

# 有限空间中中毒事故分析及防控对策研究

赵旭峰 边亚军

山西八建集团有限公司 山西 太原 030027

**【摘要】：**近年来我国中毒窒息事故频发，造成了较大的人员伤亡及财产损失，暴露出部分企业对有限空间中中毒亡人风险认识不清，不落实“先通风、再检测、后作业”的要求，安全培训不到位、防护装备不齐全等问题，因此做好有限空间中中毒窒息事故的防控工作刻不容缓。

**【关键词】：**有限空间；有毒有害气体；窒息；中毒；作业许可；风险防控；通风

## Accident Analysis and Study on Prevention and Control Countermeasures of Limited Space Poisoning

Xufeng Zhao, Yajun Bian

Shanxi Eighth Construction Group Co. Ltd. Shanxi Taiyuan 030027

**Abstract:** In recent years, the frequent occurrence of poisoning and suffocation accidents in our country has caused large casualties and property losses. It has been exposed that some enterprises have unclear understanding of the risk of poisoning deaths in limited spaces, and do not implement the requirements of “ventilation first, testing later, and operation later”. Safety training is not in place, and protective equipment is not complete. Therefore, it is urgent to do a good job in the prevention and control of poisoning and suffocation accidents in limited spaces.

**Keywords:** Limited space; Toxic and harmful gases; Asphyxia; Poisoning; Work permit; Risk prevention and control; Ventilation

### 1 有限空间的含义、基本范围及有毒有害气体分析

通过查阅应急管理部事故通告及新闻资料显示，2021年1月至11月全国共发生有限空间事故37起，共造成106人死亡，其中中毒窒息事故34起，死亡人数96人，占有限空间事故的91.8%，可见中毒窒息依然是有限空间事故致死的主要原因。

#### 1.1 有限空间

又称受限空间、密闭空间，是指密闭或者部分封闭、出入口较为狭窄，自然通风不良，易造成有毒有害、易燃易爆物质或含氧量不足，作业人员不能长时间在内工作的场所。

#### 1.2 有限空间的基本范围

(1) 封闭、半封闭设备：如储存罐、冷藏车、锅炉、压力容器、管道等。(2) 地下有限空间：地下室、地下管道、暗沟、隧道、涵洞、地坑、矿井、废井、化粪池、桩孔、下水道、沟、井、池、地下电缆沟等。(3) 地上有限空间：储藏室、发酵池、封闭车间、实验室、烟道、孔洞等。

#### 1.3 有毒有害气体分析

有限空间可能存在的有毒有害气体：硫化氢、苯、甲苯、二甲苯、二氧化碳、一氧化碳、氮气、氩气、氦气、甲烷等。

### 2 有限空间作业的安全风险识别

在有限空间作业环境、作业过程、作业流程、作业管理各个环节均潜在的较大的安全风险，稍有不慎就会造成中毒、窒息、火灾、爆炸等人员伤亡事故，这就要求在进行有限空间作业前务必要进行安全风险的辨识评价，以便根据评价结果，对

有限空间作业安全风险进行分级管控，有针对性地采取控制措施，消除安全风险，杜绝安全隐患发生，确保施工过程的安全。通常安全隐患来源于违反安全生产法律、法规等相关规定，或者因其他因素在安拆作用和使用过程中存在可能导致事故发生的人的不安全行为、物的不安全状态、场所的不安全因素和管理上的缺陷。具体内容如下：

#### 2.1 作业环境危险因素

有限空间内通常会存在氧气含量不足、富氧、有毒有害气体、或者过冷（过热、潮湿）等不利于作业人员操作的特殊环境，如果不采取有效的防范措施极易造成人员的窒息、中毒。

#### 2.2 作业过程危险因素

有限空间作业过程中，未按照要求进行通风，未对空间内气体含量进行检测，作业人员长时间在有限空间内作业，未按照要求配置个人防护用品等均可能造成中毒窒息事故。

#### 2.3 作业流程的危险因素

未制定有限空间操作规程，未实行危险作业审批流程，操作人员盲目作业，在未探明作业环境的情况下贸然进入有限空间作业，不了解防护设施的使用要求或者不按照有限空间作业流程进行操作，都有可能造成中毒窒息事故的发生。

#### 2.4 施工管理上的缺陷

在管理过程中组织机构不健全、制度不完善、方案编制、审核审批流程不规范、没有应急救援预案，未组织进行应急救援演练，缺乏岗前安全培训教育、安全技术交底，防护设施、

通风设备没有及时维护保养,是造成此类事故的主要原因。

### 3 有限空间作业的安全风险评价

#### 3.1 风险判定矩阵法概述

风险判定矩阵法(简称LC)考虑了事故发生的可能性(L)和事故后果严重程度(S)两个变量,给两个变量分别确定了不同等级,再通过风险矩阵来判定风险程度。(注:选用几种评价方法对同一对象进行评价时,风险等级应按照“从严从高”的原则综合判定)。

#### 3.2 变量等级

事故发生的可能性(L)分为五个等级。

表1 事故发生的可能性(L)

| 可能性等级 | 说明        |
|-------|-----------|
| A     | 很可能       |
| B     | 可能,但不经常   |
| C     | 可能性小,完全意外 |
| D     | 很不可能,可以设想 |
| E     | 极不可能      |

事故后果严重程度(S)分为四个等级。

表2 事故后果严重程度(S)

| 严重程度等级 | 说明            |
|--------|---------------|
| I      | 灾难,可能发生重特大事故  |
| II     | 严重,可能发生较大事故   |
| III    | 轻度,可能发生一般事故   |
| IV     | 轻微,可能发生人员伤亡事故 |

#### 3.3 变量等级确定

事故发生的可能性和事故后果严重程度的判定,需要通过适应的定性或定量风险评估方法进行科学确定。如对事故发生的可能性,可采用事故统计分析方法、事件树分析等分析方法来判定;事故后果的严重程度,可采用事故统计分析和事故后果定量模拟计算等方法来判定。

#### 3.4 风险等级判定

风险等级划分为四个等级,通过风险矩阵判定。

表3 风险判定矩阵

| 可能性(L) | 严重程度(S) |        |         |        |
|--------|---------|--------|---------|--------|
|        | I(灾难)   | II(严重) | III(轻度) | IV(轻微) |
| A      | 重大风险    | 重大风险   | 较大风险    | 一般风险   |
| B      | 重大风险    | 重大风险   | 较大风险    | 一般风险   |
| C      | 重大风险    | 较大风险   | 一般风险    | 低风险    |
| D      | 较大风险    | 一般风险   | 一般风险    | 低风险    |
| E      | 一般风险    | 一般风险   | 一般风险    | 低风险    |

#### 3.5 危险性等级确定

根据风险判定矩阵法,通过事故发生的可能性和事故后果严重程度两个变量,最终判定有限空间作业过程中存在风险的危险性等级。结合近年有限空间作业发生事故的种类进行分析,该作业主要存在窒息、中毒、坍塌、爆炸、触电等风险,

其中尤以中毒、窒息风险最大,重大风险的危险性等级评价结果如表4所示。

表4 危险有害因素及危险性等级评价结果

| 序号 | 风险点名称   | 工作步骤或工作内容 | 主要危险有害因素                                                  | 潜在事故类型 | 风险评价        |             | 风险等级 |
|----|---------|-----------|-----------------------------------------------------------|--------|-------------|-------------|------|
|    |         |           |                                                           |        | 事故发生的可能性(L) | 事故后果严重程度(S) |      |
| 1  | 危险作业许可证 | 危险作业审批    | 有限空间作业前未办理作业审批手续,或在作业环境改变后未重新办理作业审批手续。                    | 窒息、中毒  | B           | II          | 重大风险 |
| 2  | 作业前准备   | 通风        | 作业前未进行通风置换或通风不畅时长时间                                       | 窒息、中毒  | B           | II          | 重大风险 |
| 3  |         | 检测        | 通风后未进行有限空间内气体含量检测,采样点不具有代表性,或在作业中未重新进行检测,作业过程中每隔2小时进行检测一次 | 窒息、中毒  | B           | II          | 重大风险 |
| 4  | 有限空间作业  | 专人监护      | 未设置专人进行监护,监护人未佩戴防护用品,或在有限空间作业过程中擅离监护                      | 窒息、中毒  | B           | II          | 重大风险 |
| 5  |         | 有限空间作业    | 作业人员未佩戴呼吸器等个人防护用品,未设置通风设备等                                | 窒息、中毒  | B           | II          | 重大风险 |
| 6  | 应急救援    | 应急救援建设    | 无应急预案,未建立应急救援体系,无应急救援队伍                                   | 中毒、窒息  | B           | II          | 重大风险 |
| 7  |         | 应急救援物资    | 未配置应急救援物资,有限空间作业过程中未在入口处设置警示标志、氧气表、防护绳、呼吸器等救援设备           | 中毒、窒息  | B           | II          | 重大风险 |
| 8  |         | 应急演练      | 未进行应急救援演练                                                 | 中毒、窒息  | B           | II          | 重大风险 |

### 4 通过典型事故案例印证风险评价结果

#### 4.1 典型事故案例

案例一:2021年3月28日某再生纸厂一员工在未按照“先通风,再检测,后作业”情况下对白水收集沉淀池进行清洗作业时,发生中毒事故,三名施救者在未做好防护措施,穿戴防护用品的情况下盲目施救,相继中毒窒息,事故造成4人死亡。

案例二:2021年5月1日14时15分某公司4名作业人员在未对水箱内氧气浓度进行检测的情况下,进入水箱进行清洗作业,4时20分该公司设备科长发现4名作业人员趴在水箱内,随即组织开展救援,经救援队伍现场检测,当时水池内氧气浓度为7.5%,含氧量严重不足,本次事故共造成4人窒息死亡。

案例三:2021年5月24日某食品厂废水处理间好氧池风机发生故障,企业在未停止使用污水处理相应的设施的情况下,重新启动曝气风机,高浓度硫化氢等有毒有害气体逸出扩散,作业及先期施救员在未采取任何安全防护措施的情况下进入废水处理间,导致吸入硫化氢等有毒有害气体中毒死亡,事故共造成7人死亡。

#### 4.2 中毒、窒息事故原因分析

从上述及以往经典事故案例可以看出,造成有限空间中毒、窒息事故及事故的原因主要有以下几方面:

(1) 主体责任单位风险识别及防控措施缺失,从事事故案例可以推断责任主体单位未对有限空间作业过程中存在的风险进行辨识、管控,未建立健全的风险防控及控制体系,盲目组织人员施工,最终酿成事故。

(2) 责任主体对有限空间安全作业相关制度、规定落实到位,责任落实不到位,在进行有限空间作业时未严格按照规定办理《有限空间作业》审批手续,未按要求配置监管人员进行全程监管,未按规定为作业人员提供必要的安全防护设

施,未严格按照“先通风,再检测,后作业”的程序进行有限空间作业。

(3)对作业人员的教育培训、日常监管不到位,作业人员安全意识淡薄,缺乏对有限空间作业危险性的正确认识,习惯性违章操作和冒险作业较为突出,如案例中的作业人员在无任何防护措施及监护人的情况下进行有限空间作业。同时管理人员的安全责任落实不到位,疏于监管。

(4)责任主体单位安全投入不足,安全防护设施配备不到位,安全措施缺失,案例中有限空间作业前未进行有毒有害气体检测及新鲜空气置换,未设置有毒有害气体超浓度预警装置,未对有限空间内的氧气浓度进行检测,作业人员没有穿防护服,佩戴防毒面具或呼吸器就进入有限空间作业,是造成中毒窒息事故的直接原因。

(5)应急体系建立不完善,从案例中可以发现,责任主体单位的应急救援体系不健全,应急救援培训及预案演练缺失,管理人员及作业人员的应急救援能力及自救能力较弱,案例中盲目施救是造成事故扩大的主要原因。

## 5 有限空间中中毒窒息事故防控措施

通过有限空间作业安全风险辨识评价,结合近年来有限空间作业的事故案例分析,针对分析成果,结合有限空间作业实际提出以下几点控制措施。

(1)建立风险防控与隐患排查治理双重预防机制,有限空间作业前进行风险辨识评价,对识别出的中毒、窒息风险按照可能造成的危害性进行分级管控,明确有限空间的数量、位置、实施节点,建立分级管理台账,制定相应级别的作业审批制度,明确防控措施及相应级别的监护人、审批人,做到责任到人,确保每个环节都有人管理,有人监督,各级审批人员现场确认措施到位并设置明显的告知牌及警示标志后方可进行有限空间作业,严禁无关人员进入有限空间施工区域。如有限空间作业环境条件、施工工艺发生变化时进行重新审批。作业过程中安排有工作经验、责任心强的人员进行全程监护,不得脱岗,对作业过程的操作行为及安全措施的有效性进行检查,并与作业人员保持联络,发现异常或隐患时有权立即停止作业,要求作业人员离开有限空间,并采取紧急措施或报警,待隐患或异常情况彻底整改、解决完毕,经有限空间作业审批人员验收合格后方可继续作业。

(2)加强教育,有限空间作业人员多为流动人员,作业前往往未经过专业的教育培训,因此,管理人员及作业人员在进入有限空间作业前,必须由专业技术人员对其进行安全培训

及教交底,主要包括有限空间作业可能出现的危害,如中毒、窒息、物体打击、爆燃、触电、盲目施救等,遇到突发情况的应急处置措施,应急救援、自救知识,防护设施的使用知识等,并对安全防护措施进行确认。有限空间作业实行实名制,作业前及作业后对作业人员进行清点,确保人员无变动。

(3)安全投入及措施要到位。①置换通风:在进行有限空间作业前,应采用氮气、蒸汽等惰性气体或采用注水排气法对空间内的有毒有害物质进行置换、清除后,将孔口打开进行自然通风换气,必要时进行强制通风换气,确保空间内的成分含量达到安全要求,有毒有害气体含量应满足国家有关标准,氧含量18%-21%为宜。②监测:有限空间作业应按照“先通风,再检测,后作业”原则进行,作业前半小时内要对空间内的气体进行全面采样检测,包括有毒有害气体、氧含量、易燃易爆气体检测等,采样点应按照上、中、下各取一个部位进行检测,气体样本检测合格后方可进行作业。作业过程中应持续对空间气体含量检测,最少2小时一次,也可设置有毒有害气体、氧含量浓度超标报警装置进行监测,如作业发生中断,重新作业前需对空间内气体重新检测,检测过程中如发现异常情况应立即撤离作业人员,处理合格后方可继续作业。③防护物资:为作业人员提供必要的安全防护设施,如空气呼吸器、防护服、软管面具、通风设备等。

(4)建立完善的应急救援体系,制定应急救援预案及相应的演练方案,针对有限空间应急救援开展专题安全培训,使有限空间作业的相关人员具备自救和处理突发事件的能力,同时要储备足量应急救援物资,成立专门的应急救援队伍,每半年至少组织一次有限空间应急救援演练,锻炼应急救援能力,确保在遇到窒息中毒事故时,可以第一时间组织施救,减少事故伤害。作业时应在入口处放置必要的应急物资如安全绳、消防器材、氧气袋、便携式升降设备、三脚架、空气呼吸器等,作业过程中如遇窒息中毒事故,必须第一时间启动应急救援预案,撤离作业人员,由专门的应急救援队伍或具备有限空间应急救援技能的人员配合开展救援工作,杜绝不具备应急救援能力的人员盲目施救。

综上所述,有限空间窒息中毒事故多为对有限空间中死亡人风险认识不清,不落实“先通风、再检测、后作业”的要求,安全培训不到位、防护装备不齐全、应急管理体系缺失等原因引起的。企业要做好有限空间作业的风险评估、防护设施到位、培训宣传到位、落实审批制度、安全措施执行到位、应急救援体系运行良好,有效降低或减少有限空间中毒窒息事故发生。

## 参考文献:

- [1] 刘艳,杨春丽.有限空间作业事故特征及其原因分析[J].中国安全科学学报,2017,27(03):141-146.
- [2] 密闭空间作业职业病危害防护规范 GBZ 205-2007[S].中国卫生出版社,2008.
- [3] 赵春辉.有限空间作业中毒窒息事故的原因分析及对策措施[J].化工安全与环境,2014,(5):14.