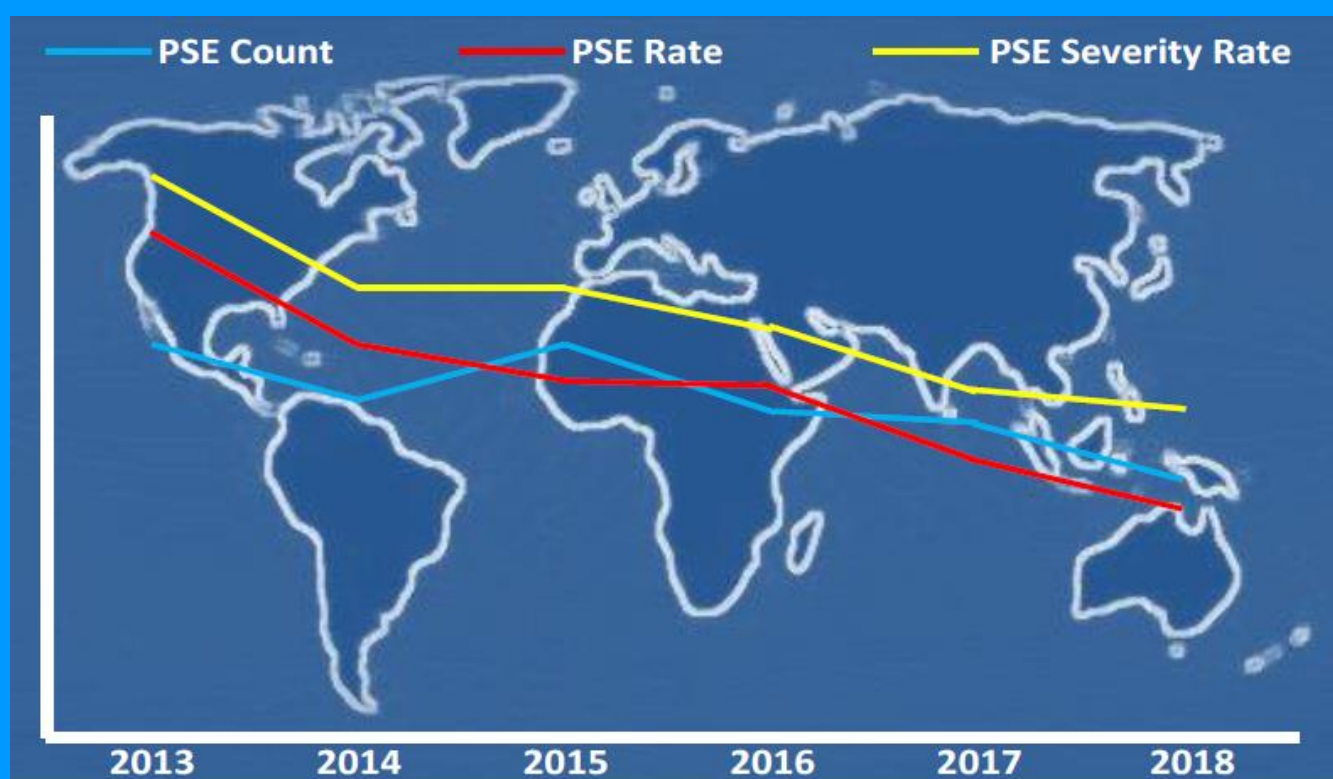




过程安全指标

选择领先和滞后指标的指南



目 录

缩略语

前言

1. 导言
- 2 过程安全指标概述
 - 2.1 工艺安全事故认定
 - 2.2 工艺安全指标标准
 - 2.2.1 涉及的过程
 - 2.2.2 报告限值
 - 2.2.3 地点
 - 2.2.4 急性释放
 - 2.3 过程安全事故流程图
 - 2.4 不适用的范围
- 3 第一级过程安全事件指标
 - 3.1 第一级指标 目的
 - 3.2 第一级过程安全事件限值
 - 3.3 第一级过程安全事件严重性等级
- 4 第二级过程安全事件指标
 - 4.1 第二级指标的目的
 - 4.2 第二级过程安全事件限值
- 5 过程安全事件的一级和二级指标的汇报流程
 - 5.1 比率调整后的指标
 - 5.2 行业性的过程安全指标
 - 5.3 过程安全事件（PSE）指标的解释和例子
- 6 第三级侥幸事故指标
 - 6.1 第三级指标目的
 - 6.2 过程安全侥幸事故的定义
 - 6.3 工艺安全侥幸事故实例
 - 6.3.1 保护层面临的挑战
 - 6.3.2 工艺偏差或偏移
 - 6.4 侥幸事故管理系统
 - 6.5 最大程度地发挥侥幸事故报告的价值
- 7 第四级操作纪律和管理体系绩效指标
 - 7.1 第四级指标目的

- 7.2 事件因果关系模型
- 7.3 降低过程安全风险
 - 7.3.1 界定操作纪律
 - 7.3.2 操作纪律对风险的影响
- 7.4 保护层方法
- 7.5 基于风险的过程安全方法
 - 7.5.1 “过程安全承诺”支柱中的例子
 - 7.5.2 “了解危险和风险”支柱中的例子
 - 7.5.3 “管理风险”支柱中的例子
 - 7.5.4 “汲取经验”支柱的例子
- 7.6 人为因素
 - 7.6.1 过程安全体系审核的实例
 - 7.6.2 疲劳风险管理中的例子

8. 参考资料

附录

- A 术语和定义
- B 过程安全事件 (PSE) 指标的详细例子

缩写词

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
CCPS	化工过程安全中心
COO	运营的业务行为
DGL	危险物品清单
DOT	美国交通部
EHS	环境、健康和安全
ITPM	检查、测试和预防性维护计划
LOPC	初级封闭性丧失
MOC	变更管理
OD	操作纪律
PRD	泄压装置
PSE	过程安全事件
PSE1	第一级过程安全事件
PSE2	第二级过程安全事件
PSE1R	过程安全事件率 - 第一级指标
PSE1SR	过程安全事件严重程度率 - 第一级指标
PSE2R	过程安全事件率 - 第二级指标
PSI	过程安全事故
PSIE	过程安全事故评估工具
RBPS	基于风险的过程安全
SIS	安全仪表系统
TIH	有毒吸入危害
TQ	限值
U. S.	美国
UNDG	联合国危险货物

前言

化学过程安全中心（CCPS）是由美国化学工程师协会（AIChE）于 1985 年成立的，其明确的目的是迅速协助工业界预防或减少过程事故，并帮助有效管理过程安全风险。今天，全球有 200 多家企业会员推动在 CCPS 的活动。

2006 年，CCPS 技术指导委员会授权成立了一个项目委员会，负责开发和使用领先和滞后过程安全指标的指南。该委员会认为，对工业界来说，一个关键的突破性机会是制定行业领先和滞后的指标，可用于整个化工和石油行业的过程安全绩效衡量基准。为了实现这一目标，主要的化工和石油行业协会以及其他主要的全球利益相关者的代表和成员都参与了进来。

CCPS 在 2006 年工作的成果已于 2007 年 12 月公布。许多公司和组织使用了 2007 年制定的定义。这些定义构成了新的 ANSI/API 推荐规范的基础 - API RP 754: *炼油和石油化工行业的过程安全绩效指标*。该推荐性规范已于 2010 年 4 月最终确定并发布。CCPS 和原 CCPS 指标委员会的几位成员参与了 API 标准委员会制订 API RP 754 的工作。

2011 年，在 API RP 754 发布后，CCPS 更新了 2007 年的指南，使 CCPS 指南与 API RP 754 保持一致。其目的是为了确保公司或组织可以使用 CCPS 或 API 文件中的顶级过程安全事件定义，从而对事件进行一致的分类。

2016 年 4 月，API 发布了 API RP 754 的第二版，包括澄清了以前的定义，增加了新的定义，加入了可选的严重性加权指导，并修订了第一级（Tier 1）和第二级（Tier 2）的限值^[1]。由于 2006 年 CCPS 项目的最终目标是制定并在整个行业和全球范围内推广使用通用指标，因此 CCPS 再次更新本指南，使其与 API RP 754 保持一致，以继续支持行业通用绩效指标。

认识到业绩指标的不断发展，CCPS 已经为过程安全指标和许多其他报告创建了一个常青的网页资源。CCPS 网页包含了各种资源、研究、公告和其他出版物的链接，并将不断刷新，以提供最新的工艺安全业绩指标的信息和资源。欲了解更多信息，请访问 CCPS 指标网页，网址是：[CCPS 指标](http://www.aiche.org/ccps)。

1

引言

CCPS 成员公司对全行业的工艺安全指标有共同的愿景，包括一套共同的定义和临界值水平，通过提供一个机制，为单个公司和整个行业提供服务：

- 表明公司或行业绩效的变化，用于推动绩效的持续改进
- 进行公司与公司或行业部门与部门之间的基准测试，以及
- 作为可能导致不良事件的潜在工艺安全问题的主要指标

这一应对，部分原因是英国石油公司美国炼油厂独立安全审查小组（“贝克小组”）和美国化学品安全委员会，在处理 2005 年英国石油公司德克萨斯市炼油厂爆炸事件的最后报告中分别提出建议来改进全行业的工艺安全指标^[2, 3]。如本报告所述，工艺安全指标被分为不同的级别，每个级别都用“指标”来衡量，而每个级别的指标都是可以监控和评估的。因此，公司的工艺安全绩效可以通过对工艺安全指标评价的改变而得到改善。

如前所述，任何持续改进计划的一个基本要素是对绩效数据的测量和趋势性分析。因此，为了持续改进工艺安全绩效，化工和石油行业的公司必须实施有效的领先和滞后过程安全指标。这些指标的特点如下^[1]：

可靠性：它们是可以客观或不偏不倚的尺度来衡量的。要做到可测量，指标必须是具体的、离散的。

可重复性：具有可重复性。类似的条件会产生类似的结果，不同的训练有素的人员测量同一事件或数据点会得到相同的结果。

一致性：单位和定义在整个公司内是一致的。当公司的一个领域的指标与另一个领域的指标进行比较时，这一点尤为重要。

不受外部影响：该指标引导出正确的结论，不受外部压力的影响，不受具体结果的影响。

相关性：指标与公司的经营纪律相关。该指标与被测的操作纪律或管理体系相关；当指标超出预期范围时，它们有目的性，并导致可操作的反应。

可比性：该指标与其他同类指标具有可比性。可比性：该指标与其他类似指标具有可比性。可比性可以是在一段时间内、在整个公司或整个行业内的可比性。

本指南描述了 CCPS 过程安全度量委员会为一套通用的公司和行业领先和滞后指标所编制的建议。请参考 CCPS 已经发布的关于选择和管理过程安全指标的其他指南^[4, 5]。

有三种类型的度量标准:

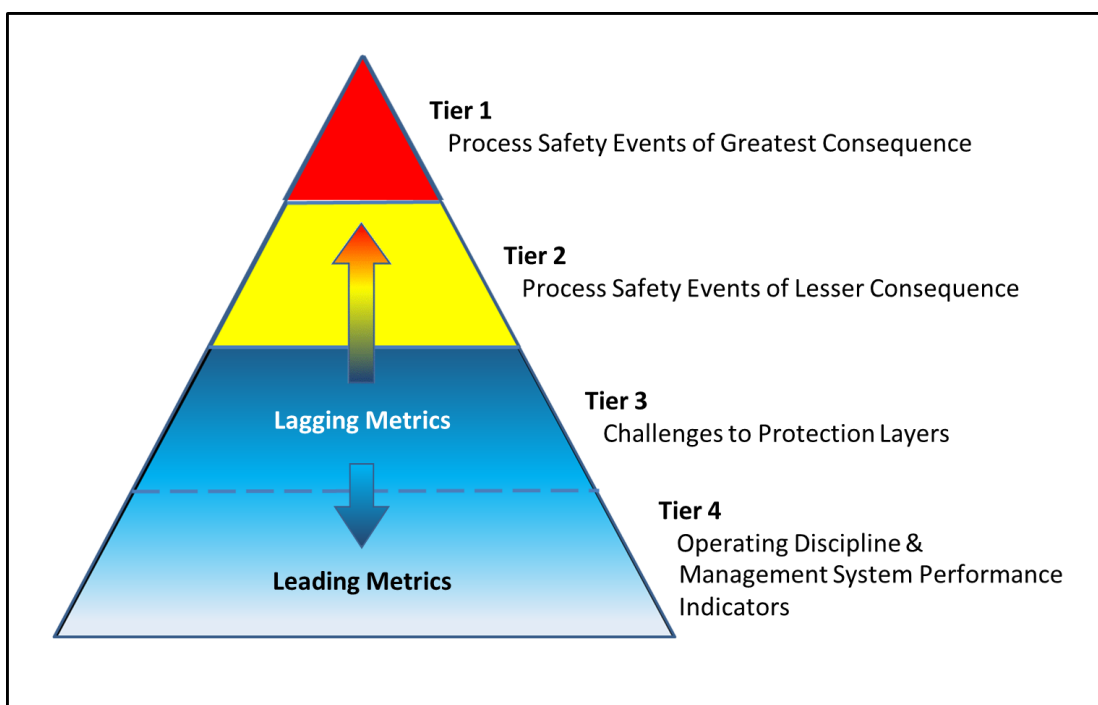
滞后指标 – 基于达到既定严重程度限值的事件的一套追溯性指标。

侥幸(事故)指标 – 基于几乎没有后果的事件(即, 回顾性指标, 滞后指标), 或来自于主动的系统性能评估和观察(即, 前瞻性指标, 领先指标)。

领先指标 – 一组前瞻性的指标, 表明关键工作流程、操作纪律或保护层的性能, 有助于预防潜在事故的发生。

这三种类型的度量指标可以看作是图 1 所示的事故三角形的不同层次的度量。根据已经发生或可能发生的事实的严重程度, 该三角形被划分为四个独立的级别。这些级别与 API RP 754^[1]中指出的四个级别相对应, 后果最大的事件发生在第一级(即滞后指标), 而主动绩效评价发生在第四级(即领先指标)。请注意, 没有明确的界限来区分第三级或第四级的指标, 因为将它们区分为领先或滞后的指标是不明确的, 这取决于组织的过程安全计划的成熟度^[6]。

本指南将更详细地介绍这些层级以及用来衡量和评价它们的指标。强烈建议所有公司选择每个 Tier 的指标来帮助他们监控其过程安全绩效。通过基准共享信息, 每个人都可以帮助推动整个行业的过程安全绩效的持续改进。可以根据过程安全要素来选择度量指标, 如基于风险导向的过程安全(RBPS)二十个要素^[7]。本指南稍后将详细介绍这些要素中每个要素的推荐指标。



注:

- 第三级，保护层面临的挑战；包括侥幸事故。
- 第四级，操作纪律和管理体系绩效指标；包括主动评价和持续改进工作，如操作纪律调查^[8]、管理评审^[7]、过程安全管理体系审核^[9]、现场观察（如行为观察）等。

图 1 - 事故三角形：级别和其对对应指标类型

第一级 - 工艺安全事故术语

本节介绍了用于指定工艺安全事故和事件的术语, 并提供了关于识别事故的标准指导, 如涉及到什么工艺、报告阈值是什么、事故发生的地点(其位置)以及什么被认为是急性释放。本节还提供了一个流程图, 可用于根据释放的严重程度来帮助识别事故。请注意, 在确定领先和滞后的过程安全相关指标时, 有些事件被排除在外, 不应包含在内。

2.1 过程安全事故的认定

过程安全风险与管理体的目标是通过识别过程中固有的危险物质和能量, 确定如何有效地管理与这些危险物质和能量相关的风险, 然后有效地维持既定的过程安全方案, 从而提高过程安全性能。该计划的主要目标是“管住它”, 防止危险物质或能量失去遏制, 从而帮助防止灾难性事故的发生。2008年CCPS原来的术语过程安全事故(PSI):

工艺安全事故/事件: 潜在的灾难性事件, 即涉及到危险物料的泄漏/封闭性丧失的事件, 可能导致大规模的健康和环境后果。

变成了 API RP 754 一级工艺安全事件(PSE)的基础^[1, 10], 本指南第3节中有进一步的描述。

API RP 754 包括了三个额外的、后果程度比一级过程安全事件轻微的层次。原始的CCPS PSI与API的一级或二级过程安全事件之间的区别在于封闭性丧失后果的严重程度。第一级过程安全事件超过一个限值(它是灾难性的), 而第二级过程安全事件提供了一个最小和上限的限值范围(并用于规范行业指标)。关于第一级和第二级限值的具体指导意见分别在第3节和第4节中介绍。重要的是要认识到, 第三级和第四级事件的指定- 来自于侥幸事故或主动评估而不是灾难性事故。第6节和第7节分别对第三级和第四级事件进行了更详细的描述。

2.2 过程安全指标标准

本节提供了指导, 用于帮助识别什么是第一级或第二级过程安全事件(PSE)。

2.2.1 涉及的工艺(过程)

如果下列情况属实, 则工艺安全事件符合涉及化学品或化工过程的条件:

过程必须直接参与了所造成的损害。为此, “过程”一词的使用范围很广, 包括现场和非现场设施所需的设备和技术, 包括化工、石化和炼油生产、反应釜、储罐、管道、锅炉、冷却塔、制冷系统等^{[由}

参考文件1和10摘录]。不直接涉及化学品或过程的事故, 例如, 办公楼火灾, 即使办公楼位于设施现场, 也不需要报告。

发生在工艺装置的员工伤害, 但和工艺不直接相关, 是不作为PSE报告的(尽管它可能是监管部门的应报告伤害)。该标准的目的是为了确定那些与工艺安全相关的事故, 把与工艺无关的人员安全事故区别开来。例如, 从梯子上摔下导致的离岗伤害事故, 不能仅仅因为它发生在过程单元而作为过程安全事件报告。但是, 如果是由于化学品泄漏导致的坠落, 则该事故是需要报告的。

2.2.2 报告限值

报告限值取决于释放物料量。初级封闭性丧失（LOPC）事件的定义为^[10]：

初级封闭性丧失（LOPC）：物料从其初级容器中非计划或不受控制地释放出来，这包括无毒和不燃的材料（如蒸气、热冷凝水、氮气、压缩二氧化碳或压缩空气）

API RP 754 对 CCPS 术语的有下列的扩展：从工艺单元的 {这一释放} 导致以下一种或多种后果：

注：只有当蒸气、热冷凝水和压缩空气或液化空气的释放导致限值释放量以外的其他后果之一时，才包括在本定义中。然而，具有联合国危险品（UNDG）第 2.2 项定义的其他无毒、不可燃气体（如氮气、氩气、压缩的二氧化碳）也包括在所有后果中，包括超过限值的释放。

表 1 显示了第一级和第二级过程安全事件的后果类型。 请注意，第一级过程安全事件没有上限，而第二级过程安全事件则有一个范围。

表 1 一级和二级过程安全事件后果的差异

第一级过程安全事件 (PSE1) 的后果 (在第三节中讨论)	第二级过程安全事件 (PSE2) 的后果 (在第四节中讨论)
员工, 承包商或分包商离岗伤害, 和/或收住入院, 和/或第三方人员 (非员工) 死亡	员工, 承包商或分包商可记录伤害
正式宣布的社区疏散或社区就地安置 (包括预防性社区疏散或社区就地避险)	不适用
发生火灾或爆炸, 造成公司直接损失等于或超过十万美元	发生火灾或爆炸, 造成公司直接损失在两千五百至十万美元之间
在任何一小时内, 易燃、可燃或有毒化学品的急性释放量超过表 2 中所述的限值量	在任何一小时内, 易燃、可燃或有毒化学品的急性释放量大于表 4 中所述的阈值数量, 但小于表 2 中所述的限值量
从泄压装置 (PRD) 出口的泄放, 无论是直接排放还是通过下游破坏性装置排放, 导致以下任何一种情况: - 形成雨淋 - 泄放到潜在不安全的地点 - 现场就地避险或现场疏散 (不包括预防性的就地避险或现场疏散) - 公共保护措施 (如封路), 无论是实际的还是预防性的	从泄压装置 (PRD) 出口的泄放, 无论是直接排放还是通过下游破坏性装置排放, 导致以下任何一种情况: - 形成雨淋 - 泄放到潜在不安全的地点 - 现场就地避险或现场疏散 (不包括预防性的就地避险或现场疏散) - 公共保护措施 (如封路), 无论是实际的还是预防性的
注: 1) 一些无毒和不易燃的材料 (如蒸气、热水或压缩空气) 没有临界量, 仅因其可能导致其他后果之一而被列入本定义。 2) 泄压装置 (PRD)、安全仪表系统 (SIS) 或人工启动的紧急减压排放由于释放的非计划性, 属于 LOPC。第一级过程安全事件的确定是基于以下标准。 3) 工艺过程中的初级封闭式丧失导致的内部火灾或爆炸需要进行第一级后果评价。LOPC 不一定要首先发生。	

2.2.3 地点

工艺安全事件符合下列情况下的地点条件:

事故发生在生产、配送、储存、公用设施或中试工厂, 在这些定义下报告指标。这包括罐区、辅助支持区域(如锅炉房和污水处理厂)以及工厂控制的管道输送系统。

在一个地点发生的所有应报告的事故都应由负责该地点运营的公司报告。这适用于可能发生在承包商工作区的事故以及其他事故。

在委托加工和多方现场, 事故发生单位的运营公司应记录事故, 并将其计入 PSE 指标。API RP 754 在 “责任方”和 “现场仓库”的定义中对这一概念作了更详细的说明。

关于与联合国危险品定义相互参照的完整材料清单, 见 [CCPS 指标网页](#)上的 “CCPS 工艺安全事故 (PSI) 评估工具”。

2.2.4 急性释放

“1 小时”规则适用于报告第一级或第二级过程安全事件的目的。通常情况下, 急性释放发生在 1 小时或更短的时间内; 但是, 可能会有一些释放量难以证明其是否在 1 小时内发生的释放量达到阈值。(例如: 由于在转移操作前排放阀开着, 大量的易燃液体从罐体流出或过夜释放到围堰中。可能几个小时后才会被发现, 所以很难知道超过限值量的确切时间。) 如果无法确定释放的时间, 应假定为 1 小时。

对于第一级过程安全事件指定(第 3 节), 在任何 1 小时内, 材料的释放量达到或超过表 2 中所列的报告限值 (TQ)。如果在任何 1 小时的时间内, 释放物未超过表 2 中的限值水平, 则可被视为第二级 PSE。

对于第二级 PSE 的指定(第 4 节), 在任何 1 小时的时间内, 材料的释放量在表 4 所示的报告限值范围内。如果在任何 1 小时的时间内, 释放物没有达到或超过该范围内的最低限值 (TQ) 水平, 则不被视为第二级 PSE。如果超过了表 4 中的最大水平, 则该释放被视为第一级 PSE。

2.3 工艺安全事件识别流程图

图 2 是一个可用于帮助识别工艺安全事件的流程图

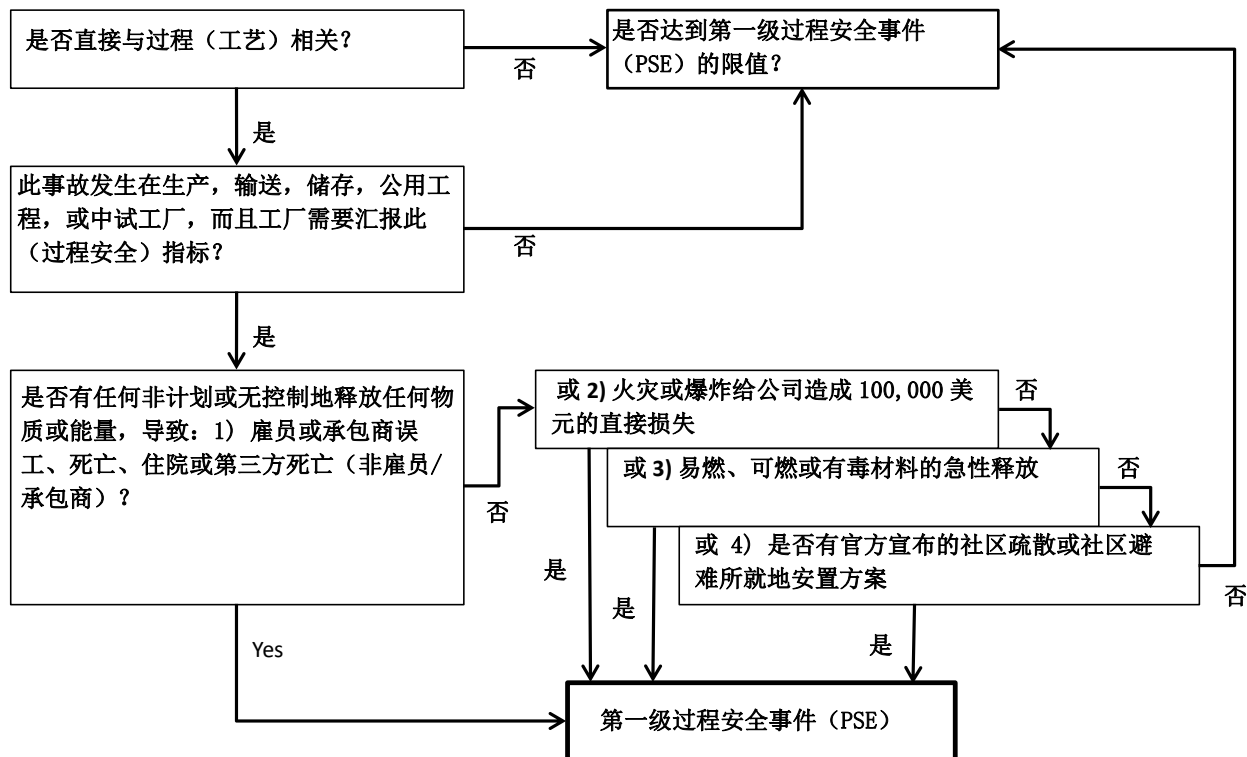


图 2 - 用来判定第一级过程安全事件的流程图

2.4 不适用（的情况）

建议公司记录和报告在公司拥有或经营的设施中发生的指标。但是，可能有下列例外情况不适用：

1. 事件/事故发生在公司以外引发，而且责任方无法控制
2. 在船舶未与设施连接的情况下（即在原料或产品转移过程中）发生的水上运输事故
3. 卡车和/或槽罐车未与设施连接时（即原料或产品转移过程中）发生的卡车和/或槽罐车事故，或卡车或槽罐车用于现场储存时除外。由于加工过程中可用容量的限制，任何等待卸货的卡车或槽罐车都被视为现场储存。

注：现场堆放不属于连接或断开过程的一部分；现场堆放不属于现场储存；现场堆放属于运输的一部分

4. 不用于现场装车或卸车作业的真空泵车的作业，或使用真空车输送泵时；
5. 常规的允许的或管制的排放

6. 办公室、车间和仓库大楼那些不涉及工艺物料的事故
7. 和疏散或应对封闭性丧失事故没有直接关系的人员安全 “滑倒/跌倒 ”事件
8. 计划性和有控制地将危险物料排放到为这种服务设计的收集或排水系统中。
注：排除法不适用于从主安全壳中向收集或排水系统的意外和不受控物料释放
9. 质量保证（QA）、质量控制（QC）和研究与开发（R&D）实验室
注：不适用于试验性工厂
10. 移动和固定设备（如皮卡、柴油发电机和重型设备）的现场加油作业

第一级过程安全事件指标

3.1 第一级过程安全事件指标目的

第一级过程安全事件(PSE1)是最滞后的业绩指标,它代表了后果更严重的初级封闭性丧失事件 - 在图1中被称为“后果最严重的PSE”。第一级PSEs,即使是那些被二级系统控制的PSEs,也表明存在多个屏障或保护层系统的弱点。当PSE1s与较低级指标一起使用时,有助于为企业提供一个整体过程安全绩效评估。

3.2 第一级过程安全事件限值量

第2.2节讨论了确定第一级过程安全事件(PSE1)的标准。这些标准包括以下内容:涉及什么工艺,报告限值是什么,事件发生的地点(地点),以及什么被认为是急性释放。

表2列出了PSE1的严重程度限值。

表1列出了第一级和第二级过程安全事件的后果类型比较。

3.3 第一级过程安全事件严重程度级别

根据表3所示标准,对第一级过程安全事件的每一个后果类别都分配了一个严重程度。

表 2 第一级过程安全事件 (PSE1) 限值

释放 限值 类别	物料危害 级别 ^{a, c, d}	限值数量 (TQ)	对于室内 ^b 释放 的建议限值 (TQ)
1	毒性吸入危害 (TIH) A 区物料	5 kg (111b)	0.5 kg (1.1 lb)
2	毒性吸入危害 (TIH) B 区物料	25 kg (551b)	2.5 kg (5.5 lb)
3	毒性吸入危害 (TIH) C 区物料	100 kg (2201b)	10 kg (22 lb)
4	毒性吸入危害 (TIH) D 区物料	200 kg (4401b)	20 kg (44 lb)
5	- 易燃气体, 或 - 液体初始沸点小于等于 35 摄氏度 (华氏 95 度), 闪点 23 摄氏度 (华氏 73 度) 以下, 或 - 除强酸/碱以外的其他 I 类包装组的物料	500 kg (1101b)	50 kg (110 lb)
6	- 液体初始沸点 35 摄氏度 (华氏 95 度) 以下, 闪点 23 摄氏度 (华氏 73 度) 以下, 或 - 除中度酸/碱以外的其他 II 类包装组物料	1000 kg (22001b) 或 7 桶	100 kg (220 lb) 或 0.7 桶
7	- 液体闪点在 23 摄氏度 (华氏 73 度) 和 60 摄氏度 (华氏 140 度) 之间, 或 - 液体闪点大于 60 摄氏度 (华氏 140 度), 并且释放时温度大于等于闪点, - 或强酸/碱, 或其他包装组 III 类的物料, 或 - 2.2 类的不燃, 无毒的气体 (不包括蒸气, 热冷凝水, 和压缩或液化空气)	2000 kg (44001b) 或 14 桶	1000 kg (2200 lb) 或 7 桶
表 2 注释见下页			

表 2 - 续

第一级过程安全事件 (PSE1) 限值

注:

这里给出的公斤, 磅, 桶的数字不一定完全一致。公司应选择一套系统并在所有的活动中保持一致。

如果释放量没有超过限值, 那么可以考虑为二级过程安全事件 (PSE2)。参考表 4 中 PSE2 的释放限值。

额外的分级指导见参考 [1]。

表格中注释[从参考 1 中节选]:

- a 许多物料有超过一种危害。按 DOT 49 CFR173.2a [11] 或联合国危险物料运输建议第二节 [12] 选择合适的危险区和包装组别
- b 一个有四面墙, 地板, 和屋顶的结构。
- c 对于在 UNDG (联合国危险物料清单) 中没有列出来的溶液, 应考虑使用其无水的组分作为划分 TIH 或包装组的依据。溶液的的限值由无水的物料的含量倒推得出。
- d 对于未知 UNDG 分类的混合物, 应该按比例计算每一组分释放出来的量。如果总和等于或超过 100%, 此混合物 (释放) 超过限值。当混合物有明确和独立的有毒和易燃的后果, 应分别计算有毒和易燃的释放

表 3 第一级过程安全事件 (PSE1) 严重程度等级

严重程度 分数	后果				
	安全/人员健康 ^a	火灾或爆炸直接 损失	任意一小时释放 的物料量 ^a	社区影响	厂外环境影响 ^{b, c}
1 分	雇员, 承包商或分包商 需要急救 (First Aid) 以上的治疗	直接损失在十万至 一百万美元之间	泄漏量大于等于 1 倍, 但小于 3 倍 Tier1 限值	- 官方就地避险或公共 防护措施 (如, 封闭 道路) 小于 3 小时, 或 - 官方疏散小于 3 小时	短期环境损失大于等于 十万, 但小于 一百万 万美元
3 分	- 雇员, 承包商 或分包商损 工, 或 - 第三方 (人员) 需 要急救以上的治疗	直接损失在十万至 一百万美元之间	泄漏量大于等于 3 倍, 但小于 9 倍 Tier1 限值	- 官方就地避险或公共 防护措施 (如, 封闭 道路) 大于 3 小 时, 或 - 官方疏散大于 3 小 时, 但小于 24 小时	- 短期环境损失大于 等于一百万, 但小 于一千万美元, 或 - 水生物或陆生物小 规模伤害或死亡
9 分	- 雇员, 承包商 或分包商损 工, 或 - 第三方 (人员) 收住入院	直接损失在十万至 一百万美元之间	泄漏量大于等于 9 倍, 但小于 27 倍 Tier1 限值	官方疏散大于 24 小 时, 但小于 48 小时	短期环境损失大于 等于 \$ 一千万, 但 小于一亿美元, 或 水生物或陆生物 ^z 规模伤害或死亡
27 分	雇员, 承包商或分 包商多人死亡, 或 第三方 (人员) 多 人收住入院, 或 第三方 (人员) 死 亡	直接损失大于一亿 美元	泄漏量大于等于 27 倍 Tier1 限值	官方疏散大于 48 小时	- 短期环境损失大于 等于 一亿美元, 或 - 水生物或陆生物大 规模伤害或死亡

Notes:

- a 如果没有二次围堰, 就考虑从初级容器中泄漏的物料量 (LOPC)。当二次围堰只是设计用来收集液体的, 则要考虑释放的气体和蒸气的量, 并计算液体通过蒸发而产生的蒸气量作为超出二次围堰的释放量。
- b 应根据本地法规和公司指导来决定对水生, 陆生生物的伤害或死亡规模 (小, 中等或大)
- c 这次严重性权重计算包括“厂外环境影响”和对人员安全/健康的超过“急救”的级别, 这些并不在第一级 PSE 的限值范围内。但是, 在这里把 (它们) 涵盖进来的目的是为了更大程度地表现这些事故对于任何形式地伤害和环境影响地差异。

第二级过程安全事件指示

4.1 第二级过程安全事件（PSE2）指标目的

第二级过程安全事件的计数代表了后果较轻的 LOPC 事件 – 在图 1 中被指定为“后果较轻的 PSE”。第二级 PSE，即使是那些已被二级系统控制的 PSE，也表明了屏障系统的弱点，这些弱点可能是未来更重大事件的潜在前兆。从这个意义上说，第二级 PSE 作为第一级 PSE 的领先指标，可以为公司提供学习和改进其过程安全性能的机会。

4.2 PSE2 严重程度限值量

第 2.2 节讨论了确定第二级工艺安全事件的标准。这些标准包括以下内容：涉及什么工艺，报告限值是多少，事故发生的地点（地点），以及什么被认为是急性释放。第二级 PSE，即使是那些已被二级系统控制的 PSE，也表明了屏障或保护层系统的弱点，这些弱点可能是未来更严重的事故的潜在前兆，可能会成为第一级 PSE。第 7 节对障碍物—保护层以及其中的弱点如何导致事故的进一步讨论。因此，第二级 PSE 为公司提供了较轻后果的学习机会。表 4 列出了第二级 PSE 的严重性限值范围。如果超过最高值，则该事件被认为是第一级 PSE（见表 2）。

表 1 列出了第一级和第二级过程安全事件的后果类型比较。

表 4 - 第二级过程安全事件 (PSE2) 限值

释放 限值 类别	物料危害 级别 ^{a, c, d}	Threshold Quantity (TQ)	Recommended Threshold Quantity (TQ) for indoor ^b releases
1	毒性吸入危害 (TIH) A 区物料	0.5 kg (1.1 lb)	0.25 kg (0.55 lb)
2	毒性吸入危害 (TIH) B 区物料	2.5 kg (5.5 lb)	1.25 kg (2.76 lb)
3	毒性吸入危害 (TIH) C 区物料	10 kg (22 lb)	5 kg (11 lb)
4	毒性吸入危害 (TIH) D 区物料	20 kg (44 lb)	10 kg (22 lb)
5	- 易燃气体, 或 - 初始沸点 35 摄氏度 (华氏 95 度) 以下, 闪点 23 摄氏度 (华氏 73 度) 以下的液体, 或 - 除强酸/碱以外的其他 I 类包装组的物料	50 kg (110 lb)	25 kg (55 lb)
6	- 初始沸点 35 摄氏度 (华氏 95 度) 以下, 闪点 23 摄氏度 (华氏 73 度) 以下的液体, 或 - 除中度酸/碱以外的其他 II 类包装组物料	100 kg (220 lb) 或 0.7 bbl	50 kg (110 lb) 或 0.35 bbl
7	- 液体闪点在 23 摄氏度 (华氏 73 度) 和 60 摄氏度 (华氏 140 度) 之间, 或 - 液体闪点大于 60 摄氏度 (华氏 140 度), 并且释放时温度大于等于闪点, 或 - 强酸/碱, 或 - 其他包装组 III 类的物料, 或 - 2.2 类的不燃, 无毒的气体 (不包括蒸气, 热冷凝水, 和压缩或液化空气)	200 kg (440 lb) 或 1.4 bbl	100 kg (220 lb) 或 0.7 bbl.
8	- 闪点大于 60 摄氏度 (华氏 140 度) 的液体, 并且释放时温度低于闪点, 或 - 中等酸/碱, 或 2.2 类的不燃, 无毒的气体	1000 kg (2200 lb) 或 7 bbl	500 kg (1100 lb) 或 3.5 bbl

表 4 注释见下页

表 4 - 续

第二级过程安全事件（PSE2）限值

注:

这里给出的公斤, 磅, 桶的数字不一定完全一致。公司应选择一套系统并在所有的活动中保持一致。

如果释放量超过表 2 的限值, 那么可以考虑为一级过程安全事件 (PSE1)。

额外的分级指导见参考【1】

表格中注释【从参考 1 中节选】:

- a 许多物料有超过一种危害。按 DOT 49 CFR173.2a【11】或联合国危险物料运输建议第二节【12】选择合适的危险区和包装组别。
- b 一个有四面墙, 地板, 和屋顶的结构。
- c 对于在 UNDG (联合国危险物料清单) 中没有列出来的溶液, 应考虑使用其无水的组分作为划分 TIH 或包装组的依据。溶液的的限值由无水的物料的含量倒推得出。
- d 对于未知 UNDG 分类的混合物, 应该按比例计算每一组分释放出来的量。如果总和等于或超过 100%, 此混合物 (释放) 超过限值。当混合物有明确和独立的有毒和易燃的后果, 应分别计算有毒和易燃的释放。

报告过程安全事件指标

本节提供了关于全行业通用的过程安全指标的指导，可用于指示公司或行业绩效的变化，并推动过程安全绩效的持续改进。本节中描述的比率调整指标和行业过程安全指标可用于帮助公司或行业细分领域之间的基准。本节对附录 B 中提供的详细列表中的事故解释和实例进行简要说明。

5.1 比率调整后的指标

根据附录 A 提供的定义，可以生成各种基于比率的指标。这些指标包括：

第一级工艺安全事件率 (PSE1R) =
(第一级 PSE 总数/总工时) $\times 200,000$

第二级工艺安全事件率 (PSE2R) =
(第二级 PSE 总数/总工时) $\times 200,000$

过程安全事件 1 级严重性率 (PSE1SR)：=
(第一级 PSE 严重性总分/总工时数 $\times 200,000$)

在确定 PSE1SR 时，请参考表 3，即过程安全事件严重程度等级表。因此，每一个 4 级事故后果被分配 1 分，每一个 3 级后果被分配 3 分，每一个 2 级后果被分配 9 分，每一个 1 级后果被分配 27 分。理论上，一个 PSE 可以被赋予最低 1 分（即事故只满足一个类别中的 4 级后果的属性； $1 \times 1 = 1$ ）或最高 135 分（即事故满足 5 个类别中每个类别中的 1 级后果； $27 \times 5 = 135$ ）。

5.2 行业工艺安全指标

建议各公司执行并公开报告第 5.1 节中提到的第一级和第二级事故数和比率及严重性比率。

为了帮助制定基准，行业协会或联盟为成员公司收集并公布这些信息是有益的。请参考 [CCPS 指标](http://www.aiche.org/ccps) 网页上的一些例子。

5.3 PSE 指标的解释和例子

本节提供了解释指标的指导和示例，以帮助澄清在评价第一级或第二级过程安全事件时可能出现的问题。本指南附录 B 中提供了当前的指标的解释和例子清单。然而，请注意，本附录的未来变化将反映在 [CCPS 指标网页](http://www.aiche.org/ccps) 上的电子版附录的更新中。

“公司的厂界”的例子

1. 一辆第三方卡车在公司厂界内装载易燃产品，发生泄漏，随后发生火灾，财产损失 10 万美元（直接费用）。虽然该卡车是“由他人操作”，但它与工艺相连。由于直接费用等于或大于 10 万美元，所以该事故属于第一级 PSE。

“封闭性丧失”的例子

5. 十桶汽油 (1400 公斤, 3100 磅) 从管道中漏到混凝土上，汽油没有接触到土壤或水体。现场人员估计，这次泄漏是“急性”泄漏（例如，在 1 小时内发生）。这是一个第一级 PSE，发生了因为 1000 公斤 (2200 磅) 或更多“易燃液体”的“急性”初级封闭性（例如，在“1 小时内”）。

“急性排放”的例子

17. 十桶汽油 (1400 公斤, 3100 磅) 的泄漏，在两个星期的时间里，从管道中稳定地泄漏到土壤中。简单的计算表明，泄漏率约为每小时 0.03 桶 (9 磅/小时)。这不是第一级或第二级 PSE，因为泄漏事件不是“急性”泄漏（例如，在任何 1 小时内超过 1000 公斤 (2200 磅) 的阈值），但是，公司可以选择将此事件记录为第三级其他封闭性丧失 (LOPC)。

安全泄放装置/系统“中的例子

26. 有一个装置不正常，按 API521 标准设计的安全阀向大气释放气体，但没有造成不良后果。根据 API 521 标准或同等标准，该事件不属于第一级或第二级 PSE，因为蒸气和气体从安全阀、高压爆破片和类似的安全装置中释放到大气中，而这些安全装置是为该事件设计的（注：释放不可能导致液体携带、排放到潜在的不安全地点、现场避难所或公共保护措施（如道路封闭），且 PRD 排放量大于阈值量 [1]）。公司可以选择将其计入第三级事件，因为压力泄放装置的启动是不计入第一级或第二级事件的。

第三级侥幸事故指标

根据许多不同行业的经验, 行业指导意见鼓励所有公司选择和监控更多的“主动性”指标, 如侥幸事故(第三级)和管理体系绩效评审(第四级)指标。这些指标主要集中在较频繁、较不严重的事件上, 如图1中事件三角形的下半部分所示。由于侥幸事故通常是实际的事件或发现潜在的不安全情况, 因此该指标可被定义为滞后指标。

当一个组织在监控其侥幸事故时, 大量发生或增加侥幸事故的数量被视为可能发生更重大事件的前兆。这些已被指定为“警告信号”, 公司应在第二级(或更糟糕的是, 第一级事件)发生前识别并处理好[13]。因此, 许多公司将这些侥幸事故指标作为领先指标的代用指标。

作为一个侧面的说明, 一旦实施了侥幸事故计划, 企业发现, 侥幸事故报告的增加——至少在最初的时候——是其过程安全文化改善的积极标志。企业的过程安全意识和操作纪律在各个层面上都得到了提高, 有助于提高企业的整体过程安全绩效。因此, 很有可能随着第三级侥幸事故的增加, 重大的第二级和第一级事故的数量会减少(图1)。

为了实现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近似失误事故报告系统。在审查和更新现有的或实施新的报告系统时, 应考虑本节中描述的指标和定义。此外, 从接近失误计划中收集到的数据和趋势, 可以帮助在更严重的事故发生之前预测和预防更严重的事故[1]。

6.1 第三级指标的目的

第三级侥幸事故通常代表着对屏障或保护层系统的挑战, 它沿着伤害的路径发展, 但没有达到第一级或第二级PSE后果而被阻止——在图1中被指定为“对保护层的挑战”。这个级别的指标为识别和纠正保护层系统内的弱点提供了额外的机会。

第三级指标对基准设定或制订行业标准时会太过具体化。它们的目的是供公司内部使用, 可用于当地(设施)的公开报告。公司可以使用以下所有或部分示例指标。

- 安全操作极限偏移
- 初级安全壳检查或检测结果超标
- 对安全系统的需求
- 其他初级封闭性丧失事件, 或
- 查明对其业务有意义的其他事项

6.2 过程安全侥幸事故的定义

一个“侥幸”(事故)有三个基本要素。虽然行业内对“侥幸事故”的定义有不同的说法, 但绝大多数都有这些要素:

- 发生意外事件或发现了潜在的不安全情况。
- 该事件或不安全情况有合理的升级潜力, 并且:
- 可能的升级会导致严重的不利后果。

换句话说, 这只是时间(秒)或地点(距离, 如英尺或米)的问题, 使事件没有造成死亡、严重伤害、重大环境损害或重大财产损失。为了本报告的目的, 采用以下“侥幸事故”的定义[10]。

侥幸事故: 在稍有不同的情况下, 可能导致人员伤亡、财产、设备或环境损害或过程损失的不希望发生的事件

这个侥幸事故的定义可以适用于环境、健康和安全(EHS)管理计划的任何方面, 用于报告环境、健康和人员安全或过程安全的侥幸事故。关于基于风险为基础的过程安全方法的管理体系整合方法, 请参考文献[5]。

为了在侥幸事故报告程序中具体关注过程安全相关事件, 很多企业也制定了过程安全侥幸事故的定义。同样, 为了本报告的目的, 现将工艺安全近似失误定义如下:

过程安全侥幸事件:

- 任何不符合二级过程安全事件(PSE2)滞后指标最低阈值(表4)的危险物质的重大释放
- 对安全系统的挑战, 其中对安全系统的挑战可分为以下几类:
 - 对安全系统的需求(压力释放装置、安全仪表系统、机械停机系统)
 - 初级安全壳检查或测试结果超出可接受的限度, 或
 - 工艺偏差或偏移

6.3 过程安全侥幸事故的例子

6.3.1 对安全系统的挑战

对安全系统挑战的侥幸事故可分为两类:

- 1) 产生一个对安全系统的需求(挑战), 安全系统成功运行, 或
- 2) 产生一个对安全系统的需求(挑战), 而有一个或多个安全系统故障发生, 但该事件没有超过任何限值(即, 属于第二级PSE)

这些产生需求, 而安全系统响应成功或不充分的例子有:

- 当达到预定的触发点时, 爆破片动作, 向火炬或大气测打开压力控制阀, 或压力安全阀起跳
- 当达到或超过预定的触发点时, 爆破片不打开, 通向火炬或大气测得压力控制阀不打开, 或压力安全阀不起跳
- 当检测到“超出可接受范围”的工艺变量时, 激活安全仪器系统, 例如:
 - 激活聚乙烯反应器上的高压联锁, 以中止反应/关闭进料。
 - 压缩机因吸气分离鼓上的高液位联锁关机
- 当对系统提出要求时, 安全仪器系统无法按设计运行时(即按要求不可用)。
- 无论设备是否实际响应, 机械关机系统被有效信号调用的次数。

注: 配置为设备保护的机械停机系统, 在没有相关的封闭性丧失保护的情况下, 应被排除在工艺安全侥幸事故统计之外。

6.3.2 工艺偏差或偏移

过程偏差或偏移的近似误差包括:

- 压力、温度、流量等参数超出了标准操作限值（质量控制的操作“窗口”），但仍在工艺安全范围内。
- 工艺参数超出预先确定的关键控制点或需要紧急停工或干预的工艺参数超标
- 设备设计参数之外的操作
- 无论是否在设计参数范围内，不正常或意外的失控反应

6.4 侥幸事故管理系统

管理系统的薄弱环节和问题的侥幸事故通过以下方式发现：

- 设施的检查、测试和预防性维护（ITPM）计划。
- 遗漏或委托的错误
- 意外或计划外的设备状况
- 对安全壳的物理损坏

与 ITPM 相关的侥幸事故的例子包括：

- 初级安全壳检查或测试结果超出了可接受的限度。
- 初级安全壳检查或测试结果发现初级安全壳设备的操作超出了可接受的限度。
- ITPM 的发现会触发一项行动，如设备或部件更换、设备重新校准、维修以恢复设备的适用性、增加检查或测试频率和/或改变工艺设备的额定值。
(注：通过设施的变更管理 (MOC) 计划 [7] 触发实施的变更是很好的选择)
- 根据壁厚检查测量结果显示容器、常压罐、管道或机械的压力或水平超过了可接受的极限的检查或测试结果。
(注：
 - 对每个压力容器或常压罐，无论发现低于所需壁厚的单个测试测量值的数量如何，均记录一次事件。
 - 只要是同一条管线、同一种材料、同一条管线、同一种结构、同一种服役状态下的管道回路，无论单个测试测量值低于要求的壁厚多少，都只记录一个事件。)
- 检测时发现安全系统不合格，如：
- 泄压装置在基准测试中未通过设定值试验
 - 联锁测试失败
 - 不间断电源系统故障
 - 日常检查/测试中发现的火灾、气体和有毒气体探测器有缺陷
 - 在检查一个应急通风管接头时，发现接头被铁垢完全堵塞，原因是应急洗涤器的湿气已经回流到了接头中，导致接头被铁垢堵塞
 - 在测试一个紧急关机系统时，发现一个内衬特氟龙的紧急停车阀被卡住了，原因是特氟龙冷流，卡住了阀门
 - 在检查一个呼吸阀时，发现通放口被凝结和冻结的工艺材料堵住了
- 发现安全系统失效：
 - 联锁在旁路情况下工艺过程不稳定
 - 失效的关键仪表/不符合失效程序的设备
 - 现场截止阀关闭后的旁路阀还处于打开状态

遗漏或委托错误的例子包括:

- 未在关键管道中抽出盲板, 或未按正确的顺序引入正确的批次配料
- 在更换爆破片时, 发现爆破片的运输保护盖仍然在位
- 过程控制工程师不小心将错误的配置下载到过程单元 DCS 中

意外或计划外设备状况的例子包括:

- 由于损坏或过早/意外恶化而导致的设备处于“意外”状况
- 蒸气系统中使用了错误的配件
- 设备故障, 比如热交换器管路, 导致液体混入和/或污染。

对安全壳的物理损坏的例子包括。

- 过程设备范围内的载荷/坠落物
- 卡车倒在井口
- 雪犁刮过的气体管道

6.5 最大限度地发挥报告侥幸事故的价值

侥幸事故报告为改进工厂的过程安全管理系统提供了宝贵的数据。 以下过程可以最大限度地发挥过程安全侥幸事故计划的效益:

- 使用过程安全滞后指标 (第 3 和第 4 节中分别为第一级和第二级 PSE)、过程安全侥幸事故 (本节中的第三级) 和绩效评审指标 (第四级, 第 7 节中描述) 的计数, 以验证事故报告趋势是否与图 1 中描绘的过程安全绩效三角区一致 (相对于第三级和第四级事故的数量, 第一级事故应该相对较少, 如果有的话)。
- 在评估过程安全侥幸事故时, 要考虑到潜在的不利影响。 应根据事件的潜在后果和实际后果来确定对侥幸事故的响应水平 (即调查、分析和跟进)。
- 将侥幸事故数据与薄弱的管理系统联系起来, 以便从侥幸事故和实际事件中推动系统改进。 文献[14, 15 和 16]中显示了使用领结的示例方法。

第四级-操作纪律和管理体系业绩指标

本节包含一些基于积极主动的绩效审查的潜在领先指标。这些指标提供了组织过程安全和风险管理计划的“健康”度量。如果对领先指标进行测量和监测,收集到的数据可以早期显示出这些关键管理系统有效性的恶化。这样,就可以在任何封闭性丧失事件发生之前,采取行动,恢复这些系统及其相应的屏障或保护层的有效性。

建议所有企业采用并实施领先的过程安全度量标准,包括过程安全文化的测量^[17]。然而,考虑到可以选择和监测的度量标准有很多,要收集和报告每一个度量标准的数据是不切实际的。公司应确定这些要素中哪些要素对确保其设施的安全最重要,并应选择最有意义的领先指标,在可能存在重大绩效改进的地方,选择最有意义的领先指标。CCPS 提供了关于选择过程安全指标的其他指导,包括领先和滞后指标^[4, 5]。

本指南中提供的领先过程安全指标范例是根据许多组织的经验选择的。这些指标包括以下方面的指标:

- 与危险材料和能源管理作业中固有的危险相关的障碍。
- 与危险物质和能量失控的直接或因果因素有关的障碍,导致危险物料和能量失控导致危险后果的事故:死亡、伤害、环境损害、财产损失和业务中断等。

本节为如何最好地选择领先指标奠定了基础,首先简要介绍了瑞士奶酪和领结事故因果模型,然后描述了一种用于帮助降低过程安全风险的方法(包括操作纪律性差对整体风险的影响)。这些因果关系模型为我们提供了一个可视化的工具,帮助我们描述屏障-保护层中的薄弱环节,帮助我们降低过程安全风险。本节最后简要介绍了 CCPS 基于风险的过程安全(RBPS)方法,提供了四个 RBPS 支柱的领先指标实例^[7]。

7.1 第四级指标的目的

第四级指标通常代表那些由业务纪律和管理系统的业绩组成的障碍系统各组成部分的业绩。这个级别的指标为发现和纠正系统相关的缺陷提供了机会。第四级指标表明了过程安全系统的弱点,这些弱点可能会导致未来的第三级侥幸事故、第二级 PSE,或者-最不幸的是-第一级 PSE。从这个意义上说,第四级指标有助于识别问题和机会,以便于学习和过程安全系统的改进。第四级指标太过特定于设施,不适合作为基准或制定行业适用标准。它们的目的是供公司内部使用和当地(设施)报告。

7.2 事件因果关系模型

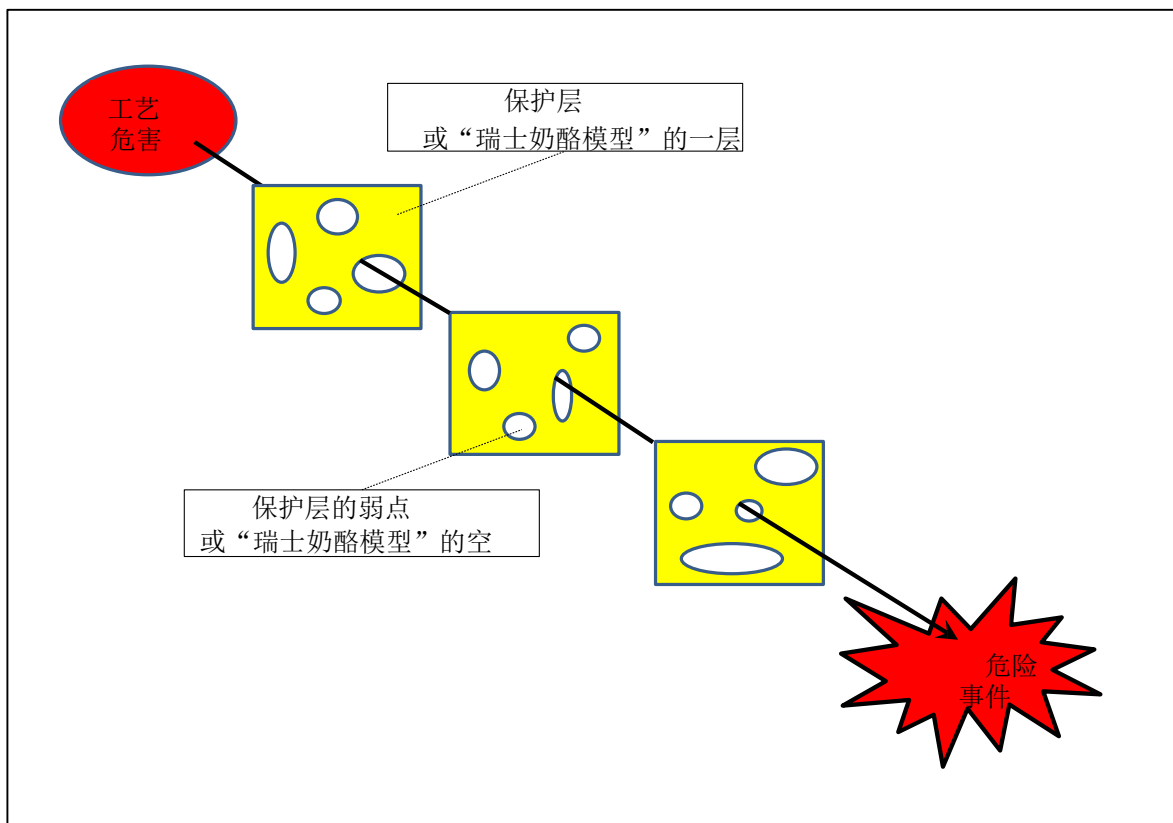
另一种考虑指标的方式是,三角形顶部的事件反映了旨在防止事故发生的多重保护层(包括物理层和 workflows/操作流程层)失效的情况,而三角形底部的事件反映了这些保护层中的一个或两个保护层失效或受到挑战——但其他保护层仍在继续发挥作用。多重保护层的概念如图 3 所示,采用瑞士奶酪事件因果模型^[18, 19]。尽管这个模型过分简化了管理化工过程时的复杂性,但它是一个很好的可视化模型,可以用来描述保护层的挑战和过程安全系统中的弱点,这些弱点可以通过过程安全指标进行有效监控。

领结图也可以用来表示预防性和缓解性屏障——保护层,这些保护层代表了事故/事故因果模型中的瑞士奶酪的碎片^[16]。这些保护层如图 4 所示,再次反映了这些屏障中的弱点——一旦对齐,就会导致事故的发生。

生。本指南的目的是帮助识别出识别预防性障碍的指标（“领先指标”）和识别缓解性障碍的指标（“滞后指标”）。

7.3 降低过程安全风险

过程安全方案旨在降低储存、处理和使用危险物料和能量时的过程安全风险。危险物料可能是有毒、易燃、易爆和/或反应性（不稳定）。降低过程安全风险将有助于降低可能导致死亡、伤害、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。



瑞士奶酪模型假设:

- 危害被多重保护屏障所控制。
- 屏障可能有弱点或“漏洞”。
- 当“洞”对准时，危险就会通过屏障，导致可能产生不利后果。
- 屏障可能是工程控制或管理控制，如需要人员反应和行动的程序等。
- 孔洞可能是由潜伏的、潜在的或退化的工程设计造成的，也可能是由于人员的不正确行动或不作为造成的。

图 3
瑞士奶酪事故因果关系模型 [由参考文献 20 节选]

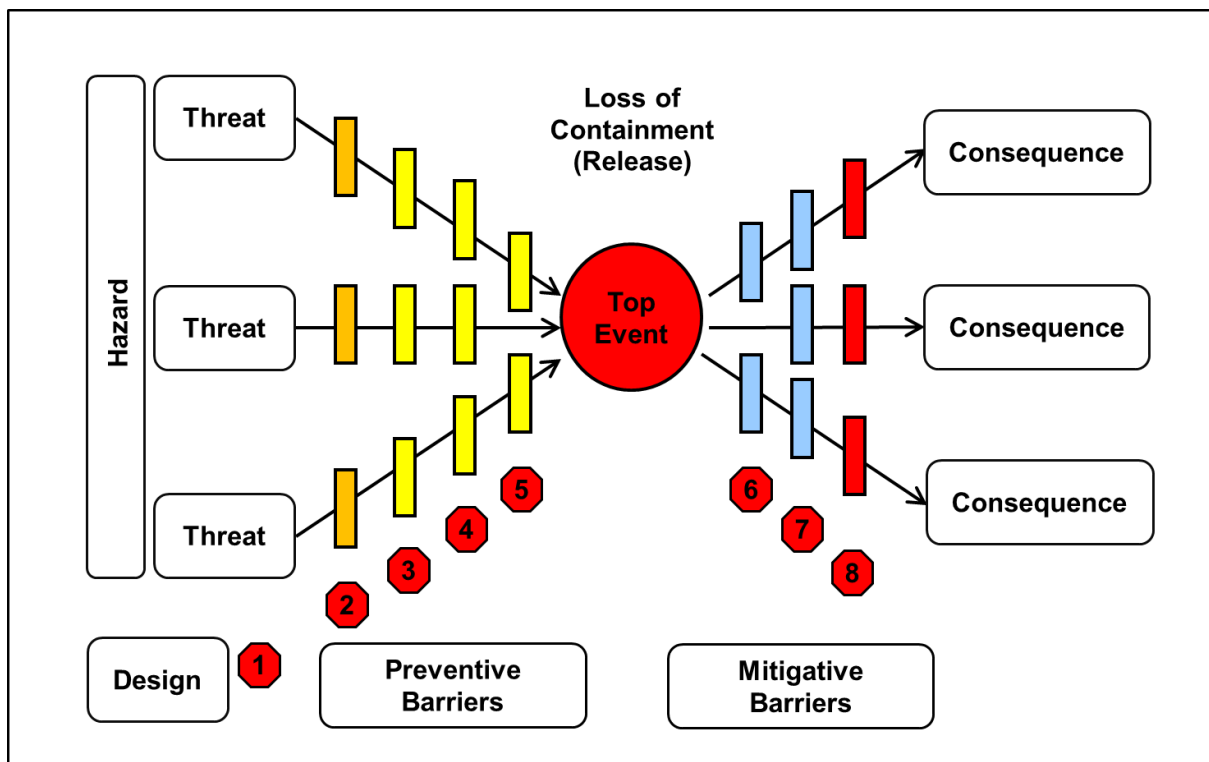


图 4 - 用来表示保护层弱点的领结图

与危险物料或能量释放情景相关的过程安全风险可定义为^[10]:

风险: 用事件发生的可能性和损失或伤害的程度来衡量对人的伤害、环境损害或经济损失。这种关系的简化版本是将风险表示为事件发生的可能性和后果的乘积 (即: 风险=后果×可能性)。

因此, 假设情况的风险是潜在后果的函数, 如死亡、环境损害、财产损失或其他一些后果 (如 “死亡/事件”), 再乘以潜在的可能性或频率 (通常以年数 (“事件/年”) 表示), 得出 “死亡/年” 等单位, 如公式 1 所示:

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

可能发生危险事件的频率往往是由过程安全系统和多重保护层的有效性决定的; 事件的潜在后果往往是由固有的物质和工艺危险性决定的。其目的是通过评价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发生频率和/或后果。通过测量和监控过程安全领先指标, 组织可以主动发现其过程安全和风险管理计划的趋势, 帮助防止更严重事故的发生 (图 1)

7.3.1 操作纪律的定义

由于一个组织的持续改进工作的重点是领先指标, 因此, 定义 “操作纪律” 是有用的, 它是第四级指标中监控的 “运营纪律” 方面的重要组成部分。所谓 “操作纪律”, 是指一个生产过程中固有的基本的、明显不同的群体, 如管理、工程、运营、维护和采购等。这些职能中的每一个职能都必须建立起有效管

理其工作的体系，每个职能必须能够与其他职能进行有效的互动，才能有效地管理企业的过程安全风险，维持企业的过程安全绩效。

目前适用于所有职能的“操作纪律”的定义如下^[10]：

操作纪律 (OD)：每一次都能正确地执行所有任务；良好的 OD 导致每一次都能以正确的方式执行任务。个人通过 OD 表现出他们对过程安全的承诺。OD 是指所有人员的日常活动。OD 是指组织内的个人执行作业传导系统 (C00)。

正如我们前面提到的，组织必须有领导层，期望每个管理企业过程安全系统、政策、标准、准则和设施的人都能做到良好的 OD。这种领导层必须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。整个组织中的每个人都必须养成良好的习惯，并拥有每次都能以正确的方式工作的制度。关于 C00 和 OD 之间的关系，更多的资料见于文献^[7, 8, 20]

7.3.2 操作纪律对风险的影响

操作纪律性差会增加风险。操作纪律对工艺安全风险的定性影响可以通过在方程 1 的分母中加入 OD 来表示，如方程 2 所示^[21]：

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

为了帮助说明 OD 对方案风险的影响，OD 可以用简单的分数形式表示，如 0.5 表示 50% 的 OD。例如，如果人员只在一半的时间内遵守程序，即 OD=0.5，则方程 2 显示**风险加倍了**。不含操作纪律术语（方程 1）所确定的“感知到的”风险，并不能反映用操作纪律术语（方程 2）所确定的“实际”风险^[21]。

请认识到，风险、频率、后果和操作纪律之间的关系比本节中提到的简单定性方法要复杂得多。然而，如果每个人每次都以正确的方式工作，当 OD 达到 100% 时，当过程安全系统得到遵守，保护层设计和维护良好，总体操作风险应该会降低。正如本节开始时指出的那样，不良的 OD 会增加过程安全风险。过程安全风险的增加可能会导致更严重的过程安全事件，损害组织的過程安全绩效。因此，操作纪律被认为是有效的过程安全计划所必需的基本过程安全基础之一^[20]。

7.4 保护层方式

将管理系统可视化为屏障的一种方法是使用代表保护层框架的图解 - 一系列的墙体 - 如图 5 所示^[15、20、22、23 和 24]。这种框架有时被指出为“洋葱层”的方法。这些工程控制和管理控制的层次结构，在图 5 中以每个障碍物的“停止”标志表示，如下所示^[20]：

1. **设计：**这些工程控制是基于基本的工艺化学和设计。过程安全信息来设计确保过程安全运行的保护层，包括设计控制和监控过程的仪表，帮助最大限度地减少可能导致事故发生的发起事件的可能性。本质上更安全的设计原则被用于该保护层中，以帮助减少对额外保护层的需求^[25]。

通过预防性和缓解性屏障来管理风险：

2. **过程安全体系:** 这些管理控制，即工艺安全和风险管理系统，是为管理处理危险物料和能量的设施的安全运行而设计的。过程安全体系是有效的工艺安全计划的三大基础之一，包括几个要素，如危害识别和风险分析、设备和资产完整性、变更管理、培训和审核等^[5, 7, 20]。
3. **基本的过程控制系统:** 这些工程控制的设计和使用，是为了保证产品质量和过程安全运行而设计和使用的。
4. **仪表和报警系统:** 这些工程控制系统的设计是为了检测出偏离正常的、预期的操作参数。一旦检测到偏差，需要自动和/或人为的响应，以保持过程在安全状态下运行。这些反应可能涉及到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装置被设计成危险泄漏前的“最后一道防线”——初级封闭性丧失 (LOPC)。SIS 的应对措施也可能涉及紧急停车，或安全停车。
6. **主动缓解工程控制:** 这些工程控制措施是为了减少或减轻危险排放的后果而设计的。它们包括泄压装置、火炬和洗涤塔。
7. **被动缓解性工程控制措施:** 这些工程控制措施的设计是为了减少或减轻危险排放的后果。它们包括围堰和收集罐。
8. **应急响应系统:** 应急响应系统是指为控制、减少和减轻危险释放后果而设计的工程和管理控制措施。工程控制措施包括泡沫系统；行政控制措施包括由训练有素的内部和/或应急响应人员制定的应急响应计划。应急反应有两个方面的考虑：1) 内部 - 仅限设施资源；和 2) 外部 - 利用内部，外部的和社区资源。

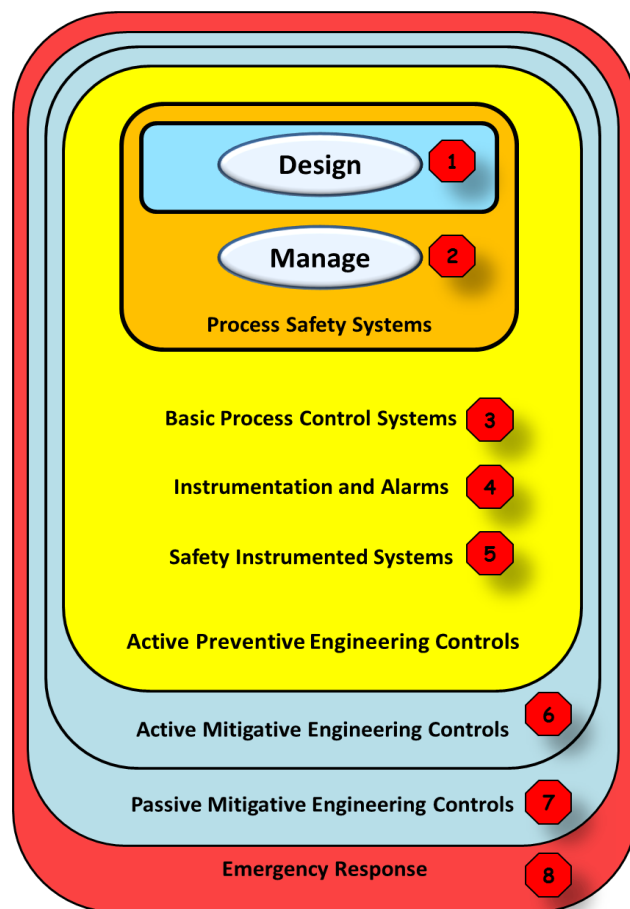


图 5 - 防护层级别的例子[从 20 中节选]

如果为有效管理过程安全风险而设计和实施的系统是薄弱的, 那么对后续保护层提出了挑战和要求。当检测到的保护层失效(图 5 中的 3、4 和 5 号黄色屏障)时, 就会出现初级封闭性丧失(LOPC), 从而激活缓解层(6、7 和 8 号浅蓝色屏障)。在这种情况下, 随着事件严重程度的增加, 这些保护层的后续故障可能导致最坏的情况: 需要采取紧急应对措施, 造成人员伤亡、环境损害和财产损失(屏障 8; 红色)。

如图 1 中的事故三角形和图 4 中的领结图所示, 保护层故障的顺序从第四级事件(即屏障 2 中的故障)开始, 导致第三级侥幸事故、第二级 PSE 或第一级 PSE。如果事件导致死亡、受伤、环境损害、财产损失和业务中断(屏障 8), 应急响应系统在所有情况下都会启动。为此, 系统屏障失效法的重点是对四级事件的管理体系绩效和业务纪律相关指标进行有效的衡量和监控(图 1)。

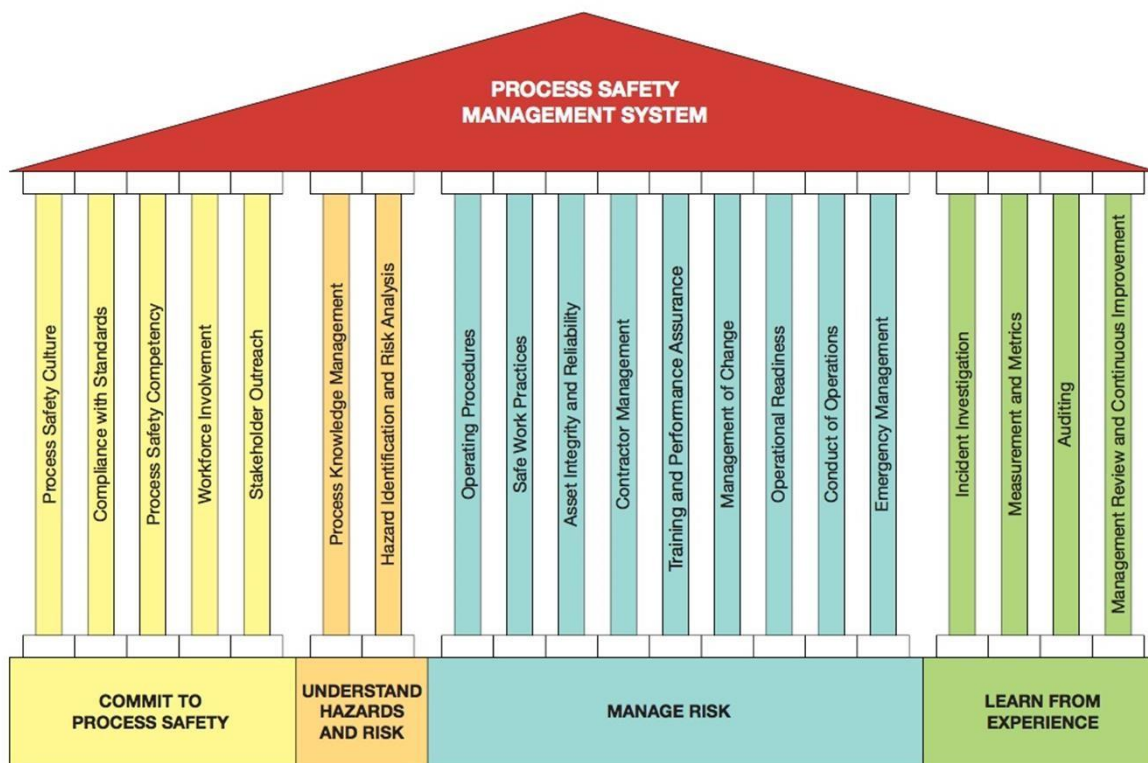
综上所述, 从系统性弱点(图 5 中的橙色屏障 2)开始的事件序列, 在这种综合方法中得到了反映:

- 1) 工程控制和管理控制中的漏洞或缺口-弱点-可能导致事故的发生, 如瑞士奶酪模型(图 3)所示
- 2) 多种危险威胁情景可能导致“顶层事件”-LOPC, 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(图 4)所示, 然后
- 3) 如保护层模型所描述的那样, 包含危险的预防和缓解屏障 - 墙体 - 已经失效, 部分原因是由于从一开始就存在系统性的缺陷(图 5)。

因此, 测量和监控第四级领先指标有助于我们发现潜在的系统性弱点, 这些弱点会对预防事故的工程和管理控制产生不利影响。如前所述, 一个公司要想拥有一个有效的过程安全计划, 就必须具备过程安全文化和领导力、操作纪律以及健全的过程安全系统^[20]。

7.5 基于风险的过程安全方法

已制定主要指标的管理系统是基于图 6 所示的 CCPS 基于风险的过程安全模型; 如表 5 所示, 有四个支柱和 20 个要素^[7, 26]。请参考目前的 CCPS 20/20 愿景, 其设计的五个原则和四个社会主题, 如图 7 所示, 并在表 6 中列出, 以帮助企业有效地管理二十个 RBPS 要素, 作为其过程安全和风险管理计划的一部分^[27]。更多信息, 请参考 [CCPS RBPS 指南](#)和 [CCPS RBPS 资源网页](#)。



致谢: David Guss, Nexen, Inc.

图 6

CCPS 基于风险的过程安全 (RBPS) 模型 [28]

表 5

基于风险的过程安全（RBPS）方法的支柱和要素 [7]

Pillar		Element	
1	对过程安全的承诺	1	过程安全文化
		2	对标准的合规性
		3	过程安全胜任力
		4	劳动力的参与
		5	利益相关者外联
2	对危害和风险的理解	6	工艺知识管理
		7	危害识别和风险管理
3	管理风险	8	操作程序
		9	安全工作规章
		10	资产完整性和可靠性
		11	承包商管理
		12	培训和绩效保证
		13	变更管理
		14	操作准备就绪
		15	操作实施
		16	应急管理
4	汲取经验	17	事故调查
		18	衡量和指标
		19	审核
		20	管理评估和持续改进

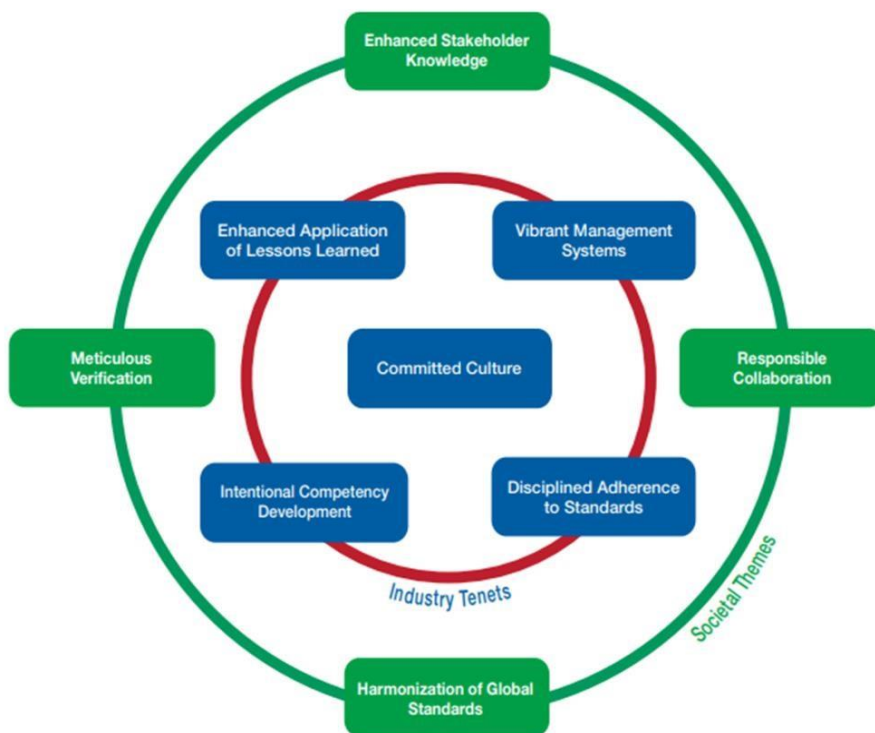


图 7 - CCPS 愿景 20/20 模型^[27]

表 6 - CCPS 愿景 20/20 模型和社会主题^[27]

五个行业原则	
1	承诺文化
2	活力管理系统
3	严格遵守标准
4	有意的能力发展
5	加强应用和分享经验教训
四个社会主题	
1	增强利益相关者的知识
2	负责任的合作
3	标准的协调统一
4	一丝不苟的核查

7.5.1 “工艺安全承诺”支柱中的例子

7.5.1.1 过程安全文化

衡量化学过程组织内过程安全文化的有效性的机制是采用 Baker 小组报告中附录 G 中的文化调查, 该报告通篇讨论了用于确定 BP 公司美国炼油厂安全文化是否充分的问题^[2]。

化工和下游石油加工部门应考虑使用作业行为或文化调查^[2, 8 和 17]。通过匿名的安全文化调查, 可以得到最好的、更有可能的、诚实的结果。

还有很多其他因素会影响结果。然而, 这类调查可以用来监测组织内部的改进情况, 对组织有好处^[17, 27]。

7.5.2 “了解危害和风险”支柱中的例子

7.5.2.1 工艺安全分析 (PHAs)

(使用完整的工艺安全信息 (PSI) 的 PHA 数量/已执行的 PHA 数量) x100%

注: 工艺安全信息的例子包括为危险性和可操作性研究 (HAZOPs) 提供准确和最新的工艺和仪表图 (P&IDs)。

7.5.2.2 PHA 建议

(逾期未落实的 PHA 建议数/PHA 建议总数) x 100%

7.5.2.3 设施选址风险评估

(记录了设施选址风险评估的 PHA 数目/PHA 的总数) x 100%

注: 并非所有的 PHA 都要求进行量化的设施选址风险评估, 但是, 如果后果超出了设施围墙线, 可能需要进行设施选址和布局研究^[29]。

7.5.3 “管理风险”支柱中的例子

7.5.3.1 操作程序和维护程序

A. 当前和准确的程序

(每年审查或更新的操作或维护程序数/评审期间需要审查或更新的操作或维护程序总数) x100%

这一指标衡量审查/更新周期的进展情况。下降趋势可能表明需要更多的关注或资源来维护程序。

B. 程序清晰、简洁并包含必要的内容

(审查了内容的操作或维护程序数/操作或维护程序总数) $\times 100\%$

这一指标衡量在制订明确、简明和有效的操作和维护程序方面的进展。需要制定一个程序标准的核对表, 以解决以下问题:

- 文件控制
- 行动步骤明确、秩序井然
- 注意事项、警告和注意事项
- 安全操作限值、偏离限值的后果, 以及为将工艺维持在安全操作限值内而采取的步骤
- 操作的限制性条件
- 检查表(酌情)

C. 对程序的信心

(认为程序是现行、准确和有效的操作人员或维修技术人员的人数/受程序影响的操作人员或维修技术人员总数) $\times 100\%$

对操作人员或维护技术人员的意见调查的结果可以提供程序的准确性或有效性的变化的早期指示。调查应确定更新程序所需的时间、准确性和用户友好性等方面的问题。

7.5.3.2 资产完整性

请参考资产完整性管理的其他指导意见^[30, 31]。

A. (计量期内到期并按时完成的工厂安全关键设施和设备检查次数/计量期内到期的工厂安全关键设施和设备检查总数) $\times 100\%$

- 该指标是衡量工艺安全管理体系在确保安全关键设施和设备正常运行方面的效果的一个指标。
- 这涉及收集关于安全关键设施和设备的计划检查工作的交付数据。
- 该度量的计算包括
 - 确定检查活动的测量期
 - 确定计划在测量期间对重要安全设施和设备进行检查的次数。
 - 确定在测量期间完成的安全关键设施和设备的检查次数。
- 在上一个计量期末进行的检查, 假定转入下一个计量期。

定义:

安全关键的设施和设备: 依赖于确保危险化学品和储存能量的安全控制和持续安全运行的设施和设备。这通常包括工厂预防性维护计划中的那些项目, 如以下项目:

- 压力容器
- 储罐
- 管道系统
- 泄放和排放装置
- 泵
- 仪表
- 控制系统
- 联锁和紧急停车系统
- 应急设备

B. (经检查发现或因故障导致的安全关键设施或设备处于故障状态的生产时长/总生产时长) x100%

这是一个衡量标准，以确定安全管理体系如何有效地确保过程安全设备发现的缺陷得到及时修复。

7.5.3.3 过程安全培训和能力保证

请参考培训和能力保障的补充指导意见^[32]。

A. PSM 关键岗位的培训

(按时完成计划中的 PSM 培训课程的个人人数)/(计划中的 PSM 个人培训课程总数)

定义:

PSM 关键岗位: 包括对重大事故的预防和恢复至关重要的关键活动、任务、监督和/或责任的任何设施岗位。

计划中的 PSM 培训课程: 计划中的 PSM 培训课程。旨在提高个人在 PSM 关键岗位上的知识、技能和/或能力的特定演练，直接影响到重大事故的预防和恢复。一个人在一个报告期内可以进行多次培训。一次演练可能涉及多个个体的培训（例如，一个培训班有多个人参加）。

请参考 CCPS 提供的的能力准则和能力调查表^[5 (见附录 G: 工艺安全员能力调查表), 32]。

B. 培训能力评估

(第一次就成功完成计划中的 PSM 培训课程的人数)/(该时间段内计划进行结业评估的个人 PSM 培训课程总数)

定义:

顺利完成: 考试或能力评估的合格等级，无需重复/重做培训、考试、能力评估或其任何部分。

带结业评估的培训课程: 计划中的 PSM 培训课程，要求通过考试或能力评估展示知识或技能。

C. 未遵守程序/安全工作惯例

(未遵守相关安全工作程序所有步骤的关键安全任务数/所观察到的关键安全任务总数) x100%

该标准用于确定工作场所观察被确定为安全关键任务的工作场所是否有相关的安全操作程序，是否遵循了所有相关步骤

7.5.3.4 变更管理

请参考变更管理的其他指导意见^[33, 34]。

A. 满足工厂变更管理程序所有要求的变更管理项目的百分比。

- 该指标衡量工厂的变更管理程序的遵守情况。
- 涉及到对已完成的 MOC 文件进行定期审计。进行审计的步骤:
 - 确定审计的范围: 时限、频率和业务部门
 - 确定所需的、具有统计学意义的样本量。这可以根据总的 MOC 文件总数, 利用可获得的表格来确定。
 - 审查已完成的 MOC 文件, 包括危险性审查等后备性文件和更新后的工艺安全信息 (如作业指导书和 P&ID) 等工艺安全信息

计算指标:

正确执行的 MOC 的百分比=

$$100 \times (\text{妥善执行了的变更管理任务数量}) / (\text{变更管理任务总数})$$

B. 查明的变更中, 在进行变更前使用了工厂的变更程序的百分比。

- 这一指标衡量一个部门/工厂在以下方面的情况: (i) 认识到需要使用工厂的变更管理程序和; (ii) 在实施变更之前实际使用该程序
- 涉及到对部门/工厂的变更进行定期审计, 并确定哪些变更需要使用 MOC; 进行审计的步骤:
 - 确定审计的范围: 时间框架和业务部门
 - 根据现场的 MOC 程序如何定义变更, 确定可能绕过现场 MOC 程序的变更类型 (见下文定义)
 - 确定绕过 MOC 程序的变更; 可以通过 ([方式进行:
 - 审查维护工作单
 - 审查基本建设和维护项目的文件
 - 审查分布式控制系统的编程变更, 和/或
 - 访谈部门人员 计算指标

使用 MOC 的变更百分比=

$$100 \times (\text{MOC 的数量}) / (\text{MOC 的数量} + \text{绕过 MOC 的变更数量})$$

C. 其他想法

上述两个 MOC 指标提供了一种手段, 公司可以用来衡量它们在确定需要由 MOC 评估的变更的程度, 以及它们在执行所确定的 MOC 的程度。

加强衡量公司执行 MOC 程序的程度的一个想法是, 将某一特定的 MOC 程序的执行情况纳入评分系统, 而不是上面提供的 “是/否” 排名。例如, 如果公司确定了 25 个关键方面, 而某一特定的 MOC 满足其中的 20 个方面, 那么该 MOC 的得分为 0.8。对多个 MOC 进行审计, 可以得出一个

审计样本的总体平均分。一个更复杂的方法可以包括对适当完成的 25 个方面的关键性进行相对加权, 比如说, 对适当完成的 MOC 的 25 个方面的关键性进行加权。

可以考虑的另一个想法是, 衡量工厂的 MOC 程序在确定和解决与变化有关的危险方面的有效性。如果是的话, 可以考虑以下几点:

工厂变更后, 在重新调试或开车过程中没有遇到与变更相关的安全问题的百分比。

- 涉及实时记录开车情况, 包括重新调试和开车期间遇到的安全问题, 然后确定哪些问题的根本原因与所做的变更有关。
- 涉及到对已完成的 MOC 的定期审计, 涉及到一个装置或部分装置的停车和重新开车; 进行审计的步骤:
 - 确定审计的范围: 时间框架和业务部门。
 - 确定装置或部分装置在实施变更后的开车次数。
 - 确定在检查后、重新投入使用或开车阶段遇到与变更有关的安全问题的开车次数

计算指标:

变更后安全启动的百分比= $100 \times (\text{变更后的开车次数} - \text{在重新调试和开车过程中的相关安全问题数}) / (\text{变更后的开车的总次数})$

必须考虑到的一个复杂因素是, 变更后的问题可能要等到开车后很长时间才会出现。

定义:

需要 MOC 审查的变更: 需要使用现场的 MOC 程序的变更类型应该由程序定义。通常情况下, 这将包括

- 对设备、设施和操作参数的更改, 超出了机组工艺安全信息中规定的范围。
- 过程控制修改
- 引进新的化学品
- 化学品规格或供应商的变更
- 建筑物的位置和占用模式
- 人员配置水平和工作分配等组织问题

检查: 变更后的阶段, 在确认系统完整性后, 在引入化学品和其他危险物质之前的阶段。在检查过程中可以发现并纠正潜在的危险条件, 而不会导致事故的发生。

重新(调试)试车: 检查后和开车前的阶段, 当化学品被引入到系统中并可能提高压力/温度时。在重新调试期间发现的潜在危险条件可能会导致安全和/或环境事故。

开车: 重新调试后开始生产操作的阶段。开车期间发现的潜在危险条件可能会导致安全和/或环境事故。

7.5.4 “汲取经验”支柱的例子

7.5.4.1 行动项目的后续行动

$(\text{过程安全行动逾期未处理的项目数} / \text{当前未处理的行动项目总数}) \times 100\%$

该度量可以配置为一个综合度量，也可以配置为特定逾期项目的几个单独的度量，例如：（

- $(\text{过期的审核行动项目数} / \text{当前到期的审核行动项目数}) \times 100\%$ 。
- $(\text{过期的 PHA 行动项目数} / \text{目前到期的 PHA 行动项目数}) \times 100\%$ 。
- $(\text{过期的事故调查行动项目数} / \text{当前到期的事故调查行动项目数}) \times 100\%$
- $(\text{过期未结的 PHA 行动项目数} / \text{正在执行或未了结的 PHA 行动项目总数}) \times 100\%$

定义：

当前到期：到期日期小于或等于当前日期的操作。

过期：活动中或未完成且已超过指定的完成日期的行动。

7.6 人员因素

在设计和管理设备和系统以管理过程中的风险时，人员因素上的考虑是必不可少的一个方面^[35, 36]。人员因素研究主要关注的是人与工作环境中的设备、系统和信息之间的相互作用。人员因素分析主要关注的是在工艺过程的运行和相关设备和系统的维护中识别和避免可能发生错误的情况。人员因素的定义如下^[10]：

一门与设计机器、操作和工作环境，使之与人的能力、限制和需求相匹配的学科。包括任何与操作员机械系统中人的因素相关的技术工作（工程、程序编写、工人培训、工人选择等）。

本节中提供了一些潜在的指标。

7.6.1 过程安全系统审核的例子

可以对过程安全系统进行审计，以确保其有效性，并在问题出现之前找到差距^[37]。本节提供了一些与人员因素审核相关的潜在结果，可作为潜在的衡量标准。

7.6.1.1.1 危害识别和风险评估（HIRA）

(包含人员因素分析的危害分析报告数量/危害分析报告总数) × 100%

7.6.1.2 工艺危害分析(PHA)

(包含人员因素分析的 PHA 数量/PHA 总数) × 100%

7.6.2 疲劳风险管理中的例子

人员因素研究的一个方面是疲劳风险管理，这在文献中有更详细的描述^[38]。本节中提供了一些潜在的衡量标准。

7.6.2.1 疲劳风险教育

(接受过疲劳原因、风险和潜在后果教育的受影响员工人数/受影响员工总数) × 100%

疲劳风险教育应该让所有受影响的员工了解睡眠、睡眠障碍、警觉性、昼夜节律和疲劳生理学的基本科学原理。这些信息将帮助他们识别和减少疲劳风险-对他们自己、同事、以及他们可能监管或管理的人员。这种教育也应提供可与家人分享的认知信息。

7.6.2.2.2 加班百分比（中位数、平均数、前 10%）

(加班时数/测算期内每人标准工时总数) × 100%

7.6.2.3 延长班数

测量期间每人延长轮班数

延长轮班是指员工被指派在正常排班时间以外的时间内工作到其他班次。延长轮班包括参加培训、安全会议等的留班时间。它不包括正常交接班所需的时间。

8 参考

- [1] American Petroleum Institute (API), API RP 754, Process Safety Performance Indicators for the Refining and Petrochemical Industries, 2nd Edition, April 2016. www.api.org
- [2] The Report of the BP U.S. Refineries Independent Safety Review Panel (The "Baker Report"), January 2007.
- [3] United States Chemical Safety and Hazard Investigation Board, Investigation Report, "Refinery Explosion and Fire, BP Texas City, Texas, March 23, 2005," Report No. 2005-04-I-TX, issued March 2007.
- [4] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), Guidelines for Process Safety Metrics, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (2009).
- [5] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), Guidelines for Integrating Management Systems and Metrics to Improve Process Safety Performance, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (2016).
- [6] Hopkins, A., "Thinking About Process Safety Indicators," Safety Science, Vol. 47, No. 4, 2009.
- [7] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), Guidelines for Risk Based Process Safety (RBPS), John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey (2007).
- [8] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), Conduct of Operations and Operational Discipline, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (2011).
- [9] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), Guidelines for Auditing Process Safety Management Systems, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (2011).
- [10] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), CCPS Process Safety Glossary. www.aiche.org/ccps
- [11] U.S. Department of Transportation (DOT), 49 CFR 173.2a—Classification of a Material Having More Than One Hazard.
- [12] United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), ECE/TRANS/202, Vol. I and II ("ADR 2009"), European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR), 2009.
- [13] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), Recognizing Catastrophic Incident Warning Signs in the Process Industries, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (2012).
- [14] Klein, J. A., "The ChE as Sherlock Holmes: Investigating Process Incidents," Chemical Engineering Progress, 2016, 112(10):28-34.
- [15] Vaughn, B. K., and K. Bloch, "Use the Bow Tie Diagram to Help Reduce Process Safety Risks," Chemical Engineering Progress, 2016, 112(12):30-36.

- [16] The Center for Chemical Process Safety (CCPS) and the Energy Institute (EI), Bow Ties in Risk Management: A Concept Book for Process Safety, American Institute of Chemical Engineers, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (Expected 2018).
- [17] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), Essential Practices for Creating, Strengthening and Sustaining Process Safety Culture, American Institute of Chemical Engineers, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (Expected 2018).
- [18] Reason, J., Human Error, Cambridge University Press, Cambridge, U.K. (1990).
- [19] Reason, J., Managing the Risks of Organizational Accidents, Ashgate Publishing (1997).
- [20] Klein, J. A., and B. K. Vaughen, Process Safety: Key Concepts and Practical Approaches, CRCPress (2017). www.crcpress.com
- [21] Klein, J. A., and B. K. Vaughen, "A Revised Program for Operational Discipline," Process Safety Progress, 27:58-65 (2008).
- [22] Blanco, R. F., "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] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), Guidelines for Safe Automation of Chemical Processes, Second Edition, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (2017).
- [24] Wasileski, R. F., "Think Facility, Act on Integrity," Process Safety Progress, 36:264-272 (2017).
- [25] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), Inherently Safer Chemical Processes: A Life Cycle Approach, Second Edition, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (2009).
- [26] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), Guidelines for Implementing Process Safety Management, Second Edition, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (2016).
- [27] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), CCPS Vision 20/20. www.aiche.org/ccps
- [28] Sepeda, A. L., "Understanding Process Safety Management," Chemical Engineering Progress, pp. 26-33, August 2010.
- [29] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), Guidelines for Siting and Layout of Facilities, Second Edition, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (2018).
- [30] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), Guidelines for Asset Integrity Management, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (2017).

- [31] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), Dealing with Aging Process Facilities And Infrastructure, American Institute of Chemical Engineers, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (2018).
- [32] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), Guidelines for Defining Process Safety Competency Requirements, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (2015).
- [33] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), Guidelines for Managing Process Safety Risks During Organizational Change, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (2013).
- [34] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), Guidelines for the Management of Change for Process Safety, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (2008).
- [35] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), Guidelines for Preventing Human Error in Process Safety, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (2004).
- [36] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), Human Factors Methods for Improving Performance in the Process Industries, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (2006).
- [37] The Center for Chemical Process Safety (CCPS), Guidelines for Auditing Process Safety Management Systems, Second Edition, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (2017).
- [38] American Petroleum Institute (API), API RP 755, Fatigue Risk Management Systems for Personnel in the Refining and Petrochemical Industries, First Edition, April 2010.
www.api.org

附件 A - 术语和定义

注：本附录中定义的术语代表了 CCPS 和 API 不同行业成员之间的合作成果。 请注意，这些术语特别适用于本指南，以保证本指南的一致性。 因此，这些定义代表了不同来源的过程安全相关术语。

这些术语在发布时是最新的。 请参考 CCPS 过程安全术语表，了解可能的更新内容[10]。

Accident 事故	计划外的事件或一连串事件，导致不良后果
阶段性工作 (active staging)	等待卸货的卡车或铁路车辆，其中唯一的延迟卸货是与卸货过程的物理限制（如卸货站的数量）或合理的人力供应有关（如只在白天卸货，只在周一至周五卸货），而不是与过程中的可用数量限制有关。 主动停放是运输的一部分。 任何因流程内可用运量的限制而等待卸货的卡车或轨道车，均视为现场仓储。
现场仓库 (active warehouse)	现场仓库是指储存工艺过程中使用或生产的原材料、中间体或成品的现场仓库。 从工艺的角度看，活动仓库相当于一个散装储存罐。 原材料、中间产品或成品不是储存在一个大容器中，而是储存在较小的容器中（例如，桶、桶、桶等）
屏障	任何用于控制、阻止或阻碍能量流动的东西。 包括工程（物理、设备设计）和管理（程序和工作流程）
领结模型	风险图，显示各种威胁如何导致危害的失控，使不安全状态发展成一系列不希望的后果。 该图可以显示出所部署的所有屏障和降级控制措施。
后果	事故序列的直接的、不希望的结果，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。
容器	在没有条件下，化学系统与环境之间没有反应物或产物交换的系统条件。
设备	可按其范围内包含的机械、电气或仪表部件来定义的硬件。

设备可靠性	在规定的条件下运行时，工艺设备在规定的暴露期内能充分发挥其预期功能的概率。
事件	由设备性能或人为行为或工艺外的事故造成的工艺过程中的事故。
爆炸	能量的释放，造成压力不连续或爆炸波。
爆炸性	一种在受到突然的冲击、压力、压力或高温时，引起压力、气体和热量的突然、几乎是瞬间释放的化学物质。
失效	预期业绩与观察到的业绩之间存在不可接受的差异
火灾	燃烧反应伴随着热、光和火焰的演变而发生的燃烧反应
易燃	如果与空气或氯气等气态氧化剂混合，然后点燃，可以用火焰燃烧的气体。易燃气体 “ 一词包括易燃或可燃液体的蒸气，高于闪点的可燃或可燃液体的蒸气
频率	单位时间内发生事件的次数 (例如，1000 年内发生 1 次事件 = 1×10^{-3} 次/年)
危害	有可能对人身、财产或环境造成损害的固有化学或物理特性。 在本指南中，它是指危险物料、操作环境和某些可能导致事故的意外事件的组合。
危险物料	从广义上讲，任何具有能够对人类健康或安全或环境产生不利影响的特性的物质或物质混合物。除了与闪点和沸点有关的火灾问题之外，还存在危险的物质。 这些危险可能来自但不限于毒性、反应性、不稳定性或腐蚀性等
事故	一个或一系列事件，造成一个或多个不良后果，如对人的伤害、对环境的破坏或资产/商业损失等。
指示	一种测量方法，特别是一种趋势或事实，它提供了关于某种事物的状态或水平的信息。
滞后指示	以结果为导向的回顾性指标，描述已经发生的事件，并可能表明潜在的反复出现的问题
滞后指标	根据达到既定的严重程度阈值的事件，制定一套追溯性指标；
先导指示	衡量关键工作流程、操作纪律或防止事故发生的保护层的业绩的前瞻性指标

先导指标	一套前瞻性的指标，表明防止事故发生的关键工作流程、操作纪律或保护层的表现
可能程度	衡量事件发生的预期概率或频率。这可以表示为事件频率(例如，每年发生的事件数)、在一个时间间隔内发生的概率(例如，年度概率)或条件概率(例如，在前兆事件发生的情况下，发生的概率)。
指标	测量东西的方法，或从测量中得到的结果。
消解	以预防的方式从源头上减少事故发生的可能性，或以保护性的方式减少事故的规模和（或）对当地人员或财产的影响，从而降低事故事件序列的风险
侥幸事故	不希望发生的事件，在稍有不同的情况下，可能会造成人员伤亡、财产、设备或环境损害或工艺损失的不希望发生的事件。 对安全系统的挑战，其中对安全系统的挑战可分为以下几类： • 对安全系统的要求（泄压装置、安全仪表系统、机械停机系统） • 初级安全壳检查或测试结果超出可接受的限度，或 • 工艺偏差或偏移
预防	消除或预防与某项活动有关的危险或风险的过程。预防有时用于描述为减少不希望发生的事件的可能性而事先采取的行动
过程安全	通过应用良好的设计原则、工程设计和操作做法，对处理危险物质的操作系统和工艺的完整性进行管理的规范性框架。它涉及到预防和控制有可能释放危险物质或能量的事故。这类事故可能会造成有毒影响、火灾或爆炸，最终可能导致严重伤害、财产损失、生产损失和环境影响
过程安全和风险管理	以预防、防备、减轻、应对和恢复危险材料和能源的释放为重点的管理系统
过程安全事件	潜在的灾难性事件，即涉及危险材料的泄漏/失去安全壳的事件，可能导致大规模的健康和环境后果。相当于工艺安全事故，注意到 PSE 在本指南中区分了 1 级和 2 级后果级别（见图 1）

过程安全事故	潜在的灾难性事件，即涉及到危险材料的释放/失去安全壳的事件，可能造成大规模的健康和环境后果
过程安全指示	一种与工艺安全相关的具体过程测量，特别是一种趋势或事实，它提供了有关工艺安全事件、侥幸事故、保护层面临的挑战、操作纪律和过程安全计划中的管理制度的状态或水平的信息
过程安全指标	过程安全计划效率或绩效指标的测量或分析结果的方法
过程安全系统	过程安全系统包括用于安全操作和维护工艺的设计、程序和硬件
可靠性	物件在规定的时间内或规定的要求下，在规定的条件下能够发挥所需功能的可能性
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。在某些国家或法律管辖下，责任方可称为“责任方”或负有监管报告责任的一方。在本技术规程中，“责任方”和“公司”是同义词。 注：责任方是在任何过程安全事件之前确定的。责任方可以是设施所有者或设施运营者，这取决于两者之间的关系。设施所有者或运营者是对设施的业绩负责吗？谁负责制定和实施预防方案？谁负责在过程安全事件发生后进行调查并确定和实施纠正措施？
风险	用事件发生的可能性和损失或伤害的程度来衡量人的伤害、环境损害或经济损失。这种关系的简化版本是将风险表示为事件发生的可能性和后果的乘积。(即， $\text{风险} = \text{后果} \times \text{可能性}$)
基于风险的过程安全 (RBPS)	化工过程安全中心 (CCPS) 的过程安全管理体系方法，采用与过程安全活动的风险需求、资源的可利用性和现有的过程安全文化相适应的基于风险的战略和实施策略，来设计、纠正和改进过程安全管理活动。
防护或保护特性	为降低因果关系情景的发生概率或减轻因果关系情景的严重性而制定的设计特征、设备、程序等
安全系统	旨在限制或终止事故序列，从而避免损失事件或减轻其后果的设备和/或程序
停车	使作业进入安全和非作业状态的过程
系统	为完成一系列具体功能而组织的人员、设备和方法的集合

附件 B

PSE 指标具体的例子

这些插图和例子仅用于说明目的，在发布时是最新的。请查阅 [CCPS 指标](#) 网页上的最新列表。

本列表涉及了以下的区域：

- 公司场所
- 具有多种后果的 PSE
- 封闭性丧失
- 急性释放
- 火炬和排放控制装置
- 安全泄放装置/系统
- 有毒气体、蒸气或气溶胶
- 损工时事件
- 管线
- 与化学品释放无关的火灾
- 船用船舶
- 卡车和轨道罐车
- 办公楼
- 人机界面事故
- 混合物
- 真空车作业
- 直接费用
- 正式宣布的撤离或就地避险

公司场所

1. 一辆第三方货车在公司厂内装载易燃产品，发生泄漏，随后发生火灾，财产损失损失 10 万美元（直接费用）。虽然该卡车是“由他人操作”，但它与该工艺相连。该事故属于一级 PSE，因为直接费用等于或大于 10 万元，所以属于一级 PSE。
2. 与#1 类似的例子。 装载易燃产品的卡车在驶出工厂的途中翻车，导致火灾和卡车损失。由于该卡车不再与工艺相连，因此不作为 PSE 报告。
3. 一条管道泄漏并在 1 小时内释放出 2000 磅的可燃蒸汽。一条公共道路将主要设施和其海上码头分隔开。这条管道起源于工厂，并通向码头。泄漏点恰好在该设施的财产之外，在公共道路上的短段管道上。虽然从技术上讲，泄漏发生在外，但这属于一级 PSE，因为该设施拥有并经营着整段管道的所有权。

具有多种后果的 PSE

4. 有 200 桶易燃液体泄漏，导致大量易燃蒸汽释放，被点燃并引起火灾。火灾破坏了其他设备，导致有毒气体释放量超过了报告限值，并造成多人损工伤害，包括一人死亡。该事件应作为单一的第一级 PSE 报告，但其有多个后果。在计算严重性指标时，将从表 3 中选择适当的严重性分

值 (1、3、9 或 27 分), 分别代表火灾损失、化学品释放的潜在影响、人体健康影响和社区/环境影响。 这些个别严重程度点的总和将用于计算总的严重度量标准。

封闭性丧失

5. 10 桶汽油 (1400 公斤, 3100 磅) 从管道中泄漏到混凝土上, 汽油没有接触到土壤或水。现场人员估计, 该泄漏是 “急性” 泄漏 (例如, 在 1 小时内发生)。这是一个第一级 PSE, 因为发生了 1000 公斤 (2200 磅) 或更多的 “易燃液体” 的 “急性” 初级密封性损失 (例如, 在 “1 小时内”)。
6. 罐体压力表故障导致含有 “易燃液体” 的产品罐体超量灌装。约 7000 公斤 (15500 磅) 的液体溢出到罐体的围堰。这起事故属于第一级 PSE, 因为它是一次大于 2200 磅的 “急性” 溢出, 不考虑二次围堰。
7. 一名维修承包商打开一个工艺阀门, 被硫酸喷到, 导致严重烧伤和损工伤害。这属于第一级 PSE 事故。是一种意外事件, 涉及到物料和封闭性丧失的意外事件。对于死亡和损工伤害和疾病, 不设释放限值。
8. 某操作人员打开质检取样点采集产品的常规样品, 因玻璃瓶破损导致手部严重撕裂, 需要缝合, 错过了第二天的工作。这不属于第一级 PSE, 因为它不涉及到密封性丧失。
9. 一个排气阀在工厂大修后被打开。开车时, 估计有 10 桶燃料油 (1700 公斤, 3750 磅) 在发现并关闭放气阀之前, 在 100° F 下释放到地面上, 并进入工厂的排水系统。这是一种第二级 PSE, 因为它超过了 440 磅包装组 III (危险等级 3-易燃液体) 的释放标准。
10. 操作是将原油罐 (在 120° F 下操作) 的水排入为此目的设计的排水系统。操作者离开现场后忘记了关闭阀门。20 桶原油被释放到排水系统中。这属于第一级 PSE, 因为原油 (一种 “可燃液体”) 的释放是非预期的, 而且它超过了 2000 公斤或 4400 磅的释放标准。
11. 一条管道腐蚀并泄漏 10 桶 (1700 公斤, 3750 磅) 的重循环油 (HCO), 在作业温度为 550 华氏度的情况下, 泄漏到地面。HCO 的闪点为 300° F。这属于第二级 PSE, 因为 HCO 释放温度超过闪点, 泄漏量超过了 200 公斤 (440 磅) 或 1.4 桶的 Tier 2 限值。
12. 操作人员在船舶清洗作业中, 有目的地在一小时内将 20 桶可燃物排放到含油水收集系统中。排水是有计划 and 控制的, 而且收集系统是为这种服务设计的。这不属于应报告的 PSE, 因为它符合特定的排除规定。如果该物质无意间被释放, 或变得不受控制, 流向开放式的排水沟、下水道或其他收集系统, 则属于 PSE。
13. 碳氢化合物烟气飘到位于厂内的 QA/QC 实验室, 导致火灾, 损失 1500 美元。碳氢化合物烟雾的来源是油性水的下水道系统。虽然此次火灾是由于计划外或无控制地失去了主要安全防护措施, 但由于没有超过 2,500 美元的损失阈值, 因此不属于第二级 PSE。
14. 一辆叉车在一个加工装置内运送材料, 撞断了一个放气阀, 导致异戊烷释放, 随后发生了蒸汽云爆炸, 财产损失超过 100,000 美元。这属于第一级 PSE, 因为计划外或失控的 LOPC 导致火灾或爆炸, 造成的损失超过 100,000 美元。

15. 燃烧的加热器中出现火嘴熄火，导致燃烧器内的形成富含燃料的环境，随后在燃烧室内发生爆炸，对加热器内部造成的损失大于 10 万美元。燃烧室外没有泄漏。这将属于第一级 PSE，因为熄火后继续流动的燃料气体现在是无控制释放。其目的是在燃烧器处燃烧，而不是将燃料气体控制在燃烧室内。
16. 在一个燃烧加热器中发生了管子破裂，导致(加热器内的)火灾，造成加热器内部损坏超过 100 000 美元(超过更换故障管子的费用)。该管子故障是工艺流体的初级密封性丧失，加上超过 100,000 美元的额外损失，使之成为第一级 PSE。

急性泄漏

17. 在两个星期的时间里，10 桶汽油（1400 公斤，3100 磅）从管道中稳定地泄漏到土壤中。简单的计算表明，泄漏率约为每小时 0.03 桶（9 磅/小时）。这不是第一级或第二级 PSE，因为泄漏事件不是“急性”泄漏（例如，在任何 1 小时内超过 1000 公斤（2200 磅）的阈值），但是，公司可以选择将该事件记录为三级其他 LOPC。
18. 与上述例子相同，只是估计 10 桶泄漏量在 1 小时 30 分钟内以稳定的速度流出。简单的计算表明，泄漏率为每小时 6.7 桶（933 公斤或 2060 磅）。933 公斤或 2060 磅每小时。在任何“1 小时”期间，泄漏率略低于 1000 公斤（2200 磅）的第一级报告限值，但高于 100 公斤（220 磅）的第二级报告限值，因此属于第二级 PSE。
19. 运行人员在排除天然气流量超过预期的故障时，发现天然气管线上的安全阀没有正常闭合，通过分离桶向常压排气管道排气筒进行泄压。经进一步调查，确定在 6 个月的时间里，共释放了 100 万磅的天然气，并以稳定的速度释放。这不是第一级 PSE，因为释放率（每小时 100 公斤）不超过任何 1 小时内可燃蒸汽的 500 公斤一级 TQ），但是，它是第二级 PSE，因为超过了 50 公斤（每小时）的二级急性释放限值。
20. 一名操作员在一个工艺换热器附近发现大约 10 桶的芳香族溶剂（如苯、甲苯）的液体溢出，而在两小时前的最后一轮检查中，该操作员并没有发现。由于实际释放时间未知，应使用最佳估计值来确定是否超过了 TQ 率（最好是在列入而不是排除的情况下进行判断）。这起事故属于第一级 PSE，因为涉及的溶剂是 II 类包装材料，如果估计时间段少于一小时，则超过了 7 桶的限值。

下游破坏装置（如火炬、洗涤塔、焚烧炉、急冷槽）

21. 火炬系统由于火炬喷嘴上的引风机不活动，导致火炬系统无法正常工作。在这段时间内，由于工艺装置中的超压导致蒸气泄放到火炬。通过泄压装置的蒸气量大于限值，导致在级数上形成可燃混合物。由于溢流阀排出的蒸汽量大于限值，导致不安全释放，这将被归为 PSE。
22. 100 桶石脑油液体无意中通过泄压装置进入火炬系统。火炬的分离罐收集了大部分的泄放；但是还是导致了石脑油从火炬飘洒出来。这是一个第一级 PSE，因为从泄压装置释放到下游破坏性装置的量确实超过了限值，导致了四种后果之一（即液体携带）。
23. 泄压装置出来到洗涤塔的泄放量小于限值，但是释放量大于洗涤器的设计流量，使人员暴露在有毒蒸气中，导致损工伤害。由于造成了初级封闭性丧失，造成损工伤害，属于第一级 PSE。泄压装置排放的规定，以实际造成的危害后果为准。

24. 丙烷罐的超压泄放通过压力泄放阀排向火炬系统。火炬系统上的引风机工作不正常，火炬没有燃烧蒸气。该事件历时 45 分钟。丙烷的释放量估计为 1300 磅，释放后消散到大气层以上和任何工作平台之上。尽管释放量超过了限值，但这并不是 PSE，因为排放物被排到了下游的破坏性装置，没有产生任何后果。公司可以选择将此事件记录为第三级其他 LOPC 和对第三级安全系统的需求。
25. 波动泄压装置打开并向火炬系统释放燃料气体。火炬系统正常工作，并燃烧来自泄压装置的蒸气释放。这不是 PSE，因为泄压装置释放的气体被引向下游的破坏性装置，该装置的功能符合预期（即没有造成所列四种后果之一）。公司可以选择将此事件记录为三级其他 LOPC 和对三级安全系统需求。

安全装置/系统

26. 设备发生故障，泄放阀向大气排放打开，而该泄放阀是根据 API521 标准设计的，气体释放到大气中，没有造成不良后果。根据 API 521 标准或同等标准，该事件不属于第一级或第二级 PSE，因为蒸气和气体从安全阀、高压爆破片和类似的安全装置中释放到大气中，而这些安全装置是为该事件设计的（注：释放不会导致液体携带、排放到潜在的不安全地点、现场避难所或公共保护措施（如道路封闭），且 PRD 排放量大于限值量^[1]）。公司可以选择将其计入第三级事件，因为这是一个未被计入第一级或第二级的 PRD 的激活。
27. 某氯气容器有一个泄压装置（PRD），在最近的 PHA 中被认定为尺寸不足。在（物料）输送过程中，该容器超压。在 25 分钟的时间内，60 磅的氯气（TIH 区 B 区材料）通过该泄压装置释放到安全地点。这不是第一级或第二级 PSE，无论 HAZOP 的结论如何，只要没有导致液体夹带、现场就地避难、公共防护措施或其他排放到不安全地点的迹象，就不属于第一级或第二级 PSE。但是，公司可以选择将该事件记录为安全系统的 Tier 3 需求。
28. 系统波动，泄压阀未能打开，导致设备超压，可燃气体从法兰泄露导致“急性”释放。释放量超过 500kg（1 小时内）的限值。这属于第一级 PSE。法兰的释放量不排除在 PSE 报告外。

有毒气体、蒸气或气溶胶

29. 高压盐酸管线发生泄漏，导致 1,900 磅盐酸泄漏。闪蒸计算表明，超过 220 磅的氯化氢将以蒸汽形式释放出来。1900 磅的盐酸泄漏是第二级 PSE，因为这种液体被归类为强酸，报告限值为 440 磅。然而，由于该液体被喷出导致形成气溶胶，产生了超过 220 磅的氯化氢蒸气，因此，由于在 1 小时内超过 100 公斤（约 220 磅）或更多的有毒吸入危险区 C 区物质，该事件将成为第一级 PSE。
30. 含有二氧化碳和 10,000 vppm（按体积比 1%）的硫化氢的管道泄漏，在短时间内（如 1 小时内）释放出 7,000 公斤（15,400 磅）的气体。计算结果显示，此次泄漏涉及约 55 公斤（120 磅）的硫化氢。该释放属于第一级 PSE，因为有毒吸入危险区 B 区化学品的报告阈值是任何超过 25 公斤（55 磅）的有毒化学品（如硫化氢）。
31. 与上述相同，只是管道中的硫化氢浓度为 50 vppm，而不是 10000vppm。由于二氧化碳的释放量超过了 2000 公斤（4400 磅）的阈值，该事件仍属于第一级 PSE。

损工伤害事故

“损工伤害事故”（或死亡）是否被列为应报告的工艺安全事件，取决于该事件是由物料的封闭性丧失造成的，或在应对对封闭性丧失的应急疏散直接相关。

32. 操作人员在行走时滑倒，摔倒在地面上，造成损工伤害。滑倒/摔倒的原因是由于天气原因、“长期”油腻的地面和湿滑的鞋子。这种情况不属于 PSE 的报告范围。与疏散或应对封闭性丧失没有直接关系的人员安全“滑倒/跌倒”事故，特别不在 PSE 报告范围内。
33. 与上述相同，但操作人员在应对小规模易燃液体泄漏（如 1 小时内小于 50 公斤）时滑倒并摔倒。由于操作者是在处理封闭性丧失事件，因此这属于可燃液体泄漏事故，应予报告。如果在公司厂内发生初级封闭性丧失事故，并导致损工伤害事故或死亡，则属于第一级 PSE。对于死亡事故和损失时间事故，没有释放限值的要求。
34. 与上述相同，只是操作者在事故结束后数小时后滑倒。这种情况不属于 PSE 的报告范围。在报告排除条款中，“撤离”和“应对”是指正在进行的封闭性丧失和相关的应急反应活动。在事件结束后发生的滑倒/滑落/坠落事故（如“事后”清理和补救）不包括在 PSE 的报告范围中。
35. 封闭性丧失事故发生时，疏散设备附件的一名架子工在疏散时从脚手架梯上摔下，造成损工伤害事故。这属于第一级 PSE。
36. 一名操作员走过一个设计不当的蒸气疏水阀。蒸气疏水阀释放，操作人员的脚踝被蒸气烧伤，导致损工伤害事故。这属于第一级 PSE，因为即使损失的是蒸气（相对于碳氢化合物或化学品），但物料的物理状态导致了损工伤害。无毒和非易燃材料不在限值量标准中，但要遵守其他后果标准。
37. 密闭容器特意用氮气吹扫。一个施工人员绕过安全控制装置，进入容器内并死亡。这是一个应报告的死亡事故，但不是第一级 PSE，因为没有计划外或不受控制的封闭性丧失损失，所以不属于第一级 PSE。
注：根据安全法规，这一死亡事故可能需要报告，并可能需要记录在公司的伤病记录中。
38. 与上述相同，只是氮气不慎泄漏到容器中。这将是一个第一级 PSE（和死亡事故），因为有一个死亡事故与计划外的初级封闭性丧失有关。
39. 对硫化氢报警做出反应的操作人员倒下，造成损工伤害事故。如果报警是由实际的非计划或失控的硫化氢 LOPC 事件，则该事件为第一级 PSE。如果警报是误报，该事件将不属于第一级 PSE，因为没有实际释放。

管线

40. 一条地下管道泄漏，3 天内释放 100 桶柴油（可燃物）（1.39 桶/小时）。泄漏导致土壤被污染，随后进行了修复。这不是第一级或第二级 PSE，因为没有造成安全后果，而且泄漏量没有超过 1.4 桶或更高的“急性”阈值。但是，公司可以选择将该事件记录为第三级其他 LOPC。
41. 管道泄漏并在 1 小时内释放出 2000 磅的可燃蒸气。然而，该泄漏发生在厂内的一个偏远位置。由于“偏远性”不在考虑范围之内，且释放量超过限值，因此该释放属于第一级 PSE。
42. 一条由 A 公司拥有、运营和维护的，属于美国交通部（DOT）监管的管线穿过 B 公司的财产。该 DOT 监管的管道在一小时内释放出 1500 磅的可燃气体，并导致火灾，对 A 公司的设备造成超过

100,000 美元的损失。这对 B 公司来说不是第一级 PSE，因为该管道不是由 B 公司拥有、运营或维护的。

与初级封闭性丧失无关的火灾或能量释放

作为一般规则，只有当火灾或能量释放是由于初级封闭性丧失或导致化学品释放量超过限值时，才会被报告为 PSE。这方面的例子包括：

43. 电气火灾影响了工艺的运行，导致 4000 磅甲苯的释放。该事件将属于第一级 PSE，因为初级封闭性丧失超过了甲苯的 2200 磅报告限值。
44. 电气火灾、电力损失或任何其他公用工程中断，导致工厂停产和可能造成的附带设备损失超过 100,000 美元（例如，由于停车不当导致的反应器或设备损坏），但没有造成初级封闭性丧失，并导致已确定的后果之一，将不作为 PSE 报告。要成为应报告的 PSE，必须有初级封闭性丧失（LOP）。
45. 轴承着火、电机故障或类似火灾，造成设备损坏（>100,000 美元），但没有造成初级封闭性丧失，并导致已确定的后果之一，将不作为 PSE 报告，因为没有发生超过限值的过程化学品泄漏或伤害。
46. 如果在#44 或#45 的例子中，如果发生了伤害或超过限值量的化学品释放，则这些都是应报告的 PSE 事件。
47. 容器内爆燃导致设备损坏大于 2,500 美元，但没有发生初级封闭性丧失。虽然这是一个严重的工艺事件，并应进行调查，但由于没有封闭性丧失，因此不符合应报告的 PSE 的定义。
48. 装有化学品的储罐上的通气口堵塞，日常的泵的运行导致抽真空而使储罐抽瘪，设备损失大于 100,000 美元。该事件不属于 PSE，因为没有发生初级封闭性丧失。
49. 如果在例 48 中，如果罐体焊缝失效导致物料泄漏超过了该物质的 TQ 量，则该事件将被报告为 PSE（即使物料被收集在二次围堰中）。
50. 一块脚手架板被放置在高压蒸汽管道附近，随后开始燃烧，但很快被扑灭，没有造成进一步的破坏。调查发现，该板被一些油污污染，但该区域没有任何油污泄漏的迹象。这不是一个需要报告的 PSE，因为没有计划外或失控的 LOPC。

水上运输

51. 公司经营的运输船发生了船上可燃物料“急性”泄漏，泄漏量超过 14 桶。该事件不在 PSE 报告范围内，因为水上运输船事件被明确排除在外，除非该船为原料或产品转移的目的与工艺连接在一起。
52. 一艘第三方驳船被拖船推着，撞上公司码头。驳船舱被冲破，向水中释放 50 桶柴油。该事件不属于 PSE，因为海运船没有为了原料或产品转移的目的而连接到该工艺。

货车和铁路

53. 一辆公司的轨道罐车在厂外运输过程中脱轨并泄漏了 7 桶以上的汽油。该事件不属于 PSE，因为轨道罐车与没有于工艺流程相，也没有作为现场储存。

54. 一辆第三方卡车/拖车在公司厂内翻车，导致超过 7 桶的汽油“急性”泄漏。如果卡车没有与装卸设施连接，则该事故不作为 PSE 报告。但是，公司可以选择使用运输事故指标，记录这一事件。
55. 一辆合同运输卡车在卸下腐蚀性物质时，软管断开并产生 2500 公斤的气溶胶和/或液体腐蚀性物料泄露。该事件属于第一级 PSE，因为在事故发生前，该卡车仍与装卸设施相连，且腐蚀性气体 TQ 超过 1000 公斤，因此该事件属于第一级 PSE。
56. 已向工厂发货两辆氯气罐车，这两辆车用来向现场储罐卸料。一辆连接到工艺流程，另一辆则在第一辆轨道车卸货时停放。在停放和等待第一辆车卸货时，第二辆轨道车发生了泄漏，不到一小时内泄漏了 6 磅。这不属于应报告的 PSE，因为卡车和轨道罐车被明确排除在外，除非与工艺流程相连或用于现场储存。在等待卸货的过程中，如果过程中的可用容量没有限制，则不认为是储存

办公楼

57. 主要办公楼的锅炉失火，直接损失共计 100000 美元。该事件不属于可报告的 PSE 事件，因为与流程无关的办公楼事件被明确排除在外。

人机界面事件

58. 一名操作技术员在一家聚合物厂的后处理设备周围工作时受伤。受伤是由机械、人机界面与设备的机械、人机界面造成的。这不属于 PSE，因为不存在非计划或不受控制的封闭性丧失。

混合物

59. 一家化学品制造商在混合作业的下游泄漏了 10 000 磅含有多种化学品的配方产品。这种材料作为特定产品（例如，加热液、制动液等）销售。由于这种材料是以这种配方装运的，该公司此前已根据联合国危险品定义（或美国的 DOT 法规）对该混合物进行了评估，并将该混合物归类为“包装类 III”材料。由于泄漏量超过了 2000 公斤(4400 磅)的 III 类包装材料的限值，因此这次泄漏将作为第一级 PSE 报告。
60. 特种化学品厂的一个管接头失效，在不到一小时内释放出 4000 磅的 30%甲醛、45%甲醇和 25%水的混合物。这种混合物不属于联合国危险品/美国 DOT 协议中的分类；因此，采用限值混合物计算。甲醛的纯组分报告限值为 4400 磅，甲醇为 2200 磅。

组分	重量% (磅)	释放量(磅)	PSE 限值	% 限值
甲醛	30%	1200	4400	27.30%
甲醇	45%	1800	2200	81.80%
水	25%	1000	不适用	0%
				109.10%

该版本属于第一级 PSE，因为即使单个成分没有超过其各自的限值量，但累计百分比超过了 100%。

注: 这是一种替代的捷径方法, 可以得到或多或少的保守结果。更精确的方法是使用 DOT 49 CFR 173.2a^[11] 或联合国关于危险货物运输的建议第 2 节的规则。

真空车作业

61. 在从相邻单位吸取了一批物料后, 一辆真空车停在废水处理设施, 等待操作员批准排放。在等待期间, 真空车发生故障, 将处理物料排放到大气中。这不属于 PSE, 因为除非装载、排放或使用真空车的输送泵, 否则真空车的操作不在此范围内。
62. 一辆装有碳罐的真空车正在吸取碳氢化合物泄漏。碳罐起火, 导致真空车损失超过 45,000 美元。这是一个第二级 PSE, 因为最初的碳氢化合物泄漏构成了 LOPC, 而且 LOPC 的结果导致火灾损失大于 2,500 美元的第二级, 但小于 100,000 美元的第一级 PSE。

直接费用

63. 一台泵的密封失效, 由此造成的密封圈失灵起火。大火被迅速扑灭, 没有人员受伤。这场火灾导致需要修复一些损坏的仪器设备和更换一些绝缘材料。维修、更换、清理、应急处理等费用共计 12 万美元; 但扣除水泵密封失效的费用, 费用为 2 万元。这不属于第二级 PSE, 因为更换密封圈的费用不包括在直接费用的计算中, 只包括修理和更换被火灾损坏的设备的费用, 而不包括修理导致火灾的设备故障的费用。

正式宣布的疏散或就地避险

64. 少量极臭的物质通过管子泄漏进入冷却水系统。该物质散入冷却塔的大气中。一名小学教师因明显的臭味而决定不在室外进行课间休息, 尽管官员们认为没有必要就地掩盖; 因此, 这不属于 PSE。
65. 在一家炼油厂的卡车上卸货时释放出不到 1 磅的氟化氢气体。现场的分析仪检测到释放的氟化氢气体, 并触发了单位反应警报。住在附近一户人家的一名下班警察建议邻居们撤离, 因为 “这样的警报意味着炼油厂出了问题。” 这并不是 PSE, 因为该警员是作为一个公民个人建议采取预防措施, 而不是作为社区官员宣布疏散或就地避难。

修订历史

发布日期	版本号	变化
2007 年 12 月	1.0	CCPS 和工业界的初步合作。
2 月-2011	2.0	更新了本指南，使其与 2010 年发布的 API RP 754 版本保持一致，该版本是在 CCPS 成员公司和 API 合作下制定的。
2018 年 4 月 16 号	3.0	再次更新了本指南，使其与 2016 年发布的 API RP 754 的第二版重新保持一致，该版本是在 CCPS 成员公司和 API 之间的另一项合作努力之后制定的。
2019 年 2 月 26 号	3.1	发现并更正了表 1 中的一个排版错误（既，将 “25,000 美元” 改为正确的 “2,500 美元”）。
2019 年 4 月 22 号	3.2	注意到并更新了更多小的排版错误