

水利工程有限空间作业安全风险分析与预防对策

冯国柱

千阳县南寨供水管理站，陕西省宝鸡市，721101；

摘要：部分水利工程在前期建设当中，会出现作业空间相对较小的情况，而在有限空间内开展施工作业的风险系数较高，若在施工管控方面缺乏安全防护机制或现场管理不到位等问题，则会增加施工区域内出现安全事故的概率及风险。近年来，有限空间作业的安全整治工作进入全新发展阶段，但是从水利工程建设及工作需求上来看，依然存在较多问题尚待改善，需要相关工作者对其予以充分关注，配合安全风险工作来制定预防方案，带动水利工程项目向着更为安全稳定的方向进步。

关键词：水利工程；有限空间作业；安全风险；预防对策

DOI：10.69979/3060-8767.25.02.018

引言

有限空间作业在水利工程当中相对常见，多见于出入口狭窄以及施工环境封闭度较高的情况下。此时施工区域容易出现有毒气体聚集、易燃易爆物品堆积量较高以及氧气浓度含量较低的问题。一旦发生作业事故，便会对区域内基础设施建设造成损伤并引发人员伤亡，这便需要相关工作者站在水利工程现代化施工的各项需求上，去强化有限空间内各项作业的安全风险管理效果，明确各类危害性因素的生成过程以采取针对性措施，从根源上降低工程事故发生概率。

1 水利工程当中有限空间作业的相关概述

水利工程当中有限空间作业是一种具有特定风险和操作要求的工作形式，而有限空间主要指封闭或者部分封闭，与外界相对隔离且出入口较为狭窄，自然通风不良，易造成有毒有害、易燃易爆物质积聚或者氧含量不足的空间。水利工程中有限空间作业场景较为多样，包括但不限于各类水工建筑物的内部廊道、隧洞、竖井、水闸的闸室、泵站的集水池等，这类有限空间本身属于水利工程建设及运行的重点管控区域和安全隐患高发环节，若缺乏实质性管控则容易为后续施工带来较多负面影响。多数有限空间相对封闭且空气流通不畅，这类情况下容易出现氧气含量相对较低的问题，并且在一些隧洞和廊道中，可能会因为岩石的分解或者工程施工残留等原因，产生一氧化碳、硫化氢等有毒气体。此外有限空间内如果存在沼气等易燃易爆物质，在遇到明火或者电火花时极有可能引发爆炸火灾等安全事故，最终给工作人员及当前工程设施带来巨大损失。

水利工程有限空间作业的作业内容丰富且复杂，工程建设阶段需要进行有限空间内的基础施工、钢筋绑扎、

模板安装、混凝土浇筑等作业。这些作业需要施工人员在有限的空间内长时间操作，不仅身体活动受限还面临机械伤害、物体打击等风险。工程运行和维护阶段的有限空间作业可能包括设备的检修、维护、清理等工作，其中相对具有代表性的便是对泵站集水池内水泵、管道进行检修时作业人员需要在潮湿、狭窄的环境中进行操作，此时应采取有效防护手段以规避发生触电、溺水等事故。

2 水利工程中有限空间作业风险的原因分析

2.1 有限空间作业的危险特性认识不足

水利工程在推进当中所涉及到的各类有限空间多数存在有相对封闭且空气流通性较低的问题，这类情况的存在致使各类有害气体容易积聚于其中。而常见的有毒有害气体包括一氧化碳、硫化氢、甲烷等，其中一氧化碳与血红蛋白的亲合力比氧气高，一旦吸入体会迅速与血红蛋白结合导致人体组织缺氧，严重时可致人昏迷甚至死亡。区域内硫化氢浓度过高时会刺激人体呼吸道和眼睛，高浓度吸入可直接抑制呼吸中枢造成窒息。甲烷则属于一类易燃易爆气体，当在有限空间内积聚到一定浓度时，遇到明火、电火花等火源就会引发爆炸。但是多数水利工程施工人员在前期工作当中对于这些气体的产生机制、危害程度以及检测方法了解甚少，没有意识到在有限空间作业前进行气体检测的重要性，或者在检测过程中敷衍了事进而未能准确掌握空间内气体的真实情况，最终增加有限空间下的作业安全风险。

对有限空间条件下水利工程作业的应急救援困难认识不足也是导致风险增加的因素之一，若有限空间内发生事故则救援人员进入空间的速度会受到出入口大小和空间狭窄的限制，难以快速进行救援，并且有限空

间内的物理环境可能对救援人员造成二次伤害,增加现场救援难度及救援风险。并且多数有限空间内作业情况复杂,救援人员可能无法准确判断事故的原因和严重程度,从而影响救援方案的整体推进效果,使得事故损失进一步扩大。

2.2 安全生产责任制落实不到位

部分水利工程建设单位和相关管理人员对安全生产责任制的重要性缺乏足够的理解,没有认识到这一制度是保障有限空间作业安全的核心,多数情况下将安全生产责任制作为形式化手段以应付相关检查。这类情况的存在使得各级人员在思想上对安全生产工作不够重视,缺乏主动履行职责的意识,进而导致部分管理人员没有充分认识到自己在有限空间作业安全管理中的领导责任,对作业现场的安全监管工作落实不到位且缺乏针对安全制度的整体执行效果。这类问题若长期得不到实质性解决还会致使安全生产责任制的培训宣传工作落实不到位,此时工程作业人员对自己的安全生产职责不够清楚,对相关的安全制度和操作规程也缺乏了解,最终增加水利工程中有限空间作业的安全风险。

3 水利工程有限空间作业安全风险的预防对策

3.1 建立覆盖全面且内容完善的有限空间作业管控制度

若想要从根源上降低水利工程在推进当中出现有限空间内作业安全风险问题,减少安全事故发生概率,则需要相关工作者建立起完善的施工管控制度,通过明确有限作业标准化流程制度来带动相关工作者严格遵循工程管理安全标准。具体工作方面,应对有限空间作业从申请到结束的整个过程进行规划,明确作业前的审批程序、空间内施工的操作步骤及作业后的各项收尾处理。作业前开展的各项审批工作应实现针对性管控,对当前水利工程作业的必要性、可行性以及可能存在的风险进行全面评估,只有在各项安全措施落实到位且符合要求的情况下再允许开展作业。

与开阔环境相比,水利工程当中有限空间的各项施工作业相对受限,对于工程参与者的专业能力要求较高。这便需要工程负责方建立完善的人员培训和考核机制,对作业人员进行系统的安全知识培训,使其熟悉有限空间作业的危险特性、安全操作规程以及应急处置方法。培训结束后可配合考核工作评估当前施工作业人员的安全知识储备程度,只有评估合格的人员才可参与水利工程有限空间作业当中。目前水利工程有限空间的各项作业本身会涉及到各类专业设备工具,其中包括但不限

于通风设备、检测设备以及各类防护用品。管理部门需建立适用于当前工程施工需求的设备工具采购、验收、使用、维护和报废等管理制度,确保当前设备及工具的综合质量及其性能符合施工管理要求。实际施工方面应建立起长期有效的安全监测与预警机制,利用在有限空间内安装各类监测设备的方式实时监测空间内气体浓度、温度、湿度等环境参数,配合评估设备运行状态来及时发现数据异常现象并给出对应预警,提醒作业人员采取相应的管控措施。最后,还要搭建起与当前工程具备较高匹配性的信息传递机制,确保预警信息能够及时传达给相关人员并得到有效处理,尽可能减少施工现场出现安全问题的概率。

3.2 提升有限空间作业人员的专业技能

提升有限空间作业人员的专业技能是水利工程有限空间作业安全风险预防的关键,具体工作首先可开展系统的安全知识培训,将有限空间作业的危险特性涵盖于其中,配合深入讲解安全操作规程以协助各部门明确作业前对有限空间的通风、检测等操作流程,协助施工人员在前期作业当中掌握正确的操作姿势及工作方法,为后续施工作业的内容管控提供协助。有限空间内的各项作业本身会涉及较多设备操作工作,其中相对具有代表性的便是通风设备操作与维护这一方面,此时作业人员应明确通风设备的工作原理及参数性能,掌握各类设备调控技术以帮助通风设备保持正常运行状态,进而改良有限空间内的空气质量,规避因有害气体积聚而引发的工程事故。组织模拟演练可提升作业人员的专业技能应用能力,由于模拟演练可以设置各种不同的场景,模拟有限空间作业中可能遇到的突发情况,此时作业人员可按应急预案进行实际操作,在这一基础上锻炼其应急反应能力以提升其协同配合效果。后续利用模拟演练还可帮助作业人员熟悉应急救援流程,协助其更好地应对各种突发情况。

3.3 评估当前水利工程有限空间的作业风险

对水利工程推进当中所用到的各类风险预警技术进行分析可以明确,在水利工程有限空间内需构建全方位、多层次的监测体系,利用各类传感器技术对有限空间内气体成分、温湿度、压力等关键参数进行实时监测。气体传感器可精准检测出如一氧化碳、硫化氢、氧气等气体的浓度变化,一旦超出安全阈值立即触发预警;而温湿度传感器能及时反馈空间内的温湿度状况,防止因高温高湿影响作业人员健康或引发设备故障。这类传感器在实际运行当中可通过无线通信技术将数据传输至

监控中心,利用数据分析算法来对当前数据展开实时处理及内容分析,判断当前施工管理工作是否存在潜在性危险。后续还可整合水利工程周边的气象条件、水位变化等因素建立综合预警模型,实现提前预警以此来为后续应急救援争取宝贵时间。

在气体环境方面,水利工程有限空间内的气体成分复杂多变,由于水体的存在可能会产生硫化氢、甲烷等有毒有害气体。评估时需要运用气相色谱-质谱联用等先进的气体检测技术,准确分析空间内各种气体的种类及其浓度。后续配合考虑气体的产生源和扩散机制以及气体在有限空间内的扩散受到空间结构、通风条件等多种因素的影响,以此来建立对应的气体扩散模型,模拟气体在不同情况下的扩散过程,以预测有限空间内气体的浓度分布情况与高危区域。

由于水利工程施工环境的温度和湿度变化较大,高温高湿环境可能导致作业人员中暑、疲劳,影响其操作的准确性及反应速度。同时,高温高湿还会加速设备的腐蚀老化速度,使得当前设备的运行稳定性与预期之间存在较多的偏差。实际评估方面可整合温湿度监测技术实时监测有限空间内的温度和湿度变化,根据监测数据分析温湿度对作业人员和设备的影响程度,配合采取通风降温、除湿等调节措施来建立湿度预测模型,为后续落实防范措施提供工作基础。

3.4 科学实施有限空间作业事故应急救援

水利工程有限空间作业环境复杂,信号传输可能受到诸多干扰,此时应整合多种通信方式相结合的应急救援工作方案,在有限空间内部署有线通信线路来构建相对稳定的通信链接机制。为克服信号遮挡和干扰问题可采用中继通信技术,在有限空间内设置信号中继器,增强信号强度和覆盖范围,配合利用卫星通信技术在极端情况下提供备用通信手段,确保救援人员与外界的通信畅通无阻,协助救援指挥中心能够及时了解事故现场的情况,下达准确的救援指令以协调各方救援力量。推进被困人员救援工作时应考虑有限空间的环境情况来配置对应的担架及其搬运设备,若当前区域内存在有毒有害气体的泄露问题则要配备空气呼吸器、防毒面具等防护装备以保障救援人员的人身安全。

后续相关部门还需定期组织应急救援模拟演练,通

过模拟不同类型的有限空间作业事故场景,让救援人员熟悉救援流程及其操作方法。实际演练当中可整合虚拟现实技术与增强现实技术,营造逼真的事故现场环境以提高救援人员实战能力。通过模拟演练,救援部门可发现针对水利工程有限空间内应急救援预案中存在的问题,配合提高作业人员的应急意识使他们在事故发生时能够迅速做出正确反应。

4 结语

综上所述,水利工程在推进当中若进行有限空间作业工作,则需要整合科学实施有限空间作业事故应急救援、评估当前水利工程有限空间的作业风险、提升有限空间作业人员的专业技能,以及建立覆盖全面且内容完善的有限空间作业管控制度等多个方面进行,尽可能地减少有限空间内安全事故的发生概率。

参考文献

- [1]陈丹丹,李海雷.水利工程安全风险管理与控制策略研究[J].治淮,2025(03):94-96.
- [2]李焕芝,秦景海.水利工程安全生产风险管控“六项机制”与风险辨识分级管控关系探讨[J].治淮,2025(03):97-98.
- [3]杨寅,严行云,徐浩,等.水利工程建设中安全度汛的风险评估与应对策略研究[J].水上安全,2025(03):164-166.
- [4]娄谦,靖静,靖庆生.水利工程建设与运行中的安全风险识别与防控机制研究[J].水上安全,2025(03):59-61.
- [5]张晔.上海市水务建设工程施工安全风险管理体系研究[J].水利技术监督,2025(02):106-110.
- [6]傅良.水利工程施工中安全风险评估与控制策略分析[J].水上安全,2024(24):151-153.
- [7]阮创奇,廖芳珍.水利工程项目安全生产风险管控“六项机制”建设重点与难点分析[J].珠江水运,2024(23):66-68.

作者简介:冯国柱,出生年月:1979年5月14日,性别:男,民族:汉,籍贯:陕西省宝鸡市千阳县,学历:本科,职称:助理工程师,研究方向:水利水电。