

液氨泄漏事故对大型水利水电工程的影响与对策研究

周宝元 芦 琴 张翌曼 高振兴

杨凌职业技术学院 陕西 咸阳 712100

【摘 要】：目的：最大限度地减少液氨泄漏对大型水利水电工程及周围环境的危害。研究液氨泄漏原因及扩散机理，建立完善的安全防护和应急处理措施。方法：文献检索与野外调研获取基础资料；数值模拟和观察试验探讨液氨不同地形、不同气象条件下扩散规律及其影响因素；对液氨储存、运输及使用等相关环节开展具体评价。结果：可以降低液氨泄漏的可能性与数量的科学布置液氨库址、定期维修液氨管线、储备监测检测装置；而针对人员疏散、阻止后续污染、水电工程损失的全方位综合应急处理能有效缩略液氨事故处理时间、减缓损害。结论：今后大型水利水电工程上要重源头，抓动态监测，建预案，加强多部门联防联控；日后还要注重污染治理研究储备、长期研究，为长效化运作水利水电工程、保障工程生态安全作好保障。

【关键词】：液氨泄漏；水利水电；安全管控；应急措施

DOI:10.12417/2811-0528.26.20.078

引言

液氨属于危险化工品，其毒性和挥发性导致泄漏事件在水利水电设施周边可能形成严重连带后果，这一问题已引起相关专业人士的普遍重视，此领域的工程建设常包含大型装备与繁复工序，不断扩大的项目规模令液氨运输与储存的安全性更受关注，若在处置时缺少完善措施，就会产生大面积水源污染并干扰发电过程，由此促使水利系统对化学品管控策略进行重新评估与系统审视。本文聚焦液氨泄漏的可能成因以及泄漏后对大型水利设施的干扰因素^[1]。同时将进一步探讨液氨泄漏事故的预防与修复路径。鉴于高空作业与大型机械操作本身亦存在一定安全隐患，施工细节与监测环节需保持高度严谨与科学规划。

1 核心概念界定

1.1 液氨泄漏事故概念

液氨作为氨基化合物的一种，主要特征在于低温液态形态下易挥发并伴随强刺激性气味，其储存需使用耐压容器并维持在适当温度范围，过高温度可能造成内部压力上升，一旦外壳受损或操作失误，可能引发大量氨气瞬时逸散；逸散的气态氨与水分接触后易发生氨化反应，生成具有强腐蚀性的化学物质。此类事故的发生往往在极短时间内对周边环境造成突发毒害。相关研究单位一般使用泄漏量、扩散速度与受污染区域大小等指标来判定事故等级^[2]。

1.2 大型水利水电工程概念

大型水利水电工程常在河川流域内设置，主要目标在于调配水资源并维系用电需求，主体结构多由大规模土石坝或混凝土重力坝构成并辅以闸门及泄洪系统，设计者往往会在前期开展多维度勘测并综合地质、水文等因素优化坝体与库区选址方案，如果调度不当，则下游可能遭受严重冲击，调压井与防浪墙共同缓和和势波动，辅助设施如通航建筑与生态放水道可兼顾航运与环境需求，建设周期与投资成本常因地质条件、气候环境等因素的差异而呈现显著波动。整体布局涵盖引水隧洞与发电厂房的精细配置，也会预留输电线路通道以保障电力输送通畅。多功能思路令工程兼顾灌溉与供电要务，辅助建筑须平衡航运通行与生态考量^[3]。

2 应对液氨泄漏事故的策略

2.1 加强液氨储存和使用的安全管理

液氨储存应遵循化工行业规范要求，需选用耐压容器并设立温度监控系统，仓储地点应远离人口聚集区，如果周边温度出现大幅升高，就需强化冷却措施以防止压力过度积聚，使用环节中应做好作业培训与防护装备配备。严禁在高温明火场所操作输送管道，此举能显著降低爆燃风险，安全管理亦包含对阀门与管线完整度的定期检验，并需及时修补腐蚀部位，多部门协同可保障信息流通顺畅，从而减少误判。安装监控摄像头与气体探测装置能在异常情形下触发警示，有助于将事故扼制在早期阶段^[3-4]。

作者简介：周宝元(1994.10-)男，陕西汉中，汉，硕士，讲师，研究方向：安全管理，水利工程。

课题类别：杨凌职业技术学院 2023 年科技创新项目；

课题名称：大型水利水电工程液氨泄露排查及扩散规律研究（ZK23-46）。

技术员须优先对仓库区域的地貌结构与通风情况做全面细致的勘查,采用测绘仪器和环境监测设备收集温度、湿度以及大概的渗水通道等信息,继而对仓储建筑的结构强度和耐久性进行考量评估,在确认地基坚实可靠后,可进一步对内部气流循环设计做优化,就好比为通风口配置自动调节阀门或额外增设排气管道,保证氨气不会轻易在低洼处以及密闭空间聚集。依靠这些基础数据,技术员会按系统要求制定液氨储罐布置方案,囊括耐高压罐体的安装所在点、不同储存单元相互的安全间隔值以及跟周边建筑或作业区的分隔距离量,可结合热力学的分析手段,装设温度控制器及实时压力监测装备,使储罐内部的温度及压力一直维持在合理范围里,减少瞬时压力过高造成泄漏现象的风险。

在仓储安全讨论会议期间,技术员要与管理人员、操作工等多方一起协商,明确警示标识恰当的放置位置与尺寸,并且采用图纸标注、现场展示等方式,让所有人都能迅速认清高危区域,若在巡检或检测期间察觉到罐体壁厚明显减薄、管道法兰接头松动和阀门密封老化等隐患,即刻叫停相关设备的运行,马上组织替换或整修作业;检修工作做完后,还应进行二次压力测试以核实修复质量。依靠台账实施管理,全部隐患及相关处置情况都记录在案,利于后续查阅与跟踪,日常进行操作的时间段内,技术员可引导一线员工正确佩戴防毒面罩、防护手套等防护用具,且定期开展应急模拟演练,诸如模拟泄漏场景时的疏散线路、喷淋洗消环节和通讯联动检测等,从而增强团队整体的反应迅速程度和处置水平。

就液氨储存环境的实时监控而言,技术员可设置多点温度传感器、氨浓度检测仪加上远程视频监控系统,对仓库关键区域开展24小时不间断跟进,若发现温度或浓度的数值出现异常,可马上实施联动降温、启动备用排风设施或发出警报警示,指挥现场人员退至安全区域,通过不断完善监测方式与防护方案内容,团队可更精确地掌握储存态势,并在必要之际迅速插手、予以调整或采取应急手段,多重防护跟严密监控的综合采用,有利于构建完备的液氨仓储安全体系,为大型水利水电工程的正常运转筑牢可靠根基。

2.2 建立健全液氨泄漏事故应急响应机制

有效的应急响应取决于指挥系统的协调与资源部署,包括医疗救护、疏散通道和物资储备等方面,在初期侦测到泄漏信号后,必须立刻触发警报并通知附近作业人员撤离,倘若泄漏规模逐步扩大,指挥中心便需根据具体情况调用更多人力与设备,在此过程中,不同部门应各司其职,实施交通管制、医疗保障和环境监测等多重举措。信息共享平台的建立能够让实时数据快速传递给决策层,防止出现信息延误。还应设置后勤保障小组,这样可更好地应对突发人员伤亡和物资短缺问题。合

理的预案演练间隔对于维护应急效率相当关键,并能提高相关团队的协作水准。由此形成的多层次应急响应结构不仅覆盖事故初期控制,也能延伸到后续善后工作。

在实践中,技术员可以在正式布局应急方案前,对水利工程的整体结构、地理位置及周边交通环境进行全方位的调研与分析,充分了解可能影响撤离和救援效率的客观因素。针对不同区域的人群分布特点,可以制定分级别、分时段的人员撤离规划,使得警报一旦触发时,能够按照既定顺序和路线迅速离开危险地点。为使整套程序更加完善,技术员还会与当地卫生部门、消防队及政府应急机构保持密切合作,确保在大规模泄漏事件中,医疗物资、救护车及专业医务人员能第一时间赶赴现场,实现及时处理与转运伤患的目标。

在警报与撤离程序设计完成后,技术员可以进一步完善人流管控方案,为此通常会在厂区关键节点设立电子门禁或人员识别系统,以实时掌握进出人员数量与位置分布,从而为突发状况下的疏散提供参考。与此同时,急救站选址需结合人流密集度和交通便利度,技术员可对现场环境进行地形测绘,以选定相对安全、便于急救物资到达的区域,用于临时搭建医疗点,并在常态化演练中进行实地布置和功能测试。

2.3 液氨泄漏事故后的环境恢复与工程重建

液态氨外泄后所引发的环境修复工作涵盖表层与地下水质的检测与治理,同时涉及对土壤及淤积物中氨氮含量的持续监测与处理。初步研究表明,在必要情况下可投加缓冲剂以降低残留氨的浓度,减缓其对生态系统的破坏作用。若污染区域波及农田灌溉水源,则需开展分区式的土层修复与水脉替换作业,确保农业供水安全。在污染范围较广的情形下,还必须综合考量地层结构对地下水流向和污染物迁移路径的影响,结合不同土壤类型制定相应的修复策略与工程实施方案,以实现分层治理与精准施策。还得关注淤积物中氨氮及其他有害成分的动态变化,用以评估潜在二次损害风险,并预先阻止或许会出现的生物圈失衡,当中结合沉降监控与植被再生举措以共同改善泥土构造。

技术员可率先依据液氨泄漏事故的波及范围,依靠卫星影像或无人机航拍图对受影响地区开展初步划分,接着在现场依靠GPS定位系统精确标识各分区的边界坐标,联合水文和泥土检验团队对每个分区实施立体式采样,对地表及地下水体、土壤的层次结构与生物群落进行分层取样和分析。如此去做不但可把握整体污染的概况,还能实时跟踪氨氮含量在不同介质里的迁移与演变走向,为后续修复策略的制定提供支撑,技术员一般会联合携带便携式水质监测仪和土壤成分快速检测的用具,力求在最短时间完成初步检验和数据记录,若结果显示部分区域的氨氮指数和毒性参数出现严重超标,就可迅速拉设

隔离带或注入针对性药物,防止污染进一步蔓延开去。

在进行堤坝维护及修复的时候,技术员可以采用检测其主体结构碱-骨料反应程度的方式,以此评估是否要选用专门的防氨腐蚀水泥,也可借助高强度钢筋进行内部加固,针对如闸门和泄洪孔这类关键位置,采用耐腐蚀的涂层或者新型防护材料,可在一定程度上削减氨气或氨水对金属的侵蚀比率。为降低维护施工在水利工程正常运转方面造成的影响,技术员一般会采用分阶段实施或夜间错峰作业的施工模式,与调度部门沟通水流量的起伏,以此减少施工环境面临的风险系数,工程团队应组建动态监测系统,实时检查周边土壤与水质情形,防止在施工阶段再次产生二次污染。

在后续阶段的管理跟进工作实施期间,技术员可借助时序对前后检测所得的数据进行对比,精准呈现环境变好趋势,若监测结果表明氨氮浓度和毒性参数慢慢回落至安全界限,生物多样性水平也出现了一定的恢复迹象,此时可按照实际情形酌

情削减修复措施,进而转入常态化维护。针对依旧存在局部污染或结构隐患的地段,技术员需跟各方专家以及管理机构开展专项探讨,评估是否要追加新的改良材料与工艺,以稳固治理成效,借助这一循环往复、精细化的实践进程,技术员可以不断积累与完善液氨泄漏修复的相关经验,为今后相似事故的预防与处理提供珍贵的案例借鉴。

3 结语

液氨泄漏事故对大型水利水电设施、周边生态环境及社会活动造成的负面影响,已通过前文多角度分析得到较为系统的呈现,相关研究路径与实践经验也在持续拓展与深化。各部门在仓储设计、应急响应与后期重建方面的通力合作至关重要,并应注重人员培训与物资储备,若要降低此类事件发生概率并缩短恢复周期,就必须在系统规划与现场落实之间保持紧密衔接,后续研究可沿着预防措施升级与生态修复深化等方向拓展,并注重信息分享与新工艺运用。

参考文献:

- [1] 高杨,陆原,孟力强.基于 PHAST 的液氨储罐泄漏事故后果模拟分析[J].化工安全与环境,2025,38(03):3-9.
- [2] 曹春刚.浮法玻璃工厂液氨泄漏事故防范措施[J].玻璃,2023,50(09):58-62.
- [3] 白波,刘志学,刘维维,等.液氨罐泄漏事故模拟以及风险对策分析[J].山东化工,2023,52(17):211-214.
- [4] 陈亚雄,苏文彬,马江涛.液氨槽罐车泄漏事故扩散模拟研究[J].中国设备工程,2023,(14):161-163.
- [5] 郭晓晓,汤杨.泄漏孔径对液氨储罐泄漏事故后果影响规律分析[J].四川化工,2022,25(06):48-51.