

文章编号:1674-2869(2018)05-0555-04

# 有限空间作业的风险分析与控制

周德红,陈慧芳,许 渊,伍 蒙,李 左

武汉工程大学兴发矿业学院,湖北 武汉 430074

**摘 要:**近年来,我国有限空间作业事故频繁发生,给人们的生产和生活带来很大影响。结合2011年1月至2017年6月发生的50起(不完全统计)较大及以上有限空间作业事故,采用事故统计分析方法,对这50起有限空间作业事故的事故类型、事故原因等进行分析。结果表明:中毒和窒息事故是有限空间作业事故的主要事故类型,3月~10月为事故的多发期;导致事故发生的直接原因为人的不安全行为,主要体现在作业前未通风、未对气体进行检测以及未按安全操作规程正确佩戴个体防护用品;间接原因是管理上的缺陷。针对具体问题提出有效控制措施,为我国企业安全生产提供科学依据,减少有限空间作业事故的发生。

**关键词:**有限空间;人的不安全行为;个体防护用品;控制措施;安全生产

中图分类号:X928.0 文献标识码:A doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2018.05.015

## Risk Analysis and Control Measures in Confined Space Operations

ZHOU Dehong, CHEN Huifang, XU Yuan, WU Meng, LI Zuo

School of Xingfa Mining Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China

**Abstract:** In recent years, the accidents in confined spaces occurred frequently in China, which had a great impact on production and personal life. According to the 50 serious accidents in confined spaces happened from January 2011 to June 2017 (incomplete statistics), the types and causes of the accidents were analyzed by statistical analysis technique. The results showed that poisoning and asphyxia were the major accident types in confined spaces, and most of accidents occurred during March to October every year, the direct causes were personal unsafe behaviors, including no detection and ventilation before entering confined spaces and no wearing personal protective equipment correctly according to safety procedures, and the indirect causes were the management defects in work safety. Finally, the effective control measures were put forward, which can provide scientific basis for the safety production in enterprises, and reduce the occurrence of accidents in confined spaces.

**Keywords:** confined space; unsafe behaviors; personal protective equipment; control measures; work safety

所谓有限空间,是指封闭的或者部分封闭,且其进出口均比较狭窄但不影响有关作业人员进出作业,当出现意外状况时又会给现场救援工作带来一定的影响,因此不被专门设计用于相关作业人员固定的工作场所;再者,受其自身的限制,导致自然通风不良,容易造成有毒有害、易燃易爆等危险物质的积聚,或是由于氧气含量较少,易导致

作业人员缺氧窒息的空间<sup>[1-4]</sup>。在有限空间作业中,主要存在中毒危害、缺氧危害、燃爆危害等几类危害类型<sup>[5]</sup>。为有效控制事故的发生,减少事故带来的人员伤亡、财产损失等负面影响,有必要对以往事故进行分析,进而提出切实可行的措施,为我国企业安全生产提供借鉴。

国外很早就重视有限空间作业安全问题,

收稿日期:2017-12-04

**基金项目:**2015年安全生产重大事故防治关键技术科技项目(hubei-0008-2015AQ);湖北省安全生产监督管理局2015年安全生产专项资金项目(鄂安监发[2015]73号);湖北省安全生产监督管理局2016年安全生产专项资金项目(鄂安监发[2016]54号);武汉工程大学第九届研究生教育创新基金(CX2017051)

**作者简介:**周德红,博士,副教授。E-mail:dhzhou2007@sina.com

**引文格式:**周德红,陈慧芳,许渊,等.有限空间作业的风险分析与控制[J].武汉工程大学学报,2018,40(5):555-558.

1996 年,PETTIT 等<sup>[6]</sup>首次提出在有限空间内存在有机物分解产生 H<sub>2</sub>S 的问题,并且根据这一发现阐述了多个由此造成人员伤亡的典型事故案例;VEASEY<sup>[7]</sup>和 MEYER<sup>[8]</sup>借鉴事故统计分析方法针对有限空间作业的事故特征及事故原因展开研究,并取得一定的研究成果。我国众多学者近几年对有限空间作业的安全问题也展开了相关研究,取得了相应的成果,但有限空间作业的安全问题仍不容乐观。臧铁柱等<sup>[9]</sup>对有限空间作业场所中的意外伤亡事故做了大致研究,通过对某化学纤维厂 CS<sub>2</sub>意外中毒事故进行模拟实验与理论分析,提出了一些预防和控制有限空间作业伤亡事故的措施。秦妍等<sup>[10]</sup>针对近年来北京市发生的因盲目施救而引起的有限空间作业伤亡事故,分析了事故发生的主要原因,并提出有限空间事故相应的应急救援对策。刘艳等<sup>[11]</sup>针对有限空间事故首次运用社会网络分析对其中的各节点以及节点与节点之间的关系进行的量化分析,揭示了有限空间事故的发生规律和演化特征。为了加强对有限空间事故的研究,提出具有针对性的改进措施,笔者拟以 2011 年 1 月~2017 年 6 月发生的 50 起(不完全统计)较大及以上有限空间作业事故,采用事故统计分析方法,针对事故的事故类型、发生事故的有限空间类型以及事故原因等进行分析,结合分析结果提出相应的事故预防和控制措施,为有限空间作业提供技术支持。

1 有限空间作业的危害及特点

1.1 有限空间作业存在的危害

有限作业空间可能存在 H<sub>2</sub>S、CO、CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 等有毒有害气体中毒、缺氧窒息危害、易燃易爆物质遇火燃烧爆炸危害及坠落、溺水、电击等危害。

1.2 有限空间作业的特点

有限空间作业具有以下特点:事故因素有一定的隐蔽性,不易察觉;环境危险物质的危险性大,一旦发生事故往往造成严重后果;空间封闭或者部分封闭,通风不畅,不利于气体扩散;作业非常态化;有限空间过于狭窄,且照明不良、通信不畅,给正常作业和发生事故时的应急救援工作带来很大的困扰。

2 有限空间作业事故特征及规律分析

事故统计分析方法是一种常用的用于探索事故发生规律和特征的方法。以 2011 年 1 月~2017 年 6 月发生的 50 起较大及以上有限空间作业事故为

研究对象,分析有限空间作业事故发生的规律及特征。典型的事故案例如表 1 所示。

表 1 2011~2017 年典型的有限空间作业事故案例  
Tab. 1 Typical accidents in confined spaces from 2011 to 2017

时间	地点	事故原因	事故危害
2017-06-12	广西平果县新安镇汤那村黄胎屯	沼气中毒	9 人死亡
2017-05-13	广东潮州市饶平县新圩镇南山村	沼气中毒	6 人死亡
2015-09-02	首钢股份公司迁安钢铁公司	东华炉窑公司作业人员被冲渣水冲至旋流沉淀池	7 人死亡, 直接经济损失 650 万元
2015-08-28	湖南常德安乡众鑫纸业有限责任公司	检修清理时,因有毒气体浓度过高坠池	7 人死亡, 2 人受伤
2014-10-03	湖北众鑫益农生物能源公司	连环中毒	6 人死亡
2014-01-21	广西壮族自治区桂林市临桂县秧塘工业园	检测天然气罐时中毒窒息	5 人死亡
2013-07-17	广西北海外沙	无证晒鱼场工人清理腌鱼池时气体中毒	5 人死亡, 2 人受伤
2011-06-18	江苏维凯科技股份有限公司	电焊切割工违规在烘箱车间切割,引起烘箱爆炸	8 人死亡, 10 人受伤
2011-06-11	江苏省常州市中岳铸造厂	煤气中毒	6 人死亡, 1 人受伤

2.1 事故类型分析

根据以往的事故统计,在众多的有限空间事故中,以中毒和窒息伤害事故类型为主,导致这些事故发生的罪魁祸首是硫化氢、沼气、一氧化碳等有毒有害气体,然而盲目展开救援往往是造成事故伤亡扩大的根本原因。针对 2011 年 1 月~2017 年 6 月发生的 50 起较大及以上有限空间作业事故,分析得出 90% 的事故类型为中毒、窒息事故,淹溺、燃爆等事故则相对较少,结果如图 1 所示。

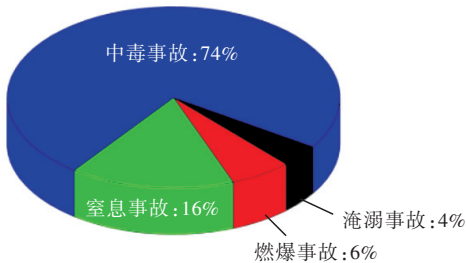


图 1 有限空间作业事故类型情况  
Fig. 1 Accident types of confined spaces operation

2.2 有限空间类型分析

通过对这50起较大及以上有限空间作业事故进行分析,得出了发生事故的有限空间类型所占比例,结果如图2所示。

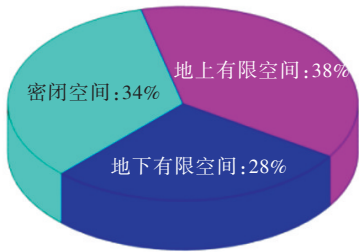


图2 发生事故的有限空间类型情况  
Fig. 2 Types of confined spaces of accidents

在这50起较大及以上有限空间作业事故中,38%的事故发生在地上有限空间,34%的事故发生在地下有限空间,28%的事故发生在密闭空间。

2.3 事故发生时间分析

按事故发生的月份统计分析,这50起较大及以上有限空间作业事故发生的月份与事故起数及事故造成的死亡人数的具体结果如图3所示。

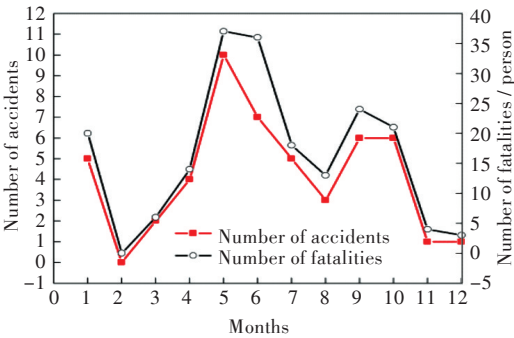


图3 事故发生起数及事故造成的死亡人数与月份之间的关系  
Fig. 3 Number of accidents and fatalities caused by accidents in different months

从图3中可以看出,在这50起事故当中,事故的发生有一定的规律性,其中3月~10月是事故较易发生的时期,5月~6月发生起数最高;其次为9月~10月。对于夏季而言,温度高而气压低,有限空间内的硫化氢、一氧化碳、沼气等有毒有害气体容易积聚到一起,不利于向外扩散,此时作业人员因高温天气也较为疲劳,没有及时察觉有限空间内的危险物质,加上用人单位未为他们配备符合标准的劳动防护用品,或作业人员未按照操作规程主动穿戴劳动防护用品,安全管理及有效操作等环节不到位的原因,在很大程度上提高了事故的发生概率。事故的发生所导致的死亡人数中5月~6月所占比例最大,9月~10月次之。因此,不

难看出事故所造成的伤亡人数在一定程度上与事故所发生的起数有一定的联系。

3 有限空间作业事故原因分析

3.1 直接原因分析

直接原因可分为人的不安全行为和物(环境)的不安全状态<sup>[12-13]</sup>。直接原因主要是由于人的不安全行为引起的,具体表现在作业前没有先进行通风、未检测作业场所中的氧气是否充足及是否存在有毒有害气体、作业过程中未按安全操作规程佩戴个体防护用品。有限空间作业事故不安全行为统计结果如表2所示。

表2 有限空间作业事故中的人的不安全行为统计  
Tab. 2 Statistics of personal unsafe behaviors in accidents of confined spaces operation

人的不安全行为	事故起数 / 起	所占比例 / %
违章进入有限空间作业	13	26
作业前未检测、通风	39	78
作业时未佩戴个体防护用品	44	88
爆炸性环境未使用防爆设备	3	6

注:一起事故中,人的不安全行为有可能不止一种,可以共存

轨迹交叉事故致因理论<sup>[14-16]</sup>认为,除自然因素造成的伤亡事故,绝大部分的生产安全事故是由于人和物两种因素导致的。一般来说,人的不安全行为和物(环境)的不安全状态在正常情况下是各自发展的过程(轨迹),倘若它们受到某种因素的影响,进而在某个时间或是空间上发生了接触,即发生了交叉运动,在这种因素的激发下,能量“逆流”于人体,伤害事故随即发生。因此,消除人的不安全行为或是物的不安全状态在一定程度上能有效控制事故的发生。

3.2 间接原因分析

管理上的缺陷是导致事故发生的间接原因。企业的安全管理主要包括人员管理、设备管理、环境管理和综合管理4个方面。据分析,在这4个方面中,人员管理和设备管理的不完善,在很大程度上成为事故发生的导火索。首先,用人单位对作业人员缺乏受限空间作业的安全教育培训,作业人员对有限空间作业的安全知识不足,更为严重的是根本没有意识到有限空间作业中的危险性;其次是用人单位的管理部门未制定相关安全作业制度或制度存在缺陷未及时完善、未严格执行,以及在作业过程中未落实安全措施和监护措施等工作;再者,在进行受限空间作业前没有进行隐患排查、危害辨识等工作,在事故发生后更是没有相应

的应急处置预案,作业场所缺少必要的安全防护设施、用品和应急救援物资;最后,用人单位的相关部门虽然制订了相应的应急救援预案,但是在平时的生产生活中未定期开展相关的安全教育培训和应急演练活动,一旦发生事故,由于没有经验,缺乏应变能力,在事故中惊慌失措,不知如何应对,导致事故状态下不能展开及时的自救与互救活动,错过了实施科学有效救援时间,再者因为盲目施救,从而使伤亡进一步扩大。

## 4 有限空间作业事故预防及控制对策

为了有效控制事故的发生及减少人员伤亡和财产损失,在事故发生前应该严格按照安全操作规程进行作业;在事故发生之后,为有效控制事故带来的不必要的损失,应及时采取措施将事故控制在最小范围内。具体的对策如下:

1)企业应该加强作业人员的安全教育培训,知悉作业场所存在的危险有害因素及防控措施,熟悉掌握正确使用劳动防护用品的方法。

2)严格按照要求执行作业审批制度,在作业前必须进行相关作业的申请程序,并且制定详细的安全作业和应急救援预案。

3)在进入有限空间作业前,必须先进行危险有害因素的辨识工作,按照“先通风、后检测、再作业”的工作原则有序进行,凡是未进行作业前的通风和检测工作,有关作业人员不得进入有限空间作业场所内从事相关工作。

4)作业现场必须有负责人员或监护人员,一旦发生事故,应立即联系相关部门,采取及时的救援措施。

5)作业现场必须配置有符合国家标准或行业标准的通风设施,作业人员佩戴呼吸器、防毒面具、用以出现意外施救的绳索、梯子等防护用品。

6)发现有中毒窒息情况时,不能贸然施救,应立即启动应急救援预案,正确施救。

## 5 结 语

通过对以往事故进行分析,得出有限空间事故的主要类型为中毒窒息事故,引起事故的主要原因为人的不安全行为,在这过程当中,由于盲目施救造成的人员伤亡、财产损失等情况更为明显。因此,为了有效预防及控制有限空间事故,企业应该制定相关安全操作规程,严格规范作业人员的行为,并且加强作业人员的安全教育培训,提高作业人员对作业现场的危险有害因素的认识及

应对意外事故的能力,并为作业人员配备必要的劳动防护用品,在事故发生之后,还应及时采取应急救援预案,将事故带来的损失控制在最小范围内。

### 参考文献:

- [1] BURLET-VIENNEY D, CHINNIAH Y, BAHLOUL A, et al. Occupational safety during interventions in confined spaces [J]. Safety Science, 2015, 79: 19–28.
- [2] BURLET-VIENNEY D, CHINNIAH Y, BAHLOUL A, et al. Design and application of a 5 step risk assessment tool for confined space entries [J]. Safety Science, 2015, 80: 144–155.
- [3] 冯卫星. 浅析有限空间的危害因素及防控措施[J]. 中国有色金属, 2017(8): 62–63.
- [4] 黄郑华, 李建华, 边成, 等. 有限空间作业危险因素分析与安全措施[J]. 中国公共安全(学术版), 2009(4): 61–65.
- [5] 韩洋. 如何预防有限空间气体中毒[J]. 吉林劳动保护, 2014(7): 42.
- [6] PETTIT T A, BRADDEE R W, SURUDA A J, et al. Worker deaths in confined spaces [J]. Professional Safety, 1996, 41(11): 22–25.
- [7] VEASEY D A, MCCORMICK L C, HILYER B M, et al. Confined space entry and emergency response [M]. New York: John Wiley & Sons Inc, 2005: 98–100.
- [8] MEYER S. Fatal occupational injuries involving confined spaces, 1997–2001 [J]. Occupational Health & Safety, 2003, 72(11): 58–60, 62, 64.
- [9] 臧铁柱, 张礼敬, 张丽, 等. 有限空间作业意外伤亡事故的成因及其对策[J]. 南京工业大学学报, 2005, 27(3): 103–106.
- [10] 秦妍, 刘艳, 陈娅, 等. 浅析有限空间作业事故应急救援对策[J]. 职业卫生与应急救援, 2016, 34(1): 63–67.
- [11] 刘艳, 秦妍. 基于社会网络分析的北京市有限空间作业事故分析[J]. 工业安全与环保, 2017, 43(4): 18–22.
- [12] 李树刚. 安全科学原理[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2008: 26–48.
- [13] 傅贵, 殷文韬, 董继业, 等. 行为安全“2–4”模型及其在煤矿安全管理中的应用[J]. 煤炭学报, 2013, 38(7): 1123–1128.
- [14] 罗春红, 谢贤平. 事故致因理论比较分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2007, 3(5): 111–115.
- [15] 覃容, 彭冬芝. 事故致因理论探讨[J]. 华北科技学院学报, 2005, 2(3): 1–10.
- [16] 王如君. 事故致因理论简介(上)[J]. 安全、健康和环境, 2005, 5(4): 1–3.