



中国化学品安全协会

# “化危为安”线上讲堂

化危为安

化危为安

# 基于屏障的事件调查分析技术

狄小勇

2021年9月10日

联系电话：15010510919 邮箱：bill.di@dnv.com



# 培训内容

“化危为安” 线上讲堂

- 事件调查目的
- 损失因果模型
- 屏障管理理论
- 事件调查应用

# 事件调查目的

## 为什么要进行事件分析？

“化危为安” 线上讲堂

- Incident prevention is the main aim of safety management, but if incidents do occur then it is essential to learn from them in order to improve safety measures.
- 安全管理的目的<sup>是</sup>预防事故，但如果发生事故，必须通过事件学习，以改进安全管理绩效。

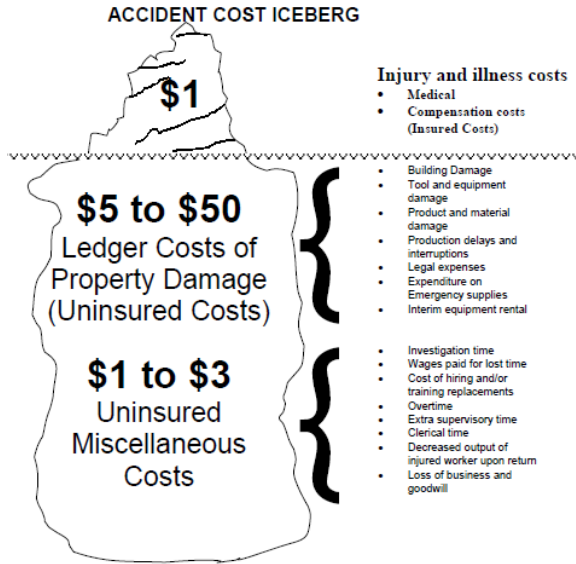
——摘自事故事件管理标准



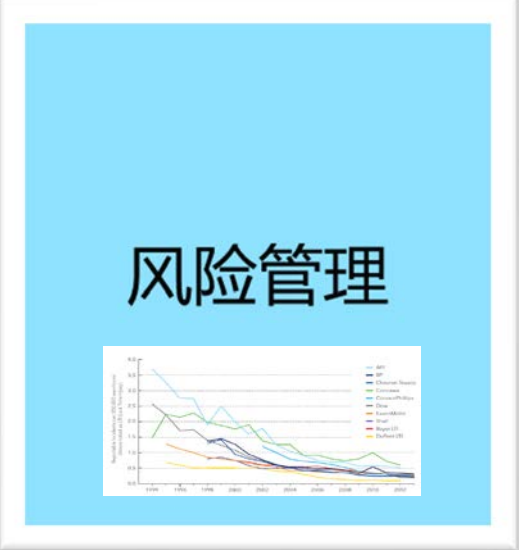
# 为什么要进行事件分析？

“化危为安” 线上讲堂

- 预防事故-目标
- 控制损失-目的
- 法规要求-强制
- 其他原因（社会责任、资本市场要求）



社会责任及相  
关方要求 (ISO)



预防事故的发生、控制事故导致的损失是进行事件调查的首要目的！！

# 事故致损冰山（美国OSHA \$afety Pays）

“化危为安” 线上讲堂



直接损失	间接损失（倍数）
\$0 - \$2,999	4.5
\$3,000 - \$4,999	1.6
\$5,000 - \$9,999	1.2
\$10,000 or more	1.1

Stanford CED  
& Business  
RoundtablePublication

# 损失与利润换算表

“化危为安” 线上讲堂

在竞争剧烈和利润赚头趋低的时期，损失控制所带来的收益可能胜过机构里最好的销售额				
年度事故 费用	利润赚头			
	1%	2%	4%	5%
\$10,000	1,000,000	500,000	250,000	200,000
\$25,000	2,000,000	1,250,000	625,000	500,000
\$50,000	5,000,000	2,500,000	1,250,000	1,000,000
\$100,000	10,000,000	5,000,000	2,500,000	2,000,000
\$200,000	20,000,000	10,000,000	5,000,000	4,000,000
\$500,000	50,000,000	25,000,000	12,500,000	10,000,000
\$1,000,000	100,000,000	50,000,000	25,000,000	20,000,000
需要用来弥补损失的销售				
这个图表显示所需要的销售金额（美元）用来支付意外损失各种费用的数目，即是说，如果公司的利润赚头是5%，便要销售\$500,000来支付\$25,000的损失价值。利润赚头1%，便需要\$10,000,000的销售额来支付意外所带来的\$100,000的耗费。				



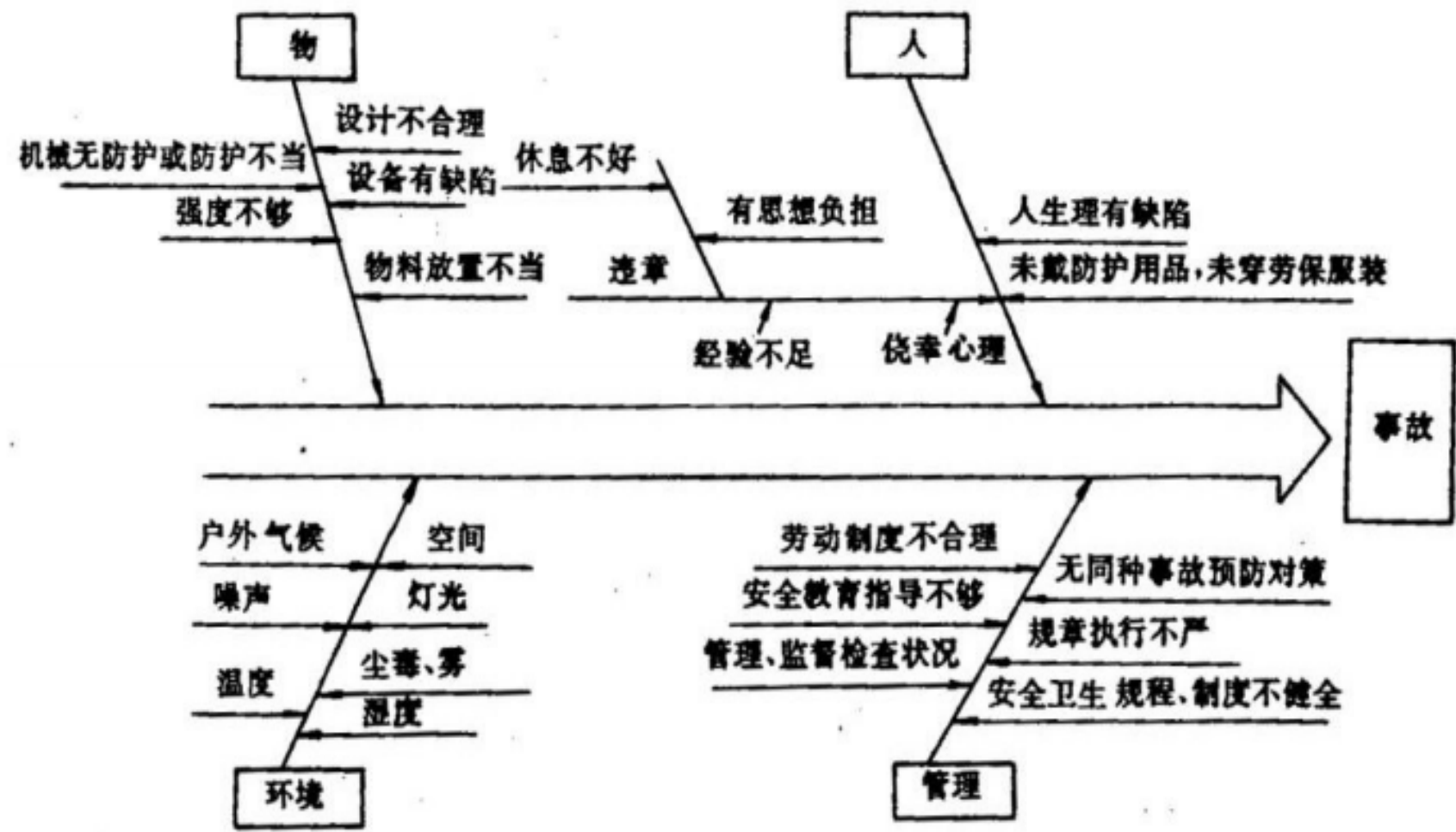
## 5问法 (WHY) 分析法

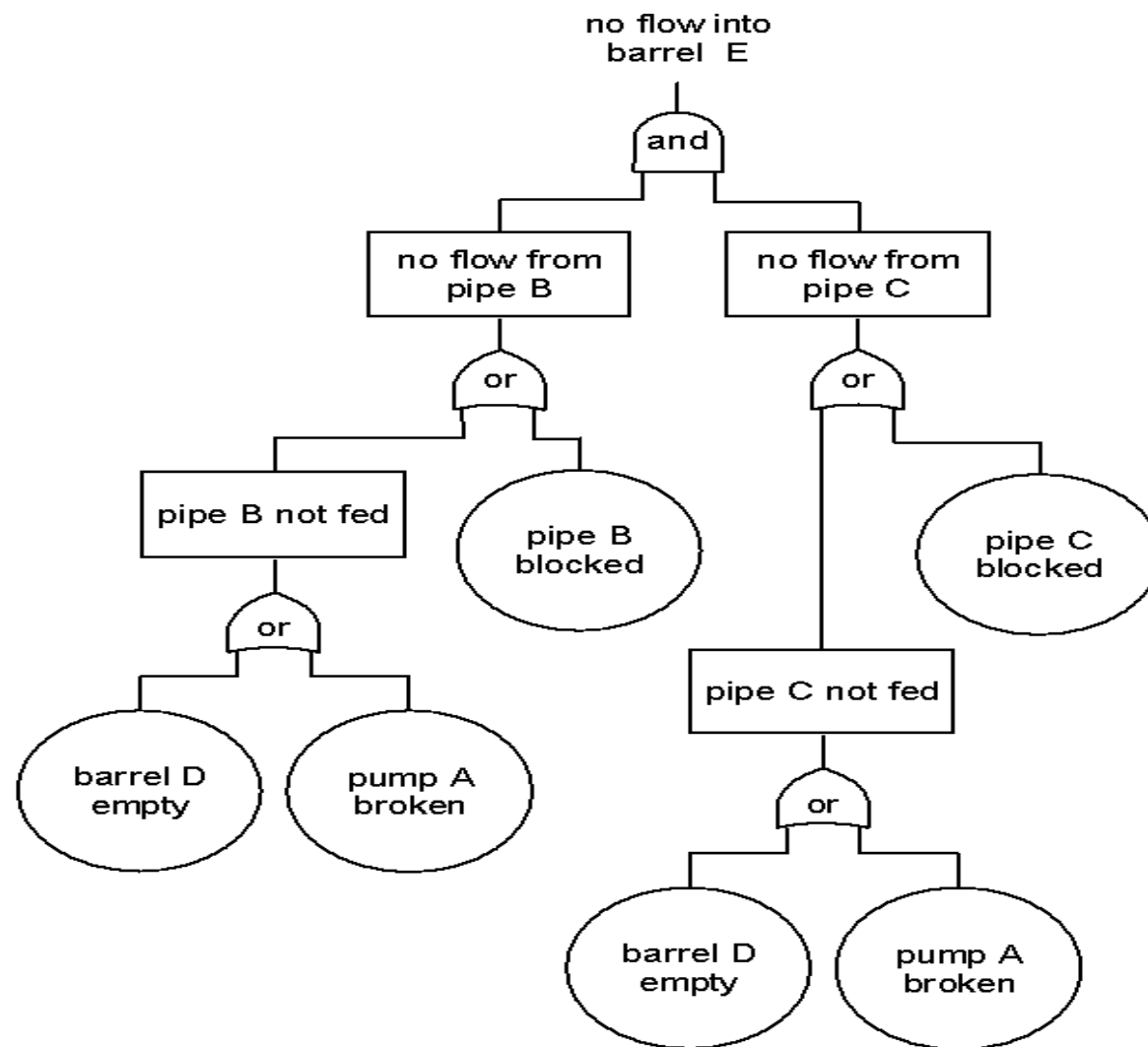
“化危为安” 线上讲堂

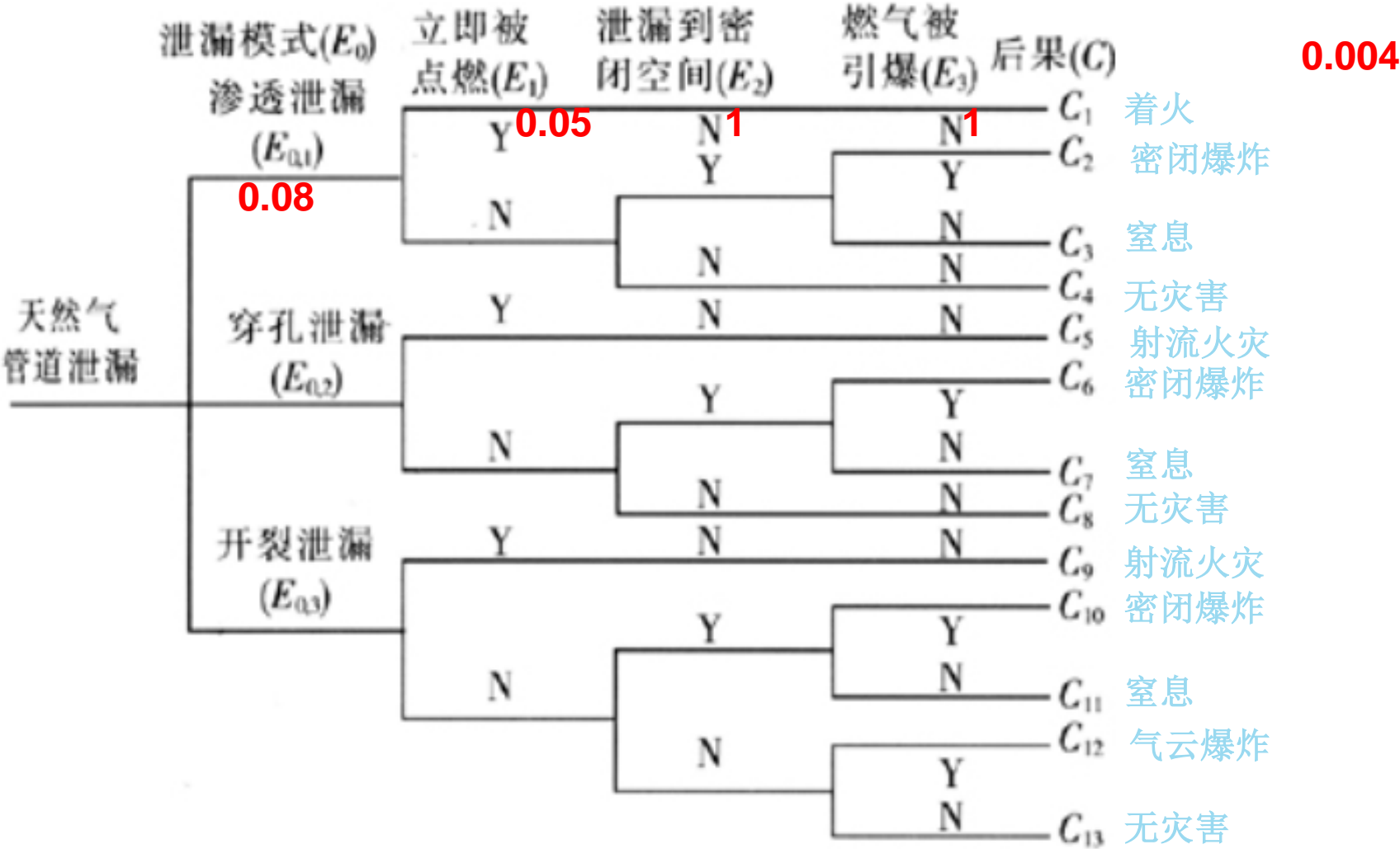


# 鱼骨图分析法

“化危为安” 线上讲堂







# 损失因果模型

# 国际安全评级系统 ISRS 的奠基人——弗兰克·博德

- 1921 年 12 月 19 日出生在美国新泽西州
- 1949 年在美国宾夕法尼亚州的 Albright 学院完成科学本科学位
- 二战期间服务于美国海军医疗部门，为期 4 年
- 1950 至 1968 年期间，在美国宾夕法尼亚州卢肯斯钢铁公司工作
- 1968 至 1973 年期间，在北美保险公司担任工程服务部的总裁
- 1974 年，创立国际损失控制学院，并担任主席
- 曾担任美国佐治亚大学的教授

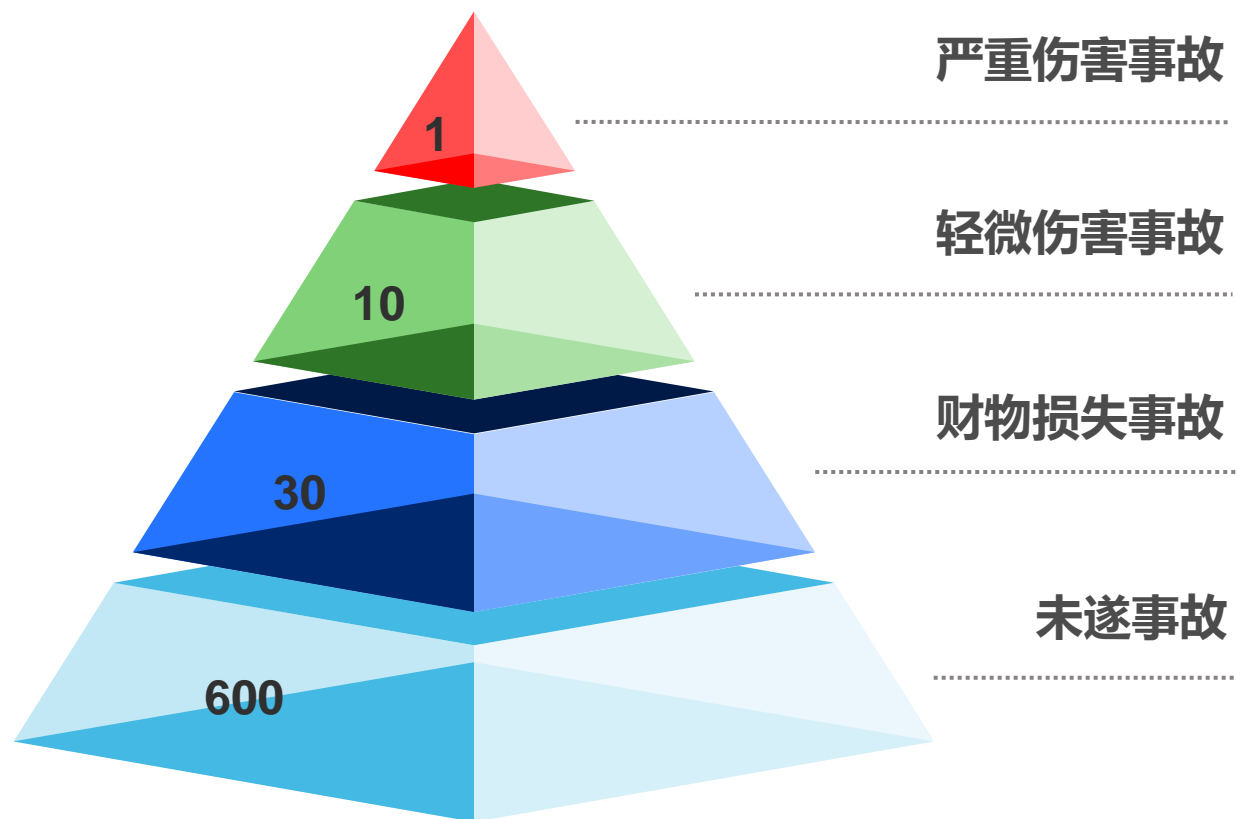




# 事故金字塔

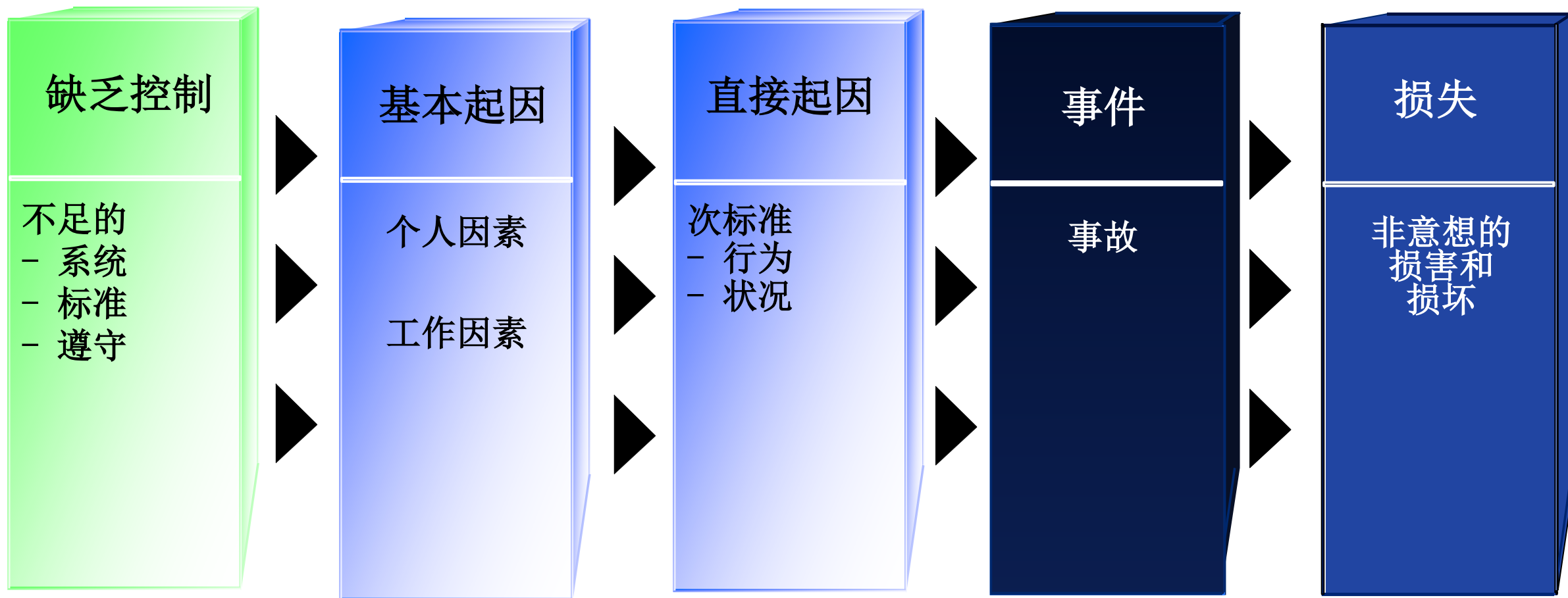
“化危为安” 线上讲堂

- 通过对175万件工业事故的详细分析，ISRS创始人博德先生发现：



# DNV 损失因果模型

“化危为安”线上讲堂



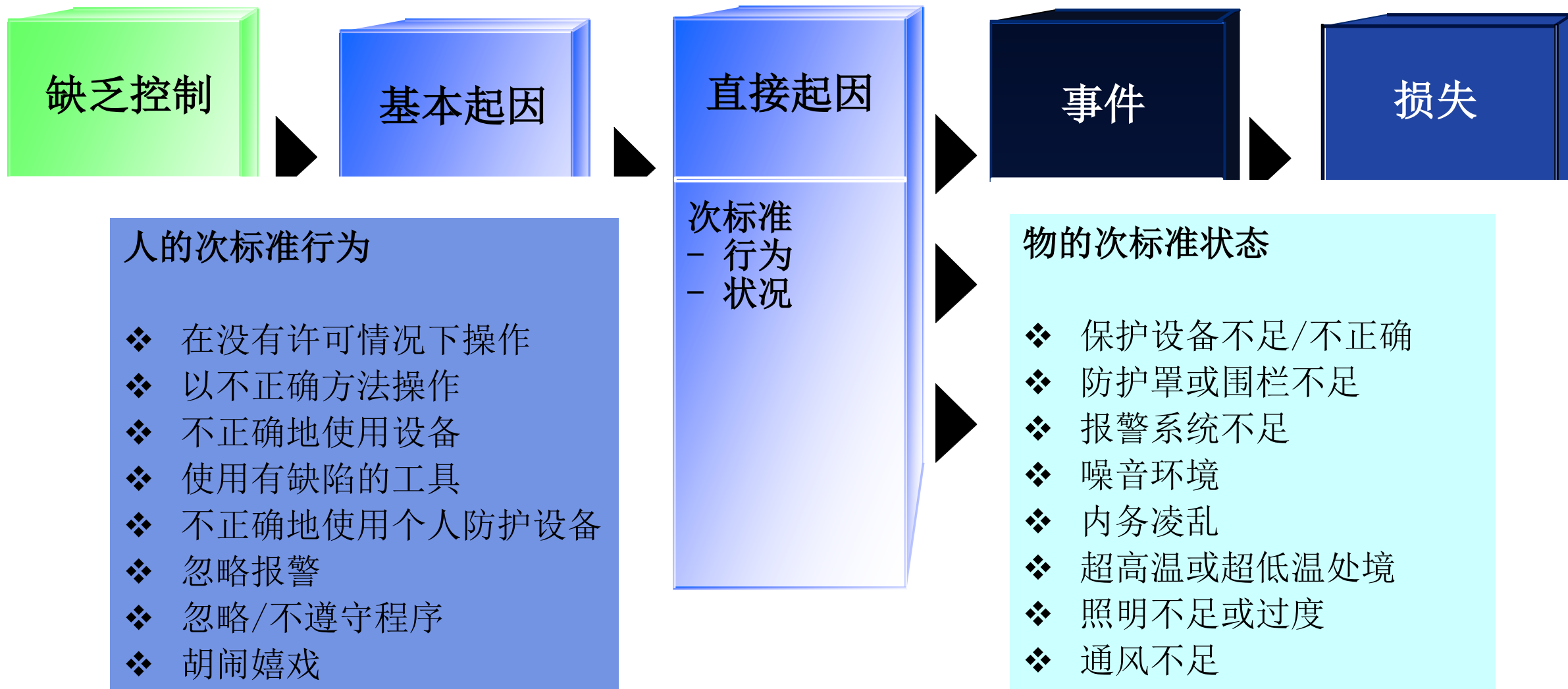
一切事故都是可以预防的，事故都是缺乏控制（管理原因）造成的。

# DNV 损失因果模型



# DNV 损失因果模型

“化危为安” 线上讲堂



# DNV 损失因果模型

“化危为安” 线上讲堂



# DNV 损失因果模型

“化危为安” 线上讲堂

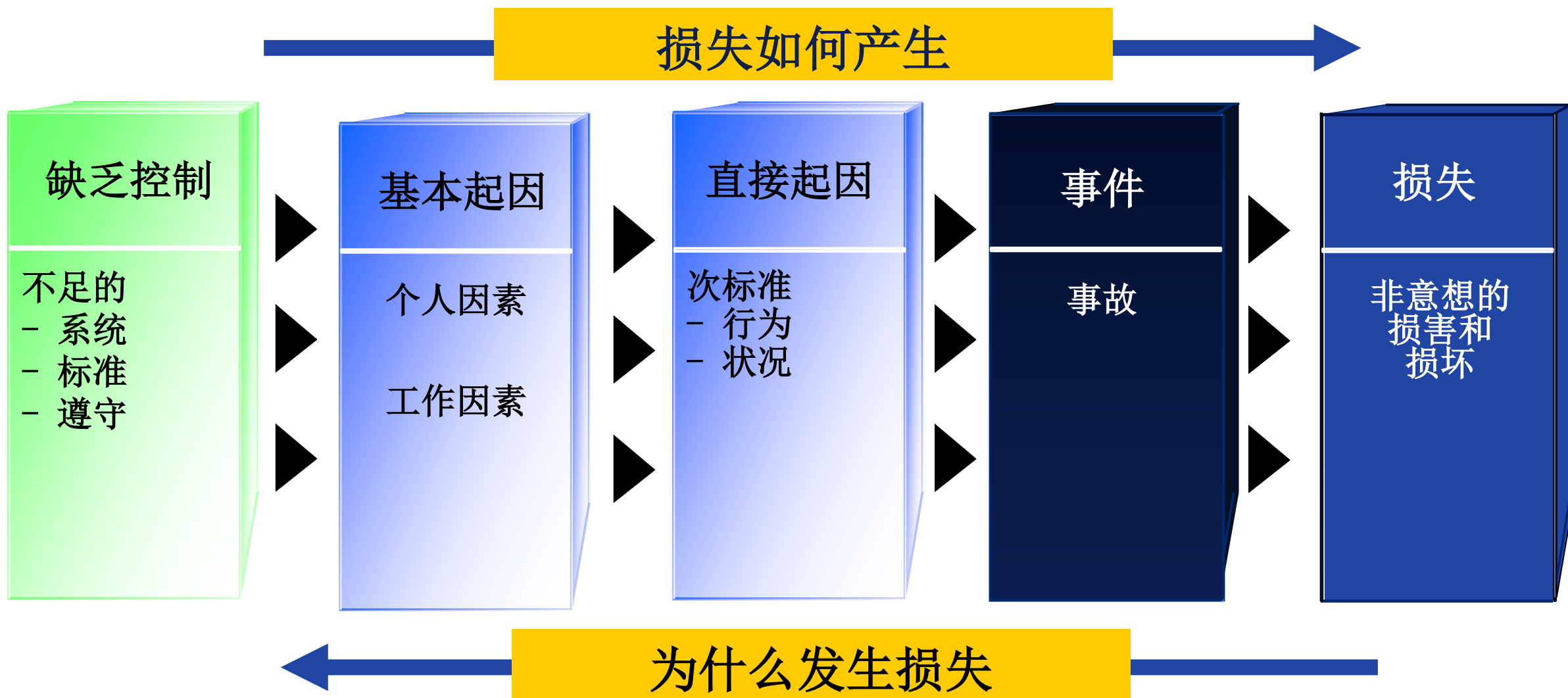




# DNV 损失因果模型

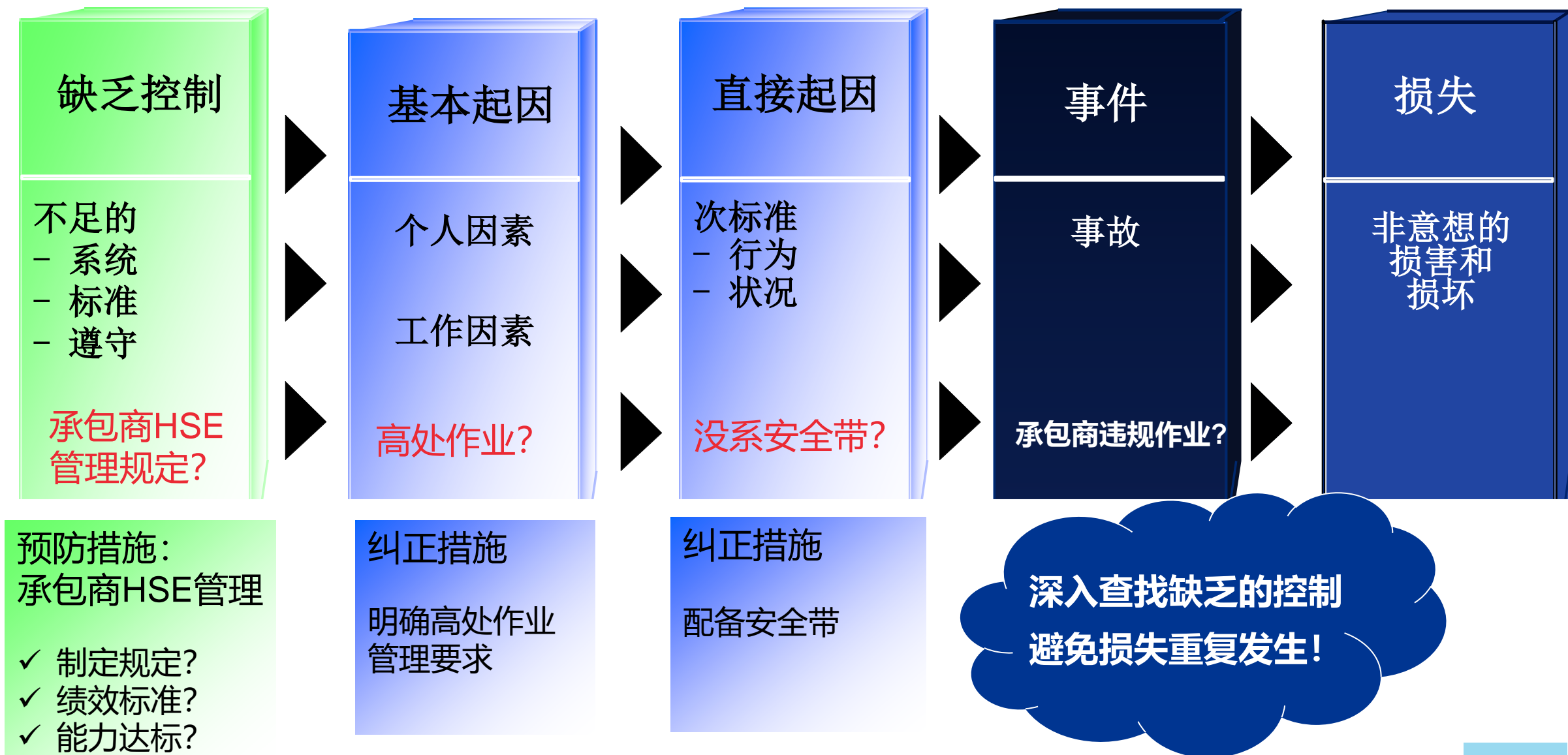
“化危为安” 线上讲堂





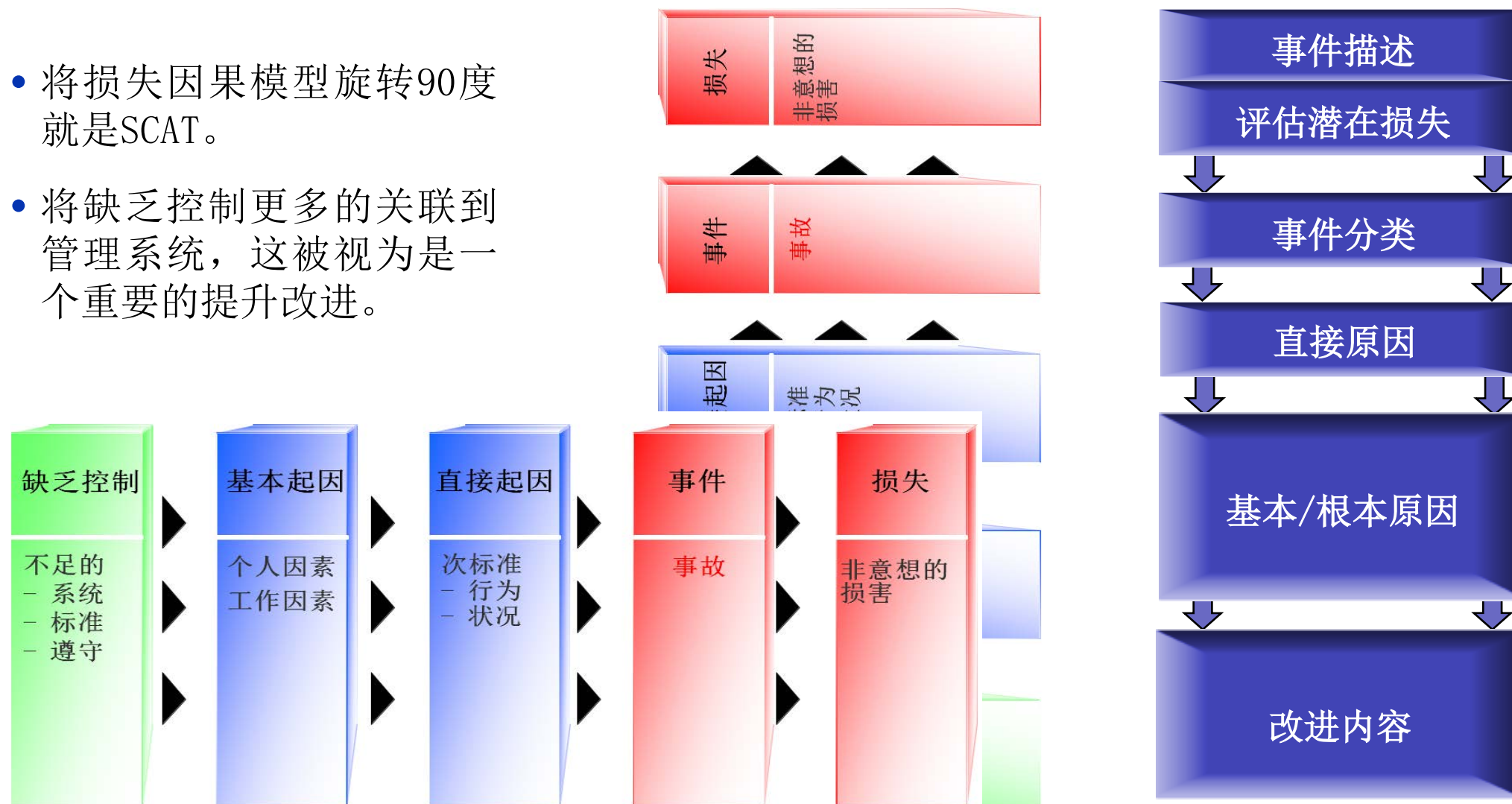
# DNV 损失因果模型

“化危为安”线上讲堂

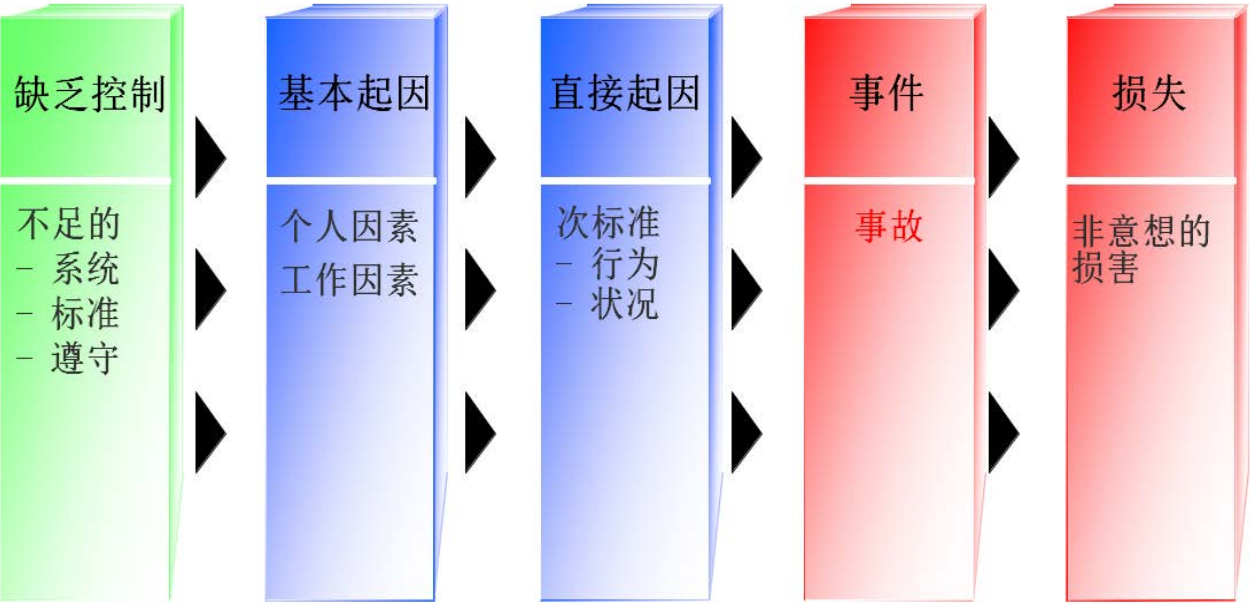


# 系统性原因分析技术（SCAT: Systematic cause analysis technique）

- 将损失因果模型旋转90度就是SCAT。
- 将缺乏控制更多的关联到管理系统，这被视为是一个重要的提升改进。



# 系统性原因分析技术 (SCAT: Systematic cause analysis technique)



DNV SYSTEMATIC CAUSE ANALYSIS TECHNIQUE Edition 8 Rev 0 (SCAT 8.0)  
DNV 系统原因分析技术 (SCAT-8.0)

事件类型

直接原因

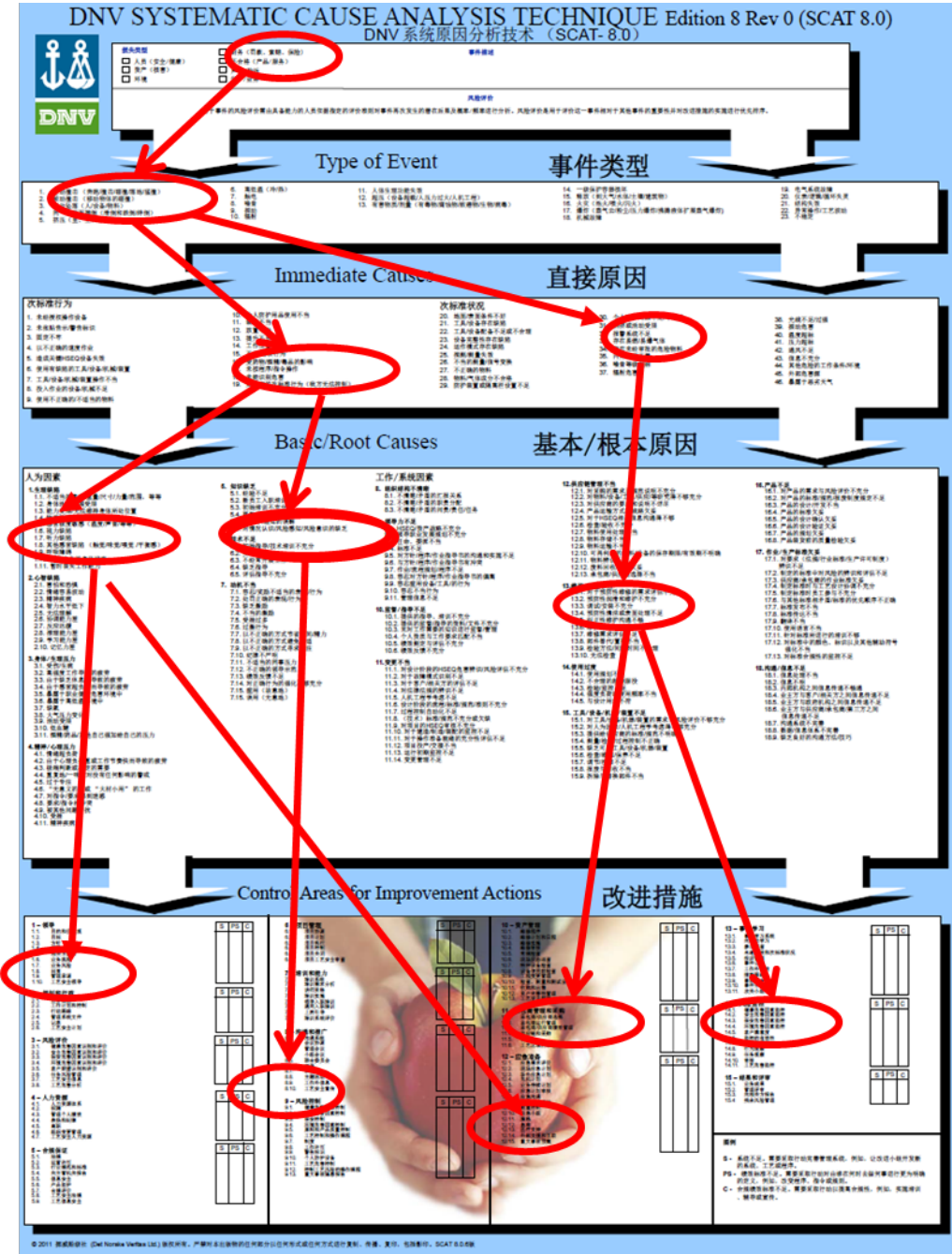
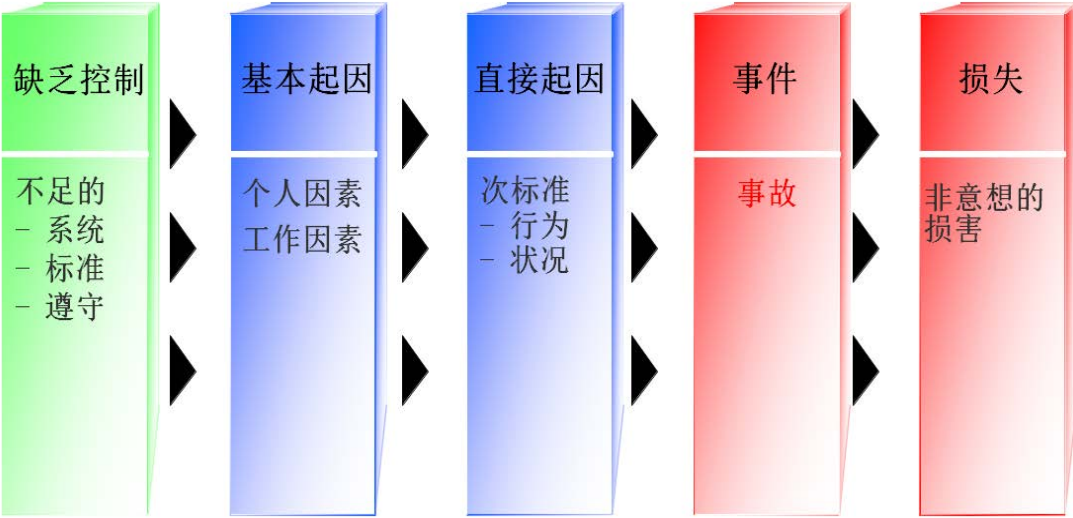
基本/根本原因

改进措施

SCAT分析表



# 系统原因分析技术





# 屏障管理理论

## 什么是屏障？

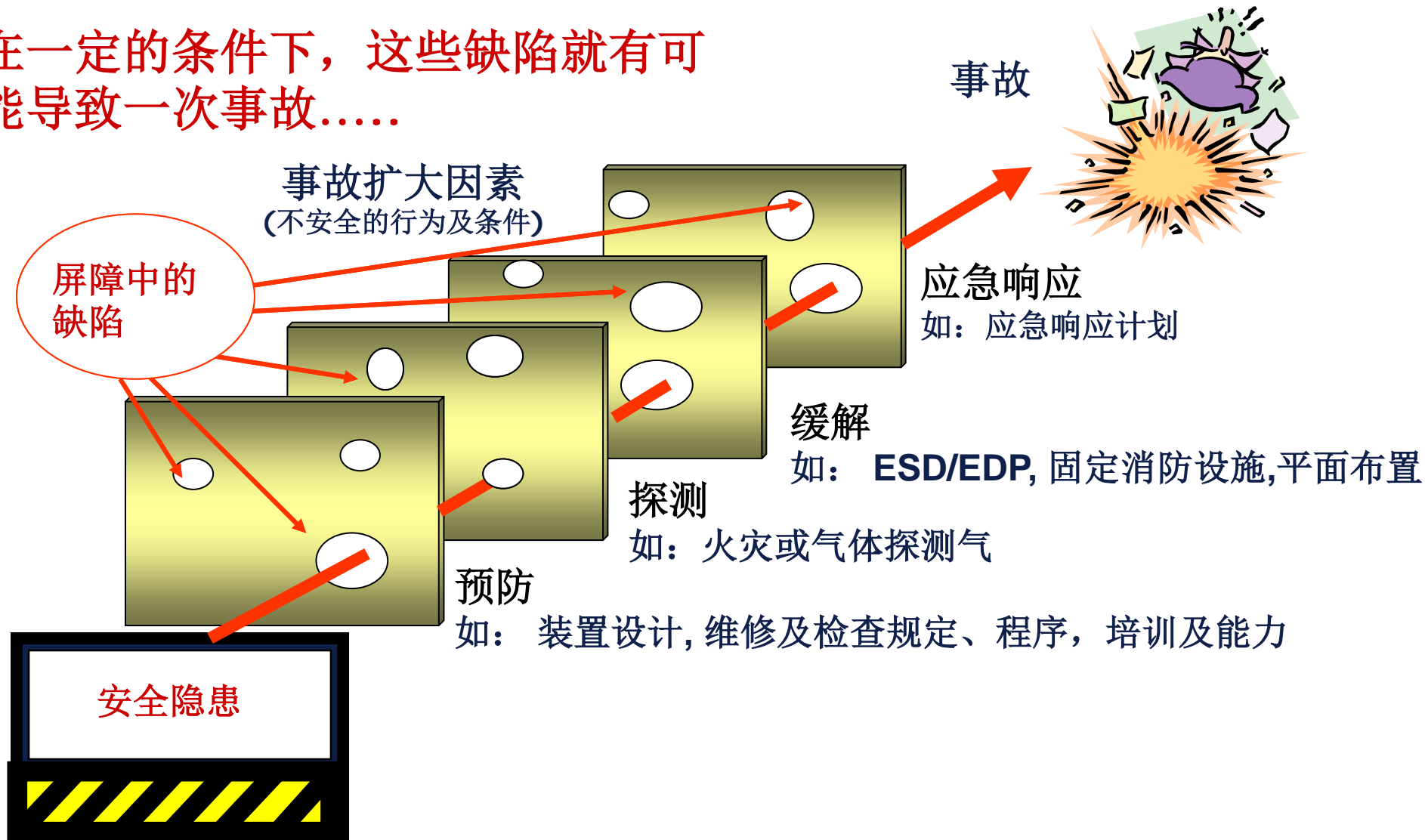
以物理和/或非物理的方式去预防、控制和/或减轻不期望事件或意外事故

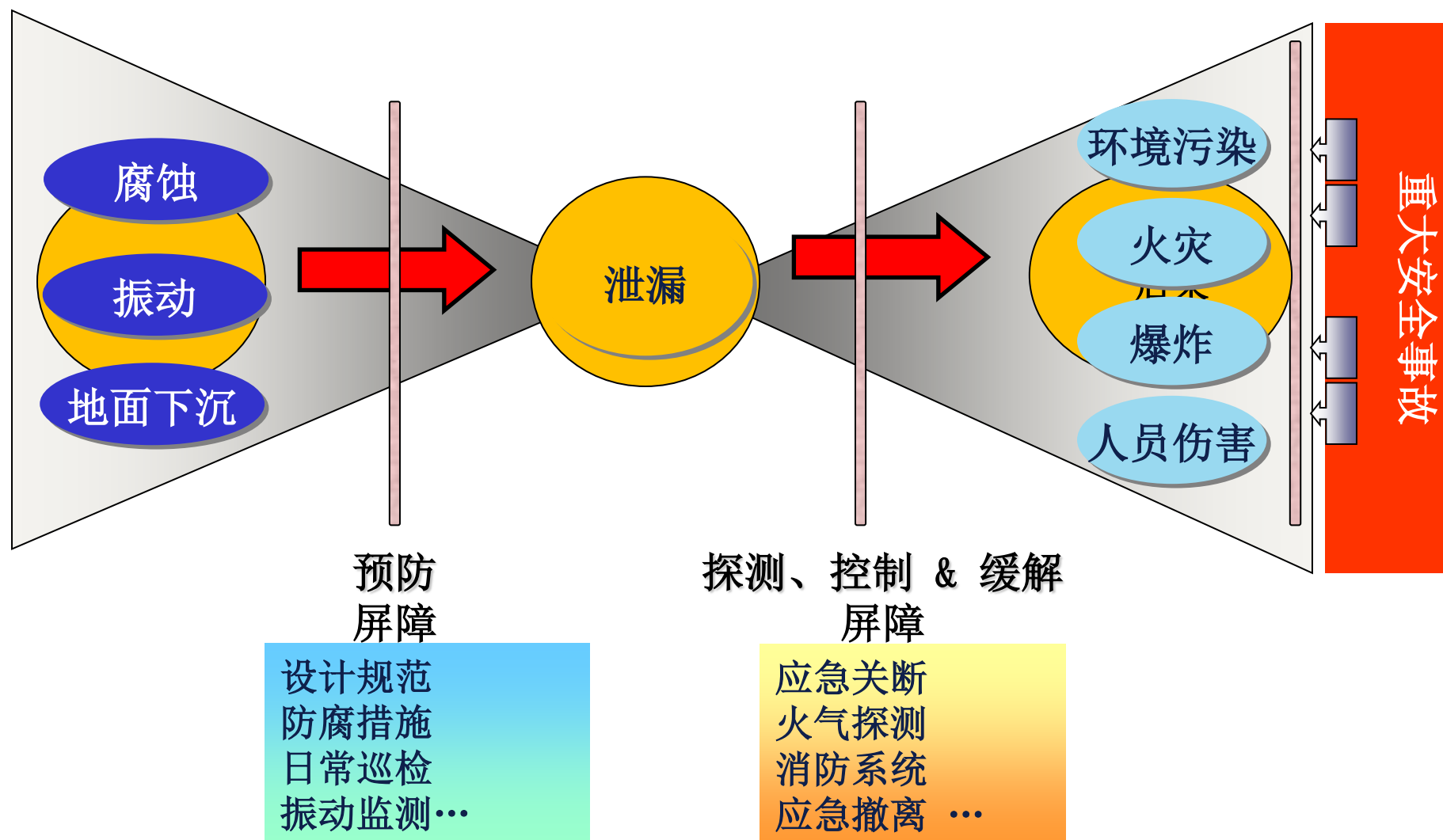


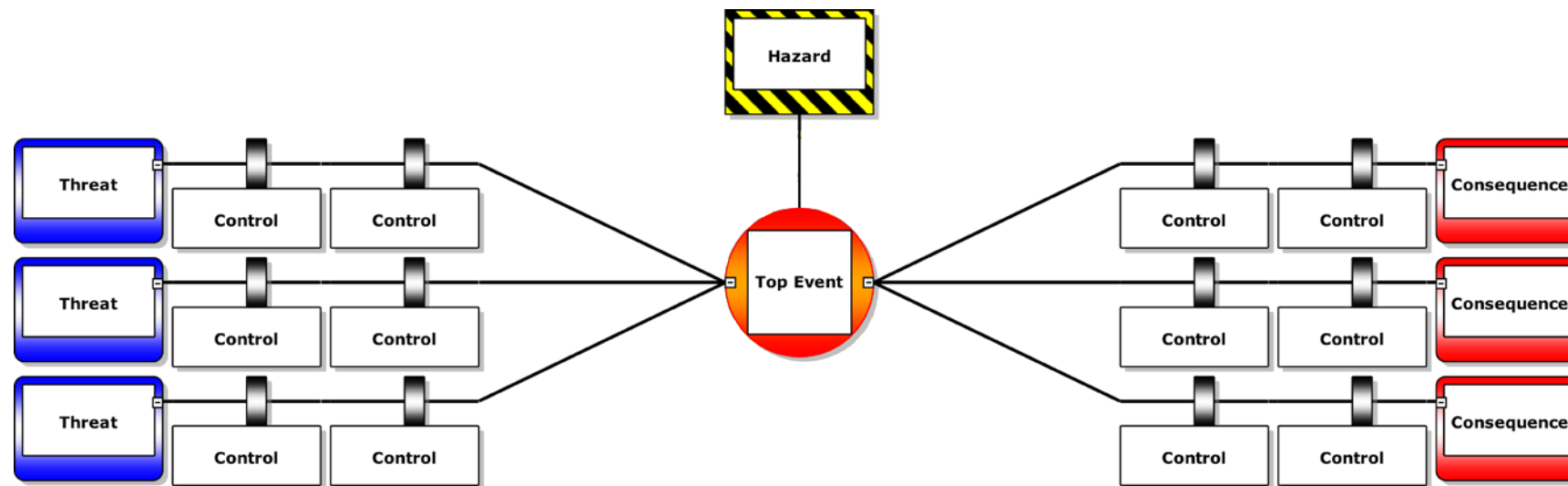
# Swiss Cheese 事故模型

“化危为安” 线上讲堂

在一定的条件下，这些缺陷就有可能导致一次事故.....



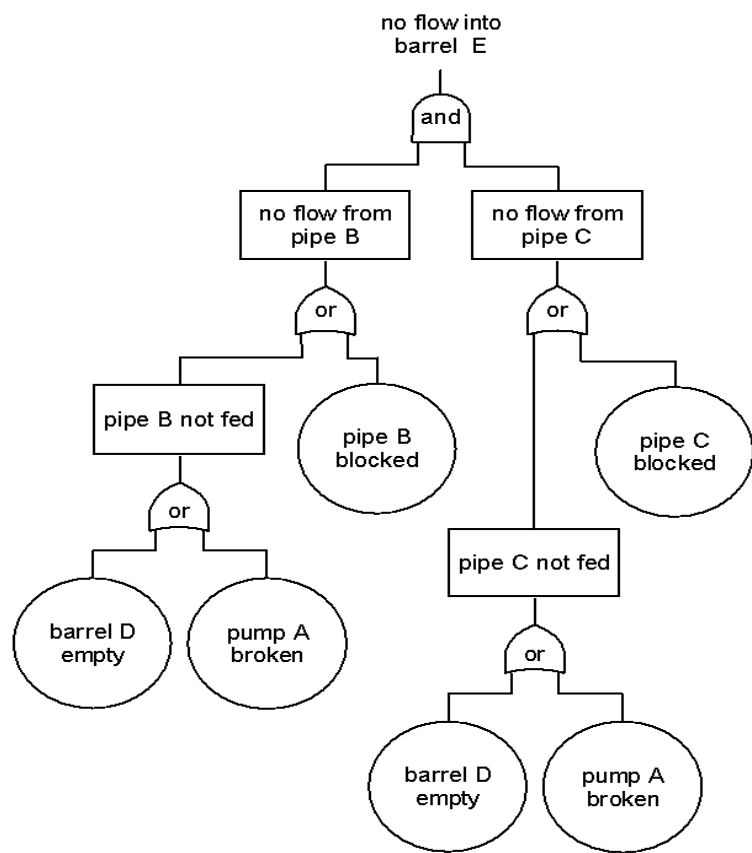




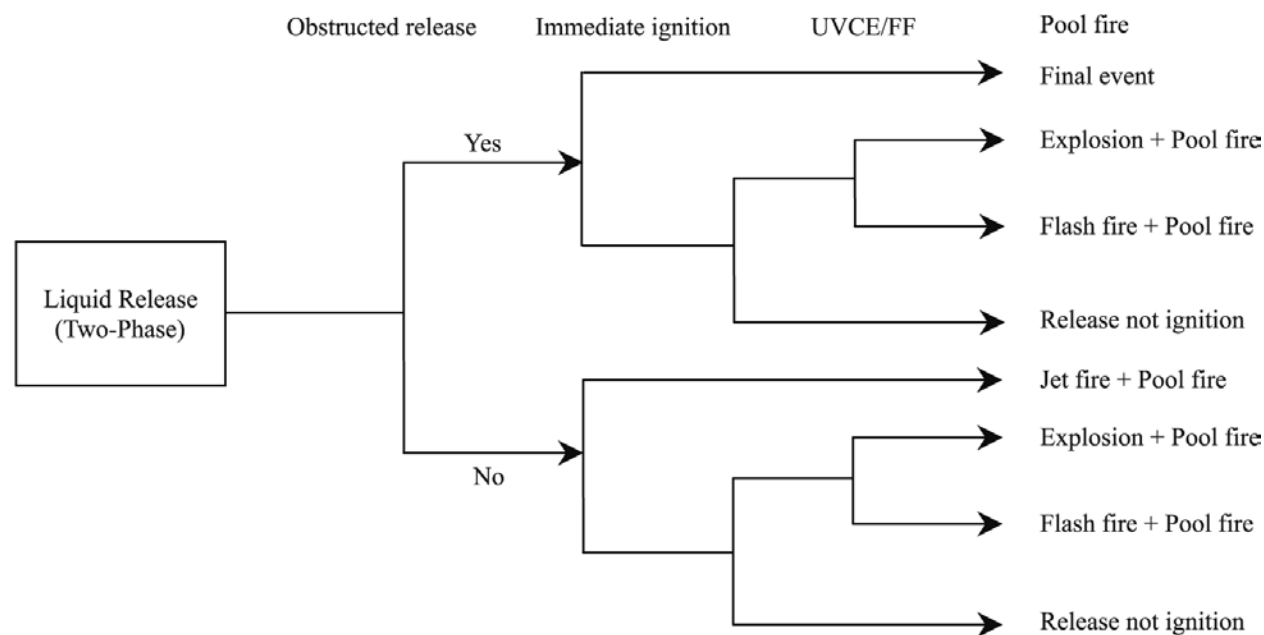
威胁 ⇒ 预防性屏障 ⇒ 失效事件 ⇒ 减缓性屏障 ⇒ 后果

# 安全屏障的风险分析

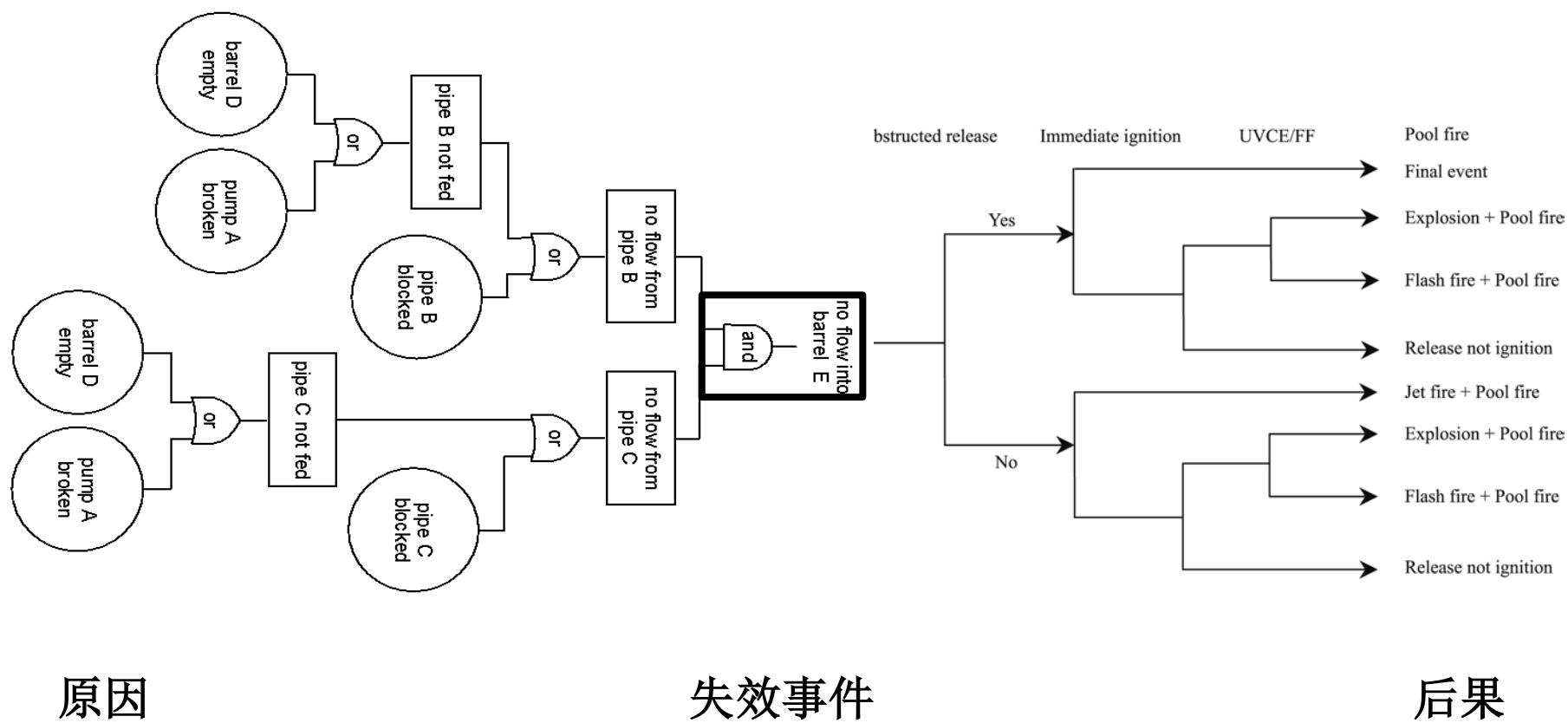
## 故障树

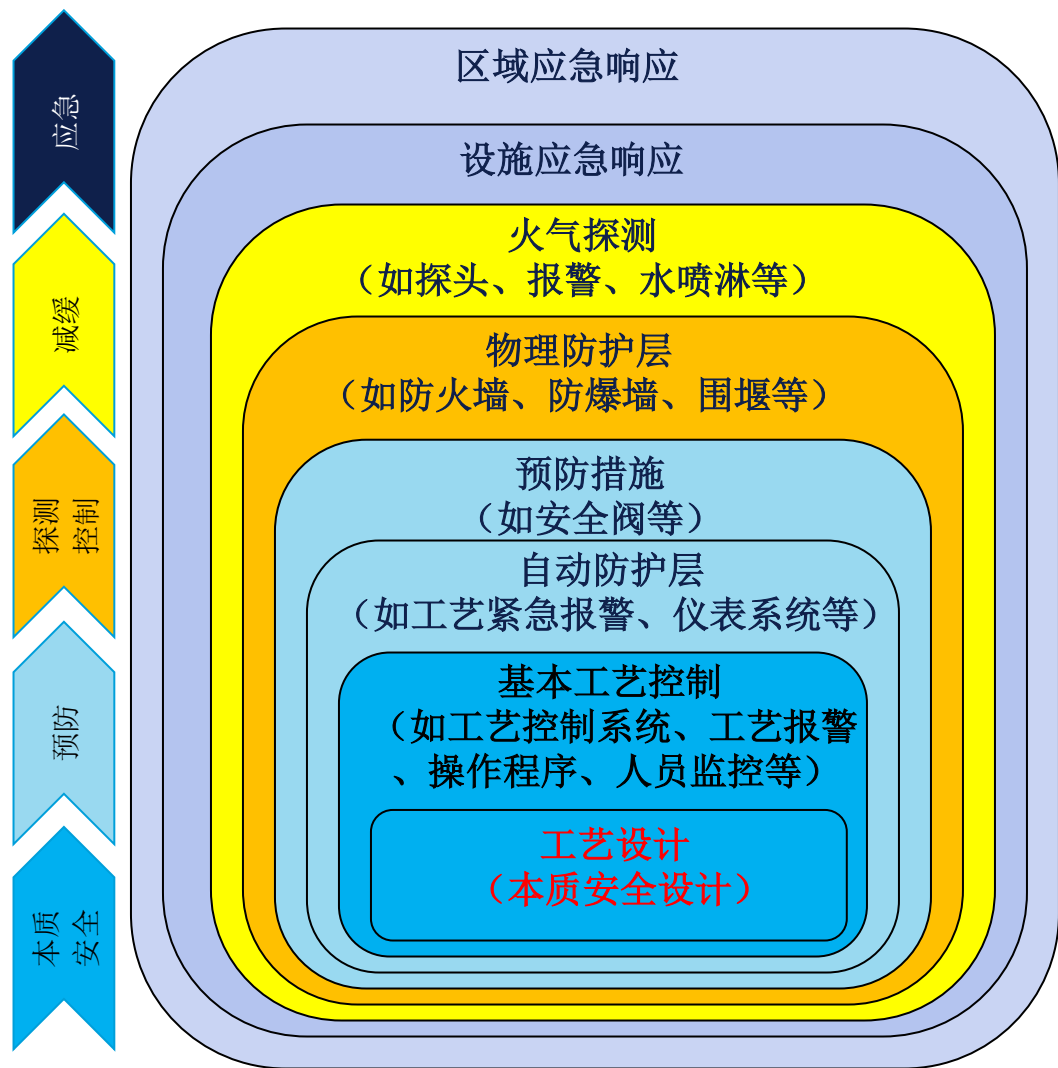


## 事件树









保护层分析

## 安全设施

- 预防类（如仪表控制、安全阀）
- 探测类（如探头）
- 控制类（如阀门、液位控制）
- 减缓类（如消防）

- 失效模式：
  - 机械故障
  - 人为因素



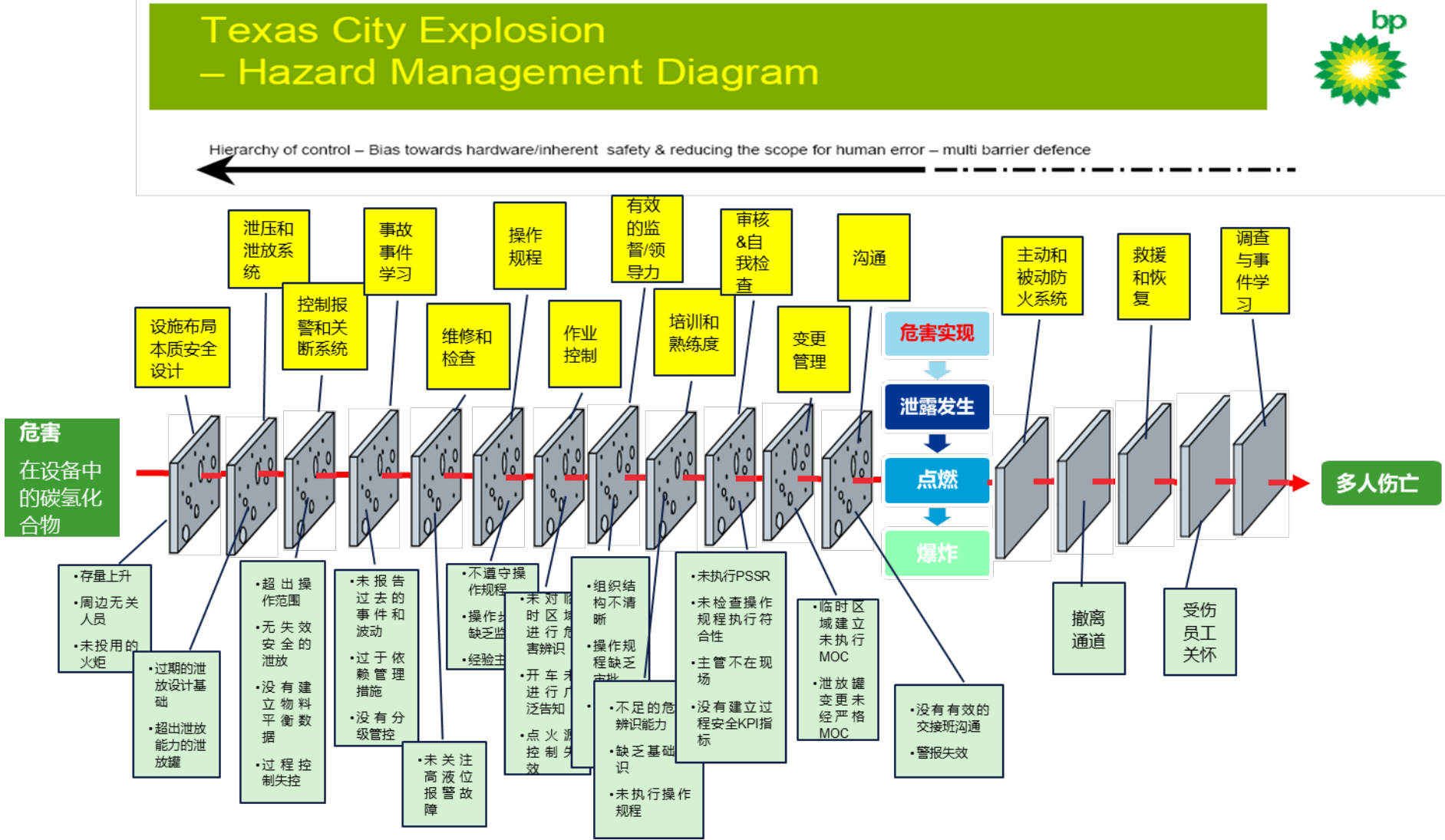
## 工艺设备

- 压力容器
- 换热器
- 储罐
- 压缩机
- 泵
- 管线
- 失效模式：
  - 腐蚀
  - 工艺异常
  - 误操作
  - 设计缺陷

# Texas City BP 炼油厂爆炸, 2005 调查报告披露:

多个防护层失效，  
这包括管理、设备  
和人员各个方面

总共 12 道屏障  
只要其中一道  
发挥功能，事  
故可能就不会  
发生





## 装置 (Plant) ——物证

- 与工艺相关的工程硬件、控制系统、和/或现场平面布置，以消除、控制和减缓实际和/或潜在的危害。
- 



## 程序 (Process) ——文件

- 为识别、控制和/或减少风险，并持续改进的管理系统。
- 



## 人员 (People) ——人证

- 现场人员在领导力、知识和经验、和/或组织文化方面的资格和能力。
-

# 装置 (Plant) 屏障

- 用来保证安全的技术装置
- 阻止、探测、控制和/或减缓意外发生的事件。
- 能被触摸、看见、测量、测试、维修和/或替换的有形资产。
- 根据操作或反应方式的不同，分为被动和主动系统。

# 被动和主动装置屏障



01

## 被动装置屏障

被动装置屏障操作无需交互，只是由于它们的存在而动作。



02

## 主动装置屏障

主动装置屏障以某种方式去控制风险，可能是机械的、电气的、电子的和/或这些的综合，它们依据条件执行动作。

# 装置 (Plant) 屏障

- 平面布局
- 碳氢化合物储罐
- 减压系统
- 放空系统
- 火气检测系统
- 防爆墙
- 排放系统
- 防雷保护
- 应急照明
- 应急发电机组
- 个人防护用品
- 不间断电源
- 空调系统
- 火灾保护
- 应急通讯系统
- 应急标识
- 堤岸工程
- 接地系统
- 阴保系统
- 火炬
- 消防水/泡沫系统
- .....



# 程序（Process）屏障

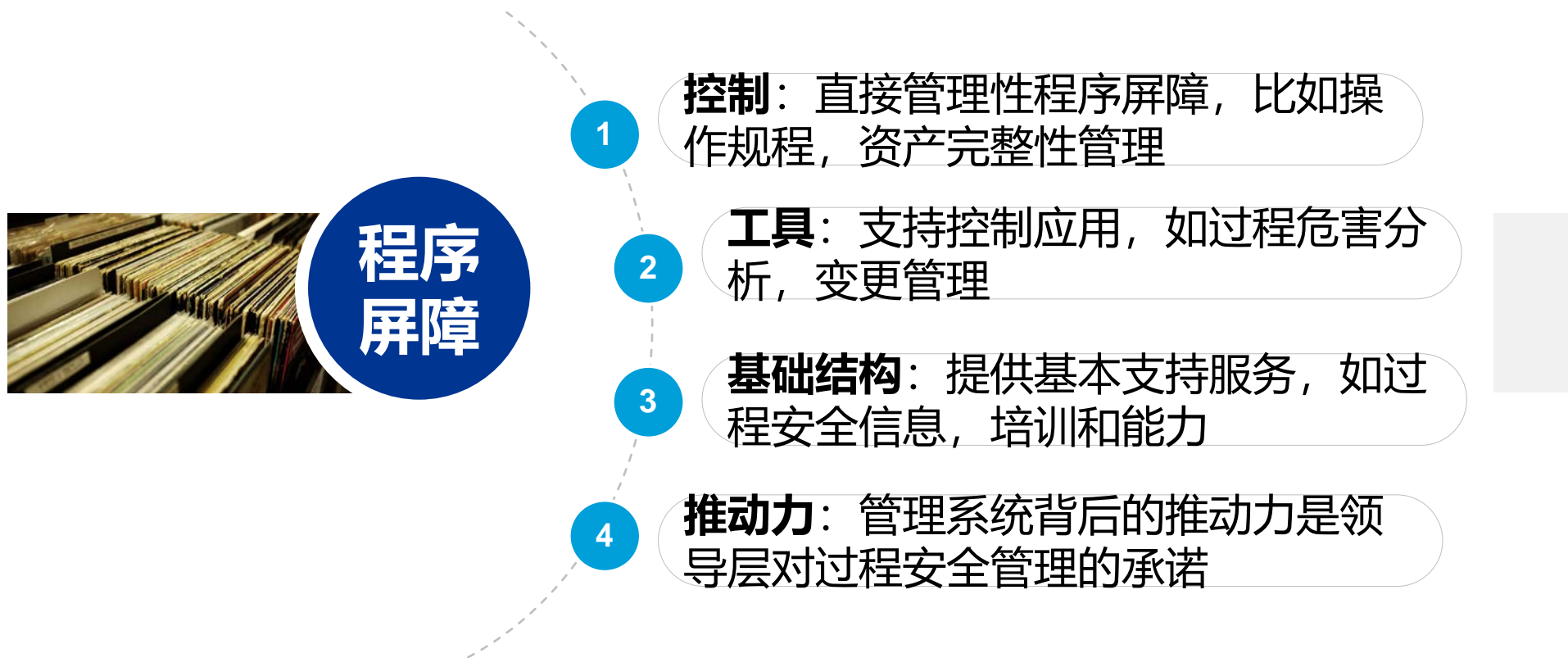
安全管理需要一系列不同的装置屏障协同作用，并解决一系列问题，如：

- 装置屏障的设置是否合理？
- 不同的装置屏障之间是否互相冲突？
- 装置屏障是否有效？

这大大增加了复杂性，控制这些复杂性的最有效方式就是：

- 建立一个管理系统，即程序屏障

# 程序 (Process) 屏障

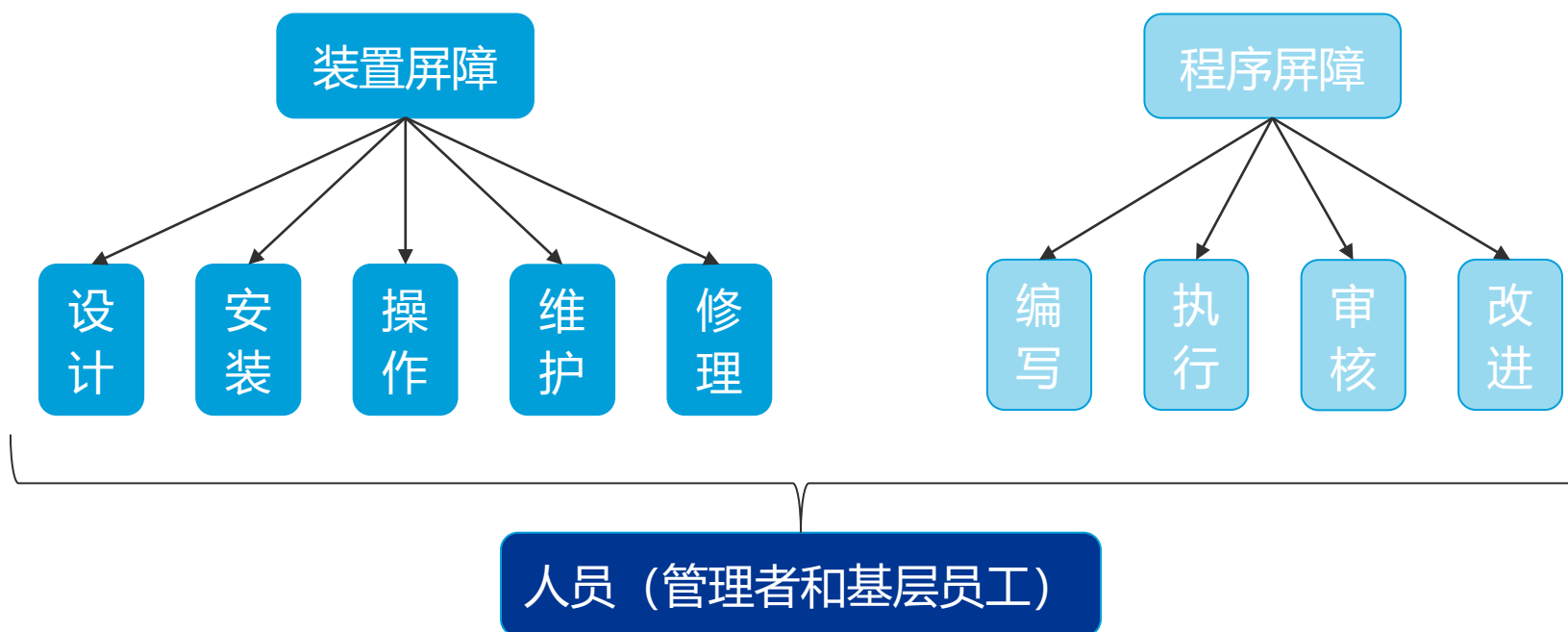


# 程序 (Process) 屏障

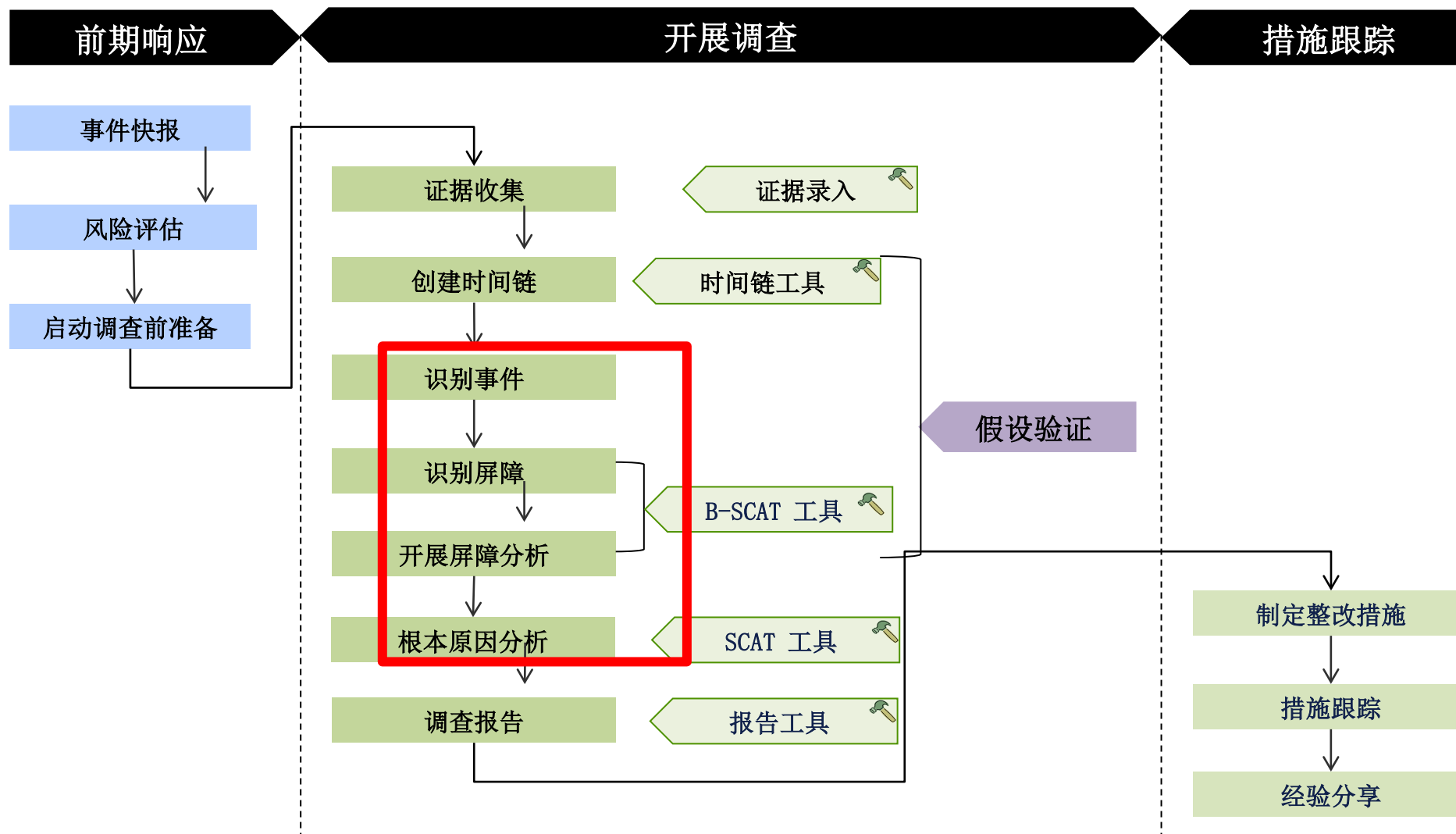
- 特种作业制度
- 作业许可制度
- 工作前安全分析
- 变更管理
- 过程安全信息
- 过程危害分析
- 试生产前安全审查
- 操作规程
- 资产完整性管理
- 设计完整性
- 专利和专有技术评估
- 培训管理
- 事故调查
- 应急准备
- 特种作业
- 承包商管理和采购
- 评估和审核
- .....

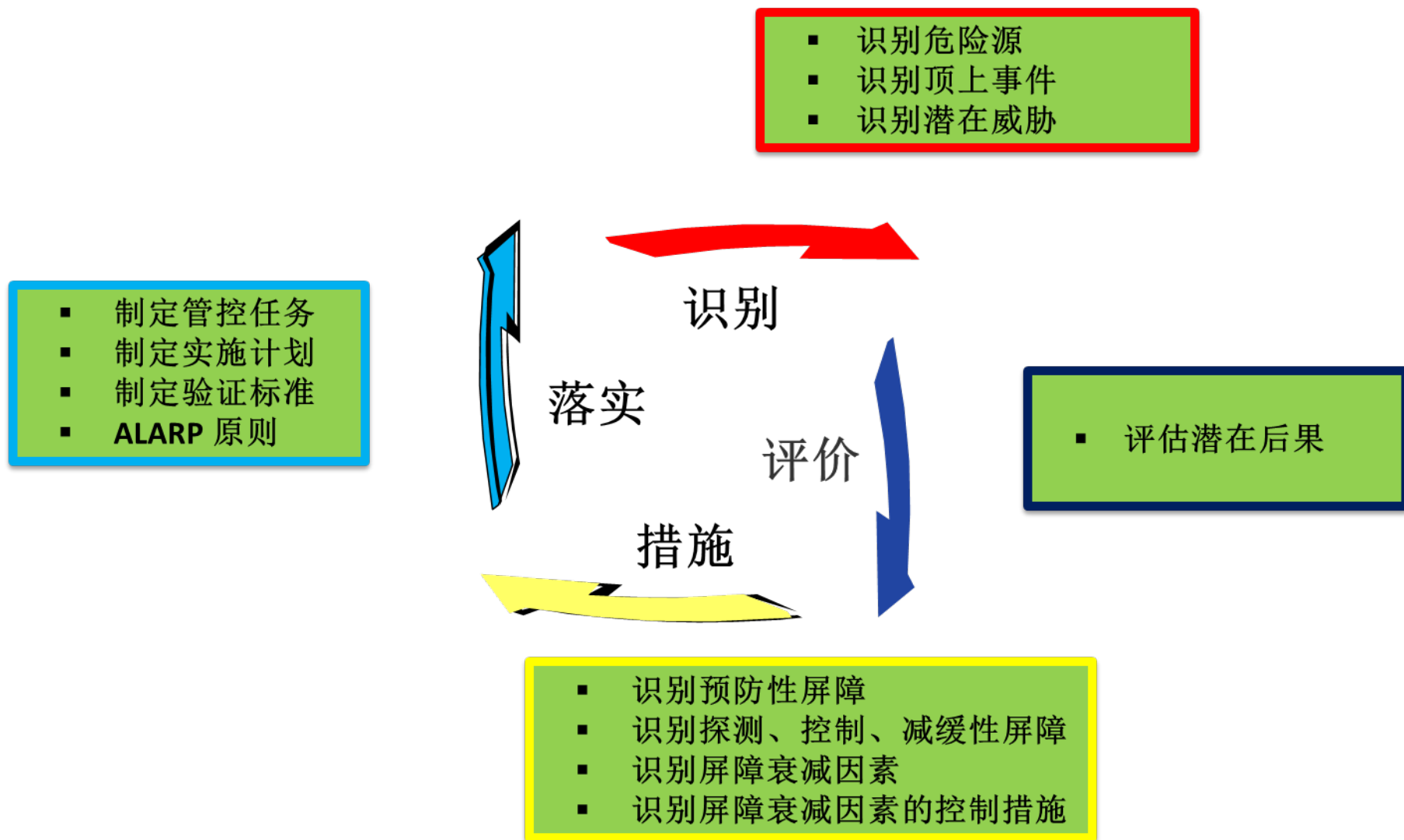
# 人员 (People) 屏障

- 我们为什么需要人员屏障?



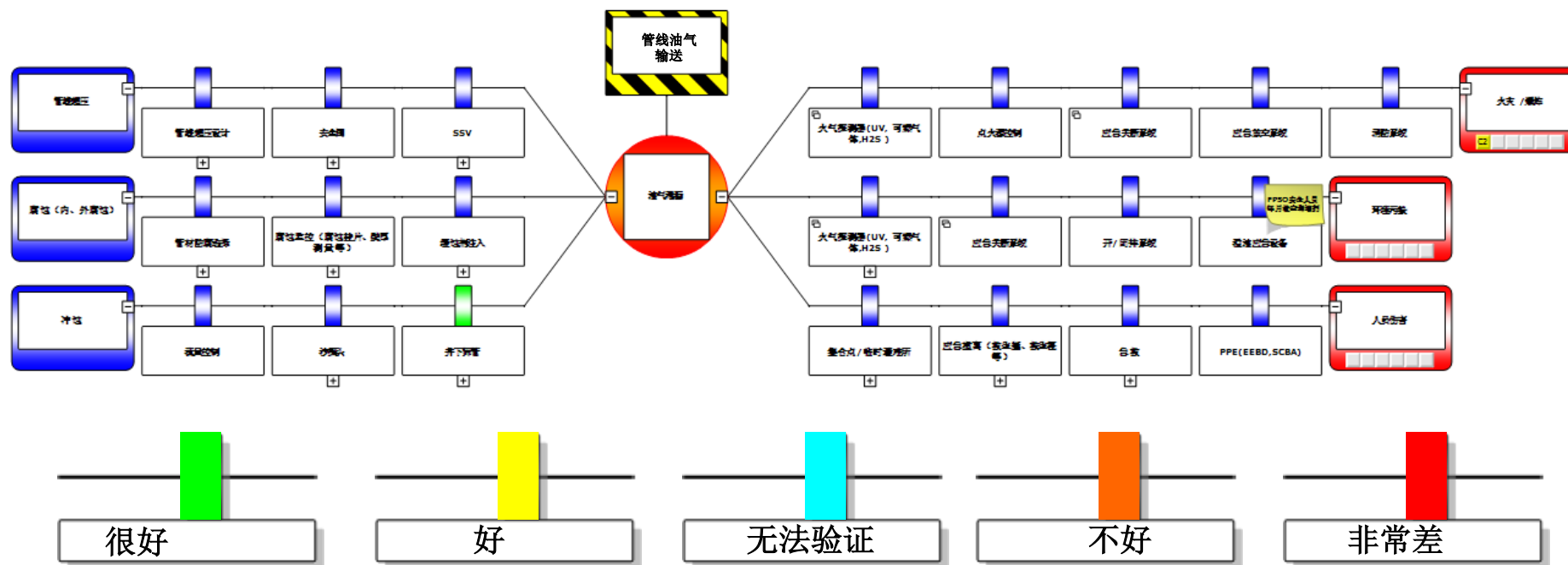
# 基于屏障的事件分析







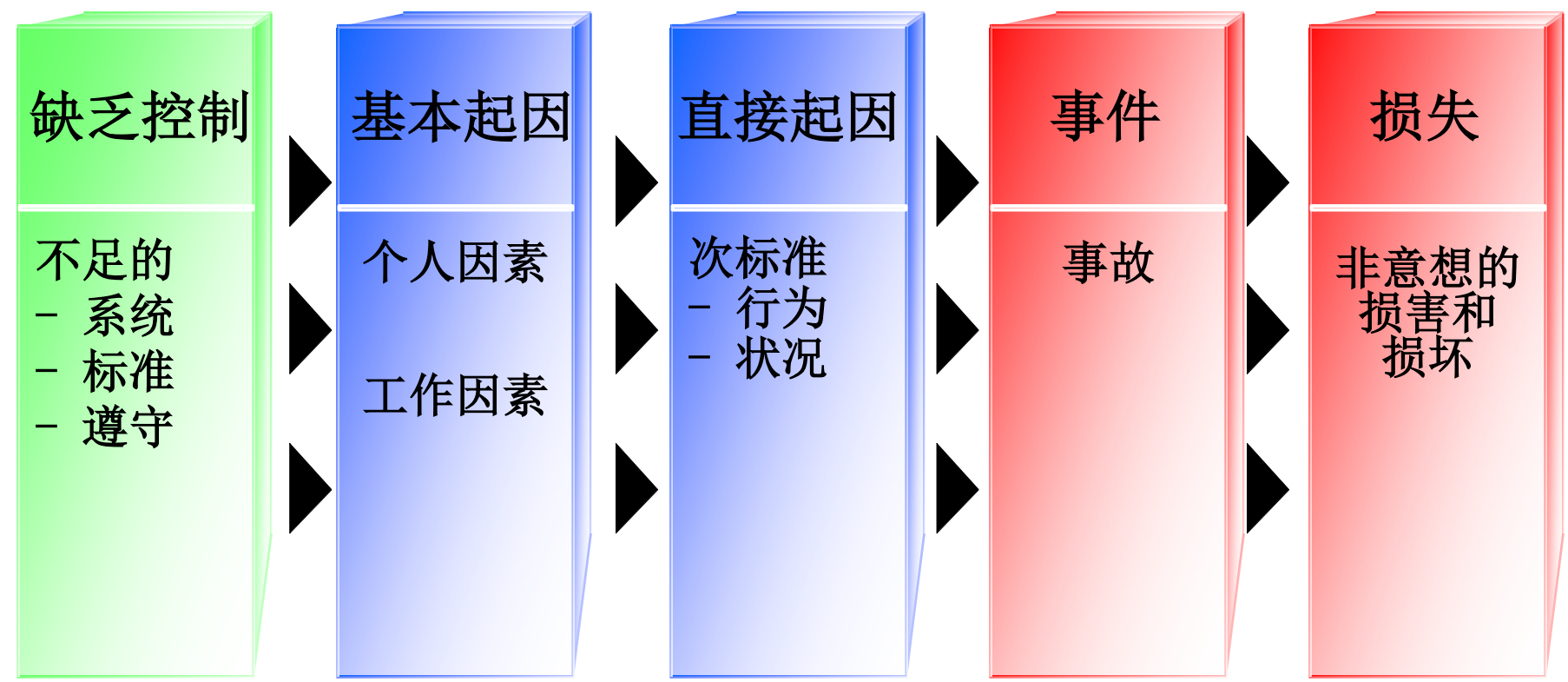
# 识别屏障的状况，分析屏障管控措施的有效性和可靠性

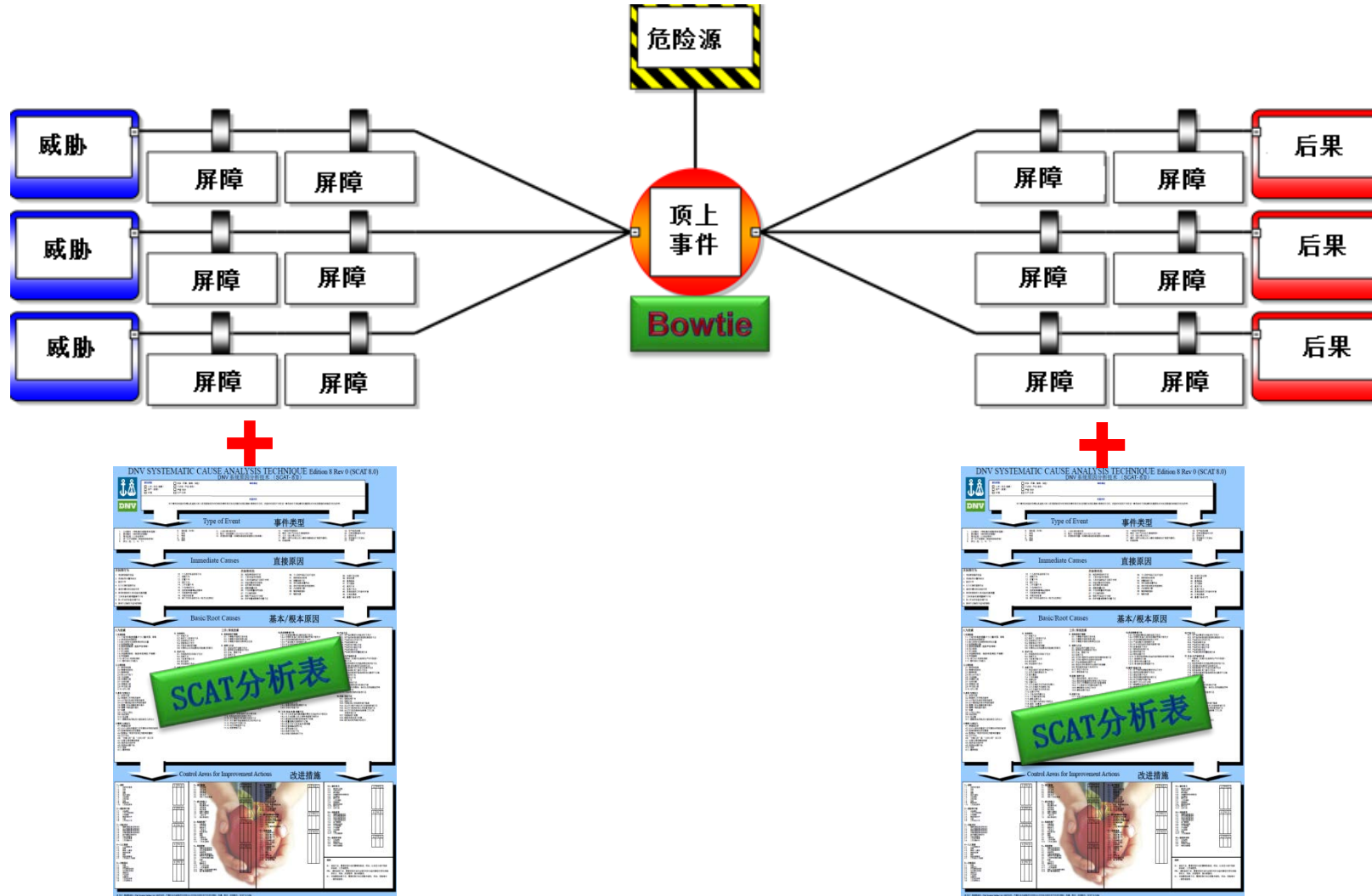


- 设施屏障
- 流程屏障
- 人员屏障

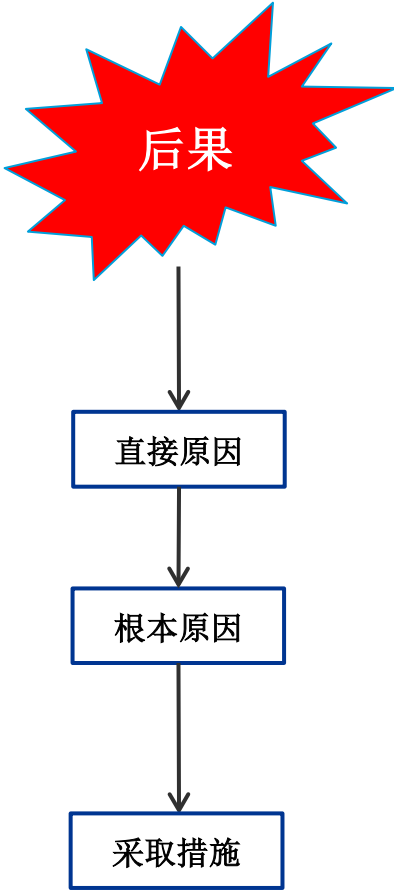
# DNV 损失因果模型

DNV 事故原因分析的理论基础是损失因果模型，分析结果应关注管理缺乏控制

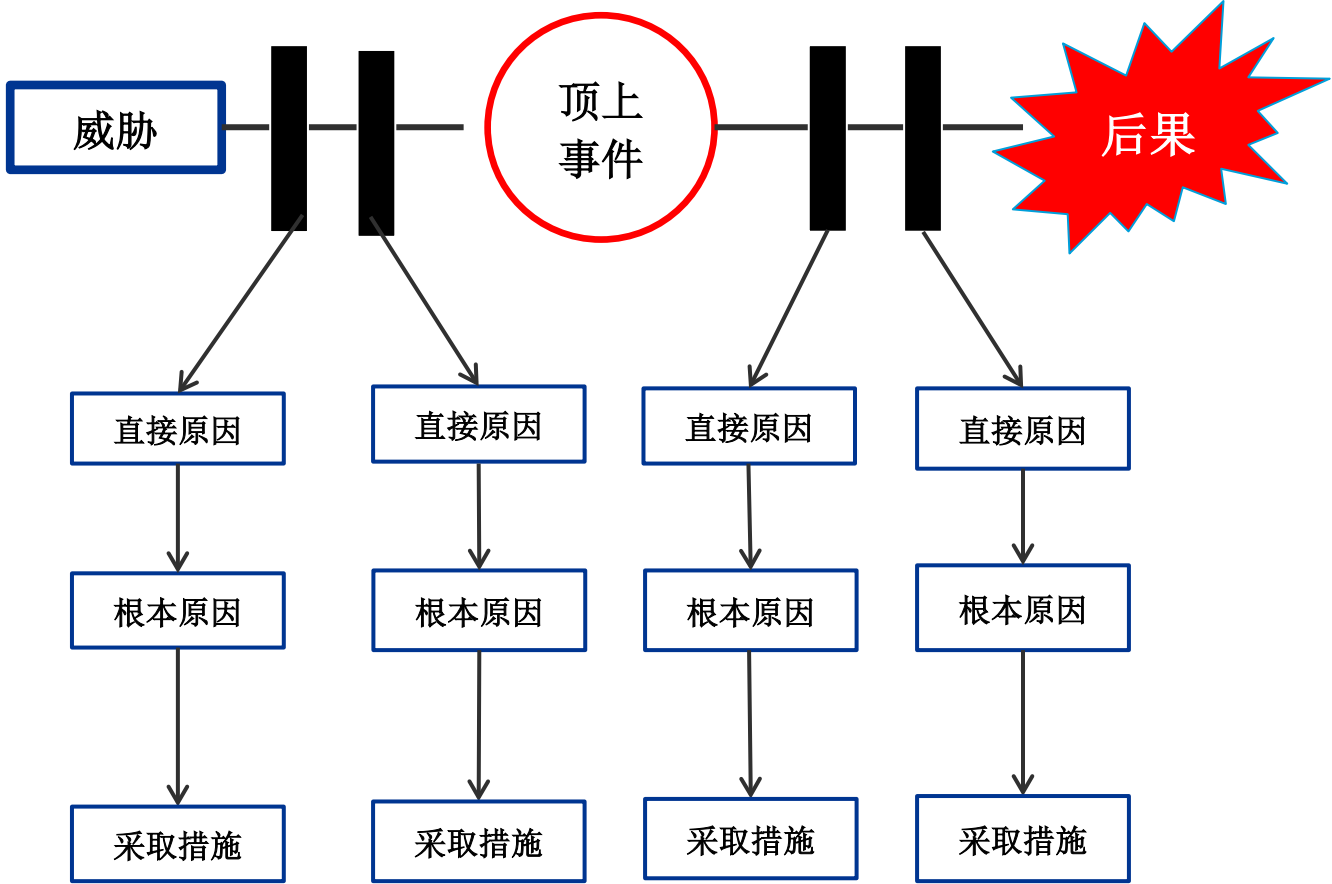




SCAT分析法

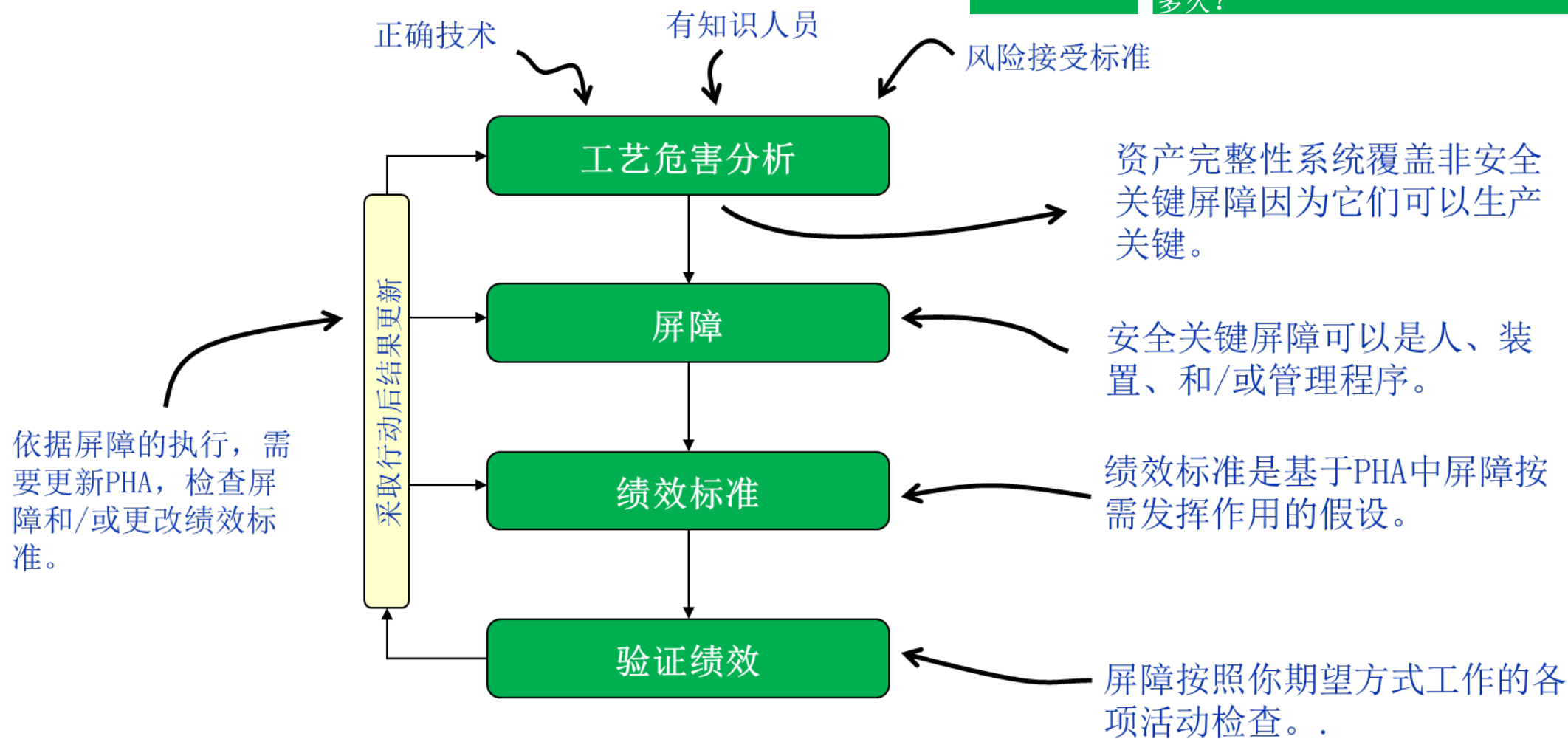


BSCAT方法



# 屏障管理模式

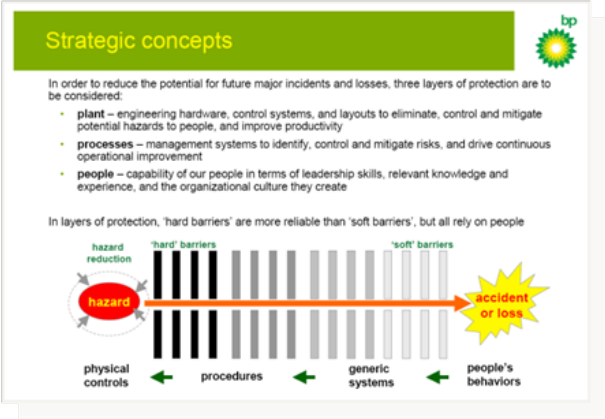
功能性	屏障必须做什么？
可靠性	屏障成功运行的概率是多少？
可用性	按需运行的概率是多少？屏障不可用是否可接受吗？
耐用性	屏障必须能承受的事件，它的功能在不利条件下能运行多久？



# 长效的过程安全管理

- 1. 领导力
- 2. 规划和行政
- 3. 风险评价
- 4. 人力资源
- 5. 合规保证
- 6. 项目管理
- 7. 培训和能力
- 8. 沟通和推广
- 9. 风险控制
- 10. 资产管理
- 11. 承包商管理和采购
- 12. 应急准备
- 13. 事件学习
- 14. 风险监控
- 15. 结果和评审

Plant 设备	Process 程序	People 人员
	✓	✓
✓	✓	
✓	✓	
	✓	✓
✓	✓	
✓	✓	
	✓	✓
	✓	✓
✓	✓	
✓	✓	
✓	✓	✓
✓	✓	✓
✓	✓	✓
✓	✓	✓
	✓	



# 捍卫生命、财产和保护环境 Safeguarding life, property and the environment

更多信息，欢迎联系：

狄小勇 Di Xiao Yong

部门经理/首席咨询顾问：

E-mail : [bill.dl@dnv.com](mailto:bill.dl@dnv.com)

手 机 : 150 10510919

电 话 : 010-65627659

[www.dnv.com](http://www.dnv.com)

