

化工过程安全管理导则

安全仪表管理

汇报人：李玉明

2023年3月17日

联系电话：0532-83786717 邮箱：liym.qday@sinopec.com



目录
Content

01 安全仪表管理要素

02 哪些属于安全仪表

03 如何识别或确定安全仪表

04 如何管理安全仪表

»»» 01 | 关于安全仪表管理要素



一、安全仪表管理要素

安全仪表管理要素概述

■为何单独设置安全仪表管理要素

- ▶ 化工过程安全至关重要
- ▶ 安全仪表管理基础薄弱
- ▶ 目前的人员能力问题

■安全仪表管理与设备完好性管理要素

- ▶ 要素10&要素11
- ▶ 通用管理要求适用
- ▶ 合并处理?

4.11 安全仪表管理

4.11.1 基本要求

安全仪表(安全自动化)包括安全控制、安全报警和安全联锁,是用仪表和控制实现的过程安全保护措施(保护层),针对特定的危险事件,达到或保持过程安全状态。当在基本过程控制系统实施,其风险降低能力限制在10倍以下。如果严格按照GB/T 21109进行设计和管理,其风险降低能力可大于10倍,这就属于安全仪表系统(SIS)的范畴。

安全仪表通用管理要求包括:

- 企业应基于危害辨识和风险评估确定安全仪表范围和仪表设备;
- 安全仪表相关技术资料应准确完整;
- 企业应制定安全仪表相关管理制度和考核指标体系;
- 企业应指定专门责任人员负责相关技术和管理活动,相关人员应具备相应的能力;
- 安全仪表应遵循设备完好性管理一般程序;
- 应基于相关标准和良好实践,设计、安装、调试、确认、操作、维护安全仪表。

4.11.2 安全仪表系统(SIS)管理

4.11.2.1 企业应通过风险评估,确定必要的安全仪表功能及其风险降低要求;应根据安全仪表功能性和完整性要求,编制安全要求技术文件。

4.11.2.2 企业应按照安全要求技术文件设计与实现安全仪表功能;通过仪表设备合理选择、结构约束(冗余容错)、检验测试周期以及诊断技术等手段,确保满足风险降低要求;应合理确定安全仪表功能(或子系统)检验测试周期,需要在线测试时,应设计在线测试手段与相关措施。

4.11.2.3 企业应制定完善的安装调试与联合确认计划并保证有效实施,详细记录调试(单台仪表调试与回路调试)、确认的经过和结果,并建立管理档案;投运前应依据安全要求技术文件,组织审查和联合确认,确保具备既定的功能和满足完整性要求,具备安全投用条件。

4.11.2.4 企业应根据良好工程实践以及制造商的建议、维护经验,制定维护计划和规程。设备设施运行期间应保证安全仪表系统能够可靠执行所有安全仪表功能,实现功能安全,并做到以下几点:

- 依据计划和规程定期检查、测试和维护;
- 在允许的恢复时限内及时处置设备故障和缺陷,运行期间应使用制定好的补偿措施管控风险;
- 按照符合安全完整性要求的检验测试周期,对安全仪表功能进行定期全面检验、测试,并详细记录测试经过和结果;
- 加强安全仪表系统相关设备故障管理(包括设备失效、联锁动作、误动作情况等)和分析处理,逐步建立相关设备失效数据库;
- 规范安全仪表系统相关设备选用,建立安全仪表设备准人和评审制度,并根据应用和设备失效情况不断修订完善;
- 制定安全仪表变更审批制度并严格执行;
- 定期开展安全仪表系统评估,跟踪评估报告中的改进建议,逐项制定措施,确保达到应有的安全性能。



一、安全仪表管理要素

安全仪表管理要素概述

■本要素主要内容

◆安全仪表概念

◆如何确定安全仪表

◆安全仪表管理要求

➢基本或通用要求

➢安全仪表系统(SIS)管理要求

➢其他安全仪表要求

注意：不是单纯仪表专业的事情

4.11 安全仪表管理

4.11.1 基本要求

安全仪表(安全自动化)包括安全控制、安全报警和安全联锁,是用仪表和控制实现的过程安全保护措施(保护层),针对特定的危险事件,达到或保持过程安全状态,当在基本过程控制系统实施,其风险降低能力限制在10倍以下。如果严格按照GB/T 21109进行设计和管理,其风险降低能力可大于10倍,这就属于安全仪表系统(SIS)的范畴。

安全仪表通用管理要求包括:

- 企业应基于危害辨识和风险评估确定安全仪表范围和仪表设备;
- 安全仪表相关技术资料应准确完整;
- 企业应制定安全仪表相关管理制度和考核指标体系;
- 企业应指定专门责任人员负责相关技术和管理活动,相关人员应具备相应的能力;
- 安全仪表应遵循设备完好性管理一般程序;
- 应基于相关标准和良好实践,设计、安装、调试、确认、操作、维护安全仪表。

4.11.2 安全仪表系统(SIS)管理

4.11.2.1 企业应通过风险评估,确定必要的安全仪表功能及其风险降低要求;应根据安全仪表功能性和完整性要求,编制安全要求技术文件。

4.11.2.2 企业应按照安全要求技术文件设计与实现安全仪表功能,通过仪表设备合理选择、结构约束(冗余容错)、检验测试周期以及诊断技术等手段,确保满足风险降低要求;应合理确定安全仪表功能(或子系统)检验测试周期,需要在线测试时,应设计在线测试手段与相关措施。

4.11.2.3 企业应制定完善的安装调试与联合确认计划并保证有效实施,详细记录调试(单台仪表调试与回路调试)、确认的经过和结果,并建立管理档案,投运前应依据安全要求技术文件,组织审查和联合确认,确保具备既定的功能和满足完整性要求,具备安全投用条件。

4.11.2.4 企业应根据良好工程实践以及制造商的建议、维护经验,制定维护计划和规程。设备设施运行期间应保证安全仪表系统能够可靠执行所有安全仪表功能,实现功能安全,并做到以下几点:

- 依据计划和规程定期检查、测试和维护;
- 在允许的恢复时限内及时处置设备故障和缺陷,运行期间应使用制定好的补偿措施管控风险;
- 按照符合安全完整性要求的检验测试周期,对安全仪表功能进行定期全面检验、测试,并详细记录测试经过和结果;
- 加强安全仪表系统相关设备故障管理(包括设备失效、联锁动作、误动作情况等)和分析处理,逐步建立相关设备失效数据库;
- 规范安全仪表系统相关设备选用,建立安全仪表设备准入和评审制度,并根据应用和设备失效情况不断修订完善;
- 制定安全仪表变更审批制度并严格执行;
- 定期开展安全仪表系统评估,跟踪评估报告中的改进建议,逐项制定措施,确保达到应有的安全性能。

▶▶▶▶ 02 | 安全仪表概念



二、安全仪表概念

安全仪表概念和范围

安全控制、安全报警和安全联锁

■安全控制 (Safety Controls)

■安全报警 (Safety Alarms)

■安全联锁 (Safety Interlocks)

注：《化工过程安全自动化应用指南》简称SCAI

就是用仪表和控制实现的过程安全保护措施，

用于达到或保持过程的安全状态，并满足特定危险事件的风险降低要求。

在本要素中，以下不同名称视为一致

■安全仪表

■安全自动化系统

■安全控制、报警&联锁

■用于过程安全的仪表保护系统 (IPS)



二、安全仪表概念

两个重要的参考

ANSI/ISA 84.91.01-2012

过程工业领域安全控制、安全报警和安全联锁辨识与机械完整性
Identification and Mechanical Integrity of Safety Controls, Alarms, and Interlocks in the Process Industry Sector

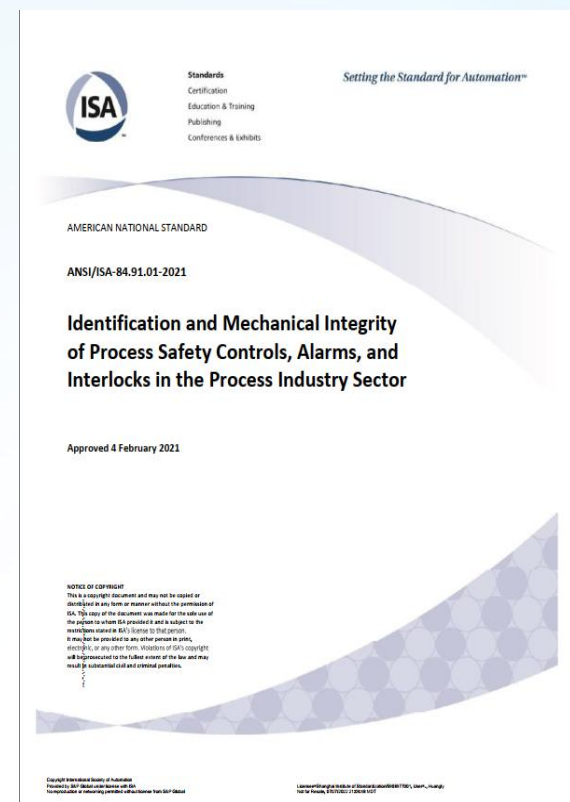
■ 针对作为过程安全保护措施的仪表

■ 机械完整性要求

包括检查/测试并记录检查/测试结果

■ 专门用于过程安全风险管理的

注：1995标准初版就是应对美国过程安全管理法规实施中的仪表问题





二、安全仪表概念

两个重要的参考

化工过程安全自动化应用指南

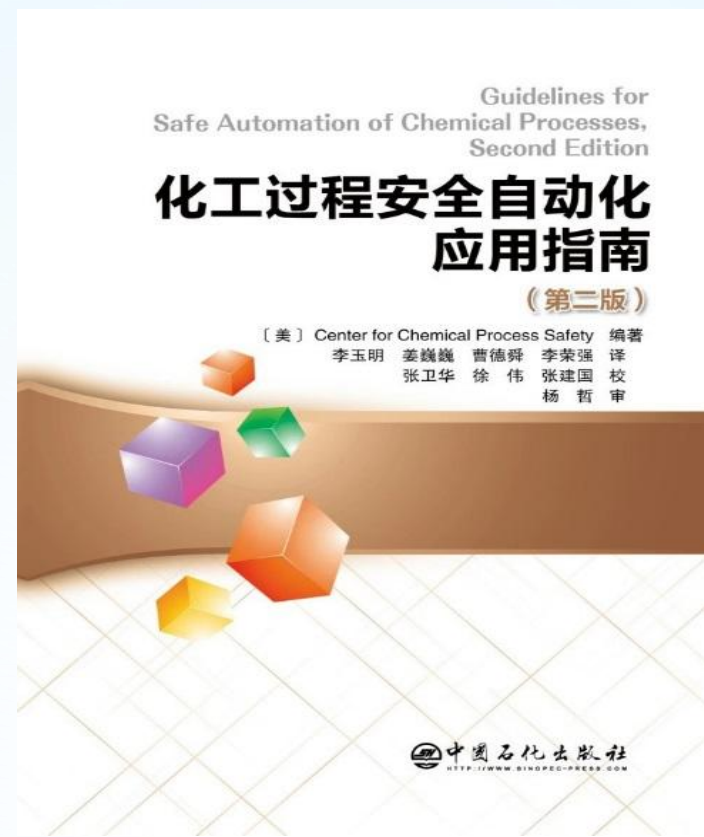
CCPS (化工过程安全中心)

Guidelines for Safe Automation of Chemical Processes

中国石化出版社

主要内容

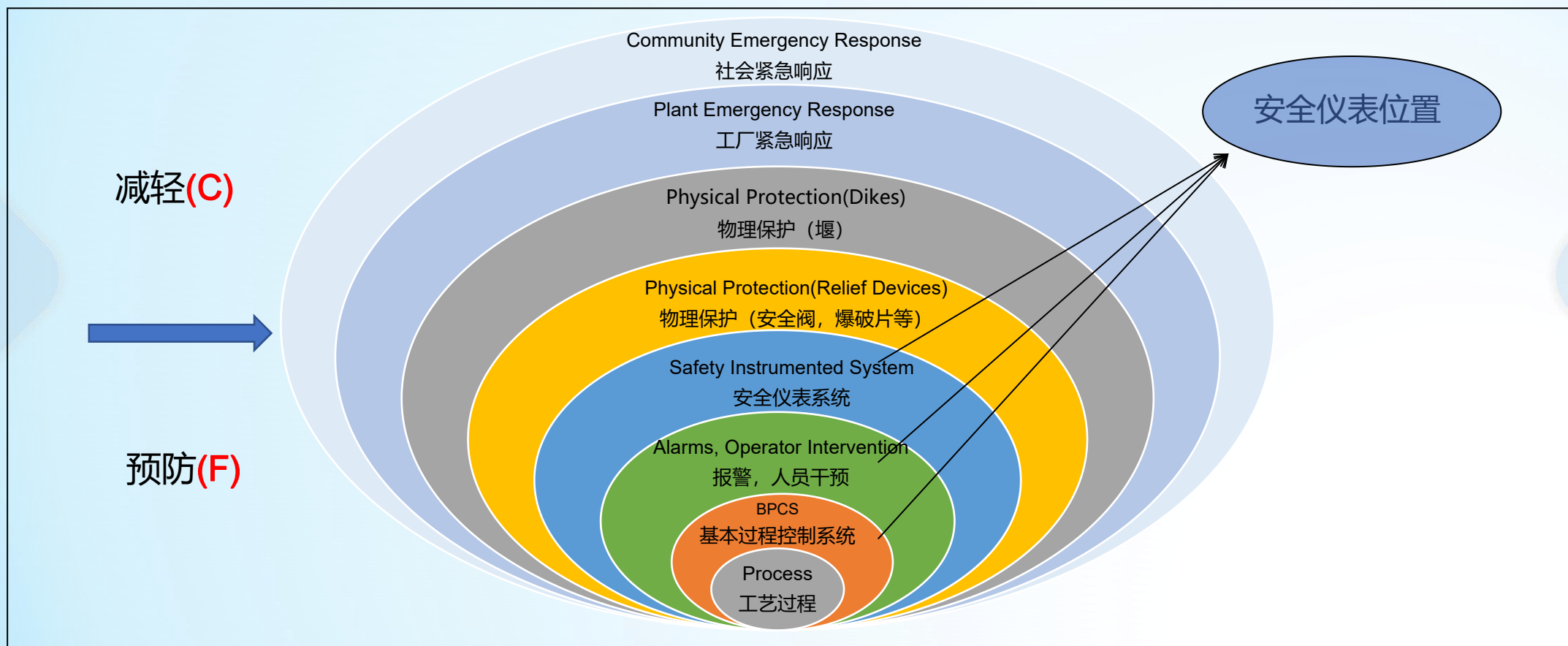
- 过程安全与安全自动化
- 自动化在过程安全中的作用
- 自动化系统规格书
- 过程控制系统 (BPCS) 设计与实施
- 安全控制、安全报警和安全联锁 (SCAI) 设计与实施
- 管理控制和监督





二、安全仪表概念

保护层模型 (洋葱模型)



▶▶▶ 03 | 如何识别或确定安全仪表

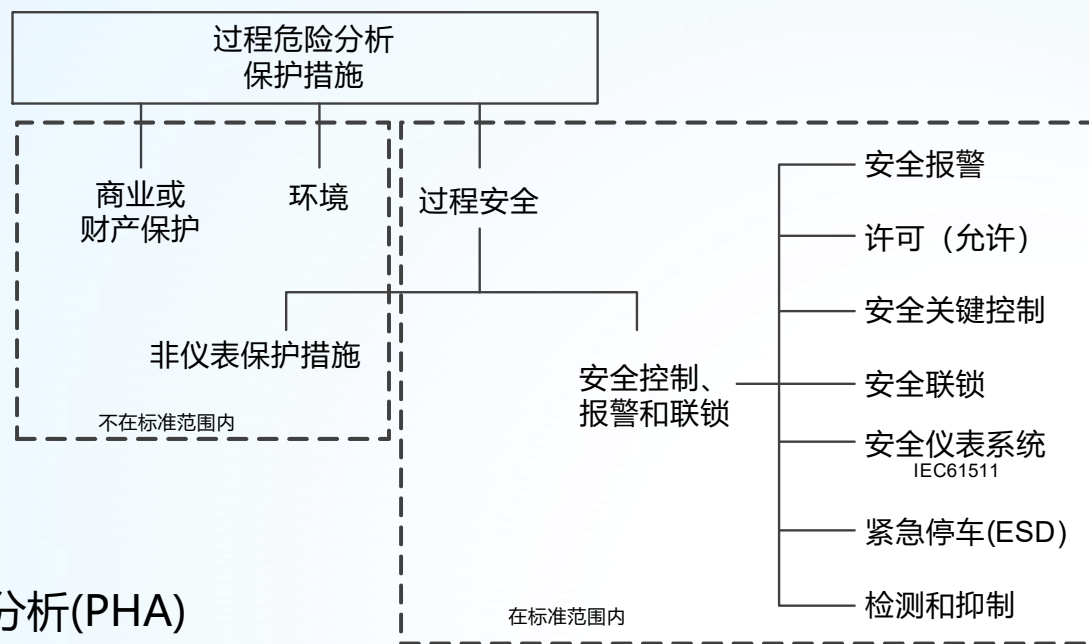


三、如何识别或确定安全仪表

如何识别或确定

识别或确定安全仪表是做好安全仪表管理要素的基础。

注：美国职业安全与健康管理局(US-OSHA)PSM法规 (OSHA 1910.119)也明确要求企业需要识别和管理安全操作相关的仪表系统。



ANSI/ISA84.91.01

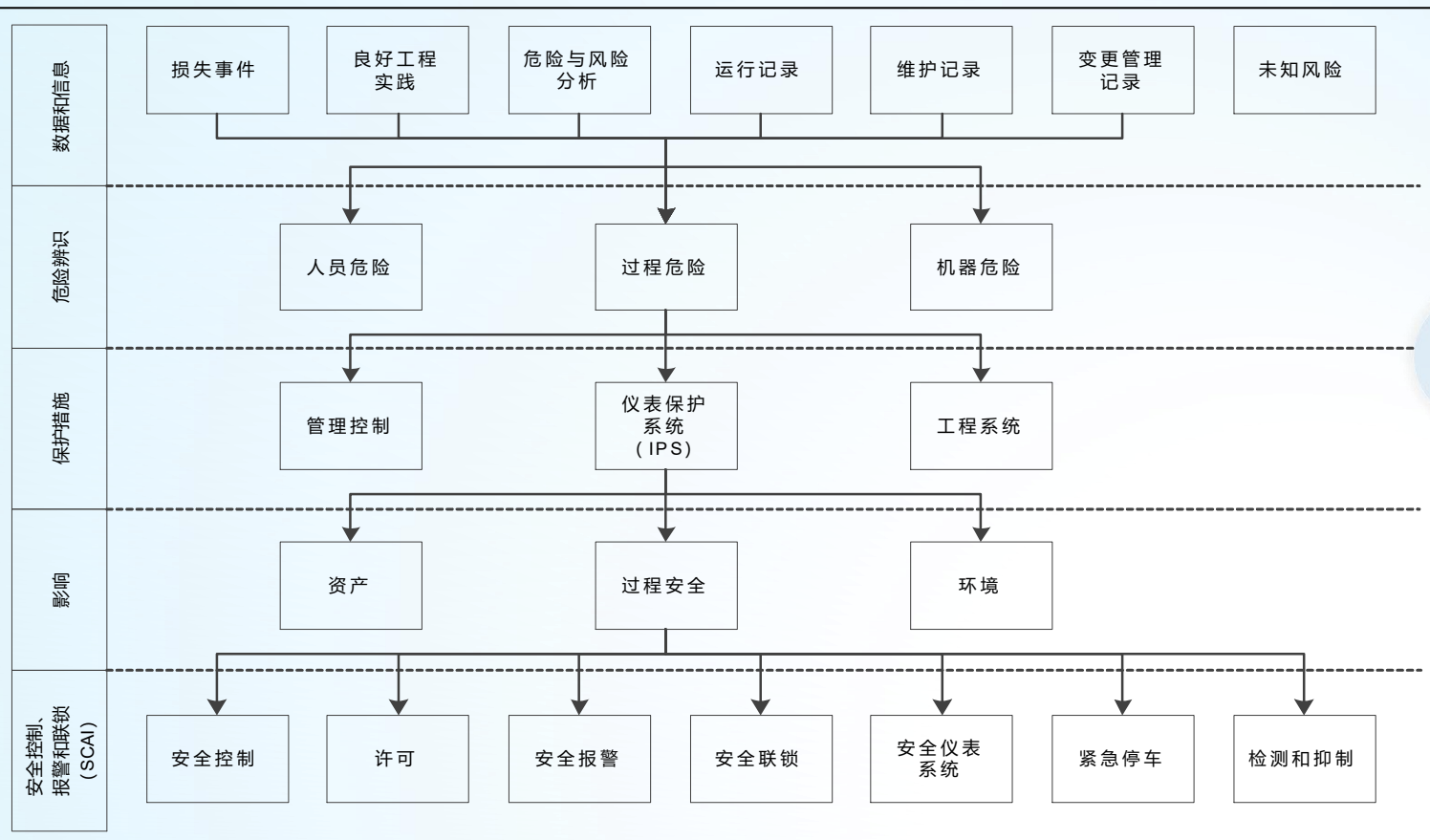
安全控制、报警和联锁与过程危险分析(PHA)
的关系



三、如何识别或确定安全仪表

如何识别或确定

《化工过程安全自动化应用指南》
SCAI分类





三、如何识别或确定安全仪表

安全仪表几点重要说明

1.安全仪表≠安全仪表系统 (SIS)

2.SIS属于安全仪表的范畴

3.危险与风险评估识别出的仪表类过程安全保护措施（包括SCAI, SIS/SIF）

两大类：

- 按照IEC61511(GB/T21109)标准设计和管理：SIS/SIF（SIF独立保护层）

- 不符合IEC61511(GB/T21109)标准：BPCS IPL（BPCS独立保护层）

BPCS和SIS风险降低能力不同 (BPCS IPL≤10倍；SIS/SIF可达10-10000倍的风险降低)

4.化工企业生产装置常用的两大控制系统

- 基本过程控制系统 (BPCS)：用于维持正常生产过程所使用的控制系统

- 安全仪表系统 (SIS)：执行安全仪表功能 (SIF) 的系统（过程安全动作）

5.安全仪表重点和难点：安全仪表系统（本要素专门对全生命周期4阶段提出管理要求）

»»» 04 | 管理要求



四、管理要求

管理要求

4.11.1 基本要求

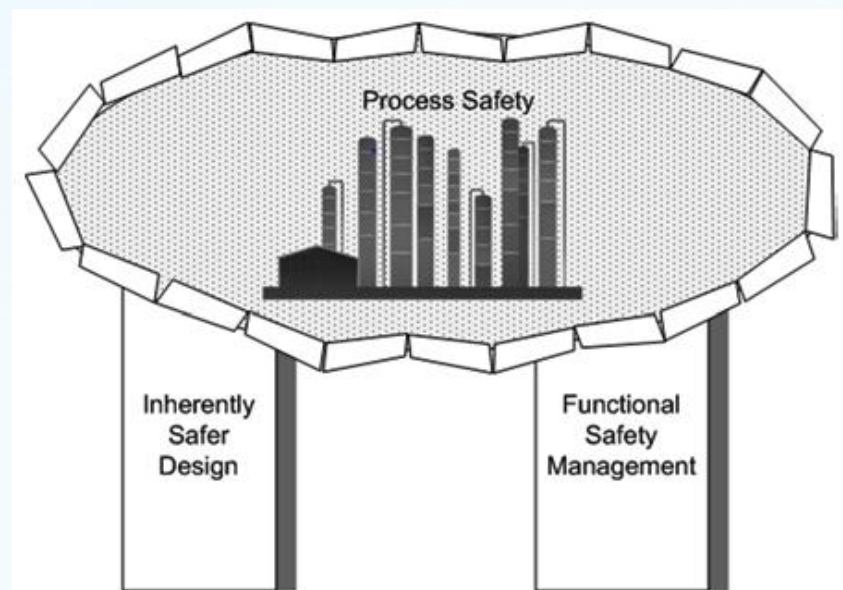
安全仪表普遍遵循

4.11.2 安全仪表系统(SIS)管理

全生命周期管理

4.11.3 其他安全仪表管理

- 安全控制
- 安全报警
- 气体检测保护系统





四、管理要求

基本要求

- a) 企业应基于危害辨识和风险评估确定安全仪表范围和仪表设备；
- b) 安全仪表相关技术资料应准确完整；
- c) 企业应制定安全仪表相关管理制度和考核指标体系；
- d) 企业应指定专门的责任人员负责相关技术和管理活动，相关人员应具备相应的能力；
- e) 安全仪表应遵循设备完好性管理一般程序；
- f) 应基于相关标准和良好实践，设计、安装、调试、确认、操作、维护安全仪表。

***明确范围；相关资料；管理制度；考核指标；人员能力；标准规范；良好实践；生命周期*



四、管理要求

安全仪表系统(SIS)管理要求

- 风险降低能力弹性大
- 设计与维护管理要求最严谨
- 满足IEC61511(GB/T21109)标准的要求
- 预防过程安全危险事件发生的最后防线 (对于用仪表实现的过程安全保护措施来说)
- 强调全生命周期管理
- 技术+管理 (人员能力是基础)
- 关于加强化工安全仪表系统管理的指导意见 (安监总管三〔2014〕116号)
- 其他安全仪表维护管理可以参照SIS维护管理



四、管理要求

SIS管理-安全生命周期

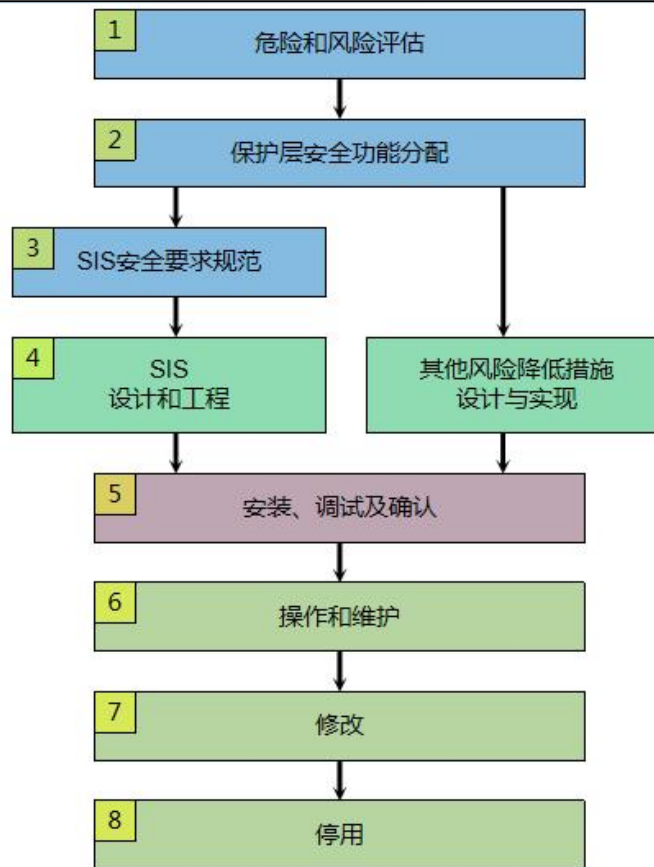
■各阶段要求

■本要素按4大阶段提要求

- ◆4.11.2.1分析阶段
- ◆4.11.2.2设计阶段
- ◆4.11.2.3安装调试确认
- ◆4.11.2.4操作和维护

10
功能安全管理
功能安全评估和审核

11
安全生命周期规划和计划编制



9
验证

分析阶段

设计阶段

安装调试确认

操作和维护



四、管理要求

SIS管理-安全生命周期

| 安全生命周期阶段或活动 | | 目标 | IEC 61511-1的要求章节或小节 | 输入 | 输出 | 职责 |
|-------------|-----------|--|---------------------|------------------------------------|--|-------|
| 方框号 | 主题 | | | | | |
| 1 | 危险和风险评估 | 确定过程及相关设备的危险和危险事件、导致危险事件的事件序列、与危险事件有关的过程风险、风险降低和达到必要风险降低所需的安全功能。 | 8 | 过程设计、布局、人员配备、安全目标 | 危险、所要求安全功能和相关风险降低的描述 | PHA团队 |
| 2 | 保护层安全功能分配 | 将安全功能分配给保护层；确定每个SIF目标SIL。 | 9 | 所需SIF和相关安全完整性要求的描述 | 安全要求分配的描述（见IEC61511-1第9章） | PHA团队 |
| 3 | SIS安全要求规范 | 根据所要求的SIF及其相关的安全完整性，规定SIS的要求，以便实现所要求的功能安全 | 10 | 安全要求分配的描述（见IEC 61511-1第9章） | SIS安全要求；AP安全要求。 | E&I团队 |
| 4 | SIS设计和工程 | 设计SIS以满足SIF和安全完整性的要求。 | 11、12 | SIS安全要求；AP安全要求 | 符合SIS安全要求SIS设计；SIS集成测试计划。 | E&I团队 |
| 5 | 安装、调试和确认 | SIS集成和测试；根据所要求的SIF和安全完整性，确认SIS各方面都满足安全要求。 | 14、15 | SIS设计；SIS集成测试计划；SIS安全要求；SIS安全确认计划。 | SIS功能完全符合安全要求 SIS集成测试的结果； 安装、调试和确认活动的结果。 | 建设 |
| 6 | 操作和维护 | 确保操作和维护期间保持SIS的功能安全 | 16 | SIS安全要求；SIS设计；SIS操作和维护计划。 | 操作和维护活动的结果 | 运行 |
| 7 | 变更 | 确保修正、完善或改进SIS时确保实现并维持所要求的SIL。 | 17 | 修改的SIS安全要求 | SIS修改结果 | 运行 |
| 8 | 停用 | 确保进行适当的审核和部门组织，并保证SIF维持在合适的状态。 | 18 | 竣工安全要求和过程信息 | 停用的SIF | 运行 |
| 9 | 验证 | 测试和评估给定阶段的输出，确保其对于该阶段产品和标准输入的正确性和一致性。 | 7、12.5 | 每个阶段SIS的验证计划 | 每个阶段SIS的验证结果 | 运行 |
| 10 | 功能安全评估 | 调查SIS达到的功能安全并做出判断 | 5 | SIS的FSA计划；SIS安全要求。 | FSA结果 | 运行 |

注：职责仅为示例



四、管理要求

SIS管理（难点和问题）

分析阶段

1. HAZOP/LOPA/SIL分析质量
2. 安全要求技术文件（安全要求规格书SRS）

设计阶段

1. 设备选用不够严肃；
2. 冗余容错结构随意；

安装调试确认阶段

1. 联合确认效果？（没有计划和规程，随意）

操作和维护阶段

本阶段强调的7点是重点也是难点和问题



四、管理要求

SIS管理（难点和问题）

4.11.2.4 强调的7点：

- a) 依据计划和规程定期检查、测试和维护；（有没有，做不做，合适?）
- b) 在允许的恢复时限内及时处置设备故障和缺陷，运行期间应使用制定好的补偿措施管控风险；（允许的恢复时限MPRT? 补偿措施有没有）
- c) 按照符合安全完整性要求的检验测试周期，对安全仪表功能进行定期全面检验、测试，并详细记录测试经过和结果；（检验测试周期Ti有没有，实施? 记录?）
- d) 加强安全仪表系统相关设备故障管理（包括设备失效、联锁动作、误动作情况等）和分析处理，逐步建立相关设备失效数据库；（故障管理系统? 失效数据利用，SIL评估复审）
- e) 规范安全仪表系统相关设备选用，建立安全仪表设备准入和评审制度，并根据应用和设备失效情况不断修订完善；（安全仪表设备清单?）
- f) 制定安全仪表系统变更审批制度并严格执行；（执行? 风险分析&补偿措施，北海LNG事故）
- g) 定期开展安全仪表系统评估，跟踪评估报告中的改进建议，逐项制定措施，确保达到应有的安全性能。（定期评估?）



四、管理要求

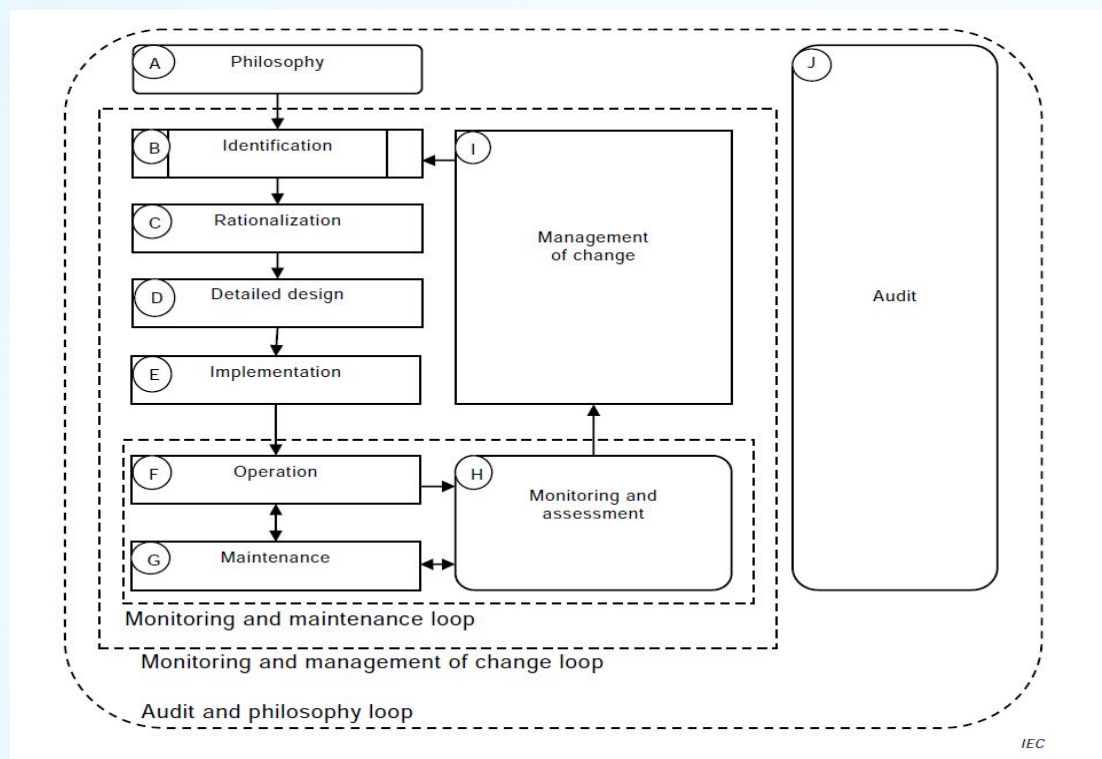
其他安全仪表管理

4.11.3.1 企业应制定过程报警管理制度并严格执行，安全报警功能可参照安全仪表功能进行管理和维护。
过程报警管理制度制定可依据：

■ GB/T41261-2022 (IEC62682) 《过程工业报警系统管理》

■ 报警管理生命周期

- A.报警原则
- B.报警识别或确定
- C.合理化
- D.详细设计
- E.实施
- F.操作
- G.维护
- H.监测和评估
- I.变更管理
- J.审核



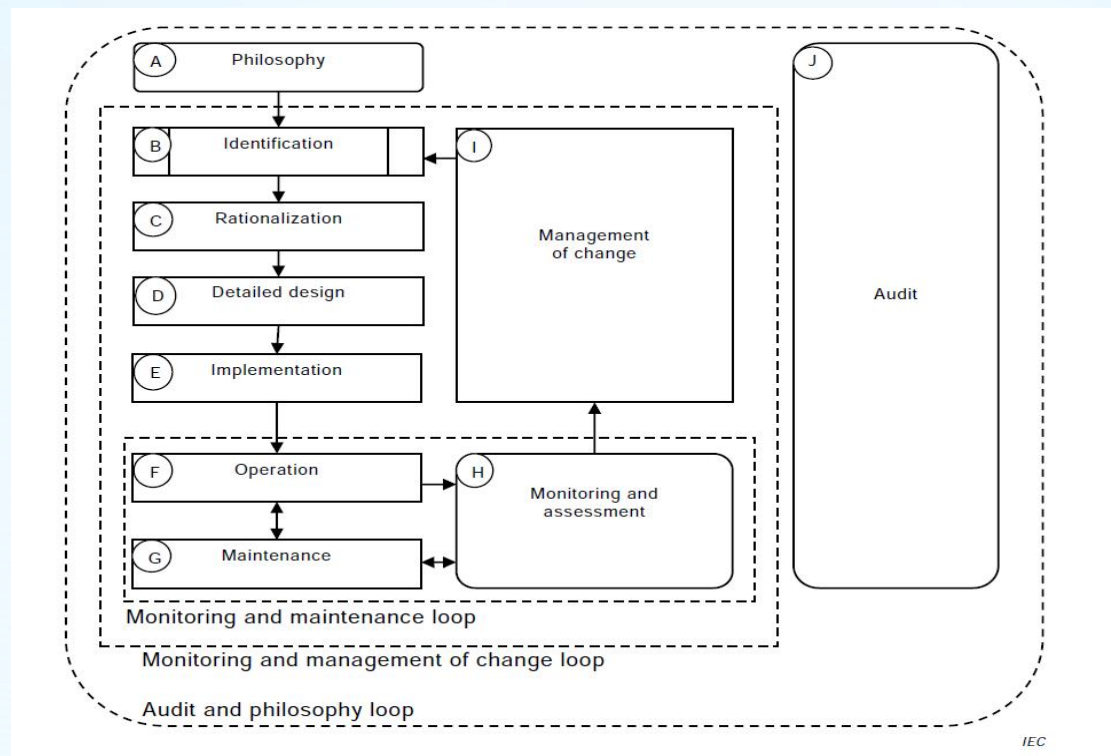


四、管理要求

其他安全仪表管理

安全报警

- 过程安全至关重要的报警
- 过程安全保护措施
- 高优先级报警
- BPCS安全报警
- SIS安全报警
- 风险降低能力
- 过程安全时间
- 响应规程/人员培训/变更管理
- 可参照SIF进行管理和维护



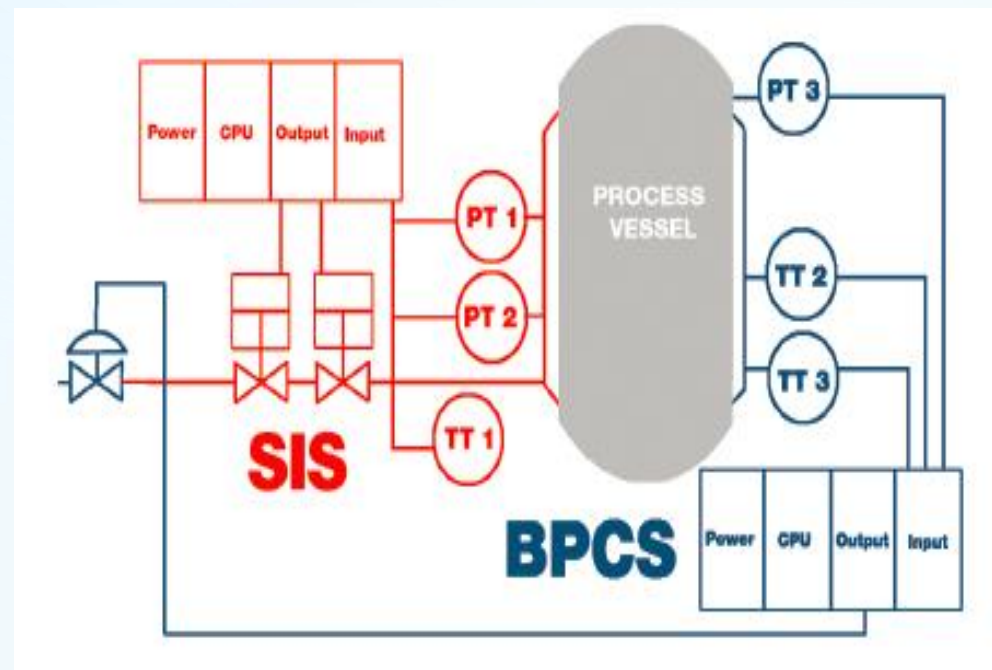


四、管理要求

其他安全仪表管理

4.11.3.2 企业应加强基本过程控制系统的维护和管理，安全控制回路可参照安全仪表功能进行管理和维护，并保证自动控制的投用率。

- 安全控制回路
- 安全联锁
- BPCS IPL (过程安全)
- 识别和记录
- 风险降低能力
- “自动”
- 可参照SIF进行管理和维护





四、管理要求

其他安全仪表管理

4.11.3.3 企业应严格按照相关标准设计和设置有毒有害和可燃气体检测保护系统，并按照标准规范和行业实践定期进行检验、测试。

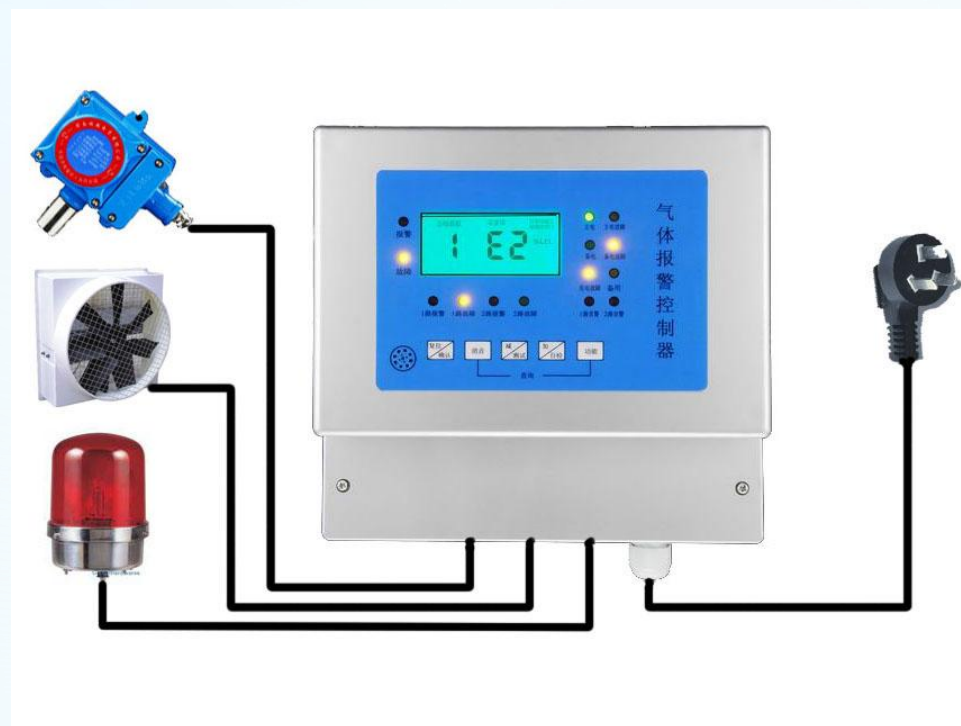
■有毒有害和可燃气体检测保护系统相关

- GDS (Gas Detection System: 气体检测报警系统)
- F&G (Fire&Gas) 系统
- 安全监测系统

■重点和难点

- 独立性认识
- 探测器布置
- 检测覆盖率
- 检测保护系统有效性

■相关国家标准





四、管理要求

其他安全仪表管理

◆目前化工行业普遍接受和采用的国家标准

GB/T50493-2019 《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准》

- 基于工程经验
- 简单易行
- 独立性更加明确
- 没有检测覆盖率（有效性）的评估
- 探测器设置过度或不足
- 没有系统有效性的评估
- GB/T50493-2019版4.1.1关于检测点布局条文说明中特别提到布点效果和评价问题，但在标准中没作详细规定。

检测点的布置,需结合泄漏发生后泄漏气体(蒸气)的现场气云扩散特性,考虑检测点的安排,为了确保现场出现泄漏事故时的及时检测报警,检测点的布置要考虑在不同泄漏场景下,目标探测器在各种潜在泄漏场所的泄漏源的分布。

实际工作中,设计人员需要按项目合同要求开展项目可燃气体和有毒气体检测报警器的布点设计效果的评价。结合现场气体扩散模拟计算结果,依据探测器选型、测量范围、探测器数量、安装位置和角度、系统的校验要求等设计参数开展,验证设计工作是否符合项目合同要求。关于这项评价工作,本标准不做详细规定,可参见 *Guidance on the Evaluation of Fire and Gas System Effectiveness* (火气系统有效性的评价指南) (ISA-TR 84.00.07—



四、管理要求

其他安全仪表管理

◆最近发布的国家标准

GB/T39173-2020 《智能工厂 安全监测有效性评估方法》

GB/T41253-2022 《过程工业安全监测系统有效性评估规范》

- 危险和风险分析
- 基于性能的标准
- 探测器布置更加合理
- 定量&复杂
- 可以评估安全监测有效性和FGS系统有效性
- 对标ISA TR84.00.07-2010

《Guidance on the Evaluation of Fire, Combustible Gas, and Toxic Gas System Effectiveness》

即GB/T50493-2019中4.1.1条文说明提到的标准

- 有条件企业先行先试

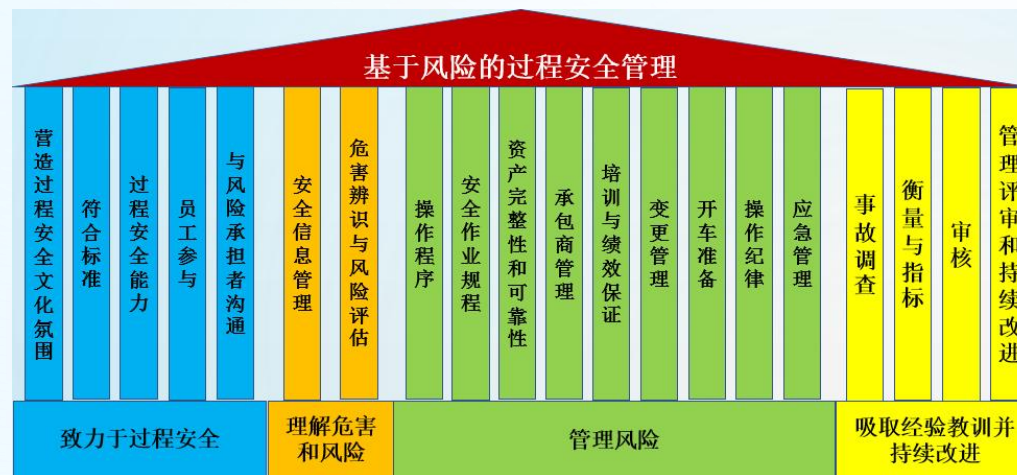
| | FGS Detector Coverage | FGS Safety Availability | FGS Mitigation Effectiveness | Relative Likelihood | Outcome |
|---------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------------|---------------------|-------------|
| | | Yes | 0.90 | 0.70 | Mitigated |
| | Yes | 0.97 | | | |
| | 0.8 | | 0.10 | 0.08 | Unmitigated |
| Design Basis Hazard | | No | | | |
| 1.0 | | 0.03 | | 0.02 | Unmitigated |
| | No | | | | |
| | 0.2 | | | 0.20 | Unmitigated |
| | | | FGS Effectiveness | 0.70 | |

系统有效性 = 探测器覆盖率 × 安全可用性 × 减缓有效性

要素小结

- 清楚安全仪表概念和范围
- 熟悉如何识别或确定安全仪表
- 识别适用的法规标准和良好工程实践
- 制定管理制度、内部规范、维护计划和规程
- 严格执行既定技术和管理活动
- 监控、评估、审核，持续提升
- 文档化

*注意：不同规模&不同层次不同策略；其他要素关系





谢谢!

<http://www.chemicalsafety.org.cn>

