

Discussion on the Design Points of a Wastewater Treatment Relocation Project in Taiyuan City, China

Wei Sun Yuan Liu Hua Hao

North China Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Tianjin, 300074, China

Abstract

The current construction capacity of a wastewater treatment plant in Taiyuan City is $8 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{d}$. The main treatment adopts oxidation channel technology. With the continuous development of urbanization, there are many problems with the expansion of the original plant site near the secondary protection zone of the reservoir. The relocation project of the sewage treatment plant is imperative. After the relocation, the new site will have a treatment capacity of $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, and the main process will adopt the improved AAO + high-efficiency sedimentation tank + V-shaped filter technology. In conjunction with the relocation project, one external lifting pump station and a 13km pressure water transmission pipeline will be constructed simultaneously. The effluent water quality will comply with local standards in Shanxi. The paper provides a detailed overview of the sewage treatment plant project, relocation ideas, process unit introduction, main process introduction, design parameter selection, pressure water pipeline design, and waterproof hammer measures.

Keywords

wastewater treatment plant; relocation; modified AAO; stressed water pipe; water hammer protection

中国太原市某污水处理厂迁建工程设计要点概述

孙未 刘远 郝华

中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 中国 · 天津 300074

摘要

太原市某县污水处理厂原厂址建设总规模为 $8 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{d}$, 主体采用氧化沟工艺。随着城市化不断发展, 邻近水库二级保护区的原厂址扩建问题众多, 污水处理厂迁建工程势在必行, 迁建后新址处理规模 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 主体工艺采用改良 AAO+ 高效沉淀池+V 型滤池工艺, 配合迁建工程同步建设厂外提升泵站 1 座及 13km 压力输水管线, 出水水质执行山西地方标准。论文详细介绍了该污水处理厂项目概况、迁建思路、工艺单元介绍、主体工艺介绍、设计参数选型、压力输水管线设计及防水锤措施等。

关键词

污水处理厂; 迁建; 改良 AAO; 压力输水管线; 水锤防护

1 引言

近年来, 随着城市化进程不断发展, 中国太原市某县城镇化发展效应明显, 生活、农业、用水量不断增加, 县城产生污水量已逐渐接近原设计处理规模。结合中国山西省出水排放标准的进一步提高, 以及山水林田湖草生态保护修复的要旨, 太原市某县开展了污水处理厂迁建工程。以本工程为例, 对污水处理厂迁建工程设计要点进行分析探讨。

2 项目概况

该污水处理厂位于山西省太原市某县, 服务范围为县中心区域、周边部分乡镇及产业园区, 原厂址建设总规模为

$8 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{d}$, 主体工艺采用改良型氧化沟 + 深度处理工艺, 出水执行一级 A 标准, 处理后尾水全部用于农业、矿区及景观回用, 实现零排放。

本次迁建后建设规模提升为 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 日变化系数 1.2, 占地面积约 3.5 hm^2 , 除污水厂迁建外, 项目同时包含 1 座厂外污水提升泵站、1.4km 重力污水管线工程及 13km 压力污水管网工程。工程概算投资为 19755.63 万元, 概算经营成本为 2.18 元 / m^3 , 总成本为 3.21 元 / m^3 , 于 2023 年 10 月完成竣工验收。

3 迁建工程思路分析

迁建工程中, 厂址选择为重中之重, 由于县城地势较低处不具备污水处理厂新建用地条件, 且原址扩建面临用地不足、临近居住区及水库二级保护区、原址扩建工程中停产或减产对库区影响等种种问题, 本次迁建工程选择于主要用

【作者简介】孙未 (1991-), 男, 中国山东济南人, 硕士, 工程师, 从事市政给排水设计研究。

水单位附近另觅建设用地。虽然选址迁移会导致污水收集后需经提升送至污水处理厂进行处理，但迁建后厂址可远离水库二级保护敏感区，地形平坦开阔，具备远期扩建条件，且位于主要回用水单位附近，可减少回用水提升管线建设投资。原厂址位于县城中心，新厂建成后可重新规划用于城市绿化、市民娱乐、工业配套等，协同推进城市建设和生态环境保护向前发展。

4 污水进出水水质及工艺流程

本污水处理厂迁建工程出水水质执行 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》的“一级 A 标准”，其中 COD、NH₃-N、TP 三项指标执行 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》的“V 类”水体标准。设计进出水水质情况见表 1。迁建工程主体工艺采用改良 AAO 工艺+高效沉淀池+V 型滤池工艺。污水工艺流程如图 1 所示。

表 1 工程设计进出水水质

项目	COD _{Cr} /(mg/L)	BOD ₅ /(mg/L)	SS/(mg/L)	NH ₃ -N/(mg/L)	TN/(mg/L)	TP/(mg/L)	粪大肠菌群数/(个/L)
进水	480	220	180	35	55	5.0	—
出水	40	10	10	2	15	0.4	1000

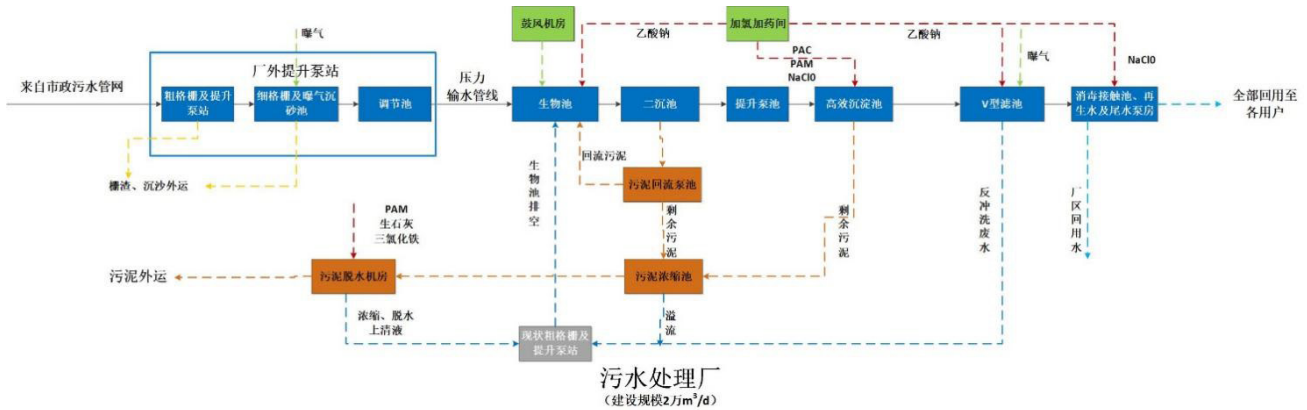


图 1 项目整体工艺流程

5 项目工艺单元介绍及主要参数

5.1 预处理工段（位于厂外提升泵站）

厂外提升泵站位于现状厂区预留用地，将原收水区域污水经预处理后送往迁建厂区。预处理主体单元包括粗格栅及提升泵房、细格栅及曝气沉砂池、调节池及送水泵房。由于厂区用地紧张，预处理采用集约式一体化建设，粗格栅及提升泵房、送水泵房与调节池贴建，细格栅及曝气沉砂池布置于调节池顶部，最大限度挖掘用地潜力。

调节池容积受变化系数影响，根据原《室外排水设计规范》，在日均污水量 20000m³/d 时综合生活污水总变化系数为 1.49，由于增设调节池，实际设计中日变化系数取值 1.2，由此产生的水量差值 20000 × (1.49-1.2) = 5800m³ 需要建设调节池进行容纳，故本次调节池设计有效容积为 6000m³。粗格栅提升泵房潜水排污泵 4 台（3 用 1 备），粗格栅采用钢丝绳粗格栅 2 套（1 用 1 备），b=20mm；细格栅采用内进流细格栅 2 套（1 用 1 备），b=5mm。曝气沉砂池 1 座 2 格，有效池长 16.4m，水力停留时间 5.6min，水平流速 0.1m/s。送水泵房设 4 台多级离心泵（3 用 1 备），单台参数 Q=333m³/h，H=155m，N=280kW，将污水通过压力管线送往新建污水处理厂。

5.2 压力输水管线

由于两厂区地势高低变化大，需将重力收集至厂外提

升泵站的污水进行提升，通过压力输水管道输送至新建污水处理厂进行后续处理。压力输水管道全长约 13km，管线投资占工程总投资比重较高，必须选用合理的管径及管材，并采取可靠的防护措施。

本次压力输水管道采用双路 DN600 球墨铸铁管，并结合地质、地形情况，在管道转弯角度较大处、地基较软处采用自锚接口，其余部分采用承插式接口。沿线每隔 1000m 左右设 1 个阀门井，每隔 1000m 左右或管道隆起处设置排气阀井，于管道低洼处及阀门间管段低处设置放空排泥井。

长距离输水系统中，水锤导致的管道压力升高需要着重考虑影响，特别是高扬程泵站系统，为了确保输水管线系统的平稳运行，需要对输水管线进行详尽的分析和水力计算，并根据计算结果选择经济可靠的水锤防护方案^[1]。针对山区地势多起伏的实际情况，通过送水泵泵后电动蝶阀、止回阀及输水管线中排气阀井的合理设置可消除水锤产生的不利影响。

为进一步提高工程可靠性，本工程采用一用一备双管道输水，在管道沿线设置压力传感装置、截断阀；在厂外提升泵站处采用双重电源供电并保留原事故池等措施，确保在事故状态下污水仍能正常输送至污水处理厂，消除事故状态时污水溢流对库区的环境风险。同时本工程管线每隔 1.0km 设置一处截断阀，且设置有传感装置，一旦发生爆管事故，

通过自控系统对爆管发生的管端阀门进行关闭,并自动切换至备用管道输水。

5.3 二级处理工段(位于迁建厂区)

污水处理厂二级处理工艺是实现碳、氮、磷同步去除的主体,本工程采用改良AAO+中进周出辐流式二沉池工艺,性能可靠。

①生物池:采用改良AAO工艺,即在传统AAO工艺厌氧池前端设置预缺氧池,预缺氧区可消耗回流液中剩余的溶解氧,使污泥进入厌氧状态,并消除回流污泥中硝态氮对后续厌氧释磷过程的负面影响,确保厌氧池的厌氧效果^[1]。生物池1座2组,可独立运行便于检修,设计规模为 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,设计泥龄22d,设计水温 10°C ,混合液浓度 4g/L ,混合液回流比300%,设计水深6.1m。生物池停留时间:22.2h。其中预缺氧区0.7h,厌氧池1.5h,缺氧池9.5h,好氧池10.5h。同时本工程在预缺氧区、厌氧区、缺氧区设置了多处原水进水点及回流污泥进泥点,可根据工艺运行情况进行多点进水进泥,优化运行工况。

②二沉池:二沉池1座2组,采用辐流型中进周出二沉池,与提升泵池、污泥回流泵池及配水井临近布置。设计表面负荷: $0.94\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;池内直径:26m;周边水深:4.0m;设备选用中心传动刮泥机。

5.4 深度处理工段(位于迁建厂区)

深度处理工段采用成熟可靠的“高效沉淀池+V型滤池”工艺。

①高效沉淀池:高效沉淀池同传统混合反应沉淀池相比,通过增加外污泥回流,提高絮凝能力的同时可减少药剂投加。本项目按1座2组进行设计,可独立运行,其中混合池2组,采用机械搅拌混合,混合时间1.97min;反应池2组,采用机械搅拌反应,反应时间14.28min;沉淀区2组,采用逆向流斜管沉淀池,设计表面负荷: $6.25\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

②V型滤池:V型滤池是引自国外的一种重力式快滤池,滤池滤速高,可实现恒水位等速过滤;空气冲洗、水反冲洗和表面扫洗叠加,提高冲洗效果的同时减少了冲洗用水量。本项目V型滤池设计1座4组,基于用地受限采用单侧布置,总过滤面积: 168m^2 ,滤池分格数:4格,单格过滤面积: 42m^2 ,设计滤速: $5.96\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,单格冲洗时其余格冲洗滤速为 $7.94\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;滤池滤料采用石英砂均质滤料,有效粒径 $0.9\text{mm} \pm 0.03\text{mm}$,不均匀系数1.2~1.4,滤料深度1.3m。滤池反冲洗方式采用气冲+气水冲+水冲方式,并结合表面扫洗。其中气冲洗周期:12~24h,气冲洗历时:2min,气冲洗强度: $15\text{L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$;气水联合冲洗历时:3.5min,联合冲洗中气冲强度: $15\text{L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$,联合冲洗中水冲强度: $3\text{L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$;表面扫洗强度: $1.6\text{L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$;同时为远期提标改造考虑,V型滤池具备改造提升反硝化功能潜能,可作为远期高排放标准下城镇污水处理厂的末端保障工艺之一^[3]。

5.5 污泥处理工段(位于迁建厂区)

①污泥浓缩池:污泥浓缩池设计1座,单池直径10m,接收来自厂区回流污泥泵池及高效沉淀池的剩余污泥及化学污泥,设计污泥干固量 4400kg DS/d ,污泥固体负荷 $56\text{kg DS}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,进泥含水率99.2%,出泥含水率98%,设置中心传动浓缩机一座。②污泥脱水机房:污泥脱水采用板框脱水方式,脱水污泥含水率 $< 40\%$ 后外运处置。污泥脱水机房设置2台 200m^2 板框压滤机,互为备用,每天工作时间不小于12h,浓缩池来泥经加药(石灰等调理剂)调理后送至板框压滤机,脱水后污泥经螺旋输送转运至污泥料仓,污泥料仓容积 30m^3 ,泥饼外运最终进行卫生填埋处理。

5.6 功能车间(位于迁建厂区)

①加氯加药间:用于为污水厂生化处理提供碳源(无水乙酸钠),为化学除磷提供混凝剂和絮凝剂(PAC、PAM),及为消毒提供消毒药剂(NaClO),全部采用液体投加方式,同时为PAC、碳源配备固体投加系统,应对运输困难时期的运行风险。②鼓风机房:用于向生物池提供微生物生长所需的氧气,可根据生物池溶解氧浓度变化,通过控制系统调节频率和开启台数来调节风量,以适应需氧量的变化。本次工程共设置3台磁悬浮鼓风机,2用1备,单台风量 $40\text{Nm}^3/\text{min}$,风压 70kPa ,功率 75kW 。

5.7 除臭处理

除臭工艺选择方面,目前市面上应用较为广泛的除臭工艺有:化学法、离子除臭、生物除臭以及全过程除臭工艺。四种方法均为国内污水处理常用的除臭方式,其中离子除臭设备组成简单、灵活调整运行方式、现场安装管理工作量小等优点,较适用于单独分散的臭源产生点;生物除臭效果良好,具有较高的去除效率和适应范围,维护成本较低。本工程设置两套除臭系统,分别针对预处理及调节池和污泥系统。预处理除臭采用离子除臭系统,设计除臭风量 $15000\text{m}^3/\text{h}$,污泥区域除臭采用生物除臭系统,设计除臭风量 $24000\text{m}^3/\text{h}$ 。除臭排放标准执行GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》的二级标准。

6 结语

太原市某县污水处理厂建设总规模为 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,主体工艺采用改良AAO+高效沉淀池+V型滤池工艺。项目配套建设厂外提升泵站1座及13km DN600压力输水管线,竣工验收后已实际运行数月,出水水质满足国家标准。

参考文献

- [1] Kakuzin V B. Experience in operating the water-injection system control valves at power station boilers[J]. Thermal engineering, 2002,49(4):300-305.
- [2] 孙孝龙,蒋文举,张进,等.改良A²O工艺预缺氧池中的脱氮作用和机理[J].环境科学与技术,2009,32(12):138-141.
- [3] 唐凯峰,黄羽,赵乐军.强化组合生物脱氮工艺在污水处理厂提标扩建中的应用[J].给水排水,2019,55(6).