**《乙炔生产企业安全生产专项整治行动工作方案》的意见及《乙炔安全仪表系统》升级改造指导意见**

根据《国务院安全生产委员会关于印发<全国安全生产专项整治三年行动计划>的通知》（安委〔2020〕3号）和《云南省安全生产专项整治三年行动计划》文件要求，结合本地工作实际，按照《溶解乙炔设备》JB/T8856-2018和安全仪表系统(SIS)的相关文件、标准、规范等的要求，请各企业认真对标贯彻落实。

# 一、总体要求

（一）认真落实《中共中央办公厅国务院办公厅关于全面加强危险化学品安全生产工作的意见》，推动各项制度措施落地见效。

（二）认真落实《危险化学品企业安全风险隐患排查治理导则》。

（三）乙炔生产企业总平面布置必须符合国家标准规范要求，已建成企业按《建筑设计防火规范GB 50016-2018》和《精细化工企业工程设计防火规范》GB51283-2020执行。新建企业按《石油化工企业设计防火标准》(GB50160-2008，2018版）执行。具有甲乙类火灾危险性、 粉尘爆炸危险性、中毒危险性的厂房（含装置或车间）和仓库内的办公室、休息室、外操室、巡检室，于2021 年 8 月前必须予以拆除。其控制室的设置必须符合国家有关规定（在装置区内的控制室必须进行隔爆处理）。

（四）深化安全设计诊断和精细化工反应安全风险评估。根据反应危险度等级和评估建议设置相应的安全设施，补充完善安全管控措施，及时审查和修订安全操作规程，确保设施设备满足工艺安全要求。

（五）严格按照《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）和国家、省政府关于提升危化企业自动化控制相关要求，切实推进涉及“两重点一重大”生产装置、储存设施可燃气体和有毒气体泄漏检测报警装置、紧急切断装置、自动化控制系统的建设完善。

（六）进一步提升乙炔生产企业自动化控制水平和日常运行有效。所有乙炔SIS系统建设运行于2022年底前完成验收及有效使用，乙炔生产企业工艺装置的自动化控制（DCS和安全仪表系统SIS）完成正常使用率达到100%，最大限度减少作业人数。企业应结合生产情况，对乙炔生产进行全流程HAZOP分析，并设置相应的安全设施及安全仪表系统SIL等级（具体已HAZOP分析和LOPA定级报告的等级为准）。

（七）安全仪表系统（Safety Instrumented Systems，简称 SIS是实现一个和多个安全仪表功能的仪表系统，是一种自动安全保护系统。安全仪表系统独立于过程控制系统BPCS（如分散控制系统等），生产正常时处于休眠或静止状态，一旦生产装置或设施出现可能导致安全事故的情况时，能够瞬间准确动作，使生产过程安全停止运行或自动导入预定的安全状态。

（八）按照《国家安全监管总局关于加强化工安全仪表系统管理的指导意见》（原安监总管三〔2014〕116号）的要求，涉及“两重点一重大”（即重点监管危险化学品、重点监管危险化工工艺和危险化学品重大危险源）在役生产装置或设施的化工企业和危险化学品储存单位，要在全面开展过程危险分析（如危险与可操作性分析）基础上，通过风险分析确定安全仪表功能及其风险降低要求，并尽快评估现有安全仪表功能是否满足风险降低要求，制定安全仪表系统管理方案和定期检验测试计划。对于不满足安全仪表功能要求的，要制定相关整改计划和整改方案，完成安全仪表系统评估和完善工作。

（九）针对“两重点一重大”危险化学品生产或存储企业需设置安全仪表系统的要求，以及我省涉及“两重点一重大”的化工企业和危险生产装置在实施安全仪表系统及其相关安全保护措施过程中存在设计、安装、操作和维护管理等生命周期的各阶段，对危险与风险分析不足、设计选型不当、冗余容错结构不合理、缺乏明确的检验测试周期、预防性维护策略针对性不强、部分老旧生产装置甚至没有或不具备配备安全仪表系统等各类问题，为规范安全仪表系统各项工作，制定本指导意见，其目的主要是为我省涉及“两重点一重大”的化工企业和危险生产装置在安全仪表系统提升改造过程中，设置符合国家标准和企业实际需要的安全仪表系统而提出的建议和指导意见。

**二、编制依据**

**（一）国家、行业及地方相关法律、法规、规章文件**

1.《国务院办公厅关于印发危险化学品安全综合治理方案的通知》（国办发〔2016〕88号）

2.《国务院安全生产办公室关于进一步加强危险化学品安全生产指导工作的指导意见》（安委办〔2008〕26号）

3.《危险化学品建设项目安全监督管理办法》（原国家安全生产监督管理总局令第45号[2015年国家安全生产监督管理总局令第79号修改]）

4.《国家安全监管总局关于公布首批重点监管的危险化学品名录的通知》（原安监总管三〔2011〕95号）

5.《国家安全监管总局关于公布第二批重点监管危险化学品名录的通知》（原安监总管三〔2013〕12号）

6.《危险化学品目录》（2015年版）（原国家安全生产监督管理总局等10部门公告2015年第5号）

7.《国家安全监管总局关于公布首批重点监管的危险化工工艺目录的通知》（原安监总管三〔2009〕116号）

8.《国家安全监管总局关于公布第二批重点监管危险化工工艺目录和调整首批重点监管危险化工工艺中部分典型工艺的通知》（原安监总管三〔2013〕3号）

9.《国家安全监管总局 住房城乡建设部关于进一步加强危险化学品建设项目安全设计管理的通知》（原安监总管三〔2013〕76号）

10.《国家安全监管总局关于进一步加强化学品罐区安全管理的通知》（原安监总管三（2014）68号）

11.《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》（原国家安全生产监督管理总局发布第40号令[2015年国家安全生产监督管理总局令第79号修改]）

12.《国家安全监管总局关于加强化学过程安全管理的指导意见》（原安监总管三〔2013〕88号）

13.《国家安全监管总局关于加强化工安全仪表系统管理的指导意见》（原安监总管三〔2014〕116号）

14.《国家安监总局关于开展提升危险化学品领域本质安全水平专项行动的通知》（原安监总管三〔2012〕87号）

15.《危险化学品生产、储存装置个人可接受风险标准和社会可接受风险标准》（试行）（原国家安全生产监督管理总局 公告[2014]13号）

16.《云南省人民政府办公厅关于印发云南省危险化学品安全综合治理实施方案的通知》（云政办函〔2017〕17号）

**（二）国家、行业及地方相关标准、规范**

1.《石油化工企业设计防火标准》(GB 50160-2008，2018版）；

2.《石油化工控制室抗爆设计规范》（GB 50779-2012）；

3.《建筑设计防火规范》(GB 50016-2018)；

4.《精细化工企业工程设计防火标准》（GB 51283-2020）；

5.《爆炸危险环境电力装置设计规范》(GB 50058)；

6.《危险化学品重大危险源辨识》(GB 18218)；

7.《危险化学品经营企业安全技术基本要求》(GB 18265-2019) ；

8.《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》（GB/T 50493）；

9.《危险化学品生产装置和储存设施外部安全防护距离》（GB/T37243-2019）；

10.《石油化工安全仪表系统设计规范》(GB/T 50770)；

11.《过程工业领域安全仪表系统的功能安全 第1部分：框架、定义、系统、硬件和软件要求》(GB/T 21109.1/IEC61511-1)；

12.《过程工业领域安全仪表系统的功能安全 第2部分：GB/T21109.1的应用指南》（GB/T 21109.2/IEC61511-2）；

13.《过程工业领域安全仪表系统的功能安全 第3部分：确定要求的安全完整性等级的指南》（GB/T21109.3/IEC61511-3）；

14.《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第1部分：一般要求》（GB/T 20438.1/IEC61508-1）；

15.《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第2部分：电气/电子/可编程电子安全相关系统的要求》（GB/T 20438.2/IEC61508-2）；

16.《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第3部分：软件要求》（GB/T 20438.3/IEC61508-3）；

17.《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第4部分：定义和缩略语》（GB/T20438.4/IEC61508-4）；

18.《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第5部分：确定安全完整性等级的方法示意》（GB/T20438.5/IEC61508-5）；

19.《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第6部分：GB/T20438.2和GB/T20438.3的应用指南》（GB/T20438.6/IEC61508-6）；

20.《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第7部分：技术和措施概述》（GB/T20438.7/IEC61508-7）；

21.《危险与可操作性分析（HAZOP 分析）应用指南》（GB/T 35320/IEC 61882）；

22.《保护层分析(LOPA)应用指南》（GB/T-32857）；

23.《危险化学品重大危险源安全监控通用技术规范》（AQ 3035）；

24.《危险化学品重大危险源罐区现场安全监控装备设置规范》（AQ 3036）；

25.《危险与可操作性分析（HAZOP 分析）应用导则》（AQ/T3049）；

26.《保护层分析(LOPA)方法应用导则》（AQ/T3054）；

27.《危险与可操作性分析质量控制与审查导则》（T/CCSAS 001-2018）。

所有标准、规范均以现行版本为准。

**三、适用范围及现状分析**

## （一）适用范围

本指导意见适用于云南省乙炔新建和在役乙炔生产及储存企业进行工艺设施安全仪表系统建设和工艺设备过程自动化升级及溶解乙炔设备关键部位的提升改造。

## （二）现状分析

云南省乙炔生产企业目前已基本完成过程控制系统（BPCS）的搭建，相关重要监测点已基本实现过程自动化控制，但适用效果任然缺乏可靠性。为了满足（SIS）安全仪表系统SIL等级，自动化过程控制系统应采用集散系统（DCS）。针对乙炔设备生产标准的提升，需对原BPCS系统进行相关增项升级，并对不满足JB/T 8856-2018《溶解乙炔设备》标准要求的设备进行改造升级或更换。

**（三）原有的过程控制系统（BPCS）还应满足如下功能要求：**

1.清水进水管道需设置压力监测，设置压力低报警(DCS)。

2.清水、渣水高位水箱液位监测联锁，低液位自动开启进水阀门，低低液位报警；高液位自动关闭进水阀（DCS）。

3.电石移动料桶需设置氧含量在线监测，联锁自动氮气置换阀，氧含量小于3%时，氮气置换阀自动关闭（DCS），开启料仓下料阀自动下料，然后手动开启料桶下料阀，下料完成后关闭下料阀，手动关闭料桶下料阀，然后又自动开启氮气置换料桶内的乙炔，方可吊移电石移动料桶。

4.氮气总管设置压力监测，氮气压力低限报警（SIL）。

5.固定料仓设置压力高报警，高高联锁自动停止振荡加料器（DCS）。

6.固定料仓需设置电石存储量在线称重监测，固定料仓可容电石余量小于移动料桶储存容积时，报警提示投料(DCS）。

7.发生器应设置主、副发生器的结构形式。主、副发生器设置温度高报警，高高联锁冷却水调节阀自动补水控温（SIL），通过DCS系统设置温度稳定调节控制,保持温度均衡在一定的参数范围内（80℃以下），有利提高安全稳定性和电石发气效率。

8.主发生器设置内部温度高高报警联锁关闭振荡加料器，并开启清水阀（DCS）。

9.主、副发生器设置液位高低报警联锁，通过DCS系统设置控制液位稳定调节,保持液位均衡在一定的参数范围内（SIL）。

10.主、副发生器上部气相分别设置压力高低报警（SIL），高高自动（破虹吸管或紧急泄放空阀）开启放空。

11.发生器应设置自动补加氮气的开关阀（DCS），当发生器大排渣产生压力迅速降低时，阀门自动开启补氮，防止发生器（含料仓）产生负压。

12.气柜钟罩设置容量（位移）监测，实时进行气柜移位监测，高联锁关闭振荡器，低联锁开启振荡器，高高联锁报警，并自动开启紧急排空阀；低低联锁报警，自动关闭乙炔压缩机（DCS）。

13.气柜设置温度高低报警，高联锁开启自动喷淋阀（DCS）。

14.气柜设置液位高低报警，低联锁开启自动补水阀，高自动关闭补水阀，低报警连锁自动补水(DCS）。

15.气柜需设置压力监测。气柜容积不宜过大，20m3以上的气柜（含20m3）须设置紧急切断阀。当气柜压力达到联锁值时则联锁气柜进气、排气的紧急切断阀进行切断。同时联锁气柜设置的紧急排空阀联锁排空(DCS)。

16.净化塔、中和塔分别设置液位计，并设置高低报警；次氯酸钠配制槽低液位报警，低低液位连锁关闭相应的喷淋循环泵，须紧急进行补液（DCS）。

17.压缩机前设置压力低报警（SIL），低低联锁停压缩机。

18.压缩机出口设置压力高报警（（SIL）），高高联锁停压缩机。

19.压缩机出口设置温度高报警（SIL），高高联锁停压缩机。

20.充装总管必须设置不高于2.5MPa的压力监测（SIL）。

21.各装置区、库房设置可燃气体报警仪（DCS），联锁充装间消防紧急喷淋系统，发生事故时自动连锁开启。

22.设置一键停车系统。当车间任何部位发生故障（事故）时，在集中控制室按DCS（SIL）系统的紧急停车钮，控制全部工艺设备停车，联锁切断乙炔站内生产用电设备的动力电源。主、副发生器压力高时，会通过虹吸管（或紧急放空阀）自动紧急排空。

23.乙炔工艺管道上的自动阀门须设置检修旁路。

24.生产作业区应设置引风设施，防止乙炔泄漏聚集在室内（敞开式和半敞开式厂房除外）。

25.自动阀门均需采用带位置反馈信号装置的阀门，并至少满足乙炔生产的SIL等级。

**（四）原乙炔设备应满足JB/T 8856-2018《溶解乙炔设备》标准，不能满足要求的须升级改造或更换：**

**1.**发生器加水系统应设置空气清除装置，防止高位水箱缺水时空气进入发生器（5.5.1.1.b）。

2.乙炔发生器电磁震荡投料口应设置自动快开阀 ，当电石滑料产生压力高时，自动关闭快开阀（DCS）。（5.5.1.7.a）

3.发生器设置有自动补加氮气的调节阀与发生器压力低低联锁（DCS），当发生器的压力被释放到连锁值时（低低值），阀门自动开启补氮，防止发生器（含料仓）产生负压（5.5.1.7.b）。

4.低压湿式储气柜容量应尽量小，20m3及20m3以上必须装有事故紧急切断阀应急放空阀（5.5.3）。

5乙炔储气柜必须设有压力检测和容器指示措施（DCS）。（5.5.3..8）

6..乙炔净化系统和乙炔高压分子筛必须满足性能技术指标（5.1

“表一”的各项指标性能要求）

7.乙炔压缩机传动皮带必须采用防静电专用皮带（5.5.4..7）。

8.乙炔压缩机电机除设置自动控制开关（DCS），还需设置现场电源紧急切断开关。（5.5.4.8）

9.乙炔充灌排应满足5.5.5条的要求，气瓶充装阀应符合5.6.3.f条款的压力等级要求，且不低于25MPa等级的充装阀和截止阀。

10.乙炔汇流排应按照5.5.6条设置相应的安全设施。

11.乙炔管道及附件应满足5.6相关条款要求，还必须满足5.6.3高压管道和附件安全要求。

12.低压水封器必须满足5.7.3的要求。

13.发生器安全封器应满足5.7.4条相关条款要求。

14.乙炔设备设计寿命应按5.8条执行。

15.乙炔生产的其他工艺设备设施应满足《溶解乙炔设备》的相关要求。

## 四、乙炔SIS改造升级要求及实施措施

（一）进行HAZOP分析：对企业存在有风险的生产和储存装置应采用HAZOP分析SIL定级标准。

（二 ）进行LOPA保护层分析，明确是否需要安全仪表功能SIF的安全完整性。

（三）进行SIS安全仪表设计：结合企业生产和储存装置的具体工艺流程、设备布置、自动化设施现状进行SIS设计。

（四）安全仪表系统SIS应独立于BPCS，HAZOP分析定级，如定级为SIL2级或SIL3级的，须独立完成安全仪表功能。

（五）在发生器压力、温度、液位重要部位设置SIL等级安全仪表，确定关键监测数量，SIL2和SIL3级需满足冗余配置。

（六）压缩机的出口压力和充装总管压力应设置SIL级别的安全仪表。

（七）现场测量仪表及控制阀的电磁阀及阀位开关防护等级均不得低于IP65。

# 五、基础工作

**（一）设置安全仪表系统的范围**

1.按照国家法律、法规及有关规定，云南省内危险化学品生产和储存企业，对本企业涉及危险化学品生产、储存以及涉及危险化学品各环节、各领域中，新建或在役生产装置或设施构成“两重点一重大”（重点监管危险化学品、重点监管危险化工工艺和危险化学品重大危险源）的危险生产工艺和储存装置的安全自动化控制设施进行对标检查，以确定本企业的安全仪表系统是否达到和符合国家标准要求和企业实际需要。对在役装置安全仪表系统不满足功能安全要求的，列入整改计划限期整改，保障危险化学品生产和储存装置安全仪表系统达到功能安全标准的要求，消除潜在的事故隐患，降低事故风险，遏制事故发生，切实提升企业本质安全水平，并建立危险化学品和危险化学工艺安全风险档案。

# 六、安全仪表系统整个生命周期

《过程工业领域安全仪表系统的功能安全》GB/T21109/IEC61511根据安全仪表功能失效产生的后果及风险，将安全仪表功能划分为不同的安全完整性等级，化工企业一般分为SIL1级、SIL2级和SIL3三个等级，SIL3级为最高级。

GB/T21109/IEC61511将安全仪表系统整个生命周期划分为三个主要阶段（即分析、工程执行、操作运行三个阶段），其中分析阶段包括危险及风险评估和功能安全分配两个步骤；工程执行阶段包括SIS安全要求规格书提出SIS设计和工程，及其他风险降低措施等步骤；操作运行阶段包括安装调试及确认、操作及维护、变更及修改，以及停用等步骤，在这三个阶段中有5个关键节点：

节点1：在制定安全要求规格书后，对SIS设计基础的总体审查。

节点2：在完成安全仪表系统的设计后，对SIS设计图纸的总体审查。

节点3：对完成安全仪表系统安装、调试和最终确认，以及制定好的操作规程和维护规程后的审查，也称为开车前的安全审查（PSSR）。（《国家安全监管总局关于加强化学过程安全管理的指导意见》（安监总管三〔2013〕88号），建设项目试生产前，建设单位或总承包商要及时组织设计、施工、监理、生产等单位的工程技术人员开展“三查四定”（三查：查设计漏项、查工程质量、查工程隐患；四定：整改工作定任务、定人员、定时间、定措施），确保施工质量符合有关标准和设计要求，确认工艺危害分析报告中的改进措施和安全保障措施落实。）

节点4：对安装和投运后的安全仪表系统，取得操作和维护经验，对SIS设计的合理性和现场作业的适应性总体审查。

节点5：对已运行的安全仪表系统进行功能安全性修改和停用时，对修改的功能安全进行审查。

节点2和节点3由企业负责组织，邀请有关专家组成专家组进行审查。

节点1、节点4、节点5由企业组织本企业相关技术和管理人员进行行审查，所有记录和资料需专门或专人管理。

对现役涉及“两重点一重大”的化工装置和危险化学品储存设施，企业应尽快全面开展过程危险分析，通过风险分析确定安全仪表功能及其风险降低要求，并尽快评估现有安全仪表功能是否满足风险降低要求，对于不满足要求的安全仪表，通过技术改造达到符合国家标准的要求。

**七、分析阶段**

分析阶段包括危险及风险评估和功能安全分配两个步骤或过程。

**（一）危险和风险评估**

1.根据原安监总管三〔2013〕88号、原安监总管三〔2013〕76号等的要求，云南省内涉及“两重点一重大”的危险化学品生产和储存企业，对本企业存在有风险的生产和储存装置采用HAZOP方法进行分析和识别风险。

2.危险和风险评估按《危险与可操作性分析（HAZOP 分析）应用指南》GB/T 35320/IEC 61882、《危险与可操作性分析（HAZOP 分析）应用导则》AQ/T3049等国家和行业的标准和指南进行，HAZOP 分析按前期准备、分析会议、建议措施、关闭总结等几个阶段划分。

3.HAZOP分析是对一个装置的整体评估，涉及到工艺技术、设计、操作、安全等方方面面的信息。一个完整的资料系统可以使分析更顺畅、更合理。收集的资料包含但不限于以下内容：

◆ 生产装置概述及工艺说明；

◆ 工艺、安全操作规程；

◆ 工艺流程图；

◆ 带控制点工艺管道及仪表流程图；

◆ 平面布置图、控制室平面布置图；

◆ 联锁逻辑图及说明；

◆ 紧急停车（ESD）因果示意图；

◆ 爆炸危险区域划分图；

◆ 相关技改、技术技措的变更和记录；

◆ 历次事故调查分析报告；

◆ 历次安全分析评价报告；

◆ 现役测控仪表、控制阀、液位计、安全阀的配置资料及清单；

◆ 现役联锁保护逻辑值；

◆ 主要/重要设备图；

◆ 其他资料。

4.为使HAZOP分析在我省乙炔生产和储存企业的安全生产管理中发挥应有的作用，为企业HAZOP分析工作提供检查及审核依据， HAZOP 分析结果和分析报告按团体标准《危险与可操作性分析质量控制与审查导则》T/CCSAS 001—2018进行审查和评价。

5.HAZOP 分析报告的质量审查和评定包括以下主要方面：

◆ 危险辨识的系统性、结构性、准确性；

◆ 风险评估和分级的可信性、准确性；

◆ 分析工作表的完整性、准确性、可读性和再用性；

◆ 建议措施的针对性、有效性、可靠性；

◆ 分析报告的完整性。

6.HAZOP分析方法只能提供定性的文字描述（信息或重点），对于复杂化工厂的工艺过程和操作中识别出的高风险（或III级以上风险），在必要的情况下，则对高风险做进一步的定量风险分析，即LOPA分析及SIL定级。

**（二）保护层分析和SIL安全完整性定级**

1.所有的乙炔生产、储存都有潜在的危险，一个典型的危险化学品生产和储存过程中包含各种保护层，如本质安全设计、基本过程控制系统（BPCS）、报警与人员干预、安全仪表功能（SIF）、物理保护（安全阀等）、释放后保护、工厂应急响应和周边社区应急响应等。这些保护层起到了降低事故发生的频率作用。

2.原国家安全监管总局于 2014 年下发了《关于加强化工安全仪表系统管理指导意见》（安监总管三〔2014〕 116 号），要求对新建装置及在役装置开展安全完整性等级（SIL）评估定级工作。通过过程危险分析，充分辨识危险与危险事件，科学确定必要的安全仪表功能，并根据国家法律法规和标准规范对安全风险进行评估，确定必要的风险降低要求。按照所有安全仪表功能的功能性和完整性要求，编制安全仪表系统安全要求技术文件。

3.结合我省危险化学品生产和储存企业的实际和目前国内对于保护层分析及SIL安全完整性等级定级的应用，本指南推荐采用LOPA进行保护层分析和SIL定级。

4.LOPA分析是建立在HAZOP分析基础上，对所有辨识出的高风险或重大风险，列出其初始事件（IE）、后果、独立保护层（IPL）、原始风险、现有风险、要求时的失效概率（PFD）、残余风险等，通过这些描述和数据计算，确定总体上哪些风险需要削减措施，提示是否需要安全仪表功能SIF，及这些安全仪表功能需要满足的 SIL 等级。

5.SIF的安全完整性等级SIL定级是危险化学品生产和储存行业一项新兴的安全保障技术，对于提升企业的安全水平，提高企业经济效益具有重要的促进作用。

6.SIL 定级是指危险化学品生产和储存过程存在的原始风险与人员和社会可容忍风险进行比较，确定安全仪表功能需要的风险降低能力，是 SIL 评估定级的一个重要方面，也是 SIL 验证的前提。安全完整性等级是 SIF 和其它保护层达到规定安全功能可能性的一个度量，一旦设定了允许风险并估算了必要的风险降低，就能分配 SIS 的安全完整性要求。

7.LOPA分析和SIL定级有以下几个主要步骤

（1）设置安全目标（风险矩阵及风险可接受标准）；

（2）执行危害辨识及风险分析来评估现有风险；

（3）识别需要的仪表安全功能；

（4）将需要的安全保护功能分配到不同的保护层；

（5）确认是否需要配置 SIF 回路；

（6）对于配置的 SIF 回路指定其所需的 SIL 等级。

8.SIL安全完整性等级的验证，应当根据SIL安全完整性定级的每个SIF（安全仪表功能）各个组成部分PFD（要求时的失效概率）计算回路整体的要求时的失效概率，计算应充分考虑SIF回路的硬件结构约束特性，SIS系统能力，确认SIF回路能否达到所需的SIL等级要求。

# 八、工程执行阶段

工程执行阶段可分为SIS安全要求规格书提出SIS设计和工程及其他风险降低措施等步骤和过程。

**（一）SIS安全技术要求**

1.在对危险化学品生产和储存设施进行保护层分析（LOPA），发现现有保护层未能削减风险以达到最小个人和社会可容忍风险，则明示增加独立的SIF安全仪表功能、或其他风险降低措施削减现有风险。在确定SIF安全仪表功能回路后，由有资质的设计单位编制安全要求规格书（SRS）。

2.安全要求规格书（SRS）是一组由文档、图表、图纸所组成的文件，它清晰、准确的描述有关SIS设计的全部要求，包括应用程序以及SIS系统的结构等各方面，应按GB/T21109/IEC61511列出的29条应详细的表达内容，至少应包含两方面的要求；

3.安全功能要求，至少包含以下内容；

◆ 对于辨识出的危险事件，工艺安全状态的定义（如阀门打开或关闭）；

◆ 测量参数的类型、量程范围及设定值；

◆ 逻辑控制器的输出及动作；

◆ 输入输出间的逻辑关系；

◆ 失电还是得电的选择；

◆ 当SIS系统失电和阀门失气时应有的响应动作；

◆ 将工艺对象置于安全状态时的响应时间动作；

◆ 自诊断检测出实效时所需动作；

◆ 人机界面的要求；

◆ 旁路操作要求；

◆ 复位功能要求。

4.安全完整性要求，至少包含以下内容；

◆ 每个SIF安全仪表功能的安全完整性等级SIL；

◆ 为达到所需的SIL等级，对自动诊断的要求；

◆ 为达到所需的SIL等级，对测试和维护的要求；

◆ 如果误关断或误操作可能导致的危险后果，对相应可靠性的要求。

**（二）SIS安全仪表设计**

1.安全仪表系统（SIS）的设计以国家标准《石油化工安全仪表系统设计规范》GB/T 50770 和《过程工业领域安全仪表系统的功能安全》GB/T21109/IEC61511为依据并参照具体条文，结合企业生产和储存装置的具体工艺流程、设备布置、自动化设施现状，以提高安全自动化水平，减少人为的不安全因素，杜绝事故的发生，达到保障企业生产的持继稳定，保障企业财产和职工生命的安全的目的。

2.安全仪表系统设置的基本原则

（1）安全仪表系统应满足装置的安全仪表功能，安全完整性等级的要求；

（2）安全仪表系统应兼顾可靠性、可用性、可维护性、可追溯性和经济性，防止设计不足和过度设计；

（3）安全仪表系统由测量仪表（传感器），逻辑控制器和最终元件三部分组成；

（4）安全仪表系统的功能应根据过程危险及可操作性分析，人员、过程、设备及环境的安全保护，以及安全完整性等级的要求确定；

（5）安全仪表系统可实现一个或者多个SIF安全仪表功能，多个安全仪表功能可使用同一安全仪表系统，当多个安全仪表功能在同一个安全仪表系统中实现时，系统内的公用部分应符合各功能中最高安全完整性等级要求；

（6）安全仪表系统应独立于BPCS，并独立完成安全仪表功能；

（7）安全仪表系统不介入或取代基本控制系统的功能，基本控制系统不介入安全仪表的运行和逻辑运算；

（8）安全仪表系统应是故障安全型，当安全仪表系统内部产生故障时，安全仪表系统应能按设计预定方式，将过程转入安全状态。

2.安全仪表系统测量仪表的设置原则

（1）测量仪表应独立设置，如SIL1级安全仪表功能的测量仪表可与基本过程控制系统共用；SIL2级和SIL3级安全仪表功能的测量仪表应与基本过程控制系统分开。

（2）测量仪表的冗余设置，SIL1级安全仪表功能可设置单一测量仪表，SIL2级和SIL3级安全仪表功能的测量仪表应冗余配置，冗余测量仪表设置的数量需满足安全完整性等级验证的要求。

（3）安全仪表系统测量仪表宜采用4~20mA国际标准信号（可叠加HART）,开关量测量仪表可包括过程变量开关、手动开关、按钮、继电器触点等。

（4）测量仪表的电气等级应符合爆炸危险区域划分要求。现场测量仪表的防护等级不低于IP65。

（5）测量仪表的性能和设置满足安全完整性等级要求。

3.安全仪表系统最终元件的设置原则

（1）最终元件应独立设置，SIL1级安全仪表功能的最终元件可与基本过程控制系统共用，SIL2级和SIL3级安全仪表功能的最终元件应与基本过程控制系统分开。

（2）最终元件的冗余设置，除SIL1级安全仪表功能可设置单一控制阀外，SIL2级和SIL3级安全仪表功能的控制阀应冗余配置，控制阀冗余设置可采用一个调节阀和一个切断阀，也可以采用两个控制阀。

（3）控制阀的电磁阀和阀位开关的电气等级应符合爆炸危险区域划分要求。防护等级不低于IP65。

（4）电磁阀宜采用24V DC 长期励磁型，电源由安全仪表系统的冗余电源提供。

4.安全仪表系统逻辑控制器的设置原则

（1）逻辑控制器独立设置，SIL1级安全仪表功能可与基本过程控制系统共用，SIL2级和SIL3级安全仪表功能的逻辑控制器应与基本过程控制系统分开。

（2）逻辑控制器冗余设置，用于安全仪表功能的逻辑控制器应采用冗余逻辑控制器。冗余数量需满足安全完整性等级的验证和计算。

（3）逻辑控制器应符合安全完整等级要求，应独立完成安全仪表功能。

（4）逻辑控制器宜采用可编程电子系统，应取得国家或国际权威机构的功能安全认证。

（5）逻辑控制器的中央处理器单元、输入单元、输出单元、电源单元、通讯单元等应为独立的单元，允许在线更换而不影响逻辑控制器的运行。

（6）逻辑控制器应有硬件和软件的诊断和测试功能，诊断和测试信息可在操作站显示和记录。

5.安全仪表系统通讯接口的设置原则

（1）SIS与BPCS之间的通讯宜采用RS-485/422、MODBUS RTU或者TCP/IP通讯协议。

（2）SIS与BPCS之间通讯宜采用冗余配置，通讯接口应有诊断功能。

（3）除与基本过程控制系统（BPCS）通讯外，安全仪表系统与其他系统之间应采用硬连线的方式。

6.安全仪表系统人机接口的设置原则

（1）安全仪表系统宜设置操作员站，操作员站作为过程信号报警和联锁动作报警的显示和报警。操作员站应提供程序运行、联锁动作、输入/输出转态诊断结果的显示及记录功能。

（2）紧急停车按钮、开关、信号报警器安装在安全仪表系统的辅助操作台上，并有醒目的文字标注。

（3）维护旁路、操作旁路和复位开关可在辅操台上设置硬件开关，也可在安全仪表系统和基本过程控制系统的操作员站设置软件开关。

7.安全仪表系统应用软件的设置原则

（1）应用软件逻辑功能应采用布尔逻辑及布尔代数运算规则，逻辑设计宜采用正逻辑。

（2）应用软件的组态宜采用功能逻辑图或布尔逻辑表达式。

（3）应用软件的安全控制应包含应用软件设计、软件组态及编程、软件集成、软件运行和维护管理、系统确认等。

8.安全仪表系统的设计文件

我省危险化学品生产和储存企业的安全仪表系统（SIS）的设计应由具有甲级资质的设计单位进行设计。全仪表系统设计文件按《化工装置自控工程设计规定》HG/T20636~20639深度执行：

（1）工程设计文件的组成：（不限于以下）

◆ 图纸目录；

◆ 仪表设计规定；

◆ 仪表技术说明书；

◆ 仪表安装说明书；

◆ 仪表索引；

◆ 仪表数据表；

◆ 电缆表；

◆ 仪表伴热绝热表；

◆ 仪表空气分配器表；

◆ 仪表安装材料表；

◆ 控制室内电缆表；

◆ 继电器联锁原理图；

◆ 控制室布置图；

◆ 辅助仪表台布置图；

◆ 继电器箱布置图；

◆ 端子接线图；

◆ 供电系统图；

◆ 供气系统图（供气空视图）

◆ 控制室电缆(管缆)布置图；

◆ 仪表位置图；

◆ 仪表电缆桥架布置总图；

◆ 仪表电缆(管缆)及桥架布置图；

◆ 现场仪表配线图（或仪表接线箱图）；

◆ 仪表伴热管道平面图(或系统图)；

◆ 仪表接地系统图；

◆ 仪表安装图。

（2）SIS系统设计文件的组成：（不限于以下）

◆ 安全要求规格书

◆ 逻辑控制器技术规格书

◆ 联锁系统逻辑图

◆ 仪表回路图

◆ 端子配线图（或由供货商完成）

◆ 接地系统图（或由供货商完成）

◆ 监控数据表

◆ 系统配置图（或由供货商完成）

◆ 机柜及端子(安全栅)柜布置图（或由供货商完成）

注：黑体字表示重点的设计文件。

# 九、操作运行阶段

操作运行阶段分为安装调试及确认、操作及维护、变更及修改，以及停用等步骤和过程。

## （一）逻辑控制器组态和集成

安全逻辑控制系统硬件质量标准及制造商的质量管理体系应符合《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全》GB/T20438/ IEC61508的要求。安全逻辑控制系统以及后续长期的系统保养维护，应遵照《过程工业领域安全仪表系统的功能安全》GB/T21109/IEC61511中的要求。

1.安全逻辑控制系统设备制造商还需提供如下工程文件。（不仅限于以下）；

◆ 硬件规格书；

◆ 软件规格书；

◆ 系统配置图；

◆ 机柜、机架详细尺寸图；

◆ 系统供电及接地图；

◆ 输入输出卡件分配表

◆ 接线端子图；

◆ 最终系统组态图；

◆ 操作界面图；

◆ 负荷计算书；

◆ 功耗计算书；

◆ 操作维护手册

2.安全逻辑控制系统制造商或供货商对所有提供的硬件、软件、技术服务和整套系统的最终运转负有完全责任。

系统供货商的技术服务应包括（但不限于）工程会议、系统工程和设计、技术培训、出厂系验收测试、包装运输、安装指导、现场测试、开工指导、系统移交及质量保证、系统资料和技术支持。

3.安全逻辑控制系统的验收测试包括工厂验收测试、工厂联合测试和现场测试。安全仪表系统的集成、调试及验收测试，应符合技术规格书及功能逻辑图的技术要求。

## （二）现场设备

1.用于安全仪表功能的现场设备硬件质量标准及制造商的质量管理体系应符合《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全》GB/T20438/IEC61508的要求。仪表以及后续长期的系统保养维护，应遵照《过程工业领域安全仪表系统的功能安全》GB/T21109/IEC61511中的要求。

2.安全仪表系统所有现场部件或设备的安装应满足国家标准《过程工业领域安全仪表系统的功能安全》GB/T21109/IEC61511的具体条文要求，根据规范《自控安装图册》（HG/T21581）及详细设计图纸进行安装工作，并正确安装安全仪表系统的所有部件。

3.安全仪表系统的调试需按计划编制所需的所有活动，并对所有调试过程进行记录，如调试运行中出现失败，则需记录失败的原因。

4.安全仪表系统的调试结果符合安全仪表技术要求。