

斜板沉降池技术在回收水池改造中的应用与优化研究

钟 炆, 杨成应, 熊 伟*

(瓮福(集团)有限责任公司, 贵州 贵阳 550500)

摘 要 本文分析了斜板沉降池的设计与安装, 重点研究了水流优化与流速控制对沉降效果的影响, 提出了斜板与水池系统的有效集成方案, 并围绕斜板角度、间距、沉降池深度、水流分布等因素, 提出了优化设计策略, 并对斜板结构与材质的提升进行了深入分析。优化后的回收水池实际运行效果评估结果表明, 斜板沉降池技术能显著提高水质、提升沉降效果、节能降耗、减少环境影响, 并为回收水池的高效改造提供技术支持。

关键词 斜板沉降池; 回收水池改造; 水流分布; 斜板材质; 沉降效果

中图分类号: X7

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.25.032

0 引言

随着工业化进程的推进, 水资源的紧缺问题日益严重, 水资源的回收和再利用成为解决水危机的重要途径。回收水池作为水处理系统中的核心设施, 承担着重要的水质净化和沉降作用。然而, 传统回收水池在沉降效率、空间利用及水质改善等方面存在诸多不足。为提升回收水池的处理效果, 斜板沉降池技术作为一种创新的水处理技术, 近年来广泛应用于水处理系统中^[1]。斜板沉降池技术通过优化水流路径和沉降过程, 提高沉降效果, 减少占地面积, 具备了显著的经济性与环境效益。

1 斜板沉降池技术在回收水池改造中的应用

1.1 斜板沉降池的设计与安装

斜板沉降池是一种通过斜板结构来提高沉降效率的水处理技术, 其设计原理主要基于加速颗粒物在水中的沉降过程(见图1)。传统的沉降池因水流路径长、占地面积大而影响处理效率, 而斜板沉降池通过斜板倾斜布置, 增加了沉降面积, 使颗粒物在较短的路径内完成沉降, 从而提高处理效果。

在设计过程中, 斜板的角度、间距以及板的材质是关键因素。斜板的倾斜角度一般选择在 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 之间, 角度越大, 沉降效果越好, 但也需要考虑水流的稳定性。斜板间距通常设定为 $2 \sim 5$ cm, 以保证较大的沉降面积和较小的水流阻力。斜板材质多选用耐腐蚀、抗污物附着的材料, 如不锈钢或聚乙烯。安装时,

斜板需要固定在沉降池的支架上, 确保角度和位置精确, 以便实现最佳的水流分布和颗粒物沉降。

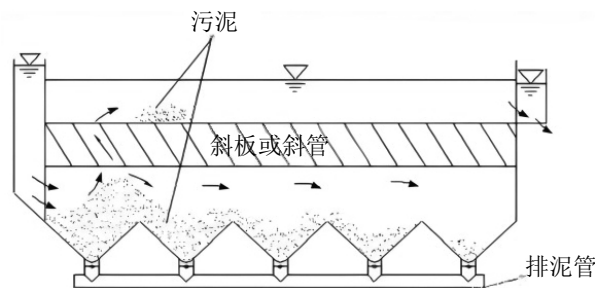


图1 斜板沉降池设计原理

1.2 水流优化与流速控制

通过控制进水口的位置和设计, 确保水流在进入沉降池时分布均匀, 避免局部水流过快或过慢。这一过程通常通过设置分布均匀的进水口或导流装置实现, 从而优化水流的流向和流量, 减少水流的不均匀性。同时, 流速控制通过调整斜板的角度和间距来实现。斜板的设计原理是利用倾斜角度增大沉降面积, 同时通过调节斜板间距来控制水流的流速。较小的间距有助于减小水流的阻力, 使水流保持较低的速度, 以便悬浮物质能在较短时间内沉降。较大的间距则适用于处理较大颗粒物, 保证颗粒在沉降过程中不会因水流过快而重新被搅动。

1.3 斜板与回收水池系统集成

斜板沉降池技术在回收水池改造中的集成是通过将斜板结构与现有回收水池系统相结合, 优化水流与

*本文通信作者, E-mail: 670219273@qq.com。

沉降效果的关键步骤。斜板沉降池的设计需要与回收水池的水流布局紧密匹配。斜板通常被安装在回收水池的沉降区域,倾斜角度、间距和数量根据水池的容积和水流量进行合理规划。斜板的安装必须确保其与水流动向平行,并且避免倾斜角度过大或过小,以免影响沉降效率^[2]。在集成过程中,回收水池的进水口和出水口位置也需调整,以确保水流能够均匀分布在斜板表面。进水口通常设在池体的一端,通过导流装置将水流分配至各个斜板区域,避免水流过于集中或偏向某一部分,影响整体沉降效果。

1.4 自动化监控与调整

系统通过安装传感器监测水流量、沉降池内水位、流速以及水质等关键参数,通过 PLC(可编程逻辑控制器)进行实时分析。根据水池的运行状态,系统自动调整进水流量、出水流量和流速,确保水流在最佳范围内流动。监控系统能够根据沉降效果动态调节水流路径和流速,避免局部区域水流过快或过慢影响沉降效率。

2 斜板沉降池技术在回收水池改造中的优化设计

2.1 斜板角度与间距的优化设计

优化设计的核心目标是提高沉降效率,同时降低运行成本。斜板角度和间距的选择直接决定了水流的速度、流态以及颗粒物的沉降性能。因此,精确计算与优化是实现技术提升的关键。斜板的角度直接影响水流的倾斜度和颗粒物的沉降时间。根据沉降理论,沉降速度 u_s 可用下式计算:

$$u_s = \frac{d^2(\rho_p - \rho_w)g}{18\mu} \quad (1)$$

式(1)中, d 是颗粒直径, ρ_p 是颗粒的密度, ρ_w 是水的密度, μ 是水的动力粘度, g 是重力加速度。角度的增大会减少水流路径的长度,有利于颗粒物的沉降,但过大角度会导致水流紊乱,影响沉降效果。同时斜板间距是影响沉降池性能的另一个关键因素。斜板间距 s 对水流的流动阻力和水流分布均匀性有显著影响。斜板间距过小会增加水流的摩擦阻力,导致水流不均匀,影响沉降效果;而间距过大会导致沉降池占地面积过大,影响水流的有效沉降空间。通过结合流体力学模型,斜板间距 s 的优化可以通过以下公式计算:

$$\Delta P = \frac{8\mu L Q}{\pi r^4} \quad (2)$$

式(2)中, ΔP 是水流通过斜板时的压力降, μ 是水的动力粘度, L 是水流经过的斜板长度, Q 是流量, r 是斜板间距的半径。通过此公式,结合不同间距下的流量变化,能够实现最佳的水流优化设计。在优化过

程中,流体动力学模拟(CFD)是一个非常重要的工具。通过对不同角度和间距设置的模拟计算,可以预测水流的分布、流速以及沉降效率。例如:若斜板角度为 45° ,斜板间距设为 3 cm,通过 CFD 模拟可以得到水流在不同区域的流速分布,从而进一步调整设计参数,以实现最大沉降效果和最小能量消耗。

2.2 沉降池深度与尺寸的优化

对于沉降池的深度设计,一般会采用 3~6 m 的深度,但为了提升沉降效果,可以根据颗粒物的大小和沉降速度进行创新设计。对于含有高浓度悬浮颗粒的水,设计时可采用“分段式深度”设计,将沉降池分为两个不同深度的段落。第一个段落采用较浅深度(约 3 m),用于较小颗粒物的初步沉降;第二段落则设计为较深的沉降区域(5~6 m),用于较大颗粒的进一步沉降。这种设计可以提高沉降效率,并减少能耗,因为较大的颗粒物在较深的沉降池段能够更快地沉降,而较小颗粒物在浅段会避免不必要的沉降时间浪费。在池体尺寸优化方面,以往都是根据水流量来设定池宽和池长比例(通常为 2:1 到 4:1)。但在优化设计中可以通过引入“可调式池宽”设计来优化水流分布。根据实际流量和水质波动,池宽可以设置为可调节的结构,通过机械装置或自动化系统调整池宽,以实现水流分布的动态优化^[3]。

2.3 水流分布的优化设计

在每个进水口处,加装导流板或导流槽,这些导流装置的作用是将水流均匀地引导至池体的不同部分,避免水流集中。导流板的角度一般设置在 $20^\circ \sim 30^\circ$ 之间,确保水流进入沉降池时具有适宜的方向性。并且池体内水流的均匀分布要求在沉降池内设计导流板和分流器。导流板的数量和布局必须根据实际池体尺寸、进水流量以及水流路径来调整。一般来说,导流板可以设置在每个斜板段的前端,分隔不同的水流通道,避免水流因斜板引起的不均匀流动。导流板的间距应根据水流量、沉降池深度和水流速度来确定,一般建议每个导流板之间的距离为 2~4 m。设计时,导流板的角度应与水流方向相匹配,通常角度设置在 30° 左右,可以有效地分散水流,减少水流的局部聚集和湍流。

2.4 斜板材质的提升设计

在当前斜板沉降池设计上,斜板材质的提升设计主要通过选用更先进、更适应实际工况的材料,进一步提高沉降池的耐用性、效率和成本效益。传统的斜板一般使用不锈钢或碳钢等材质,这些材质具有较好

的强度和耐腐蚀性,但在长期的使用过程中,依旧存在磨损、腐蚀、结垢等问题,尤其在高腐蚀性水质中,容易影响沉降效率,增加维护成本。建议使用高性能工程塑料(如聚乙烯、聚丙烯或聚氯乙烯),这些材料比传统的不锈钢具有更强的耐腐蚀性和抗磨损性能,能够应对更加苛刻的水质条件。与金属材料相比,塑料斜板的质量更轻,安装和维护更为便捷,且不易受水质变化的影响,特别适合处理酸性或碱性较强的废水。同时,复合材料的应用也是一种值得推广的优化设计。例如:使用玻璃钢(FRP)作为斜板材料,其耐腐蚀性、抗压强度和抗老化能力远超传统金属材质,特别适合长期暴露在恶劣水质中的使用环境。复合材料的耐磨性和抗结垢性能也能有效延长斜板的使用寿命,降低维护频率,减少系统的运行成本。对于高强度的斜板,表面涂层技术可以进一步提升其耐用性。例如:在斜板表面涂覆一层陶瓷涂层或耐腐蚀涂层,可以显著提高斜板的抗磨损能力,避免沉积物的附着和生物膜的形成,确保斜板在长时间运行下保持高效的沉降性能。

3 斜板沉降池技术在回收水池改造中的优化效果

3.1 沉降效果与水质改善

通过采用多点进水口设计、优化水流分布和提升斜板材质,沉降池能够有效降低水流速度,增加水流停留时间,从而实现更高效的颗粒物沉降。例如:在杭州某市污水处理厂的回收水池改造项目中,采用了优化设计的斜板沉降池。改造前,由于水流不均和沉降时间不足,水池的沉降效率较低,导致颗粒物难以完全沉降,最终影响水质。在进行设计优化后,沉降池通过多点进水口设计和水流导向装置改善了水流分布,使得水流速度均匀,沉降时间增加。优化后的沉降池不仅有效去除了水中的悬浮固体,还使水质得到显著改善。该回收水池的颗粒去除率提高了约30%,出水水质的悬浮物浓度降至原来的50%以下,明显提高了处理能力和水质,符合国家排放标准^[4]。同时使用高耐腐蚀复合材料和耐磨涂层的斜板设计,降低了结垢和腐蚀问题,延长了设备的使用寿命,进一步保障了回收水池的长期高效运行。

3.2 运行效率与经济性分析

改造后的回收水池不仅提升了处理能力,还降低了运行和维护成本。改造前,回收水池的处理水量为每日15 000 m³,经过优化后,处理水量提高到每日20 000 m³,提升了33%。沉降效率也得到了提升,从75%提高到95%,这意味着更多的悬浮物得到了有效去除,水质得到了改善。同时,水质改善的效果从50%提升至80%。在经济性方面,优化后的设计使年运行成本

从120 000元降至100 000元,节约了约16.7%的能耗支出^[5]。在维护成本方面,改造后的回收水池由于采用了耐腐蚀性更强的斜板材质,维护频率和成本明显降低,年维护成本从30 000元降至15 000元。这些优化设计显著提高了回收水池的处理能力,并降低了运营成本,提升了水质和经济效益。

3.3 环境影响与可持续性

以北京污水处理厂的回收水池改造项目为例,改造后的斜板沉降池技术通过多点进水口设计和优化水流路径,使水流分布更加均匀,有效提高了沉降效率。改造后,废水中悬浮固体的去除率提升了约40%,从原来的60%提高至90%以上。经过优化后的回收水池,出水水质中悬浮固体浓度从30 mg/L降低至12 mg/L,符合更严格的环保排放标准,极大地减少了水体污染,避免了对周围水域的富营养化和水质恶化问题^[6]。在可持续性方面,优化设计采用了高耐腐蚀的复合材料和涂层技术,使得斜板的耐用性和抗结垢能力得到了显著提升。

4 结束语

斜板沉降池技术在回收水池改造中的应用展示了显著的优势,尤其在提升沉降效果、改善水质和节约空间方面表现突出。通过优化斜板的角度、间距以及沉降池的深度和水流分布等设计,能够有效提高回收水池的处理效率,降低系统能耗,并减少运营成本。此外,优化后的设计提升了系统的经济性和可持续性,为水处理行业提供了更为高效的技术方案。随着技术的不断进步,斜板沉降池的应用将得到进一步推广,成为水资源回收和管理领域中的重要技术支撑。

参考文献:

- [1] 周启涛,张小莹,艾玉林,等.V型斜板新型结构泥沙池沉降特性试验研究[J].新疆农业大学学报,2022,45(04):330-336.
- [2] 魏家琦,吴璇,申琳,等.不同污泥斗倾角对竖式沉淀池沉降效果的影响[J].广东化工,2024,51(20):111-113.
- [3] 张颖娴,丁康康,于印鑫,等.振动式斜板浓密机振动特性与试验研究[J].机械设计,2021,38(10):41-46.
- [4] 李琳,付海林,谭义海,等.新型异向流泥沙池泥沙沉降特性试验与机理分析[J].农业工程学报,2021,37(16):90-98.
- [5] 李为堂,刘荣,王敏.雨水收集远程自动控制系统改造及应用[J].云南冶金,2024,53(01):161-167.
- [6] 刘婧.净水厂回收水池和排泥池设计研究[J].皮革制作与环保科技,2024,05(11):161-163.