防止空气进入系统；因此，摄入空气是一种首层容纳失效。然而，这不是过程安全事件，因为没有发生第1级或第2级的后果。公司可选择将该事件记录为第3级其他类的首层容纳失效。 其它场景： 如果爆炸性混合物因由总管里的自燃硫化铁沉积物而点燃，并对火炬系统造成100000美元的损失？在这种情况下，这将是第1级过程安全事件，因为首层容纳失效造成火炬系统的空气进入，导致火灾/爆炸，直接成本为100000美元。	不是第1级或第2级过程安全事件 第1级过程安全事件 第1.2节，第1级定义
C. 3-15 易燃气体从管道中释放出来被点燃（喷射火），并在被隔离和熄灭之前造成3500美元的损失。该公司的工程师计算出该事故总共释放了800公斤（1800磅）的易燃气体。这是第1级还是第2级过程安全事件？ 3500美元的直接成本损失超过了第2级阈值量。TRC-5物料总释放量800公斤超过了第1级阈值量。如果释放的物料着火，火灾/爆炸直接成本损失代表首层容纳失效的全部潜在伤害；因此，只有火灾/爆炸的直接成本用于确定事件的其层级分类。这是第2级过程安全事件。	第2级过程安全事件。 第 1.2节，第1级定义 第 1.2节，第2级定义

C. 3-16 换热器法兰处有泄漏。根据泄漏量，泄漏被正确地归类为第2级过程安全事件。工厂使用密封胶来作为临时法兰修复堵漏，而不是停车完全修复。几天后，密封胶失效，另一个达到第2级阈值量的物料释放出来。第二个首层容纳失效是一个单独的第2级过程安全事件，还是第一个第2级过程安全事件的延续呢？由于原始事件是通过应用密封胶堵漏来结束泄漏的，那么临时密封胶失效而导致的首层容纳失效将被视为一个单独的事件，并第二个第2级过程安全事件应该被记录。 从经验教训或根本原因分析的角度来看，第一个事件将集中在垫圈泄漏的原因上；第二个事件将集中在密封胶失效的原因上。	第2级过程安全事件 第 1.2 节，第2级定义
C. 3-17 蒸汽用于在短暂停车期间吹扫氢气总管。然而，开车前停蒸汽，在总管冷却后会产生轻微的真空现象。空气泄漏到氢气总管中，导致开车期间氢气/空气混合物爆炸。氢气总管和电解槽被破坏并损坏严重，造成 300,000 美元的维修费用和 400 万美元的生产损失。这是过程安全事件吗？ 这是第1级过程安全事件。首层容纳失效造成空气进入总管系统，导致直接成本损失超过 100,000美元的第1级阈值量。 注：根据定义，400万美元的生产损失不包括在直接成本损失的计算中。 注：首层容纳失效的方向受压差控制；它不必从内部到外部。	第1级过程安全事件 第 1.2节，第1级定义 术语表，直接成本定义
C. 3-18 操作人员在对真空蒸馏装置的压力控制问题进行故障排除时，发现一个腐蚀泄漏点使空气泄漏到设备内部。这是过程安全事件吗？ 这不是过程安全事件。泄漏到设备中的空气被认为是首层容纳失效；但是，API754将空气排除在 UNDG 第2类，第2.2节类别之外，没有与首层容纳失效相关的阈值量，也没有发生任何其他后果。公司可以选择把此事件记录在第3级其他类的首层容纳失效事件。	不是第1级或第2级过程安全事件 第1.2节，第1级定义 术语表，UNDG第2类，第2.2节定义
C. 3-19 一家公司决定进行在线火炬的故障安全阀的修复工作。安全阀出口没有可用于将其与炼油厂火炬系统隔离的截止阀。公司在工作开始前尽可能减少任何正在进行的排气和火炬使用，引入氮气以产生正压，并采取适当的预防措施保护工人。在拆除安全阀并安装盲法兰所需的10分钟内，估计有 350公斤（770 磅）的氮气从火炬管线中逸出。泄漏的气体没有造成人员受伤，也没有对社区造成影响。这是过程安全事件吗？尽管释放的	不是第1级或第2级过程安全事件 术语表，首层容纳失效定义 术语表，UNDG第2类，第2.2节定义

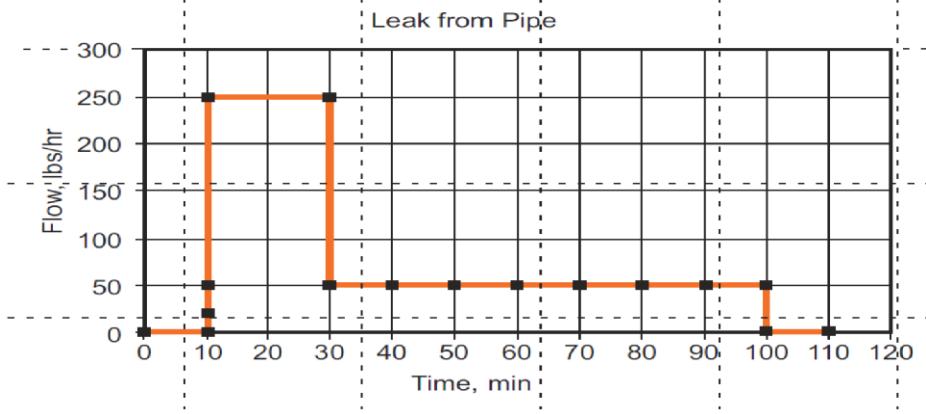
氮气量超过了UNDG的第2类，第2.2节物料的第2级阈值量，但该释放是有计划和受控的；因此，没有本指南中定义的首层容纳失效；因此，这不是第1级或第2级过程安全事件。在这个例子中，氮气释放的后果是预期的，并采取了保护工人的保障措施（计划），释放的数量没有超过预期的数量，没有伤害或社区影响（受控）。 注：进行在线火炬修复工作涉及许多潜在的危險，通常不鼓励。任何潜在有害物料的计划释放都需要排到安全的位置，员工需要得到适当的保护。	
C. 3-20 在用顶部装载方法将柴油装载到第三方运输槽车上时发生闪火。槽车司机按照装载程序坐在槽车顶部人孔，被闪火烧伤，需要住院治疗。液体没有从槽车泄漏出来，设备也没有明显损坏。火可能是由于静电和/或装载开关引起的。气体应该会出现在正常的顶部装载操作中。这是第1级过程安全事件，还是职业安全事件？ 这是第1级过程安全事件。当引燃发生时，容器内的火焰前沿使气体空间中的气体膨胀，导致它们以比“正常操作”更快（也更热）的速度离开人孔，因此这是一个计划外和不受控制的事件造成释放，导致第3方人员住院。此外，顶部装载操作符合装载目的，并且连接到工艺过程。	第1级过程安全事件 第 1.4 节，适用性 第 1.2 节，第1级定义
C. 3-21 在将石灰粉装入与工艺相连的料斗时，石灰粉意外泄漏释放。这是过程安全事件吗？ 固体物料首层容纳失效的评估方式与液体或气体首层容纳失效的评估方式相同。如果固体物料释放是计划外或不受控制的，则将根据第1级和第2级后果进行评估，以确定其分类。	第 1.2 节，第1级定义 第 1.2 节，第2级定义
C. 3-22 操作员在含有第1级/第2级阈值量物料的一段管道中发现滴漏。为准备维修管道，操作人员将管道隔离并开始用水冲洗至工艺用水总管。过了一会，他们意识（发现）到管道还没有清理干净。他们通过储罐液位下降确定连接储罐和待清理管道的阀门泄漏。由于阀门泄漏，操作时无意中将达到第1级阈值量的物料转移到了工艺用水总管中。这是第1级过程安全事件吗？ 这不是第1级过程安全事件。即使无意中（不受控制地）通过泄漏阀门将物料从储罐转移到工艺用水总管中，但没有首层容纳失效。正如首层容纳所定义的那样，包括“……具有压力边界的封闭系统，没有工艺物料暴露	不是第1级过程安全事件 第 1.2 节，第1级定义 术语表，首层容纳定义

在大气中……”该事件是物料从一个工艺过程转移到另一个工艺过程，而并不是在过程中存在首层容纳失效。	
C. 3-24 在美国石油学会RP 754网络研讨会之后，我们公司的工程师就管壳式换热器泄漏问题进行了讨论，这些泄漏是否会被视为属于第1级/第2级过程安全事件分类的首层容纳失效。我们的工程师讨论了以下三种场景： 1. 碳氢化合物泄漏到冷却水系统中。 2. 非挥发性重烃泄漏到蒸汽冷凝系统中，造成不期望的后果。 3. 类似地，换热器泄漏导致碳氢化合物/碳氢化合物污染残留在蒸馏塔内，并导致了不合格产品。 这些“释放”场景是否构成首层容纳失效？ 答案在于“首层容纳”的定义。场景1是首层容纳失效，因为碳氢化合物没有留在首层容纳内。冷却水系统不是首层容纳，因为在冷却塔中冷却水接触大气环境。场景2和3不是首层容纳失效，因为换热器将释放的物质泄漏到封闭的压力边界内(即工艺过程的另一部分)。	可能的第1级或第2级过程安全事件 术语表，首层容纳定义
C. 3-25 稀释沥青从一条旧管线逆流至一个工厂区域，导致多个高点安全阀超压泄放，液体稀释沥青释放至地面。在逆流过程中，稀释沥青还回流到一条跨接管排放管线中，该管线在释放之前或释放过程中未投入使用，应该是空的。跨接管排放管线有裂缝，导致稀释沥青泄漏释放。 这个事件是单个首层容纳失效还是多个首层容纳失效？ 该事件至少有两个不同的首层容纳失效，需要根据第1级和第2级过程安全事件标准进行评估，可能还有更多其它的评估要做。过程安全事件总是从首层容纳失效的角度来看，而不是从初始事件的角度来看。在这种情况下，我们有一个从停运服务管线释放的考虑和一个从安全阀释放的考虑来看首层容纳失效情况。根据具体释放情况，可以将多个首层容纳失效分组。例如，如果停运管线在同一区域有多个泄漏点，可能会影响到相同的	可能的第1级或第2级过程安全事件 术语表，首层容纳失效定义

人群或设备，则将这些泄漏点视为一个首层容纳失效。如果它们发生在不同的地点，或者如果它们可能影响不同的人群或设备，它们将被视为不同的首层容纳失效。同样，作为一个系统的多个安全阀(如分级阀)将被视为一个首层容纳失效；而单个管线和容器上的单个安全阀的多个释放是多个首层容纳失效。将根据适当的第1级或第2级过程安全事件标准对每个首层容纳失效进行评估。	
--	--

表 C-4 任何一小时内的释放：过程安全事件示例和问题

任何一小时内的释放：示例或问题	第1级或第2级
C. 4-1 在两周的时间内，有 10 标桶汽油从管道中不断泄漏到土壤中。通过简单计算，泄漏率约为每小时 0.03 标桶。这不是第 1 级或第 2 级过程安全事件，因为泄漏事件在任何一个小时内都没有超过阈值量。公司可能会选择将此作为第 3 级的其他首层容纳失效事件看待。	不是第1级或第2级过程安全事件
其它场景： 与上述示例相同，如果估计 10 标桶汽油在 1 小时 30 分钟内以稳定的速度泄漏，简单的计算表明泄漏率为每小时 6.7 标桶。泄漏率在 1 小时内低于第 1 级过程安全事件 7 标桶的报告阈值量，但在 1 小时内达到了 1 标桶的阈值量，因此属于第 2 级过程安全事件。	第1.2节，第2级定义 附录A
其它场景： 与上面的例子相同，如果估计 10 标桶在第一个小时以 8 标桶/小时的速度泄漏，在最后 30 分钟以 4 标桶/小时的速度泄漏。由于在任何一个小时内，8 标桶/小时的泄漏率超过了第 1 级阈值量，因此该事件属于第 1 级过程安全事件。	第1.2节，第1级定义 附录A
C. 4-2 操作员工在一个工艺换热器附近发现了大约 10 标桶的芳烃溶剂(如苯、甲苯)泄漏，这是一种 TRC-6 物料，而在两小时前的最后一轮巡检中没有发现。你如何确定泄漏的持续时间？ 如果可能，泄漏的开始时间应根据可用数据(例如工艺过程数据、闭路电视、社区投诉等)来确定。在没有可靠数据的情况下，可以假设泄漏持续时间为 1 小时(这是最保守和最稳妥的选择)，或者可以假设泄漏开始时间刚好在没有泄漏的最后已知时间之后。选择使用哪种假设是公司的决定。该选择应适用于所有无法获得可靠数据的情况中。	第1级过程安全事件 第1.2节，第1级定义 附录A

在这个例子中，没有可靠的数据来确定泄漏开始时间。如果一家公司选择最保守和稳妥的假设，即整个释放发生在 1 小时内，那么这个例子将是第 1 级过程安全事件(即 10 标桶的 TRC-6 物料超过第 1 级阈值量)。如果一家公司选择不太保守的方法，并假设泄漏是在员工完成最后一轮巡检后开始的，那么这将是第 2 级过程安全事件(即，即 10 标桶/ 2 小时= 5 标桶/ 1 小时，小于第 1 级阈值量，但大于第 2 级阈值量)。	
C. 4-3 在对一个高于预期的天然气流量进行故障排除时，操作人员发现天然气管线上有一个打开的阀门，该阀位于一个较高的排放位置。经过进一步调查，确定在 6 个月的时间里，以稳定的速率释放了总数有 100 万磅的天然气。这不是第 1 级过程安全事件，因为释放率(每小时大约 100 公斤)在一小时内没有超过 500 公斤或以上的阈值量；但是，它是第 2 级过程安全事件，因为它在 1 小时内释放了确实超过了 50 公斤或以上的阈值量。 注:根据环境法规，这种规模的释放可能需要报告。	第2级过程安全事件 第1.2节，第2级定义
C. 4-4 易燃气体（丙烯）以 250 磅/小时的速率从管道泄漏。20 分钟后，操作人员隔离了部分生产线，将泄漏率降低到 50 磅/小时。在完全隔离之前，管线继续以 50 磅/小时的速率泄漏了 70 分钟。见下图：  评估释放数量的适当方法是什么？ 将阈值量与“任何一小时周期”中的最大释放量进行比较。在这种情况下，释放速率图是已知的，并且任何一小时内的最大释放量是发生在第一个小时内。	第2级过程安全事件 第1.2节, 第2级定义 附录A

第一个小时发生的事件 释放量: 20 分钟 = 0.33 小时 @ 250 磅/小时 = 82.50 磅 释放量: 40 分钟 = 0.67 小时 @ 50 磅/小时 = 33.50 磅 第一个小时的总释放量=116 磅;因此, 这是第 2 级过程安全事件, 因为在“任何一小时周期”内释放的量超过了易燃气体的第 2 级过程安全事件的阈值量。	
C. 4-5 一家公司在 2 分钟内由于首层容纳失效释放了 20 加仑的低硫柴油。这意味着释放率为 10 加仑/分钟。低硫柴油是一种 T1-7 物料, 附录 A 的 TRC-7 在任何 1 小时内阈值量为 14 标桶, 这意味着释放率为 9.8 加仑/分钟。因此, 10 加仑/分钟的泄漏将被归类为第 1 级过程安全事件。这是正确的吗? 这种分析是不正确的。这不是第 1 级过程安全事件。附录 A 阈值量是 1 小时周期的绝对值;它们不代表释放速率。如果总释放持续时间小于或等于 1 小时, 则将整个释放量与阈值量进行比较。在这种情况下, 释放持续时间小于 1 小时;因此, 应该将 20 加仑的总释放量与 14 标桶的阈值量进行比较。 仅当释放持续时间超过 1 小时且实际释放模式未知时, 才使用释放速率(请参见示例 C4-4)。	不是第1级过程安全事件 第1.2节, 第1级定义 附录 A

表 C-5 混合物和溶液：过程安全事件示例和问题

混合物或溶液：示例或问题	第 1 级或第 2 级																									
C. 5-1 特种化学品厂的管件发生故障，在不到一小时的时间内释放出 4000 磅 30%甲醛、45%甲醇和 25%水的混合物。 这种混合物未被联合国危险货物/美国 DOT 进行协议分类;因此，将应用阈值量混合物方法进行计算。纯甲醛的报告阈值量为 4400 磅，纯甲醇为 2200 磅。 <table><thead><tr><th>物料</th><th>wt. %</th><th>释放量 (磅)</th><th>过程安全事件 阈值量 (磅)</th><th>阈值量的 %</th></tr></thead><tbody><tr><td>甲醛</td><td>30 %</td><td>1200</td><td>4400</td><td>27.3 %</td></tr><tr><td>甲醇</td><td>45 %</td><td>1800</td><td>2200</td><td>81.8 %</td></tr><tr><td>水</td><td>25 %</td><td>1000</td><td>n/a</td><td>0 %</td></tr><tr><td></td><td>109.1 %</td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table> 这个释放是第 1 级过程安全事件，因为即使单个元素不超过其各自的阈值量，累积百分比超过了 100%。 注：这是一种替代的快捷方式方法，可以提供或多或少的保守结果。更精确的方法是使用 DOT 法规 49 CFR 173.2a [44]或联合国关于危险货物运输的建议，第 2 节的规则[45]。	物料	wt. %	释放量 (磅)	过程安全事件 阈值量 (磅)	阈值量的 %	甲醛	30 %	1200	4400	27.3 %	甲醇	45 %	1800	2200	81.8 %	水	25 %	1000	n/a	0 %		109.1 %				第1级过程安全事件 第1.2节，第1级的定义 附录 A
物料	wt. %	释放量 (磅)	过程安全事件 阈值量 (磅)	阈值量的 %																						
甲醛	30 %	1200	4400	27.3 %																						
甲醇	45 %	1800	2200	81.8 %																						
水	25 %	1000	n/a	0 %																						
	109.1 %																									
C. 5-2 过热盐酸管线的泄漏导致 2500 磅盐酸溢出。闪蒸计算表明，250 磅氯化氢以气体形式释放。这是第 1 级还是第 2 级过程安全事件？ 按照附录 D 中的建议，对闪蒸物料和剩余液体分别进行评估。对于强酸，2250 磅的剩余液体释放量超过了第 2 级阈值释放量 2200 磅。 然而，250 磅闪蒸的无水氯化氢超过了第 1 级 TIH C 区阈值量 220 磅。 虽然 2250 磅的液体释放量超过了第 2 级阈值释放量，但该事件是根据有毒物质的更严重的第 1 级释放进行分类的。	第1级过程安全事件 第1.2节，第1级定义 附录 A 附录 D																									

版权 © 2021 AIChE CCPS

混合物或溶液：示例或问题	第 1 级或第 2 级
C. 5-5 软管接头泄漏造成大约 1000 公斤水处理化学品释放到室外。此次事件未造成人员伤亡、火灾或社区影响。水处理化学品大约有 25% 的二乙胺，它是 UNDG PG II（危险等级 8—腐蚀性）物料。SDS 没有将溶液归类为危险物料，并且物理特性不表明其具有毒性、易燃性或腐蚀性危险。这是第 2 级过程安全事件吗？ 25%二乙胺溶液在释放时不会分离成不同的组分；因此，要考虑整个溶液的特性。由于对 SDS 的彻底评估并未表明其有任何属于与阈值释放量相关的物料危害分类（例如毒性、易燃性、腐蚀性）的危害，因此这不是第 1 级或第 2 级过程安全事件。公司可以选择将此首层容纳失效记录为第 3 级的其他首层容纳失效。	不是第1级或第2级过程安全事件 第1.2节，第2级定义 附录 A
C. 5-6 2400 磅（在第一个小时内）的 18 wt% 氢氧化钠溶液由于首层容纳失效释放到室外。18 wt% 氢氧化钠溶液的 pH 值大于 12.5，这使它成为 API RP 754 定义的强碱。安全数据表还列出了其为 II 级包装组的溶液。 这是第 1 级还是第 2 级过程安全事件，并且是基于溶液的重量或无水氢氧化钠的重量？ 附录 D 提供了有关如何对多元素释放进行分类的建议。在一个溶液中，D. 8 认为使用溶液的属性（如果已知）来确定阈值释放类型。在这种情况下，我们知道溶液的 pH 值和其包装组编号。它们都说明了分类的优先级（即毒性、易燃性、腐蚀性，然后是包装组）；因此，作为强碱，该溶液将是阈值释放户外第 8 类，阈值为 2200 磅的物料。由于 2400 磅的释放超过了第 2 级阈值量，这是第 2 级过程安全事件。 注：根据释放的量，弱、中或强酸/碱的首层容纳失效不能成为第 1 级过程安全事件，无论多少体积。	第2级过程安全事件 第 1.2 节，第2级定义 附录 A 附录 D

表 C-6 泄压装置，不安全位置：过程安全事件示例和问题

泄压装置，不安全位置：示例或问题	第 1 级或第 2 级
C. 6-1 工艺非正常造成安全阀泄放物料到大气排气口，导致 300 磅的丙烷释放到大气中，没有产生其它不利的后果。这是过程安全事件吗？ 这不是第 1 级或第 2 级过程安全事件。 虽然释放量超过了第 2 级的丙烷阈值量，但安全阀泄压释放没有导致定义的负面结果，它不是第 2 级过程安全事件。 公司可能会选择将此事件视为第 3 级的安全系统需求上。 其它场景： 与上述相同，但有一个非预防性的就地避难事件。 这是第 2 级过程安全事件，因为它释放超过了丙烷的第 2 级阈值量并导致了定义上的安全阀释放的负面后果。	不是第1级或第2级过程安全事件 第2级过程安全事件 第1.2节，第2级定义 第2级过程安全事件 第1.2节，第2级定义
C. 6-2 如果由于火炬长明灯冻结，导致安全阀在其设定点的 30%被误启动而打开，释放了大于第 1 级过程安全事件阈值量的物料，因为安全阀未能按设计要求打开，这是不是第 1 级过程安全事件？ 安全阀释放了的第 1 级的阈值量，独立于安全阀是否在低于其设定点打开或与设计和安装相关的任何其他因素。 来自安全阀的释放仅在造成列出的一种或多种后果时，才归类为第 1 级或第 2 级过程安全事件的发生（即，雨落，排放到可能不安全的位置；现场就地避难；公共防护措施等），以及安全阀排放量超过附录 A 阈值量。这个例子没有任何这些负面后果在描述中辨识出来；因此，此事件不是第 1 级过程安全事件。	不是第1级过程安全事件 第 1.2 节，第1级定义 附录 A
C. 6-3 一家工厂发生了热油系统超压和安全泄压装置释放事件，少量热油泄漏到次层容纳中。 没有人受伤且没有发生其他后果，释放的量也未超过第 1 级或第 2 级释放阈值。 这个事件应该如何分类？	不是第1级或第2级过程安全事件 术语表，工艺过程定义 第1.2节，第1级定

泄压装置，不安全位置：示例或问题	第 1 级或第 2 级
由于事件没有导致任何第 1 级或第 2 级后果，因此它不是第 1 级或第 2 级过程安全事件。但是，公司可能会选择将其归类为第 3 级对安全系统的需求。第 7 节描述了几个第 3 级的示例指标，包括对安全系统的需求和其他的首层容纳失效。公用工程，包括热油系统，符合适用于 API 754 报告的“工艺流程”定义；因此，公司可以选择记录此事件作为第 3 级其他类的首层容纳失效和第 3 级对安全系统的需求。	义 第1.2节，第2级定义 和附录A
C. 6-4 在泄压装置（以及任何相关的下游破坏性装置）实际上是为液体泄放或两相流泄放而设计的情况下，对泄压装置泄放事件进行分类的正确方法是什么？ 例如： 1) 凝水泵出口上的安全阀泄放，泄放的凝水排放回凝水罐。安全阀设计用于泄放液体，下游管道设计用于液体。 2) 两相气体/凝析油管道段（分离的上游）上的安全阀泄放，将气体和凝析油排放到火炬分液罐，在那里去除液体并将气体送到火炬。安全阀设计为用于两相的泄放，而火炬系统设计用来处理液体。 3) 两相气体/凝析油管道段（分离的上游）上的安全阀泄放，将气体和凝析油排放到储罐，在储罐中收集液体并将气体排放到安全位置。安全阀设计为用于两相的泄放，而储罐设计用于处理液体。 单相或两相流泄压装置的设计不是将泄压装置的排放分类为第 1 级或第 2 级过程安全事件的决定因素。根据定义，所有泄压装置的排放都是首层容纳失效。因此，每个泄压装置排放到大气中（无论是直接排放还是通过下游破坏性装置的排放）都必须针对下面四种负面后果进行评估： (1) 雨落； (2) 排放到潜在的不安全地点； (3) 现场避难或疏散，不包括预防性避难或疏散； (4) 公共保护措施（例如封路），包括预防性公共保护措施]。 上面示例 1 中，泄压装置排放并不是向大气或下游破坏性装置排放；它被循环回凝水罐；因此，它不是过程安全事件。	不是第1级或第2级过程安全事件 第 1.2 节，第1级定义 第 1.2 节，第2级定义

泄压装置，不安全位置：示例或问题	第 1 级或第 2 级
在示例 2 中，两相泄压装置向下游破坏性装置释放。液相留在火炬分液罐中，气体在火炬中燃烧；因此，它不是过程安全事件，因为上面四个负面后果都没有发生。 示例 3 与示例 2 相似。两相泄压装置泄放储罐中，该罐收集液体，而气体则排放到安全位置。由于与泄压装置排放相关的四种负面后果均未发生，因此这不是过程安全事件。 公司可以选择将这些事件记录为第 3 级对安全系统的需求。	
C. 6-5 管壳式换热器的壳程在内部管子泄漏的情况下，通过其通向大气的泄压装置来得到保护。管子里含有乙烯，壳程含有冷却水。里面管子破裂，壳侧泄压装置超压打开泄放，乙烯被释放到大气中；但夹带的冷却水会造成雨落。冷却水是在冷的/环境温度下泄放，不会对人员造成热灼伤。这是过程安全事件吗？ 这不是第 1 级或第 2 级过程安全事件。要成为过程安全事件，泄压装置排放必须导致一个或多个定义中的负面后果，并且释放量必须超过该物料的阈值数量。冷却水的雨落确实满足了泄压装置负面后果之一；但是，附录 A 中没有冷却水的阈值数量，因此不满足对这种泄压装置的释放进行分类的第二个条件。	不是第1级或第2级过程安全事件 第 1.2 节，第1级定义 附录 A 第 1.2 节，第2级定义附录 A 术语表，雨落定义
C. 6-6 通向大气的泄放装置释放，排放超过第 1 级阈值量的物料。作为泄压装置设计的一部分所进行的扩散建模结果表明，易燃混合物可能会影响相邻塔上的高架工作平台。公司知道平台可能会受到扩散的影响，因此通过授权系统来控制人员去平台的工作。在物料释放时，风正吹向高架工作平台的方向，但高架平台上没有人。这是第 1 级过程安全事件吗？ 这不是第 1 级过程安全事件。尽管排放量超过了第 1 级阈值量，但排放并未导致定义中的四种后果之一。这些后果之一是释放到可能不安全的位置。不安全位置的定义明确排除了那些必须通过授权访问或带有适当警告标志的固定障碍物的地面和高架工作结构的位置	不是第1级过程安全事件 第1.2节，第1级定义 术语表，不安全位置定义。 不是第1级过程安全事件 第1.2节，第1级定义

泄压装置，不安全位置：示例或问题	第 1 级或第 2 级
其它场景：1 根据现场授权要求，一名员工正好在平台上工作。但该员工得以安全逃脱，没有受到伤害。这不是第 1 级过程安全事件。即使有员工在场，根据定义，工作平台也不是不受控制访问的不安全位置。如果工人受伤，则事件将是第 1 级或第 2 级过程安全事件，具体取决于伤害的严重程度。 其它场景：2 公司没有授权或使用固定障碍物和标牌来控制对平台的访问。这是第 1 级过程安全事件，因为高架工作平台会受到排放的影响，并且受控访问排除的条款不适用。不安全位置的定义与泄放装置释放时是否实际有人在场无关。 替代场景：3 公司没有授权或使用固定障碍物和标牌来控制对平台的访问。泄放装置释放时，高架工作平台上有员工，但风向远离平台。这不是第 1 级过程安全事件。由于工作平台在释放时实际上并未受到影响，因此不属于不安全位置。对第 1 级或第 2 级分类的首层容纳失效的评估是基于释放时的实际条件和结果，而不是基于其它假设条件。	术语表，不安全位置定义 第1级过程安全事件 第1.2节，第1级定义 术语表，不安全位置定义 不是第1级过程安全事件 第1.2节，第1级定义 术语表，不安全位置定义

表 C-7 管道和具有多个结果的事件：过程安全事件示例和问题

具有多个结果的管道和事件：示例或问题	第 1 级或第 2 级
C. 7-1 管道泄漏，在 1 小时内向地面释放出 2000 磅可燃气体。释放发生在工厂内的一个较远的位置。这是第 1 级过程安全事件，因为释放发生在该工厂的工艺流程或存罐区域内(不考虑其“较远性”)且释放量超过了第 1 级阈值数量。	第1级过程安全事件 第1.2节，第1级定义和附录A
C. 7-2 管道泄漏，在 1 小时内向地面释放出 2000 磅可燃气体。一条公共道路将主要工厂和码头一分为二。这条管道起源于工厂，然后到达码头。泄漏地点恰好在公共道路上的短段管道内。虽然从技术上讲，泄漏发生在工厂以外，但这是第 1 级过程安全事件，因为该工厂拥有并运营整个管道段。	第1级过程安全事件 第1.4节，适用性 第1.2节，第1级定义和附录A
C. 7-3 有 200 标桶闪点<23° C (73° F) 的液体泄漏，点燃起火并导致其他设备损坏。同时，有毒气体的释放超过应报告的阈值，造成了员工三天的损工时工伤事故，并导致一人死亡。这是第 1 级过程安全事件。该工厂将记录一个具有多重后果的单一事件(例如，1 人死亡，3 天损工时工伤、火灾，以及闪点小于 23 摄氏度的液体和有毒气体超过阈值量泄漏)。	第1级过程安全事件 第1.2节, 定义
C. 7-4 由 A 公司(一家管道公司)拥有、运营和维护的输送管道穿过 B 公司的区域(一家炼油厂)。该管道的可燃气体泄漏，引发火灾，对 B 公司的设备造成了超过 10 万美元的损失。这是过程安全事件吗？是哪家公司的？这是 A 公司的第 1 级过程安全事件，因为有计划外或不受控制的首层容纳失效，导致 10 万美元的火灾损失。A 公司拥有、运营和维护该管道，为责任方。	第1级过程安全事件 附件A[2]，适用性 术语表，直接成本 定义 术语表，响应，责任方定义 第1.2节，第1级定义

表 C-8 海上运输：过程安全事件示例和问题

海上运输:示例或问题	第 1 级 或 第 2 级
C. 8-1 一艘海上运输船刚刚和工艺流程断开连接，在船上发生了 14 标桶闪点为 $> 60^{\circ}\text{C}$ (140°F) 的物料在低于其闪点的温度下泄漏释放。该事件不是过程安全事件，因为海上运输操作事件被排除在过程安全事件的定义外，除非船舶连接到工艺流程的目的是原料或产品输送。 如果海上运输船在泄漏发生时仍与工艺流程相连，则属于第 2 级过程安全事件。	不是第1级或第2级过程安全事件 第1.4节，适用性 第1.2节，第1级定义 第1.2节，第2级定义和附录A
C. 8-2 一艘正被拖船推着的第三方驳船撞在码头上。驳船舱口裂开，释放出 50 标桶柴油到水里。该事件不是过程安全事件，因为驳船没有用作原料或产品输送的目的连接到工艺流程上。	不是第1级或第2级过程安全事件 第1.4节，适用性

表 C-9 公路和铁路槽车：过程安全事件示例和问题

公路和铁路槽车:示例或问题	第 1 级或第 2 级
C. 9-1 一家公司的铁路槽车在运输中脱轨并泄漏了超过 7 标桶汽油。该事件不是过程安全事件，因为它未连接到用于原料或产品输送的工艺过程。	不是第1级或第2级过程安全事件 第1.4节，适用性
C. 9-2 两节液氯铁路槽车到了工厂内的单个槽车卸载区；接收卸料的储罐有足够的可用容量来接收两节铁路槽车的物料。一节槽车连接到工艺流程中，另一节在卸载区域等待，但没有连接到工艺流程中。第二节槽车出现泄漏，在不到一小时的时间里释放出 6 磅的氯气。这是过程安全事件吗？ 这不是第 1 级或第 2 级过程安全事件，因为第二节槽车满足“等候阶段”的定义。等候阶段是运输的一部分，并明确排除在本指南的范围之外。 其它场景： 同上示例，但接收储罐没有足够的可用容量来接收第二节槽车的物料，这是一个第 2 级过程安全事件。第二节槽车不满足“等候阶段”的定义，应该认为是现场存储。TIH Zone B 物料(TRC-2) 6 磅的氯气释放超过了第 2 级阈值。 注:这些例子说明了“等候阶段”和“现场存储”的不同概念，以及运输和工艺流程之间的边界。	不是第1级或第2级过程安全事件 第1.4节，适用性 术语表, 等候阶段定义 第2级过程安全事件 第1.4节，适用性 术语表, 等候阶段定义
C. 9-3 在公司内与工艺过程连接的装载过程中，一辆第三方公路槽车/拖车在不到一个小时内泄漏了超过 7 标桶的汽油。该事件为第 1 级过程安全事件，因为槽车正在为原料或产品输送而被连接工艺过程中或在进行连接/断开的过程被视为工艺流程的一部分。	第1级过程安全事件 第1.4节，适用性 第1.2节，定义

版权 © 2021 AIChE CCPS

公路和铁路槽车:示例或问题	第 1 级或第 2 级
拖车在 X 公司的货场破裂。由于条件满足等候阶段的定义, 并且等候阶段属于运输过程而非现场存储或与卸载设施连接, 故该事件不属于 X 公司的过程安全事件。 其他场景: 拖车仍然停在货场内, X 公司的卸载员工就意识到了问题。经过仔细的评估, X 公司确定拖车可以安全地转移移到一个具备次层容纳的卸载站。在卸载站内, 拖车物料在被转移到不锈钢拖车之前发生破裂泄漏。由于拖车被转移到卸载站内是作为缓解措施而不是出于卸货目的, 拖车仍然处于运输过程, 不属于与工艺连接或与工艺“正在连接”, 故该事件不属于 X 公司的过程安全事件。	术语表, 等候阶段定义。 1.2节, 第2级定义和附录A
C.9-6 为了准备烷基化装置的大修, 装置内的烯烃物料被转移到四节铁路罐车上, 并在大修期间暂存于装置北侧的铁路支线上。在支线上, 一节铁路罐车发生泄漏, 泄漏量达到第 1 级阈值的量。这是第 1 级过程安全事件吗? 在铁路支线上, 铁路罐车被归类为现场存储, 属于“工艺”的一部分。因此, 烯烃泄漏量超过第 1 级阈值量, 是第 1 级过程安全事件。 其他场景: 大修结束后, 将四节铁路罐车转移至卸载站, 作为装置开车料使用, 卸载站只能容纳两节罐车。另外两节在卸载站之外等候卸料的一节罐车发生泄漏, 泄漏量达到了第 1 级过程安全事件的阈值。这是第 1 级过程安全事件吗? 在卸载站外等候卸料的两节罐车满足“等候阶段”的定义。等候阶段不属于 API754 的范围。因此, 此事件不是第 1 级过程安全事件。公司可以把该起泄漏事件记录为运输事件。	第1级过程安全事件 1.4节, 适用性 术语表, 流程定义 术语表, 等候阶段 1.2节, 第1级定义

表 C-10 气体处理设施：过程安全事件示例和问题

气体处理设施:示例或问题	第1级或第2级
C. 10-1 由于火炬头的长明灯未点燃，火炬系统不能正常工作。在此期间，工艺装置超压，气体排放到火炬。安全阀排放的气体体积大于第 1 级阈值量，并在地面形成了可燃混合物。该事件属于第 1 级过程安全事件，因为安全阀排放量大于附录 A 中的阈值量，并且排放到了潜在的不安全位置。 其他场景： 其余内容同上，但是排放的气体扩散到大气中，没有产生所列四种后果中的任何一种（地面液滴积聚、排放到潜在不安全位置、就地避难或疏散以及采取诸如道路封闭等的公共防范措施-译者注），因此，这不是第 1 级或第 2 级过程安全事件，公司可以将其视为第 3 级过程安全事件。	第1级过程安全事件 1.2节，第1级定义和附录A 第3级过程安全事件
C. 10-2 100 桶石脑油意外通过安全阀进入了火炬系统。火炬分液罐接收了大部分安全阀泄放物料，然而仍有极少量石脑油从火炬头形成液滴落下来。这是第 1 级过程安全事件，因为从安全阀泄放到下游处理设施，物料体积超出了附录 A 中的第 1 级阈值量，导致了所列的四种后果之一（即地面上液滴积聚）。	第1级过程安全事件 1.2节，第1级定义和附录A
C. 10-3 从安全阀排放出来进入洗涤塔的泄放量低于第 1 级阈值量，但高于第 2 级阈值量，其流量大于洗涤塔的设计值，并使人员暴露在有毒蒸气环境中，导致工伤离岗。这是第 1 级还是第 2 级过程安全事件？ 如前所述，第 1 级和第 2 级后果都发生了。第 1 级的后果是工伤离岗；第 2 级后果是安全阀排放量大于第 2 级阈值量，并且排放到了潜在的不安全位置。对于造成多种后果的事件而言，以最高级后果事件为准，因此，这是第 1 级过程安全事件。 其他场景： 除了在一个非受控高架作业平台上观察到或检测到有毒物质，但未造成人员伤害外，其余内容同上。过程安全事件正如第 2 级后果列表中所阐述的，由于从安全阀到下游气体处理设施的排放量超过了第 2 级阈值量，导致不安全的排放（排放到潜在的不安全位置），因此，这属于第 2 级过程安全事件。如果高架平台	第1级过程安全事件 1.2节，第1级定义 第2级过程安全事件 1.2节, 定义 术语表，不安全位置定义

气体处理设施:示例或问题	第1级或第2级
受控(见术语表), 则不属于第 1 级或第 2 级过程安全事件, 公司可以选择将该事件列入第 3 级过程安全事件。	
C. 10-4 丙烷罐超压, 丙烷通过安全阀排放到火炬系统。火炬系统的长明灯未正常工作, 火炬未点燃可燃气体。整个事件持续了 45 分钟, 丙烷的泄放量估计为 1300 磅。由于火炬具备适当高度和合适位置排放物料扩散高于地面和任何工作平台。因此, 虽然排放量超过第 1 级阈值量, 但没有导致任何所列的第 1 级后果, 因此, 这不是第 1 级过程安全事件。 根据环境法规, 这种排放需要报告。公司可选择将其作为第 3 级的首层容纳失效事件和安全系统需求事件。	不是第1级或第2级过程安全事件 1.2节, 第1级定义 1.2节, 第2级定义和附录A
C. 10-5 一次异常导致安全阀起跳, 向火炬系统排放燃料气体。火炬系统正常工作, 燃尽了从安全阀排放的气体。因为安全阀排放的气体被引至下游装置, 该装置的功能符合预期(即没有导致所列四种后果之一), 因此, 这不是第 1 级或第 2 级过程安全事件。 公司可将其记录为对第 3 级安全系统挑战事件。 其他场景: 异常导致安全阀起跳, 两相流排放量超过了第 1 级或第 2 级阈值量。液体在火炬分离罐中被收集, 未释放到大气中形成液滴积聚。这是第 1 级过程安全事件或第 2 级过程安全事件吗? 这不是第 1 级或第 2 级过程安全事件, 因为安全阀排放的气体被引至下游装置, 该装置的功能符合预期(即没有导致所列四种后果之一)。 公司可将其记录为对第 3 级的安全系统挑战事件。	不是第1级或第2级过程安全事件 1.2节, 第1级定义和附录A 1.2节, 第2级定义和附录A 不是第1级或第2级过程安全事件 1.2节, 第1级定义和附录A 1.2节, 第2级定义和附录A

表 C-11 真空槽车操作：过程安全事件示例和问题

真空槽车操作：示例或问题	第1级或第2级
C. 11-1 从相邻装置收集一批物料后，一辆真空槽车停在废水处理设施附近，等待操作员准许连接到卸车设施并卸车。然而在等待期间，真空槽车发生故障，槽车内物料释放到大气中。这不是过程安全事件，因为没有进行空槽车的操作，比如正在装载、卸载或使用槽车的输送泵。	不是第1级或第2级过程安全事件 1.4节，适用性
C. 11-2 一辆排气口装有碳罐的真空槽车正在装载泄漏的碳氢化合物，此时碳罐着火，导致真空槽车的损失超过 10,000 美元。这是第 2 级过程安全事件，因为最初的碳氢化合物泄漏造成了首层容纳失效，且首层容纳失效的结果导致了第 2 级过程安全事件后果之一。 除了真空槽车连接到工艺外，其他内容同上。因为火灾损失的直接成本超过 2500 美元，这是第 2 级过程安全事件。被碳罐吸收的过量碳氢化合物蒸气是不受控制的首层容纳失效。	第2级过程安全事件 1.4节，适用性 1.2节，定义第2级 1.4节，适用性
C. 11-3 在使用第三方真空槽车对储罐中的污泥进行例行清理过程中，安装在槽车上的一个旋风分离器从其外壳中弹出(造成 10,000 美元的损失)。此时真空槽车的输送泵正将物料从储罐转移到一个外部容器中。分离器落在距离真空槽车几英尺远的地方，没有造成人员伤害或设备损坏。初步调查结果表明，旋风分离器的超压是内部爆燃引起的。该事件因使用真空槽车的输送泵而被归类为第 3 级首层容纳失效，还是因槽车并未连接到原料或产品转移的工艺而被排除在外？ 如上所述，由于正在使用真空槽车输送泵，真空槽车就被视为该工艺的一部分。当旋风分离器“从其外壳中弹出”时，会有物质释放，因此，这是一个过程安全事件。因爆炸造成的直接损失超过 2500 美元，该事件属于第 2 级过程安全事件。	第2级过程安全事件 1.4节，适用性 1.2节，第2级定义

表 C-12 直接损失：过程安全事件示例和问题

直接损失：示例或问题	第 1 级或第 2 级
C. 12-1 一台泵的密封失效，导致物料泄露着火，大火被迅速扑灭，没有造成人员伤亡。然而火灾导致一些仪表和绝热材料损坏，需要进行检修和更换，根据损坏程度和范围判断，修复需要 8,500 美元，修理、更换和清理的总费用将达 20,000 美元。这是第 1 级还是第 2 级过程安全事件？ 这是第 2 级过程安全事件，因为火灾导致的直接损失超过第 2 级阈值 2,500 美元，低于第 1 级阈值 10 万美元，且密封更换的费用还不包括在直接损失中——直接损失仅包含因火灾损坏设备的维修和更换费用，不包括导致火灾的设备故障维修费用。直接损失计算也不包括确定损坏程度和必要维修的工程或检验费用。	第2级过程安全事件 1.2节，第2层定义术语表，直接损失定义。
C. 12-2 一条 4 英寸的氢气输送管线穿过了冷却水塔附近区域，因受水汽影响管线外部发生了腐蚀，导致泄漏并立即被点燃着火。夜班人员发现蓝色火苗后，便对管线进行了隔离和泄压处理，因火焰喷射方向向上且没有影响到其它任何设备，未造成损失。在对管线进行现场检查，评估是否可以进行临时性维修时，工作人员发现超过 300 英尺长的管道都已发生严重形变，必须进行更换，目前无法恢复使用，这段管线的更换费用将超过 10 万美元。这是第 1 级过程安全事件吗？ 这不是第 1 级或第 2 级过程安全事件。管道的损坏不是由于火灾造成的，根据定义，如果元件失效不是因为泄漏造成的，且火灾也未造成该元件进一步损坏，那么该元件的修理或更换费用不应作为泄漏事件的损失。公司可将该事件定义为第 3 级过程安全事件的其他泄漏事件。	不是第1级或第2级过程安全事件 术语表，直接损失定义。
C. 12-3 H₂/CO 部分氧化器(气化器)停车后，氧气管线未进行高压氮气吹扫。导致来自气化器的热合成气与位于气化器和氧气管道止回阀之间的剩余氧气继续反应，并在氧气进料管线到止回阀之间发生内部爆炸，导致管线破裂。事故导致约 350 磅合成气泄漏(低于第 1 级阈值量)，一名人员因为烧伤及管道碎片受伤就医。管线和止回阀的维修费用为 175,000 美元，除了管线损坏导致合成气泄漏外，没有其它的损失。	第1级过程安全事件 术语表，直接损失定义。 1.2节，第1级定义

直接损失：示例或问题	第 1 级或第 2 级
这是第 1 级过程安全事件，因为直接损失超过第 1 级阈值 10 万美元。根据定义，如果元件失效是由于内部/外部爆炸或超压导致的，直接损失应包含导致泄漏的失效元件的维修费用。	
C. 12-4 反应器在加热有机金属过程中发生过热分解反应，导致反应器发生 BLEVE 和物料泄漏，泄漏量低于第 1 级阈值。除了反应器损坏(更换/修理费用为 225,000 美元)外，没有人员受伤，也没有造成其它的损失，公司已决定不更换或修理损坏的反应器。这是第 1 级过程安全事件吗？ 这是第 1 级过程安全事件，因为直接损失超过了 10 万美元（第 1 级阈值）。根据定义，如果元件失效是由于内部/外部爆炸或超压导致的，无论是否需要维修,直接损失都应包括导致泄漏的失效元件的维修费用。	第1级过程安全事件术语表，直接损失定义。 1.2节，第1级定义

表 C-13 官方宣布的疏散或就地避难：过程安全事件示例和问题

官方宣布的疏散或就地避难：示例或问题	第 1 级或第 2 级
C. 13-1 少量有恶臭气味的物料(低于第 2 级阈值)因换热器列管泄漏进入冷却水系统。物料在凉水塔处扩散到大气中。由于外面有明显的气味，虽然官方认为没有必要在就地避难，但一名小学教师因为有恶臭的通知，仍然决定不进行室外的课间休息。这是第 1 级还是第 2 级过程安全事件？ 这不是第 1 级或第 2 级过程安全事件。学校老师非常谨慎，决定不进行室外的课间休息，这不构成正式宣布的就地避难或疏散。工厂可以选择将此事件记录为第 3 级过程安全事件的其他泄漏事件。	不是第1级或第2级过程安全事件 1.2节，第1级定义 1.2节，第2级定义 术语表，官方宣布定义
C. 13-2 炼油厂卸车过程中泄漏了小于 1 磅的氟化氢气体，被现场探测器检测到并触发装置应急响应报警。一名住在附近的下班警察建议邻居撤离，因为“像这样的警报意味着炼油厂有异常。”这是第 1 级还是第 2 级过程安全事件？ 这不是第 1 级或第 2 级过程安全事件。在这种情况下，该警官是作为一个普通公民提出预防措施，而不是官方宣布的就地避难或疏散。 工厂可以选择将此事件记录为第 3 级过程安全事件的其他泄漏事件。	不是第1级或第2级过程安全事件 1.2节，第1级定义 1.2节，第2级定义 术语表，官方宣布定义
C. 13-3 炼油厂发生碳氢化合物泄漏事件，导致厂外出现恶臭味。当地高中的许多师生表示他们因气味感到不适，有几个人去了当地的急诊室，但所有人经诊断后都认为无需治疗或住院。学校领导对学校进行了疏散，所有学生和教职工当天均已离校。据估计，本次碳氢化合物泄漏量未超过第 1 级或第 2 级阈值量，警方、当地应急人员、当地应急管理官员或者炼油厂应急管理人员都没有宣布疏散。这是第 1 级过程安全事件吗？ 这不是一级过程安全事件。学校领导无权宣布“社区”疏散或就地避难。	不是第1级或第2级过程安全事件 1.2节，第1级定义 术语表，官方宣布定义

表 C-14 异常排放：过程安全事件示例和问题

异常排放：示例或问题	第1级或第2级
C. 14-1 当储罐满罐或被阳光照射加热后，碳氢化合物蒸汽通常会从呼吸阀(PVV)或固定顶罐的排气口释放出来。此类情况是一起泄漏事件及可能是过程安全事件？ 此类常规排放与罐内充装量和大气温度变化相关，这种情况通常是允许的。被授权或合规的释放源常规排放不属于本指南的范围，故此常规排放不属于过程安全事件。	不是第1级或第2级过程安全事件 1.4节，适用性
C. 14-2 工艺炉允许排放 SO_x，工艺波动导致点火用燃料气中的硫浓度高于正常值，进而导致排放的 SO_x 超过允许限值，但没有产生其它后果。这是一起泄漏事件及可能是过程安全事件？ 被授权或合规的释放源正常排放不在 API 754 的范围内。根据以下四个条件来评估是否属于异常排放，以确定事件是否为过程安全事件。如果事件导致： (1) 地面液滴积聚； (2) 排放到潜在的不安全位置； (3) 现场就地避难或现场疏散，不包括预防性就地避难和预防性疏散； (4) 公共预防措施(如道路封闭)，包括预防性公共保护措施， 则被视为工艺安全事件。 如果在任意 1 小时内的异常排放量超过附录 A 中的阈值并且满足上述一个或多个条件，则该事件将被归类为第 1 级或第 2 级过程安全事件。 由于排放的硫化物未导致任何不良后果，因此不属于过程安全事件。	不是第1级或第2级过程安全事件 1.4节，适用性 术语表，异常排放定义 1.2节，第1级定义 1.2节，第2级定义
C. 14-3 在承包商进行例行性的 LDAR（设备泄漏检测和修复）检测时发现一处阀门填料泄漏 VOC（挥发性有机化合物），泄漏量为 10000ppmv。是否是泄漏事件及可能是过程安全事件？ 根据定义，这种释放将被视为逸散性泄漏，由 LDAR 项目管理。被授权或合规的释放源正常排放不属于本指南的范围，因此，这种合规的释放不属于过程安全事件。 但发生泄漏元件应按照美国环保署对 LDAR 项目的要求进行记录和维修。	不是第1级或第2级过程安全事件 1.4节，适用性

异常排放：示例或问题	第1级或第2级
C. 14-4 丙烯槽车卸车站设计将卸车软管中的残余丙烯排放到大约 100 英尺高的大气中。由于丙烯卸车频繁，允许高空排放丙烯。在对该工艺进行 PHA 分析期间，PHA 团队分析到卸车过程中排气阀有泄漏的可能。作为减缓措施，PHA 团队建议：1) 增加一个限流孔板，2) 增加一个分离罐，3) 进行扩散模拟分析。 根据排气阀可能的泄漏范围，以及阀门全开的场景，扩散模拟分析结果表明，丙烯泄漏后从 100 英尺高的排放口排放不会对厂内人员或厂外社区造成危害。 某一次卸车后，操作人员忘记关闭软管排气阀，在后续的卸车中，均未发现该错误，导致液态丙烯排放到大气中。泄漏到大气中的丙烯蒸气量超过了第 1 级阈值，但没有导致地面液滴积聚、现场就地避难、疏散、公共保护措施等后果，并且之前已证明是排放到了安全的位置。这是第 1 级过程安全事件吗？ 这不是第 1 级过程安全事件。此次排放确实满足了异常排放的定义，因此可以评估其是否可能被归为第 1 级或第 2 级过程安全事件。尽管泄漏量超过了第 1 级过程安全事件阈值，但泄漏并未导致四个条件之一。因此，不应定义为第 1 级过程安全事件。	不是第1级或第2级过程安全事件 1.4节，适用性术语表，异常排放定义 1.2节，第1级定义
C. 14-5 停靠并连接到装船工艺设施过程中，将对原油船的船舱进行手动排气，以泄放船舱内的压力，这属于正常操作。在一定的天气条件下(如风向和风速)，对空排放操作是允许的。操作人员在没有率先检查天气条件是否符合要求的情况下，手动对船舱进行排气，排放量超过第 1 级阈值。排气时，天气条件不符合要求，释放的气体云扩散到气体探测器(20% LEL)监控的不安全位置，导致工厂紧急停车，除此之外没有造成任何其它后果。这是过程安全事件吗？ 这是第 1 级过程安全事件。船舱的排气不符合许可要求。因此，该事件符合异常排放的定义。根据 1.2 节，需要评估异常排放可能是第 1 级或第 2 级过程安全事件。因为气体排放到了不安全的位置，并且排放量超过第 1 级阈值，该事件被视为第 1 级过程安全事件。	第1级过程安全事件 1.4节，适用性术语表，异常排放定义 1.2节，第1级定义

表 C-15 辅助设备、等候阶段或在用仓库：过程安全事件示例和问题

辅助设备、等候阶段或在用仓库：示例或问题	第1级或第2级
C. 15-1 “过程”的定义是否包括设备的消耗品(例如液压制动器的液压油、发动机/马达的润滑油)？此类消耗品的泄漏是否应包含在报告范围内？报告范围是否仅限于加工过的物料(如烃类气体)和加工所添加的助剂，还是包括所有“过程”的物料？ “过程”范围的定义已经非常广泛，但不可否认装置中仍存在部分与“过程”无关的设备和操作内容。须报告范围包括了过程中任一部分，包括所有现场存储或在用仓库中的物料。 上文中提到的消耗品（液压油、润滑油等）包括在报告范围内的前提是其泄漏发生在辅助设备(参见术语表)上。辅助设备要成为报告范围的一部分就必须与泄漏的过程相关。移动式 and 固定式设备的现场加油操作期间发生的泄漏不在报告范围内（参考 1.4 节，12 行）。	1.4 节，适用性 术语表，过程定义 术语表，辅助设备定义
C. 15-2 在装置大修期间，原油从用于设备排液的 frac 罐中溢流超过第 2 级阈值量。该泄漏发生时，frac 罐正在工艺区域内等待运输至处理设施，但未连接到工艺。这是第 2 级过程安全事件吗？ 这不是第 2 级过程安全事件。frac 罐没有连接到工艺，而是在等待运输进行处理或回收。frac 罐已经从工艺的一部分(在连接时)转变到运输模式。该案例就像使用真空槽车运输物料，槽车并未进行装车、排液或使用其输送泵的情况。公司可以将其记录为运输事件。 其他场景： frac 罐不是正在等待运输到处理装置，而是在等待运输到原油罐，待装置大修完毕后将物料重新装入工艺系统。在这种情况下，即使 frac 罐没有与工艺连接，但也将被视为现场存储，泄漏可作为该炼油厂的第 2 级过程安全事件。	不是第2级过程安全事件 1.4 节，适用性 第2级过程安全事件 1.4 节，适用性 1.2 节，第2级定义
C. 15-3 一名操作人员在夜班用叉车从仓库中取出一个装有反应物的中型散装容器(IBC)，用于 3#反应器的生产。从存储架上叉出来时，IBC 从叉车货叉上滑落，翻倒在地，顶盖打开，里面的反应物泄漏出来。这是过程安全事件吗？ 这种情况下的仓库符合“在用仓库”的定义（即存储生产所需或所得的原料、中间品或产品的在用仓库）。在用仓库是工艺的一部分，会发生非计划或	可能是第1级或第2级过程安全事件 1.4 节，适用性 术语表，在用仓库定义

辅助设备、等候阶段或在用仓库：示例或问题	第1级或第2级
不受控的物料泄漏，泄漏的后果需要与第1级和第2级后果进行比较，以确定其是第1级过程安全事件还是第2级过程安全事件。	1.2节，第1级定义 1.2节，第2级定义
C.15-4 因灭火系统误动作，卤化烃气体泄漏到保护设备房间。卤化烃气体属于UNDG第2类2.2项窒息物。泄漏体积超过了第2类2.2项物质室内泄漏量的第1级阈值。这是第1级过程安全事件吗？ 这不是第1级过程安全事件。灭火系统属于减缓设备，不与工艺连接。因此，根据定义，这不是工艺过程中的非计划或不受控释放。 注意：在某些地方，卤化烃气体排放可能需要向官方有关部门提交环境报告。	不是第1级过程安全事件 1.4节，适用性 1.2节，第1级定义术语表，UNDG第2类2.2项
C.15-5 在将乙酸桶从箱式拖车卸载到在用仓库时，其中一个桶被刺破，在箱式拖车内泄漏了417磅乙酸。乙酸具有多种危害，依据造成皮肤腐蚀(1A)属于TRC-8物质，依据闪点39℃属于TRC-7物质。这是过程安全事件吗？ 这是第2级过程安全事件。根据定义，在用仓库是工艺的一部分，将桶从拖车上卸下来的动作已经“连接”了箱式拖车和工艺，417磅的泄漏量超过了TRC-7物质的第2级室内阈值的量。	第2级过程安全事件 1.4节，适用性 术语表，在用仓库定义 1.2节，第2级定义
C.15-6 一桶原料从在用仓库内一个区域转移到另一个区域。当被放置在仓库外的装卸站时桶翻倒，泄漏出超过第2级室外阈值的易燃液体。这是过程安全事件吗？ 这是第2级过程安全事件。根据定义，在用仓库是工艺的一部分，该泄漏为非计划或不受控释放，且超出了第2级室外阈值。	第2级过程安全事件 1.4节，适用性 术语表，在用仓库定义 1.2节，第2级定义

表 C-16 责任方：过程安全事件示例和问题

责任方：示例或问题	第 1 级或第 2 级
C. 16-1 与海运、槽车和铁路罐车运营相关的泄漏事件：一个公司具有 1) 满足“为了原料或产品转移而连接到工艺”的要求；2) 超过了第 1 级或第 2 级阈值量。在对泄漏事件进行分类时，运输的所有权或运营者是否是附加条件？如果运输工具（油轮、驳船、槽车或铁路罐车）由第三方拥有或运营，它仍然是过程安全事件吗？ 海上运输、槽车和铁路罐车运营中涉及的运输设备的所有权以及合同工的参与，与是否构成过程安全事件无关。若设施为他人经营的合资公司，由责任方报告过程安全事件。	1.4 节，适用性 术语表，责任方定义
C. 16-2 设施发生了第 1 级过程安全事件，该设施为 A 公司所有，但由 B 公司运营。谁是责任方，该过程安全事件应该由谁来记录？ 答案取决于双方之间的合同规定。作为合同运营方，B 公司是否也要对设施的绩效负责（即在这种情况下，他们是否应该进行调查并确定和实施整改措施？）。如果“是”，则 B 公司是责任方，由 B 公司记录过程安全事件。如果“否”且 B 公司只是按照 A 公司的指示行事，则 A 公司是责任方，由 A 公司记录过程安全事件。	术语表，责任方定义
C. 16-3 在无人值守的装车站，第三方油罐车操作人员开始为油罐车加油。当操作人员断开连接的装载软管时油罐车的底部阀门保持开着，泄漏出了第 1 级阈值量的易燃液体。这是第 1 级过程安全事件吗？ 这是第 1 级过程安全事件。因为与工艺（即装车臂）断开连接时发生泄漏。虽然第三方油罐车操作人员有义务遵守操作程序（即在断开装载软管之前关闭底部阀门），但他们不是设施的运营者，因此他们不是责任方。 责任方是拥有或经营罐车的公司。该公司建立操作程序，设置预防措施，授权第三方使用设施等。	第1级过程安全事件 1.4 节，适用性 术语表，责任方定义
C. 16-4 承包商进行作业时，与工艺相连的承包商供料罐超压，罐顶被炸飞至 45 英尺远处，落在承包商的二氧化碳供应槽车驾驶室上，造成 15,000 美元的损失。由于这是一项承包商统包工程，公司对本次事件及损失不承担任何合同责任。这是过程安全事件吗？ 尽管承包商代表公司统包，但公司仍是责任方（即负责提供安全、合规和可靠操作的一方），公司应将此事件记录为第 2 级过程安全事件。	第2级过程安全事件 1.4 节，适用性 术语表，责任方定义 1.2 节，第2级定义

C. 16-5 由管道公司拥有、运营和维护的炼油产品管线，其商检计量表位于炼油厂围墙内。 每季度，管道公司对仪表进行检查和校准。在校验期间，流程错误导致达到第 1 级阈值量的易燃液体的泄漏。这是管道公司还是炼油厂的第 1 级过程安全事件？ 这是管道公司的第 1 级过程安全事件。虽然泄漏发生在炼油厂的围墙内，由于该计量表和便携式仪表校验站为管道公司所拥有、操作和维护，故管道公司是责任方，第 1 级过程安全事件由其记录。	第1级过程安全事件 1.4节，适用性 1.2节，第1级定义术语表，责任方定义
C. 16-6 A 公司拥有一条已停用 2 年的管道。管道从 A 公司的设施连接到政府拥有的海运码头。为拆除该管道，A 公司使用清管器对其进行清理作业。在此操作过程中，由于管道组件故障，一小时内泄漏了 23 桶的 TRC-8 物质（60° C < 闪点 < 93° C，释放时温度 < 闪点）。故障发生在政府的资产而非 A 公司资产。所有泄漏都被封堵在政府资产的混凝土掩体中。 由于这条管道已经停用多年，没有与工艺过程相连，而且泄漏也没有发生在 A 公司的资产上，这是过程安全事件吗？ 这是 A 公司的第 2 级过程安全事件。一小时内发生了超出附录 A 阈值量的非计划或不受控 TRC-8 物质泄漏。 尽管该管道已停用多年，且没有连接到工艺过程中，但它仍然是工艺设备。此外，A 公司是责任方，与泄漏是否发生在政府资产上无关。	第2级过程安全事件 1.4节，适用性 术语表，责任方定义 1.2节，第1级定义
C. 16-7 两家管道公司共享管道管廊，管道由各自分别拥有和运营。A 公司的管道发生泄漏引发第 1 级的火灾和爆炸，并导致 B 公司的管道发生第 1 级泄漏，两家公司都符合 API RP 754 附录 A 的要求。这是一起还是两起第 1 级过程安全事件，由谁来记录？ 在这种情况下，有两个责任方。两家管道公司都是各自管道的责任方，都发生了泄漏，导致第 1 级后果。因此，两家公司都要记录第 1 级过程安全事件。A 公司的泄漏和火灾是 B 公司泄漏的诱因，但这并不意味着 B 公司的泄漏是前一个事件的延续。 其他场景： 如果两条管线归同一家公司所有且两起泄漏影响了相同的人员和设备，则只有一个责任方且只记录一个第 1 级过程安全事件。	第1级过程安全事件 1.4节，适用性 术语表，责任方定义 1.2节，第1级定义 第1级过程安全事件 1.4节，适用性 术语表，责任方定义 1.2节，第1级定义

附录 D 阈值释放类别在多组分释放中的应用

D.1 概述

首层容纳失效场景中涉及的许多流股会包含多个组分，这些组分可能涵盖多个阈值释放类别，下文为确定这些流股的阈值释放类别提供了指导。

在确定阈值释放类别时，公司可以选择泄漏发生时实验室分析所得的物质特性，或者使用安全数据表中记录的特性，公司应该对所有的泄漏（LOPC）采取一致的方法。

D.2 含有有毒成分的气体或蒸气

毒性吸入危害 (TIH) 物质通常仅作为发生泄漏的气体或蒸气流股的一个组分。在大多数情况下，TIH 物质对人体健康的影响与释放流股中的其他组分无关，流股中多种 TIH 物质的作用是叠加的。

因此，对于包含 TIH 物质的气体或蒸气流股的泄漏，以该 TIH 物质的释放量作为是否达到第 1 级或第 2 级释放阈值的标准。如果流股中有多个 TIH 组分，则计算各单组分的释放量阈值的百分比并求和，当总和百分比超过 100% 时，达到与 C.5-1 例子一样的释放阈值。

D.3 易燃气体

气体与空气混合时，要么可燃，要么不可燃。不能将多组分流股分为易燃和非易燃组分，以确定易燃组分是否超过易燃气体释放的阈值。含有惰性成分的气体与空气混合时，其可燃范围可能比单可燃组分更狭窄，但只要与空气混合的气体含有任何比例的可燃组分，流股都应被视为可燃气体 (TRC-5)。图 D-1 为甲烷-氮气混合物的可燃极限，可以用来表示任何甲烷和氮气的混合物，当氮气含量大于约 81% 时，任何浓度的甲烷与空气混合都不能形成可燃混合物。

有人已经发表了多组分复杂混合物的可燃性区域的边界的估算方法[46]。

D.4 窒息性气体(UNDG 第2类, 2.2节项[非易燃, 无毒气体])

一些气体的泄漏不能造成毒性吸入危害或易燃危险, 但能够产生对人类生命氧气不足的气体环境。人类在缺氧环境中生存的能力取决于氧气浓度和暴露时间长短。当氧浓度低于12%时, 会出现暂时性的精神能力损害。含氧量小于12% (体积分数) 的多组分气体属于窒息性气体 [UNDG 第2类 2.2项(非易燃, 无毒气体)], 为第1级和第2级的 TRC-7。

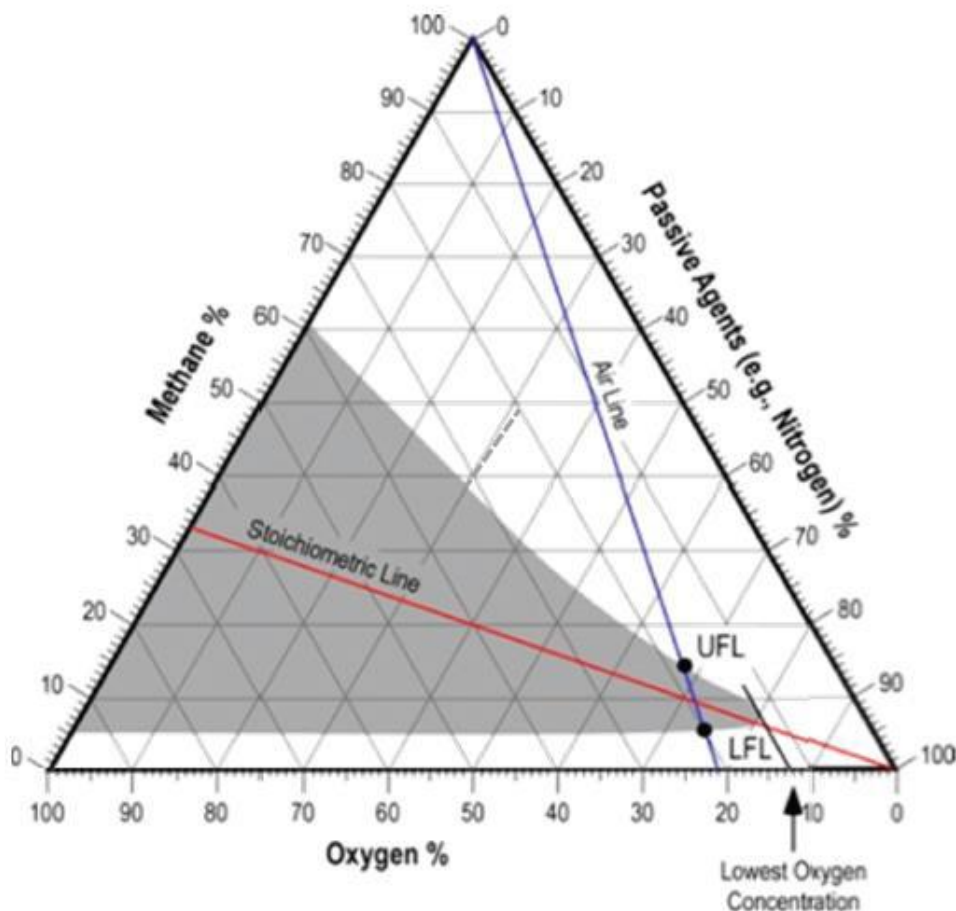


图 D-1 甲烷、氮气和氧气混合物的爆炸极限

以 95%氟利昂 22 和 5%氧气的混合物为例。纯氟利昂和纯氧气都不具有任何阈值释放类别所列的危害, 但它们的混合物释放后能够形成窒息环境, 一小时或更短的时间内释放超过 2000kg 的氟利昂-氧气混合物属于第 1 级过程安全事件。

D.5 含有毒性吸入危害 (TIH) 的闪蒸液流

露天条件下，多组分液体流的泄漏可以释放 TIH 物质至大气中。需要通过闪蒸计算，确定释放的 TIH 物质是否已经达到该物质的阈值量，与液体本身的阈值量无关，参见表 C-1, 过程安全事件例子和问题的 C.5-2、C.5-4。

D.6 易燃液体

使用多组分液体流的闪点、标准状态下的沸点和释放时的温度来确定附录 A 中的释放量阈值。不需要明确流股中各组分比例来确定其可燃性特性。

D.7 含有易燃和惰性液体(如水)的多组分液体流

D.7.1 具有明显可燃液相的液体流

当释放流股的可燃组分呈明显液相时，该液体的阈值量适用于该相。烃类 and 水的混合物通常就是这种情况，它们会很快分离成两个不同的相，一个烃类相和一个水相。

例如，在油水分离罐上的脱水阀打开时，水和油会以不同的相被释放出来。

D.7.2 可燃组分溶解在惰性液体(如水)中的液体流

当释放液体流的可燃组分溶解在惰性液体中时，液体流的阈值释放量通过液体流的总体可燃性来确定，不再以单可燃组分的释放量是否达到阈值为标准。

例如，水和甲醇完全互溶，不会因重力作用而分离。含有 3% 甲醇的液体流没有闪点，就可能不具有任何第 1 级或第 2 级的释放量阈值类别所列的危害，也就没有对应的释放量阈值。如果将甲醇浓度提高到 15% 左右，该流体的闪点就低于 93°C (200°F)，符合第 2 级 1000kg (2200 磅) 或 7 桶的释放量阈值，在这种情况下，应将释放量与 1000kg (2200 磅) 或 7 桶的阈值相比较得出结论。

D.7.3 可燃组分和惰性液体(如水)形成稳定乳状液的液体流

当释放液体流的可燃组分和惰性液体形成稳定乳状液(即在释放条件下稳定一小时或更长时间)时,液体流的阈值释放量以乳状液的总体可燃性来确定,不再以单可燃组分的释放量是否达到限值为标准。

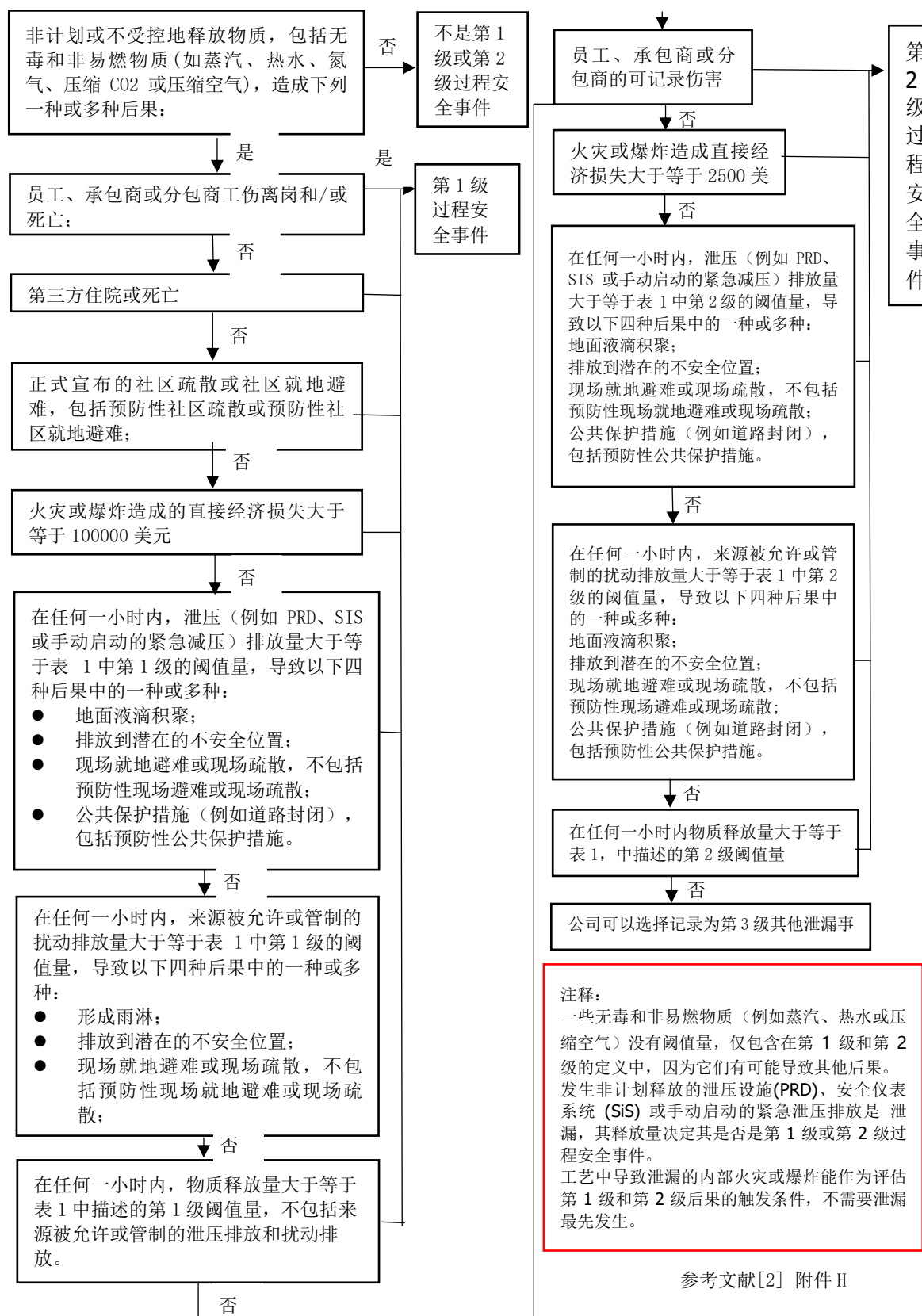
离心泵排出的水-油混合物以及乳化剂(如肥皂),可以形成稳定的乳状液,这种乳状液长时间内不会分层。该液体流一旦释放,整个乳化流股的特性就作为表 1 和表 2 中流股的特性而非单一流股组分的比较。

D.8 溶液

溶液是只由一种相组成的均相混合物,一种物质(溶质)溶解在另一种物质(溶剂)中。

用溶液的特性确定释放液体流的释放阈值类别。当溶液的特性或危害未知时,公司可以分别参考溶质和溶剂的特性和危害以及释放量来确定释放阈值类别和释放阈值量。

附录 E 第 1 级和第 2 级过程安全事件判定决策逻辑树



参考文献[2] 附件 H

图 E-1 第 1 级过程安全事件和第 2 级过程安全事件判定逻辑树

修订历史

发布日期	版本	变化
2007-12-15	1.0	CCPS和工业界初次合作。
2011-2-15	2.0	更新了CCPS指南使其与2010年发布的 API RP 754保持一致，该版本的更新在CCPS成员公司和API的共同努力下完成。
2018-4-16	3.0	再次更新了CCPS指南使其与2016年发布的API RP 754第二版保持一致，该版本的更新在CCPS成员公司和API的共同努力下完成。
2019-2-26	3.1	发现并更正了表1-1中的一个印刷错误：“火灾或爆炸事故导致公司的直接损失大于或等于2,500美元，最高至100,000美元。”
2019-4-22	3.2	发现并更正了若干印刷错误。
2021-10-26	4.0	更新指南使其与2021年发布的API RP 754第三版保持一致，其中包括更新等级(Tier)符号的注释和阈值量，添加GHS标准，详细示例，新的网站链接，新的参考文献，根据需求更新术语词汇表、图片、表格、附录以及小的排版和措辞。

附加说明

2006年，CCPS技术指导委员会授权成立一个项目委员会，为先导和滞后过程安全指标的建立和使用制定指南。CCPS指标委员会指出，化工业的一个关键突破机会在于开发行业的先导和滞后指标，这些指标可用于为整个化工和石油行业建立过程安全性能标杆。为实现这一目标，来自各大化工和石油贸易协会以及其他重要的全球利益相关方的代表和成员参与到制定中。

CCPS指标委员会的努力成果于2007年发布，许多公司开始使用这些定义，同时也奠基和建立了新的ANSI/API推荐实践API RP 754，CCPS和原CCPS指标委员会的几位成员也参与了开发API RP 754的API标准委员会。API RP 754于2010年定稿并发布，2011年，在新API RP 754发布后，CCPS更新了其2007年指南，使CCPS指南与API RP 754保持一致，以确保公司和组织可以使用CCPS或API文档作为最权威的过程安全事件定义，从而能够统一事件分类。

2016年4月，API发布了API RP 754的第二版，包括阐明以前的定义、添加新定义、纳入可选的严重性加权指南以及修订第1级和第2级阈值。由于2006 CCPS项目的最终目标是在全球范围内的整个化工行业和全球范围内开发和推广通用指标，因此，在2018年CCPS再次更新了本指南，使其与API RP 754保持一致，为化工行业通用性能指标的应用继续提供支撑。

2021年，API和CCPS根据化工公司和贸易协会的反馈更新指标。