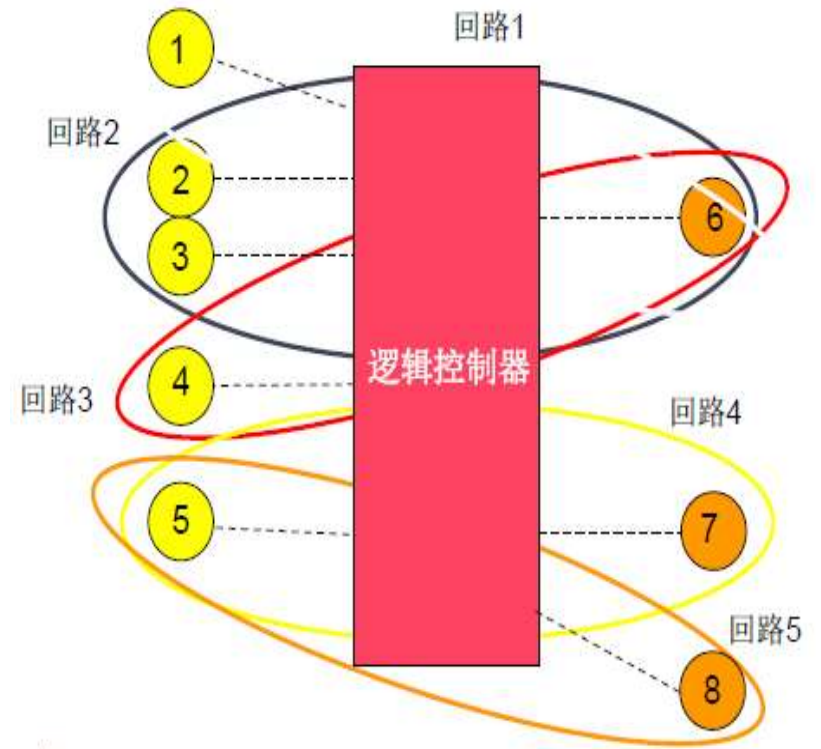


SIL 验算介绍

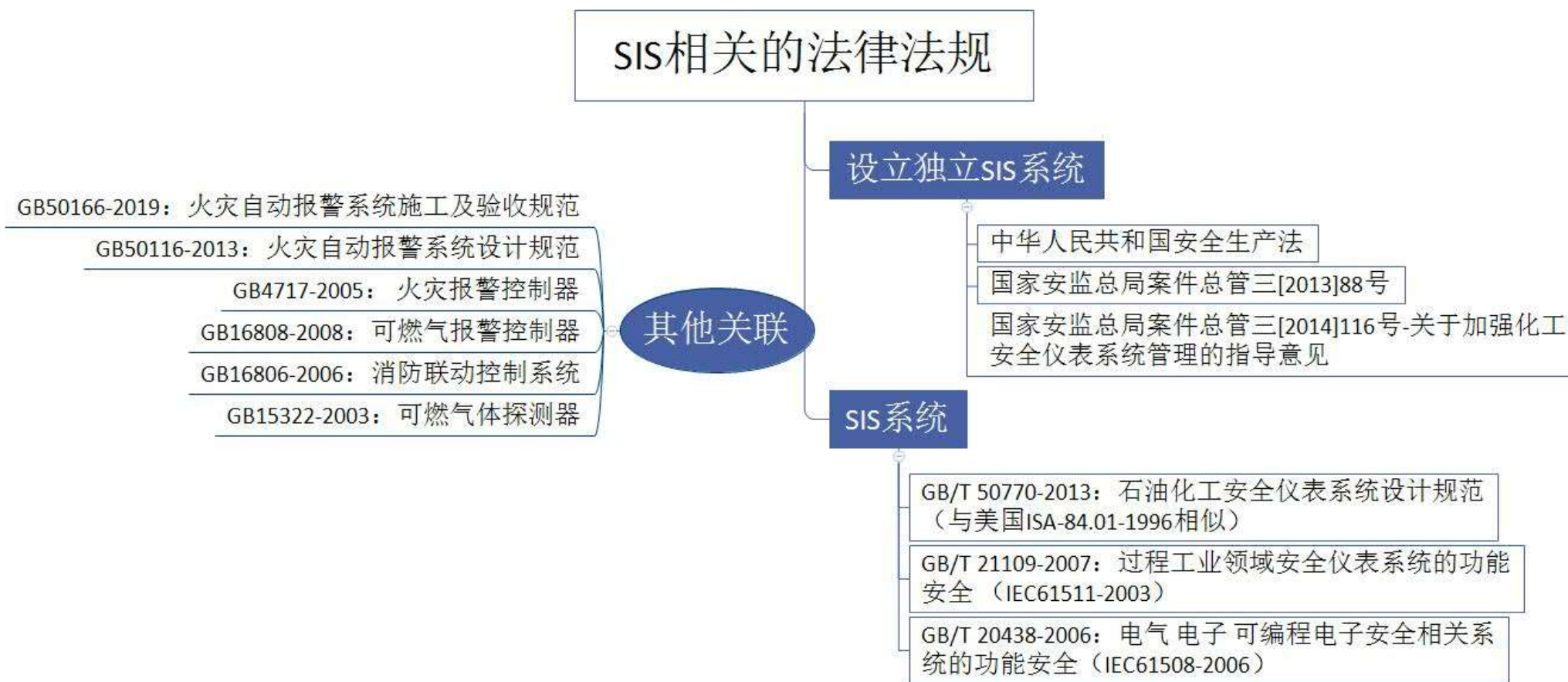
—— 专业/卓越/高效 ——

- 相应法律法规
- 一些基本概念
- 验算工具
- 验算报告的主要内容
- 常见问题



相应法律法规

➤ 法律法规标准

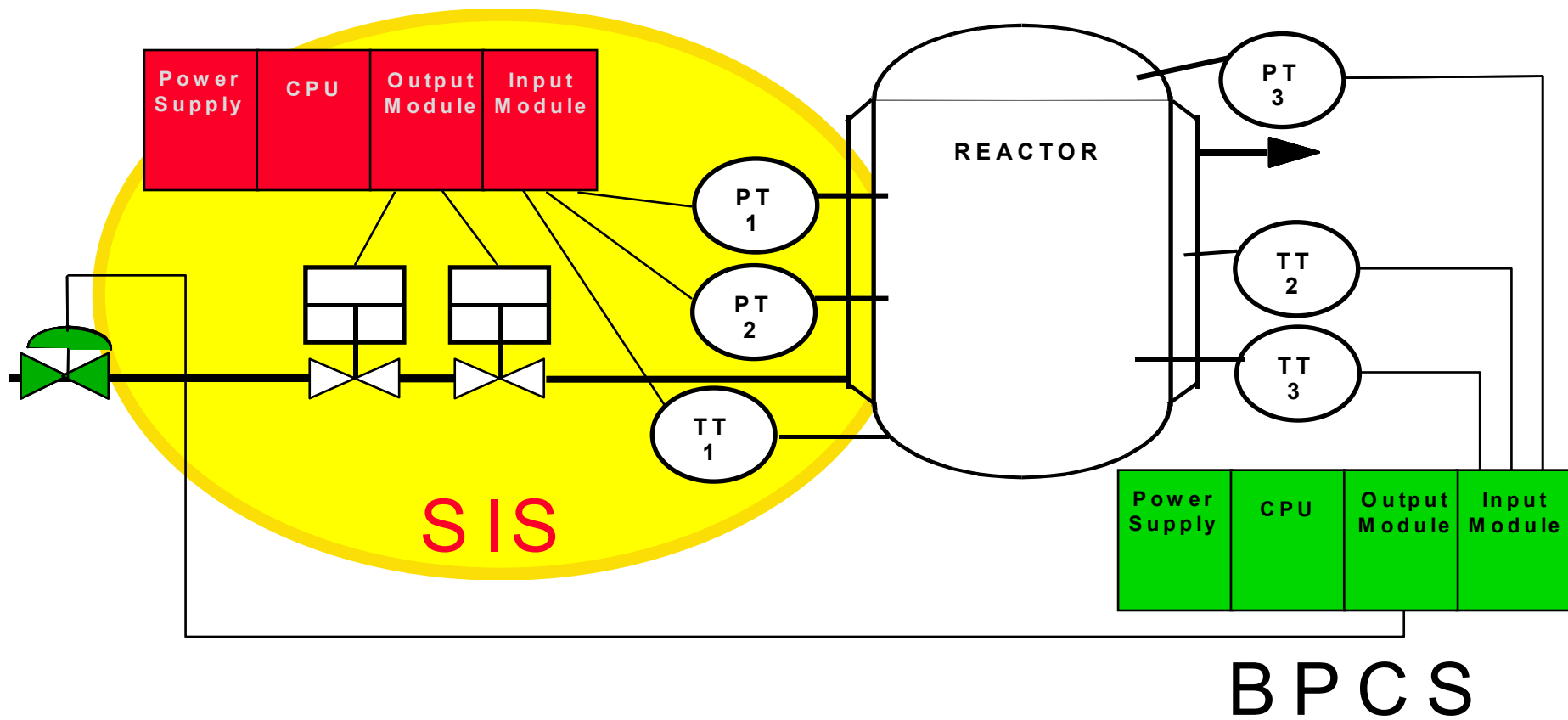


相应法律法规

- 国家安监总局案件总管三[2014]116号文要求：关于安装SIS系统
 - 新项目：2016，2018，2020三个阶段，对“两重点一重大”有要求
 - 老项目：“两重点一重大”要进行评估，2019年底完成
 - 对于两重点，一重大是否要上独立的SIS系统，参考40号令，2013年3号文，2013年12文
- 2013年安监总局3号文要求为：
 - 化工企业要根据第二批重点监管危险化工工艺目录及其重点监控参数、安全控制基本要求和推荐的控制方案要求,对照本企业采用的危险化工工艺及其特点，确定重点监控的工艺参数，装备和完善自动控制系统，大型和高度危险的化工装置要按照推荐的控制方案装备安全仪表系统(紧急停车或安全连锁)
 - 目前实际执行凡是18类重点工艺，都要安装独立的SIS系统
- 重点监管化学品的SIS要求，2013年安监总局12号文要求为：
 - 生产、储存、使用重点监管的危险化学品的企业，应当积极开展涉及重点监管危险化学品的生产、储存设施自动化监控系统改造提升工作，高度危险和大型装置要依法装备安全仪表系统(紧急停车或安全连锁)，并确保于2014年底前完成。
 - 实际执行，需要进行HAZOP分析，SIL定级，只有含SIL1以上的安全连锁才要进SIS



SIS与BPCS的区别



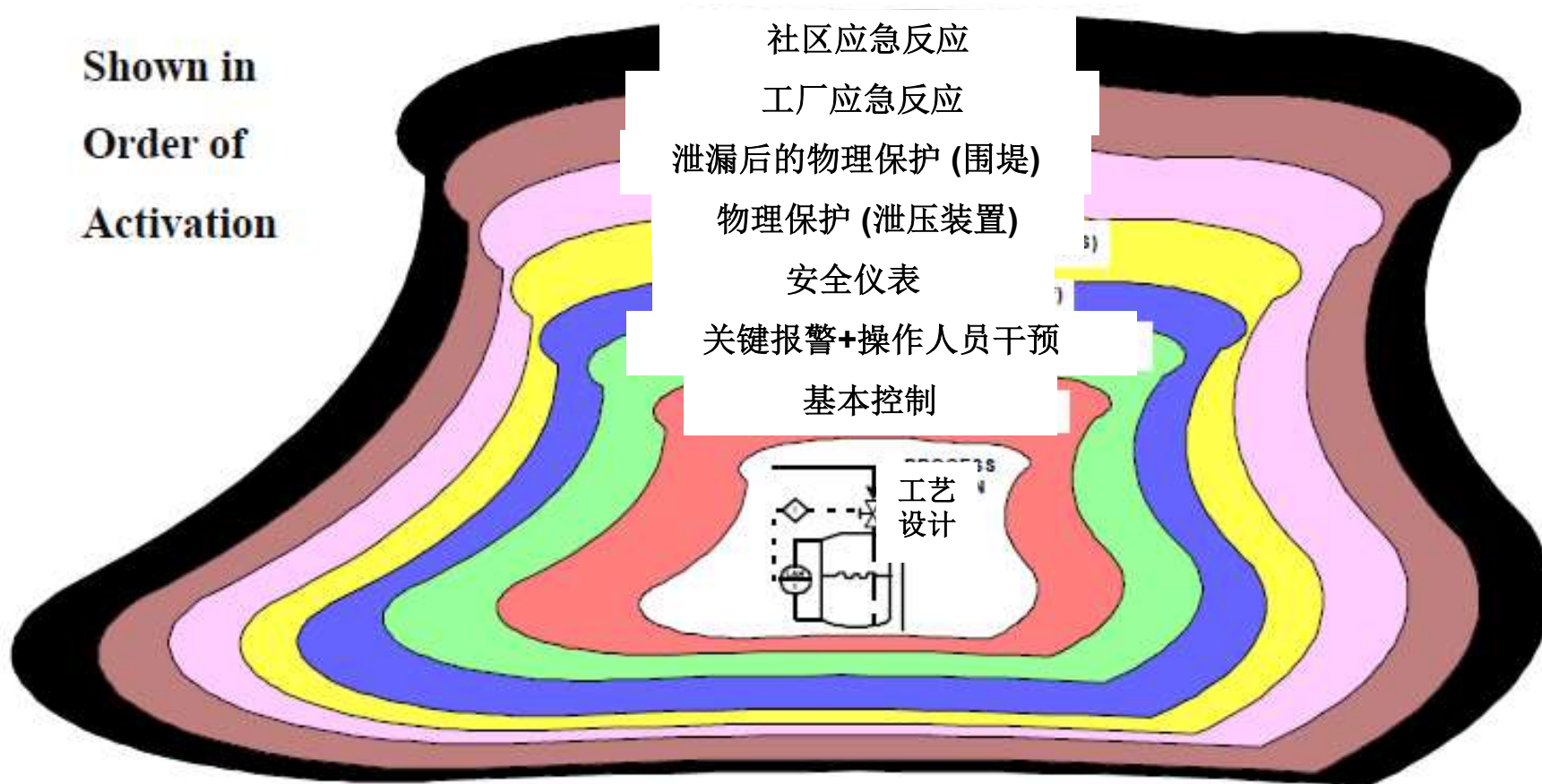
➤ 为什么要验算？

The bubble diagrams were then utilized to develop a fault tree for each SIF, using commercially available software. The output of the fault tree analysis software documents the SIF PFD_{avg} (see Figures F.5, F.7, and F.9). At this point, the calculated PFD_{avg} was compared to the required PFD_{avg} (see Table F.9, column 10); where the calculated PFD_{avg} failed to meet Table 7 requirements, the conceptual design was altered accordingly.

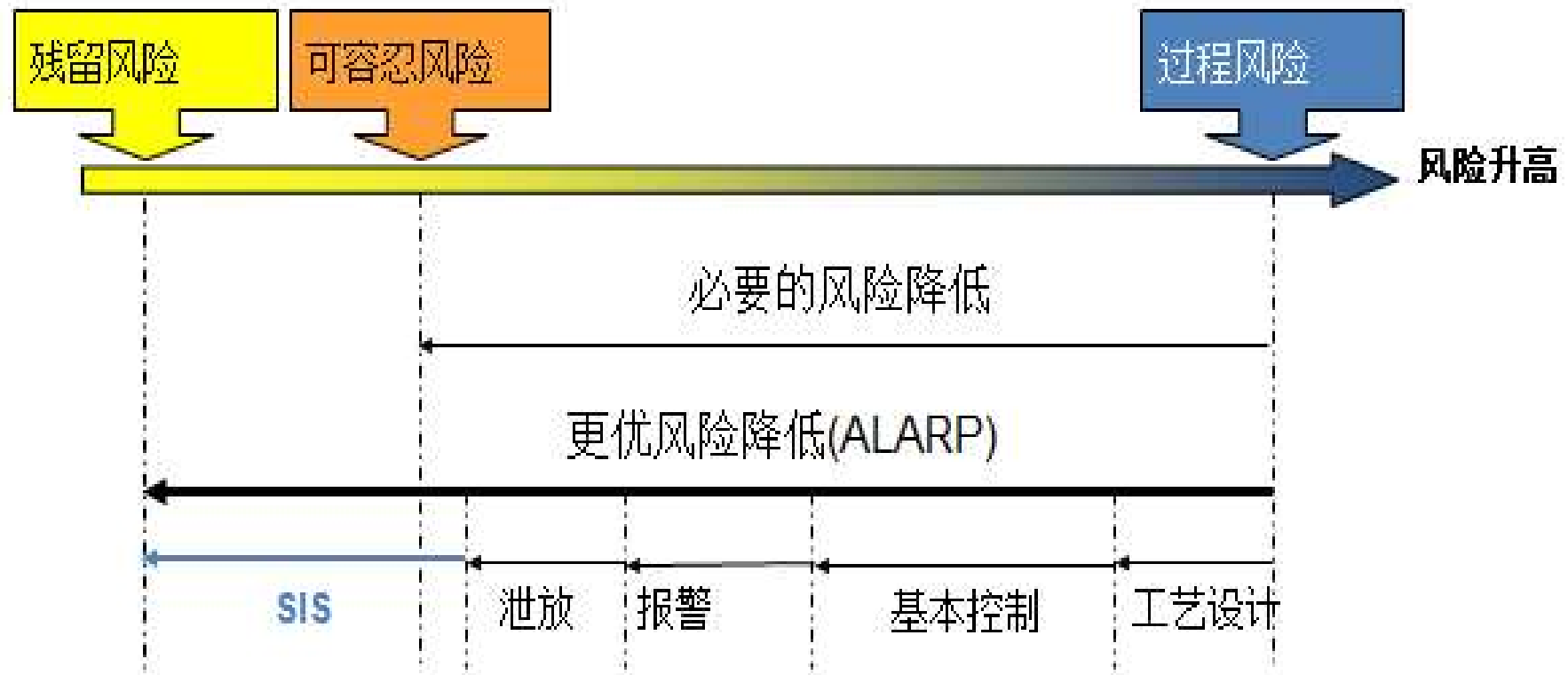
【1】 IEC 61511-2:2016 Annex F F.15

SIS与其他保护的区别

Shown in
Order of
Activation



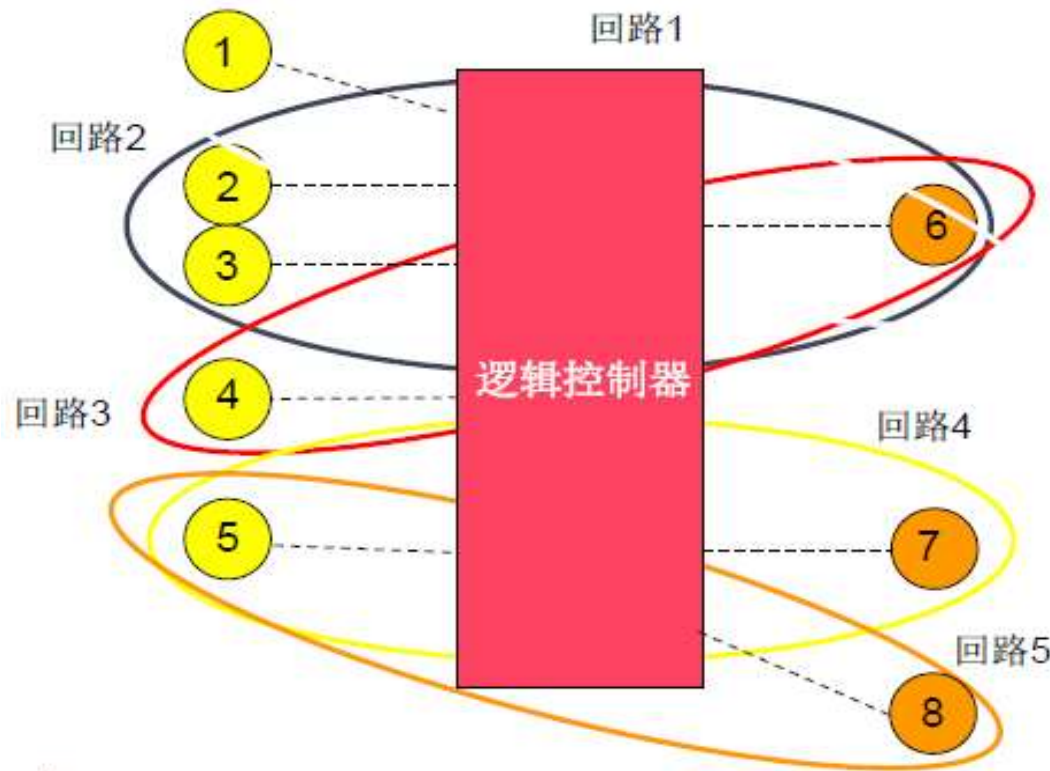
SIS与其他保护的区别



基本概念

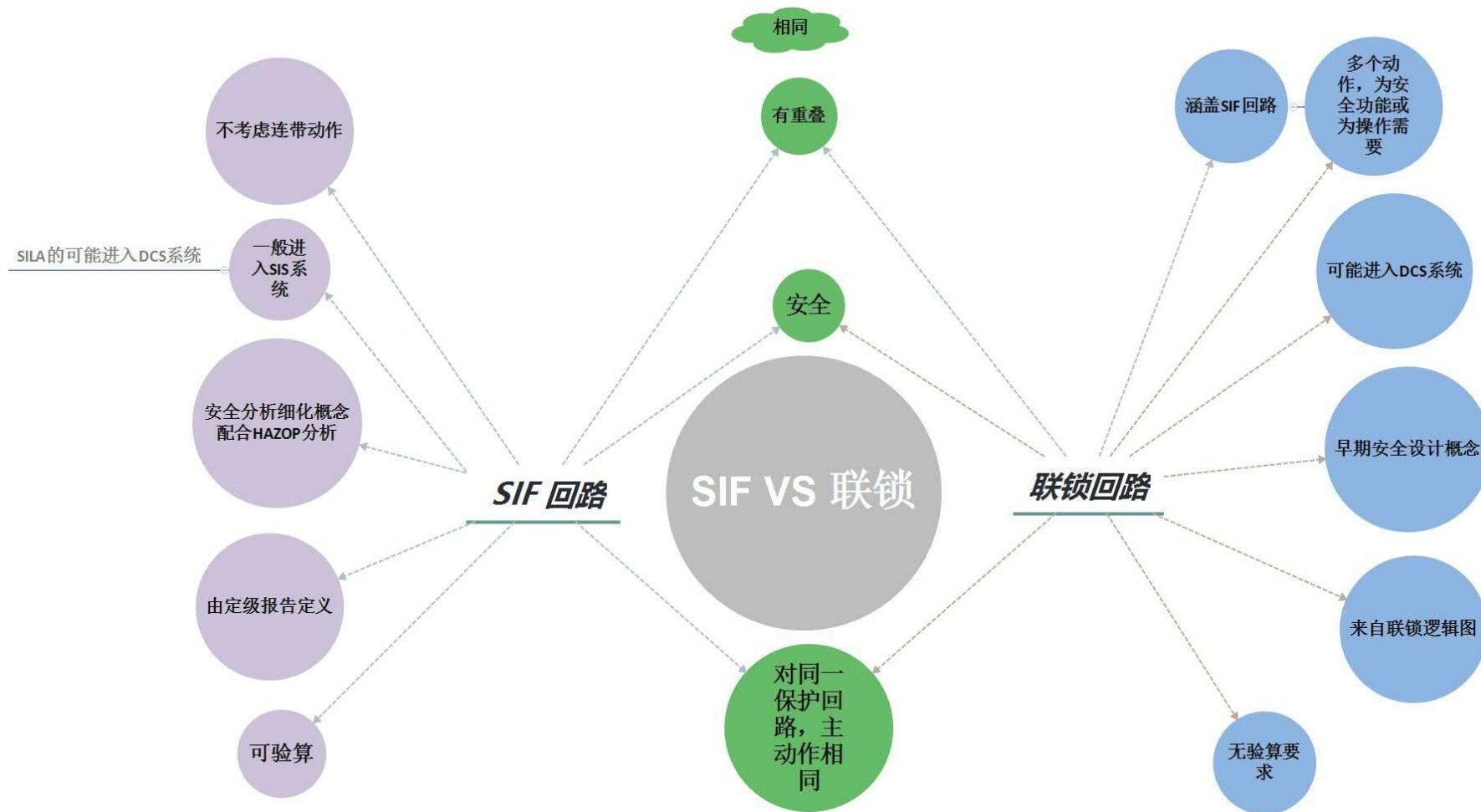
➤ SIF回路 (Safety Instrumented Function)

- 一个能完成一个安全功能的系统
- 约定俗成的概念
- 脱胎于联锁回路但不等同于联锁回路



- ✓ 多个回路构成SIS;
- ✓ 一个联锁回路中, 执行安全功能的回路为SIF, 且具有一定安全完整性定级(SIL)

➤ SIF回路辨识



基本概念

➤ SIF回路辨识

- 例:

- 此时的SIF回路验算只计算SIF描述相关的动作，而不是包括整个联锁回路动作

SIF 编号	SIF 名称	SIF 测量仪表位号	联锁描述	SIF 描述
SIF01	R3101 聚合釜上 TZIAS- 31401/31404(1oo2) 温度高高联锁	TZIAS-31401 TZIAS-31404	1、关闭环氧化合物进料 切断阀 HS-30904、HS- 30905 2、关闭蒸汽管线上电磁 阀 TZSV-31401A; 3、打开内盘管冷却水出 水控制阀 TZSV- 31401B;	1、关闭环氧化合物进 料切断阀 HS-30904、 HS-30905; 2、打开内盘管冷却水 出水控制阀 TZSV- 31401B;

➤ 失效率?

Failure Rate, λ

- $\lambda = n/t$, FIT rate per 10^9 hours 单位时间的失效个数
 - 例: $\lambda = 3/(157*5) = 0.0038$ 个/年

➤ 失效概率?

Probability of Failure on Demand, PFD

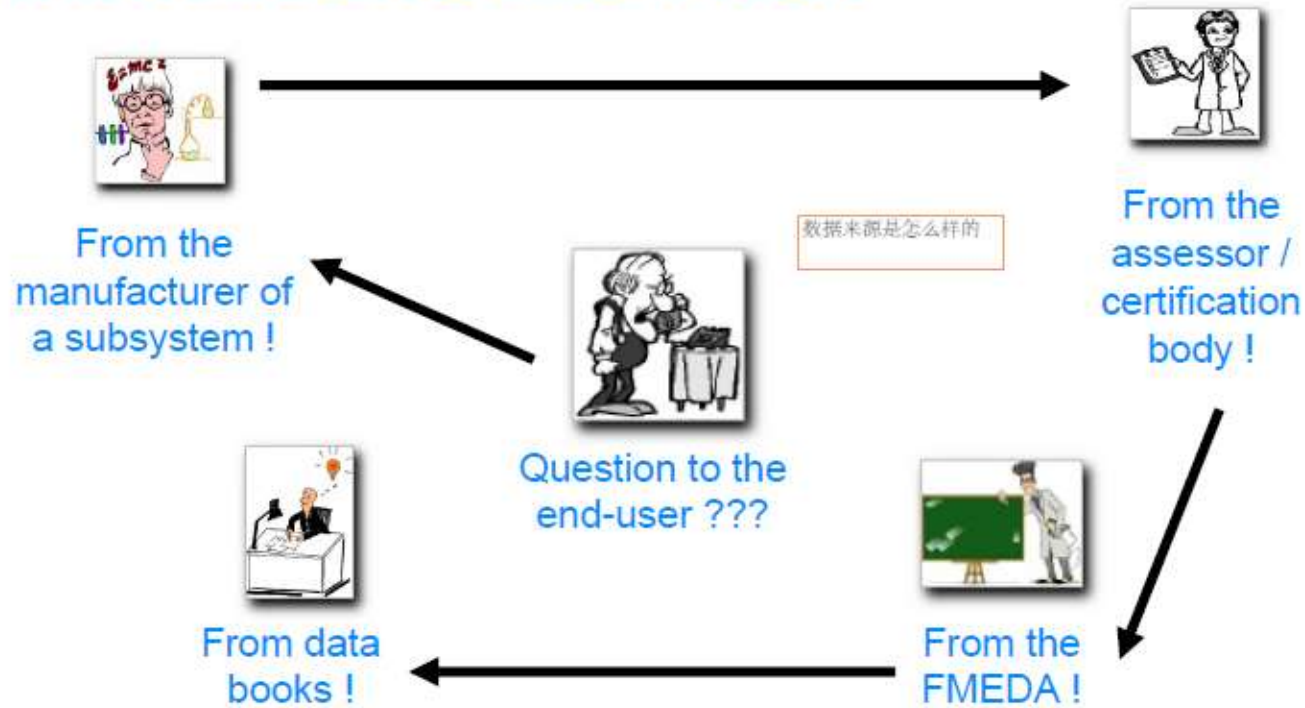
- 全仪表功能在整个运行时间跨度上失效的概率平均值

$$PFD_{SIF} = \frac{\text{目标容许事件频率}}{\text{减轻事件总可能性}}$$

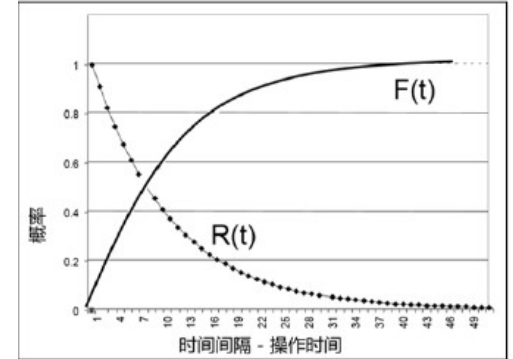
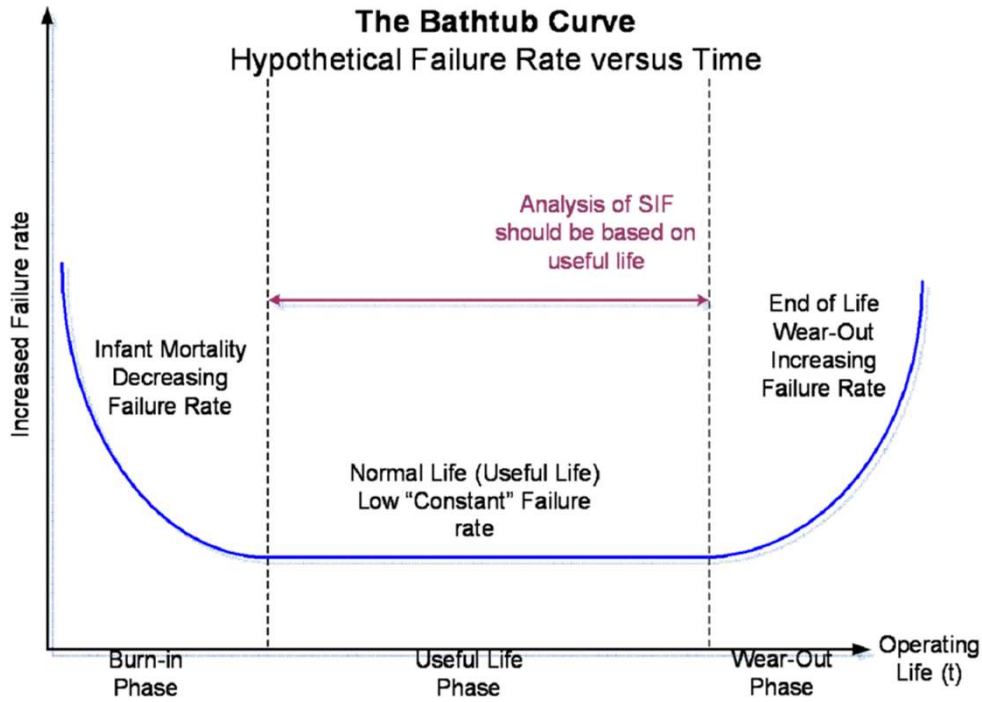
基本概念

➤ 失效率来源 Failure Rate, λ

Where do the lambda values originate?



基本概念



当λ足够小并且为常量时，有下面的近似值(based on Taylor series):

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

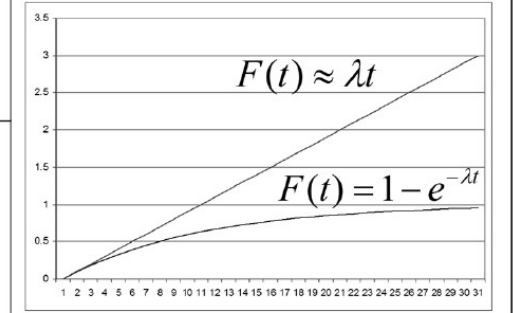
$$e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \frac{x^4}{4!} + \dots$$

$$e^x \approx 1 + x$$

$$e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t$$

$$F(t) \approx \lambda t$$

如果被考虑的时间短且失效率低，则这个近似值可以被认为是正确的。

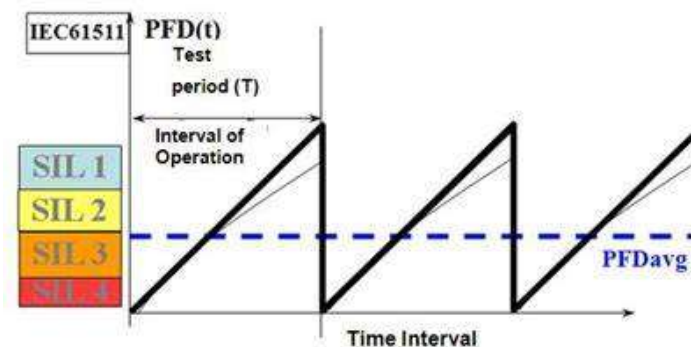
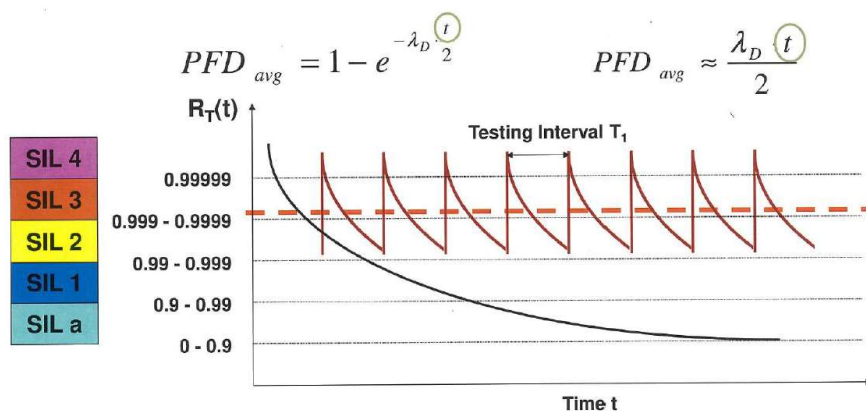


基本概念

➤ 失效概率?

Probability of Failure on Demand, PFD

- 全仪表功能在整个运行时间跨度上失效的概率平均值
- $PFD = 1 - \text{可靠性} R(t)$

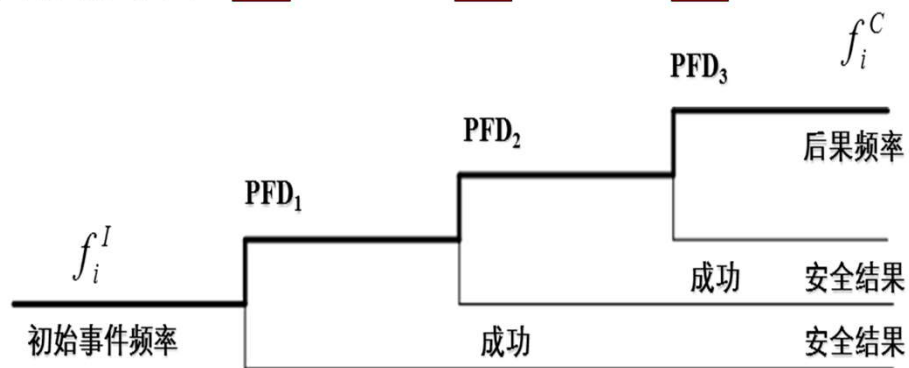
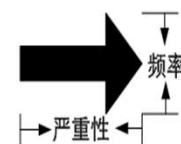
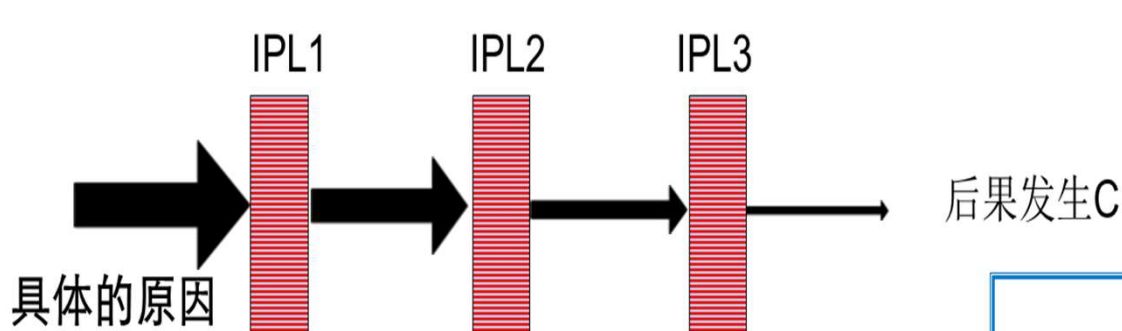


PFD: Probability of failure on Demand

基本概念

➤ SIL 定级-LOPA法的基本原理

$$PFD_{SIF} = \frac{\text{目标容许事件频率}}{\text{减轻事件总可能性}}$$



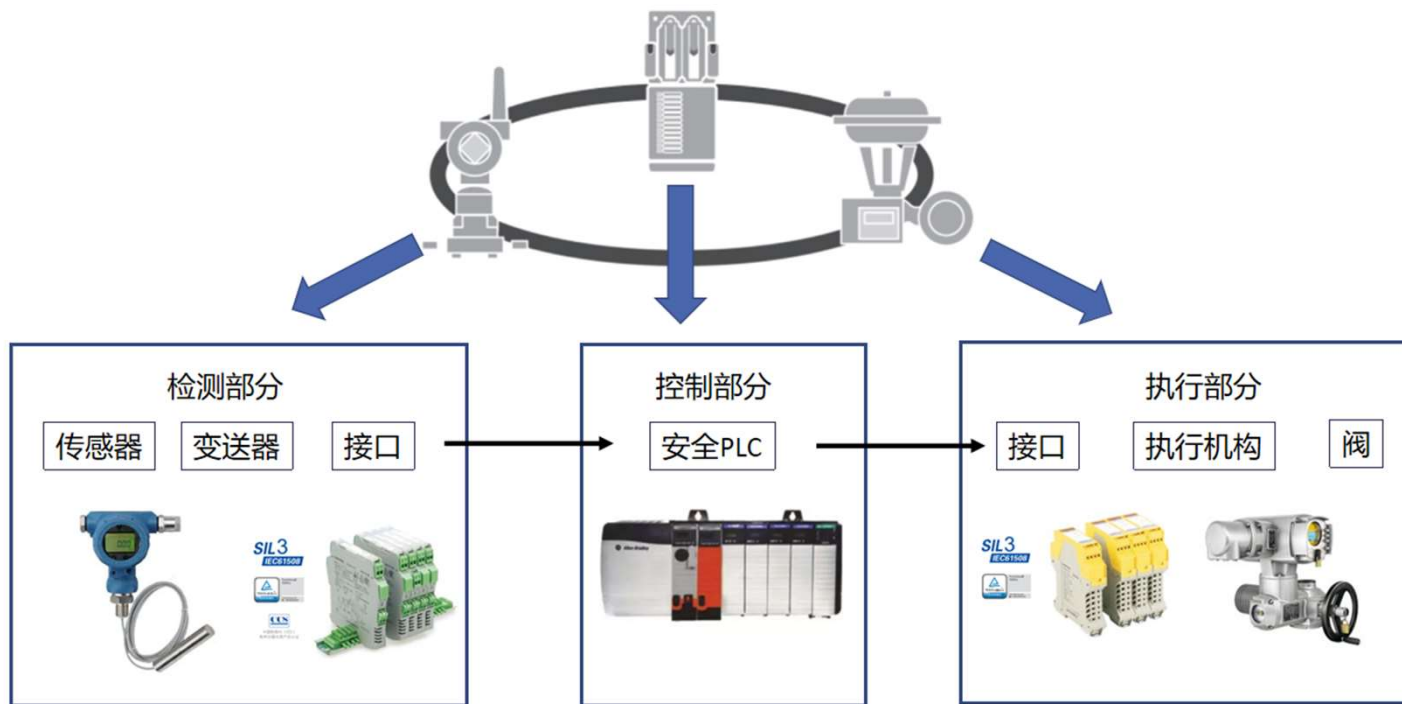
注：
 箭头宽度代表
 后果频率大小，
 长度代表后果严重性
PFD—要求时失效概率

$$f_i^C = f_i \times P_{enable} \times \prod_{j=1}^J PFD_{Ij} \times \prod P_{condition}$$

基本概念

➤ SIF回路平均失效概率 PFD_{avg}

$$PFD_{SIF} = PFD_{\text{Sensor}} + PFD_{\text{Logic solver}} + PFD_{\text{Final element}}$$



➤ 为什么要验算？

- 通过相比较计算出的 PFD_{avg} 和要求的 PFD_{avg} ，来检查是否达到功能完整性要求
- 如果没有达到要求，需要相应的概念设计随之修改【1】

The bubble diagrams were then utilized to develop a fault tree for each SIF, using commercially available software. The output of the fault tree analysis software documents the SIF PFD_{avg} (see Figures F.5, F.7, and F.9). At this point, the calculated PFD_{avg} was compared to the required PFD_{avg} (see Table F.9, column 10); where the calculated PFD_{avg} failed to meet Table 7 requirements, the conceptual design was altered accordingly.

【1】 IEC 61511-2:2016 Annex F F.15

SIL

• 低要求要求操作模式

安全完整性等级	平均要求时失效概率	风险降低因子
4	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$	$> 10,000$ to $\leq 100,000$
3	$\geq 10^{-4}$ to $< 10^{-3}$	> 1000 to $\leq 10,000$
2	$\geq 10^{-3}$ to $< 10^{-2}$	> 100 to ≤ 1000
1	$\geq 10^{-2}$ to $< 10^{-1}$	> 10 to ≤ 100

➤ SIL 定级：

- SIL 定级时间：在项目初步设计结束（P&ID，逻辑图）
- SIL 如何做：在HAZOP分析同时，定出SIL等级
- SIL 定级目的：为SIF回路仪表选型，以及结构提供依据

安全完整性等级	平均要求时失效概率	风险降低因子
4	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$	$> 10,000$ to $\leq 100,000$
3	$\geq 10^{-4}$ to $< 10^{-3}$	> 1000 to $\leq 10,000$
2	$\geq 10^{-3}$ to $< 10^{-2}$	> 100 to ≤ 1000
1	$\geq 10^{-2}$ to $< 10^{-1}$	> 10 to ≤ 100

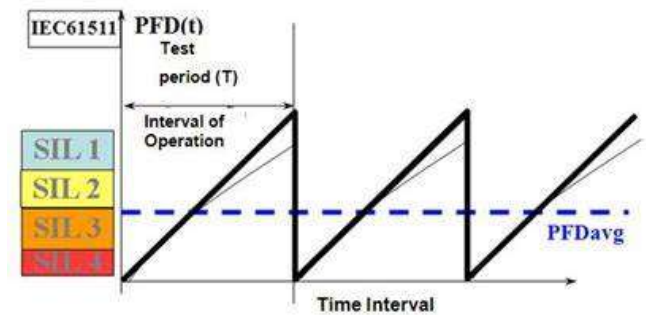
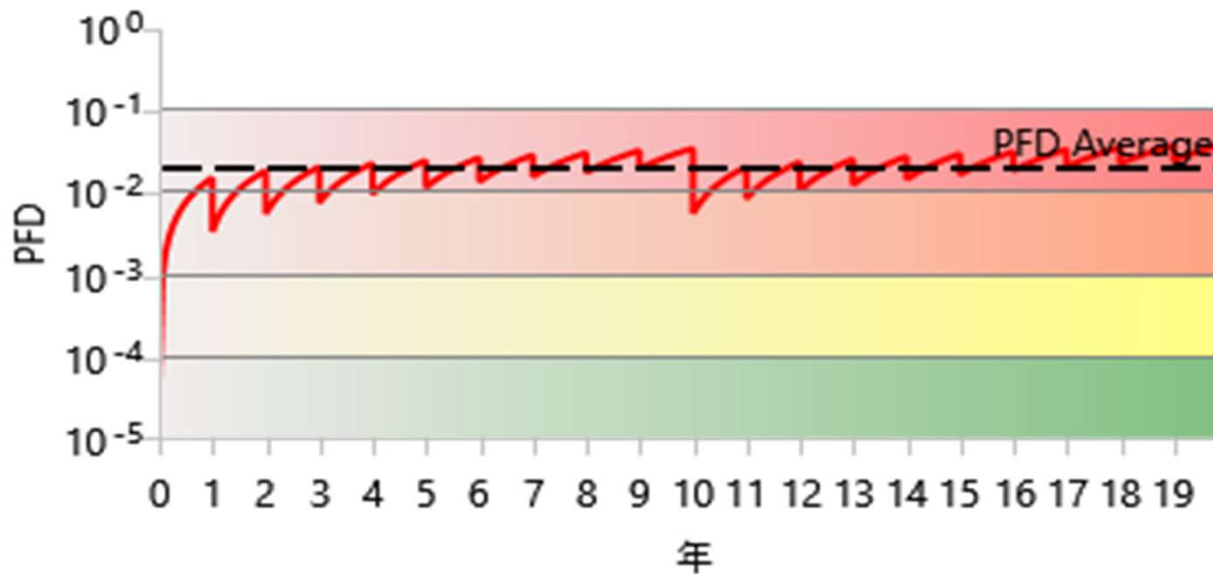
- 什么时候需要验算？
 - HAZOP分析完成
 - LOPA分析完成
 - 出现变化
 - SIF回路结构出现了变更/修改
 - SIF回路单元里面使用了不同型号的替代品
 - 工艺流程变化

基本概念

➤ 失效概率?

Probability of Failure on Demand, PFD

- 全仪表功能在整个运行时间跨度上失效的概率平均值
- $PFD = 1 - \text{可靠性}R(t)$



PFD: Probability of failure on Demand

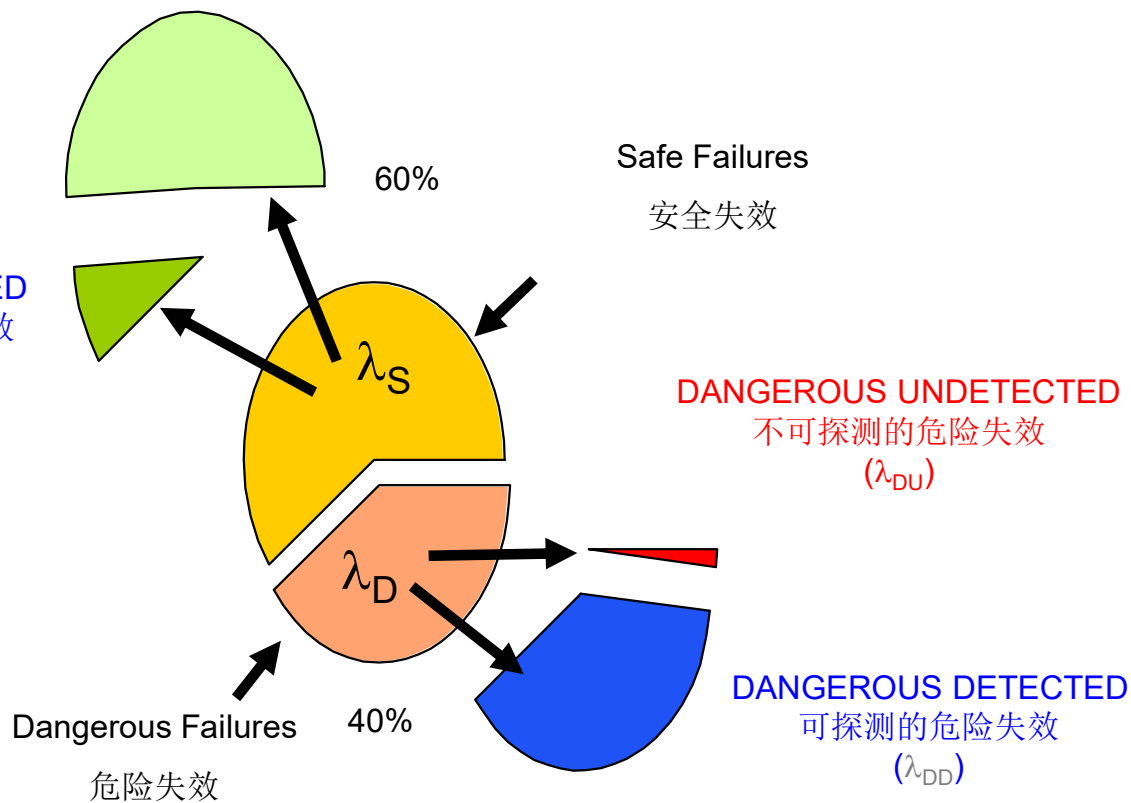
基本概念

SAFE DETECTED
可探测的安全失效
(λ_{SD})

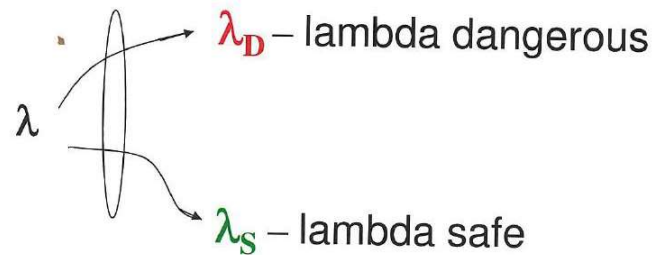
SAFE UNDETECTED
不可探测的安全失效
(λ_{SU})

$$\lambda_S = \lambda_{SD} + \lambda_{SU}$$

$$\lambda_D = \lambda_{DD} + \lambda_{DU}$$

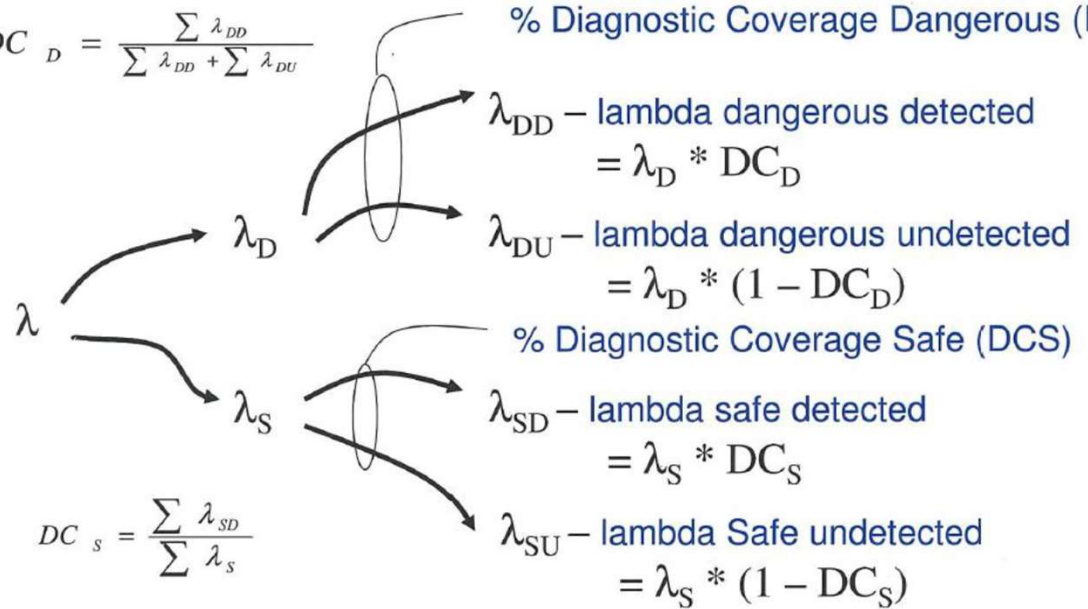


基本概念



$$DC_D = \frac{\sum \lambda_{DD}}{\sum \lambda_{DD} + \sum \lambda_{DU}}$$

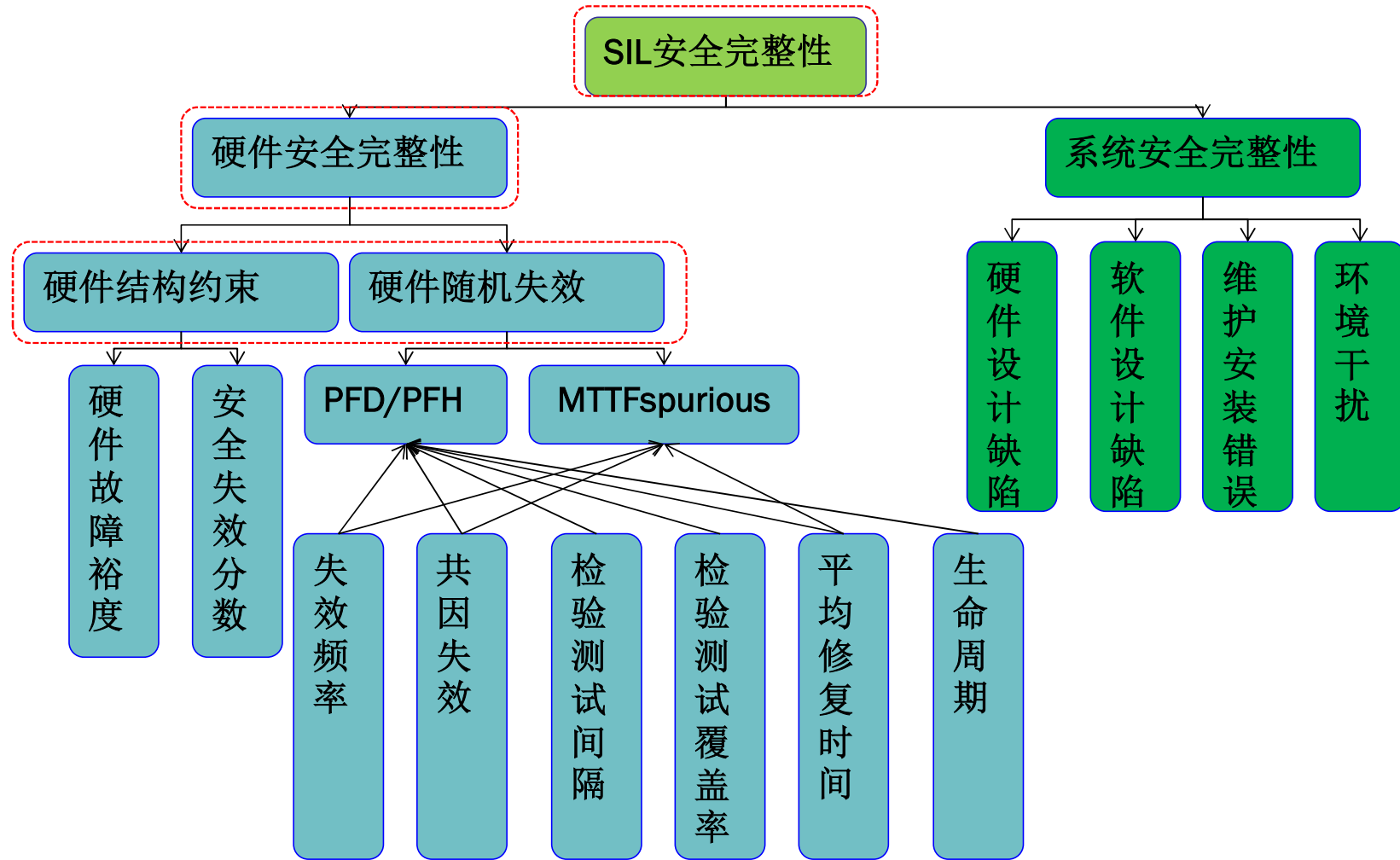
% Diagnostic Coverage Dangerous (DCD)



$$DC_S = \frac{\sum \lambda_{SD}}{\sum \lambda_S}$$

% Diagnostic Coverage Safe (DCS)

SIL完整性



➤ PFD 复杂计算

+

$$1001: PFD_G = (\lambda_{DU} + \lambda_{DD})t_{CE} \quad \text{其中: } t_{CE} = \frac{\lambda_{DU}}{\lambda_D} \left(\frac{T_1}{2} + MRT \right) + \frac{\lambda_{DD}}{\lambda_D} MTTR$$

+

$$1002: PFD_G = 2((1 - \beta_D)\lambda_{DD} + (1 - \beta)\lambda_{DU})^2 t_{CE} t_{GE} + \beta_D \lambda_{DD} MTTR + \beta \lambda_{DU} \left(\frac{T_1}{2} + MRT \right)$$

..... 其中: $t_{GE} = \frac{\lambda_{DU}}{\lambda_D} \left(\frac{T_1}{3} + MRT \right) + \frac{\lambda_{DD}}{\lambda_D} MTTR$

+

$$2002: PFD_G = 2\lambda_D t_{CE}$$

+

$$1003: PFD_G = 6((1 - \beta_D)\lambda_{DD} + (1 - \beta)\lambda_{DU})^3 t_{CE} t_{GE} t_{G2E} + \beta_D \lambda_{DD} MTTR + \beta \lambda_{DU} \left(\frac{T_1}{2} + MRT \right)$$

..... 其中: $t_{G2E} = \frac{\lambda_{DU}}{\lambda_D} \left(\frac{T_1}{4} + MRT \right) + \frac{\lambda_{DD}}{\lambda_D} MTTR$

+

$$2003: PFD_G = 6((1 - \beta_D)\lambda_{DD} + (1 - \beta)\lambda_{DU})^2 t_{CE} t_{GE} + \beta_D \lambda_{DD} MTTR + \beta \lambda_{DU} \left(\frac{T_1}{2} + MRT \right)$$

+

$$2004: PFD_G = 24((1 - \beta_D)\lambda_{DD} + (1 - \beta)\lambda_{DU})^3 t_{CE} t_{GE} t_{G2E} + \beta_D \lambda_{DD} MTTR + \beta \lambda_{DU} \left(\frac{T_1}{2} + MRT \right)$$

+

快速估算PFD

表决	平均要求概率 (PFD _{avg})	误动作率 (STR)
1001	$\lambda_{DU} * T / 2$	λ_S
1002	$\frac{(\lambda_{DU})^2 * T^2}{3}$	$2\lambda_S$
2002	$\lambda_{DU} * T$	$\frac{2\lambda_S^2}{3\lambda_S + 2/T}$
2003	$(\lambda_{DU})^2 * T^2$	$\frac{6\lambda_S^2}{5\lambda_S + 2/T}$

当λ足够小并且为常量时，有下面的近似值(based on Taylor series):

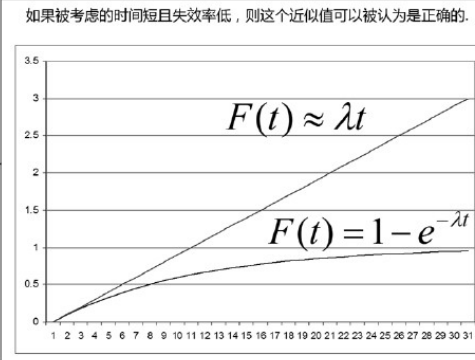
$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \frac{x^4}{4!} + \dots$$

$$e^x \approx 1 + x$$

$$e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t$$

$$F(t) \approx \lambda t$$

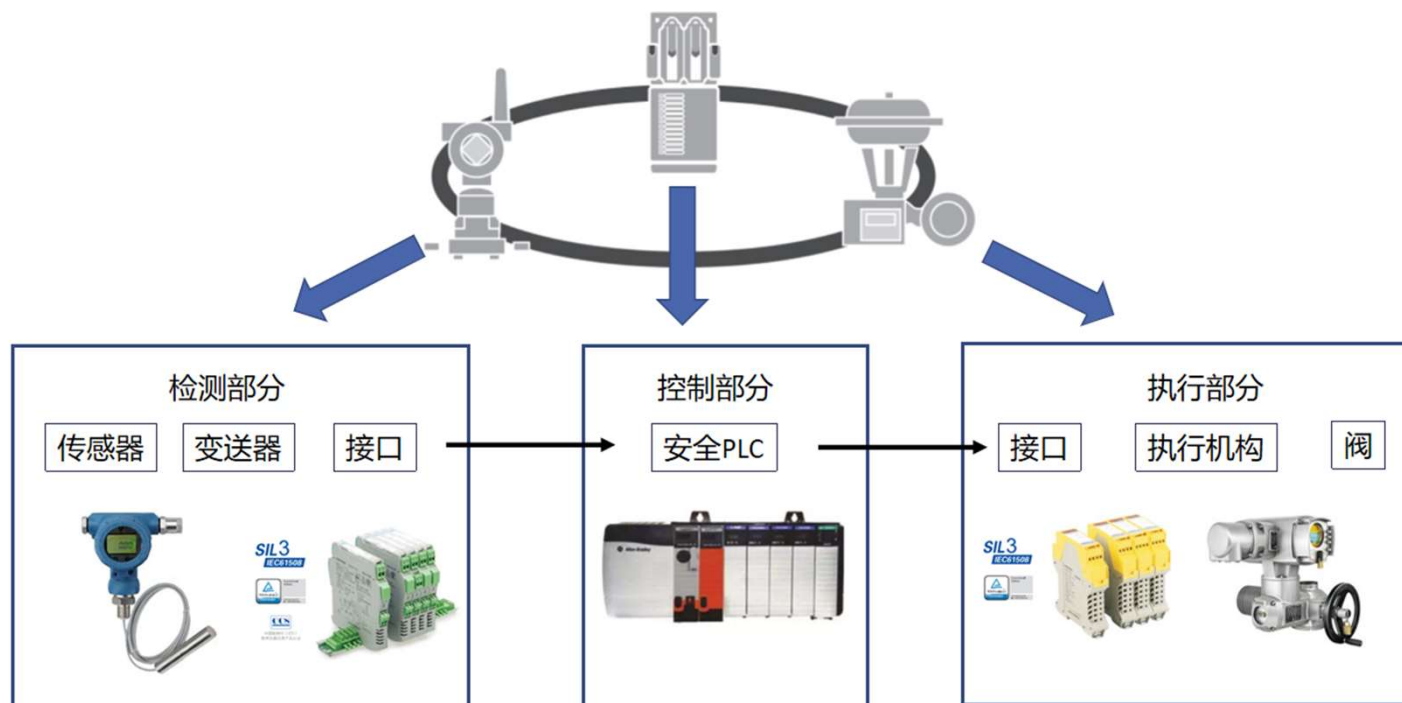


$$PFD = 1 - e^{-\lambda t} \approx \lambda t$$

验算方法

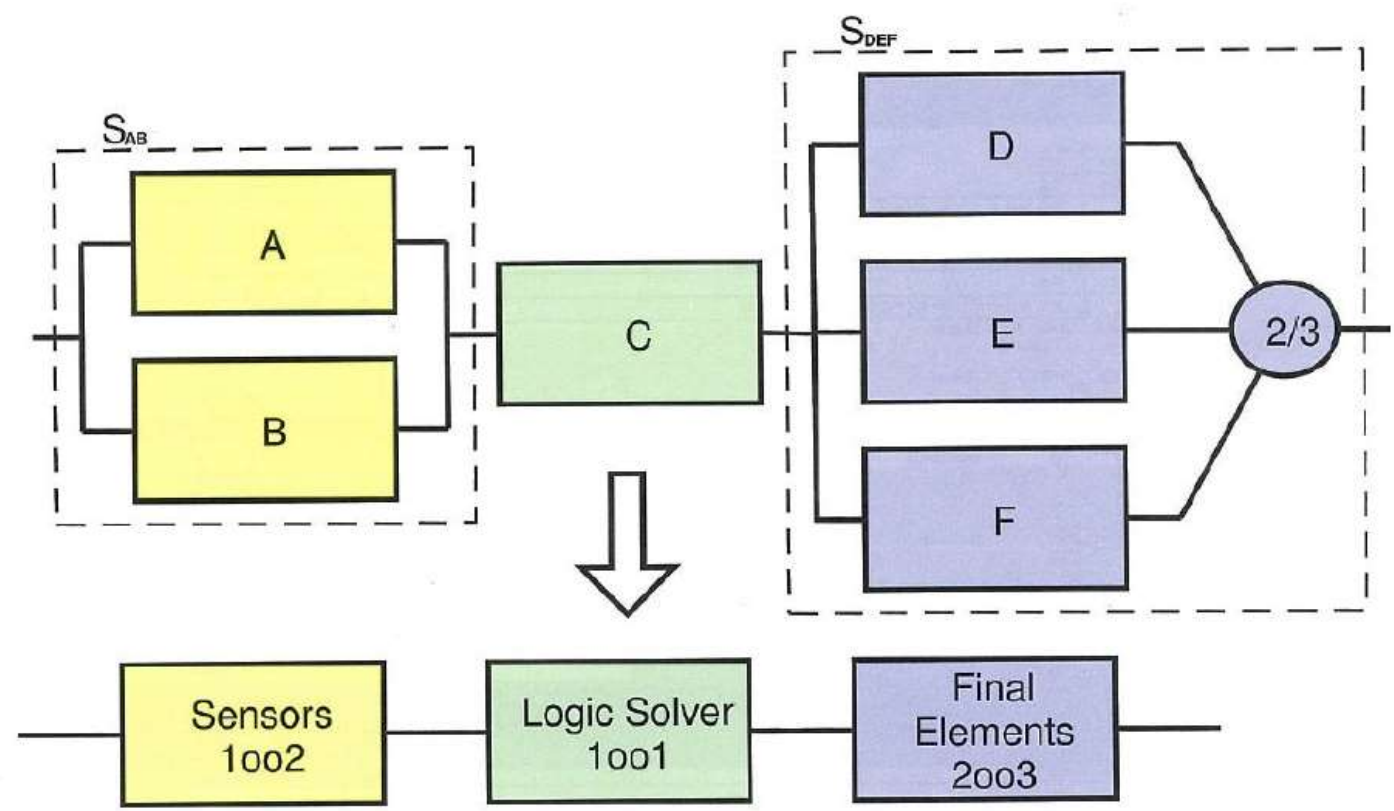
快速估算SIL等级

- 利用SIL证书
- SIF回路平均失效概率 PFD_{avg}
- $PFD_{SIF} = PFD_{Sensor} + PFD_{Logic\ solver} + PFD_{Final\ element}$



验算方法

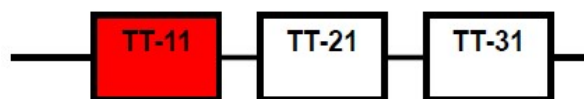
- SIF回路平均失效概率 PFD_{avg}
 - $PFD_{SIF} = PFD_{Sensor} + PFD_{Logic\ solver} + PFD_{Final\ element}$



➤ 快速估算PFD/SIL等级

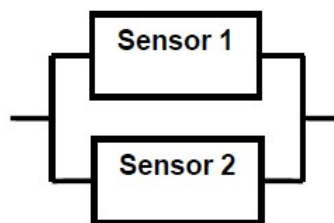
- 子系统内部件之间的逻辑关系

- 与(AND)关系
 $MooN, M=N$



3003

- 或(OR)关系
 $MooN, M<N$

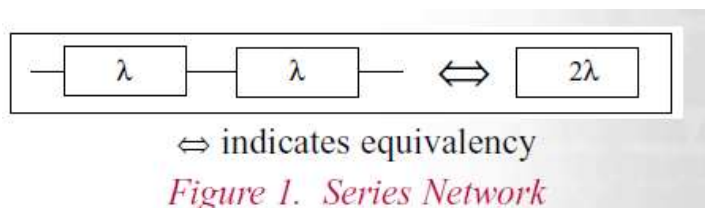


1002

验算方法

逻辑结构对失效率/失效概率的影响

- 与AND



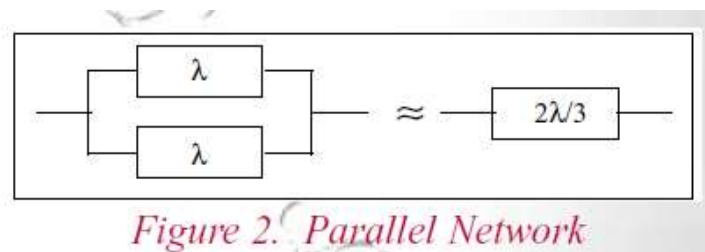
$$PFD = PFD_1 + PFD_2$$

*失效率相互独立时成立

- 或OR

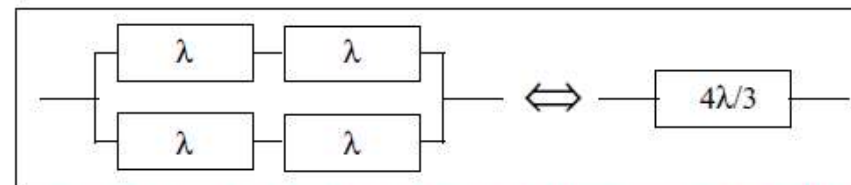
$$R(t) = 2e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t}$$

$$FR = \frac{\lambda}{\frac{1}{1} + \frac{1}{2}} = \frac{2\lambda}{3}$$



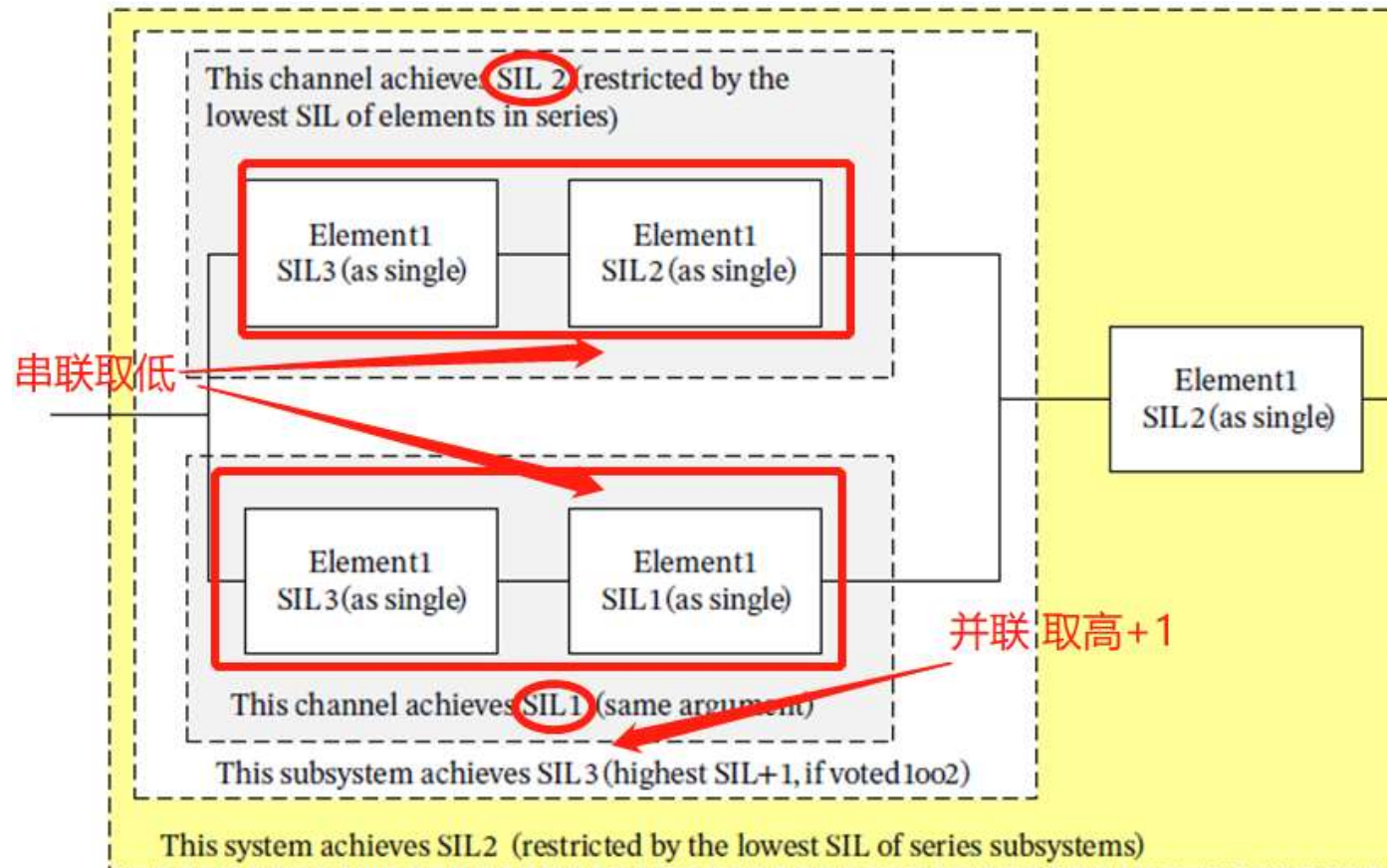
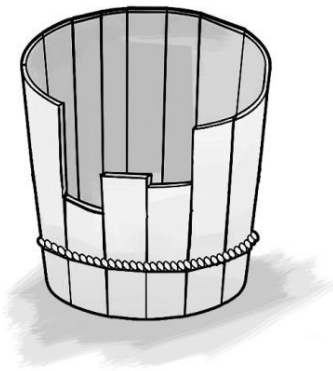
$$PFD = PFD_1 \times PFD_2$$

- 混合AND-OR



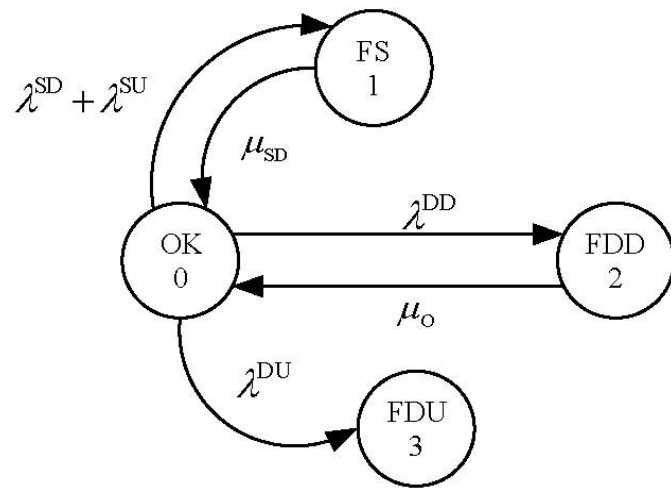
➤ 冗余对SIL等级的影响

- 短板决定整体SIF回路的能力
- 2oo2(SIL3,SIL2)->SIL2
- 2oo2(SIL3,SIL1)->SIL1
- 1oo2(SIL2,SIL1)->SIL3
- 2oo2(SIL3,SIL2)->SIL2



➤ 详细定量计算

- 马尔可夫模型

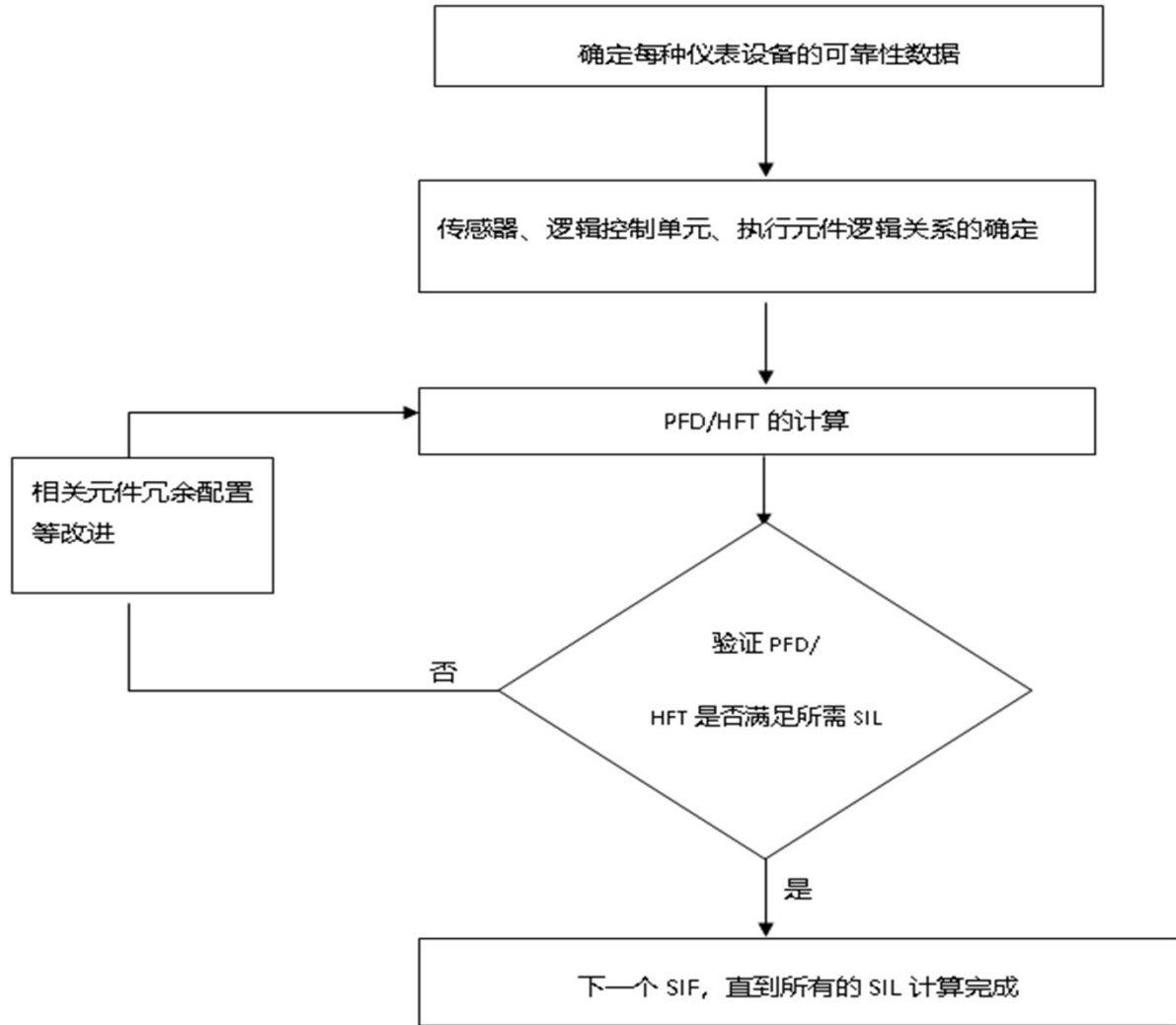


1001 结构的状态转移矩阵 P 为

$$P = \begin{bmatrix} 1 - (\lambda^S + \lambda^D) & \lambda^{SD} + \lambda^{SU} & \lambda^{DD} & \lambda^{DU} \\ \mu_{SD} & 1 - \mu_{SD} & 0 & 0 \\ \mu_O & 0 & 1 - \mu_O & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

1001的马尔可夫模型中，状态0表示没有失效。从这个状态，控制器可达其他3个状态，状态1表示安全失效状态，控制器发生失效，其输出非使能（失电或开路）。状态2表示检测到的危险失效状态，输出使能而发生失效，但是失效被自诊断检测出可立即进行修复。状态3表示发生了危险失效，但失效没能被自诊断发现

SIL验证流程



➤ 计算结果判断

只有以下三个要求都满足的时候，才能保证在设计阶段，SIF回路的SIL等级要求：

- SIF回路的总PFD不大于SIL定级的PFD值
- 逻辑计算器满足结构约束的冗余要求
- 传感器与执行部件满足结构约束的冗余要求

➤ SIL 等级的结构约束

- 根据IEC 61508， IEC 61511（功能安全标准）
 - 为了弥补系统失效，以及随机失效率数据的准确性，应对不同的SIL等级的SIF回路，在结构上进行约束。
 - 约束分为逻辑计算部分的约束，以及非逻辑计算部分约束

硬件结束约束

► 硬件结束约束对SIL等级的影响

- 分配给每个安全仪表回路的安全完整性等级（SIL）将被以平均失效率（PDF）为基础进行验证，
- 基于硬件故障裕度(HFT)和先验使用(Prior to use)的考虑，采用 IEC61511 的结构约束，SIL 等级的获得将遵循 IEC61511-1 的表5和表6，如下列表格所示：

SIL	依据IEC61511的最小硬件故障裕度 (HFT)			
	逻辑单元			传感器和最终元件
	SFF<60%	SFF:60% to 90%	SFF>99%	
1	1	0	0	0*
2	2	1	0	1*
3	3	2	1	2*
4	根据IEC61508-2表2和3的特殊需求			
* 提供的显性故障模式为安全状态或危险故障被检测，， 否则故障裕度将增加1个等级				

安全失效分数（Safe Failure Fraction）计算公式如下：

$$SFF = (\lambda_{su} + \lambda_{sd} + \lambda_{dd}) / (\lambda_{su} + \lambda_{sd} + \lambda_{dd} + \lambda_{du})$$

硬件结束约束

➤ 硬件结束约束对SIL等级的影响

- 个低的A型和B型相关子系统的结构约束将会依照如下所示的 IEC61508-2 中的表2和表3，并且SIL验证将会受限于安全失效分数（SFF）和硬件故障裕度（HFT）。
- 事实上对于逻辑处理器，硬件故障裕度的要求在 IEC61511 中有规定，这与 IEC61508 是一致的。IEC61511 通常在SIL验证中被采用，除非在IEC61508中，通过传感器外部比较或阀的部分行程测试（Partial Valve Stroke Testing）来获得一个高的SFF（Safety Failure fraction）以得到一HFT (Hardware Fault Tolerance)。

Type A: “非复杂”元件			
SFF	依据IEC61508的HFT值		
	0	1	2
<60%	SIL1	SIL2	SIL3
60% to 90%	SIL2	SIL3	SIL4
90% to 99%	SIL3	SIL4	SIL4
≥99%	SIL3	SIL4	SIL4

Type B: “复杂”元件			
SFF	依据IEC61508的HFT值		
	0	1	2
<60%	Not allowed	SIL1	SIL2
60% to 90%	SIL1	SIL2	SIL3
90% to 99%	SIL2	SIL3	SIL4
≥99%	SIL3	SIL4	SIL4

验算合格判定

➤ 计算过程的审核

- 数据来源?
 - SIL证书与型号匹配?
 - 输入数据是否正确
 - 型号正确?
- SIF回路正确?
 - 描述
 - 结构



Certificate / Certificat Zertifikat / 合格証

YOK 101141 C001
exida hereby confirms that the:

ROTAMASS 3 Series Coriolis Mass Flow and Density Meter

**Yokogawa Electric Corporation,
Musashino-shi, Tokyo, Japan
Rota Yokogawa GmbH & Co. KG,
Wehr, Germany**

Has been assessed per the relevant requirements of:

IEC 61508 Parts 1, 2, 3

and meets requirements providing a level of integrity to:

Systematic Capability: SC 3 (SIL 3 Capable)

Random Capability: Type B Element

SIL 2 @ HFT=0; SIL 3 @ HFT = 1; Route 1_H

**PFD_{avg} and Architecture Constraints
must be verified for each application**

Safety Function:

A ROTAMASS 3 Series Coriolis Mass Flow and Density Meter will measure mass flow, density and temperature within the stated safety accuracy

Application Restrictions:

The unit must be properly designed into a Safety Instrumented Function per the Safety Manual requirements.



Griff Ironis
Evaluating Assessor

Rudolf P. Chabka
Certifying Assessor

➤ 计算工具的简单介绍

- Excel
- 商业软件
 - 上海歌略软件 - RiskCloud



居安咨询合作伙伴-上海歌略软件科技有限公司

RiskCloud软件歌略软件开发的，基于网络版HDM自定义分析方法技术并集智能HAZOP与LOPA定级，基于Marklov算法的SIL验证为一体的分析软件。

SIL验算

➤ - RiskCloud



歌路RiskCloud-HAZOP-LOPA-SIL示例-V4(SILV4)

项目基本信息 | HAZOP/LOPA/SIL准备 | HAZOP分析 | LOPA走级 | SRS | SIL验算 | SIS管理 | **SILVerify** | FTA | RCA | LOPA与SIL | AdditionalReports | HAZOP统计 | LOPA统计 | SIL统计图表

SIF描述	Part部分/类...	PFDavg/PFH	RRF	MTTFs	PFDavg-SIL	结构约束	SIL-SysCap	PFDavg[SIF]	RRF[总]	MTTFs(
联锁关卸车切...	Sensor	2.68E-5	37297.29	4046.91	4	4	3			
	Logic Solver	1.22E-3	824.81	3463.45	2	1	3	2.44E-3	409.69	1804
	Final Element	1.20E-3	831.13	5.44E+04	2	3	3			

SIL数据库

请选择 名称: [搜索框]

- Triconex Tricon
- Quick Shut Off Valve
- GSOV25- Gas Shutoff Valve
- Atwood & MorrillTM n FREE FLOWTM Reverse Current Valve w
- Cryogenic Quench Relief Valves
- J-A Series Emergency Shutdown Valve
- Shear Seal Actuator (SSR)
- Metal Seated Piston Valve
- Hydraulic Interface Valve_1

单元类型: [输入框]
 仪表类型/Type: [输入框]
 仪表型号/Model: [输入框]
 数据来源/Datasource: [输入框]
 制造商/Manufacturer: [输入框]
 PFH: [输入框]
 PFDavg: [输入框]
 CertifiedSIL: [输入框]

第1组

2003

1001

Logic Solver

3003

3003

3003

3003

第1组

第3组

第2组

基本信息 | Sensor/传感器 | Logic Solver/逻辑控制器 | Final Element/执行机构

Logic Solver Part Details

SIL Capability: 3

SIL DB Option: 数据库选择 自定义

Logic Solver: [搜索框]

MRT: 8

Group Missing Time: 20

Performed Online: 1

+ 新建SIS 数据库: [下拉菜单]

Count	Name	λSD	λSU
1	ABB Ex3	5.5E-09	5.5E
1	Rockwell逻辑控...	5.5E-09	5.5E
1	Rockwell逻辑控...	5.5E-09	5.5E

SIL Database Info

λSD: 5.5E-09

λSU: 5.5E-09

ADD: 5.5E-09

ADU: 5.5E-08

Is Route 2H: Yes

Is PVST: Yes

ssi: Perfect Repair

第 1 页, 共 82 页 | 显示 1 - 25 条, 共 2

SIL验算

➤ - RiskCloud



歌略RiskCloud-HAZOP-LOPA-SIL示例-V3(SILV3)

项目基本信息 | HAZOP/LOPA/SIL准备 | HAZOP分析 | LOPA定级 | SIL验算 | **SILVerify** | HAZOP统计 | LOPA统计 | SIL统计图表 | 帮助文档 | 视频教程

SIL	SIF描述	Part部分/类型名称	PFDavg/PFH	RRF	MTTFs	PFDavg-SIL	结构约束	SIL-SysCap	AchievedSIL	操作
2003高高压差		Sensor	2.79E-7	3588464.27	683.27	4		3	3	PFD Charts SIL验算报告
		Logic Solver	1.35E-4	7413.12	522.23	3		3		
		Final Element	1.76E-5	56777.66	1.67E+04	4		3		
		SIF	1.53E-4	6545.16	290.83	3	3	3		

基本信息 | Sensor | Logic Solver | Final Element

Vote: 1003 β: 0.2 维护能力[MC]: MCI 2 - Good[90%]

G1

Sensor Part Details

group name: G1

Beta: 0.1

Group Vote: 1003

PTI: 12

PTC: 0.9

MTTR: 24

组表决: Identical

仪表类型	仪表分类	仪表名称	厂家	型号
Leg1		Valve		
FE-FE				

SIL Database Info

数据库选择 自定义

仪表名称: Valve

ASD: 0

ASU: 0

ADD: 6.5E-08

ADU: 6.5E-08

Systematic Capability: 3

G2

Sensor Part Details

group name: G2

Beta: 0.1

Group Vote: 2004

仪表类型	仪表分类	仪表名称	厂家	型号
Leg1		-		
FE-FE				

SIL Database Info

数据库选择 自定义

仪表名称: -

ASD: 0

SIL数据库

请选择 名称:

名称

- Triconex Tricon
- Quick Shut Off Valve
- GSOV25- Gas Shutoff Valve
- Atwood & MorrillTM n FREE FL
- Cryogenic Quench Relief Valves
- J-A Series Emergency Shutdown
- Shear Seal Actuator (SSR)
- Metal Seated Piston Valve
- Hydraulic Interface Valve 1

第 1 页,共 82 页

单元类型:

仪表类型/Type:

仪表型号/Model:

数据来源/Datasource:

制造商/Manufacturer:

PFH:

PFDavg:

CertifiedSIL:

➤ 生成报告的主要内容

• 正文

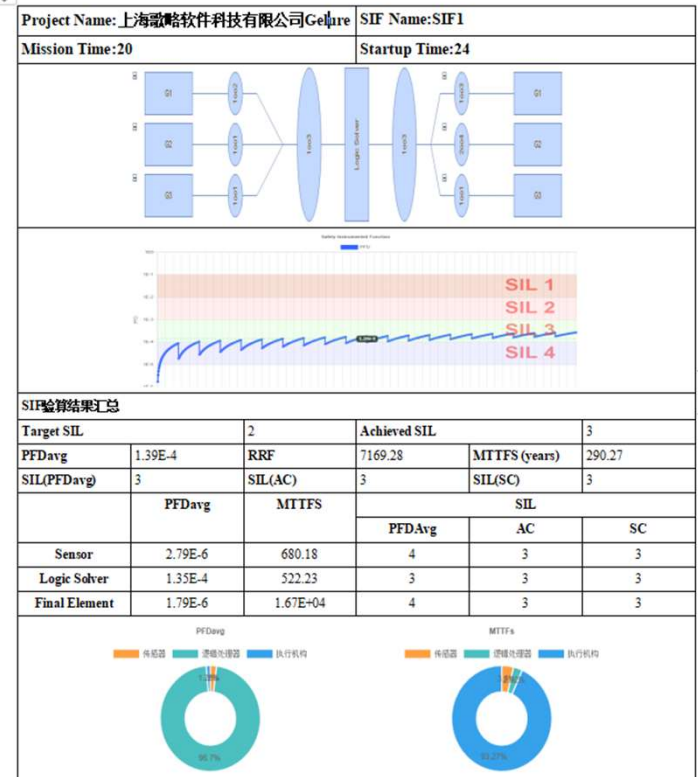
- 项目概述
- SIL验证方法
- SIL验证实施
- SIL验证结果
- SIL不符合项整改意见和建议
- SIL验证假设及说明
- 结论

• 附录：计算结果

- SIF回路详细计算书

RiskCloud[®] SIL验算报告

1 环氧乙烷储罐-SIF1



RiskCloud 报告生成

项目基本信息 | HAZOP/LOPA/SIL准备 | HAZOP分析 | LOPA走级 | **SIL验算** | LOPA与SIL | 更多 | HAZOP统计

HAZOP报告输出 | LOPA走级报告输出 | **SIL验算报告输出**

统计图表 | 帮助文档 | 视频教程

Break Down Fields

节点列表: 1.节点1
SIF: 1.TZIAS-80301AHH

SIF描述	结构约束	LT[Mission Time](Years)	Startup Time(Hours)	需求模式	Part部分/类型名称[Sen/LS/FE]	类型 (Voting Between Groups)	β (Beta Between Groups)	维护能力[MC]	Group Name	1001	0.03	10	12	1
					1.Sensor	1001	0.1	MCI 4 - Perfect[100%]	1.SG1	1001	0.03	10	12	1

- SIL Verification Detailed Report
- SIL Verification Summary Report
- 导出SIF回路结构框图
- 导出SIF验算数据表
- 导出SIF验算结果汇总
- 导出SIL验算完整工作表

RiskCloud

本SIF回路结构图如下所示。

2.3.1 传感器部分配置

SIF01 LL12003与TAHH (2002) (液位与温度与1002)最新关UV1005的功能安全和故障率率表如下表所示。

PFDavg	RRF	ACHIEVED SIL		MTTFA (YEARS)
		(PFDavg)	(SYSTEMIC CAPABILITY)	
7.83E-05	12773.1	4	N/A	15.28

根据本上述内容给出的可靠性数据、验算过程和设置，SIF01 LL12003与TAHH (2002) (液位与温度与1002) 关联关UV(1005)的计算结果如下表。

传感器组贡献图

RiskCloud

2.3.1 传感器部分配置

SIF01 LL12003与TAHH (2002) (液位与温度与1002)最新关UV1005的功能安全和故障率率表如下表所示。

PFDavg	SIL LIMITS	MTTFA (YEAR)	HFT	SSI
4.41E-06	3	N/A	1250.356	2

传感器组数量: 2
组表方式: 1002
组参数ID: 0

传感器组贡献图

序号	SIF编号	SIF名称	SIF描述	SIL定级要求 (手输)	LOPA定级	SIL定级	LOPA定级	SIL定级	LOPA定级	SIL定级	LOPA定级	SIL定级	LOPA定级	SIL定级	LOPA定级
1	SIF1	液位仪C-1001A停车信号	C-1001A停车信号	1	1.00E-01	2	2	6.51E-03	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
2	SIF2	液位仪C-1001B停车信号	C-1001B停车信号	1	1.00E-01	2	2	6.51E-03	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
3	SIF3	液位仪LIA0101高高	LSH#0101	1	1.00E-02	1	1	6.98E-02	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
4	SIF4	液位仪LIA0102高高	LSH#0102	1	1.00E-02	1	1	6.98E-02	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
5	SIF5	液位仪LIA0103高高	LSH#0103	1	1.00E-02	1	1	6.98E-02	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
6	SIF6	液位仪LIA0104高高	LSH#0104	1	1.00E-02	1	1	6.98E-02	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
7	SIF7	液位仪LIA0106高高	LSH#0106	1	1.00E-02	1	1	6.98E-02	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
8	SIF8	液位仪LIA0107高高	LSH#0107	1	1.00E-02	1	1	6.98E-02	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
9	SIF9	液位仪LIA0108高高	LSH#0108	1	1.00E-02	1	1	6.98E-02	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
10	SIF10	液位仪LIA0103低低	LSLL0103	1	1.00E-01	1	1	6.98E-02	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
11	SIF11	液位仪LIA0115低低	LSLL0115	1	1.00E-01	1	1	6.98E-02	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
22	SIF12	液位仪LIA0116低低	LSLL0116	1	1.00E-01	1	1	6.98E-02	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
23	SIF13	液位仪LIA0117低低	LSLL0117	1	1.00E-01	1	1	6.98E-02	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
24	SIF14	液位仪LIA0118低低	LSLL0118	1	1.00E-01	1	1	6.98E-02	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
25	SIF15	液位仪LIA0119低低	LSLL0119	1	1.00E-01	1	1	6.98E-02	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
26	SIF16	液位仪LIA0120低低	LSLL0120	1	1.00E-01	1	1	6.98E-02	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过

类型名称	类型	冗余	组件	传感器名称	TSO(MTR)	CT	LT
1.液位检测单元	1001	1.001	1.LS-9026	FTL51-MAE2004E4SC	4	8	12.0.0.20
				Main Programmer: 3000	4	8	12.0.0.20
				Power Supply	4	8	12.0.0.20
				Amplifier in Module: 3700 / 3701	4	8	12.0.0.20
				Channel Analog In	4	8	12.0.0.20
				Digital Out Module: 3020	4	8	12.0.0.20
				Channel: Digital Out	4	8	12.0.0.20
				JE-3S300017A 24VDC	4	8	12.0.0.20
				PS3	4	8	12.0.0.20
				PS3	4	8	12.0.0.20

➤ 常见问题

- SIL等级不合格怎么办？
- PFD计算值不合格怎么办？

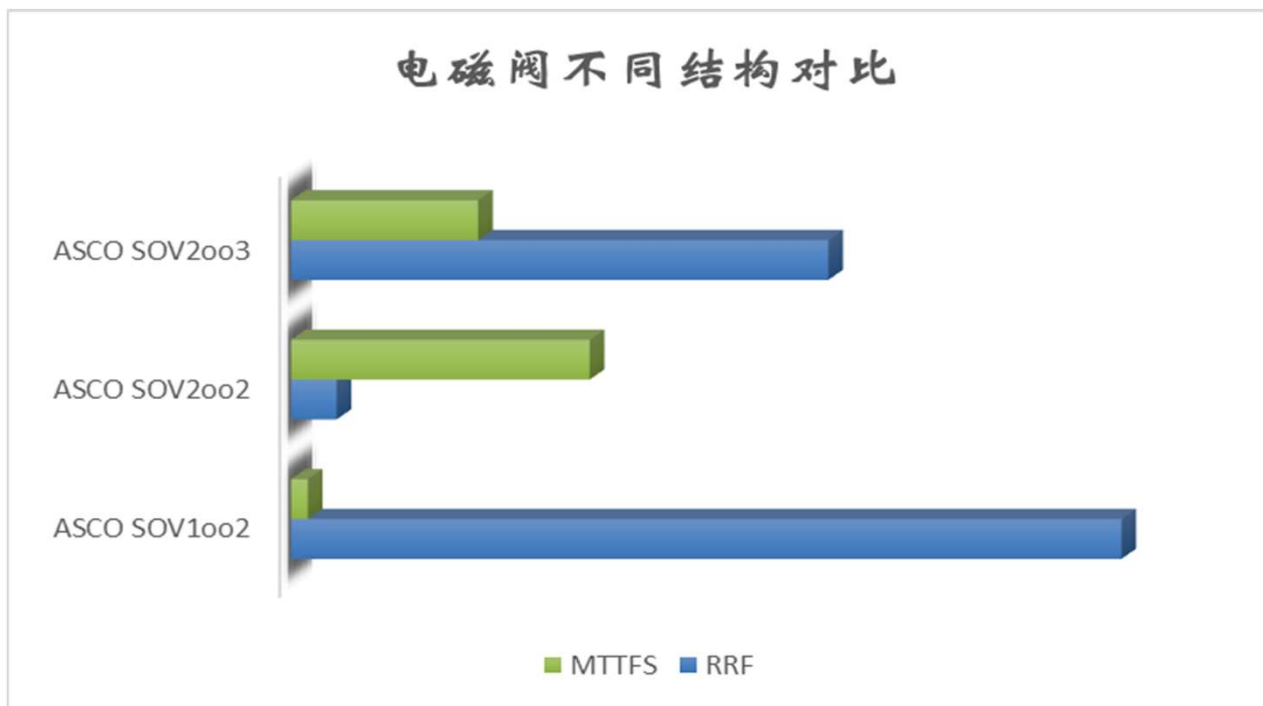
安全完整性等级	平均要求时失效概率	风险降低因子
4	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$	$> 10,000$ to $\leq 100,000$
3	$\geq 10^{-4}$ to $< 10^{-3}$	> 1000 to $\leq 10,000$
2	$\geq 10^{-3}$ to $< 10^{-2}$	> 100 to ≤ 1000
1	$\geq 10^{-2}$ to $< 10^{-1}$	> 10 to ≤ 100

➤ 常见问题

- SIL等级不合格怎么办？
- PFD计算值不合格怎么办？
- 解决方案：
 - 仪器与仪表（变送器或阀）冗余。
 - 仪器与仪表（变送器或阀）重新选型。
 - 调整安全功能回路检验测试间隔等

➤ 冗余结构对SIL验算结果的影响

- 例：同一SIF回路中1oo2, 2oo2, 2oo3的电磁阀结构对比
(检验周期1年，电磁阀为SIL2 ASCO 551)

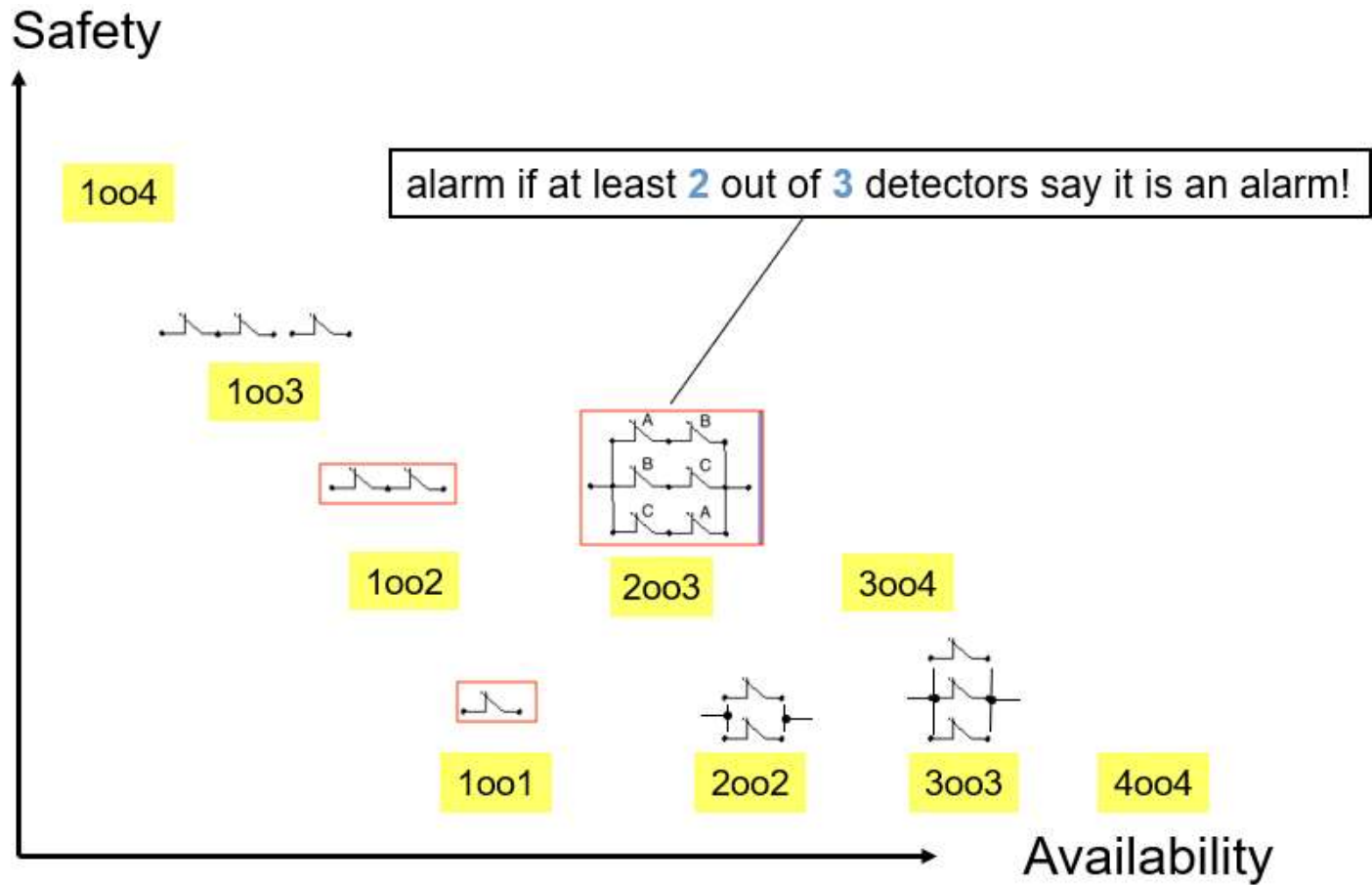


结论：

- ✓ 多个电磁阀可增加提高可靠性（MTTFspurious 延长->误动作率下降）；
- ✓ 增加冗余增加可用性（RRF提高->性能更稳定）；
- ✓ 2oo3结构既增加可用性又提高可靠性

SIL验算

➤ 结构约束结构对可靠性/可用性的影响



Thank you !