

水利工程施工废水处理工艺研究

杨 雪

陕西水务发展环保集团有限公司 陕西 西安 710000

摘 要：水利工程施工废水成分复杂、水量波动大，含多种污染物，若不妥善处理会对环境造成严重影响。本文分析了水利工程施工废水的来源、水质及水量特征，介绍了沉淀法、过滤法等物理处理工艺，混凝沉淀法等化学处理工艺，以及活性污泥法等生物处理工艺。探讨了处理工艺选择应依据废水特性、场地状况及成本等因素，并提出组合工艺、改进设备及引入自动化技术等优化策略，以实现高效处理。

关键词：水利工程施工废水；废水处理工艺；物理处理；化学处理；生物处理

引言：水利工程在建设会产生大量废水，其成分复杂，含多种污染物，且水量波动大。若不妥善处理，会对周边水体和生态环境造成严重影响。深入研究水利工程施工废水处理工艺，有助于选择合适的处理方法，实现废水达标排放或回用，对保护水资源、维护生态平衡以及保障水利工程的可持续发展具有重要意义。

1 水利工程施工废水特性分析

1.1 废水来源

水利工程施工多个环节均会产生废水。混凝土浇筑过程中，搅拌设备、运输车辆清洗会产生废水。搅拌设备残留的混凝土浆液若不及时清洗，会影响设备正常运行，清洗时大量含有水泥浆、砂石颗粒的废水随之排出。运输车辆运输混凝土后，罐体内壁和车身残留的混凝土，在冲洗时也会形成废水。土方开挖阶段，基坑排水是废水的重要来源。开挖过程中，地下水渗入基坑，携带开挖产生的泥沙、碎石等颗粒物。为保证施工安全和进度，需不断抽取基坑内积水，这些排出的水即为含大量悬浮物的废水。设备清洗同样产生废水。施工过程中使用的机械设备，如挖掘机、推土机、起重机等，运行一段时间后表面会附着油污、泥土等污染物。对设备进行清洁维护时，会产生含有油污、泥沙和洗涤剂残留的废水。此外，施工场地的冲洗，如道路、作业面冲洗，也会产生一定量的废水。

1.2 废水水质特点

水利工程施工废水含多种污染物。悬浮物是最主要的污染物之一，土方开挖、基础施工等环节使大量泥沙、泥土进入废水，导致水体浑浊^[1]。废水中的泥沙颗粒大小不一，部分细小颗粒难以自然沉淀。油类污染物来源于施工机械的润滑油泄漏、燃油滴漏以及设备清洗，这些油类物质漂浮在水面，形成油膜，阻碍水体与空气的氧气交换，影响水生生物生存。化学需氧量

（COD）和生化需氧量（BOD）反映废水中有机物含量。混凝土添加剂、施工机械的油污、生活污水中的有机物等，均会导致废水中COD和BOD升高。部分化学添加剂还可能含有重金属离子，如铬、铅、汞等，这些重金属在环境中难以降解，会在水体、土壤中积累，通过食物链危害生态系统和人体健康。不同施工阶段废水水质存在明显差异。施工初期，土方开挖阶段废水以高悬浮物、泥沙为主，水体浑浊度高，pH值相对稳定。混凝土浇筑阶段，废水除含有悬浮物外，还因水泥水化作用使pH值升高，呈现强碱性，同时COD和BOD也会因混凝土添加剂和清洗残留物有所增加。施工后期设备清洗阶段，废水中油类污染物含量显著上升，悬浮物含量则相对降低。

1.3 废水水量特征

施工过程中废水排放量受多种因素影响。施工规模是关键因素，大型水利工程占地面积广、施工周期长、参与机械设备和人员多，产生的废水总量远高于小型工程。施工进度也对废水量有影响，基础施工阶段土方开挖量大，基坑排水量多；混凝土浇筑高峰期，设备清洗和养护用水量增加，废水排放量随之上升。天气条件对废水水量影响显著。雨季时，大量雨水进入施工场地，与施工废水混合，使废水排放量大幅增加。强降雨还可能导致土方坍塌、泥沙冲刷，进一步提高废水中悬浮物含量。相反，干旱天气下，施工用水量减少，废水排放量相应降低，但可能因水资源紧张影响施工进度。废水排放量具有明显的波动性和不确定性。每日施工安排不同，设备使用频率和清洗次数存在差异，导致废水产生量不稳定。施工过程中突发情况，如机械故障导致润滑油泄漏、管道破裂引发大量清水流失等，会使废水排放量瞬间增加。这种波动性和不确定性为废水处理带来挑战，要求处理系统具备灵活应对不同水量的能力。

2 常见水利工程施工废水处理工艺

2.1 物理处理工艺

2.1.1 沉淀法

沉淀法基于重力作用实现废水中悬浮物的沉降分离。在水利工程施工产生的废水中,悬浮颗粒因自身重力,在静置环境下逐渐下沉至容器底部。不同类型的沉淀池在废水处理中发挥不同作用。平流式沉淀池呈长方形,废水从一端流入,水平缓慢流动过程中,悬浮物受重力作用下沉,从另一端流出处理后的水^[2]。这种沉淀池结构简单,适用于处理水量较大、悬浮物颗粒较大的废水。竖流式沉淀池为圆形或方形,废水从池底进入,向上流动,悬浮物下沉到池底。其占地面积小,沉淀效率高,适合处理水量较小、需要较高分离效率的情况。辐流式沉淀池以中心进水或周边进水,废水呈辐射状向四周流动,悬浮物向池底沉降。该沉淀池处理能力大,常用于大型水利工程施工废水的初步处理。

2.1.2 过滤法

过滤法依靠滤料层截留废水中悬浮颗粒。当废水流经滤料层时,悬浮颗粒被滤料表面拦截或吸附。石英砂滤料硬度高、化学稳定性好,价格相对低廉,广泛应用于普通废水的初步过滤,能有效去除较大颗粒的悬浮物。无烟煤滤料孔隙率大、吸附能力强,常与石英砂搭配使用,组成双层滤料,可进一步去除废水中较小的悬浮颗粒。活性炭滤料具有丰富的孔隙结构和巨大的比表面积,对废水中的有机物、色素及部分重金属离子有良好的吸附作用,适用于对水质要求较高的深度处理阶段。

2.1.3 气浮法

气浮法利用微小气泡附着悬浮颗粒使其上浮至水面分离。溶气气浮是将空气在一定压力下溶解于水中,形成溶气水,溶气水进入气浮池减压释放出大量微小气泡,与废水中悬浮颗粒结合使其上浮。该方法气泡粒径小且均匀,气浮效果好,适用于处理含油废水、乳化液废水等。散气气浮通过机械搅拌或微孔曝气等方式将空气分散成微小气泡,气泡与悬浮颗粒接触附着。其设备简单、操作方便,但气泡粒径较大,气浮效率相对较低,适合处理悬浮物浓度不高的废水。

2.2 化学处理工艺

2.2.1 混凝沉淀法

混凝沉淀法向废水中投加混凝剂,促使胶体颗粒和细小悬浮物凝聚成大絮体。混凝剂水解产生的胶体与废水中胶体颗粒相互作用,通过电性中和、吸附架桥等作用,使颗粒聚集变大。聚合氯化铝具有混凝效果好、适用pH范围广、形成絮体速度快且密实等特点,常用于处

理各类水利工程施工废水。硫酸铝价格相对较低,但适用的pH范围较窄,在处理中性或偏碱性废水时效果较好。聚合硫酸铁对去除废水中的有机物和重金属离子有较好效果,尤其适用于处理含有大量铁离子的废水。选择混凝剂需根据废水的水质特点,如酸碱度、悬浮物性质等确定。

2.2.2 中和法

中和法针对酸性或碱性废水,通过投加碱性或酸性物质调节废水pH值至中性。对于酸性废水,常用的中和剂有石灰、氢氧化钠等。石灰来源广泛、价格便宜,但投加量较大,会产生较多污泥。氢氧化钠中和效果好,反应速度快,但成本较高。处理碱性废水时,可选用硫酸、盐酸等酸性物质作为中和剂。中和剂的投加量需根据废水的酸碱度和处理水量精确计算,通过逐步投加和实时监测pH值,确保废水达到合适的酸碱度。

2.2.3 氧化还原法

氧化还原法利用氧化剂或还原剂将废水中有害物质转化为无害物质。臭氧具有强氧化性,能快速氧化废水中的有机物、氨氮等污染物,且反应后无二次污染,常用于处理对水质要求较高的废水。过氧化氢也是常用的氧化剂,可与催化剂组合使用,增强氧化效果^[3]。氯气作为传统氧化剂,常用于消毒杀菌和氧化某些还原性物质。亚硫酸钠作为还原剂,可将废水中的高价重金属离子还原为低价态,便于后续沉淀去除。硫酸亚铁可与氧化剂配合,参与芬顿反应,有效降解废水中的难降解有机物。

2.3 生物处理工艺

2.3.1 活性污泥法

活性污泥法借助活性污泥中的微生物群体降解有机污染物。微生物以废水中的有机物为营养源,通过新陈代谢将其分解为二氧化碳和水等无害物质。传统推流式活性污泥法中,废水从一端进入曝气池,沿池长方向流动,微生物与废水充分接触,逐步降解有机物。完全混合式活性污泥法中,废水进入曝气池后迅速与池中混合液充分混合,微生物在相对均匀的环境下处理废水。活性污泥法的运行受多种因素影响,如溶解氧浓度、污泥浓度、废水的营养比例等。合适的溶解氧浓度能保证微生物的好氧呼吸,污泥浓度需维持在一定范围以确保处理效果。

2.3.2 生物膜法

生物膜法依靠生物膜上的微生物吸附和降解污染物。生物滤池通过滤料表面附着的生物膜,截留并分解废水中的有机物。生物转盘由一系列转动的圆盘组成,

圆盘部分浸没在废水中,微生物在圆盘表面形成生物膜,通过圆盘的转动与废水充分接触,实现污染物的去除。生物接触氧化池内设置填料,微生物附着在填料表面形成生物膜,废水在池内流动过程中与生物膜接触,有机物被微生物降解。生物膜法具有微生物浓度高、耐冲击负荷能力强、污泥产量少等特点,适用于处理水质波动较大的水利工程施工废水。

3 处理工艺的选择与优化

3.1 处理工艺选择原则

处理工艺的选定首先要依据废水的水质和水量特征。不同水利工程产生的废水,污染物成分差异明显。若废水中悬浮物含量高,以泥沙、石屑为主,沉淀法可作为初步处理手段,通过重力作用使颗粒沉降分离。若废水含有胶体物质、溶解性有机物,单一沉淀法难以达标,需结合混凝沉淀、生物处理等工艺进一步净化,确保处理后的水质符合排放标准。水量大小决定了处理设备的规模和处理效率需求,大流量废水需匹配处理能力强、效率高的工艺设备,小流量废水则可选择相对灵活、占地小的处理方式。施工场地实际状况对处理工艺选择至关重要。占地面积有限的场地,竖流式沉淀池、生物接触氧化池等紧凑型设备更具适用性;地形复杂区域,可利用地势高差设计自流处理流程,减少动力设备使用,降低能耗。周边环境同样影响工艺选择,临近居民区的施工场地,要避免选用运行时产生大量噪声、异味的处理工艺;在生态敏感区域,需采用无二次污染风险的处理技术,防止对周边生态造成破坏。成本因素是处理工艺选择不可忽视的环节。建设成本包括设备采购、场地建设等一次性投入,需结合预算合理规划^[4]。运行成本涵盖能耗、药剂消耗等持续性支出,选择能耗低、药剂用量少的工艺可显著降低长期运行费用。维护成本涉及设备检修、零部件更换等,优先选择稳定性好、易维护的处理工艺,能够减少维护频次和费用,最终实现经济效益与环境效益的平衡。

3.2 处理工艺优化策略

单一处理工艺往往存在局限性,组合工艺成为提升处理效果的有效途径。物理-化学组合工艺中,先利用沉淀、过滤等物理方法去除废水中较大颗粒悬浮物,降低后续处理负荷,再通过投加混凝剂、氧化剂等化学手

段,去除胶体物质和溶解性污染物,实现深度净化。生物-化学组合工艺则先依靠微生物降解大部分有机污染物,再借助化学处理去除生物难降解物质,满足更高水质要求。不同组合方式可根据废水特性灵活搭配,弥补单一工艺的不足。改进处理设备结构和优化运行参数,能够提升处理工艺的效率和稳定性。沉淀池通过优化进水口、出水口设计,使水流分布更均匀,减少短流现象,提高沉淀效率;过滤设备更换高性能滤料、调整滤层结构,可增强对悬浮物的截留能力。运行参数方面,活性污泥法中精确控制溶解氧浓度、污泥回流比,生物膜法中合理调节废水停留时间、曝气量,都能使处理工艺处于最佳运行状态,保障处理效果稳定可靠。引入先进自动化控制技术,可实现处理工艺的智能化管理。通过安装各类传感器,实时监测废水处理过程中的关键参数,如pH值、浊度、溶解氧浓度等。监测数据实时传输至控制系统,经分析处理后,自动调节加药量、设备运行状态等。这种智能调控模式不仅降低了人工操作难度,还能避免人为误差,保障处理工艺稳定运行,及时发现异常情况并预警,便于工作人员快速响应处理。

结束语

水利工程施工废水处理是环境保护与工程建设协调发展的关键环节。通过对废水特性、常见处理工艺的分析,以及处理工艺选择原则与优化策略的探讨,明确了应根据废水水质水量、施工场地、成本等因素合理选择工艺,并通过组合工艺、改进设备、引入自动化技术等手段进行优化。未来还需不断探索创新,提升处理效果,实现水利工程建设与生态保护的共赢。

参考文献

- [1]李淑凤.水利工程施工废水处理工艺与实践[J].清洗世界,2023,39(3):34-36.
- [2]张生宝,李吉鹏.水利工程施工废水处理相关技术管理问题的探讨[J].水上安全,2024(15):161-163.
- [3]何志辉.新疆水利水电工程施工废水处理技术及绿色环保设施应用[J].中国资源综合利用,2021,39(02):188-190.
- [4]周志强.水利工程施工废水处理工艺与实践分析[J].建筑工程技术与设计,2017(10):3489-3489.