

化工企业受限空间作业中毒窒息事故成因分析

陈松宇^{1,2}

1.泰兴联创绝缘材料有限公司 江苏 泰州 225400

2.宁夏恒泰生物科技有限公司 宁夏 银川 750411

【摘要】：化工企业在受限空间作业过程中，因环境密闭、有毒有害气体积聚等因素，极易引发中毒窒息事故。此类事故危及作业人员生命安全，也暴露出企业在安全管理、风险评估与应急响应等方面的薄弱环节。分析事故成因，可以系统识别问题根源，为制定科学有效的防范措施提供理论支持，从而显著提升作业安全水平，减少事故发生频率。

【关键词】：化工企业；受限空间；中毒窒息；事故成因；安全管理

DOI:10.12417/2811-0536.26.05.067

1 受限空间作业环境的安全风险特征

化工企业中的受限空间作业普遍存在显著的安全风险，这类作业场所通常具备结构封闭、通风不良、进出受限等特点，常见于储罐、反应釜、地下管廊、槽池及容器等设备内部。这些空间在设计之初并非为人员长期工作而设，空气流动性差，极易积聚有毒有害气体或因氧气浓度不足而形成窒息环境。诸如硫化氢、一氧化碳、氯气等化学气体在受限空间中极易超标，加之操作人员在不明气体浓度情况下进入作业区域，极可能瞬间发生中毒或缺氧昏迷，造成严重后果。

在实际作业过程中，部分化工企业对受限空间的风险辨识存在盲区，未能进行有效的气体检测或采取充分的通风措施，导致危险源得不到及时控制^[1]。作业人员防护意识薄弱，缺乏必要的专业培训，往往未佩戴符合标准的防护装备或自给式呼吸器。由于作业环境相对封闭，一旦发生中毒或窒息事件，施救难度大，极易形成连锁伤亡。作业审批制度执行不严、危险作业票证制度流于形式，也是事故频发的诱因之一，暴露出管理制度落实不到位、安全文化薄弱等深层问题。从风险控制角度看，受限空间中毒窒息事故具有突发性强、致死率高、施救时间短等特点，对化工企业的安全管理体系构成严峻挑战。必须强化对受限空间作业环境的系统性评估与动态监控，推动自动化监测设备与通风联动系统的应用，确保气体浓度与氧气水平处于可控范围。建立标准化作业规程、优化安全培训机制、实施分级分类风险管控等手段，可从源头减少作业过程中的致险因素，为作业人员提供可靠的作业环境保障。

2 中毒窒息事故的典型案例分析

在化工企业受限空间作业中，典型的中毒窒息事故往往集中体现出安全管理缺陷和作业规范执行不严

的双重问题。某化工厂在清洗废液储罐过程中，未对罐内残留气体进行充分检测和置换，作业人员进入罐内后短时间内出现意识丧失，现场另两名员工在未佩戴防护装备的情况下贸然施救，结果造成三人中毒死亡。事故调查发现，企业虽制定了作业审批制度，但现场执行流于形式，气体检测数据存在人为篡改和伪造的现象，未严格落实作业前必须进行的通风换气和有害气体浓度监测等关键环节。这种制度与实际操作严重脱节的现象在多个作业点普遍存在，表明企业安全管理体系存在明显漏洞，对作业风险的控制停留在纸面，缺乏有效的监督与执行机制，导致隐患长期积累，最终引发严重后果。

另一类典型案例出现在下水管道、地坑等低洼受限空间内。在一次地下管道清污作业中，因排水系统与化工废液管线存在串通问题，导致有毒气体回流并积聚于作业区域^[2]。作业人员在无气体检测、无防护通风的条件下进入，短时间内发生硫化氢中毒，造成2人死亡、1人重伤。该事故暴露出企业在作业风险评估方面存在明显漏洞，对系统性风险关联未进行分析判断，忽视了受限空间与其他生产系统的联动可能性，未建立有效的危险预控机制与隔离措施，致使危险因素从外部传入内部空间。

对这类典型事故的分析可发现，受限空间中毒窒息事故的发生往往并非单一因素所致，而是“人、机、环、管”多因素交织作用的结果。其中，人为操作失误、防护意识不足是直接诱因，而设备监测能力弱、安全管理制度执行不到位、安全教育培训缺失等则是根本原因。尤其在事故发生前的预警能力普遍薄弱，对受限空间气体环境的持续检测与动态响应能力不足，导致无法实现风险早发现、早处置。深入剖析典型案例中的成因机制，具备重要的指导意义，有助于化工企业全面识别自身在制度执行、现场管理、员工

培训等方面存在的安全管理短板，还能对事故诱因的还原分析，为制定具有针对性的防控策略和完善应急响应措施提供真实、具体的数据支持和实践依据，有效提升安全保障水平。

3 事故成因的分类与本质剖析

化工企业受限空间中毒窒息事故的成因具有多样性与系统性，从事故归类角度来看，主要包括环境因素、人员因素、管理因素和设备技术因素等多方面交互影响。其中，环境因素是导致事故发生的基础，如作业空间内氧气浓度不足、有毒气体浓度超标、通风不畅等问题普遍存在。高风险气体如硫化氢、一氧化碳、氨气等在密闭空间中极易积聚，一旦超出人体耐受阈值，会在短时间内造成呼吸抑制、意识丧失甚至窒息死亡。由于这些气体往往无色无味，不易被肉眼识别或嗅觉察觉，极易被作业人员在缺乏专业检测设备或安全意识不足的情况下所忽视，从而导致未能及时采取有效的防护措施。这种隐蔽性使得危险因素潜伏于作业环境中，极难被直观发现，一旦达到一定浓度便可能瞬间引发中毒或窒息，具有极高的突发性和致命性，显著增加了受限空间作业的整体危险程度和应急响应难度。

人员因素方面，作业人员缺乏对受限空间危害的认知，防护意识淡薄，违规操作现象频繁，如未按规定穿戴自给式呼吸器、进入作业前未确认气体检测数据等，均直接加剧事故风险^[3]。部分作业人员对安全操作规程掌握不熟，甚至未接受过系统性培训，对异常情况缺乏应急判断与处理能力。在现场施救过程中，盲目救援现象也屡见不鲜，往往导致伤亡扩大。上述行为均反映出企业在人员资质审查、安全培训考核及作业前技术交底等关键环节存在明显缺失，导致作业人员普遍缺乏必要的安全知识与应急处置能力。企业未能建立起系统完善的人员准入机制和分级培训体系，未将岗位风险告知纳入常态化流程，致使人员风险屏障形同虚设，极易引发操作失误与事故升级。

管理因素和设备技术短板是事故本质成因的深层体现。管理上，作业审批制度执行不严，风险辨识与评估机制流于形式，作业票证审核程序不完善，造成受限空间作业缺乏全流程管控。部分企业未建立科学的应急预案体系，缺乏事故演练与联动响应机制，致使事故发生后应急处置滞后，抢救不力。设备技术方面，一些老旧设施未配置固定式气体监测仪，或传感器精度不足，无法实现实时预警。缺少有效的强制通风系统、缺乏作业联锁与安全联动装置，也是导致事故升级的重要原因。化工企业受限空间中毒窒息事故

的发生并非偶然，而是多种因素在安全管理体系中长期积累的结果，只有通过系统性分类分析与根本性剖析，才能为建立科学、高效的防控机制提供依据。

4 作业流程与安全管理存在的问题

在受限空间作业过程中，作业流程和安全管理体的缺陷往往是诱发中毒窒息事故的关键因素。作业流程中存在的问题表现为风险辨识不充分、作业前准备不规范以及现场操作缺乏标准化。部分企业在作业启动前未能进行系统性的气体检测与风险分析，仅凭经验判断环境安全，忽视了气体种类、浓度及可能的交叉污染风险。作业计划缺少明确的流程节点控制与安全确认机制，导致各项关键步骤缺乏有效监督与落实。通风作业未持续进行或存在盲区，致使有害气体无法彻底排出，气体置换过程中未进行复检或检测设备使用不当，导致判断失误。人员进入时机把握不准确，常在环境未达安全标准前贸然作业，使中毒窒息风险大幅上升。这些管理疏漏表明作业流程控制严重缺位，是事故频发的重要诱因之一。

安全管理方面，当前部分化工企业仍停留在被动应对事故的阶段，缺乏科学、系统的安全管理体系^[4]。在审批流程中，作业票证制度执行不到位，作业许可环节缺乏实质审核，仅作为形式文件流转；安全交底未能覆盖作业要点与应急处置流程，使作业人员对潜在危险缺乏充分认识；日常监督缺失，导致违规进入、无防护作业、设备失效等现象频繁出现。企业未能根据不同岗位的风险等级建立科学的分级管控机制，使高风险作业与普通作业在管理标准上无明显区分，导致资源投入和监管力度不足。关键节点如气体检测、人员进出、通风确认等环节未安排专人负责监督，职责模糊、响应滞后，使潜在危险得不到及时发现和控制。管理松懈使得制度无法真正落地执行，严重削弱了对受限空间作业的行为约束与风险控制能力，增加了事故发生的不可预见性和严重性。

设备配备与应急响应体系的不足也是当前作业流程中的突出短板。部分现场未安装固定式气体检测仪器，缺乏实时监测与声光报警系统，依赖人工检测手段，滞后性明显。应急救援设施配置不合理，逃生通道设计不规范，呼吸保护装备缺失或不符合标准，使事故发生时的自救与互救效果大打折扣。应急演练流于形式，作业人员对应急处置程序缺乏实操经验，反应迟缓，容易造成事态扩大。作业流程的混乱与安全管理的失效相互叠加，使中毒窒息事故在受限空间作业中呈现高发态势，亟需通过制度完善、流程优化与科技手段的引入，实现对全过程的有效管控。

5 预防中毒窒息事故的有效策略

预防化工企业受限空间作业中的中毒窒息事故，关键在于构建多层次、全流程的风险防控体系，强化作业前、中、后的全过程管理。作业前阶段，应严格执行受限空间作业审批制度，确保作业票证的签发环节真正落地，多部门联审机制明确风险源及控制措施，避免形式主义。必须在人员进入前完成充分的气体检测，明确氧气、一氧化碳、硫化氢、可燃气体等关键指标是否在安全范围内，并进行连续性监测。应对作业空间进行有效通风置换，确保作业环境中有毒气体被清除、氧气浓度恢复至安全水平，防止残留气体导致事故发生。

作业实施过程中，应加强作业人员的安全行为管理与现场动态控制。所有进入受限空间的作业人员必须佩戴符合标准的自给式呼吸器、便携式气体检测仪及防护服等个体防护装备，确保其在突发状况下具备自我保护能力^[5]。应安排专职监护人员在作业口外随时监控作业环境与作业进展，具备紧急情况下快速启动应急响应的能力。作业现场应配备应急通风设备、通讯设施及逃生通道标识，确保突发情况下能够实现快速疏散和通信畅通。对于多工种交叉作业或高风险作业，应设立作业协调员，统一调度作业节奏，避免作业重叠导致风险交叉扩散。

在日常管理与长效机制建设方面，企业应通过信息化手段推动受限空间作业的智能监管，安装固定式多参数气体报警系统，实现对危险气体的实时监控与远程预警。应建立健全作业人员的培训体系，强化对受限空间危险因素识别、自救互救技能、应急演练参与等方面的培训考核，提高作业人员的应急反应能力与安全意识。对于承包商等外来作业单位，亦应纳入统一的安全生产管理体系中，实施同等标准的监督管理。构建“技术+制度+人员”三位一体的安全防控框架，是预防中毒窒息事故的根本途径，从根源上提升受限空间作业的安全水平。

6 构建企业受限空间安全保障体系

构建化工企业受限空间作业的安全保障体系，是降低中毒窒息事故发生率、提升本质安全水平的核心路径。该体系应以风险分级管控和隐患排查治理为基础，结合企业实际生产特点，建立覆盖作业全流程的

标准化管理机制。关键在于完善作业审批、风险识别、气体监测、通风换气、作业监护等各个环节的制度流程，形成闭环式管理。安全保障体系的设计应突出科学性与实操性，避免制度流于形式，通过动态更新的风险数据库与作业场景模拟分析，提升对各类受限空间场所的风险预判能力，从源头上控制高危因素的存在与演化。

信息化与自动化技术在保障体系中应得到充分应用。依托物联网平台可实现对受限空间气体浓度、温湿度、氧含量等关键参数的远程监测与联动报警，设置阈值自动启动强制通风系统，确保作业环境始终处于安全状态。智能视频监控系统与作业人员定位系统联动，可对作业过程实施全过程可视化管理，提高监管的实时性与准确性^[6]。应在作业入口设置电子作业票据系统与人员识别装置，防止无授权人员进入危险区域，确保作业流程符合审批规范。所有关键设备应定期检测、校验并建立完整台账，保证其长期有效运行，防止因设备故障引发次生风险。

保障体系的建设还需强化组织保障与文化支撑。企业应设立专门的受限空间作业安全管理小组，明确职责分工，建立跨部门联动协同机制，提升应急响应的系统性和时效性。在制度执行方面，必须强化作业前技术交底、安全培训与模拟演练，提升作业人员的安全意识与应急处置能力。安全文化建设亦不可忽视，应将“生命至上、安全第一”的理念融入日常管理与绩效考核中，推动安全责任层层落实，形成全员参与、全程控制、持续改进的良性循环。只有构建起以技术支撑为基础、制度保障为核心、人员素质为关键的多维度安全保障体系，化工企业才能有效应对受限空间作业的高风险挑战，实现中毒窒息事故的预防与控制。

7 结语

本文围绕化工企业受限空间作业中毒窒息事故的成因展开深入分析，从环境特征、典型案例、事故本质、管理漏洞到防控策略与保障体系建设，系统梳理了事故发生的关键要素与预防路径。受限空间作业具有高风险、高隐蔽性的特点，要求企业必须以系统性视角构建全过程、全覆盖的安全管理机制。唯有持续强化技术支持、制度执行与人员素质三大支柱，才能有效降低事故发生概率，保障作业人员生命安全，推动企业实现本质安全发展。

参考文献:

- [1] 王丹.基于事故案例的受限空间作业安全管理研究[J].化工安全与环境,2025,38(09):42-45.

- [2] 李琢明.工贸行业有限空间作业风险分析及应对策略研究[D].重庆交通大学,2025.
- [3] 王文正,姜莉文,王阶平,等.炼化企业受限空间中毒窒息事故风险分析及应对措施[J].安全、健康和环境,2025,25(03):12-19.
- [4] 周亚洪,武建强,张继元,等.有限空间内作业健康安全事故分析[J].化工安全与环境,2024,37(12):28-31.
- [5] 贺倩.有限空间作业培考一体化系统的设计与开发[D].华北科技学院,2023.
- [6] 巩泉泉,谢连科,窦丹丹,等.有限空间作业中毒缺氧窒息危险因素的系统分析[J].职业与健康,2023,39(07):970-976+983.