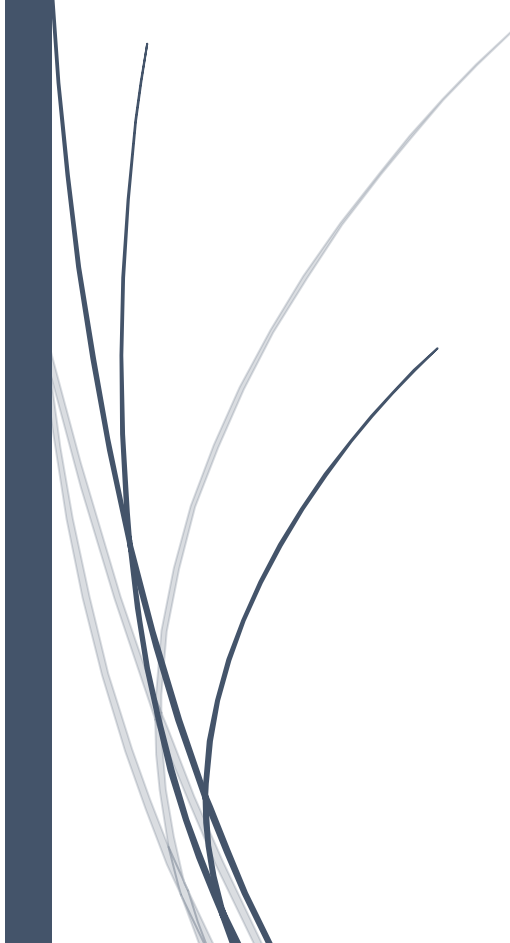


6000 标准立方米每小时含硫石化尾气 精脱硫资源化利用项目

——安全与环境评价报告



设计团队：

成员姓名：

指导老师：

目 录

第一章 安全预评价概述	7
1.1 概述	7
1.2 意义	7
1.3 依据	8
1.3.1 法律法规	8
1.3.2 依据	9
1.4 目的	10
1.5 原则	11
1.6 内容	11
1.7 程序	11
第二章 项目建设情况	12
2.1 项目内部基本情况	12
2.1.1 项目简介	12
2.1.2 项目概况	13
2.1.3 原料及产品规划	13
2.1.4 工艺情况	13
第三章 安全预评价方法和评价单元	20
3.1 概述	20
3.2 评价单元的划分	20
3.2.1 原则	20
3.2.2 划分	21
3.3 评价方法	21
3.3.1 安全检查表法（SCL）	21
3.3.2 预先危险性分析方法（PHA）	21
3.3.3 危险与可操作性研究法（HAZOP）	23
3.3.4 事故树（FTA）	26
3.3.5 危险度评价法	27

3.4 评价方法的比较	27
第四章 安全危害	29
4.1 危险、有害因素辨识与分析依据	29
4.1.1 危险、有害因素辨识中的术语和定义	29
4.1.2 危险、有害因素辨识的依据	29
4.2 危险、有害因素的分类	30
4.2.1 按导致事故的直接原因进行分类	30
4.2.2 按参照事物类别进行分类	31
4.3 危险、有害因素的识别	33
4.3.1 主要危险物的物性	33
4.3.2 设备和装置有害因素的识别	36
4.4 过程危险、有害因素分析结果	36
4.4.1 火灾爆炸事故分析结果	36
4.4.2 中毒窒息事故分析结果	37
4.4.3 其他危险、有害因素分析	37
4.5 重大危险源的辨识与分级结果	37
第五章 安全设施和措施	38
5.1 安全设施投资概算	38
5.1.1 建设项目总投资概算	38
5.1.2 安全设施投资概算和分类投资概算	38
5.1.3 安全设施分类投资概算占安全设施投资比例	38
5.2 安全措施	39
5.2.1 采取安全对策措施的原则	39
5.2.2 防火防爆措施	39
5.2.3 防噪声	39
5.2.4 防高温、低温	40
5.2.5 防中毒措施	40
5.2.6 防灼伤措施	40
5.2.7 防机械伤害及坠落意外伤害措施	40

5.2.8 防静电措施	40
第六章 事故预防及应急措施	42
6.1 事故预防	42
6.2 应急救援预案的作用	42
6.3 应急救援措施	43
6.3.1 火灾、爆炸事故的应急救援措施.....	43
6.3.2 中毒事故的应急救援措施	44
6.3.3 触电事故的应急救援措施	44
第七章 安全管理机构的设置和人员配备	46
7.1 应急救援机构、及人员组成分配	46
7.1.1 应急救援体系组织结构	46
7.1.2 指挥机构	46
7.1.3 指挥机构职责	47
7.2 报警及紧急通讯方式	48
第八章 安全条件和安全生产	49
8.1 安全生产条件论证	49
8.1.1 主要装置设备及储存设施的匹配性分析.....	49
8.1.2 危险操作岗位分析	49
8.1.3 从业人员基本条件分析	50
第九章 环境问题分析	52
9.1 自然环境概况	52
9.1.1 地质地貌	52
9.1.2 气候	52
9.1.3 水文	52
9.1.4 水资源	53
9.1.5 土地资源	53
9.1.6 矿产资源	53
9.1.7 植物资源	54
9.1.8 动物资源	54

9.1.9 社会环境	54
9.2 环境质量现状调查及评价	54
9.2.1 空气环境质量现状调查及评价	54
9.2.2 地表水环境质量现状调查与评价	55
9.2.3 声环境质量现状评价	56
9.3 施工期水环境影响分析	56
9.4 施工期固体废物影响分析	57
9.5 施工期的生态影响分析	57
第十章 环境风险评价	59
10.1 环境风险评价的内容	59
10.2 风险识别	59
10.3 评价等级及评价范围	60
10.3.1 环境风险评价等级	60
10.3.2 环境风险评价范围	60
10.4 潜在的风险因素识别	60
10.5 事故发生对环境的影响	62
10.6 环境风险防范措施	62
10.6.1 熟悉风险防范措施	62
10.7 应急预案体系	63
10.8 风险管理	64
10.8.1 风险防范措施	64
10.8.2 应急预案	64
10.8.3 应急系统组织	65
第十一章 环境影响经济损益分析	66
11.1 概述	66
11.2 环境保护费用	66
11.3 环境保护效益	66
11.4 环境影响经济损益分析	66
11.5 小结	67

第十二章 环境保护措施	68
12.1 废气污染及处理	68
12.2 废水污染及处理	68
12.3 固体废物污染源分析	69
12.4 噪声污染源	69
12.5 绿化	70
第十三章 总量控制	72
13.1 总量控制因子	72
13.2 总量控制建议	72
第十四章 公众参与	73
14.1 公众参与目的	73
14.2 指导思想和基本原则	73
14.3 调查方法	73
第十五章 清洁生产分析	74
15.1 清洁生产分析	74
15.1.1 概述	74
15.1.2 本项目清洁生产分析	75
15.1.3 生产过程清洁分析	75
15.1.4 清洁生产措施	76
15.1.5 实施生产全过程控制	77
15.1.6 实施材料优化管理	77
第十六章 结论和建议	79
16.1 安全生产结论及建议	79
16.2 环境保护结论及建议	80

第一章 安全预评价概述

1.1 概述

安全评价，国外也称为风险评价或危险评价，它是以实现工程、系统安全为目的，应用安全系统工程原理和方法，对工程、系统中存在的危险、有害因素进行辨识与分析，判断工程、系统发生事故和职业危害的可能性及其严重程度，从而为制定防范措施和管理决策提供科学依据。安全评价既需要安全评价理论的支撑，又需要理论与实际经验的结合，二者缺一不可。

本次预评价的目的在于辨识本项目投产运行中存在的主要危险、有害因素及其能够产生危险、危害后果的主要条件。结合现场勘察和可行性研究报告,评估工程项目的危险、危害程度,以及事故出现的可能性和危害性;评估危险因素的控制和抵御能力以及应急救援计划是否有效,考查各种安全管理机制是否健全,安全保护设施是否有效。运用科学的评价方法,提出安全卫生风险控制措施的建议和要求。以保证建设项目劳动安全“三同时”规定的有效贯彻,进而实现建设工程的本质化安全 and 生产效益的稳步增长。通过对拟建工程的潜在危险、有害因素进行定性、定量分析与评价,明确其危险等级或程度,提出消除、预防生产过程中的危险性和提高装置安全运行的对策措施,为本工程的劳动安全卫生设计、生产安全运行以及日常的安全管理和安全投入提供依据。同时为安全生产监督管理部门实施监督管理提供依据。

1.2 意义

安全评价的意义在于可有效地预防事故发生，减少财产损失和人员伤亡、伤害。安全评价与日常安全管理和安全监督监察工作不同，安全评价是从技术带来的负效应出发，分析、论证和评估由此产生的损失和伤害的可能性、影响范围、严重程度及应采取的对策措施等。

1) 安全评价是安全生产管理的一个必要组成部分“安全第一，预防为主”是我国安全生产的基本方针，作为预测、预防事故重要手段的安全评价，在贯彻安全生产方针中有着十分重要的作用，通过安全评价可确认生产经营单位是否具备了安全生产条件。

2) 有助于政府安全监督管理部门对生产经营单位的安全生产实行宏观控制安全评价工作，特别是安全预评价，将有效地提高工程安全设计的质量和投产后的安全可靠程度；投产时的安全验收评价，是根据国家有关技术标准、规范对设备、设施和系统进行符合性评价，提高安全达标水平；系统运转阶段的安全技术、安全管理、安全教育等方面的安全现状评价，可客观地对生产经营单位安全水平作出结论，使生产经营单位不仅了解可能存在的危险性，而且明确如何改进安全状况，同时也为安全管理部门了解生产经营单位安全生产现状、实施宏观控制提供基础资料。

3) 有助于安全投资的合理选择安全评价不仅能确认系统的危险性，而且还 0 能进一步考虑危险性发展为事故的可能性及事故造成损失的严重程度，进而计算事故造成的危害，即风险率，并以此说明系统危险可能造成负效益的大小，以便合理地选择控制、消除事故发生的措施，确定安全措施投资的多少，从而使安全投入和可能减少的负效益达到合理的平衡。

4) 有助于提高生产经营单位的安全管理水平安全评价可以使生产经营单位的安全管理变事后处理为事先预测、预防。

1.3 依据

1.3.1 法律法规

《中华人民共和国安全生产法》有如下规定：

第二十五条矿山建设项目和用于生产、储存危险物品的建设项目，应当分别按照国家有关规定进行安全条件论证和安全评价。

第六十二条承担安全评价、认证、检测、检验的机构应当具备国家规定的资质条件，并对其作出的安全评价、认证、检测、检验的结果负责。

《安全生产许可条例》有如下规定：

第二条国家对矿山企业、建筑施工企业和危险化学品、烟花爆竹、民用爆破器材生产企业（以下统称企业）实行安全生产许可制度。企业未取得安全生产许可证的，不得从事

生产活动。

第六条企业取得安全生产许可证，应当具备下列安全生产条件：

-
- (1) 建立、健全安全生产责任制，制定完备的安全生产规章制度和操作规程；
 - (2) 安全投入符合安全生产要求；
 - (3) 设置安全生产管理机构，配备专职安全生产管理人员；
 - (4) 主要负责人和安全生产管理人员经考核合格；
 - (5) 特种作业人员经有关业务主管部门考核合格，取得特种作业操作资格证书；
 - (6) 从业人员经安全生产教育和培训合格；
 - (7) 依法参加工伤保险，为从业人员缴纳保险费；
 - (8) 厂房、作业场所和安全设施、设备、工艺符合有关安全生产法律、法规、标准和规程的要求；
 - (9) 有职业危害防治措施，并为从业人员配备符合国家标准或者行业标准的劳动防护用品；
 - (10) 依法进行安全评价；
 - (11) 有重大危险源检测、评估、监控措施和应急预案；
 - (12) 有生产安全事故应急救援预案、应急救援组织或者应急救援人员，配备必要的应急救援器材、设备；
 - (13) 法律、法规规定的其他条件。

1.3.2 依据

- (1) 《中华人民共和国安全生产法》（2002 年 11 月 1 日起施行）
- (2) 《中华人民共和国消防法》（2009 年 5 月 1 日起施行）
- (3) 《中华人民共和国突发事件应对法》（2007 年 11 月 1 日起施行）
- (4) 《危险化学品安全管理条例》（国务院令 第 591 号）
- (5) 《危险化学品等级管理办法》（国经贸令 第 35 号）
- (6) 《中华人民共和国监控化学品管理条例》（国务院令 第 190 号）
- (7) 《使用有毒物品作业场所劳动保护条例》（国务院令 第 352 号）
- (8) 《危险化学品名录》（2012 版）
- (9) 《剧毒化学品目录》（2012 版）
- (10) 《浙江省产业结构调整指导目录》（2007 版）

-
- (11) 《安全评价通则》AQ8001-2007
 - (12) 《危险货物品名表》GB12268-2005
 - (13) 《工业企业设计卫生标准》GBZ1-2010
 - (14) 《化工企业安全卫生设计规定》HG20571-1995
 - (15) 《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB50058-1992
 - (16) 《危险化学品重大危险源辨识》GB18218-2009
 - (17) 《防止静电事故通用导则》GB12158-2006
 - (18) 《建筑物防雷设计规范》GB50057-2000
 - (19) 《石油化工构筑物抗震设计规范》SH/T 3147-2004
 - (20) 《石油化工企业设计防火规范》（GB50160-92 及 1999 年局部修改条文）
 - (21) 《石油化工储运系统罐区设计规范》（SH3007-1999）
 - (22) 《钢制管道及储罐腐蚀控制设计规范》（SY0007-1999）
 - (23) 《石油化工企业厂区总平面布置设计规范》（SH/T3053-2002）
 - (24) 《石油化工企业卫生防护距离》（SH3093-1999）
 - (25) 《工业企业照明设计标准》（GB50034-92）

1.4 目的

(1) 本次预评价的目的在于搞清楚本工程投产运行后存在的主要危险、有害因素及其产生危险、危害后果的主要条件。

(2) 结合现场勘察和可行性研究报告，评估工程项目的危险、危害程度，以及事故出现的可能性和危害性。

(3) 评估危险因素的控制和抵御能力以及应急救援计划是否有效，考查各种安全管理机制是否健全，安全保护设施是否有效。

(4) 补充提出消除、预防或减弱装置危险性、提高装置安全运行等级的对策措施，为工程下一步的劳动安全卫生设计提供依据，以最终实现工程的本质安全化。

(5) 保证建设项目劳动安全“三同时”规定的有效贯彻，使劳动安全卫生设施与本项目同时设计、同时施工、同时投入使用，进而实现建设工程的本质化安全 and 生产、效益的稳步增长。

为安全生产综合管理部门实施监督、管理提供依据。同时，预评价的结论可为安全生产综合管理部门审批工程初步设计文件提供依据。

1.5 原则

- (1) 严格执行国家、地方与行业现行有关方面的法律、法规和标准，坚持客观、科学、公正的安全评价原则，保证评价的科学性和公正性。
- (2) 坚持尊重客观、实事求是的原则；采用可靠、适用的评价方法，使评价工作。
- (3) 全面、准确；突出重点，确保评价质量。

1.6 内容

- (1) 分析生产物料的物理、化学特性，及与其相关联的设备、设施、防灾工具的设置以及老化程度的问题。
- (2) 分析安全管理机构和安全操作人员配备的合理性，及管理制度及安全操作规程的可靠性、先进性、科学性。
- (3) 分析物料生产、经营、贮存区域内的安全情况，及与其周边相近的建筑物和居民环境情况。
- (4) 分析正常工作情况下的危险因素，及出现突发事故后的危害损失及如何减灾的问题。
- (5) 分析人一机系统自有的因素，及气候变化风雨雷电等自然灾害外来的危险、危害因素互相作用的结果。

1.7 程序

安全性预评价的程序包括:准备阶段;危险、有害因素识别与分析;确定安全评价单元;选择安全评价方法;定性、定量评价;安全对策措施及建议;安全评价结论;编制安全评价报告。

第二章 项目建设情况

2.1 项目内部基本情况

2.1.1 项目简介

硫化氢是一种无色、有臭鸡蛋气味的毒性气体，人体吸入硫化氢可引起急性中毒和慢性损害，在接触极高浓度硫化氢时，可发生“电击样”中毒，接触者在数秒内突然倒下，呼吸停止。长期反复吸入一定量的硫化氢可引起嗅觉减退，以及出现神经衰弱综合征和植物神经功能障碍。大气中硫化物污染的主要来源是人造纤维、天然气净化、硫化染料、石油精炼、煤气制造、污水处理、造纸等生产工艺及有机物腐败过程，世界上有 32% 的硫化氢来自石油煤炭的裂解，37.3% 来自发电厂，少量由动物尸体腐烂反应得到，未经处理即排入大气，将使我国 SO_2 的排放总量步入世界第一位，其中燃煤造成的含硫排放物连续多年超过 1800 万吨，致使我国酸雨和二氧化硫污染日趋严重。而我国自 2008 年奥运会以来倡导绿色化工，要求化工生产过程做到零污染零排放，因此随着对空气质量的要求的提高，除去化工生产尾气中的含硫物质迫在眉睫，其中 MDEA 胺液脱硫法前景广阔操作简单脱硫程度高。而利用硫化氢和氢氧化钠合成的硫氢化钠是重要的有机化工原料，染料工业用于合成有机中间体和制备硫化染料的助剂。制革工业用于生皮的脱毛及鞣革，还用于废水处理。化肥工业用于脱去活性炭脱硫剂中的单体硫。是制造硫化铵及农药乙硫醇半成品的原料。采矿工业大量用于铜矿选矿。人造纤维生产中用于亚硫酸染色等方面。等行业中有广泛的应用。随着硫氢化钠下游产品的飞速发展，全球范围内硫氢化钠产能在近些年内大幅提升。

随着我国今后几年中硫化氢等有害气体排放的增加，加快除硫磺以外的硫氢化钠化工的综合发展已成为我国再生化工可持续发展的一项重要课题。

对于硫氢化钠在农业中使用的技术的饱和，世界上对皮革，纺织品等的需求仍在不断上升。随着硫氢化钠下游产品的飞速发展，全球范围内硫氢化钠产能在近些年内大幅提升，所以该项目有着广阔的发展前景。

本工艺选用 MDEA 法进行粗脱硫，溶剂再生，富集生成的塔顶酸气进入下一个工段生产 45% 的 NaHS 溶液，尾气进行 Claus 深脱处理。

本工艺主要产品：45% NaHS 。

2.1.2 项目概况

项目名称：6000 标准立方米每小时含硫石化尾气精脱硫资源化利用项目
地理位置：湖北省荆门市荆门石化

操作制度 本项目为连续化生产，年运行时间为 8000 小时。生产三班轮值，根据《中华人民共和国劳动法》，每周工作 168 个小时：为确保生产安全顺利进行，生产部、保卫部采用“五班三运转”，其余部门采用一班制：个别操作按照需要进行一班制定员，夜间轮值管理。

2.1.3 原料及产品规划

表 2-1 原料

原料名称	数量（万吨/年）	来源
含硫干气	4.5680	总厂提供
MDEA溶液	21.5（一次性购）	外购
NaOH溶液	1.12	外购

2.1.4 工艺情况

2.1.4.1 干气脱硫工段

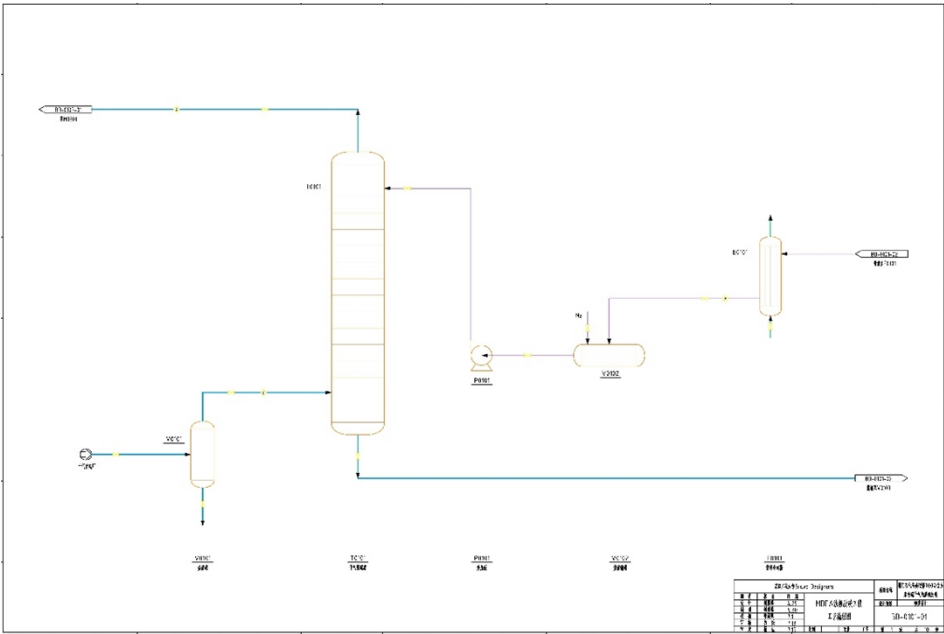


图 3-1 干气脱硫工段—吸收塔

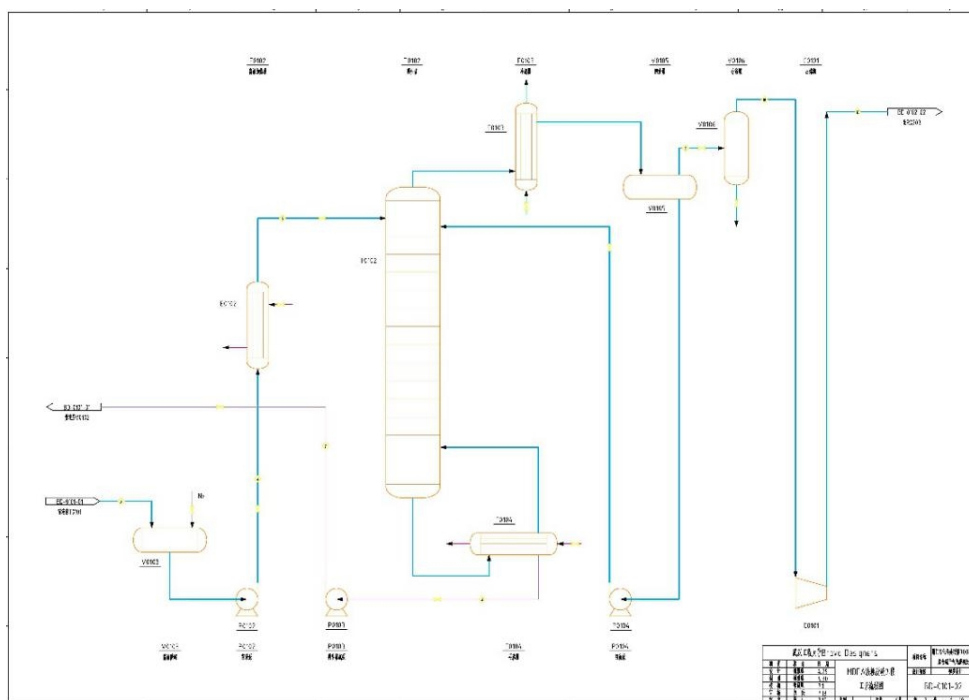


图 3-2 干气脱硫工段--再生塔

流程见上图 3-1、3-2 在干气脱硫工段中，含硫干气自总厂来，经过闪蒸罐分离多碳烃后气体从塔底进入吸收塔 T0101，同时 MDEA 贫液从塔顶进入吸收塔，在板式吸收塔内 61℃下发生气液传质，最终经过粗脱后的干气进入第三个工段，其含硫量为 170PPM，同时吸收硫化氢后的 MDEA 富液进入缓冲罐后打入换热器将液体加热至 90℃后进入从第三块板进入再生塔 T0102，发生解吸过程，而后再生的 MDEA 贫液进入再沸器，一部分再次进入塔内，一部分则经冷却送去 MDEA 储罐，准备再次进入吸收塔。被解吸出来的高浓度的硫化氢气体则经过分液后经过鼓风机送入下一工段——合成硫氢化钠工段。

该工段工艺特点：再生塔底 MDEA 贫液循环再生打回吸收塔，节约了吸收剂的用量，降低了经济成本

2.1.4.2 合成硫氢化钠工段

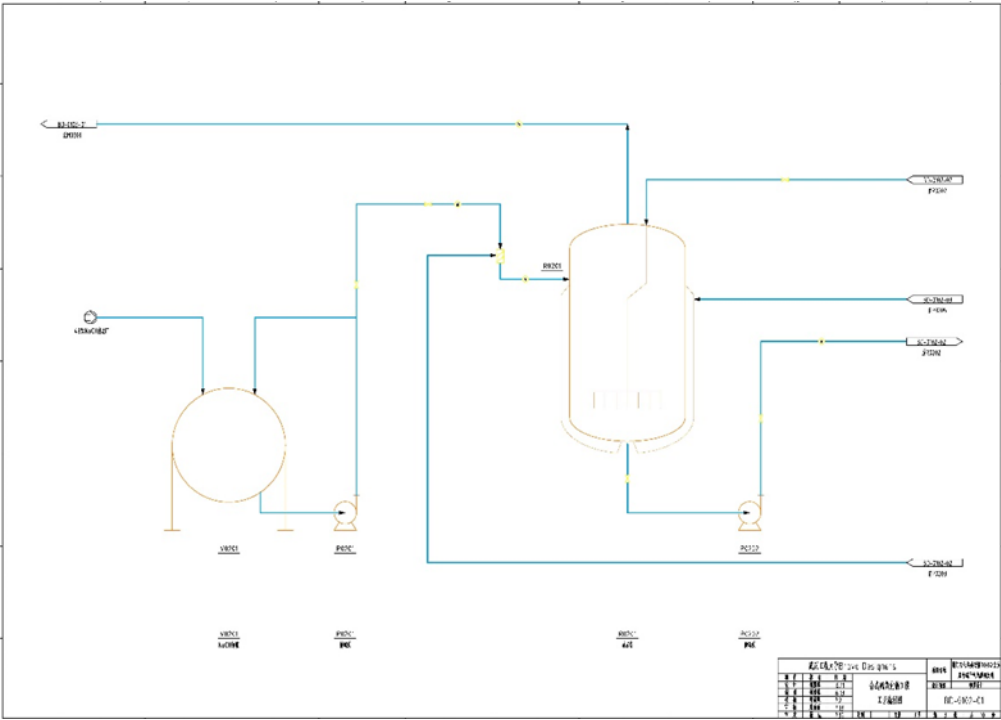


图 3-3 合成硫氢化钠工段—储罐+反应釜 1

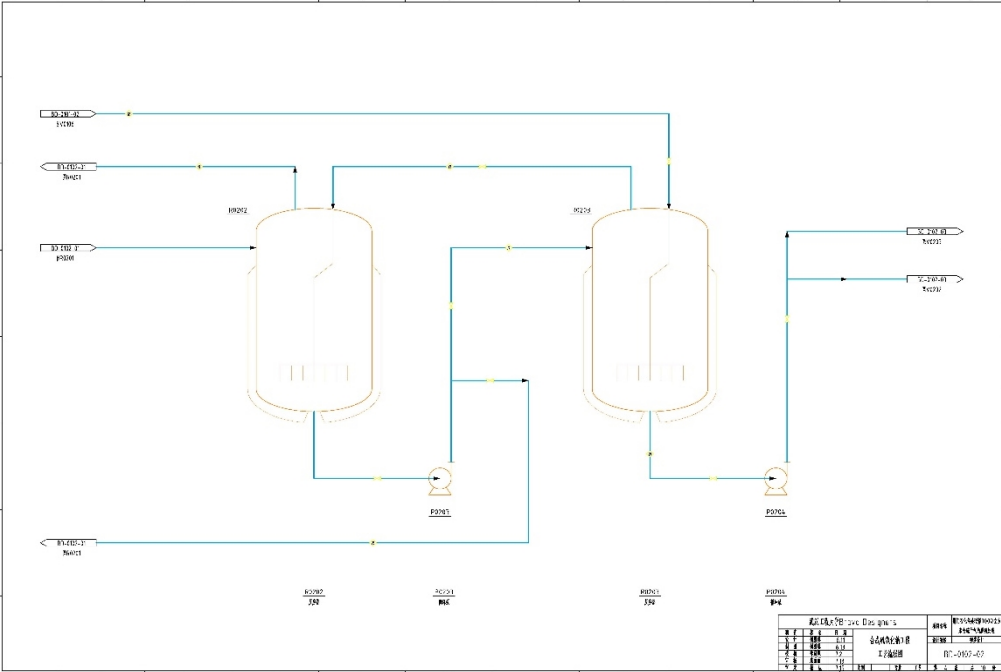


图 3-4 合成硫氢化钠工段—串联反应釜 2+3

工艺条件控制方面：各阶段容易控制并保持在最适宜条件，过程的进行均衡而稳定，可获得高反应速率和高的设备生产强度。

操作方面：原料和产物的装卸没有间歇，过程易于间歇化或程序控制，操作易保持稳定，便于实现大规模生产，可大量生产均一且质量合乎标准的产品。

经济效益方面：生产周期明显缩短，劳动生产率大大提高，减少了器械和附属设备的容积和厂房的投资，降低了产品的成本，有利于物料和能量的充分利用和综合利用。

易回收能量，可用热料来加热冷料或用冷料来冷却热料。

设备利用率高，不必停车装卸料，在同样产量条件下可减少设备台数。

总体而言，连续操作方法比间歇操作方法更优越，现代化学工业中绝大部分大型生产过程采用连续操作方法。

（2）采用逆流进料，优点如下：

逆流进料热交换或传质较完全，物料或容量利用得更为充分

逆流操作有较大的平均推动力，从而有较大的传热或传质速率，操作设备所需有效容积减少，设备费用减小

（3）采用高效半循环在一、二级反应釜中间让部分 NaOH 溶液回流至三级反应釜，优点如下：

循环过程是把未起反应的物质当作原料与新的反应物混合后再重新进入循环系统的开端从而使得 NaOH 的转化率进一步提高。

2.1.4.3 CLAU S 深度脱硫工段

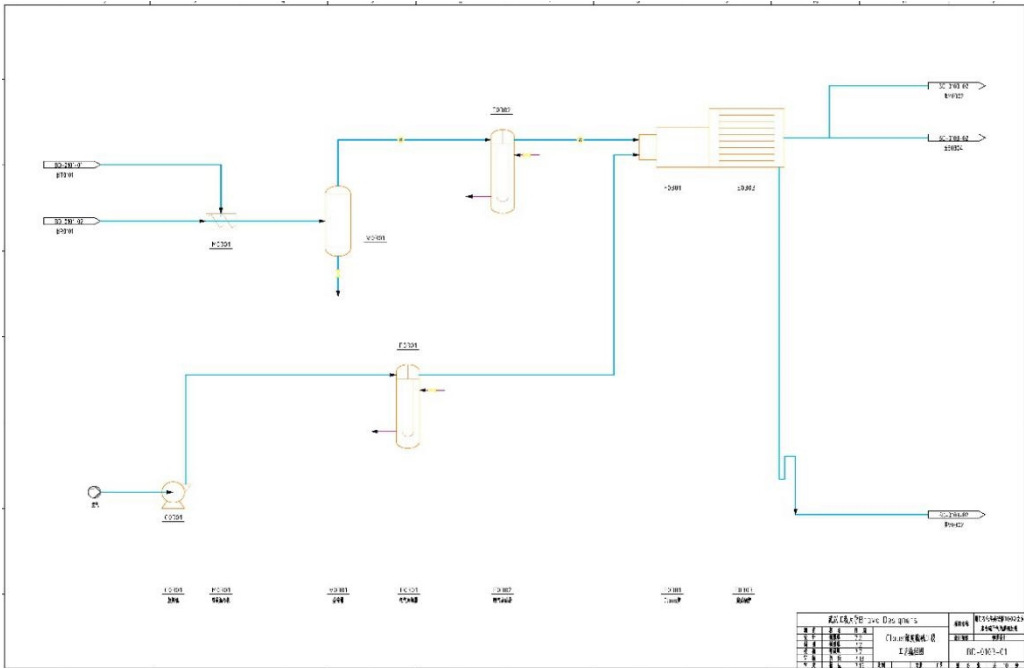


图 3-6 克劳斯深度脱硫工段—CLAUS 炉+废热炉

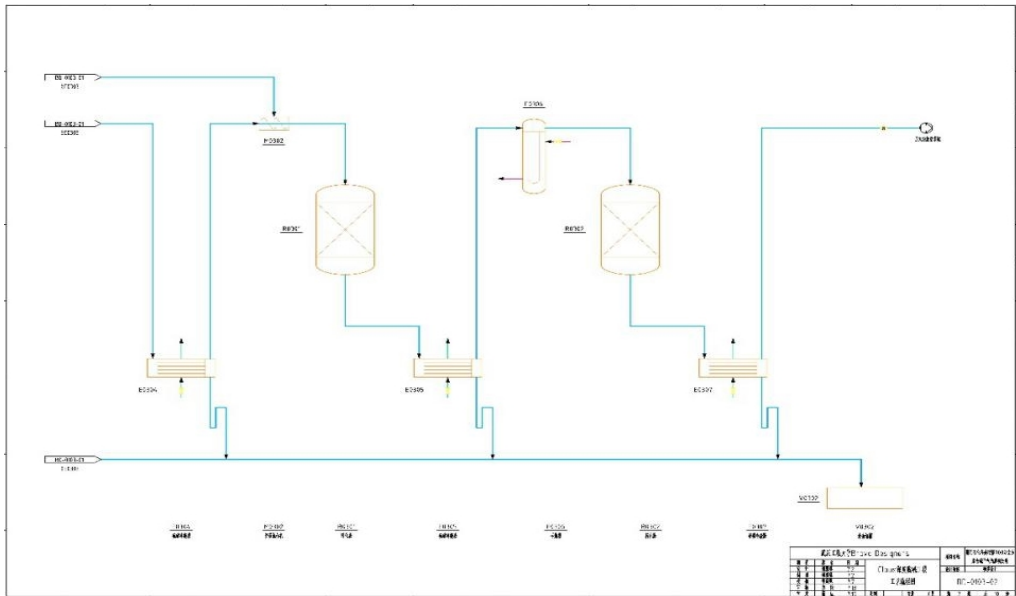
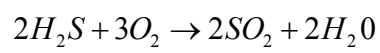
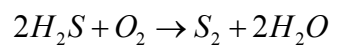
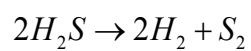


图 3-7 克劳斯深度脱硫工段—转化器+冷凝器

流程图见上面图 3-6、3-7 自前面两个工段送来的少量含硫废气经混合分液后进入换热器预热至 170℃ 预热进入克劳斯炉，同时空气经预热预热至 230℃ 后由鼓风机送入克劳斯炉，在炉内硫化氢被氧化成二氧化硫，反应温度为 1050℃，在炉内发生以下反应：



其中，归中反应占 60%于是剩下的硫化氢则进入转化器，其转化率高达 93.9%，在 300℃下发生如下反应：



最终从二级转化器出来的含硫废气中的硫化氢含量低至 11PPM,二氧化硫含量低至 75PPM。

本工段工艺特点：

采用掺合—换热式加热法改进克劳斯，减少能耗。

第三章 安全预评价方法和评价单元

3.1 概述

安全评价方法是对系统的危险因素、有害因素及其危险、危害程度进行分析、评价的工具。每种评价方法的原理、目标、应用条件、适用的评价对象、工作量均不尽相同。安全现状评价常用的评价方法有很多种，在这里着重介绍安全检查表分析法、预先危险性分析方法和危险度评价法。为了能更好的通过各种评价方法对整个工厂的安全进行评价，划分评价单元是必要的，也是使得选择的评价方法更好的被利用的一个辅助措施。

3.2 评价单元的划分

3.2.1 原则

按照《安全验收评价导则》（AQ8003-2007）的要求，根据项目安全验收评价的特点、项目厂址地区的自然条件、基本工艺条件、危险、有害因素分布及状况以及便于实施评价为原则。

评价单元一般以生产工艺、工艺装置、物料的特点和特征，有机结合危险、有害因素的类别、分步进行划分，还可以按评价的需要，将一个评价单元再划分为若干子评价单元或更细致的评价单元。该项目评价单元划分的原则如下：

（1）以项目自然平面布局为基础，考虑各车间、装置在平面、空间布置的相互关系划分单元；

（2）考虑工艺技术上的相互联系，将工艺联系紧密的一个或几个主体生产设备、设施划分为一个单元；

（3）考虑危险、有害因素分布及状况，以主要危险形式为依据，将设备设施、工艺、作业环境等方面存在明显差异的对象划分为不同的单元；

（4）安全评价单元划分应便于实施评价。

3.2.2 划分

评价单元就是在危险、有害因素分析的基础上，根据评价目标和评价方法的需要，将系统分成的有限、确定范围进行评价的单元。

评价单元的划分是为评价目标和评价方法服务的，为便于评价工作的进行，有利于提高评价工作的准确性；评价单元一般根据生产工艺装置、物料的特点和特征与危险、有害因素的类别、分布等因素进行划分，还可以按评价的需要将一个评价单元再划分为若干子评价单元或更细致的单元。

我们将本项目划分为以下三个单元：

- 1、厂址及总平面布置评价单元；
- 2、生产工艺安全评价单元；
- 3、火灾爆炸评价单元；

3.3 评价方法

3.3.1 安全检查表法（SCL）

安全检查表（Safety Check List，简称 SCL）是一种对系统定性分析和检查方式。它将评价的整个系统分成若干子系统，对子系统中存在的安全问题，根据规程、标准、经验和事故报告等资料等进行周密的考虑，将检查的项目和要点列在表上，以便于按既定项目进行安全检查和诊断。这种系统安全检查表的优点是可以使检查人员考虑问题及实施检查时不致遗漏，使检查工作规范化、标准化。

使用安全检查表可发现工程的自然环境、现场环境以及设计中工艺、设备本身存在的缺陷，防护装置的缺陷，保护器具和个体防护用品的缺陷以及安全管理等诸多方面的潜在危险因素，从而找出造成人的不安全行为与物的不安全状态。

3.3.2 预先危险性分析方法（PHA）

预先危险性分析（简称 PHA）是在进行某项工程活动（包括设计、施工、生产、维修等）之前，对系统存在的各种危险因素（类别、分布）、出现条件和事故可能造成的后果进行宏观、概略分析的系统安全分析方法。该方法是一种应用范围较广的定性评价方法。

◆ 分析评价目的

采用预先危险性分析方法的目的是早期发现系统的潜在危险因素，确定系统的危险性等级，提出相应的防范措施，防止这些危险因素成为事故，避免考虑不周所造成的损失。

◆ 分析步骤

①熟悉对象系统

确切了解对象系统的生产目的、工艺流程、生产设备、物料、操作条件、辅助设施、环境状况等资料，搜集类似系统、设备和事故统计、分析资料，以弥补早期分析系统存在的危险、有害因素。

②分析危险、有害因素和触发事件

从有害物质、工艺条件、设备故障、人员失误及外界影响等方面分析系统存在的危险、有害因素。

③推测可能导致的事故类型和危险危害程度

④确定危险、有害因素后果的危险等级

⑤按危险、有害因素导致的事故、危害的危险（危害）程度，将危险、有害因素划分为四个危险等级。危险程度等级划分见下表。

⑦制定相应安全措施：按危险、有害因素后果危险等级的轻、重、缓、急，采取相应的对策措施。

表 3-1 系统危险、有害因素危险程度等级划分表

危险等级	可能造成的伤害和损失
I 级	安全的、可以忽略
II 级	临界的。处于事故边缘状态，暂时尚不能造成伤亡和财产损失，应予以排除或采取控制措施
III级	危险的，会造成人员伤亡和系统损坏，要立即采取措施
IV级	破坏性的，会造成灾难性事故，必须立即排除

3.3.3 危险与可操作性研究法（HAZOP）

HAZOP 分析法是按照科学的程序和方法，从系统的角度出发对工程项目或生产装置中潜在的危险进行预先的识别、分析和评价，识别出生产装置设计及操作和维修程序，并提出改进意见和建议，以提高装置工艺过程的安全性和可操作性，为制定基本防灾措施和应急预案进行决策提供依据。

针对泵 P0205 节点进行 HAZOP 分析，并对流程图中的问题进行风险分析。以 R0203 反应器为例，P0205 节点的设备见表 5-6。

表 5-6 P0205 节点设备

设备序号	设备名称
R0203	反应釜
V0202	缓冲罐

采用的引导词包括 MORE，LESS，NO 及 REVERSE，采用的参数包括温度、压力、流量、液位这四个参数。

使用的 HAZOP 风险矩阵见表 5-7.：

表 5-7 HAZOP 风险矩阵

		频率				
		A	B	C	D	E
		(<0.001)	(0.01-0.001)	(0.1-0.01)	(1-0.1)	(10-1)
后果严重 程度	1.灾难（数人死亡）	高	高	高	高	高
	2.重大（一人死亡）	中	高	高	高	高
	3.严重（终身残疾）	中	中	高	高	高
	4.一般（需医疗救助）	低	中	中	中	高
	5.较小（较小伤害）	低	低	低	低	中

下面以泵的 HAZOP 分析为例说明分析过程。

对于反应器 P0205 的 HAZOP 分析，共对反应器的温度、压力、流量、液位进行了多种偏差的原因、结果、保护措施分析，给出了风险等级及建议。

表 5-8 反应釜的 HAZOP 分析

	偏差	原因	结果	保护措施	建议
--	----	----	----	------	----

参 数					
气 体 进 料 流 量	MORE	调节阀损坏	气体量过大浓度过高导致爆炸；换热温度达不到要求导致反应釜内温度升高。	反应釜有安全阀，防爆；调节阀有辅助支路；	加流量警报。
	LESS	调节阀损坏、管路阻塞、上游管路泄露	反应无法正常进行，出料里面气体含量增加，反应釜失温。	气体进料增加控制	经常检修上游管路是否泄漏。
	REVERSE	后面管路堵了，存在压力差导致倒吸	反应产物无法及时排除，造成反应釜压力增大，发生爆炸。	反应釜安装放空阀，压力过大，即可通过泄压管路，降低反应釜压力	增加流量监控，联锁停车
气 体 出 料 流 量	MORE	上游压力过大。	反应停留时间不够	上游增加缓冲罐，并通过控制装置，是流量稳定	流量监控
	LESS/NO	进料管线泄露，气体管路堵塞	反应釜负荷大大减小，没有在正常负荷下工作	无	有安排地检修管道，防止阻塞，增加气体流量低限报警。
	REVERSE	反应釜下游阻塞	反应釜压力过大，产生爆炸	无	增加气体流量监控，增加气体失压与反应釜停车的联锁。
反 应 器 温 度	MORE	气体进料过多	反应釜催化剂飞温，增加爆炸的可能性。反应釜压力升高引发爆炸	控制装置控制混合氧气喷嘴进料量	注意监控反应釜温度，增加反应釜的巡检次数，建立适当的巡检机制。建立高温高压与反应釜缓冲罐泄压阀、排凝阀的联锁。
	LESS	气体进料过低	反应釜反应停止，无法产生经济效益	温度过低则有控制装置控制燃气进料量	建立检查机制，及时记录反应釜温度
反 应 器 压 力	MORE	反应釜出现故障	反应釜安全阀爆破，反应停止，整套装置停车	装有安全阀和泄压管路	及时监控反应釜的压力。
	LESS	反应釜上游压力过低，催化剂破碎导致压降变大，反应釜泄	反应速率减慢，转化率不达标。	低压报警	经常检查反应釜是否泄漏。

		露			
--	--	---	--	--	--

表 5-8 缓冲罐的 HAZOP 分析

	引导词	偏差	原因	结果	现有安全对策措施	建议安全措施
1	流量	MORE	由于界区外原因引起入口流量波动	导致缓冲罐内液位升高	流量高报警	
			调节阀故障	导致缓冲罐内液位升高	流量高报警	
		LESS	由于界区外原因引起入口流量波动	导致缓冲罐内液位降低	流量低报警	
			调节阀故障	导致缓冲罐内液位降低	流量低报警	
2	压力	MORE	夏季缓冲罐液位过高	导致缓冲罐超压,造成物料损失	1.液位指示 液位高报警 2.设有安全阀	增加压力高报警
		LESS	环境温度过低	罐内压力真空,罐体损坏	罐本体加温 设置氮气破真空管线	增加压力低报警
3	温度	MORE	环境温度变化	缓冲罐压力升高	1.温度显示2.设置氮气破真空管线	罐体加保温
		LESS	安全阀损坏,向火炬泄压	长时间泄压导致缓冲管内液位过低	1.温度显示2.定期检验安全阀	罐体加保温

3.3.4 事故树 (FTA)

事故树是从结果到原因描绘事故发生的有向逻辑树。它形似倒立着的树，树中的节点具有逻辑判别性质。树的“根”顶部节点表示系统的某一事故，树的“梢”底部节点表示事故发生的基本原因，树的“树叉”中间节点表示由基本原因造成的事故结果，又是系统事故的中间原因。事故因果关系的不同性质用不同的逻辑门表示。这样画成的一个“树”用来描述某种事故发生的因果关系，称之为事故树。

◆ 评价步骤

（1）确定顶上事件

通过经验分析、事件树分析及故障类型和影响分析确定顶上事件，明确对象系统边界、分析深度、初始条件、前提条件和不考虑条件，熟悉系统、收集相关资料（工艺、设备、操作、环境、事故等方面的情况和资料）。

（2）调查原因事件

调查与事故有关的所有直接原因和各种因素（设备故障、人员失误和环境不良因素）。

（3）编制故障树

顶上事件放在最上端，将其所有直接原因事件（中间事件）列在第二层，并用逻辑门连接上下层事件（输出、输入事件）；再将第二层各事件的所有原因事件写在对应事件的下面（第三层），用适当的逻辑门把第二、三层事件连接起来；如此层层向下，直至找到全部基本事件（或根据需要分析到必要的事件）为止，从而构成一株完整的故障树。

完成每个逻辑门的全部输入事件后再去分析其他逻辑门的输入事件。两个逻辑门不能直接连接，必须经过中间事件连接。

（4）定性分析

应用数学方法对故障树中在不同位置重复的基本事件进行简化，求出最小割集，分析各基本事件的结构重要度。

3.3.5 危险度评价法

危险度评价法简介

危险度评价法是规定了危险度由物质、容量、温度、压力和操作等 5 个项目共同确定，其危险度分别按 A=10 分，B=5 分，C=2 分，D=0 分赋值计分，由累计分值确定单元危险度。危险度分级图如下图 {物质 0-10}+{容量 0-10}+{温度 0-10}+{压力 0-10}+{操作

0-10}={16 点以上, 11-16 点, 1-10 点}。

表 3-2 危险度分级

总分值	≥16分	11—15分	≤10分
等级	I	II	III

危险程度	高度危险	中度危险	低度危险
------	------	------	------

3.4 评价方法的比较

安全评价方法是对系统的危险因素、有害因素及其危险、危害程度进行分析、评价的工具。目前国内外已开发出数十种评价方法,每种评价方法的评价目标、特点应用条件、适用范围均不相同,而且各有优缺点。

通过对该项目安全生产特点的分析,按照科学、合理、适用的原则,评价组。

采用的评价方法见下表。

表 3-3 评价方法选择表

序号	单元名称	安全检查表	预先危险性分析	作业条件评价	事故后果模拟
1	安全条件和安全生产条件	√			
2	生产单元		√	√	
3	储存单元		√	√	√
4	公用工程及辅助设施单元		√	√	

表 3-4 方法选用的目的和作用

序号	评价方法	评价目的
1	安全检查表法	根据有关的法规和标准,对安全条件和安全生产条件的法规符合性进行检查和评价
2	预先危险性分析	各主要生产系统的潜在危险因素,确定系统的危险等级,预测发生事故的后果,并提出相应防范措施
3	事故后果模拟	采用事故后果模拟法
4	危作业条件评价	根据“危险度评价取值表”对化产系统进行危险度评价,找出危险度较大的装置或单元重点管理
5	事故树	采用事故树分析分析评价分析了事故原因并提出相应的防范措施

第四章 安全危害

4.1 危险、有害因素辨识与分析依据

4.1.1 危险、有害因素辨识中的术语和定义

危险因素：指能对人体造成伤亡或对物造成突发性损害的因素。主要强调突发性和瞬间作用。

有害因素：有害因素指能影响人的身体健康，导致疾病，或对物造成慢性损害的因素。主要强调在一定时间范围内的积累作用。有时对两者不加区分统称为危险、有害因素。

危险、有害因素辨识：危险、有害因素辨识指识别危险、有害因素的存在并确定其特性的过程。

4.1.2 危险、有害因素辨识的依据

（1）《企业职工伤亡事故分类》GB6441-1986

参照国家标准《企业职工伤亡事故分类》（GB6441-1986），将人的不安全行为归纳为操作失误、造成安全装置失效、使用不安全设备等 13 大项，48 小项；将物的不安全状态归纳为防护和保险等装置缺少或有缺陷、设施与设备等有缺陷、个人防护用品缺少及生产（施工）场地环境不良等四大类。

（2）事故类别和职业病类别进行分类

依据国家标准《企业职工伤亡事故分类》（GB6441-1986），综合考虑起因物、引起事故的诱导性原因、致害物和伤害方式等，将事故共分为 20 类：物体打击、车辆伤害、机械伤害、起重伤害、触电、淹溺、灼烫、火灾、高处坠落、坍塌、冒顶片帮、透水、放炮、火药爆炸、瓦斯爆炸、锅炉爆炸、容器爆炸、其他爆炸、中毒和窒息、其他伤害。

（3）参照卫生部颁发的《职业病危害因素分类目录》

将危害因素分为以下 10 类：化学物质类、物理因素、生物因素、放射性物质类（电离辐射）、导致职业性皮肤病的危害因素、导致职业性眼病的危害因素、导致职业性耳鼻喉眼疾病的危害因素、职业性肿瘤的职业病危害因素、其他职业病危害因素。

4.2 危险、有害因素的分类

4.2.1 按导致事故的直接原因进行分类

根据《生产过程危险和有害因素分类与代码》（GB / T13861 — 1992）的规定，将生产过程中的危险、有害因素分为以下 6 大类。

1) 物理性危险、有害因素

（1）设备、设施缺陷（强度不够、刚度不够、稳定性差、密封不良、应力集中、外形缺陷、外露运动件、操纵器缺陷、制动器缺陷、控制器缺陷、设备设施其他缺陷等）；

（2）防护缺陷（无防护、防护装置和设施缺陷、防护不当、支撑不当、防护距离不够、其他防护缺陷等）；

（3）电危害（带电部位裸露、漏电、雷电、静电、电火花、其他电危害等）；

（4）噪声危害（机械性噪声、电磁性噪声、流体动力性噪声、其他噪声等）

（5）振动危害（机械性振动、电磁性振动、流体动力性振动、其他振动危害等）；

（6）辐射等。

2) 化学性危险、有害因素

（1）易燃易爆性物质（易燃易爆性气体、易燃易爆性液体、易燃易爆性固体、易燃易爆粉尘与气溶胶、遇湿易燃物质和自燃性物质、其他易燃易爆性物质等）；

（2）反应活性物质（氧化剂、有机过氧化物、强还原剂）；

（3）有毒物质（有毒气体、有毒液体、有毒固体、有毒粉尘与气溶胶、其他有毒物质等）；

（4）腐蚀性物质（腐蚀性气体、腐蚀性液体、腐蚀性固体、其他腐蚀性物质等）；

（5）其他化学性危险和有害因素。

3) 生物性危险、有害因素

（1）致病微生物（细菌、病毒、其他致病性微生物等）；

（2）传染病媒介物；

（3）致害动物；

（4）致害植物；

（5）其他生物危险和有害因素。

4) 心理、生理性危险、有害因素

-
- (1) 负荷超限（体力负荷超限、听力负荷超限、视力负荷超限、其他负荷超限）；
 - (2) 健康状况异常；
 - (3) 从事禁忌作业；
 - (4) 心理异常（情绪异常、冒险心理、过度紧张、其他心理异常）；
 - (5) 识别功能缺陷（感知延迟、识别错误、其他识别功能缺陷）；
 - (6) 其他心理、生理性危险和有害因素。

5) 行为性危险、有害因素

- (1) 指挥错误（指挥失误、违章指挥、其他指挥错误）；
- (2) 操作错误（误操作、违章作业、其他操作错误）；
- (3) 监护错误；
- (4) 其他行为性危险和有害因素。

6) 其他危险、有害因素

- (1) 搬举重物；
- (2) 作业空间；
- (3) 工具不合适；
- (4) 标识不清。

4.2.2 按参照事物类别进行分类

此种分类方法所列的危险、有害因素与企业职工伤亡事故处理（调查、分析、统计）和职工安全教育的口径基本一致，为安全生产监督管理部门、行业主管部门职业安全卫生管理人员和企业广大职工、安全管理人员所熟悉，易于接受和理解，便于实际应用；但缺少全国统一规定，尚待在应用中进一步提高其系统性和科学性。

1) 参照《企业职工伤亡事故分类》（GB6441—1986）进行分类

参照《企业职工伤亡事故分类》（GB6441—1986），综合考虑起因物、引起事故的诱导性原因、致害物、伤害方式等，将危险、危害因素分为 20 类。

(1) 物体打击：指物体在重力或其他外力的作用下产生运动，打击人体造成人身伤亡事故，不包括因机械设备、车辆、起重机械、坍塌等引发的物体打击。

(2) 车辆伤害：指企业机动车辆在行驶中引起的人体坠落和物体倒塌、下落、挤压伤亡事故，不包括起重设备提升、牵引车辆和车辆停驶时引发的车辆伤害。

（3）机械伤害：指机械设备运动（静止）部件、工具、加工件直接与人体接触引起的夹击、碰撞、剪切、卷入、绞、碾、割、刺等伤害，不包括车辆、起重机械引起的机械伤害。

（4）起重伤害：指各种起重作业（包括起重机安装、检修、试验）中发生的挤压、坠落、（吊具、吊重）物体打击和触电。

（5）触电，包括雷击伤亡事故。

（6）淹溺，包括高处坠落淹溺，不包括矿山、井下透水淹溺。

（7）灼烫：指火焰烧伤、高温物体烫伤、化学灼伤（酸、碱、盐、有机物引起的体内夕啪伤）、物理灼伤（光、放射性物质引起的体内夕啪伤），不包括电灼伤和火灾引起的烧伤。

（8）其他伤害。

2）源自国家“九五”科技攻关成果——事故分类标准研究

（1）坠落、滚落：指人从树木、建构筑物、脚手架、机器、乘坐物、梯子、阶梯、斜面等处落下。

（2）摔倒、翻倒：指人因摔倒、绊倒、滑倒而碰撞了物体致伤。所以会摔倒，是因为人失去平衡、失去保持竖直状态的能力造成的人体运动。如倒在通道或工作面上，倒在、撞到物体上。碰撞点与人在大致同一平面上。这类危险、危害包括与车辆式机械等一起翻倒的情况，不包括交通事故。因触电摔倒则归入“触电”分类。

（3）碰撞：指除上述两类之外，以人为主动方面碰撞到静止物体或运动物体的情况，包括被推、被摔后与物体碰撞。例如人碰了起吊货物、机械部分。这包括与车辆式机械的碰撞，不包括交通事故。

（4）飞溅、落下：指飞溅的物体、落下的物体为主动方面碰撞到人，人被碰撞。这包括砂轮的破裂，切断片、切屑等物飞溅，包括自己拿的物体掉到脚上。但容器破裂后的飞溅物伤人，则归入“破裂”类。

（5）坍塌、倒塌：指堆积物、物料、脚手架、建筑物等散落或倒塌碰人，人被碰被压。这包括直立的物体倒下、塌方、雪崩、滑坡等。

（6）被碰撞：指上两类以外，物为主动方面碰人的情况。这包括起吊的货物，机械的活动部分等碰到人；不包括交通事故。

(7) 轧入：指被物体夹住、卷进而挤压、拧绞。例如：被卷入转动的或啮合的物体，被夹、被卷、被压在一运动物体与一静止物体之间或两个运动物体之间。因冲床的金属模、锻压机的锤而致的创伤属于本分类。它包括被压，不包括交通事故。

(8) 接触有害物：指通过呼吸、吸收（皮肤接触）或摄入有害物、有毒物致伤的情况。包括被放射线辐射、被腐蚀剂致伤。缺氧症及因暴露于高压、低气压环境下导致的伤害也属此类。

(9) 其他伤害因素。

4.3 危险、有害因素的识别

4.3.1 主要危险物的物性

硫化氢的来源：

硫化氢很少用于工业生产中，一般作为某些化学反应和蛋白质自然分解过程的产物；某些天然物质的成份或杂质，而经常存在于多种生产过程中以及自然界中。

如采矿、提炼铜、镍、钴等（尤其是硫化矿），煤的低温焦化，含硫石油的开采和提炼；橡胶、人造丝、鞣革、硫化染料、颜料、甜菜制糖、动物胶等工业中都有硫化氢的产生；开挖整治沼泽地、沟渠、水井、下水道、隧道，以及清除垃圾、污物、粪便等作业；分析化学实验室有接触硫化氢可能，天然矿泉、火山喷气也常存在。

硫俗称硫磺“消毒、杀虫、治真菌、灭疥剂”，硫在胃内无变化，在大肠内约 10% 转化为硫化氢而吸收。胶体硫为分散度高的硫磺粉剂（1-2 微米）。硫化氢可溶于水及油类中，有时可随水或油类流至远离发生源处而引起意外中毒事故。

两种检测方法：

- 1、现场取样化实验室测定法：测量精度高、但测定程序繁琐、得到数据不及时
- 2、现场直接测定法：测定迅速、利于现场使用、但测定误差较大。

物理性质：

无色气体，具典型的臭蛋味，分子量 34.08，比重 1.19，熔点-28.9℃，沸点-61.8℃。易溶于水，0℃时，100ml 水中可溶解 437ml 硫化氢，40℃时可溶 186ml，亦溶于乙醇、石油溶济和原油中。可燃上限 45.5%，其下限为 4.3%。燃点 292℃。

硫化氢的性状：

硫化氢有臭鸡蛋味，比重是空气的 1.19 倍。因此常聚集于低洼处及下水道中，在水中的溶解度为 6 克/升。

人的嗅觉阈亦有报告为 0.012-0.03 mg/m³ 或 0.14mg/m³，远低于引起危害的最低浓度。起初臭味的增强与浓度的升高成正比，当浓度超过 10 mg/m³ 时之后，浓度继续增高而臭味反而减弱，在高浓度时因很快引起嗅觉疲劳而不能觉察硫化氢的存在，故不能依靠臭味强烈与否来判断有无危险浓度的存在。

硫化氢的毒性

硫化氢能够直接妨碍肌体对氧的摄取和运输。从而造成细胞内呼吸酶失去活力，造成细胞缺氧窒息死亡，硫化氢的毒性很强，人的绝对致死浓度为 1000 毫克/m³。当空气中的硫化氢浓度为 10~15ppm 时使人们出现中毒症状，我国的工作场地环境最大允许浓度为 10ppm。（1ppm=1.4 毫克/m³）

硫化氢的中毒机理

硫化氢中毒主要是由呼吸道吸入而引起的，但出于长期低浓度的环境中，皮肤也能慢慢的吸收硫化氢而造成中毒，硫化氢在呼吸道和消化道很快吸收，皮肤吸收意义不大。在血中一部分很快被氧化为无味的硫酸盐或硫代硫酸盐经尿排出。一部分游离的硫化氢可经肺排出，无蓄积作用。

硫化氢中毒后的症状

强烈的刺激作用引起鼻炎、结膜炎等症状，引起窒息。

硫化氢中毒程度的分级：根据吸入浓度和时间，硫化氢中毒可以分为三级。

（1）轻度中毒：

长时间接触低浓度硫化氢而引起，吸入浓度 70~140 毫克 / 米³ 时间 1~2 小时。表现为明显的刺激症状：眼球刺痛、流泪、怕光、流涕、咳嗽、胸闷痛、恶心、呕吐、头痛、呼吸困难，甚至昏厥。移到新鲜空气处方可苏醒，数日后症状渐消失。

（2）中度中毒：

在轻度中毒的基础上，继续吸入硫化氢或吸入浓度较高的硫化氢 210~350 毫克 / 米³，患者除有明显的上述症状外，还伴有化学性肺炎、肺水肿。并很快地意识模糊、陷入昏迷、面色灰白、皮肤湿冷、瞳孔放大、脉搏快而弱，如抢救及时，昏迷都能恢复，但醒后有头痛、头晕、乏力、恶心、食欲不振等症状。短期不能消失，病人并发肺炎、肺水肿约需 2~3 周方能痊愈。

(3) 重度中毒:

吸入高浓度的硫化氢后在数十秒内昏倒在地，有时吸入一、二口硫化氢即昏迷，如同触电一样，全身肌肉痉挛，大小便失禁，随时有生命危险，若脱离危险也留有严重的后遗症。

表 4-1 硫化氢浓度和中毒症状表

硫化氢浓度范围		中毒症状
0.025~0.1PPM	0.035~0.14毫克 / m3	人的嗅觉有感
50~100	70~140	1~2小时内出现轻度中毒症状 轻度眼部和呼吸系统不适
100~150	140~210	嗅觉神经麻痹，中毒症状明显 显著眼部呼吸系统不适
150~250	210~350	可忍受0.5~1小时有后遗症
200~350	350~490	6~8分钟即可中毒4~8小时内死亡
850~500	490~700	0.5~1小时内严重中毒，1~4小时内死亡
500~600	700~835	1分钟内严重中毒，0.5~1小时内死亡
600~700	835~980	2~15分内死亡
700~1000	980~1400	立即死亡

硫化氢中毒后遗症

一次轻度中毒一般无后遗症，几次轻度中毒者留下顽固的后遗症，如严重的神经衰弱，剧烈而顽固的头痛，严重的失眠，记忆功能发生障碍，有的脱离硫化氢现场 1~2 年才能渐渐好转，有的五年未愈，甚至可能发生智力障碍。

长期接触低浓度的硫化氢，除了可引起慢性结膜炎、角膜炎、鼻炎、咽喉炎、气管炎外，实际上已经可能引起轻度中毒，此种硫化氢的积累，可导致全身的慢性症状的出现。

硫化氢中毒急救

进入体内的硫化氢可被氧化成无毒的硫酸盐和硫代硫酸盐和小部分硫化物氧化产物。从尿中及呼吸器官中排出，未被氧化的硫化氢才对人体产生毒害作用。硫化氢中毒者必须立刻脱离中毒现场，置于通风的场所。对昏迷者进行人工呼吸，必要时进行口对口呼吸。急救药物用米可希尼或 5% 葡萄糖、维生素 C 溶液。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/498006057140006121>