

昆明市某铜冶炼企业硫化氢泄漏事故的环境风险分析及应急措施

田俊

云南铜业股份有限公司西南铜业分公司

DOI:10.12238/eep.v8i5.2686

[摘要] 本文聚焦于昆明市某铜冶炼企业硫化氢气体泄漏事故,详细阐述了硫化氢的性质与危害,结合昆明市主城区特定气候条件及该企业的现场情况,深入分析了泄漏后的扩散风险、人员风险、环境风险和生产运营风险,并通过风险矩阵分析对综合风险进行评估。同时,进一步明确了各浓度下硫化氢的危害程度,基于全面的风险分析,提出了涵盖应急响应、救援行动和后期处置等环节且更具实操性的系统应急措施,旨在为有效应对此类事故提供科学依据与实践指导,保障人员安全、环境质量和企业生产运营。

[关键词] 铜冶炼企业; 硫化氢泄漏事故; 环境风险; 应急措施

中图分类号: X507 文献标识码: A

Environmental Risk Analysis and Emergency Measures for Hydrogen Sulfide Leakage Accident in a Copper Smelting Enterprise in Kunming City

Jun Tian

Yunnan Copper Industry Co., Ltd. Southwest Copper Branch

[Abstract] This article focuses on the hydrogen sulfide gas leakage accident of a copper smelting enterprise in Kunming City, and elaborates on the properties and hazards of hydrogen sulfide. Combined with the specific climate conditions in the main urban area of Kunming City and the on-site situation of the enterprise, it deeply analyzes the diffusion risk, personnel risk, environmental risk, and production operation risk after the leakage, and evaluates the comprehensive risk through risk matrix analysis. At the same time, the hazards of hydrogen sulfide at different concentrations were further clarified. Based on comprehensive risk analysis, more practical system emergency measures covering emergency response, rescue operations, and post disposal were proposed, aiming to provide scientific basis and practical guidance for effectively responding to such accidents, ensuring personnel safety, environmental quality, and enterprise production and operation.

[Key words] Copper smelting enterprises; hydrogen sulfide leakage accidents; environmental risks; emergency measures

引言

在昆明市的工业领域中,铜冶炼企业扮演着重要角色。然而,硫化氢气体泄漏这一潜在风险,对企业及周边环境和人员构成了严重威胁。深入剖析硫化氢泄漏后的各类风险,并制定切实可行的应急措施,对于保障该铜冶炼企业的安全生产、周边居民的生活环境以及城市的生态环境至关重要。

1 硫化氢的性质与危害

1.1 物理化学性质

硫化氢(H_2S)是一种无色、带有臭鸡蛋气味的可燃性剧毒气体,相对分子质量为34.08,密度大于空气,易溶于水,常温常压下1体积水约可溶解2.6体积硫化氢。其水溶液呈酸性,为二元弱酸,具有较强还原性,在空气中燃烧生成二氧化硫和水。

1.2 危害特性

1.2.1 对人体的危害。硫化氢是强烈的神经毒物,对黏膜有强烈刺激作用。不同浓度的硫化氢对人体危害程度各异:

当空气中硫化氢浓度低于 $5mg/m^3$ 时,可能会引起轻微的眼及呼吸道黏膜刺激症状,如短暂的流泪、眼痒、轻微咳嗽等,但通常在脱离接触后可自行缓解。

浓度在 $5-15mg/m^3$ 之间时,眼及呼吸道黏膜刺激症状会加重,出现明显的流泪、眼刺痛、流涕、咽喉部灼热感等,同时伴有头痛、头晕、乏力、恶心等全身不适症状,对人体的正常工作和生活产生一定影响。

一旦浓度达到 $15-30mg/m^3$,除上述症状外,还可能导致呼吸困难、心慌、胸闷等较为严重的生理反应,若不及时脱离接触,可能会对身体造成更长期的损害。当硫化氢浓度超过 $30mg/m^3$ 时,会对人体造成严重危害,可在短时间内致人昏迷甚至死亡,

主要通过直接抑制呼吸中枢发挥作用。

长期接触低浓度硫化氢(如长期处于浓度低于 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 但持续时间较长的环境)还可能导致慢性中毒,影响神经系统、呼吸系统和心血管系统的正常功能,如出现神经衰弱综合征、植物神经功能紊乱等症状,对居民的长期健康构成潜在威胁。

1.2.2对环境的危害。泄漏到大气中的硫化氢与氧气反应生成二氧化硫,二氧化硫是酸雨形成的主要成分之一,会对土壤、水体、植被等生态环境造成严重破坏,如导致土壤酸化、水体污染、灌溉用水污染、植被枯萎等,同时也会污染大气环境,危害周边居民的身体健

1.2.3对设备的腐蚀危害。在潮湿环境下,硫化氢与金属设备表面的水膜反应生成氢硫酸,进而引发电化学反应,腐蚀设备。这种腐蚀不仅会降低设备使用寿命,增加设备维护成本,还可能因设备损坏而加剧硫化氢气体的泄漏风险,形成恶性循环。

2 假定的现场泄漏条件

在昆明市某铜冶炼企业内,发生了硫化氢气体的阀门泄漏事故。具体现场条件如下:

2.1时间与气候条件

事故发生时间为当地春季的一个工作日上午10点左右,此时的气候条件符合之前假定的昆明市主城区春秋季节典型气候条件,即气温 20°C ,相对湿度60%,风速 $2\sim 3\text{m}/\text{s}$,风向为西南风,该地区地形相对较为平坦,周边分布有河流、农田和居民区等。

2.2设备与布局

硫化氢储存于企业车间内的特定储存区域,储存容器为大型钢制罐体,容积约为50立方米。储存容器通过一系列管道与铜冶炼的各个生产环节相连,发生泄漏的阀门位于连接储存容器与向反应炉输送硫化氢气体的主管道上,距离储存容器底部约2米处。阀门的规格为DN80(公称直径80毫米),经检查发现阀门密封处出现破损,形成了一个近似圆形的泄漏孔,泄漏孔直径约为4毫米,由此导致硫化氢气体泄漏。

2.3人员分布

在事故发生时,储存区域附近有3名巡检人员正在进行日常巡检工作,距离泄漏阀门大约15米远。在企业的其他生产车间,还有若干名工人正在正常作业,距离泄漏点的距离不等,最近的车间距离约为80米。

2.4周边环境

储存区域周边设置了一定高度的防护围栏,但围栏并非完全密封,存在一些通风间隙。在距离储存区域约200米处有一片农田,约400米处有一条河流,约600米处有一个小型居民区。

3 硫化氢泄漏后的风险分析

3.1人员风险分析

3.1.1急性中毒风险。在事故发生时,储存区域附近的3名巡检人员距离泄漏阀门仅15米远,处于高浓度硫化氢气体区域。若他们未及时采取有效的防护措施,吸入高浓度硫化氢气体后,将立即出现中毒症状,如眼睛刺痛、呼吸困难、头晕、恶心等,严重时可能导致昏迷甚至死亡。企业内其他车间的工人虽距离泄漏

点有一定距离,但随着气体的扩散,也可能面临不同程度的中毒风险,尤其是在风向转变或气体积聚的情况下。

3.1.2慢性健康影响风险。即使在泄漏区域周边长期暴露于低浓度硫化氢环境下的人员,也可能面临慢性健康影响风险。长期接触低浓度硫化氢可能导致慢性中毒,影响神经系统、呼吸系统和心血管系统的正常功能,如出现神经衰弱综合征、植物神经功能紊乱等症状,对居民的长期健康构成潜在威胁。

3.1.3逃生与救援困难风险。硫化氢泄漏后,现场环境会因气体的刺激性气味和可能的能见度降低而变得恶劣,给作业人员的逃生和救援工作带来极大困难。储存区域附近的巡检人员在慌乱中容易迷失方向,发生摔倒、碰撞等意外事故。

3.2环境风险分析

3.2.1大气环境风险。泄漏的硫化氢与氧气反应生成二氧化硫,在昆明市主城区的气候条件下,二氧化硫可能加速形成酸雨,对周边的植被、建筑物等造成损害。此外,硫化氢本身也会污染大气环境,降低空气质量,刺激居民的呼吸道,引发咳嗽、气喘等症状,危害周边居民的身体健

3.2.2水环境风险。(1)地表水污染。若硫化氢进入附近河流,会使水体酸化,影响水生生物的生存。它与水中重金属离子反应生成的沉淀会破坏河床生态,污染的河水用于灌溉还会影响农作物生长,对地表水环境造成严重破坏。

(2)地下水污染。硫化氢可能通过土壤渗透进入地下水层,威胁饮用水安全,改变地下水化学性质,对人体健康和生态环境造成长期危害。

3.2.3土壤环境风险。硫化氢泄漏到土壤中后,会与土壤中的氧气、水分和矿物质发生作用,使土壤酸化。土壤酸化会降低土壤肥力,影响土壤微生物活性和群落结构,破坏土壤生态平衡。此外,酸化土壤会使重金属离子活性增强,可能导致其迁移,污染地下水或通过食物链危害人体健康。

3.3生产运营风险分析

3.3.1设备损坏风险。硫化氢的腐蚀性会对生产设备及相关管道造成损害。泄漏的硫化氢气体与设备表面的水膜反应生成氢硫酸,引发电化学反应,腐蚀设备,降低设备使用寿命,增加设备维护成本。严重时,设备可能因腐蚀过度而损坏,导致生产中断,影响企业的正常生产运营。

3.3.2停产及经济损失风险。为确保人员安全和防止事故进一步扩大,一旦发生硫化氢泄漏,企业通常需要立即停止相关生产工序,进行紧急抢修和清理工作。这将导致生产中断,带来巨大的经济损失,包括生产损失、设备维修费用、原材料浪费等。此外,企业形象与声誉也可能因事故受到损害,影响其市场竞争力和社会认可度,进一步增加企业的运营成本和管理难度。

4 硫化氢泄漏后的应急措施

4.1应急响应措施

4.1.1事故监测与预警。建立完善的硫化氢气体泄漏监测系统,在可能发生泄漏的区域及周边,尤其是风向下游区域,安装

固定式和便携式硫化氢检测仪,实时监测硫化氢浓度。结合气象监测数据,根据设定的预警阈值(如根据对人体健康和环境影响的不同浓度等级设定,可分别设定为 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $15\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 等关键阈值),当监测到硫化氢浓度达到或超过预警阈值时,立即发出警报,启动应急响应机制。同时,确保监测系统与应急指挥中心实时联网,以便指挥中心第一时间获取数据并做出决策。

4.1.2 应急指挥中心启动。一旦接到泄漏警报,立即启动应急指挥中心,明确各部门和人员的职责分工。应急指挥中心应具备实时掌握事故现场情况(通过监控摄像头、现场人员汇报等多种渠道)、调配应急资源(如消防、医疗、抢修设备和物资等)、下达指挥命令等功能,确保在事故发生后能够迅速、有序地开展应急处置工作。指挥中心还应与当地政府相关部门(如环保、消防、医疗急救等)保持密切联系,及时通报事故情况并请求支援。

4.2 救援行动措施

4.2.1 人员疏散与防护。(1) 疏散区域确定:根据硫化氢泄漏后的扩散模拟结果及对人体健康的影响,以泄漏源为中心,迅速确定需要疏散的区域。具体如下:

当监测到硫化氢浓度达到或超过 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 时,应立即将以泄漏源为中心半径 500m 范围内的人员全部疏散到安全地带,此区域为高风险区域,人员生命安全受到严重威胁。

当硫化氢浓度在 $15\text{--}30\text{mg}/\text{m}^3$ 之间时,将半径 300m 范围内的人员作为重点疏散对象,组织有序疏散,确保人员尽快脱离危险环境。

当硫化氢浓度低于 $15\text{mg}/\text{m}^3$ 但高于 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 时,对距离泄漏源 200m 范围内的人员进行密切关注和必要的疏散引导,提醒他们做好防护措施并随时准备撤离,以防浓度升高。

(2) 人员防护:为参与救援及处于危险区域周边的人员提供合适的防护装备,包括但不限于:

自给式正压空气呼吸器:确保救援人员在高浓度硫化氢环境下能正常呼吸,避免吸入有毒气体。呼吸器的气瓶应保证足够的供气时间,根据救援任务的预估时长合理配备备用气瓶。

防化服:选用能有效抵御硫化氢腐蚀和渗透的防化服,覆盖全身,防止皮肤接触硫化氢气体及可能产生的酸液。防化服应定期检查其完整性和防护性能,确保在使用时能发挥作用。

防护手套和防护靴:采用耐酸碱、防滑且密封良好的手套和靴子,进一步保护手部和脚部免受硫化氢及相关化学物质的侵害。

4.2.2 现场救援行动。(1) 救援队伍组建:迅速组织由企业内部专业人员(如安全工程师、维修技术人员等)和外部救援力量(如消防、医疗急救等专业队伍)组成的救援队伍。明确各救援小组的职责。

(2) 救援行动流程:救援人员在穿戴好防护装备并经过检查

确认无误后,方可进入泄漏区域。进入时应遵循预定的救援路线,该路线应尽量避免高浓度硫化氢积聚区域,并设置明显的标识,以便救援人员在能见度低的情况下也能准确找到出路。

对现场受伤人员进行搜寻和救助。对于昏迷或失去行动能力的人员,要使用专业的救援设备(如担架、救援绳索等)将其迅速转移至安全区域,由医疗救护组进行紧急救治。在转移过程中,要确保人员身体姿势正确,避免因搬运不当造成二次伤害。

4.3 后期处置措施

4.3.1 泄漏源修复与清理。在确保泄漏已经得到有效控制,现场硫化氢浓度降低至安全范围后,对泄漏源进行彻底的修复和清理工作。对于损坏的阀门等设备,要进行更换或维修,确保其恢复正常的密封性能和工作状态。对泄漏现场及周边受到硫化氢污染的区域,要组织专业人员使用合适的清洗设备和清洗剂(如碱性清洗剂,可中和硫化氢的酸性)进行全面清洗,清除残留的硫化氢及可能产生的有害物质,防止其对环境和人员造成后续危害。

4.3.2 环境监测与恢复。持续对事故现场及周边区域的大气、水体、土壤等环境要素进行监测,监测指标包括硫化氢浓度、二氧化硫浓度、土壤酸碱度、水体酸碱度等。根据监测结果,评估事故对环境造成的影响程度,并采取相应的措施促进环境恢复。

4.3.3 人员健康跟踪与心理疏导。对在事故中暴露于硫化氢环境下的人员,包括救援人员、企业员工以及周边居民等,进行长期的健康跟踪。建立健康档案,记录他们的身体状况、可能出现的中毒症状等信息,定期安排体检,以便及时发现并处理可能出现的慢性中毒等健康问题。

5 结语

硫化氢气体泄漏事件处理结束后,还需要成立专门的事故调查小组,对硫化氢泄漏事故进行全面、深入的调查。调查内容包括泄漏的原因(如设备故障、人为操作失误等)、事故发生的过程、应急措施的执行情况以及事故造成的损失等。根据调查结果,总结经验教训,提出改进措施,对企业的安全生产管理制度、应急预案等进行完善,以提高企业应对类似事故的能力,防止类似事故的再次发生。

[参考文献]

[1]陈冬月,徐良宝,党娜,等.石油化工企业硫化氢泄漏事故环境风险分析[J].科学与财富2019(05):45-48.

[2]吴红.浅谈煤气化生产过程中硫化氢的控制措施[J].安全、健康和环境,2018(02):96-99.

作者简介:

田俊(1986—),男,汉族,云南曲靖人,本科,工程师,研究方向:生态环境保护。