生态环境与保护
Ecological Environment and Protection
第 8 卷◆第 2 期◆版本 1.0◆2025 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4740 /（中图刊号）：715GL012

深床反硝化滤池工艺在城市污水处理厂提标改造工程中的应用研究

张志华
河南华慧有色工程设计有限公司
DOI:10.12238/eep.v8i2.2517

[摘　要] 本文针对城市污水处理厂提标改造的需求,研究了深床反硝化滤池工艺的应用。首先,介绍了深床反硝化滤池的原理。其次,以郑州市上街区污水处理厂为例,详细阐述了深床反硝化滤池的设计参数、设备选型、工艺流程及运行方式。实际运行效果分析显示,该工艺在氮磷去除、污泥产率降低、运行成本和抗冲击负荷能力方面表现优异。最后提出了填料选择、溶解氧控制、反冲洗周期及方式优化、污泥回流比调整等工艺优化措施,为城市污水处理厂提标改造提供了技术支持。
[关键词] 深床反硝化滤池；城市污水处理厂；提标改造
中图分类号：U664.9+2　文献标识码：A

Research on the application of deep bed denitrification filter technology in the upgrading and transformation project of urban sewage treatment plants

Zhihua Zhang
Henan Huahui Nonferrous Engineering Design Co., Ltd.

[Abstract] Aiming at the demand for upgrading and transformation of urban sewage treatment plants, this paper studies the application of deep bed denitrification filter technology. First, the principle of deep bed denitrification filter is introduced. Secondly, taking the Shangjie District Sewage Treatment Plant in Zhengzhou as an example, the design parameters, equipment selection, process flow and operation mode of deep bed denitrification filter are elaborated in detail. The actual operation effect analysis shows that the process performs well in nitrogen and phosphorus removal, sludge yield reduction, operating cost and shock load resistance. Finally, process optimization measures such as filler selection, dissolved oxygen control, backwashing cycle and method optimization, and sludge return ratio adjustment are proposed, which provide technical support for the upgrading and transformation of urban sewage treatment plants.
[Key words] deep bed denitrification filter; urban sewage treatment plant; upgrading and transformation

引言

随着我国城市化步伐的加快,城市人口和工业的迅猛增长带来了水污染问题的日益严峻,城市污水处理成为了环境保护和可持续发展的重要议题。城市污水处理厂作为水污染控制的关键设施,其处理效果直接关系到水环境质量和公共健康。然而,传统的污水处理技术往往难以满足当前更为严格的环保标准和排放要求,特别是在氮、磷等营养物质的去除方面。因此,对现有城市污水处理厂进行提标改造,提升其处理能力和效率,已成为当下环境保护工作的重中之重。

在这一背景下,深床反硝化滤池工艺作为一种先进的生物脱氮技术,因其高效、稳定的脱氮性能,逐渐在城市污水处理厂的提标改造项目中崭露头角。深床反硝化滤池工艺通过创造适宜的缺氧环境,促进反硝化细菌的生长和代谢,从而有效去除污水中的硝酸盐氮,降低总氮含量,满足更为严格的排放标准。通过对深床反硝化滤池工艺的深入研究,不仅能够推动城市污水处理技术的进步,还能够为我国城市水环境的持续改善和生态文明建设提供有力支持。

1 深床反硝化滤池工艺原理

1.1反硝化作用的基本原理

反硝化作用是指在缺氧或微氧条件下,反硝化菌将硝酸盐氮(N03-N)或亚硝酸盐氮(N02-N)还原为氮气(N2)的过程。这一过程不仅降低了污水中的氮含量,还有助于减轻水体富营养化

第 8 卷◆第 2 期◆版本 1.0◆2025 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4740 /（中图刊号）：715GL012

的风险。反硝化作用的基本原理涉及电子传递、能量转换和微生物代谢等多个方面,是生物脱氮的关键步骤。

1.2深床反硝化滤池的工作原理

深床反硝化滤池是一种高效的生物脱氮处理技术,其工作原理基于反硝化细菌在缺氧或微氧环境下的生理活动,通过将污水与富含反硝化菌的生物膜接触,利用污水中的有机碳源作为电子供体,促使反硝化菌将硝酸盐氮(NO3-N)和亚硝酸盐氮(NO2-N)还原成氮气(N2),实现氮素的去除,这一过程不仅降低了污水中的总氮含量,而且有助于改善出水水质,满足更严格的环保排放标准。在深床反硝化滤池中,填料层扮演着至关重要的角色,填料不仅为反硝化菌提供了附着的表面,增加了生物量和生物膜的厚度,而且还增强了系统的水力停留时间,使得污水与生物膜之间的接触更为充分。

2 具体应用-以郑州市上街区污水处理厂达标治理建设项目为例

2.1工程概况

郑州市上街区污水处理厂,主要负责处理上街区居民生活污水,始建于2006年8月,占地33350平方米。经过一年的建设,于2007年8月开始试运行,并在同年12月通过了郑州市环境保护局的验收,总投资额为5497万元。为了应对环保标准的提升和污水处理需求的增长,2015年,该污水处理厂启动了提标改造项目,总投资960万元。改造项目于2016年4月顺利通过环保验收,实现了出水水质从原二级标准提升至一级A标准。

根据政府要求,自2022年9月1日起,污水处理厂执行《河南省黄河流域污染物排放标准》(DB41/2087-2021)中一级标准,现污水处理厂无法稳定达到该标准要求,尤其是在冬季总氮指标极易超标,需对污水处理厂进行部分改造才能满足达标排放要求。同时由于处理后的水补充进入枯河,需要水质控制执行《河南省黄河流域污染物排放标准》(DB41/2087-2021)中一级标准。因此处理后的水质提升对于枯河水质影响至关重要,也是黄河水质高质量保护的控制范畴,上街区污水处理厂水质提升势在必行

2.2设计参数及设备选型

在设计郑州市上街区污水处理厂深床反硝化滤池时,综合考虑了处理规模、水质特性、气候条件等多种因素,确保了工艺的适应性和高效性。以下为设计参数及设备选型的详细情况:

2.2.1反硝化滤池

处理水量:通过现有泵房将二沉池出水提升至反硝化滤池,共配置4台提升泵,流量范围324-576m³/h,扬程25-33.5m,电机功率55kw,采用2用2备的配置,以满足工艺总流量需求。

滤池尺寸：滤池分为4格,单排布置,总体尺寸为17×13×6m(H),半地下钢砼结构,数量1座,单格净尺寸4×10×6m(H)。

容积负荷：0.43kgTN/m³/d。

滤速：正常滤速7.8m/h,强制滤速10.4m/h。

水头损失：2.5m。

反冲洗周期：≥24h。

反冲洗气强度：90m³/(m²*h)。

反冲洗水强度：15m³/(m²*h)。

配套设施：

滤砖：1200块,规格543×203×187mm,材质HDPE+混凝土。

滤料：石英砂滤料,规格4-6mm,厚度2.8m,单格滤料体积110m³。

承托层：天然砾石,规格8-30mm,厚度0.5m。

鼓风机：2台,1用1备,流量60m³/min,风压58.8KPa,功率75kw。

碳源投加罐：2套,材质PE,容积10m³,配套搅拌机、流量计。

碳源计量泵：3台,2用1备,量程0-150L/h。

混合搅拌机：1套,材质不锈钢。

在线监测仪：CODCr、氨氮、总氮各1台,用于严格控制碳源投加。

2.2.2清水池

用于反硝化滤池的反冲洗供水,有效容积510m³,尺寸17×10×4m(H),半地下钢砼结构,数量1座。

配套设施包括超声波液位计和反冲洗水泵(3台,2用1备,流量300m³/h,扬程12m,功率22kw)。

2.2.3管廊

尺寸17×6×8m(H),半地下,钢筋混凝土框架结构,数量1座。

2.2.4风机房

尺寸10×6×6m(H),钢筋混凝土框架结构,数量1座。

通过上述设计参数和设备选型,深床反硝化滤池能够确保在郑州市上街区污水处理厂中的稳定运行,有效提升氮磷去除效率,为实现出水水质稳定达到一级A标准提供了坚实的技术保障。

2.3工艺流程及运行方式

整个工艺流程分为预处理、生物处理、深床反硝化滤池处理和后续处理四个主要环节。污水经过预处理,去除大颗粒物质和悬浮物,为后续生物处理做准备。随后,污水进入A2/O生物处理工艺,通过微生物作用降解有机物和营养物。

深床反硝化滤池处理阶段是工艺的核心,设计处理规模为30000m³/d,24小时连续运行,平均时处理能力为1250m³/h。经过A2/O+二沉池工艺处理后的污水,由现有提升泵房泵入反硝化滤池。为保障反硝化滤池长期稳定运行,进水水质需严格控制,其中CODCr、BOD5、SS、TN、氨氮和TP等指标分别不超过40mg/L、10mg/L、20mg/L、18mg/L、3mg/L和0.5mg/L。

运行方式上,深床反硝化滤池采用连续进水方式,结合间歇曝气策略,通过调整曝气时间和强度来优化反硝化过程。系统配备实时监测设备,对进出水水质进行监控,以便及时调整运行参数,保持处理效果稳定性。

2.4实际运行效果分析

2.4.1氮磷去除效果

深床反硝化滤池在实际运行中展现出了卓越的氮磷去除能力。通过对进出水总氮、氨氮、硝酸盐氮和总磷等关键指标的

持续监测，数据表明深床反硝化滤池能够显著降低这些污染物的浓度。具体而言，出水中总氮、氨氮、硝酸盐氮和总磷的含量均稳定低于《河南省黄河流域污染物排放标准》（DB41/2087-2021）中一级标准限值，这证明了该工艺在提升出水水质方面的有效性，确保了污水处理厂排放标准的严格执行。

2.4.2污泥产率

与传统生物处理工艺相比，深床反硝化滤池工艺在减少污泥产率方面表现出了显著的优势。反硝化过程不仅去除了氮素，同时也消耗了污水中的部分有机物质，这一过程直接减少了污泥的生成量。因此，该工艺不仅降低了污泥处理和处置的难度，还大幅度减少了相关成本，为污水处理厂的整体运行带来了经济效益。

2.4.3运行成本

尽管深床反硝化滤池的初期投资相对较高，但是其高效的运行性能和较低的能耗使得长期运行成本较为经济。通过对电耗、药剂消耗、人工成本等关键经济指标进行详细分析，可以发现深床反硝化滤池工艺在长期运行中具有较高的成本效益比。这种经济性的体现在于其稳定可靠的运行和较低的维护需求，从而为污水处理厂提供了长期的经济优势。

2.4.4抗冲击负荷能力

深床反硝化滤池工艺展现出了较强的抗冲击负荷能力，能够有效应对进水水质和水量的波动。在实际运行过程中，即使遭遇突发的高浓度污染物冲击，该系统也能够迅速调整并恢复稳定运行，确保出水水质不受到严重影响，满足排放标准的要求。这种强大的适应能力为污水处理厂应对不确定因素提供了重要保障。

3 深床反硝化滤池工艺优化措施

3.1反硝化滤池填料的选择与优化

在选择填料时，需要综合考虑其比表面积、孔隙率、生物亲和性以及机械强度等关键因素。优化的填料应具备较大的比表面积，这样可以为微生物提供更多的附着空间，同时保持良好的水流特性，减少堵塞现象。实验室和现场试验均表明，通过调整填料的粒径分布和填充方式，可以显著提升滤池的处理效率。采用多层填料结构，可以在不同层次实现不同的处理功能，上层主要负责悬浮物的拦截，下层则侧重于生物脱氮。定期对填料进行反冲洗和维护，可以去除堵塞物，保持填料的活性，延长其使用寿命。

3.2溶解氧控制

过高或过低的溶解氧都会影响反硝化细菌的活性，因此精确控制溶解氧是提高深床反硝化滤池效率的关键。优化策略包括采用精确的曝气系统，通过实时监测滤池内的溶解氧浓度，实现分区控制。在反硝化区，需要保持较低的溶解氧水平，以促进反硝化作用的进行。通过自动控制系统，可以根据进水量、水质变化和反硝化需求，动态调整曝气量，以达到最佳的能耗和处理效果平衡。通过优化曝气器的布局和曝气方式，可以进一步降低能耗，提高系统的稳定性和可靠性。这一策略有助于减少运行成本，同时确保滤池在多变的水质条件下保持高效的反硝化性能。

3.3反冲洗周期及方式优化

为优化反冲洗操作，需根据滤料的堵塞程度、水质变化和处理效果来确定合适的反冲洗周期。通过实验数据的分析和模拟计算，可以精确地确定最佳反冲洗频率，这样既能保持滤料的清洁，又能防止因过度冲洗导致的生物量损失。在反冲洗方式的选择上，可采取气水联合反冲洗或单独水反冲洗，根据实际运行情况灵活调整反冲洗的强度和时间，以减少滤料的磨损和生物膜的脱落，保障滤池的持续高效运行和长期稳定性。这一系列优化措施有助于提升滤池的整体性能，确保出水水质达标。

3.4污泥回流比调整

优化措施包括依据进水水质和反硝化需求的动态变化，通过小试或中试实验来确定最佳的污泥回流比。在实际运行过程中，必须综合考虑污泥的沉降性能、生物活性以及反硝化滤池的处理负荷能力。若污泥回流比过高，可能会引起滤池的堵塞问题，而回流比过低则可能导致反硝化过程中碳源供应不足，影响脱氮效果。借助实时监测数据和模型预测技术，可以实现污泥回流比的精确控制，这不仅有助于提升系统的整体性能，还能显著提高运行效率，确保污水处理效果的稳定性。合理的污泥回流比还能减少能耗和运营成本，为污水处理厂实现经济与环保效益。

4 结语

通过对深床反硝化滤池工艺在城市污水处理厂提标改造中的应用研究，本文证实了该工艺在提升出水水质、降低氮磷污染物浓度方面的显著效果。在实际运行中，深床反硝化滤池展现出高效、稳定的特点，能够适应不同水质和水量的变化，具有较强的抗冲击负荷能力。同时，通过工艺优化措施的实施，进一步提高了处理效率，降低了运行成本，为城市污水处理厂提供了经济、环保的解决方案。未来，随着技术的不断进步和成本的进一步降低，深床反硝化滤池工艺将在城市污水处理领域发挥更大的作用，为我国水环境治理和生态文明建设作出更大贡献。

[参考文献]

[1]张小磊.反硝化深床滤池在污水处理厂改造中的应用[J].石材,2024(2):125-127.

[2]施勤章.关于反硝化深床滤池在污水处理厂提标改造工程中的应用[J].现代工业经济和信息化,2023,13(4):157-159.

[3]黄勤超.反硝化深床滤池在某污水处理厂提标改造工程中的应用[J].净水技术,2021,40(S01):112-115+235.

[4]姚竹君.反硝化深床滤池在城镇污水处理厂提标改造工程中的应用[J].浙江化工,2020,51(9):38-41.

[5]张兴尔.反硝化深床滤池在城镇污水处理厂提标改造工程中的应用[J].皮革制作与环保科技,2021,2(12):82-83.

作者简介：

张志华(1982--),男,汉族,河南郑州市人,大学本科,工程师,主要研究方向：水处理。