

郑州新区污水处理厂细格栅及曝气沉砂池设计优化与工程实践

施祖辉, 郭小春

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 针对郑州新区污水处理厂一期工程存在的细格栅过滤效率低、曝气沉砂池吸砂泵故障率高及砂水分离效果差等问题,以二期工程为研究对象,实施针对性设计优化。优化内容包括:(1)采用内进流网板细格栅替代转鼓式细格栅,以提升纤维类杂物截留能力;(2)增设溢流超越渠以应对高压冲洗水断供风险;(3)选用干式吸砂泵降低磨损,优化分砂池水力停留时间至 5.5 min,并配置变频螺旋输送机提升分砂效率。结果显示:二期细格栅年均栅渣产量达 $0.219 \text{ m}^3/\text{万 m}^3$ 污水,较一期提高 2.5 倍,生物反应池浮渣问题基本消除;吸砂泵检修频率由每月 1 次降至每 3 个月 1 次,砂粒分离效率提升 57%。优化措施显著提升了预处理单元的运行稳定性和处理效能。

关键词: 污水处理厂;细格栅;曝气沉砂池

中图分类号: X52

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)10-0166-04

Design Optimization and Engineering Practice of Fine Screens and Aerated Grit Chamber in Wastewater Treatment Plant in New District of Zhengzhou

SHI Zuhui, GUO Xiaochun

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: Aiming at the problems of low filtration efficiency in fine screens, high failure rates of sand pumps in the aerated grit chamber, and poor grit-water separation existing in the Zhengzhou New District Wastewater Treatment Plant Phase I Project, taking the Phase II Project as the research object, the targeted design optimizations are implemented. The optimized contents include (1) replacing the drum-type fine screens with inward-flow panel fine screens to enhance the retention capacity of fibrous debris; (2) installing the overflow bypass channels to deal with the risk of high-pressure flushing water supply interruption; (3) adopting the dry-type sand pumps to reduce the mechanical wear, optimizing the hydraulic retention time of the grit separation chamber to 5.5 minutes, and deploying the variable-frequency screw conveyors to improve the grit separation efficiency. The results show that the average annual output of screen residue from the fine screens of the Phase II Project reaches $0.219 \text{ m}^3/10^4 \text{ m}^3$ of sewage, which is 2.5 times higher than that of the Phase I Project, and the problem of scum in the biological reaction tank has been basically eliminated. The maintenance frequency of sand pumps has been reduced from once a month to once every three months. The efficiency of sand particle separation has been increased by 57%. The optimization measures have significantly enhanced the operational stability and treatment efficiency of the pretreatment units

Keywords: wastewater treatment plant (WWTP); fine screen; aerated grit chamber

0 引言

污水预处理是为城镇污水的后续处理做好准备,它是城镇污水处理厂的第 1 道处理环节,主要是通过物理处理的方法,降低或去除污水中不利于后

续处理的物质(大块固体、漂浮物、毛发、砂粒、油脂、浮渣等),以保证后续污水处理工艺流程和机械设备的正常运行。预处理系统作为污水处理工艺流程的初始屏障,其效能直接决定了后续工艺段的处理效果。本文对郑州新区污水处理厂一期预处理单元存在的问题进行了梳理,并介绍了二期工程设计时对预处理单元的设计优化措施,总结了一、二期预处理单元运行效果,以期为相关工程提供参考。

收稿日期: 2025-03-17

作者简介: 施祖辉(1982—),男,硕士,高级工程师,从事给排水设计工作。

1 工程概况

郑州新区污水处理厂一期工程已完成 $65\text{万 m}^3/\text{d}$ 污水处理能力建设,其中配套建设 $1\,000\text{ t/d}$ (含水率80%计)的污泥厌氧消化设施,并且利用消化产生沼气作为能源进行 300 t/d (含水率80%计)污泥干化^[1];一期工程于2015年建成通水,出水水质指标优于国标一级A标准。二期工程新增 $35\text{万 m}^3/\text{d}$ 污水处理能力,出水主要水质指标执行地表水Ⅲ类水体;一期 $65\text{万 m}^3/\text{d}$ 出水主要水质指标也按照地表水Ⅲ类水体进行提标。根据全市污泥处理处置规划,二期工程配套建设污泥干化焚烧 $1\,000\text{ t/d}$ (含水率80%计)^[2]。二期工程于2023年建成通水,实际出水水质优于设计标准,且运行稳定。

2 一期细格栅及曝气沉砂池存在问题

2.1 细格栅

一期细格栅采用12台转鼓式细格栅,栅条间隙 6 mm 。常用的细格栅通常分为栅条型、网孔板型和方格型这3类,一期鼓式细格栅属于栅条型。栅条型细格栅的栅条缝隙长度通常远大于栅条缝隙宽度(栅条间隙),属于单维栅网结构^[3],实际运行中细长扁平杂物易穿透,格栅过滤效率低。穿透的栅渣易在生物反应池水面集聚并形成大块浮渣,需要定期进行人工清捞,增大了操作人员工作量。若不及时清理,生物反应池表面浮渣会板结。一期生物反应池液面浮渣现场情况见图1。



图1 一期生物反应池液面浮渣

2.2 曝气沉砂池

2.2.1 吸砂泵故障检修不便

曝气沉砂池共设移动桥式吸砂机4套,每套配置2台流量 $Q=30\text{ m}^3/\text{h}$,扬程 $H=4.0\text{ m}$,功率 $N=1.5\text{ kW}$ 的潜水离心吸砂泵;另有4台吸砂泵库备。由于沉砂池底部砂含量高、污水腐蚀性强,导致吸砂泵叶轮易磨损,吸砂泵需定期检修更换。取泵前需先将池顶

密封橡胶条拆除,检修不便。

潜水离心吸砂泵安装示意图见图2。

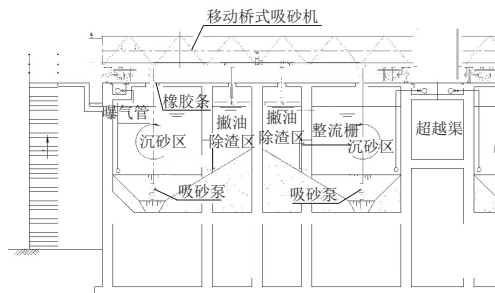


图2 潜水离心吸砂泵安装示意图

2.2.2 砂水分离器分砂效率低

曝气沉砂池配置3套成品砂水分离器,每套处理能力 $Q=100\text{ m}^3/\text{h}$, $N=0.75\text{ kW}$ 。分离器水力停留时间约为 2.5 min ,停留时间不足,部分细砂随着砂水分离器排水回流至放空管道,分砂效果不理想,造成细砂循环累积。分砂器设计之初为降低维护工作量,采用了无轴螺旋输送的设计思路,无水中轴承;但实际运行过程无轴螺旋易发生断轴事故,反而增大了设备维护工作量。

3 二期细格栅及曝气沉砂池设计优化

二期工程在设计期间积极与运行单位对接,听取运行部门反馈的宝贵建议,针对一期工程运行中发现的问题进行了充分的调研,并在二期工程施工图设计时进行了优化。

3.1 细格栅设计优化

3.1.1 设备选型

根据一期工程运行反馈的情况,二期工程在设计时针对细格栅的选型进行了调研比选。

(1)转鼓式细格栅。该格栅的工作原理为:污水进入格栅圆形滤鼓后,滤后水由滤鼓筛孔流出,栅渣被截留至转鼓内侧,随转鼓转动带至上部;转鼓外侧上部设有中压清洗装置,可将转鼓内截留的栅渣冲入中央螺旋输送机内,栅渣在输送过程中被压榨脱水后排出。转鼓外侧上部另设有高压冲洗装置,可在清洗电机和转动螺杆带动下沿转鼓轴向运行。定期对滤鼓进行高压冲洗。该格栅的优点为:设备集成度高,集栅渣打捞、输送、压榨功能为一体。缺点为:由于采用的是单维栅网结构,实际运行中细长扁平杂物易穿透,格栅过滤效率低;需要设置除臭罩,操作环境一般;渠深有限,设备占地面积较大。

(2)内进流网板细格栅。该格栅的工作原理为:污水由格栅中部开口进入,由内向外通过两侧孔板

(或网板),杂质被截留在格栅内侧后,污水向外侧流出。孔板(或网板)通过旋转将截留在格栅内侧的杂质提升至顶部,通过顶部设置的高压冲洗水将栅渣冲洗落入溜槽中排至高水力负荷栅渣压榨机。该格栅的优点为:污物截流性能稳定,由内向外的水流方式和孔状过滤结构对纤维和毛发等物的截流效果好,整体截污效率不小于85%;无水下转动链轮,运行可靠;渠道较深,占地面积小;格栅为全封闭式,工作环境好,车间及设备易于除臭。缺点为:为保证设备稳定运行,需要可靠的高压冲洗水;排渣含水率高,需要配套高水力负荷栅渣压榨机^[4]。

经综合比选后,二期工程采用了内进流网板格栅。

3.1.2 水力负荷配置

二期工程细格栅土建规模按照远期一次建成(远期规模55万 m^3/d),设备按照近期35万 m^3/d 进行安装,高峰系数 $K=1.5$,高峰流量达21 875 m^3/h ,近期设置8台内进流网板细格栅(栅隙 $b=5\text{ mm}$)。

细格栅选型要点:设备最大过流能力需按照高峰流量进行配置,鉴于内进流网板格栅正常运行时对冲洗水需求较高,在冲洗水供应出问题以及格栅发生故障检修时,要把不利影响降至最低,需设置备用格栅。本工程近期设置2台备用格栅,6用2备,单台设备最大过流能力为3 646 m^3/h 。预留远期4台细格栅设备机位。

细格栅平面布置图见图3。

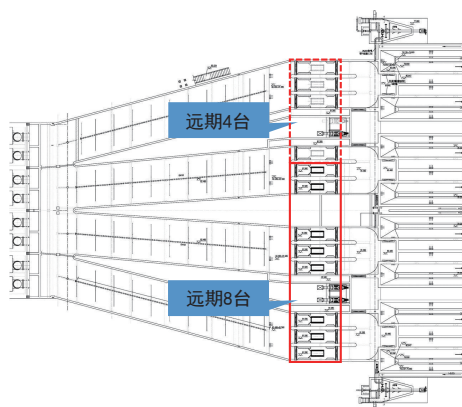


图3 细格栅平面布置图

3.1.3 应急保障设计

内进流网板格栅正常运行对高压冲洗水系统依赖度高,冲洗水水源通常为厂区再生水,当再生水断供或者高压冲洗水泵故障时内进流网板细格栅过流能力会急剧下降。若运行人员无法在短时间内恢复细格栅过流能力,就会造成污水冒溢。为防止此类

情况发生,需为细格栅设置溢流超越渠。

郑州新区污水处理厂二期细格栅溢流超越渠平面图见图4。

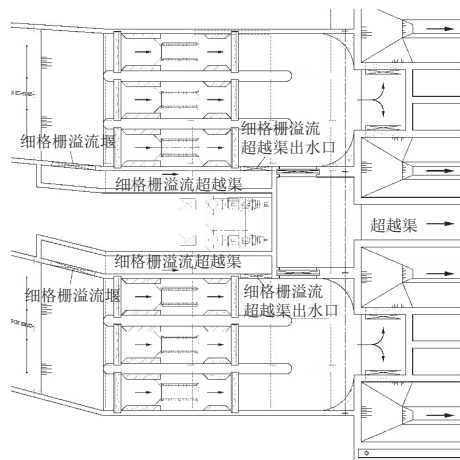


图4 细格栅溢流超越渠平面图

3.2 曝气沉砂池设计优化

3.2.1 桥式吸砂机设备优化

二期工程桥式吸砂机选型时,将吸砂泵设置在桁车上,采用 $Q=30\text{ m}^3/\text{h}$, $H=4.0\text{ m}$, $N=1.5\text{ kW}$ 的转子吸砂泵。由此可使吸砂泵工作环境大大改善,设备故障率降低;设备检修时无需拆除池顶密封橡胶条。

干式吸砂泵安装示意图见图5。

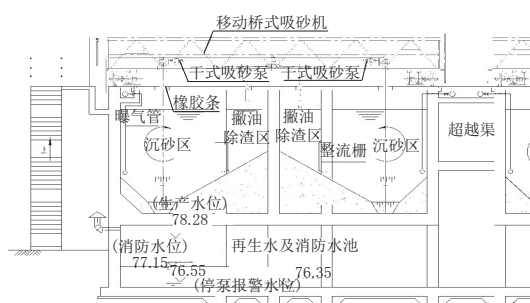


图5 干式吸砂泵安装示意图

3.2.2 分砂系统设计优化

二期工程曝气沉砂池设置2套分砂池,分砂池采用钢筋混凝土池体现场浇筑,设计水力停留时间5.5 min。分砂池采用有轴螺旋配套变频电机,若螺旋旋转过快,砂提至中途会发生砂粒倒流现象;若螺旋旋转过慢,则易造成池底积砂,而采用变频电机,就可根据现场情况实时调节螺旋转速。另外设置不锈钢导流板,对分砂池进水进行整流。

分砂池工作示意图见图6。

4 实际运行效果分析

一期细格栅年均栅渣产量为0.087 $\text{m}^3/\text{万 m}^3$ 污水;二期细格栅年均栅渣产量为0.219 $\text{m}^3/\text{万 m}^3$ 污水,

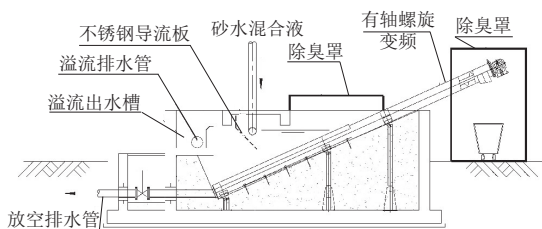


图6 分砂池工作示意图

年均栅渣产量是一期细格栅的2.5倍,且二期工程生物反应池水面未见明显浮渣。内进流网板格栅除渣效率显著高于转鼓式细格栅,郑州新区污水处理厂已计划开展一期细格栅改造工作。

一期曝气沉砂池潜水离心吸砂泵检修频率为每月1次,二期曝气沉砂池干式吸砂泵检修频率为每3个月1次,大大减少了运维人员的工作量。

一期曝气沉砂池年均产砂量 $0.07\text{ m}^3/\text{万 m}^3$ 污水;采用优化后的分砂方案后,二期曝气沉砂池年均产砂量达 $0.11\text{ m}^3/\text{万 m}^3$ 污水,是一期曝气沉砂池年均产砂量的1.57倍。

5 结 语

(1)细格栅优化成效显著。通过采用内进流网板细格栅(栅隙 5 mm),二期工程年均栅渣产量达

$0.219\text{ m}^3/\text{万 m}^3$ 污水,较一期工程($0.087\text{ m}^3/\text{万 m}^3$ 污水)提高2.5倍,彻底解决了生物反应池浮渣板结问题,验证了该设备对纤维类杂物的高效拦截能力。

(2)应急设计保障系统安全。增设溢流超越渠,有效规避了高压冲洗水断供时的污水冒溢风险,为预处理单元提供了冗余保障,体现了“防患于未然”的设计理念。

(3)曝气沉砂池可靠性提升。干式吸砂泵的应用使设备检修周期由每月1次延长至每3个月1次;砂水分离系统通过延长水力停留时间至 5.5 min 并配置变频螺旋输送机,砂粒分离效率提高57%(产砂量由 $0.07\text{ m}^3/\text{万 m}^3$ 污水增至 $0.11\text{ m}^3/\text{万 m}^3$ 污水),运行稳定性显著增强。

参考文献:

- [1] 张辰,高陆令,施祖辉.百万吨级污水处理厂设计探讨—以郑州新区污水处理厂工程为例[J].给水排水,2018,44(5):9-13.
- [2] 郭小春,施祖辉,王锡清,等.大型污水处理厂格栅及沉砂池集约化设计案例[J].给水排水,2021,47(11):27-36.
- [3] 蒋岚岚,胡邦,冯成军.MBR工艺机械性预处理系统的选择与设计[J].给水排水,2010,36(5):37-40.
- [4] 北京市市政工程设计研究总院有限公司.给水排水设计手册第5册城镇排水[M].3版.北京:中国建筑工业出版社,2017.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:roadbridgeflood@163.com

