



扫码
提问

设备完好性

-关键安全设施及检查、检测和预防性维护

Mechanical integrity: Safety critical equipment that are of concern – and how we maintain those

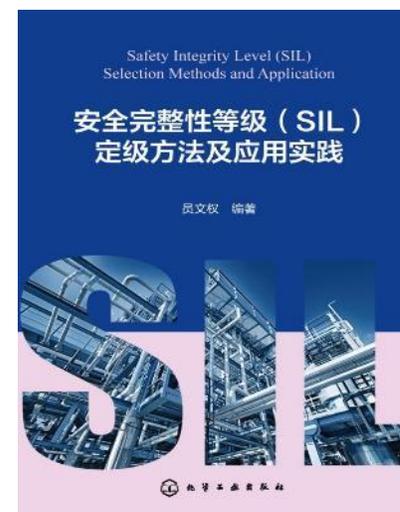
员文权| 技术总监 | 上海翊员科技有限公司

Roderick Yuan| Technical Director | Shanghai STRM Technology Co., Ltd.

嘉宾介绍 Speaker Bio

- 姓名：员文权(Roderick Yuan)
- 职位：技术总监
- 公司：上海翊员科技有限公司
- 联系方式：15921404040

-
- 曾任辉瑞全球EHS部门高级EHS经理，并为辉瑞内部工艺安全专家，并曾就职于拜耳等多家全球知名跨国公司。
 - 擅长工艺安全、HAZOP、SIL、粉尘爆炸、静电及业务连续性管理等。
 - 资质证书
 - 美国注册安全工程师(CSP)
 - 美国CCPS认证工艺安全专家
 - 注册功能安全专家(CFSE)
 - 美国注册工业卫生师(CIH)
 - 美国注册危险物质管理师(CHMM)



议程 Agenda

设备完好性

设备完好性管理的重要性

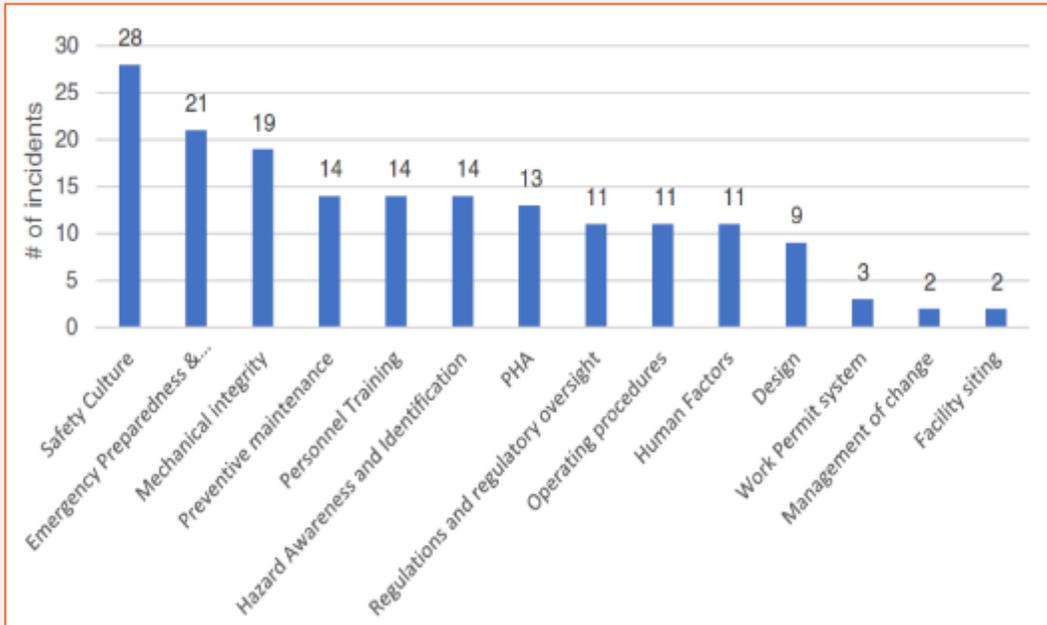
常见问题

关键安全设施的识别

检查、检测和预防性维护

设备完好性管理的重要性

事故统计



Source: Process safety incidents across 14 industries. Proc Safety Prog. 2020;e12158

重要性

- 提高设备的可靠性
- 降低设备的失效率
- 提高产品的一致性
- 提高设备维护的一致性和效率
- 减少非计划性维修和成本
- 降低运营成本

常见问题

1 • 无统一、清晰的CSE识别标准/指南

2 • CSE识别不充分

3 • 无统一、清晰的ITPM策略

4 • 预防性维护相对欠缺

5 • 绩效管理非常有限

88 Describe how the facility ensures preventive maintenance of safety relevant equipment. 描述该厂如何确保安全相关设备的预防性维护

- i. Pressure safety relief valves/rupture disks 安全泄压阀/爆破片
- ii. Bonding/earthing systems 跨接/接地系统
- iii. Mass transfer systems (e.g. piping systems) 传质系统 (如管道系统)
- iv. Pressurized vessels 增压容器
- v. Explosion prevention system (e.g., prevention of static electrical discharge) 防爆系统 (如静电放电的预防措施)
- vii. Other 其它

Is there emergency power supply for relevant equipment? 相关设备是否配备应急电源?

Explain how relevant equipment has been chosen. Please describe: 请描述相关设备的选择方法

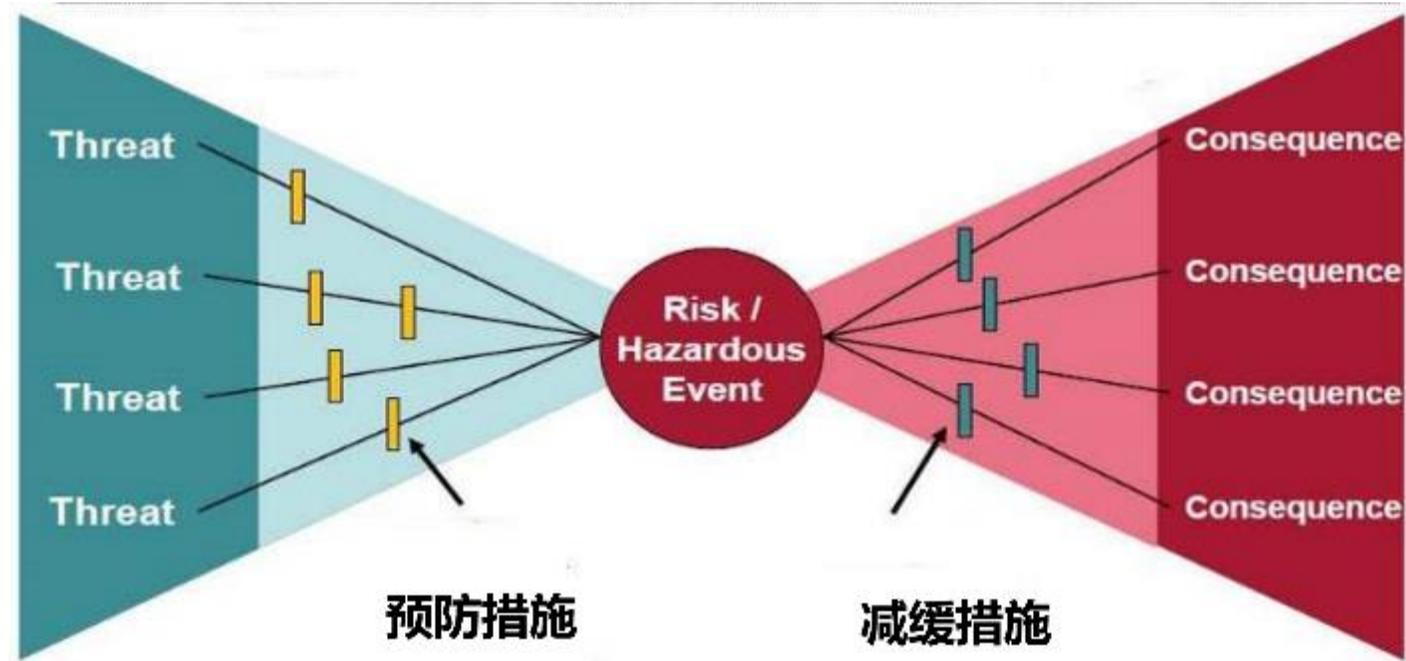
术语

- Mechanical Integrity(MI): 设备完好性/机械完整性
- Inspection, Testing and Preventive Maintenance(ITPM): 检查、检测及预防性维护
- Critical Safety Equipment(CSE): 关键安全设施
- *Critical Safety Elements(CSE)/Critical Safety Devices(CSD)/Safety Critical Elements(SCE)/Safety Critical Devices(CSD)*
- Critical Equipment(CE): 关键设备



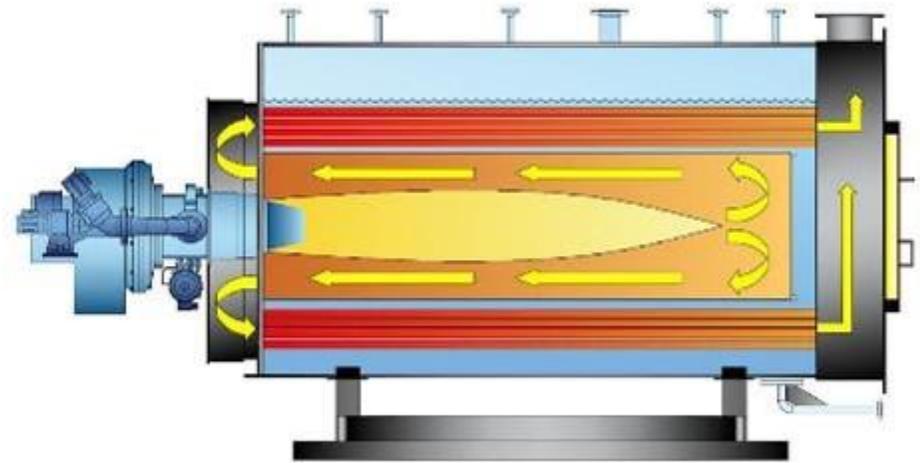
CSE的识别

- 方法1：基于法规
- 方法2：基于风险



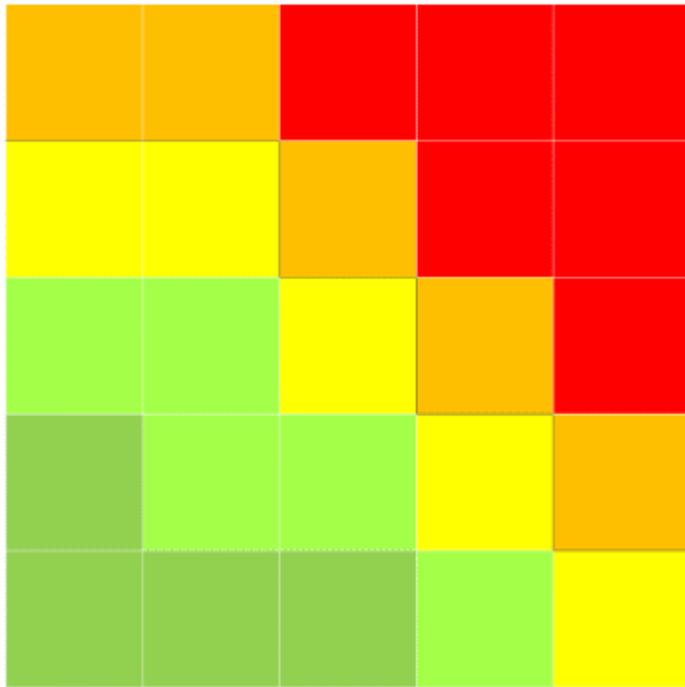
CSE的识别

- 方法1：基于法规
- 方法2：基于风险



CSE识别

- 方法1：基于法规
- 方法2：基于风险

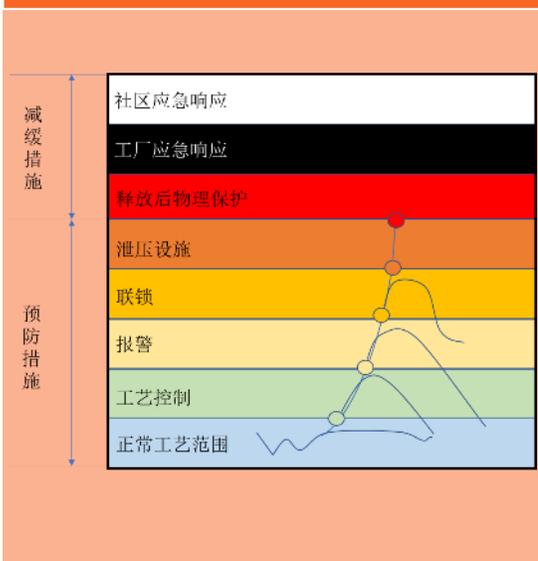


SEVERITY	LIKELIHOOD				
	A: Remotely Possible	B: Highly Unlikely	C: Unlikely	D: Likely	E: Probable
A: Catastrophic	1	2	3	4	5
B: Major	ALARP	1	2	3	4
C: Serious	Acceptable	ALARP	1	2	3
D: Moderate	Acceptable	Acceptable	ALARP	1	2
E: Minor	Acceptable	Acceptable	Acceptable	ALARP	1

■ Acceptable as is
 ■ Medium (ALARP Region)
 ■ Not acceptable

CSE识别

独立保护层



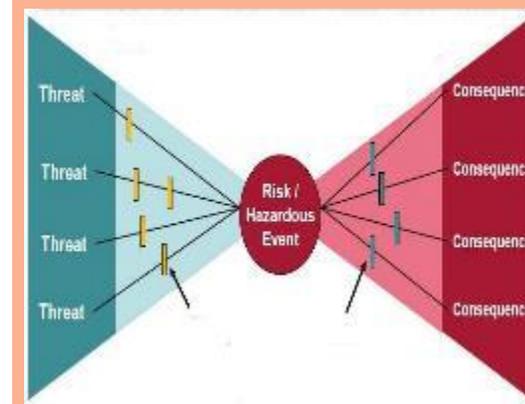
关键设备

Category	Severity				
	1 Moderate	2 Serious	3 Major	4 Catastrophic	5 Disastrous
Safety	No permanent injuries, no lost time, no visible effects	Permanent injury, lost time, non-permanent visible effects	Several permanent injuries, one loss of life	Several fatalities or permanent injuries, visible lethal effects	Multiple fatalities or effects on large inhabited areas
Maintenance Costs	Less than \$200,000 in damage	\$200,000 to \$200,000,000 in damage	\$200,000,000 to \$6,000,000 in damage	\$600,000,000 to \$8,000,000 in damage	Over \$8,000,000 in damage
Production	Less than 2 hours lost production	2 to 8 hours lost production, recovered through normal production	Over 24 hours lost production, mostly recoverable	Up to 3 days lost production, up to half not recoverable	Over 3 days lost production, not recoverable
Environment	Minor spill, no declaration necessary	Spill requiring notification, no other impact	Moderate pollution on site, precluded liability	Major pollution, evacuation necessary	Major pollution, prolonged environmental consequences

涉及危险物质的设施

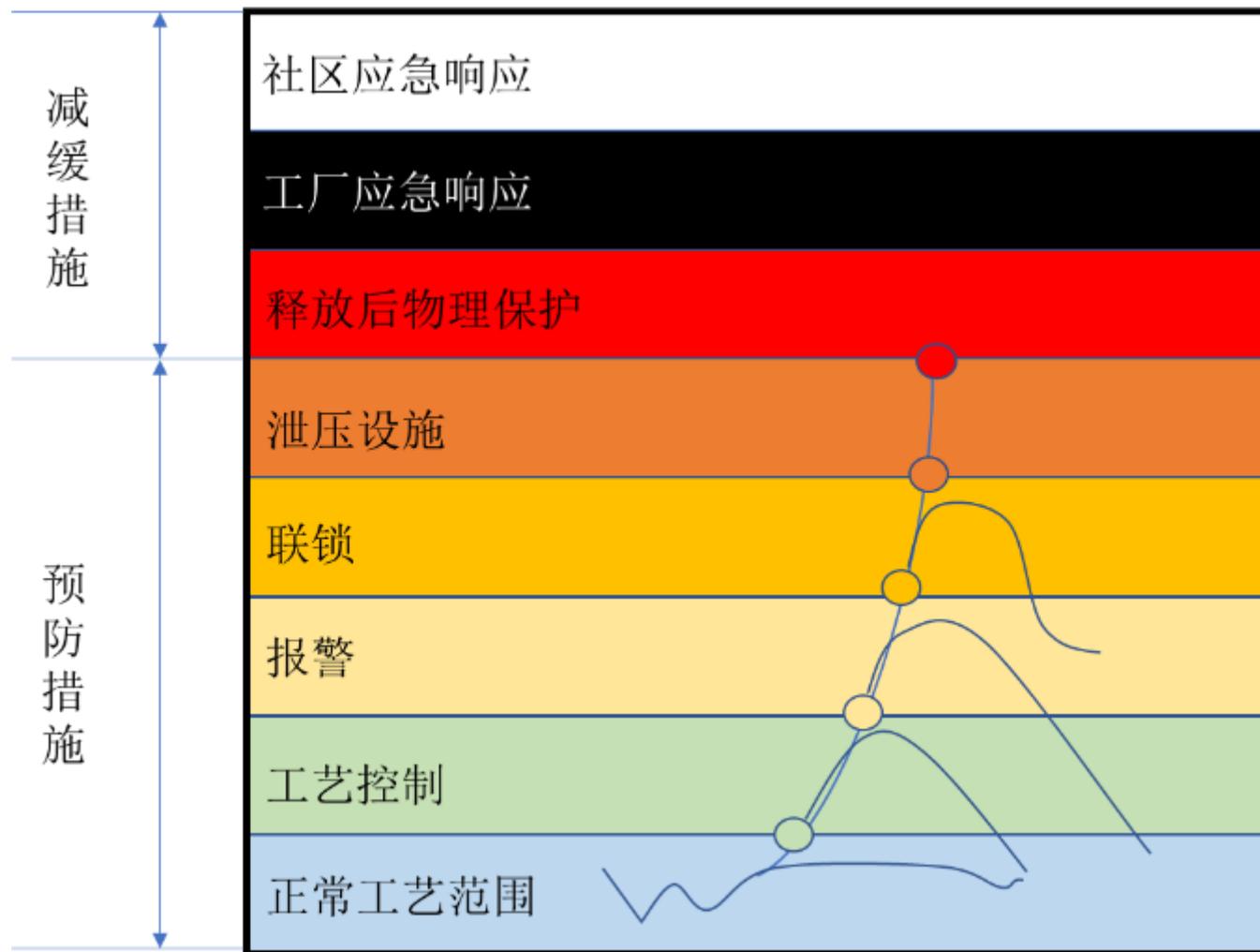


风险降低措施



CSE识别

- 危险与可操作性分析(HAZOP)
- 保护层分析(LOPA)
- 粉尘危害分析(DHA)
- 其它HIRA方法



CSE识别

机械完整性-风险矩阵

失效频率	10	30	100	250	350	500
	8	24	80	200	280	400
	6	18	60	150	210	300
	4	12	40	100	140	200
	2	6	20	50	70	100
		3	10	25	35	50
		后果				

类别-健康安全

后果描述	后果分值	严重度分级
厂内1人以上死亡, 厂外人员多人重伤	50	A
厂内多人重伤, 厂外1-3人重伤	35	B
工厂员工重伤或者长期健康影响	25	C
工厂员工误工伤害	10	D
工厂员工轻微伤害	3	E

失效分级

失效频率描述	失效频率分值
失效频率大于20年	2
失效频率大于10年, 小于20年	4
失效频率大于5年, 小于10年	6
失效频率大于1年, 小于5年	8
失效频率小于1年	10

设备重要性分级

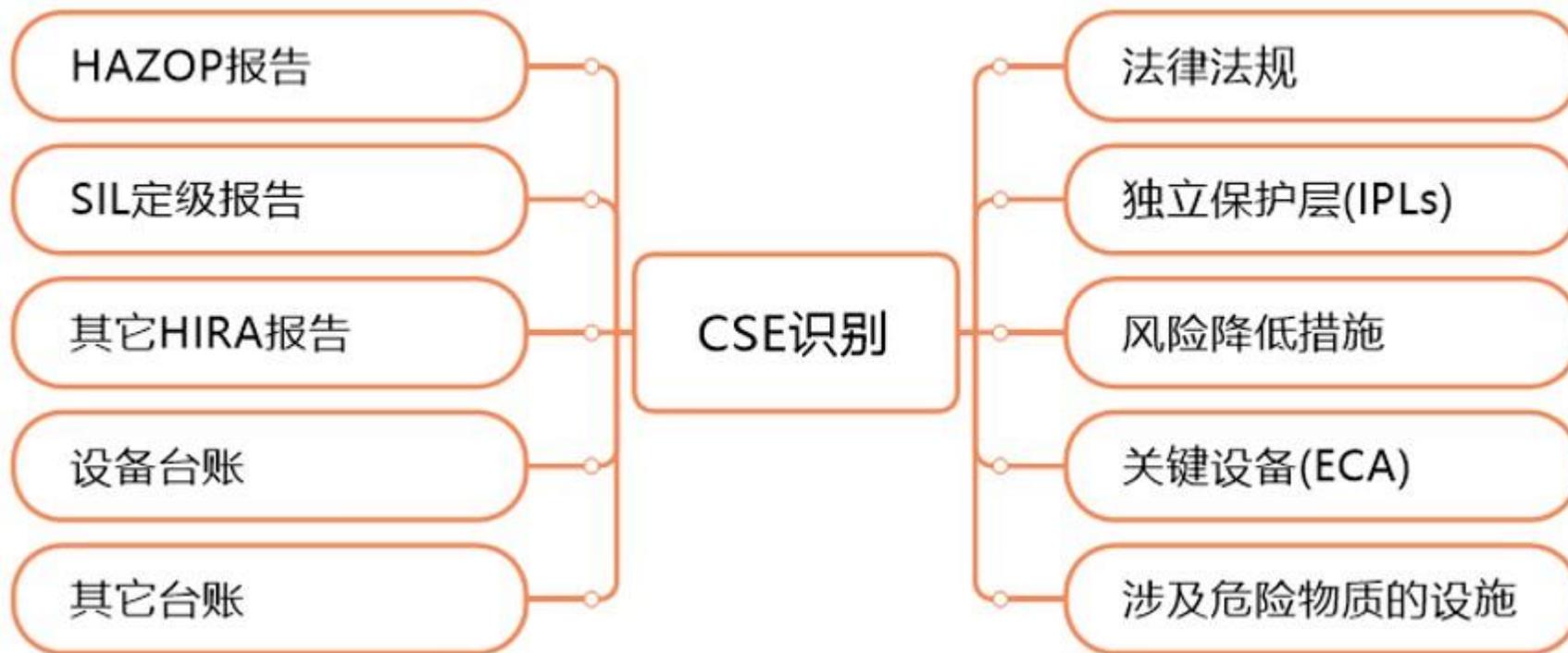
相对风险值	色标	重要性
$X \geq 350$	红色	A
$250 \leq X < 350$	橙色	B
$100 \leq X < 250$	黄色	C
$35 \leq X < 100$	绿色	D
$0 \leq X < 35$	深绿色	E

CSE识别

机械完整性-设备关键度评估表

序号	设备编号	设备名称	物质	危险说明(H-Code)	使用量	后果分值				失效频率分值	相对风险分值	设备重要性等级	备注
						健康安全	环境	生产与商务	社会影响及声誉				

CSE识别



CSE识别

设备设施

- 压力容器
- 压力管道
- 储罐
- 管路系统
- 换热器
- 动设备
- 软管

预防措施

- BPCS
- 报警
- 安全联锁
- 氮气惰化系统
- 防爆电气设备
- 静电导除设施

减缓措施

- 紧急停车系统
- 泄压系统
- 气体探测系统 (GDS)
- 消防系统
- 容纳系统
- 通风系统

维护策略



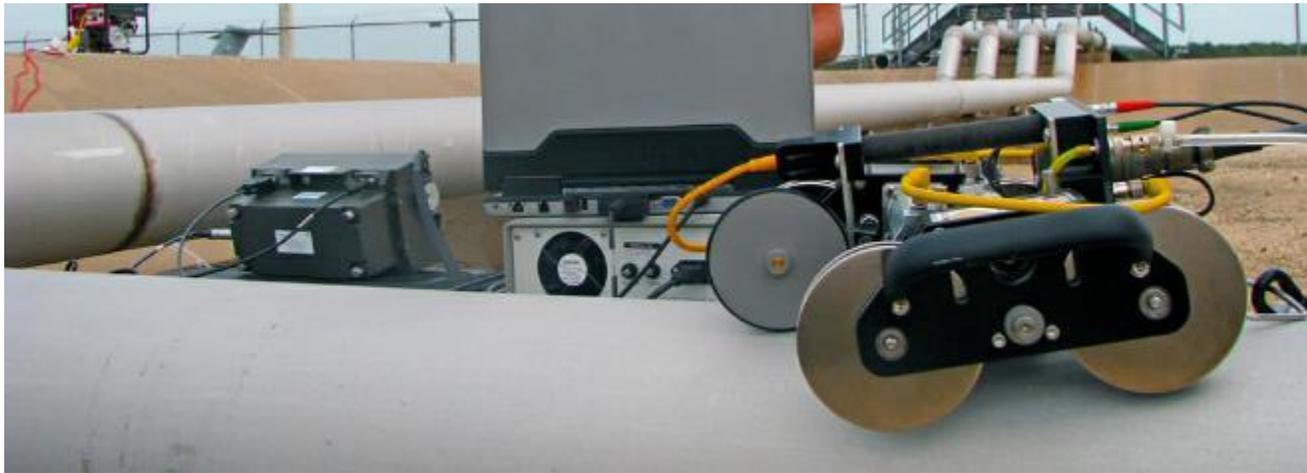
基于时间的预防性维护

- 每月检查灭火器
- 每季度更换过滤器
- 每6个月更换润滑油
- 每年对安全联锁进行功能性测试

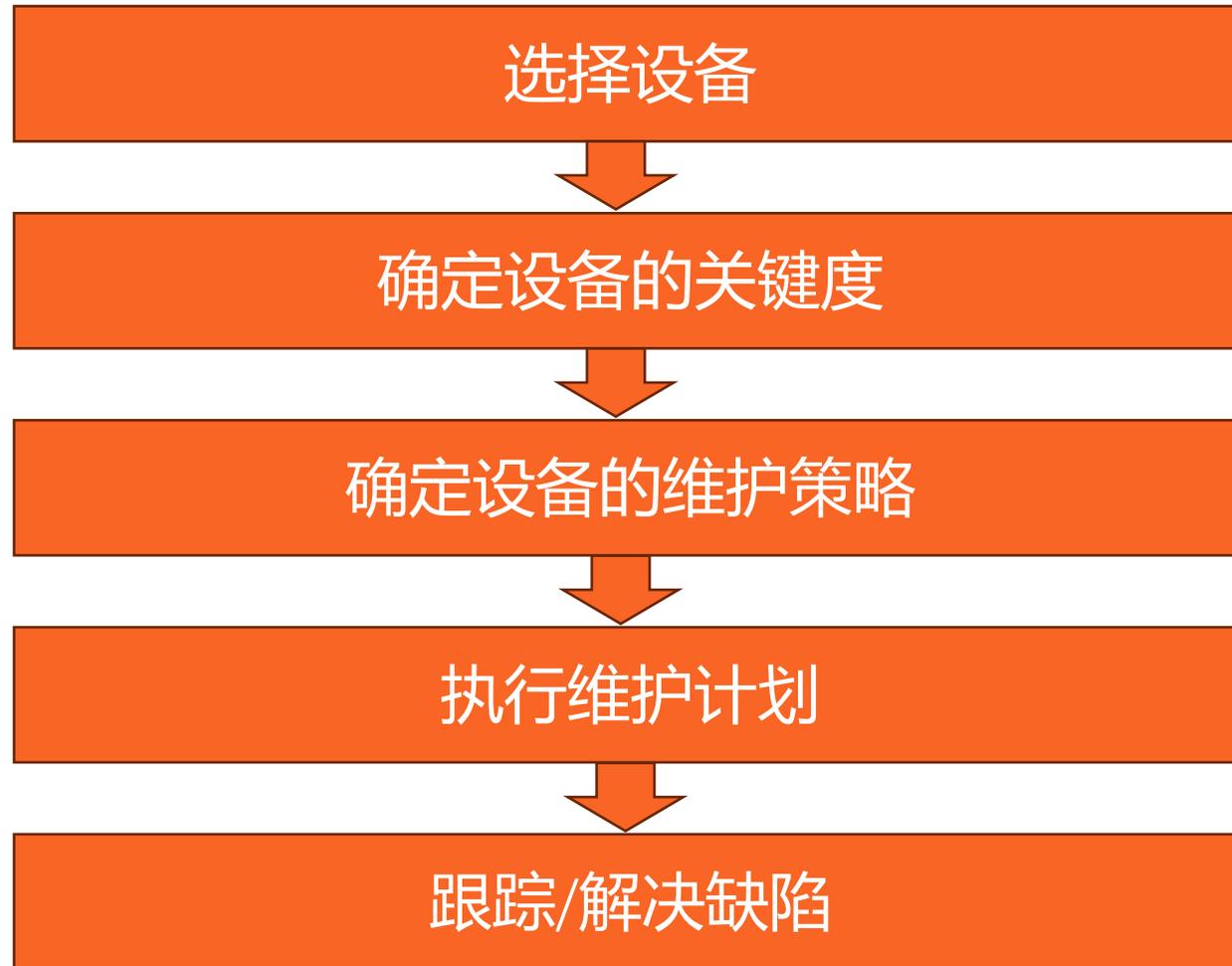


基于状态的维护

- 振动检测
- 红外/热成像分析
- 润滑油分析
- 电气设备检测
- 无损检测(NDT), 如超声波检测、旋转超声波检测

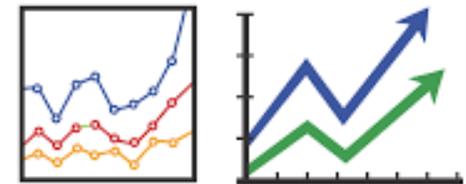


ITPM 流程



MI绩效管理

- **安全关键性设备的按时维护百分比：** 测量期内按时进行维护的安全关键性设备数量/测量期间应完成维护的安全关键性设备的总数x100%。
- **安全关键性设备故障时间百分比：** 安全关键性设备故障时间/设备或工艺系统运行时间x100%
- **检测结果的合格率：** 不合格数量/检测数量x100%
- 其它关键绩效指标(KPI)



提问环节 Q&A

