

# 安全仪表系统功能安全评估方法探讨

王永宾

(中海石油技术检测有限公司 天津 300452)

**摘要:** 本文探讨了安全仪表系统(SIS)在化工生产中的关键作用,介绍了安全仪表系统的构成和功能,强调了对其功能安全性进行评估的重要性。通过对功能安全评估的重要性进行论述,文章指出这一过程有利于提高装置的安全性、促进安全系统的深入发展,同时有助于打破技术贸易壁垒。接着,文章详细探讨了功能安全评估计算机软件的设计与实现,强调了选择合适的评价方法和软件设计思路的关键性。最后,通过对安全仪表系统功能安全评估的应用案例,展示了评估计算在实际系统中的应用和改进方向。

**关键词:** 安全仪表系统;安全功能失效;评估方法;

## 1 安全仪表系统

在 IEC61508 中, SIS (Security Indication System) 又被称为安全关联系统(SafetyRelatedSystem, ESD)。安全仪表系统的作用包括:安全仪表的防护和安全仪表的控制。安全仪表系统是由一种或多种安全仪表(SIF)构成,其目的是为了保证化工生产中的人与设备的安全。该安全检测系统包括检测单元,逻辑处理单元,执行单元。探测元素对场地上的进程量进行探测,并将其输入到一个逻辑处理装置中,根据预先设定好的程序来进行运算,然后把运算的结果输出给该执行部件,该执行部件可以调整现场的工艺量(例如减少材料的流量、增加循环水量、减少蒸汽流量等),并在一个安全的范围内。

## 2 功能安全评估计算机软件的设计与实现

### 2.1 安全仪表系统软件的整体设计

其设计思想是利用传感器、逻辑控制器和执行器等多种内部部件,通过对突发事件的检测,实现对突发事件的及时响应。现在许多仪器的使用说明中都加入了故障几率的指标。在知道了多余结构的各个参数后,再将相应的数据输入到相应的数值中,经过计算与校核,就可以迅速地判断出危险指标是否满足了紧急停止的条件。在计算仪器内各个元件的失效率时,要综合各个元件间的失效率,利用 Matlab 函数,设计期望元件,把各个元件有机地结合起来,实现对各种故障的探测。

### 2.2 功能安全评估的内容

在进行功能安全性评价前,必须从总体上确定目前阶段的功能

安全性评价指标,以实现对整个系统的监测与控制。在定义时,要对各类风险进行全面、全面的考量,然后根据整个定义的范畴,得到详尽的资料,并对其进行汇总与分析,才能对系统的安全风险指标做出预测。另外,还需要详细地分析事故发生时可能造成的其它事故或影响,根据分析结果中的危险指标高与低,对组合进行合理、科学的配置,从而将风险降到最低。

其次,要对该装置的硬件和系统的安全性进行评价,以确保该装置能够满足相应的安全性和可靠性。最后,在运行期,还应对整个装置的维修与运行情况进行评价,确保系统的稳定与安全。一旦出现无法避免的失效,应从全局出发,防止事故进一步扩大。

## 3 在安全仪表系统功能安全评估中的应用

根据 IEC 标准,安全完整性等级从低到高划分为 SIL1-SIL4, ISA 84.01 标准划分为 SIL1-SIL3, DIN V VDE0804 标准则从低到高划分为 AK1-AI8。这些等级的对应关系为化工生产过程提供了明确的指导和标准,确保系统在各个层面都符合国际安全标准。

### 3.1 SIS 安全连锁系统

采用集散控制系统实现了 SIS 的安全连锁。该体系以“安全第一”为原则,不仅为化工企业员工提供了保障,同时也为化工设备提供了保障。在此基础上,重点对系统中的关键参数进行了控制。该安全互锁信号是一种硬件线路,与其它控制系统组件无关。安全完整性等级是一种国际通用的“标准语言”,目的是用一种简单的方法来划分工艺装置中每个安全仪表回路的安全等级要求。是 SIS 系统设计中必须遵从的一个重要安全指标。

依据 IEC 标准由低到高划分为 SIL1-SIL4, ISA 84.01 标准划分为 SIL1-SIL3, DIN V VDE0804 标准由低到高划分为 AK1-AI8, 它们之间的对应关系如下。

表 1 安全完整性等级

| ISA-84.01 | IEC 61508 | DIN V 19520 (TbV) | PFd                    | 说明                                |
|-----------|-----------|-------------------|------------------------|-----------------------------------|
| SIL 1     | SIL 1     | AK1               | $10^{-1} \sim 10^{-2}$ | 仅对少量的财产和简单的生产和产品进行保护              |
|           |           | AK2               |                        |                                   |
|           |           | AK3               |                        |                                   |
| SIL 2     | SIL 2     | AK4               | $10^{-2} \sim 10^{-3}$ | 对大量的财产和复杂的生产和产品进行保护, 也对生产操作人员进行保护 |
| SIL 3     | SIL 3     | AK5               | $10^{-3} \sim 10^{-4}$ | 对工厂的财产、全体员工的生命和整个社区的安全进行保护        |
|           |           | AK6               |                        |                                   |
| SIL 4     | SIL 4     | AK7               | $10^{-4} \sim 10^{-5}$ | 避免灾难性(例如核事故)会对整个社区形成巨大冲击的事故       |
|           |           | AK8               |                        |                                   |

以某反应釜为例,其原料为异丁烯和水蒸气,在连续的循环中,通过化学反应,生产出了甲基丙烯醛。反应器内的化学反应也必须在一定的温度下进行。当反应进行到一定程度时,反应釜内的压力逐级上升,直至某一临界值,这时启动高压保护设定值,并将压力探测信号输入至逻辑控制器。逻辑控制器根据运算结果,激活执行源,适时地截断反应器内的化学反应,以保证反应器内的压力不会升高,使反应器内的压力保持平稳。

### 3.2 评估计算

这套压力保护安全仪表系统在化工生产过程中的关键性不可忽视。其设计逻辑结构的内在复杂性赋予了系统强大的功能,主要通过压力值的智能控制,确保整个生产过程的安全性。系统的可靠性在一定程度上取决于其安全完整性水平,因此对其进行定期的评估显得尤为重要。

通过引入应用模型,我们能够更全面地审视系统的性能,尤其是对失效率 and 风险指数进行综合评估。研究显示,尽管系统中的部分传感器和逻辑控制器已经达到了 SIL2 标准,然而整体失效率仍较高,风险指数也呈现较为显著的水平。这提示我们在系统设计和运行中仍存在改进的空间。

对系统各组成部分的详细分析表明,系统的性能不仅仅取决于单一元件,更需要各部分协同配合。表 1 提供了对这些关键组件的综合评估,为进一步的改进提供了方向。因此,在系统的发展过程中,不断的改进和完善是必要的,以提高其整体安全性和性能水平,

确保化工生产过程的可持续稳定运行。

表 1 整个系统的各个组成部故障率风险指数

| 组成部分  | 故障率风险指数 |
|-------|---------|
| 执行机构  | 78.5%   |
| 传感器   | 18.3%   |
| 逻辑控制器 | 13.2%   |

由以上资料可知,执行机构对危险状况的响应最为敏感,对隐患的探测贡献也最大。从这些资料来看,传感器位居第二,而最不灵敏,或说对探测风险的影响最小的则是逻辑控制器。所以,在实际操作中,需要对执行机构的执行状况给予更多的重视,针对评价结果进行修正,以提升整个安全仪表系统的安全性。针对德固赛型安全连锁装置,可对执行机构的冗余结构进行改进,从单执行机构到双冗余机构,重新评价系统,提升安全水平。

## 4 总结

在现代化工生产中,安全仪表系统的功能安全性评价是确保设备和人员安全的不可或缺步骤。通过对各个方面的评估,我们能够发现潜在的安全隐患并及时采取措施,提高系统的安全性和可靠性。然而,评估过程中仍然存在一些挑战,需要不断改进和完善评价方法和软件设计。希望在未来的发展中,通过科技的不断进步和经验的积累,能够更好地保障化工生产的安全,为行业的可持续发展贡献力量。

## 参考文献

- [1]张德顺,周剑利.安全仪表系统功能安全评估方法探讨[J].现代商贸工业,2023,44(24):267-268.DOI:10.19311/j.cnki.1672-3198.2023.24.089
- [2]郭怡安.基于攻击关系树和 CVSS 的安全仪表系统信息安全评估方法研究[J].安全、健康和环境,2023,23(10):77-82.
- [3]赵明,胡星,苟治铭.海上石油平台安全仪表系统功能安全评估方法研究[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(11):1-3.
- [4]徐哲雯,刘永斌,沈君.基于通道热复位的安全仪表系统同步功能的测试方法研究[J].中国仪器仪表,2023,(04):43-46.