

擲果安全咨询

Shegle Risk Consulting

shegle

模块0 - 工艺危害分析简介

Module 0 - PHA Introduction

自我介绍

- 赵建民
 - **MBA**
 - 注册安全工程师
 - **15**年化工行业经验
 - 化工生产、设计、安全经验
 - 中石油、中石化、**BP**、**AP**工作经历
 - 电话：**13761296279**
 - **Email: jmzhao@live.cn**
- 陈建平
 - **16**年化工行业经验
 - **BP**、壳牌、**BASF**、阿美科工作经历
 - 宁夏煤制气项目（**300**亿）首席安全工程师

www.shegle.com

今天我们为什么在这里

- 管理层对安全的承诺；
- 管理层的决心，进一步提高工艺安全管理；
- 管理层意识到有必要推进工艺危害分析；
- 管理层大力的支持、保证资源；
- 我们将了解各种工艺危害分析的工具；
- 我们将掌握**HAZOP**并可以马上应用；

www.shegle.com

Texas 炼油厂爆炸、火灾



- 时间 – 2005年3月23日
- 地点 – 美国Texas炼油厂
- 损失
 - 大于17亿美元
 - OSHA 罚款8700万美金（美国历史上最大的安全事故罚款）
- 事故类型 – 分馏塔溢流，爆炸和火灾

www.shegle.com

事故原因

BP内部事故调查临时报告，2005年5月17日发布，识别了4个关键因素；最终报告，确认了临时报告所识别的这些关键因素并识别了根本的原因：

关键因素：

- 开车程序和管理层疏忽
- 泄漏
- 排放系统设计
- 工作控制及板房位置

根本原因

- 缺乏对商业背景的理解
- 没有把安全放到重要的位置
- 组织机构复杂
- 不能看到风险
- 缺乏早期预警指标

www.shegle.com

不能看到风险

- 没有人意识到爆炸的风险
 - **AMOCO PSS No.6** 指出了排放罐放空塔用在轻质油方面的潜在危险性，需要逐步淘汰，但在**Texas**炼油厂从来没有计划来做这项工作；
 - 从来没有一个没有关于安全阀放空系统的全面、系统的评估：排放罐放空塔的能力、放空塔的气体、蒸汽扩散后果；
 - 以往发生过与排放罐放空塔有关的工艺波动，但这些波动、事故没有一个有效的测量、记录、跟踪系统来记录这些工艺的波动。工艺优化工程师也没有对开车的**DCS**数据、参数进行分析；
 - 白班**DCS**操作工似乎并不理解工艺及其潜在的后果、危害。有经验的现场操作工似乎也没有理解晚打开出料可能带来的后果；
 - 硬接线的残油分离塔高液位报警开关没有正常工作；

www.shegle.com

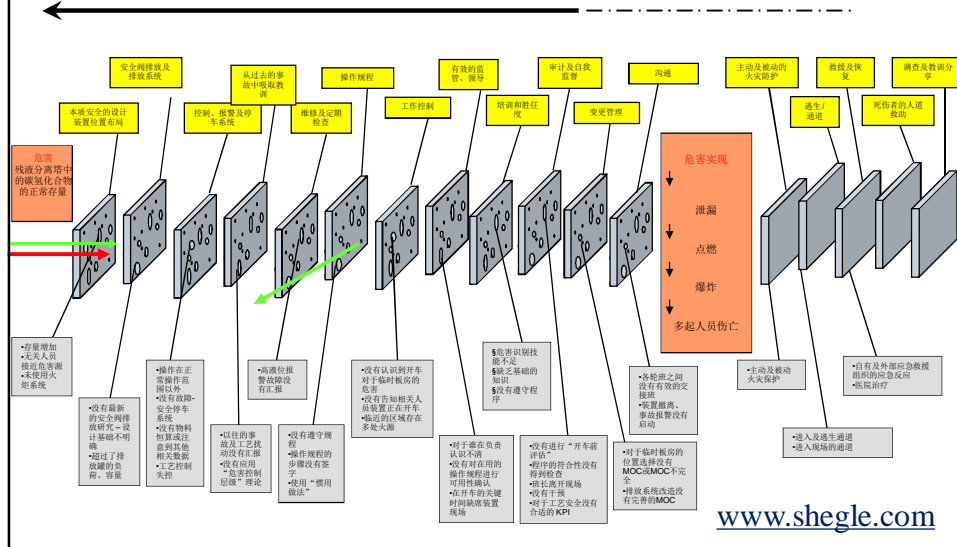
不能看到风险

- 没有人意识到爆炸的风险
 - 2003年异构化装置的HAZOP分析没有将排放罐放空塔识别为重大风险；
 - 移动板房放置在异构化装置的西侧，没有提出MOC，内有大量非防爆的电器设施；
 - 车辆允许在附近行驶、停放；
 - 2002年的建筑物位置分析没有考虑异构化装置所发生的事物的频率及后果严重程度；
 - 在考虑板房位置选择MOC所使用的“如果-怎么样”分析及检查表分析等工具没有考虑重大事故风险；
 - 异构化装置白班班长在开车前没有提醒该区域及附近无关的人员；
 - 异构化装置白班班长没有在炼油厂装置协调会上提到异构化装置正在开车；
 - 异构化装置主任也没有在炼油厂装置主任每周例会上提到异构化装置正在开车；

www.shegle.com

事故原因 - Texas 炼油厂爆炸、火灾

控制的层级 - 倾向于硬件/本质安全及减少人为失误的范围 - 多重保护层



为什么会发生重大事故

- 不知
 - 没有意识到安全的重要性
 - 没有意识到风险的存在
- 无为
 - 没有有效的手段去管理风险
 - PHA整改
 - 没有从经验中吸取教训



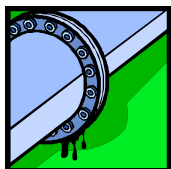
www.shegle.com

事故、事故、事故

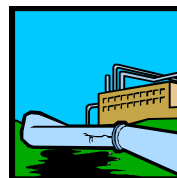
时间	地点	事故	死亡人数	法规
1966	Feyzin, 法国	LPG BLEVE	18	第一部LPG法规
1974	Flixborough, 英国	环己烷	28	
1976	Seveso, 意大利	二恶因	1	欧盟 Seveso I 指令1982
1979	Bantry Bay, 爱尔兰	油轮	50	
1982	Ocean Ranger, 加拿大	海上平台	84	美国《应急计划与社区知情权法》1986
1984	墨西哥	LPG Bleve	600+	
1984	Bhopal, 印度	异氰酸甲酯	2000+	
1986	Challenger	航空飞船	7	欧盟 Seveso I 指令1987
1986	Chernobyl, 苏联	核电站	100+	
1986	Sandoz, Bale, 瑞士	仓库	0	美国《洁净空气法修正案》1990
1987	Texas City, 美国	氟化氢	0	英国健康安全局《海上设施（安全情况）条例》1992
1987	Grangemouth, 英国	HCK HP/LP interface	1	
1988	Piper Alpha	海上平台	167	美国职业安全健康局 1910-119 《工艺安全管理条例》1992
1988	Norco, USA	Propane FCCU	7	
1989	Pasadena TX, USA	乙烯、异丁烷	23	美国环保局《风险管理程序条例》1996
1992	La Mède, 法国	Gasoline/LPG FCCU	6	欧盟《Seveso II 指令》1996
1994	Milford Haven, 英国	FCCU feedstock	0	英国《重大事故危害控制条例 1999》
1998	Longford, 澳大利亚	LPG	2	
2001	Toulouse, 法国	硝酸铵	30	欧盟《Seveso II 指令》更新2002
2001	Petrobras	海上平台	11	
2003	Columbia	航空飞船	7	
2004	Skikda, 阿尔及利亚	LNG	27	
2005	Texas City, 美国	汽油异构化	15	API关于有人居住的建筑物的推荐作法
2005	Buncefield, 英国	汽油油库	0	
2005	Bombay High, 印度	海上平台	13	

www.shegle.com

如何避免重大事故-工艺安全管理(PSM)



让化学品留在管道中！



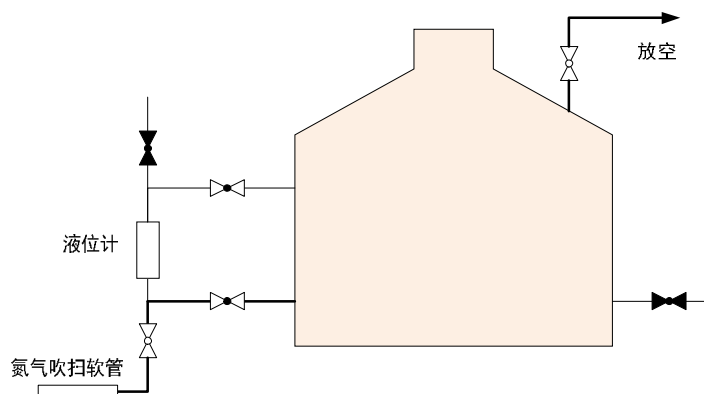
www.shegle.com

如何避免重大事故-工艺安全管理(PSM)

- 识别、分析风险
 - 准确、完整的工艺安全信息
 - 地下管线图（案例）
 - 操作员培训 - **P&ID**
 - 全面、合适的工艺危害分析（**PHA**）
- 采用有效的手段去管理风险
 - 来自常规作业的风险 - 全面、准确的操作规程
 - 来自非常规作业的风险 - 安全工作许可证管理
 - 来自外部的风险 - 承包商管理
 - 来自硬件的风险 - 资产完整性和可靠性管理
 - 来自人员的风险 - 培训和绩效管理
 - 来自变更的风险 - 变更管理
 - 来自残余的风险 - 应急及危机管理

www.shegle.com

工艺危害识别 - 简单的系统



www.shegle.com

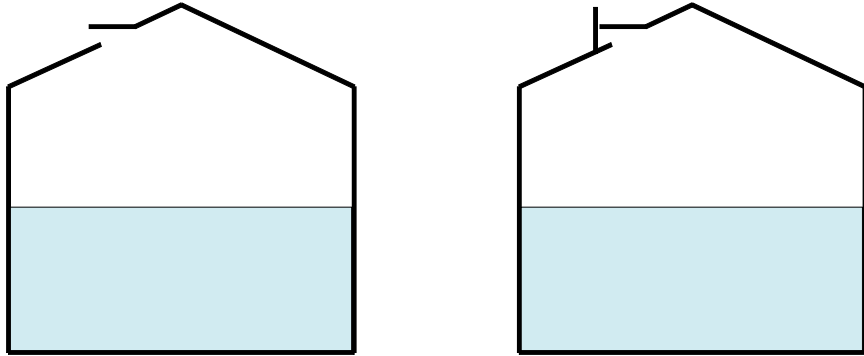
事故原因 - 没有认识到危险



- 使用消防水往容器内注水；
- 安全阀尺寸设计没有考虑消防水工况；
- 事故前数秒，一位操作工站在罐顶！

www.shegle.com

工艺危害识别 - 简单的系统



www.shegle.com

事故原因 - 没有认识到危险

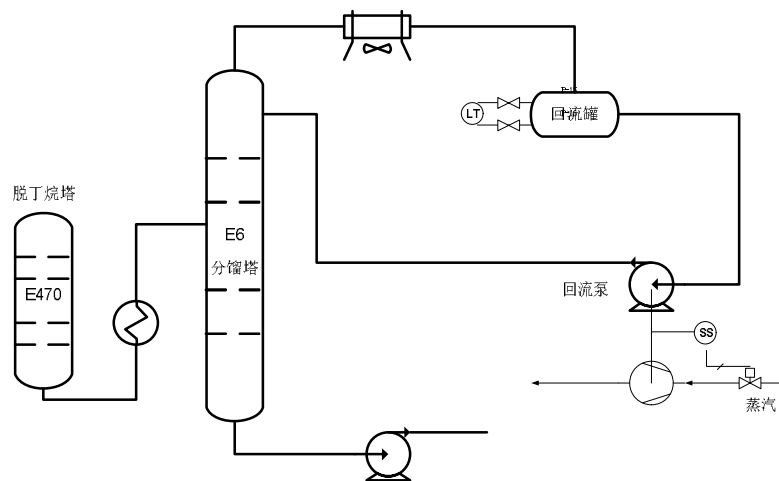


- 常压容器塌陷;
- 罐内形成真空;
- 放空口被缠上塑料布;



www.shegle.com

工艺危害识别 - 中等复杂的系统



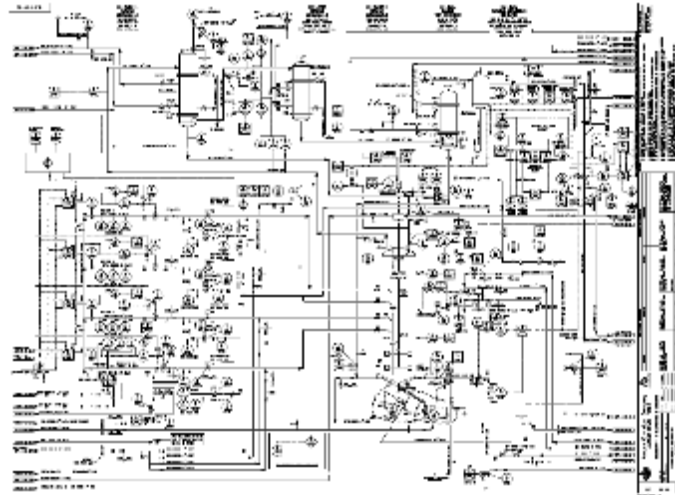
事故原因 - 没有认识到危险



- 回流罐液位不稳定;
- 透平超速开关失效;
- 透平超速导致回流泵密封损坏;
- 易燃物质泄露导致火灾;

www.shegle.com

工艺危害识别 - 复杂的系统

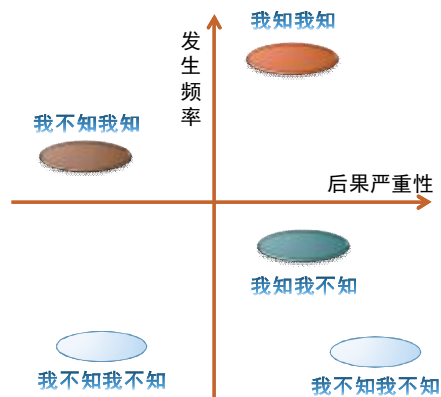


www.shegle.com

是什么让管理层夜不能寐？



- 造成的损失是**10元**，每年可能发生**10次**；
- 造成的损失是**1000元**，每年可能发生**0.1次**；
- 造成的损失是**100,000,000元**，每年可能发生**0.000001次**；



www.shegle.com

什么是工艺危害分析?

- 是盲人的拐杖;
- 是船头的明灯;
- 是工程师的.....



www.shegle.com

工艺危害分析

- 如果-怎么样分析;
- 检查表;
- 如果-怎么样分析加检查表;
- **危害与可操作性分析 (HAZOP)** ;
- 故障模式与失效分析 (FMEA) ;
- 保护层分析 (LOPA)
- 事件树分析 (ETA)
- 故障树分析 (FTA)
- 人的可靠性分析 (HRA)

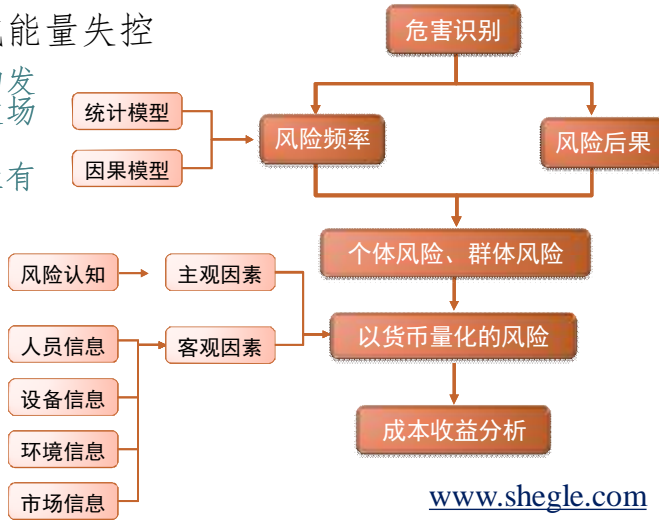
www.shegle.com

工艺危害分析

- 化学品泄露或能量失控

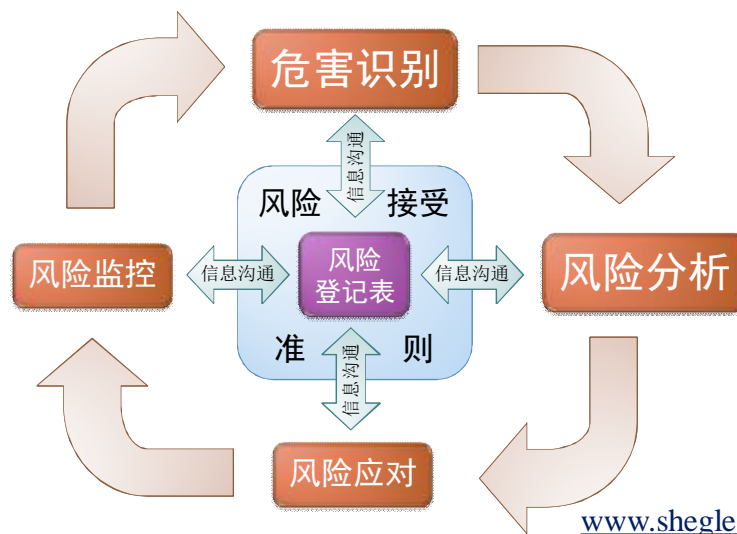
- 有哪些潜在的发生途径（事故场景）？
- 发生的可能性有多大？
- 后果如何？
- 如何降低发生的可能性？
- 如何减轻后果？

PSM的5Q



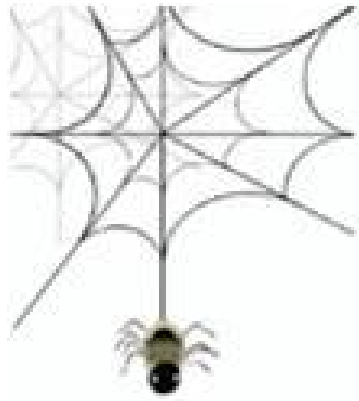
www.shegle.com

工艺危害分析在PSM中的位置



www.shegle.com

PHA和PSM其它要素的关系



www.shegle.com

PSM的演进



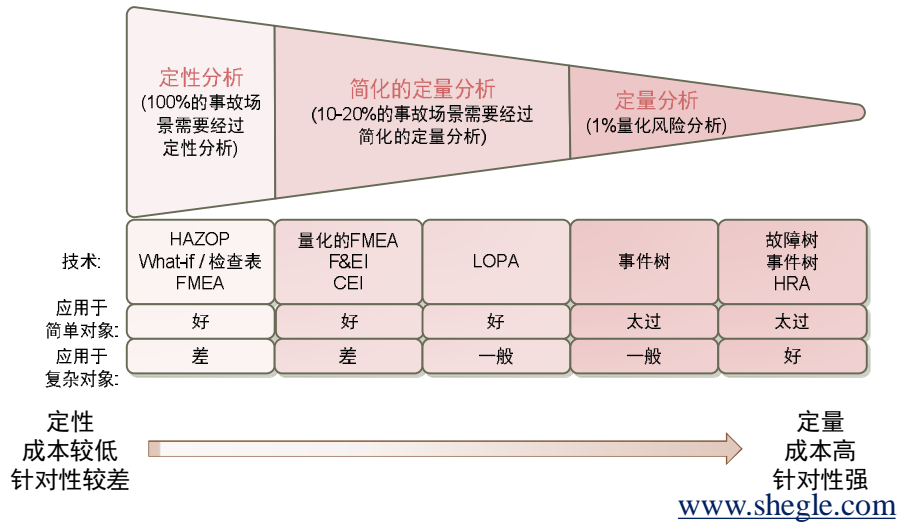
工艺危害分析包括危害识别和风险分析，是实施基于风险的工艺安全管理的基石。

它是基于以下理念：**1**、风险是无处不在的，为了获取一定的利益，总是要承担一定的风险；**2**、风险的承担一定需要符合道德、公平、适合、经济和社会心理等5大原则。



www.shegle.com

何时使用PHA



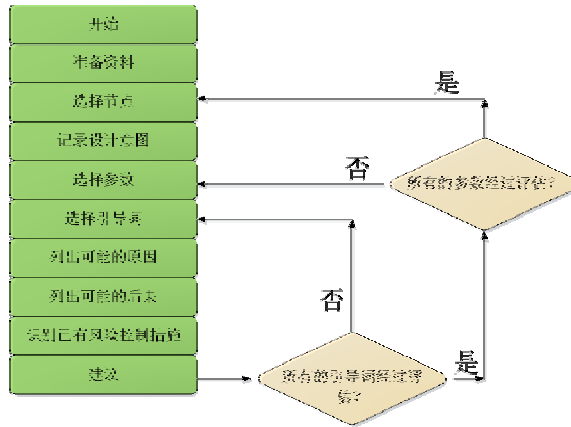
PHA工具的适用性

生命周期阶段	概念	工艺定义	设计	试车	生产	改造	关闭
危害及可操作性分析	X	X	√	√	√	√	√
重大事故危害分析	0	√	√	X	X	X	√
如果-怎么样分析	0	0	√	√	√	√	√
检查表	0	0	√	√	√	√	√
故障模式与影响分析	X	X	√	√	√	√	√

	定量	定性	时间、成本	流程	硬件	软件	人
危害及可操作性分析	X	√	很高	√	X	0	0
重大事故危害分析	X	√	一般	√	X	X	X
如果-怎么样分析	X	√	高	√	0	0	0
检查表	X	√	高	√	√	√	√
故障模式与影响分析	√	√	很高	0	√	0	X
保护层分析	√	X	高	√			
故障树分析	√	√	很高	√			
事件树分析	√	√	很高	√			

www.shegle.com

HAZOP - 危害与可操作性分析



- 2个例子（找针、快速思考）
- **最广为接受的危害识别方法**
- 结构化的头脑风暴
- 预测的工具 - 在危害未酿成事故之前将它识别出来
- 费时、可能感觉枯燥
- 创造性地思考 - 使用偏差作为“触发器”
- 没有经验丰富的人，则HAZOP无用武之地
 - HAZOP领导
 - 各专业的专家
- 团队行为，团队互动（dynamic）影响分析的结果

www.shegle.com

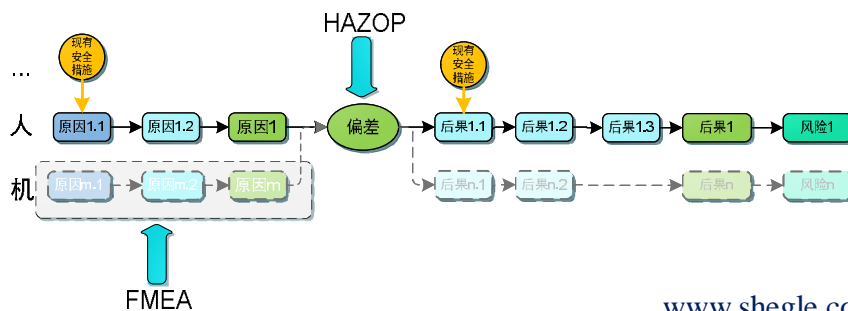
故障模式与影响分析 vs. HAZOP

FMEA

- 从硬件故障出发寻找危害
- 逻辑上是单向的
- 适用于积木对象

HAZOP

- 从偏差出发寻找危害
- 逻辑上时双向的
- 适用于流程对象



www.shegle.com

HAZOP 团队

- 至少一人对所评估的工艺非常熟悉；
 - 工艺流程；
 - 设计基础；
 - 以往发生的重大事故；
 - 各种工况下的操作程序；
 - 正常生产；
 - 正常开车；
 - 紧急停车后开车；
 - 长时间停车后开车；
 - 停电、停汽、停风等故障工况；
 - 非常规操作，如：催化剂装、卸；
 - 人工或程控间歇操作，如：吸附床再生、PSA；
- 至少一人对HAZOP工具非常熟悉；（催化剂）
- 其它专业的专家，如：仪表、机械等

www.shegle.com

HAZOP 工作表

Cause	Consequence	Protective Safeguards	Recommendations	Responsibility
1. Control valve PV-119 of condenser fails closed	1. Loss of oil flow to stripper followed by overpressure and oil leak, possible	1. Manual/automatic control valve fail safe		
2. Failure of cooling water to condenser	1. Overpressure of stripper	1. PIV-102 relieving to flare 2. PIV-108 relief to flare		
3. Exchanger CV-10 tube or tube sheet failure	1. Overpressure of stripper	1. PIV-102 relieving to flare 2. PIV-108 relief to flare	1. Check PIV-102 setting to handle full flow when full valve is closed in manual or automatic failure. PV returned at failure. (2) Review failure etc.	adder Brown
4. PIV-108 fails closed but valve will not open/operate	1. Overpressure of stripper	1. PIV-102 relieving to flare		

如何从HAZOP中获得最大利益

- 针对HAZOP提出的建议及时整改；
- 建立一个行动跟踪系统，确保完成；
- 与相关的员工及时沟通所采取的行动；
- 建立HAZOP的流程；
- 建立HAZOP相关流程；
- 培养内部能力；
- 持续改善；

www.shegle.com

实施PHA的意义

“We have seen process safety benefit our business in ways we had not anticipated. We need to share this message with others.”

Arnold Allemang

副总裁，全球生产
道氏化学

定性的收益

- 企业责任
 - 形象、声誉
 - 品牌
- 商业价值
 - 生产许可证
 - 更灵活、更多的业务选择

定量的收益

- 降低风险
 - 减少人员伤亡；
 - 避免重大财务损失；
- 可持续的价值
 - 改进生产效率；
 - 降低成本；
 - 提供股东价值；

www.shegle.com

PHA的收益示例- RBI

风险矩阵

失效概率	5	III	III	III	IV	IV
	4	II	II	III	III	IV
	3	I	I	II	III	IV
	2	I	I	II	II	III
	1	I	I	II	II	III
		A	B	C	D	E
		失效后果				

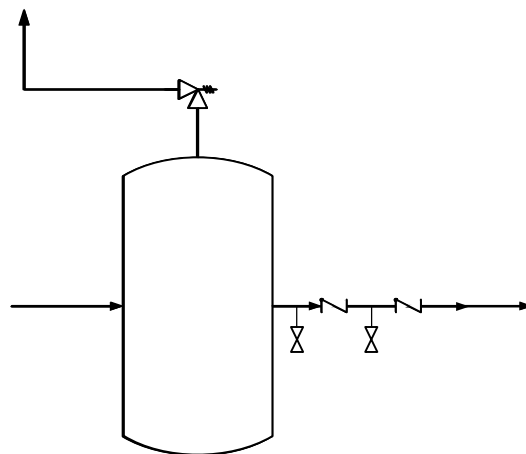
- 用坏为止
- ↓
- 预防性维护
- ↓
- 预测性维护
- ↓
- 基于风险的维护

维修策略

等级	风险区	采取的对策
I	低风险区	酌情减少检查保养
II	中风险区	应进行定期保养及检验
III	次高风险区	进行在线监测和无损检测(缩短检验周期)
IV	高风险区	重点加强管理, 进行整改, 彻底消除事故隐患

www.shegle.com

PHA的收益示例- 识别关键安全设备



www.shegle.com

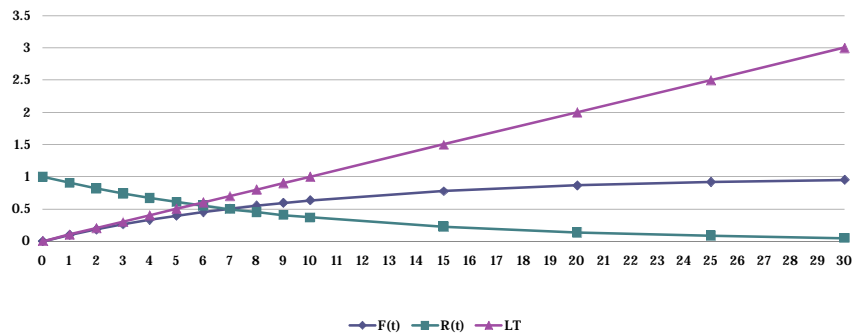
PHA的收益示例- 确定合理检验周期

如前图所示的止逆阀, 假设

$C_{pf} = 100\%$ (功能测试能够发现100%的失效)

每30年作1次功能测试 (proof test)

$\lambda = 0.1/\text{年}$



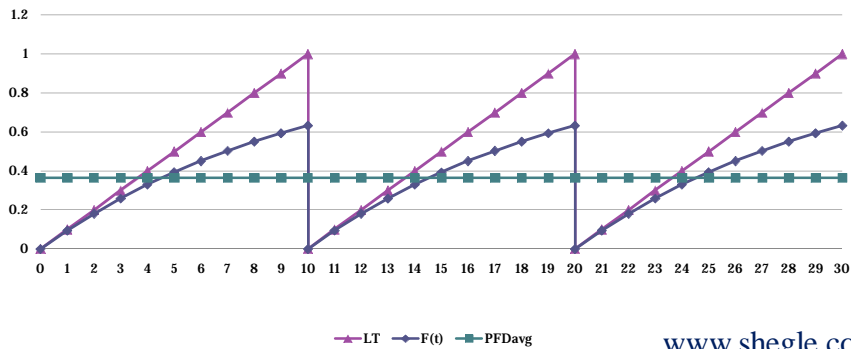
www.shegle.com

PHA的收益示例- 确定合理检验周期(续)

如果每10年作1次功能测试 (proof test)

$C_{pf} = 100\%$ (功能测试能够发现100%的失效)

$\lambda = 0.1/\text{年}$



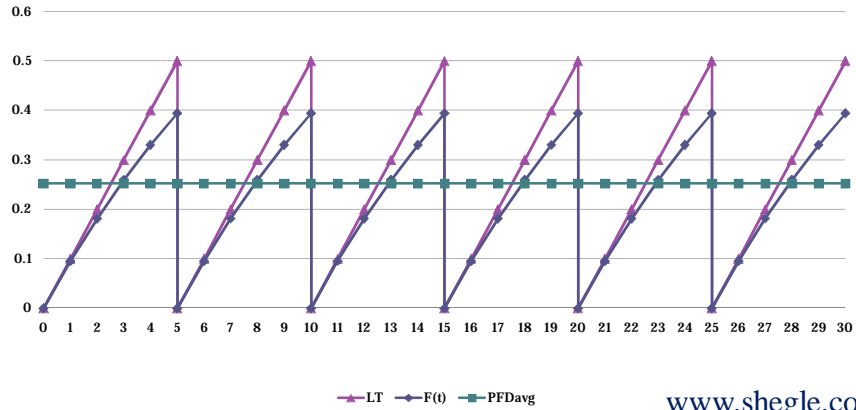
www.shegle.com

PHA的收益示例- 确定合理检验周期(续)

如果每5年作1次功能测试 (proof test)

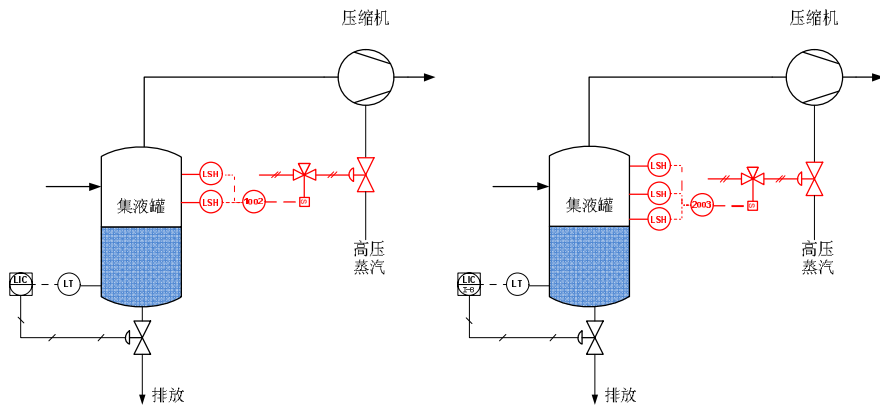
$C_{pf} = 100\%$ (功能测试能够发现100%的失效)

$\lambda = 0.1/\text{年}$



www.shegle.com

PHA的收益示例- 寻找可靠性与安全的平衡

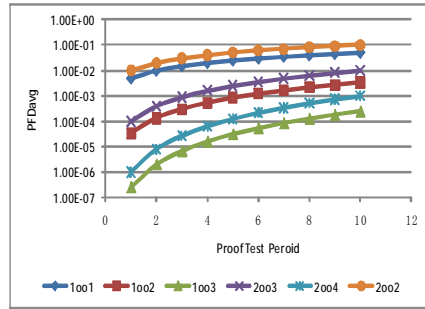


www.shegle.com

PHA的收益示例- 寻找可靠性与安全的平衡 (续)

LamdaD 0.01 /year
Beta 0%

Proof test	1001	1002	1003	2002	2003	2004
1	5.00E-03	3.33E-05	2.50E-07	1.00E-02	1.00E-04	1.00E-06
2	1.00E-02	1.33E-04	2.00E-06	2.00E-02	4.00E-04	8.00E-06
3	1.50E-02	3.00E-04	6.75E-06	3.00E-02	9.00E-04	2.70E-05
4	2.00E-02	5.33E-04	1.60E-05	4.00E-02	1.60E-03	6.40E-05
5	2.50E-02	8.33E-04	3.13E-05	5.00E-02	2.50E-03	1.25E-04
6	3.00E-02	1.20E-03	5.40E-05	6.00E-02	3.60E-03	2.16E-04
7	3.50E-02	1.63E-03	8.58E-05	7.00E-02	4.90E-03	3.43E-04
8	4.00E-02	2.13E-03	1.28E-04	8.00E-02	6.40E-03	5.12E-04
9	4.50E-02	2.70E-03	1.82E-04	9.00E-02	8.10E-03	7.29E-04
10	5.00E-02	3.33E-03	2.50E-04	1.00E-01	1.00E-02	1.00E-03

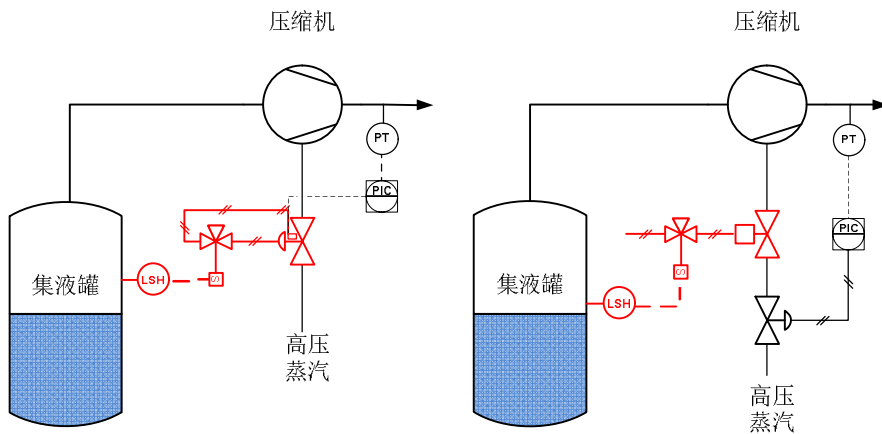


LamdaS 0.1 /year

	1001	1002	1003	2002	2003	2004
LamdaS	0.1	0.2	0.3	0.01	0.03	0.004
MTTFS	10.0	5.0	3.3	100.0	33.3	250.0

www.shegle.com

PHA的收益示例- 够用原则



www.shegle.com

PHA的收益示例- 识别关键安全程序



当操作工移动光气气瓶到气瓶充装站时，一瓶未加盖的气瓶坠落导致阀门折断，光气泄露。

www.shegle.com

PHA的收益示例- 提高员工能力

- 基于风险的决策 **vs.** 基于规则的决策；
- 加深对工艺的理解
 - 多角度
 - 逻辑性
 - 量化
- 提升业绩
- 任职条件之一，如：赛科
- 工艺安全能力成为市场上流行的能力

www.shegle.com

实施PHA所需资源

- 管理层的承诺与支持；
- 完善的工艺安全信息；
- 各专业技术人员与操作人员的积极参与；
- 安全技术人员的能力保证；
- **PHA**制度、流程的建立与完善；
- 与**PHA**相关的工艺安全制度、流程的建立与完善，如：
 - 工艺安全信息
 - 机械完整性

www.shegle.com

最大化PHA收益的6个步骤

- 确定人员、落实责任；
- 确定符合自己企业特点的实施策略；
- 学习再学习；
- 庆祝小成功；
- 巩固现有的收获；
- 持续改进

www.shegle.com

总结

- 企业的资源是有限的，识别并分析企业所面临的风险是理智、谨慎使用企业资源的第一步；
- 工艺危害分析从上世纪**60**年代诞生以来，由于其给企业带来的种种收益，已经被化学工业所广泛采用；
- **HAZOP**是被实践所证明的第一危害识别工具；

www.shegle.com

问题?
Any Questions?

风险管理专家
risk management excellence

www.shegle.com