

# Research on Application of SIL Grading Technology in Liquid Ammonia Irrigation Area

Jia Yang

Shandong Shengxing Safety Technology Service Co., Ltd., Dongying, Shandong, 257000, China

## Abstract

Taking the liquid ammonia irrigation area as the main case, combined with relevant risk analysis and other methods, this paper identifies the potential risk scenarios during the application of the system, semi quantitatively analyzes the risks, evaluates the causes and occurrence frequency of the problems, and finally determines the SIL level of the chain circuit. After shorthand, verify the SIL level after sis, that is, after the selection of safety instrument system, so as to ensure that the instrument system can meet the SIL level requirements. Then, combined with the above risk analysis, we can effectively identify the potential risks, reduce them to a reasonable range, and strengthen the application effect of SIL grading technology in liquid ammonia irrigation area.

## Keywords

liquid ammonia irrigation area; SIL grading technology; safety instrument system; protection layer

## 基于 SIL 定级技术在液氨罐区的应用研究

杨佳

山东省胜兴安全技术服务有限公司, 中国·山东 东营 257000

## 摘要

论文以液氨灌区为主要案例, 结合相关风险分析等方法, 对其系统应用期间所存在的潜在风险场景进行识别, 并对风险进行半定量分析, 对其问题的原因发生频率进行评估, 最终确定连锁回路的SIL等级。速记后, 在SIS也就是安全仪表系统选型结束之后, 对SIL等级进行验证, 保障该仪表系统能够满足SIL等级需求。进而结合上述风险分析等方式来切实识别出潜在风险, 将其降低到合理范围内, 加强SIL定级技术在液氨灌区中的应用效果。

## 关键词

液氨灌区; SIL定级技术; 安全仪表系统; 保护层

## 1 引言

现代的各种材料工业或者是医药化工等工业, 其本身的危险性较高, 如易燃易爆或者是高温高压、反应复杂和周期较长等特点, 会极大增加安全事故发生的概率。所以对一些事件发生的可能性和后果进行评估, 利用合理的保护层减少事故发生的可能性, 这对于企业安全运行与发展有着十分重要的意义和作用。

随着中国对于安全的重视程度在不断提升, 对于化工行业的安全生产也提出了一系列的重要举措, 要求对企业发展中所存在的一些主要漏洞进行完善。但是需要注意的是, 不合理的定级措施很容易降低企业整体安全完整性等级, 也就是 SIL 等级存在偏高或者偏低的问题。因此, 准确合理的定级方法是十分必要的。

【作者简介】杨佳(1988-), 女, 中国山东东营人, 本科, 工程师, 从事安全技术服务研究。

## 2 SIL 定级与其流程

### 2.1 SIL 定级案例

在对 SIL 定级案例进行分析期间, 需要明确的是, 风险矩阵是一种定性或者是半定量的后果分级与一定水平的风险与危险等级出现的可能性相结合的方式<sup>[1]</sup>。一般每个企业都会结合 IEC61511 的建议和企业本身的发展情况来确定后果的严重性和发生的可能性, 并以此来建立符合自身的风险矩阵。结合该矩阵可以判断出在可接受范围内的风险类型, 随后采取相关措施将风险控制在此范围内。而这些措施主要包含对事故的基本控制、重要事故报警控制以及自动防护层的设计等。而 SIL 定级的主要含义在于, 当上述这些基本控制或者是人员干涉也难以满足保护层实际需求时, 这时就需要确定 SIS 中的 SIF 回路其相对应的等级, 以便当保护层不够的风险发生时可以减少事故发生的概率。

在此期间需要明确的是, 一般一种工艺其本身存在的风险被称为工艺风险, 结合相关法律法规内容, 其所明确的

可接受风险的目标被称为可接受风险<sup>[2]</sup>。而如果此时的工艺风险高于可接受风险,那么整个系统就需要结合部分风险的判定等保护层形式来将工艺风险降低到可接受风险范围内。并且虽然不同的保护层能够应对各种风险类型,但是对于整个系统来讲依旧存在一定的剩余风险,而此时的剩余风险要远远小于可接受风险,可以将其认定为安全的状态。

## 2.2 SIL 定级流程

现阶段确定 SIL 等级一般都需要结合保护层分析的方法来进行,简称 LOPA。该方法也属于一种半定量的分析评估技术,更是 IEC61511 中所推荐的方法。而基于 SIL 等级的划分分析,如表 1 所示,需要根据该方法的实际流程来做好 SIL 定级,保障企业的风险全面降低。

表 1 SIL 等级划分

SIL	要求时平均失效概率 (PFD <sub>AVG</sub> )	目标风险降低
4	$\geq 10^{-5} \sim < 10^{-4}$	$> 10^4 \sim \leq 10^5$
3	$\geq 10^{-45} \sim < 10^{-3}$	$> 10^3 \sim \leq 10^4$
2	$\geq 10^{-35} \sim < 10^{-2}$	$> 10^2 \sim \leq 10^3$
1	$\geq 10^{-25} \sim < 10^{-1}$	$> 10^1 \sim \leq 10^2$

首先,需要确定所需要的风险矩阵,将可接受的标准筛选出来;其次,结合 HAZOP 分析的方法来选择危险的场景之后,利用图表将每个辨识出的危险触发原因列出来;最后,结合不同的数据来得到初始原因的发生频率。

结合工厂多层保护模型制定防护措施,或者是减少危险后果的减灾措施。对每一个触发原因所导致的后果严重性进行评估后可以得到可接受风险。如果此时的工艺风险依旧大于可接受风险,这时则需要计算出 SIF 回路中的 SIL 等级进行覆盖,对回路的失效概率进行评估,保障所有的保护层在特定的场景下可以将其风险降低到可接受水平上。在对 SIL 等级进行确定之后,一般都会做一种敏感性的分析,以便于测试出是否存在可能使用简单的保护层来减少风险的发生,使其达到目标风险。如果所新增的保护层依旧达不到

目标风险,则必须使用相对应的 SIL 等级中的 SIF 回路对潜在的风险加以覆盖,在这样循环的基础上进入下一个风险场景之后再进行分析。

## 3 液氨储罐定级案例分析

液氨不仅是第一批重点监控的危险化学品之一,更是现代工业必不可少的应用产品,如果控制不当,很容易造成极大的风险。在液氨灌区内,物料储存量相对较大,也是工厂中潜在的危险源。论文以 SIL 定级的液氨灌区为例<sup>[3]</sup>。

### 3.1 液氨灌区工艺分析

在生产需要的液氨运输时,需要由槽车进行运输,将原料卸放到储罐内,随后在使用时需要经过输送泵将其运送到车间的和使用点。在储罐的区域内设置着双重的安全阀和紧急泄压罐,如果储罐压力较高,则需要采取双重措施进行泄压处理。随后对其进行 HAZOP 分析,具体分析内容如表 2 所示。

表 2 HAZOP 分析结果探讨

参数	偏差	偏差描述	原因 / 关注	后果	现有措施
液位	液位过高	液氨储罐 V1001 液位过高	液氨输送泵 P1001 故障停	液氨储罐的液位升高,压力升高,可能会产生超压的问题,由此可能会产生液氨泄漏、火灾保障和人员伤亡等问题	液氨储罐设有 LAH1101,其触发连锁,液氨储罐设有 2 个 PSV
			液氨输送泵; P1001 出口管线切断阀故障关闭		
			液氨储罐出口的管线上切断阀故障关闭		
			人员操作失误,液氨储罐出料手阀误关闭		

上述分析表明后果的严重性,需要使 XV1101 的保护

表 3 SIL 定级结果

描述	频率	后果		未消减事件频率	现有措施	独立保护层			消减后事件		SIL 等级
		类型	严重性			类型	描述	PDF	频率	LOPA 差距	
P1001 泵故障停	$1 \times 10^{-1}$	人员	E	$1 \times 10^{-1}$	液氨储罐设有 LAH1101	报警及人员干预物理保护层	液氨储罐设有 LAH1101	$1 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^2$	1
							液氨储罐设有 2 个 PSV (2 × 100%)				
		环境	E		LAH1101 出发连锁液氨储罐设有 2 个 PSV (2 × 100%)						
					液氨储罐设有 2 个 PSV (2 × 100%)						
财产	B	—	液氨储罐设有 LAH1101								
		—	液氨储罐设有 2 个 PSV (2 × 100%)								

层能够在DCS中满足可接受的风险标准。

### 3.2 SIL定级

在做SIL定级期间,需要做出几点假设,如不存在不失效的保护层、围堰独立保护层仅适用于消减环境风险等。随后具体的定级结果如表3所示。

## 4 结语

综上所述,论文基于SIL定级的方法分析每个危险和产生危险的原因,再结合实际的发生事件概率来确定所需要

SIF回路的SIL等级,该流程符合IEC61511规范的要求,能够客观、有效且准确地对回路进行定级。

### 参考文献

- [1] 牟洪祥.SIL定级技术要求及风险图法在SIL定级中的应用[J].安全,健康和环境,2017,17(7):6.
- [2] 周朋燕.化工在役装置HAZOP分析与SIL定级的应用研究[J].山西化工,2018,38(6):146-148.
- [3] 吕永辉.基于SIL定级技术在液氨罐区的应用研究[J].石油化工自动化,2020,56(4):50-53.

(上接第31页)

期为之后的历史名城保护起到警示和借鉴作用。

### 参考文献

- [1] 吴金霸.荆州市文化旅游产业发展研究[D].荆州:长江大学,2012.
- [2] 陶伟,郑海燕.城市旅游的文化视点——以历史文化名城荆州为例[J].中山大学学报(自然科学版),2002(5):86-90.
- [3] 周炜.荆州古城之历史文化名城保护研究[J].硅谷,2009(14):216-217.
- [4] 孙艳.城市地标性建筑与周围环境互融性设计研究[D].济南:山东轻工业学院,2012.
- [5] 马曙晓,陈彬焄,唐韵.历史文物古迹周边建筑高度控制研究——以正定开元寺须弥塔为例[J].城市建筑,2020,17(34):107-110.
- [6] 尹显亮.试析“城市历史文化地标”建设的作用和意义[J].文存阅刊,2019(7):140-141.