

# 发电厂有限空间作业安全风险识别与防控措施有效性研究

代金成

广东大唐国际肇庆热电有限责任公司 广东 肇庆 526105

**【摘要】**：发电厂生产现场包含许多封闭或者半封闭的有限空间，这些空间不是设计成固定的作业场所，内部环境复杂，通风不良，容易积聚有毒有害、易燃易爆物质，同时存在氧含量不足的问题，作业安全风险较大。本文根据 GB 46768-2025《有限空间作业安全技术规范》的要求，结合发电厂有限空间作业的特点，全面识别出各种安全风险，建立安全管理、作业前准备、作业中控制、作业后收尾全流程防控体系，并对防控措施有效性验证路径进行分析，为发电厂规范有限空间作业、防止安全事故提供理论参考和实践指导，促进电力生产安全稳定运行。

**【关键词】**：发电厂；有限空间作业；安全风险；防控措施；有效性验证

DOI:10.12417/2705-0998.26.04.076

## 引言

有限空间作业是发电厂设备检修、日常维护、清淤改造等工作中不可缺少的一部分，主要包含凝汽器内部检修、原煤仓清堵、脱硫塔浆液清理、地下管沟管线维护、电缆隧道巡检等作业。此类作业空间狭小、出入口受限，内部环境容易受到生产残留物料、介质分解、通风不良等影响，安全隐患隐蔽性强，如果管控不到位，很容易造成中毒窒息、爆炸坍塌、机械伤害等安全事故，严重危及作业人员生命安全，也会影响发电机组正常运行。GB 46768-2025《有限空间作业安全技术规范》对有限空间作业的管理要求和全流程技术标准进行了规定，给各个行业规范作业行为提供主要依据。发电厂属于高危生产行业，要根据自身的生产特点，准确识别有限空间作业的风险，严格遵守规范的要求，制定出有针对性的防控措施，验证措施的落实情况，从源头上消除作业风险。本文以发电厂有限空间作业全流程为研究对象，对风险识别及防控措施的有效性进行研究，符合电力行业安全生产管理的要求，有较强的应用价值。

## 1 发电厂有限空间作业核心安全风险识别

### 1.1 有毒有害与氧含量失衡引发的中毒窒息风险

中毒窒息是发电厂有限空间作业中出现的最多、危害最大的一种风险。发电厂部分有限空间长期处于封闭状态，内部残留有生产介质、污水淤泥等物质，经微生物分解或者化学反应，会产生一氧化碳、硫化氢、氨气等有毒有害气体，这些气体无色无味，积聚后很难被直接观察到，作业人员吸入后会迅速出现中毒症状，严重时还会危及生命。同时有限空间内氧气容易被消耗或者被其他气体所占据，氧含量低于标准值会引起缺氧窒息，氧含量过高就会形成富氧环境，增大了燃烧爆炸的风险，完全符合规范中提到的有限空间主要风险特点。原煤仓、污水池、脱硫浆液池、地下管沟等处属于中毒窒息事故多发区。

### 1.2 易燃易爆物质积聚引发的爆炸燃烧风险

发电厂部分有限空间内存在易燃易爆隐患，煤粉仓内积聚的煤粉粉尘、油气管道残留的可燃气体、污水处理区域产生的

甲烷等物质，在密闭空间内达到一定的浓度后，遇到明火、静电火花、工具摩擦火花等点火源，很容易引起爆炸或者燃烧事故。此类风险在煤粉仓清理、燃油储罐检修、电缆隧道动火作业中尤为明显，而且爆炸破坏力大，不仅会造成作业人员伤亡，还会损坏周边生产设备，造成机组停运等重大生产安全事故，属于规范中对于易燃易爆风险的管控范围。

### 1.3 空间结构与设备引发的物理伤害风险

发电厂有限空间普遍存在着空间狭小、结构复杂、内部设备密集等特点，在进行内部作业时，容易造成磕碰、坠落、机械绞伤、淹溺等物理伤害。部分有限空间内存在着高温、高湿、粉尘、噪声等恶劣的环境，使作业人员的身体更加疲劳，操作更加不准确，进而增大了伤害的概率。锅炉炉膛、凝汽器内部空间狭小，作业人员容易发生高处坠落；地下管沟、污水池积水较多，容易造成淹溺事故；未完全断电的搅拌设备、输送设备，可能会突然启动导致机械绞伤，这些物理伤害风险存在于作业的全部过程中，需要加以控制。

### 1.4 管理与操作不规范引发的管控缺口风险

管理疏漏属于造成各种安全事故的主要间接原因，部分发电厂没有按照规范要求建立起完备的有限空间管理体系，存在台账建立不规范、警示标志缺失、人员培训不到位、作业审批流于形式、监护职责履行不到位等状况。部分作业人员安全意识薄弱，没有按照先通风、再检测、后作业的程序进行作业，私自进入有限空间作业，或者不按规定佩戴防护装备、违规使用设备，应急处置能力差，一旦发生突发状况，容易出现盲目施救、处置不当的现象，造成事故扩大，形成连锁安全隐患。

## 2 基于国标规范的发电厂有限空间作业防控措施构建

### 2.1 完善基础安全管理体系，筑牢防控根基

按照规范要求，发电厂要对生产区域内的所有有限空间进行全方位的辨识，建立专项管理台账，明确每一个有限空间的名称、具体位置、主要危险因素、管控责任人等信息，定期排

查更新台账内容,保证风险底数清楚。在有限空间出入口、集中作业区域明显位置设置安全警示标志和风险告知牌,明确作业禁忌、风险提示、应急要求,严禁无关人员进入。



图1 安全风险告知牌

建立有限空间作业专项安全管理制度,确定作业审批人、作业负责人、现场监护人、作业人员的主要职责,对作业审批、安全培训、设备管理、应急救援等全过程的管理做出规定。定期组织有关安全方面的专题培训,对所有的岗位人员进行培训,培训内容包含规范条款、风险控制知识、设备操作技能、应急处理办法、典型事故案例等各方面内容,每年不少于1次的培训考核,并做好相应的考核记录,只有考核合格者才能上岗作业,对培训、考核材料保留备案,形成闭环管控。

配齐配全安全防护和应急救援设备,气体检测报警仪、通风设备、照明灯具、呼吸防护装备、安全带、安全绳、安全帽等全部设备必须符合国家及行业标准,定期进行检定、校准和维护保养,保证设备完好有效。对爆炸风险的场合,所用的电气设备要符合防爆标准,照明灯具按照作业环境调整额定电压,金属结构有限空间不大于24伏,潮湿积水环境下不大于12伏,从设备层面消除隐患。

## 2.2 严抓作业前准备工作,堵住源头漏洞

作业前必须进行专项风险评价,全面分析有限空间内部环

境、作业内容、潜在风险,制定相应的风险控制措施,外包作业的,发包单位要全程参与风险评价,明确双方的安全责任。严格执行作业审批制度,填写规范的作业审批表,经作业负责人、审批人签字确认,外包作业还要经过发包单位审批同意后,方可进行作业,严禁无审批、超范围作业。

作业负责人要对全体作业人员进行安全交底,明确作业内容、分工安排、潜在风险、安全操作要求和应急处置措施,交底双方签字确认后存档。提前封闭作业区,设隔离装置和警示标志,检查全部防护设备及应急器材是否完好,对有限空间进行隔离、封堵、清空、置换等处理,消除危险物料和能量来源。

按照规范要求初始气体检测,竖直方向气体浓度检测时应设三个以上采样点。上、下层采样点和受限空间顶部或者底部的垂直距离要控制在1米之内;其它中间采样点应当沿着垂直方向等距设置,相邻平面采样点间的水平间距不能多于8米。当两层采样点实际垂直高度小于2米的时候,在该处增设一个辅助检测点来保证数据采集的全面、准确。水平上监测点不得少于两个。靠近有限空间入口的检测点距离边界不能少于0.5米安全距离,另一个检测点要保证距离入口不小于2米。当横向距离小于2米的时候,远端检测点的水平投影距离应大于最大水平投影范围。检测数据要保证真实性、完整性,关键要素有采集位置、时间戳、气体种类、浓度值等。各项记录均由经办人员本人签认后,按照有关规定进入资料保管系统,从而达到长久保存的目的。

## 2.3 强化作业中全程管控,防范突发风险

作业前必须由作业负责人对作业环境、防护措施、设备器材等进行全方位的检查确认,确认无误后才能进行作业。作业人员必须按规定穿戴个人防护用品,根据作业环境选择合适的呼吸防护器材,系好安全带和安全绳,与监护人保持有效的通讯联系。

作业期间持续通风,严禁用纯氧或者富氧空气通风,每15分钟测一次气体浓度,实时观测环境状况。监护人必须在有限空间外全程值守,不得擅自离开岗位或者进入有限空间参加作业,密切注意作业人员的状态和气体检测数据,发现异常立即发出撤离信号,帮助作业人员迅速撤离。

作业期间如果出现人员身体不适、设备报警、防护失效等情况,作业人员应立即停止作业、撤离空间,中断期间封闭出入口,防止人员误入。再次作业前必须重新进行气体检测和环境判断,合格后才能复工。一旦发生事故,立即启动应急预案,救援人员必须做好自身防护后再进行救援,严禁盲目施救,防止事故扩大。

## 2.4 规范作业后收尾流程,实现闭环管理

作业结束后,作业负责人要进行完工验收,保证所有作业人员安全撤离、作业设备和工具全部撤出、有限空间出入口关

闭、前期隔离措施全部解除，验收合格后签字并存档。清理作业现场的杂物，解除作业区的封闭措施，所有的人员全部撤离到安全的地方，及时更新有限空间管理台账，记载作业过程和隐患整改情况，形成作业全过程闭环管理。

### 3 防控措施有效性验证与优化

#### 3.1 防控措施标准化验证方式

根据规范证实方法和电力行业现场管理要求，用资料核查、现场核验、应急演练评估三种主要方式，从管理、现场、应急三个方面全面检验防控措施的合规性、有效性，确保管理、现场、应急各环节都得到检验。资料核查以台账资料为主，主要查看有限空间管理台账、专项安全管理制度、人员培训记录、设备检定校准报告、作业审批表、气体检测记录、完工验收记录等全部资料，看管理体系是否健全、作业流程是否规范、岗位职责是否落实，保证所有的管理动作都符合国标规范的要求。现场核验主要进行实地考察，对有限空间警示标志及风险告知牌的设置是否符合要求、安全防护和应急设备是否齐全且有效、作业现场是否采取了必要的隔离和通风措施、作业人员是否按照规定执行操作等各方面情况做详细的核查，以保证现场防控措施的落实情况。应急演练评估重在实战能力，按照规范要求定期开展专项演练，检验应急预案的可行性、人员应急处置能力、防护设备的适配性，判断应急环节防控措施能否应对突发事故。

#### 3.2 验证问题整改与流程优化

对验证过程中出现的管控漏洞、流程缺陷、设备短板、人员能力不足等各方面的问题进行专项问题台账的建立，并对每一个问题都落实具体的整改责任人、整改措施和整改时限，实行闭环销号管理。从管理角度来说，台账更新不及时、制度条款不完备、审批程序流于形式等问题出现时，马上对安全管理制度进行修订，并详细规定各方面的责任分配情况以及台账的登记办法和作业的审批手续等，从而弥补管理上的不足之处。从现场操作层面来说，对设备老化、检测不规范、防护不到位

等状况，及时更换检定过期的防护设备，重新组织作业人员进行实操培训，规范气体检测、通风、监护等主要操作程序，保证现场作业全过程合规。从应急层面出发，根据演练评价结果来改进应急预案及现场处置方案，缩减应急响应程序，加强救援人员防护培训工作，杜绝盲目施救的现象发生，提升突发事故的处理速度。

#### 3.3 长效防控优化机制构建

以阶段性验证和整改为依托，创建发电厂有限空间作业长效防控改善机制，促使安全管控由临时整改变为常态管理。对定期复盘出来的防控措施落实情况开展分析，按照新设备应用、新工艺推进、新风险查排等情形做即时更新，从而保证有限空间风险台账以及防控方案可以依照生产现场变动而调整。创建常态化的监督检查体系，定时开展专项督查工作，把防控措施的执行情况同安全生产考核挂钩起来，加强全员的安全责任意识。更新安全培训内容，把最新的规范条款、行业事故案例、新型防护设备的操作知识等加入到安全培训中来，不断提高作业人员和管理人员的作业技能，形成一个管控、验证、整改、优化的良性循环，使防控措施长久有效、持续适应有限空间作业安全需求。

### 4 结论

发电厂有限空间作业风险隐蔽、危害严重，中毒窒息、易燃易爆、物理伤害、管理缺位是主要的管控重点，只有严格按照 GB 46768—2025 规范要求，并结合电厂生产实际情况来建立全流程防控体系，才能有效地避免安全事故的发生。完善基础管理、严格作业前准备、加强作业中控制、规范作业后收尾，形成风险全流程闭环管控，采用多元化的措施开展有效性验证工作，及时对管控短板进行优化，可以显著提升有限空间作业的安全水平。后续的发电厂要不断加强规范落实的力度，加大人员的安全培训和应急能力建设的力度，促使安全管理由被动的处置向主动的防控转变，切实保证作业人员的生命安全，维护电力生产的正常稳定运行，为电力行业的安全生产高质量发展筑牢根基。

### 参考文献:

- [1] 陈剑龙.有限空间作业安全防护技术在房建工程中的实践[J].中国建筑装饰装修,2026,(04):148-150.
- [2] 张明作,王林,王生平,等.燃气闸井有限空间作业危险源辨识及控制措施研究[J].城市燃气,2026,(02):49-54.
- [3] 赵骝宇,王沁巍,吕剑,等.市政工程有限空间作业存在的问题与对策[J].现代职业安全,2026,(01):29-32.
- [4] 叶方琪.AI 赋能探索电镀企业涉有限空间安全管理新模式[J].劳动保护,2025,(12):88-89.
- [5] 成连华,张育瑞,郭慧敏,等.基于累积效应的有限空间作业风险演化规律研究[J/OL].安全与环境学报,1-11[2026-03-22].