

阳泉市某污水处理厂扩建及提标改造工程设计要点分析

Analysis of the Design Points of a Wastewater Treatment Extension and Renovation Project in Yangquan City

孙未

Wei Sun

中国市政工程华北设计研究总院有限公司 中国·天津 300074

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

摘要: 中国阳泉市某污水处理厂一期建设规模为 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用氧化沟工艺, 主要服务于县中心城区及工业企业, 出水执行一级 A 标准。随着城市发展及出水标准提高, 需进行二期扩建及提标改造工程建设。扩建后总处理规模 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 其中一期减量运行后处理规模 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 二期扩建规模 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 工程出水水质执行山西省地方标准。针对本区域污水水质特点, 主体工艺采用改良 Bardenpho 生物处理工艺, 深度处理采用混合反应沉淀池+V 型滤池工艺。详细介绍了该污水处理厂工艺流程、工艺方案、主体工艺设计参数及设备选型情况等。

Abstract: The phase I project construction capacity of a wastewater treatment plant in Yangquan City, China is $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$. With urban development and improvement of effluent quality standards, phase II extension and renovation project needs to be done. After the extension and renovation project, the whole construction capacity is $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, including $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ for modified phase I project and $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ for phase II extension project. The effluent quality of the project shall observe local standards in Shanxi Province. The main treatment adopts modified Bardenpho biological process, and the advanced treatment adopts mixed reaction and sedimentation tank, and v-shaped filter. This paper introduces technological process, process plan, main design parameters and equipment selection.

关键词: 污水处理厂; 改扩建; 改良 Bardenpho; V 型滤池

Keywords: wastewater treatment plant; extension and renovation; modified bardenpho; V-shaped filter

DOI: 10.12346/etr.v5i5.8065

1 引言

近年来, 随着城市化进程不断发展, 中国阳泉市某县城镇及工业集聚化发展效应明显, 生活、工业用水大量增加, 对应产生污水量已逐渐接近一期工程处理规模。结合山西出水排放标准的提高, 阳泉市某县开展污水处理厂扩建及提标改造工程。以本工程为例, 对污水处理厂扩建及提标改造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阳泉市某县, 服务范围 of 县中心城区、周边部分乡镇及工业园区, 建设总规模为

$4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 其中一期减量运行后处理规模 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 二期扩建规模 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 总变化系数 1.41, 占地面积约 5.4 hm^2 , 工程概算投资为 11887.27 万元, 概算经营成本为 1.53 元/ m^3 , 总成本为 2.33 元/ m^3 , 于 2022 年 6 月完成竣工验收, 目前进水量约 $2.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

3 二期改扩建思路分析

该污水处理厂一期工程规模 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 主体工艺采用奥贝尔氧化沟+混合反应沉淀池+转盘滤池, 出水执行一级 A 标准, 由于出水标准提高, 本次提标改造中一期工程通过降低处理规模来满足提标要求。即将现状处理量减

【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。

至 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 根据总处理规模 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的测算, 二期扩建规模为 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

4 污水进、出水水质及二期工艺流程

根据《山西省水污染防治工作方案试情况考核规定》(晋水防办发〔2017〕25号)并结合国家 GB18918—2002《城镇污水厂污染物排放标准》, 确定本污水处理厂二期扩建及提标改造工程的出水水质执行 GB18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》的“一级 A 标准”, 其中化学需氧量、氨氮、总磷三项主要指标执行 GB3838—2002《地表水环境质量标准》的“V 类”水体标准。设计进、出水水质见表 1。二期主体工艺采用改良 Bardenpho, 深度处理工艺采用混合反应沉淀池+V 型滤池。污水处理工艺流程如图 1 所示。

5 二期扩建工程工艺设计关键参数

5.1 预处理工段

预处理主体工艺采用粗格栅、进水泵房、细格栅及旋流沉砂池, 该污水处理厂一期工程中, 预处理按照 $3 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 的规模设计实施完成, 经核算, 当水量到达 $4 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 时, 因水位提高及原有充满度较低, 处理能力基本满足要求扩建要求, 只需按照要求增加相应设备即可。粗格栅提升泵池原有潜水排污泵 4 台(3 用 1 备), 本次扩建调整为全部使用, 增加 1 台变频并增加 2 台冷备泵; 细格栅现状两台格栅除污机与一台内进流细格栅串联使用。经计算, 现状一台内进流格栅除污机无法满足扩建要求, 故本次改扩建废弃现有内进流格栅除污机, 并更换 2 台格栅除污机为内进流细格栅, 并配套相应水箱及冲洗水泵; 旋流沉砂池经复核可满足本次改扩建要求。

5.2 二级处理工段

污水处理厂二级处理工艺是实现碳、氮、磷同步去除的主体, 提标改造一般采取优化运行方式和参数、添加有机碳源、外加填料等措施, 强化生化池中功能微生物的活性、生长繁殖及污染物降解作用^[1]。

①生物池: 生物池采用改良 Bardenpho 工艺, 即在传统 Bardenpho 工艺厌氧池前设置预缺氧池, 有利于消除回流污泥中硝态氮对后续厌氧释磷的不利影响, 保证厌氧池的厌氧效果^[2]。生物池 1 座 2 组, 可独立运行便于检修, 设计规模为 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 设计泥龄 18d, 设计水温 12°C , 混合液浓度 4 g/L , 混合液回流比 300%, 设计水深 6.1m。生物池停留时间: 20.37h。其中预缺氧区 0.61h, 厌氧池 1.12h, 缺氧池 7.41h, 好氧池 9.03h, 后缺氧 1.26h, 后好氧 0.93h。在预缺氧区、厌氧区、缺氧区设置了原水进水点及回流污泥进泥点, 可根据工艺运行情况进行调整。

②二沉池: 二沉池 1 座 2 组, 采用中进周出辐流型二沉池, 与二期提升泵池、二期污泥回流泵池临近布置。设计表面负荷: $0.83 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$; 池内直径: 34m; 周边水深: 4.0m; 设备选用中心传动刮泥桥。

5.3 深度处理工段

二期深度处理工段采用“混合反应沉淀池+V 型滤池”工艺。

①混合反应沉淀池: 混合反应沉淀池 1 座 2 组, 可独立运行, 其中混合池 2 组, 采用机械搅拌混合, 混合时间 50s; 反应池 2 组 8 池, 采用机械搅拌反应, 反应时间 30min; 反应池按流速递减分为 4 个反应区, 其中各反应区搅拌机叶轮桨板中心处的线速度设置为: 第一反应区: $0.4 \sim 0.5 \text{ m/s}$, 第二反应区: $0.3 \sim 0.4 \text{ m/s}$; 第三反应区: $0.2 \sim 0.3 \text{ m/s}$; 第四反应区: $0.1 \sim 0.2 \text{ m/s}$; 沉淀区: 沉淀区共 1 座 2 组, 采用逆向流斜管, 设计表面负荷: $4.19 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

表 1 工程设计进、出水水质

| 项目 | COD _{Cr} / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) | BOD ₅ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) | SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) | NH ₃ -N/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) | TN/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) | TP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) | 粪大肠菌群数/ ($\text{个} \cdot \text{L}^{-1}$) |
|----|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 进水 | 420 | 170 | 320 | 30 | 45 | 6.5 | — |
| 出水 | 40 | 10 | 10 | 2 | 15 | 0.4 | 1000 |

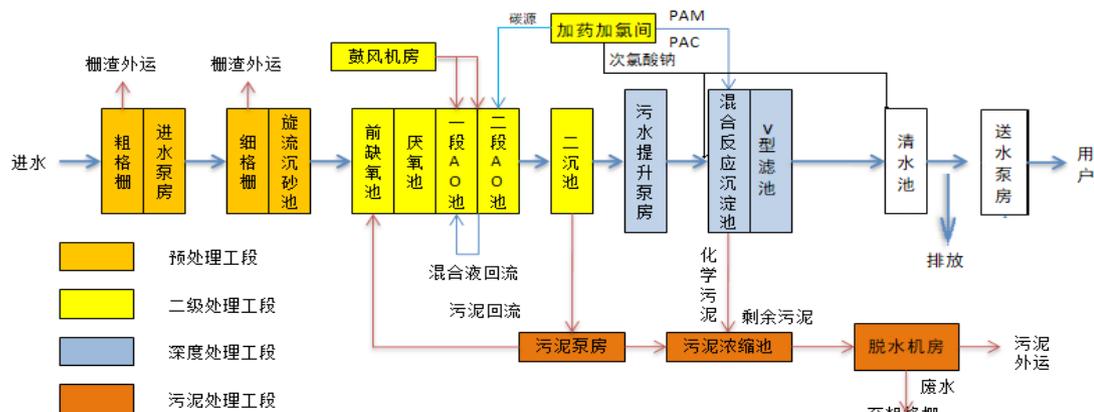


图 1 二期扩建工程工艺流程

② V型滤池: V型滤池分1座2组, 对称布置, 为4格, 总过滤面积: 294m^2 , 滤池分格数: 6格单格过滤面积: 49m^2 , 设计滤速: $6.16\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ 一格冲洗时其余格强制滤速为 $7.39\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$; 滤池滤料采用有效粒径在 0.9mm 的石英砂精致滤料, 滤料深度 1.3m 。滤池反冲洗方式: 气冲+气水冲+水冲反冲洗, 结合表面扫洗。其中气冲周期: $12\sim 24\text{h}$; 气冲洗强度: $15\text{L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ 气冲洗历时: 2min ; 气水联合冲洗气冲强度: $15\text{L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ 气水联合冲洗水冲强度: $3\text{L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ 气水联合冲洗历时: 3.5min ; 表面扫洗强度: $1.6\text{L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$; V型滤池后期可改造为具有反硝化功能的V型滤池工艺, 同时具有除磷功能, 可作为高排标准下城镇污水处理厂的末端保障工艺之一^[3]。

5.4 污泥处理工段

①污泥浓缩池: 污泥浓缩池设计1座, 单池直径 14m , 接收二沉池、混合反应沉淀池、一期/二期回流污泥泵池的剩余污泥及化学污泥, 设计绝干泥量 9195kg DS/d , 污泥固体负荷 $59.76\text{kg DS}/\text{m}^2\cdot\text{d}$, 进泥含水率 99.2% , 出泥含水率 98% 。

②污泥脱水机房: 一期污泥脱水机房设置2台 350kg DS/h 叠螺脱水机, 二期扩建工程中, 利用房间空地布置一 700kg DS/h 叠螺脱水机, 并于车间旁空地贴建一污泥料仓, 料仓容积 20m^3 , 可存储含水率 80% 的污泥约 0.5d 。正常工况下, 浓缩池污泥经叠螺脱水后进入污泥料仓, 后被转运至该市污泥处置中心。

5.5 功能车间

①加氯加药间: 加氯加药间主要职能为为生化处理提供碳源(无水乙酸钠), 为除磷提供混凝剂和絮凝剂($10\%\text{PAC}$ 、 $1\%\text{PAM}$), 及为消毒提供消毒剂($10\%\text{NaClO}$)。现状一期加药间加药能力不满足扩建要求, 且与新建生物池距离小于安全距离, 故本次工程拆除现状加药间, 新建一座加氯加药间, 并尽量利用原有设备。

②鼓风机房: 鼓风机房主要职能为为生化处理工段生物池好氧区提供所需氧气。一期鼓风机房现有3台风机, 本次工程对鼓风机房进行改造, 拆除现状鼓风机, 并在现有建筑物内重新布置6台风机, 分别为一二期生物池提供氧气。新布置风机采用磁悬浮鼓风机, 二期风机2用1备, 单台风量 $50\text{Nm}^3/\text{min}$, 风压 80kPa , 功率 75kW 。

5.6 除臭处理

该污水处理厂原设计有除臭装置, 但未实施, 本工程重新对除臭进行设计, 主要除臭位置为预处理部分及污泥脱水机房。设计恶臭排放标准执行 GB18918—2002 《城镇污水处理厂污染物排放标准》二级标准。除臭工艺选择方面, 目前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。四种方法为国内污水处理厂常用的除臭方法, 其中离子除臭法设备简单、占地小、运行灵活、现场安装及管理方便等优点, 特别适用于单独分散的臭源处理, 成本相对较低。根据厂界处的废气排放标准, 结合厂区周围状况确定对粗格栅进水泵房、细格栅、污泥脱水机房等位于厂区周边且易产生较大臭味的工段, 进行封闭, 单独采用有组织的离子除臭。

6 运行效果

根据目前水厂运行进、出水水质检测数据, 近日进水 COD_{Cr} 为 $230\sim 280\text{mg/L}$, BOD_5 为 $77\sim 90\text{mg/L}$, SS 为 $140\sim 170\text{mg/L}$, 氨氮为 $24.7\sim 32\text{mg/L}$, TN 为 $38.1\sim 45\text{mg/L}$, TP 为 $3.27\sim 4.43\text{mg/L}$; 出水 COD_{Cr} 为 $12\sim 30\text{mg/L}$, BOD_5 为 $0.9\sim 2.3\text{mg/L}$, SS 为 $3\sim 6\text{mg/L}$, 氨氮为 $0.02\sim 0.08\text{mg/L}$, TN 为 $4.2\sim 9.8\text{mg/L}$, TP 为 $0.16\sim 0.26\text{mg/L}$ 。实际进水水质同设计水质相比有所降低, 深度处理单元设计超越管线, 运行中可根据实际运行水质调整工艺流程, 出水水质均满足排放要求。

7 结语

阳泉市某县污水处理厂建设总规模为 $4\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$, 其中一期处理规模 $1.5\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$, 二期扩建规模 $2.5\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$, 一期主体工艺采用氧化沟+混合反应沉淀池+转盘滤池工艺, 二期主体工艺采用改良 Bardenpho+ 混合反应沉淀池+V型滤池工艺。竣工验收后已实际运行1年, 出水水质满足排放标准。

参考文献

- [1] 常尧枫, 谢嘉玮, 谢军祥, 等. 城镇污水处理厂提标改造技术研究进展[J]. 中国给水排水, 2022, 38(6): 20-28.
- [2] 吴云生. 基于“七段式”生化组合工艺的城镇污水处理厂提标改造技术[J]. 中国给水排水, 2021, 37(18): 20-24.
- [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): 22-25.