

北方某7万 m³/d 污水厂组合式深度处理设施设计

汪启光

[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: 组合式深度处理设施是以纤维转盘滤池为核心,并集成了超细格栅、紫外消毒等处理单元的一体化处理设施。在大连某污水处理厂7万 m³/d处理规模的扩建工程中,应用该理念设计完成的深度处理车间,实现了配置合理、布局紧凑、空间优化的目标。在深度处理车间建筑布置中,充分考虑到北方地区的气候特点,为管理人员创造了安全便捷的操作条件,为各类设备提供了良好的运行环境。此外,深度处理车间利用污水源热泵提供的清洁能源进行冬季供暖,取得了良好的节能降碳效果。

关键词: 组合式深度处理设施;纤维转盘滤池;超细格栅;紫外消毒;污水处理厂

中图分类号: TU992.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)06-0341-04

Design of Combined Advanced Treatment Unit for a 70 000 m³/d WWTP in Northern China

WANG Qiguang

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

Abstract: The combined advanced treatment unit is an integrated treatment facility centered around a fiber disc filter, integrated with ultra-fine grating and ultraviolet disinfection. In the expansion project of a WWTP in Dalian with a treatment capacity of 70 000 m³/d, the advanced treatment workshop designed using this concept achieved the goals of reasonable configuration, compact layout, and space optimization. In the architectural layout of the advanced treatment workshop, the climatic characteristics of northern regions were fully considered, creating safe and convenient operating conditions for management personnel and providing a good operating environment for various equipment. In addition, winter heating for the advanced treatment workshop was achieved by utilizing clean energy from sewage source heat pumps, resulting in significant energy-saving and carbon-reduction effects.

Keywords: combined advanced treatment unit; fiber disc filter; ultra-fine grating; ultraviolet disinfection; WWTP

0 引言

纤维转盘滤池属于深度过滤技术^[1],其过滤介质一般采用纤维毛滤布^[2],也可采用聚酯丝网、不锈钢丝网^[3]。纤维转盘滤池的核心由中心轴和串联成组垂直安装的过滤转盘组成,过滤转盘数量一般为2~20个^[4],污水依靠重力或者外界压力作用进入滤池并通过滤布过滤^[5],该设施对市政污水有较好的处理效果^[6]。

周丽颖等^[7]将其与V形滤池、高效纤维束滤池进行了技术经济比较,得出其出水水质较好、水头损失少、占地最省、处理成本最低的结论。根据李雪婷^[8]等的研究,纤维转盘滤池相比传统过滤技术可

节省投资10%~50%,节省占地面积75%~88%,在国内从辽宁^[9]、吉林^[10]等东北寒冷地区到海南三亚^[11]等炎热地区,都有广泛而成功的应用案例。

纤维转盘滤池为连续过滤变水头滤池^[12],在实际运行中存在滤布堵塞导致溢流的情况^[13]。为解决这一问题,可在滤池前增设超细格栅,即栅条间距为0.2~2.0 mm不锈钢格栅^[14],通过物理拦截减少黏性物质进入滤池,有效降低滤池运行负荷并延长运行周期。

已建成的污水处理厂深度处理多采用分体式布局,各单元独立建设,存在占地面积大、基建投资高、运行管理复杂等弊端。为响应节省土地资源这一污水处理工程发展趋势^[15],考虑以纤维转盘滤池工艺为核心,通过结构优化与功能集成,整合超细格栅及后续紫外消毒,形成组合式深度处理设施。

通过对大连某污水处理厂扩建工程设计的介

收稿日期: 2025-10-31

作者简介: 汪启光(1982—),男,硕士,高级工程师,从事市政排水规划设计及研究。

绍,展示组合式深度处理设施的设计方案及实施效果,同时介绍北方地区气候特点下深度处理车间建筑及冬季供暖的实用设计方法,旨在为国内有类似需求污水处理厂的设计提供经验借鉴。

1 工程概况

1.1 污水处理厂现状概况

污水处理厂位于大连金普新区,现状处理规模为 5 万 m³/d,服务范围总面积为 38.6 km²。该厂分两期建设,其中一期规模 2.5 万 m³/d,于 2009 年建成投产;二期规模 2.5 万 m³/d,于 2018 年建成投产。该厂出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准,处理后的达标尾水排入卧龙河。

1.2 污水处理厂现状处理工艺

现状一期、二期工程生物处理采用“改良 AAO+平流二沉池”工艺,深度处理采用“高效沉淀池+快滤池+紫外消毒”的组合工艺。

现状一期、二期工程目前总体处理效果良好,出水完全满足设计出水水质要求,但深度处理采用的快滤池运维管理较为复杂,运行成本较高。

1.3 扩建目标

该污水处理厂现状日处理水量在 4.0 万~5.2 万 m³/d 之间,处理规模已经接近饱和。根据相关规划,结合该厂服务范围内污水量增长情况的预测,扩建工程处理规模采用 7 万 m³/d,建成后实现 12 万 m³/d 的总处理规模。

本工程进水水质指标在一期、二期设计进水水质基础上,根据实际进水的特点进行调整;出水水质指标执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准(见表 1)。

表 1 设计进出水水质

单位:mg/L

指标	COD _{cr}	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP
进水	≤450	≤250	≤300	≤30	≤50	≤5.0
出水	≤50	≤10	≤10	≤5(8)	≤15	≤0.5

2 总体工艺方案

2.1 生物处理工艺

本工程污水收纳范围内工业企业众多,相比常规市政污水处理厂进水碳源不足,生物脱氮难度较大,考虑选用具有延时曝气特点的池型以强化有机氮的去除^[16],尽量将脱氮控制在生物处理阶段完成^[17],选择在 AAO 工艺基础上发展而来的改良

Bardenpho 工艺。该工艺由五段组成:厌氧段、第一缺氧段、第一好氧段、第二缺氧段、第二好氧段。利用第二缺氧段为第一好氧段所产生的硝酸盐提供额外的反硝化场所,并利用第二好氧段吹脱剩余的氮气,因而相比 AAO 工艺具有更强的脱氮能力。

在二沉池的池型选择上,平流式在节约用地方面相比辐流式优势明显,便于与污泥泵房进行合建布置。考虑到一期、二期工程采用平流式二沉池,运行效果稳定良好,本工程也采用相同池型,方便运维单位统一管理。

2.2 深度处理工艺

深度处理主要解决的对象为二沉池出水中的悬浮物、有机物及磷,结合现状深度处理工艺,拟采用“混凝沉淀+过滤+消毒”组合工艺。

(1) 混凝沉淀

高效沉淀池具有水力负荷高、占地面积小、污染物去除率高等优点,在国内外大中型污水处理厂中被广泛使用,工艺成熟且运行效果稳定。因此本工程混凝沉淀单元拟选用高效沉淀池工艺。

(2) 过滤

在各种过滤工艺中,从投资、占地和出水稳定等角度考虑,纤维转盘滤池与其他类型的滤池相比具备优势。

考虑到前端的高效沉淀池在夏季可能会出现藻类增生的问题,且在出水槽及沉淀池斜板清洗过程中也会有一定量的黏性物质进入后续滤池,因此在纤维转盘滤池前配套设置超细格栅,通过物理拦截减少黏性物质进入滤池,有效降低滤池运行负荷并延长运行周期。因此本工程过滤单元选择超细格栅+纤维转盘滤池工艺的组合。

(3) 消毒

在众多消毒工艺中,紫外线消毒工艺因其设备简单、占地面积小等优点,在污水处理厂消毒工艺中得到广泛应用。考虑到一期、二期工程采用紫外线消毒工艺,运行效果稳定良好,本工程消毒工艺同样采用紫外线消毒工艺。

本工程工艺流程图如下(见图 1)。

3 深度处理车间设计

3.1 处理构筑物总体设计

本工程将超细格栅渠、纤维转盘滤池、紫外消毒渠等处理单元集约化设计,并进行空间整合^[18]。其中,功能相连单元共壁是实现集约布置的关键^[19],将

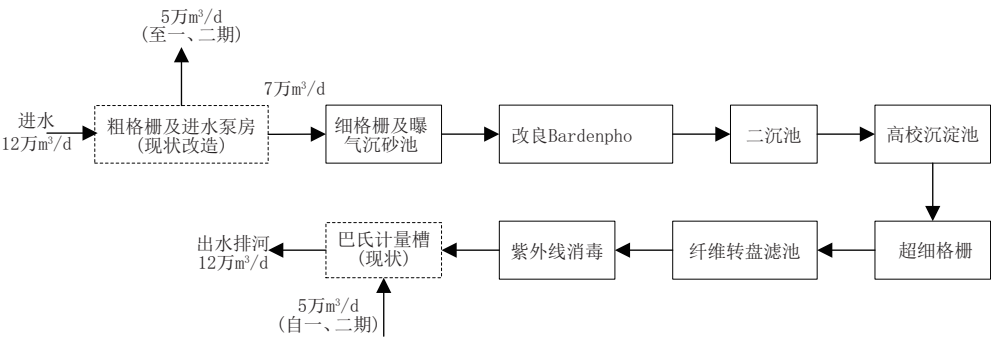


图 1 工艺流程图

对超细格栅渠、纤维转盘滤池、紫外消毒渠尺寸进行优化调整,统一各单元长度,并按流程顺序并列布置。

进水先通过进水渠进入超细格栅渠,而后经连通渠依次进入纤维转盘滤池、紫外消毒渠,消毒出水经出水渠排出。通过单元间渠道的流畅衔接,可降低水头损失以节约能耗。进水渠一侧设置超越闸门,可根据运维中的需要对超细格栅、纤维转盘滤池进行临时超越。

处理构筑物总体尺寸长 29.0 m,宽 13.4 m,高 5.1 m,占地面积 388.6 m²。

3.2 处理构筑物工艺设计

3.2.1 超细格栅渠

超细格栅渠长 9.1 m,深 2.2 m,分为 2 组渠道,每组宽度 1.9 m,单组处理能力 1 900 m³/h。每组渠道内设内进流网板式格栅一套,采用垂直安装型式,栅孔直径为 1 mm,截污网板采用 UHMWPE(超高分子量聚乙烯)材料。格栅由 PLC 自动控制,可按格栅前后水位差运行或按时间定时运行,2 台格栅交替冲洗。

配套设备由冲洗水箱、中压冲洗泵、高压冲洗泵、压榨机等组成,实现格栅的自动冲洗和排渣。设 2 台中压冲洗泵,1 用 1 备,单台泵流量 32 m³/h,扬程 80 m,设 2 台高压冲洗泵,1 用 1 备,单台泵流量 2 m³/h,压力 10 MPa,设 2 台高排水型螺旋压榨机,单台处理能力 5 m³/h。

中压冲洗系统通过栅前栅后液位差进行控制,高压冲洗系统采用定时和手动控制^[20]。

3.2.2 纤维转盘滤池

纤维转盘滤池长 9.1 m,深 5.2 m,分为并联运行的 2 组,每组宽度 4 m,单组处理能力 3.5 万 m³/d。每组滤池内设 16 片滤盘,共 32 片,滤盘直径 3 m,总有效过滤面积 320 m²,滤速(峰值流量)11.85 m³/(h·m²)。

配套设备由反冲洗水泵、进水闸门及配水堰板组成。每组滤池设 3 台反冲洗水泵,共 6 台,单台泵

流量 50 m³/h,扬程 7 m。反冲洗水泵设于两组滤池间的机器间内,用于滤池反冲洗及底部排泥。

3.2.3 紫外消毒渠

紫外消毒渠长 9.1 m,深 1.8 m,分为 2 组渠道,每组宽度 2.2 m,单组处理能力 3.5 万 m³/d。另设一条超越渠,宽 1.2 m。每组渠道内设一套低压高强灯紫外消毒系统,并设置导流板、水位传感器、水位控制器等配套设备。消毒渠后的出水渠内设置回用水系统,为超细格栅冲洗水箱提供处理后的达标尾水,设 2 台回用水泵,1 用 1 备,单台泵流量 50 m³/h,扬程 15 m。

3.2.4 连通渠

以上 3 组处理单元池体长度相同,平行布置,两端设连通渠,渠宽 1.8 m。

利用纤维转盘滤池池深较大的特点,连通渠采用与滤池相同底标高,在室内地坪以下 2.8 m。在滤池机器间宽度对应的范围内,连通渠渠顶标高采用室内地坪标高,渠顶上部空间作为运维进入滤池机器间的地面便捷通道。

3.3 车间建筑布置

工程位于北方地区,将组合式深度处理设施设于深度处理车间建筑内,改善运维人员的操作条件和设备的运行环境。

深度处理车间总体尺寸长 37.4 m,宽 16.7 m,室内净高 10.0 m,占地面积 624.6 m²。平面布置如图 2 所示,划分为处理区、附属设备区、安装起吊区等功能区。

3.3.1 处理区

处理区包含组合式深度处理构筑物(由超细格栅渠、纤维转盘滤池、紫外消毒渠组成)及周边检修通道,构筑物顶部设操作平台,人员通过 4 处室内楼梯上下平台,动线合理,现场操作安全、便捷。

3.3.2 附属设备区

用于设置超细格栅配套的冲洗水箱、冲洗泵、压

榨机等设备。

3.3.3 安装起吊区

建筑上部设置吊装系统,满足车间内各类设备安装及维修的起吊需要,设备吊装动线规划合理,并在平面布置上预留安装起吊区。

深度处理车间建筑梁底设工字钢,安装1台电动单梁悬挂起重机,起重量3 t,跨度11 m,起吊高度9 m(见图2)。

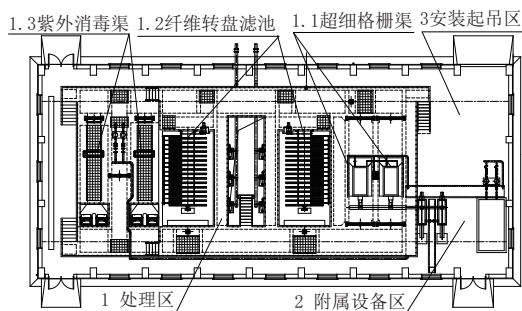


图2 深度处理车间平面布置图

3.4 清洁能源供暖

针对北方地区污水处理厂冬季建筑供暖能耗高的特点,本工程利用污水热能这一清洁能源为全厂新建建筑供暖。热源由设置在细格栅间的污水源热泵系统供应,热网设计供回水温度为45/40℃。

深度处理车间共设置立式明装风机盘管11台,单台制热量9 880 W。利用污水源热泵供暖后,车间每年冬季供暖节能达29.34万kW·h,折合标准煤36.06 t。与直接利用市政热力供暖相比,减少二氧化碳排放量约69.4 t。

4 工程建设成效

本工程于2020年6月开工建设,于2021年11月通水运行,项目总建安费为14 211.42万元,其中深度处理车间建安费1 449.63万元。建成投产后,实际进出水水质如下(见表2),运行出水水质完全满足一级A标准。

表2 扩建工程完成后实际进出水水质一览表 单位:mg/L

指标	COD _{cr}	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP
进水	111 ~	39 ~	108 ~	14.3 ~	26.8 ~	0.95 ~
	132	44	120	15.7	29.0	1.10
出水	11 ~	1.3 ~	6.7 ~	0.16 ~	8.5 ~	0.20 ~
	22	2.0	7.1	0.37	10.5	0.30

工程建成投产至今,组合式深度处理设施的各子单元衔接顺畅,日常运行过程实现无人值守,机械、电气、仪表及自控设备的运行稳定可靠。

前置超细格栅的布置方式,使纤维转盘滤池实际运行反冲洗周期达到6~8 h,远高于纤维转盘滤池

单独设置条件下常规2~3 h的反冲洗周期,同时滤布使用寿命较常规3~5年显著延长,使用至今尚无更换需要。

组合式深度处理设施内设置回用水系统,将处理达标尾水就近供应同一车间内的超细格栅冲洗用水,实际用量为400~500 m³/d,节约了大量的市政给水。

深度处理车间设置合理的人员通行动线,楼梯均设于室内,在北方雨雪天气下对保障运维人员的人身安全,改善工作环境起到了很好的效果。

深度处理车间利用污水源热泵提供的清洁能源进行冬季供暖,每年节能29.34万kW·h,减少二氧化碳排放量约69.4 t,取得了良好的节能降碳效果。

5 结 语

本次污水处理厂扩建项目中应用的组合式深度处理设施,将超细格栅渠、纤维转盘滤池、紫外消毒渠进行整合,提供了配置合理、布局紧凑、管理便捷的深度处理解决方案。该方案采用了模块式的布置形式,其他项目参考时可根据实际需要对其中的子单元进行灵活调整,如改用过滤工艺改用精密过滤器,或消毒工艺采用加氯接触消毒,可实现类似的实施效果。

参考文献:

- [1] 李星文,唐启明,张彬.纤维转盘过滤技术在城市污水深度处理中的应用[J].中国环保产业,2009(5):38-40.
- [2] 王妍春,曲颂华,袁锡强,等.纤维转盘滤池在无锡芦村污水处理厂升级改造中的应用[J].给水排水,2009(增刊2):208-210.
- [3] 夏彬.转盘滤池在污水处理厂深度处理中的应用浅析[J].智能城市,2016,2(10):234.
- [4] 刘翔,石凤林,李宝成,等.纤维转盘滤池在污水处理厂深度处理中的应用[J].企业技术开发,2012,31(16):55-56;63.
- [5] 张禹.磁混凝高效沉淀池+滤布滤池工艺在大型城镇水质净化厂中的应用[J].地下水,2024,46(6):114-115;256.
- [6] 李亚峰,任晶,杨继刚.A²O氧化沟—纤维转盘滤池工艺处理城市污水[J].工业水处理,2013,33(4):79-81.
- [7] 周丽颖,仲崇川,张玉峰,等.侧向流斜板沉淀/纤维转盘过滤用于污水厂升级改造[J].中国给水排水,2015,31(14):104-107.
- [8] 李雪婷,王妍春,黄鹏飞,等.节能低碳过滤技术对北京市再生水处理的贡献——纤维转盘滤池在吴家村污水处理厂的应用[C]//中国环境科学学会学术年会论文集(2013).北京:中国学术期刊(光盘版)电子杂志社,2013:832-835.
- [9] 张占梅,石瑞琦,任筱雨,等.“A²O+混凝沉淀+纤维转盘过滤工艺”在污水处理厂升级改造中的工程实践[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2021,40(5):116-121.
- [10] 陈淑芳,张修奎,杨松.A²O/纤维转盘滤池用于污水处理厂的设计与运行[J].中国给水排水,2018,34(12):57-60.
- [11] 刘振,鲍广洲,王松,等.AAO氧化沟/纤维转盘滤池用于污水厂