

农村供水工程施工中的安全风险识别与防控措施

王立鹏

新疆吉木萨尔县水利管理站 新疆维吾尔自治区 昌吉州 830000

摘要:农村供水工程作为保障农村用水安全的关键基础设施,其施工过程涉及多类安全风险。本文系统梳理水源地施工、净水处理设施建设、输配水管网铺设及施工机械与用电等环节的安全风险,涵盖地质灾害、水源污染、临水作业、药剂投加、高空坠落等典型风险类型。针对各类风险提出防控措施,包括地质测绘、防渗围堰、安全绳配置、气体检测、漏电保护等技术手段,为提升农村供水工程施工安全管理水平提供理论支撑与实践指导。

关键词:农村供水工程;施工安全;风险识别;防控措施

引言:农村供水工程是改善农村饮水、助力乡村振兴的重要民生工程。但随着规模化建设推进,施工环境与技术难度提升,安全风险多样:山区水源地施工有地质灾害威胁,平原软土地基易致构筑物沉降;净水处理、输配水管网施工及施工机械操作、临时用电管理等方面都存在风险。当前部分工程因安全管理体系不完善、防控措施不到位,事故频发,严重影响工程进度与供水安全。因此,系统识别施工安全风险并制定针对性防控措施,对保障农村供水工程安全建设具有重要意义。

1 水源地施工安全风险与防控

1.1 地质灾害风险

水源地施工面临的地质灾害风险具有显著地域特征。山区地形起伏大,岩土体稳定性受降水、地震等自然因素影响显著,施工活动可能诱发滑坡或泥石流灾害^[1]。平原地区虽地势平坦,但地下水位较高,软土地基承载力不足易引发不均匀沉降,导致构筑物开裂或倾斜。针对山区地质灾害,施工前需开展1:500比例尺地质测绘,重点分析坡体结构、断层分布及地下水活动规律,对存在潜在滑动面的区域实施避让。边坡支护采用分级削坡与工程加固结合方式,每级坡高不超过8米,坡比控制在1:1.5至1:2之间,坡面设置排水沟与截水沟,减少雨水入渗。对无法避让的危岩体,采用预应力锚索加固,锚索长度深入稳定岩层不小于5米,间距根据岩体完整性确定。平原软土地基处理采用水泥搅拌桩或塑料排水板法,水泥搅拌桩桩径0.5米,间距1.2米,形成复合地基提高承载力;塑料排水板按正方形布置,间距1.0米,配合真空预压工艺加速地基固结。

1.2 水源污染风险

水源地施工对水环境的污染风险贯穿整个建设周期。机械设备油料泄漏、混凝土养护废水、建筑垃圾堆放等环节均可能造成水质恶化,尤其含油废水中的烃类物质

难以降解,对水生生态系统构成长期威胁。防控体系构建需从污染源管控与末端治理双重入手,施工区域外围设置2米高装配式围挡,底部浇筑30厘米高混凝土基座防止污水外溢。机械维修区铺设防渗膜,设置集油池与油水分离器,含油废水经处理后油含量低于5毫克/升方可排放。混凝土养护采用覆盖保湿法替代直接冲洗,减少废水产生量。建筑垃圾按可回收与不可回收分类存放,危险废物委托有资质单位处置,严禁倾倒入水体。施工废水经三级沉淀池处理,第一级去除大颗粒悬浮物,第二级降低浊度,第三级通过絮凝沉淀进一步净化,出水悬浮物浓度低于50毫克/升后回用或达标排放。

1.3 临水作业风险

临水作业安全风险集中于取水头部施工、水下管道敷设等环节,水深超过1.5米的作业区域淹溺事故发生率显著升高。作业人员需穿戴符合GB24540标准的救生衣,浮力不小于150牛顿,配备自动充气装置与反光标识。安全绳采用直径不小于10毫米的锦纶绳,一端固定于稳固结构物,另一端与作业人员安全带连接,长度根据水深与作业范围确定,预留足够活动余量。施工区域设置浮标围栏,白天悬挂红白相间警示旗,夜间安装频闪警示灯,警示范围覆盖上下游各50米。水下作业前对水域进行声呐扫描,确认无障碍物后划定作业区,潜水员配备水下对讲机与压力表,严格控制下潜速度与作业时间。取水口施工时,在结构物周边设置防撞桩,防止船只碰撞引发次生事故,潮汐影响区域安装水位报警装置,实时监测水位变化。

2 净水处理设施施工安全风险与防控

2.1 药剂投加系统风险

净水处理过程中,药剂投加系统的安全风险主要源于腐蚀性化学品的储存与输送环节。次氯酸钠、硫酸铝等药剂具有强氧化性或酸性,一旦发生泄漏,可能对作

业人员皮肤、呼吸道造成化学灼伤,同时腐蚀金属设备与混凝土结构^[2]。电气系统方面,加药间内频繁启停的加药泵、搅拌器等设备易导致线路绝缘层老化,在潮湿环境下可能引发漏电事故。针对腐蚀性药剂风险,加药间地面应采用环氧树脂涂层或耐酸瓷砖铺装,坡度设计不小于2%以确保泄漏药剂快速导流至集污坑。集污坑需设置液位报警装置,并与应急中和池连通,配备pH在线监测仪实时反馈中和效果。电气系统防护需从设备选型与线路布置双重把控,选用防爆型电气设备,动力电缆采用桥架架空敷设,控制电缆穿镀锌钢管保护,所有线路接头实施防水密封处理。每月开展绝缘电阻测试,对低于0.5兆欧的线路立即更换。

2.2 混合反应池施工风险

混合反应池作为絮凝沉淀的核心构筑物,其施工安全风险集中于高空作业与临边防护环节。池体深度普遍超过4米,模板安装、钢筋绑扎等作业需在脚手架平台完成,若未设置水平防护网,工具或材料坠落可能对下方作业人员造成物体打击。池壁混凝土浇筑过程中,作业人员为观察浇筑质量常靠近池口,存在失足坠落风险。防护体系构建需遵循"全封闭、双保险"原则,池体周边架设1.2米高钢管防护栏,底部设置挡脚板防止小型物件滑落,水平方向每3米增设立杆加强稳定性。作业人员必须佩戴五点式安全带,通过速差自控器与生命绳连接,生命绳采用直径不小于10毫米的钢丝绳,固定点承载力经计算验证。池体内部施工时,在池口设置可移动式防护棚,采用角钢框架与彩钢板组合结构,随施工进度同步移动。

2.3 消毒设备安装风险

消毒环节的安全风险因消毒方式差异呈现不同特征。紫外线消毒设备运行时,石英套管破损可能导致汞蒸气泄漏,灯管老化引发电弧放电;氯气消毒系统中,气化器、加氯机等设备若密封失效,氯气泄漏将形成有毒气体云团,对呼吸道造成严重损伤。紫外线消毒间应采用负压通风设计,换气次数不小于6次/小时,排风口安装高效过滤器防止汞蒸气扩散。操作人员进入消毒间前需启动通风系统15分钟,使用便携式汞检测仪确认环境安全。氯气消毒系统需构建三级防护体系,设备层设置泄漏探测器,浓度超标时自动关闭供气阀门;操作间配备正压式空气呼吸器与氯气捕消器,墙壁悬挂防毒面具且每月检查气密性;厂区设置应急中和池,通过碱液喷淋装置对泄漏氯气进行无害化处理。所有消毒设备操作人员须通过理论考试与实操考核,取得特种作业资格证后方可上岗。

3 输配水管网施工安全风险与防控

3.1 管道铺设风险

输配水管网施工中,沟槽开挖与管道吊装是风险高发关键环节^[3]。地质条件复杂区域开挖沟槽时,受地下水渗透或土质松散影响,槽壁易发生局部坍塌,对作业人员造成掩埋威胁。管道吊装过程中,钢丝绳断裂或吊钩脱扣可能导致管道坠落,尤其在大口径管道吊运时,冲击力足以造成严重人员伤亡。针对沟槽坍塌风险,开挖前需根据土质类别确定放坡系数,对深度超过3米的沟槽实施分级开挖,每级深度不超过1.5米。槽壁采用钢板桩或木支撑进行临时支护,支撑结构间距经稳定性计算确定,确保能承受侧向土压力。管道吊装作业前,对起重设备进行全面检查,重点核查钢丝绳磨损程度与吊钩防脱装置有效性,吊运路径下方划定警戒区,非作业人员禁止入内。大口径管道吊装采用双机抬吊工艺,通过平衡梁分配载荷,避免单点受力引发断裂。

3.2 阀门井施工风险

阀门井作为管网控制节点,其施工过程存在受限空间作业的典型风险。井内通风不畅可能导致氧气含量低于19.5%,或积聚甲烷等可燃气体,引发窒息或爆炸事故。井盖安装不牢固或未设置警示标识,易造成行人跌落井内受伤。阀门井施工前,使用多功能气体检测仪对井内环境进行检测,重点监测氧气浓度与可燃气体含量,检测数据合格后方可允许作业人员进入。井内设置轴流风机进行强制通风,换气次数不小于4次/小时,通风管道延伸至井底确保气流循环。井盖安装采用防盗式铸铁井盖,通过膨胀螺栓与井圈固定,承载力满足设计要求。井口周边设置防坠网,采用高强度尼龙绳编织,网格尺寸不大于300毫米,承重能力不低于200千克。

3.3 管道试压风险

管道试压是检验管网密封性的关键工序,但压力控制不当易引发安全事故。试压压力超过管道设计强度时,焊缝或法兰连接处可能发生爆裂,高速喷射的水流对人员造成冲击伤害。试压介质泄漏若未及时控制,可能污染周边土壤或水体环境。试压前对管道系统进行全面检查,重点核查焊缝质量与法兰螺栓紧固情况,采用超声波探伤仪检测焊缝内部缺陷。试压泵出口设置双级泄压阀,主泄压阀设定压力为设计压力的1.1倍,副泄压阀设定压力为1.25倍,形成双重保护。试压介质选用清洁自来水,避免使用含砂水质导致阀门磨损。试压区域设置彩色围挡,悬挂"高压危险"警示牌,安排专人监护防止无关人员进入。试压过程中压力上升速率控制在0.05兆帕/分钟以内,稳压期间定时记录压力变化,发现异常立即泄

压处理。

4 施工机械与用电安全风险与防控

4.1 机械设备操作风险

输配水管网施工中,挖掘机、装载机土方机械的操作安全直接关系到作业人员生命安全^[4]。设备回转半径内人员滞留、视线盲区未有效监控、超载作业等违规行为,均可能引发碰撞或碾压事故。尤其在地形复杂区域,机械与地下管线交叉作业时,因缺乏精准定位易导致管线破坏,进而引发次生灾害。针对上述风险,操作人员必须通过专业培训并取得特种设备操作资格证,熟悉设备性能与操作规程。机械安装倒车雷达与声光警示装置,回转半径内设置柔性隔离桩,防止无关人员进入危险区域。施工区域采用反光锥筒与警示带划分作业区与通行区,夜间增设频闪警示灯提升辨识度。大型机械作业时配备信号指挥员,通过标准化手势与对讲机协同作业,确保动作指令准确传达。定期对机械制动系统、转向系统进行检测,对磨损超标的部件及时更换,杜绝设备带病运行。

4.2 临时用电风险

临时用电是施工现场的高频风险源,配电箱未接地或接地电阻超标、电缆破损裸露、私拉乱接等隐患,均可能引发触电事故。尤其在潮湿环境或雨季施工时,电气绝缘性能下降,漏电风险显著增加。配电箱需选用符合GB7251标准的标准化产品,安装三级漏电保护装置,总配电箱漏电动作电流不大于100毫安,分配电箱不大于50毫安,开关箱不大于30毫安,动作时间均不超过0.1秒。配电箱外壳设置重复接地,接地电阻值不大于4欧姆,每月用接地电阻测试仪检测并记录。电缆敷设优先采用架空方式,沿建筑物或专用电杆架设,高度不低于2.5米,支撑点间距不大于1.5米;无法架空时采取埋地处理,深度不小于0.7米,并在电缆上方铺设保护板。施工用电实行"一机一闸一漏一箱"制度,严禁使用插线板串联供电,每日作业前检查电缆绝缘层完整性,对破损部位采用热缩套管修复。

4.3 焊接作业风险

焊接作业涉及明火、高温、有害气体等多重风险,焊渣飞溅可能引燃易燃材料,气瓶存放不当易导致爆炸事故。尤其在密闭空间焊接时,未有效通风可能导致一氧化碳积聚,引发中毒事故。焊接区域地面铺设防火石棉布,周边10米范围内清除可燃物,配备干粉灭火器与消防沙箱^[5]。气瓶存放区设置防晒棚,氧气瓶与乙炔瓶间距不小于5米,与明火距离不小于10米,气瓶直立放置并固定防倾倒装置。气瓶使用前检查减压阀与回火防止器有效性,乙炔瓶安装阻火器,输气胶管采用专用颜色标识,氧气管为黑色,乙炔管为红色,长度不超过15米。密闭空间焊接时,强制通风换气次数不小于6次/小时,作业人员佩戴正压式空气呼吸器,每30分钟轮换作业。焊接完成后,焊缝区域采用保温棉缓慢冷却,防止急冷导致裂纹产生,同时检查作业区域是否存在阴燃隐患。

结束语

农村供水工程施工安全需贯穿项目全生命周期,通过风险源精准识别与动态管控,可显著降低事故发生率。实践中,地质灾害防控需结合地形特征优化支护参数,水源污染治理应强化污染源隔离与末端净化,临水作业须完善个人防护与水域监测体系。施工机械管理应注重设备状态监测与操作规程落地,临时用电需严格落实三级保护与绝缘检测,焊接作业需强化通风与防火措施。多维度技术集成与管理创新是保障施工安全的核心路径。

参考文献

- [1]江佳德.泵站工程施工中的安全风险管理与防范探讨[J].水上安全,2025(15):138-140.
- [2]洪伟雄.市政供水管道工程施工质量控制与防治措施探析[J].居业,2024(11):28-30.
- [3]陈亮.喊过岭洞农村饮水安全供水工程设计分析[J].海河水利,2023,(09):70-72.
- [4]董显月.农村安全供水水质在线监测技术分析[J].低碳世界,2024,14(01):25-27.
- [5]刘锦翠.生活饮用水水质安全控制中微生物污染防治措施探讨[J].食品安全导刊,2025(16):5-7.