

·调查与研究·

作业场所硫化氢风险分级研究

陈勇, 赖小林*, 杨志国

新疆维吾尔自治区安全科学技术研究院, 乌鲁木齐 830002

摘要:目的 探索不同作业场所硫化氢风险分级方法。方法 采用风险评估方程式“ $R = SL$ ”, 即事故风险是基于事故危害程度与事故发生可能性的乘积。事故危害程度指标通过各行业硫化氢中毒事故死亡人数进行计算; 事故发生可能性指标则为专家打分确定导致硫化氢事故的 6 项影响因素权重值与这 6 项因素现场分级评分的乘积。结果 通过该公式, 建立市政下水道抢修作业等 5 类作业场所硫化氢中毒事故风险等级划分标准, 并结合不同风险等级, 制定相应的硫化氢推荐防护标准。结论 本风险分级法为不同作业场所划分风险等级提供了统一、简便可操作的方法, 但需要在实践中进一步完善。

关键词: 作业场所; 硫化氢; 风险分级

中图分类号: R134.4; X913

文献标志码: B

文章编号: 1007-1326(2013)04-0197-03

Study on classification of risks caused by hydrogen sulfide exposure at various workplaces

CHEN Yong, LAI Xiao-lin, YANG Zhi-guo

Xinjiang Uygur Autonomous Region Academy of Safety Science and Technology, Urumqi 830002, China

Abstract: Objective To explore the different classification method of risks caused by hydrogen sulfide (H_2S) exposure at various workplaces. **Methods** The formula, $R = S L$ was used to determine the risk, where the S represents the severity and the L represents the likelihood of harms. The severity was given for various workplaces based on the previous records of H_2S which caused deaths in different industries. The likelihood was estimated by the professionals according to the reality of 6 items which are the predominant causes for H_2S poisoning. The professions examined the workplaces and gave their scores. **Results** Using this formula, the risk caused by hydrogen sulfide exposure in common industries, such as emergency repair of drainpipes in the city, was classified. And it is easy for managers to clearly take the corresponding measures. **Conclusion** This risk classification method provides a unified, simple and workable way for the managers to estimate the risk at different workplaces. Of course, it needs to be improved in the future.

Key words: Workplace; Hydrogen Sulfide; Risk classification

多年来, 硫化氢中毒一直是威胁我国劳动者生命健康的主要因素之一。存在硫化氢中毒风险的行业或作业场所类型较多, 如市政下水道检修, 污水池、腌渍池和垃圾堆清淤, 石油化工硫黄回收, 采矿(煤矿、有色金属硫化矿), 含硫油田的开采和提炼以及煤的低温焦化等等。不同作业场所的硫化氢产生机理不尽相同, 其风险大小也有差别, 应根据不同的风险级别制定相应的防护标准。硫化氢中毒事故的发生, 很大程度上与从业人员在不同作业场所不分硫化氢风险级别大小, 采用单一低级别防护标准有关。目前, 有关作业场所职业危害和行业事故风险分级方法主要采用层次分析和聚类分析等方法^[1-8]。我们采用事故风险(Risk) = 事故严重性(Severity) × 事故可能性(likelihood)(即“ $R = SL$ ”)的风险评估方法, 建立了一套简单易行、便于操作

的硫化氢中毒半定量风险评估方法, 以便有关部门根据风险等级不同, 制定相应的硫化氢防护标准, 以加强硫化氢防护工作。

1 对象与方法

1.1 对象

选取造纸、印染、皮革、污水处理等污水池清淤, 市政下水道抢修, 石油化工企业管道、阀门泄漏, 酿酒、腌制等食品加工以及矿山开采、鱼仓等其他作业场所共 5 类发生硫化氢中毒事故的作业场所作为风险分级研究对象, 并以某石化硫黄回收作业场所和污水处理厂周边污水井窖井清淤作业作为实例作具体计算。本文主要考虑受限空间内硫化氢中毒事故, 因此在划分硫化氢风险级别时, 未考虑天然气开采等开阔空间内作业导致的硫化氢中毒事故。

1.2 方法

本文对作业场所硫化氢中毒事故风险的分级基于其危害程度与发生概率乘积的经典方法, 其公式为

基金项目: 乌鲁木齐市重大科技专项项目资助(编号: Z111310001)。

作者简介: 陈勇(1983-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事化工及公共安全等理论技术研究。

*通讯作者: 赖小林, 副总工程师, E-mail: zilin5235@163.com。

“ $R = SL$ ”。将 1990 – 2013 年年我国涉及硫化氢中毒事故死亡人数作为各作业场所硫化氢危害程度权重依据,发生概率则为专家打分确定导致硫化氢中毒事故发生的各影响因素的权重与每项因素评分值的乘积。

2 结果

2.1 硫化氢中毒事故危害程度权重值计算

根据参考文献^[9-10]报道的我国各行业领域有关硫化氢职业中毒事故案例、调查报告和文献资料进行统计分析。据不完全统计,1990 年 1 月至 2013 年 4 月,全国各类硫化氢中毒事故死亡 637 人,硫化氢中毒死亡人数排名靠前的作业场所(或行业)分别为石油天然气开采作业(243 人),造纸、印染、皮革、污水处理和化粪池等清淤作业(145 人),石油化工企业管道检修、阀门泄漏(87 人),酿酒、腌制等食品加工业(61 人),市政下水道抢修作业(58 人)和矿山开采加工、鱼仓清理等其他作业(43 人)。选用该 5 类不同作业类型事故死亡人数数据,来确定不同作业类型的危害程度权重值。见表 1。

表 1 各类作业场所硫化氢事故危害程度权重值

序号	作业场所类型	死亡人数	权重值
1	造纸、印染、皮革、污水处理等清淤作业	145	0.37
2	石油化工企业管道检修、阀门泄漏	87	0.22
3	酿酒、腌制等食品加工业	61	0.16
4	市政下水道抢修作业	58	0.14
5	矿山开采加工、鱼仓清理等其他作业	43	0.11
合计		394	1

以市政下水道抢修作业场所事故危害程度权重值计算为例,权重值=死亡人数(58 人)/5 种作业场所总死亡人数(394) = 0.14。

2.2 硫化氢中毒事故发生概率值计算

选取 20 名有关专家对与硫化氢中毒事故发生概率密切相关的作业场所通风设施设置、固定监测预警装置设置、作业人员对硫化氢危害及防护知识掌握情

况、作业单位安全管理制度设立情况、个人防护用品配备情况和硫化氢危害警示标志设置等因素进行打分,取平均值后,最终确定上述 6 项因素权重依次为 0.1、0.2、0.2、0.3、0.1 和 0.1。在 6 项因素的评分标准上,将每项因素的实际状况定性分为三个等级,可分别表述为良好、一般和差。例如,将作业场所通风设施设置情况分为“具有完善的通风装置,且正常运转”、“设置了一定的通风装置,通风效果一般”和“没有通风装置,通风不畅”三种不同状况,分别赋以 1 分、4 分和 10 分,分值越大意味着风险越大。其他 5 项因素评分标准与此一致。

2.3 硫化氢中毒事故风险等级划分

各作业场所硫化氢中毒风险值计算通式为:

风险值(R) = 危害程度(各行业硫化氢中毒死亡人数对应的权重值) × (因素 1 分值 × 其权重 1 + 因素 2 分值 × 其权重 2 + 因素 3 分值 × 其权重 3 + 因素 4 分值 × 其权重 4 + 因素 5 分值 × 其权重 5 + 因素 6 分值 × 其权重 6)。

本文风险等级的划分采用通用的“定两头分中间”方法。最大、中等和最小风险值分别以危害程度最大、中等和最小的作业类型的权重值分别乘以影响事故发生概率的 6 项因素的最大、中等和最小评分值计算得出。根据上述计算方法,将不同作业场所硫化氢中毒风险大小划分为三级。见表 2。

表 2 不同作业场所硫化氢中毒事故风险分级标准

序号	风险分级	分值范围
1	高度风险级	> 2.00 ~ 3.70
2	中等风险级	> 0.45 ~ 2.00
3	低度风险级	0.11 ~ 0.45

为了验证提出的硫化氢中毒事故风险分级标准的合理性,我们对乌鲁木齐石化硫黄回收作业场所和七道湾污水处理厂周边污水井窖井清淤作业硫化氢中毒风险进行了评估。见表 3。

上述评估结果与实际情况较接近,可以运用该评

表 3 作业场所硫化氢中毒事故风险等级实例评估结果

发生概率影响因素	影响因素权重值	七道湾污水处理厂周边污水窖井清淤作业 (危害程度权重 0.37)		乌鲁木齐石化硫黄回收作业 (危害程度权重 0.22)	
		影响因素得分	评估分值及风险级别	影响因素得分	评估分值及风险级别
作业场所通风设施设置情况	0.1	10		1	
固定监测预警装置设置情况	0.2	10		4	
作业人员对硫化氢危害及防护知识知晓率	0.2	10	2.812	1	0.616
作业人员劳动防护用品配备情况	0.3	4	(高度风险级)	4	(中等风险级)
作业单位安全管理制度建立情况	0.1	4		1	
硫化氢危害警示标志设置情况	0.1	10		4	

估方法进行作业场所硫化氢风险评估。

2.4 不同风险等级防护标准

进行作业场所硫化氢中毒事故风险等级划分的目的,是为了根据不同风险等级制定相应防护标准,提高硫化氢防护的针对性和有效性。我们通过课题研究、企业实地调研和事故调查经验总结,制定了适合 3 类不同风险等级作业场所的硫化氢推荐防护标准。该标准从安全管理制度、安全培训及作业资质、个体防护装备、作业前准备、作业现场警示、监护和应急预案演练等方面,针对不同风险等级作业提出了相应的防护要求。

(1) 安全管理制度方面,低中等风险级作业应取得受限空间作业安全许可证;高风险级应终止或延期作业。

(2) 安全培训及作业资质方面,低风险级应参加岗前培训和年度培训;中高等风险级应参加年度培训并取得特种作业证。

(3) 个体防护装备配备方面,低风险级应配备便携式报警器和必要防护用品;中风险级应配备便携式报警器和逃生用呼吸器;高风险级应配备便携式报警器和自给式正压呼吸器。

(4) 作业前准备方面,低风险级应采取自然通风并检测硫化氢浓度;中风险级应强制通风和换气并检测硫化氢浓度;高风险级应隔离、强制通风和换气并检测硫化氢浓度。

(5) 作业现场警示、监护方面,低风险级应设置作业警告标牌;在此基础上,中风险级还应配备应急救援和通信器材,设置 1~2 人监护;高风险级还应配备应急救援和通信器材,设置 2~3 人监护。

(6) 应急预案及演练方面,低、中和高风险级均应制定事故应急处置预案,并分别于每年、半年和 3 个月开展相应应急演练。

3 讨论

综上所述,本文的风险分级法为不同作业场所划分风险等级提供了一种统一、简便可操作的方法。运用本方法进行硫化氢风险分级划分时,分级结果可以作为有关部门、企业和管理人员制定管理制度、加强装备配备和风险预警的决策依据之一。国际上不同国家对风险评估的基本理论相似,均以危害程度分级、暴露分级和发生概率为基础,评价方法一般分为定性、定量与半定量等。首先进行危害等级和暴露等级的评价,然后通过公式计算风险水平^[8]。这些通用的评估方法首先对工厂进行工程分析、职业病危害因素识别和职业病危害防护措施分析,并依据理化性质、暴露方式、暴露时

间、暴露频率、防护措施、毒理学资料等相关资料,对各岗位作业工人发生职业病的可能性和危害程度进行评估。这些方法适用于对某一具体工厂各生产单元进行职业暴露健康风险评估,并不适用于来源于不同途径、不同作用方式和不同接触人群的硫化氢中毒事故风险分级。目前,有关作业场所硫化氢中毒事故风险评估的研究处于起步阶段,还没有成熟、可操作的评估方法,而石油化工、污水池清淤等行业作业场所硫化氢产生途径不同,可能接触硫化氢的人员不固定、接触时间各不相同,很难用定量的方法来评估这些场所硫化氢中毒风险大小。本文通过历年来硫化氢中毒事故案例和参与的事故调查,从宏观层面总结了不同作业场所硫化氢中毒事故发生的可能原因和危害程度,通过定性定量相结合的方法,制定了一套适用于不同作业场所硫化氢风险分级的通用方法,并通过实际案例分析,验证了其可行性。

但是本文所采用的分级方法也有其一定的缺陷。首先,由于统计口径不同、数据未及时上报等种种原因,还无法精确获取近年我国硫化氢中毒死亡的人数。其次,危害程度和影响风险发生概率的因素权重难以进一步精确确定。各作业场所硫化氢中毒死亡人数和从业总人数密切相关,采用行业事故死亡率来计算硫化氢中毒事故危害程度权重指标更为科学,但由于目前本文所评价的这几类作业场所从业人员流动性大,很难准确统计从业总人数,因此,本文在确定不同作业场所硫化氢中毒事故危害程度权重值时,主要依据国内 20 余年各行业硫化氢中毒事故死亡人数这样的绝对指标,而无法采用死亡率这样的相对指标。这需要在今后的研究中进行完善。另外考虑到数据来源主要为国内统计资料,样本数较少,下一步应当将国外硫化氢中毒事故数据纳入统计范畴,以提高权重值的精确度。同时,影响不同作业场所硫化氢中毒事故发生概率的因素也不同,文中确定的 6 项影响因素并不能反映所有行业以及其他可能的影响因素。因此,本文提出的风险分级法只是初步探索,还需要在实践中不断修正和完善。

参考文献

- [1] 黄缪,倪淑萍,汪小平,等.上海市金山区职业卫生量化分级管理效果评价[J].职业卫生与应急救援,2009,27(3):156-160.
- [2] 彭建明.风险评估法结合类比法对建设项目职业病危害预评价探讨[J].职业卫生与应急救援,2011,29(4):186-189.
- [3] 杨艳,余善法,王思华,等.职业危害风险评估与管理模式关系初探[J].职业卫生与应急救援,2012,30(3):147-151.
- [4] 王善文,刘功智,任智刚,等.企业职业危害综合评价和风险分级系统及其应用[J].中国安全生产科学技术,(下转第 196 页)

例;62 例肌电图检查均检出异常,其中单纯运动神经损伤 12 例,感觉运动混合性损伤 50 例。辅助检查:血尿粪三大常规、谷丙转氨酶、肌酐、尿素氮等肝肾功能、心电图、肝脾 B 超检查均正常。31 例患者进行了尿 2,5-己二酮检查,其中 21 例检出异常。所有患者均服用神经生长因子、维生素 B₁₂ 以营养周围神经,采取扩血管、中药活血化瘀以改善四肢循环,并采用物理、针灸和肢体功能锻炼等综合康复治疗。住院病程 (303 ± 178.2)d,治愈好转率 100%。

3 讨论

随着社会经济的快速发展,很多含有正己烷的溶剂和清洗剂被广泛应用于触摸屏生产、光学、电子等新兴行业及钟表、五金、制鞋、印刷等传统行业,职业性慢性正己烷中毒已成为深圳市主要的职业病之一^[2]。本文结果表明,因南方冬季气候湿冷,密闭车间通常关闭门窗,停止使用空调,导致通风不良,使得正己烷浓度增高,这是此类群体性中毒事件发生的最主要原因。企业应加强车间在冬季的有效通风,同时通过提供取暖设施来保持车间温度。另外,企业职业病危害评价制度缺失,防控措施设置和管理不到位,更换新的溶剂时没有严把质量关,再加上缺乏职业健康知识教育,个人防护不足以及政府监管力度不强等原因,都促成了中毒事件的发生。正己烷可经呼吸道吸入和皮肤直接接触吸收,工作时不戴手套也是造成慢性中毒的原因之一^[3]。近年来慢性正己烷中毒在国内多有报道^[1-4],一般认为,慢性正己烷中毒主要表现为长期职业性低浓度接触后出现的周围神经病,特点是病情具备隐匿性和缓慢进展^[5],但本组患者无论工龄长短,均集中在一定时间段发病,提示为亚急性中毒。曾有报道鞋厂刷胶工人接触含高浓度正己烷的鞋胶 2~3 周内出现亚急性正己烷中毒表现^[6]。研究表明,正己烷在体内的代谢产物 2,5-己二

酮具有周围神经毒性,能使神经纤维能量代谢发生障碍,导致轴索变性、脱髓鞘等,出现中毒性周围神经病变^[7]。亚急性或慢性正己烷中毒临床均表现为多发性周围神经病,由于接触时间、接触浓度以及患者个体敏感性不同,可表现出不同程度的周围神经损害。轻症主要表现为肢体远端感觉型神经病,出现手足麻木、肌肉疼痛、手套和袜套样触痛觉减退等;重症表现为运动型神经病,四肢无力、垂足、垂腕、爬楼困难、鸭步步态、蹲下不能站起、生活不能自理,严重者肢体瘫痪。体检远端肌力减退明显、肌肉萎缩、腱反射特别是跟腱反射消失。神经肌电图检查有感觉和(或)运动神经传导速度减慢等神经损害表现^[8]。本组患者通过应用神经生长因子、维生素 B₁₂ 营养神经以及活血化瘀改善周围血液循环,同时给予物理疗法、康复性神经肌肉功能锻炼等综合治疗,治愈好转率 100%,提示该病预后良好。

参考文献

- [1] 孔玉林,陈玉雯,莫星帆. 慢性正己烷中毒致周围神经病变 57 例临床观察[J]. 中国工业医学杂志,2011,24(6):434-435.
- [2] 杨建平,刘益民,吴礼康,等. 深圳市宝安区 2006-2009 年使用正己烷企业情况分析[J]. 中国职业医学,2011,38(4):357-358.
- [3] 陈浩. 正己烷职业安全与健康指南[J]. 职业卫生与应急救援,2011,29(2):111-112.
- [4] 程向东,牛魁尧. 职业性慢性正己烷中毒 11 例临床分析[J]. 工业卫生与职业病,2011,37(2):109-110.
- [5] 何凤生,王世俊,任引津. 中华职业医学[M]. 北京:人民卫生出版社,1999:438.
- [6] 陈慧娟,朱颖,吴旭明,等. 亚急性正己烷中毒临床跟踪分析[J]. 中国实用神经疾病杂志,2010,13(3):23-24.
- [7] Kuang S R. An outline of n-hexane intoxication in human beings[J]. Chin J Ind Med,2000,13(4):225-227.
- [8] 杨径,李智民. 职业病诊断实践与案例评析[M]. 北京:人民卫生出版社,2012:133.

收稿日期:2013-04-24

修回日期:2013-05-31

(上接第 194 页)

2009,5(2):103-106.

- [5] 吴芬,夏昭林. 有毒作业分级方法的初步研究[J]. 复旦学报:医学版,2009,36(3):349-353.
- [6] 符传东. 化学因素职业危害风险评估指标体系及其应用研究[D]. 西安:陕西医科大学,2011.
- [7] 牛伟,蒋仲安,丁厚成,等. 聚类分析法在行业事故风险分级中的应用[J]. 中国安全科学学报,2008,18(4):163-168.

- [8] 黄德寅,管树利,薄亚莉,等. 有毒物质职业暴露健康风险评估[J]. 中华劳动卫生职业病杂志,2007,25(8):512.
- [9] 张敏,李涛,陈曙旻等. 我国硫化氢中毒的特点与控制对策[J]. 工业卫生与职业病,2005,31(1):12-14.
- [10] 林海,刘泉利,董颖博,等. 我国硫化氢职业中毒现状、原因与对策[J]. 工业安全与环保,2012,38(7):45-47.

收稿日期:2013-06-10

修回日期:2013-07-17