

Analysis of Key Points in the Engineering Process of a Sewage Treatment Plant in Shandong Province, China

Yeji Li

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

Abstract

The construction of sewage treatment plants is an important part of environmental protection, which can effectively treat harmful substances in sewage and prevent further pollution to the natural environment. In order to ensure the stable and standard effluent quality of sewage treatment plants, the selection of process flow is crucial. The process flow needs to meet the requirements of mature technology, strong impact load resistance, small footprint, investment savings, and simple operation and management. The determination of the sewage treatment process flow needs to consider multiple factors, such as the water quality of the sewage plant's inlet and outlet, the amount of sewage, the nature of the sewage, the geographical location of the sewage plant's location, and the available land area. This paper provides a specific analysis of the process flow of a sewage treatment plant in Shandong Province, and summarizes the actual operation situation for reference by industry insiders.

Keywords

water supply and drainage; sewage treatment plant; sewage process flow; deep processing technology; magnetic flocculation high-efficiency sedimentation tank

中国山东省某污水处理厂工程工艺流程要点解析

李叶佳

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

污水处理厂的建设是环境保护的重要一环,能有效处理污水中有害物质,防止其对自然环境造成进一步污染。为了确保污水处理厂出水水质稳定达标,工艺流程的选择至关重要。工艺流程需要达到技术成熟、抗冲击负荷能力强、占地面积少、节省投资、运行管理简单等要求。污水处理工艺流程的确定需考虑多方面原因,如污水厂进水和出水水质、污水水量、污水性质、污水厂所在地的地理位置及可占地面积。论文对山东省某污水处理厂工艺流程进行了具体解析,并总结了实际运营情况,以供业内人士参考。

关键词

给排水; 污水处理厂; 污水工艺流程; 深度处理工艺; 磁絮凝高效沉淀池

1 引言

本工程为新建一座市政污水处理厂,该项目是适应当地经济和社会发展客观形势的需要。其中,污水处理厂工艺方案的选择至关重要,既要强调技术成熟、处理效果的稳定性、抗冲击负荷能力强,确保污水处理、污泥处理和臭气处理的稳定达标,又要体现时代要求和创新,把“节能、低碳”作为工艺方案选择的一个重要标准,充分贯彻节能低碳设计的时代要求。

2 项目背景

本工程建设地点隶属于中国山东省,位于山东、河北

两省交界处,建设地规划常住人口规模为10万人,城镇污水总量为2.06万 $\text{m}^3/\text{日}$ 。规划一处污水处理厂,位于北部,远期污水处理能力达到2.0万 $\text{m}^3/\text{日}$ 。本项目的建设是落实总体规划、排水专项规划、控制性详细规划的要求。因此,项目建设是十分必要的。

新建市政污水处理厂,包括污水处理建、构筑物、综合楼、厂区道路等,以及尾水排放至长顺渠的管道。

工程规模:土建工程按远期2万吨/日建设,设备安装按近期1万吨/日建设。

主要处理工艺路线包括:①污水处理:预处理+A/A/O生化工艺+深度处理+消毒;②污泥处理:重力浓缩+离心脱水工艺;③除臭工艺:生物除臭。

本工程建设地地势平坦开阔,起伏不大。结合工艺流程、建筑物、构筑物的外形尺寸,并综合考虑厂内外交通等因素,对整个厂区进行总体布局。具体的布置方式是预处理区布置

【作者简介】李叶佳(1991-),女,中国天津人,本科,工程师,从事给水处理、污水处理设计研究。

在厂区西北侧，污泥处理区布置在厂区东北部，水处理区布置在厂区中部，深度处理区布置在厂区西南侧，辅助生产区布置在厂区东侧，厂前区布置在厂区西南侧^[1]。

3 设计进出水水质及工艺流程

本工程设计规模确定为 2.0 万 m³/d，土建一次建成，设备按 1 万 m³/d 配置。

污水处理厂进水水质应考虑各种综合因素、并结合当地现状污水处理站实际进水确定。本工程出水排入长顺渠。根据当地水利局发布的水功能区划，长顺渠主要功能为农灌渠，V 类水体。为改善地表水环境质量和生态环境质量，兼顾工程的投资以及运行费用，本项目出水水质达到 GB18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》中的一级 A 标准以及 GB3838—2002《中华人民共和国地表水环境质量标准》V 类水水质标准。污水处理厂出水拟排入长顺渠。进出水水质指标如表 1 所示。

表 1 进出水水质指标

序号	项目	进水水质	出水水质
1	COD _{Cr} (mg/L)	400	40
2	BOD ₅ (mg/L)	200	10
3	SS (mg/L)	300	10
4	总氮 (mg/L)	50	15
5	氨氮 (mg/L)	40	2
6	总磷 (以 P 计 mg/L)	5	0.2

通过对污水处理厂设计进、出水水质分析，NH₃-N、TN、TP 和 SS 是本次提标改造关注的重点。

污水处理工艺方案：污水处理工艺采用 A/A/O 生化工艺+深度处理工艺。包括预处理、生化处理、深度处理、消毒、尾水排放等部分。主要流程如下：

①污水预处理工艺包括格栅、沉砂池。

②进水检测和计量：在细格栅设置进水检测间，在沉砂池出口管道上设置流量计。

③污水生化处理采用 A/A/O 工艺，生化池由厌氧池、缺氧池、好氧池、后段缺氧池（兼氧）、后段好氧池组成。生化池出水进入二沉池。二沉池产水进入深度处理工段。

④污水深度处理包括磁絮凝高效沉淀池、精密过滤、接触消毒，消毒后出水提升排放^[2]。

4 污水厂工艺流程设计参数

污水处理厂处理单元由污水处理系统、污泥处理系统和除臭系统构成。其中：污水处理系统由预处理单元、生化处理单元及深度处理单元组成。

4.1 预处理区（包括粗格栅、细格栅、旋流沉砂池）

粗格栅及进水泵站：粗格栅 1 座 2 渠，使用回转式粗格栅除污机，格栅前后设置闸门以便检修，栅渣通过螺旋输送机、栅渣压实机排入栅渣箱。进水泵池 1 座，使用潜污泵，

主要用来提升污水以满足后续污水处理流程及竖向的衔接要求，采用地下钢筋混凝土矩形集水池，与粗格栅间合建，污水经粗格栅后，由水泵提升进入细格栅站。

细格栅和旋流沉砂池：细格栅 1 座 2 渠，使用阶梯孔板式细格栅。旋流沉砂池 1 座（分为 2 格），用于去除污水中比重较大、粒径大于 0.2mm 的无机砂粒，以减轻后续处理构筑物和设备的磨损、堵塞，保证后续流程正常运行。沉砂通过气提至洗砂机，洗砂机可以接受并清洗由沉砂池泵吸过来的含有有机污染物的砂粒。本池形由于完全利用水力和机械形成旋流，无曝气设施，故能保证进入后续处理的污水处于厌氧或缺氧状态。

4.2 生化处理区（包括生化池、鼓风机房、二沉池）

生化池和污泥泵池：生化池去除污水中可生化降解的大部分污染物，是污水处理厂的核心处理构筑物。生化组合池主要由厌氧区、缺氧区、好氧区、二段缺氧区、二段好氧区组成，其主要功能是去除污水中的有机污染物及氮、磷等污染物。数量为 2 座的矩形钢筋混凝土池，悬浮污泥 4.0g/L，硝化泥龄 11d，反硝化泥龄 6d，总泥龄 17d，总池容 16560m³，有效水深 6.50m，曝气量 50Nm³/min，气水比 7.1，剩余污泥量 2130kgDS/d。

鼓风机房：鼓风机房与变电站合建，鼓风机房内设置曝气鼓风机。曝气鼓风机主要作用是生物池提供氧气，设置曝气风量为 25m³/h 的离心鼓风机（全部变频），近期 3 台（2 用 1 备），远期增加 1 台。

二沉池：二沉池将曝气后的混合液进行固液分离后，澄清水进入再生水提升泵池。沉淀池采用钢筋混凝土中进周出辐流式沉淀池，数量为 2 座的圆形钢筋混凝土池，池内径为 30m，沉淀时间为 4.0hr，周边水深为 4.0m，内置设备周边传动刮泥桥。

4.3 深度处理区（包括磁絮凝高效沉淀池、精密过滤器、综合加药间）

本工程深度处理间由进水井、过流井、混合池、磁介质混合池、絮凝反应池、高效沉淀池、污泥泵、精密过滤器、PAM 制备等组成。

4.3.1 高效沉淀池

与传统的水处理技术（混凝、絮凝和沉淀）原理很相似，都使用混凝剂脱稳，高分子絮凝剂聚集悬浮物，斜板（管）沉淀去除悬浮物。污水在高效沉淀池前部的混凝池中进行混凝反应，混凝剂同污水中的磷和 SS 反应形成沉淀物在沉淀池中去除。

①混合池（PAC）共 2 组，停留时间 1.98min，PAC 投加量 12mg/L（以 Al₂O₃ 计）。

②磁介质混合池（磁粉）共 2 组，停留时间 1.98min。

③絮凝反应池（PAM）共 2 组，停留时间 5.37min，PAM 投加量 0.5~1.5mg/L。

④沉淀池平均流量表面水力负荷 9.86m³/m²·h，峰值

流量表面水力负荷 $15.58\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。

⑤高效沉淀池内置设备有磁分离器、污泥回流泵、排泥泵、剩余污泥泵、斜管冲洗系统、出水槽及堰板、出水叠梁闸、PAM 制备系统等。

4.3.2 精密过滤器

前水自流进入滤筒内表面，依靠重力作用，透过滤网，从滤筒外表面排出，实现滤网过滤。水中的悬浮物被截留在滤网内表面，并随着旋转滤筒进入清洗区，由清洗装置进行滤网清洗，清洗下来的滤渣由滤渣盘收集，通过排渣管排出。设备连续进水、连续出水、连续排渣，滤网连续清洗再生，清洗水采用滤后水，整个过滤过程全自动进行。进水 SS 不大于 20mg/L ，出水 SS 不大于 10mg/L ，设备数量近期 1 套，远期 2 套，过滤水头 900mm ，滤网孔径 $20\mu\text{m}$ ，滤速大于 200m/h 。

4.3.3 综合加药间（PAC、次氯酸钠、乙酸钠）

① PAC 投加量 $1.36\text{m}^3/\text{d}$ 。至高效沉淀池 11.1mg/L （以 Al_2O_3 计）， $30\sim 90\text{L/h}$ （均时 46.27L/h ）；至生物池： 2.5mg/L （以 Al_2O_3 计）， $10\sim 20\text{L/h}$ （均时 10.28L/h ）。

②乙酸钠 $0.5\sim 1.5\text{mg/L}$ ，近期平均 10kg/d ，远期平均 20kg/d ，远期最大投加量 1.25kg/h 。

③次氯酸钠消毒剂投加量 $6\sim 15\text{mg/L}$ （有效氯），采用固体次氯酸钠为原料制备成有效氯浓度 10% 的次氯酸钠溶液。投加量（按远期）有效氯 $120\sim 300\text{kg/d}$ ，药剂 $1200\sim 3000\text{L/d}$ 。

4.4 尾水消毒排放（包括接触消毒渠、巴氏计量槽、出水提升泵池）

接触消毒池：通过投加次氯酸钠对过滤后出水进行消毒，保障卫生学指标达标，接触时间 30min ，容积 $\geq 390\text{m}^3/\text{格}$ ，共 2 格，矩形钢筋混凝土结构。

巴氏计量槽：通过巴氏计量槽对出水进行计量，数量 1 组，喉宽 0.45m ， $4.5\sim 630\text{L/s}$ 。

出水提升泵池：大小泵搭配，近期大泵 1 台（ $Q = 660\text{m}^3/\text{h}$ ），小泵 2 台（ $Q=330\text{m}^3/\text{h}$ ）；远期大泵 2 台，小泵 2 台，近、远期全变频。

4.5 污泥处理区（包括污泥浓缩池、污泥脱水间）

剩余污泥和化学污泥进入污泥浓缩池，浓缩至含水率 97%，然后进入污泥脱水间，离心脱水至含水率 80%，具体如下表 2 所示。

表 2 剩余污泥和化学污泥参数

参数	剩余污泥	化学污泥	合计
干污泥量： kgDS/d	2126.32	310.31	2436.62
浓缩前含水率	99.2%	99.2%	99.2%
原污泥量： m^3/d	265.79	38.79	304.58

浓缩池数量 2 座（近期设备 1 座，土建 2 座），直径 8.0m ，固体负荷 $48.5\text{kgSS}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ，干污泥量 2450kgDS/d ，含水率 97%，浓缩泥量 $82\text{m}^3/\text{d}$ ，配置离心脱水机 1 台，工作时间

12 小时，水力负荷 $7\text{m}^3/\text{h}$ 。

4.6 除臭系统（包括臭气收集和排放风道、生物除臭滤池）

预处理区域：进水渠道、格栅渠等池体和渠道，全部采用混凝土盖密封，按照单位水面积 $10\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 计算，并对液面上空间增加 2 次/h 的空间换气量收集臭气。格栅、栅渣储箱等设备加罩密封，罩内封闭空间按照 8 次/h 的空间换气量收集臭气。

污泥处理区：污泥浓缩池密封，按照单位水面积 $3\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 计算，并对液面上空间增加 2 次/h 的空间换气量收集臭气。污泥脱水机、污泥料仓等设备均为自密封设备，各自设置专用除臭风管，其中脱水污泥料仓按照有效容积 6 次/h 的空间换气量收集臭气^[3]。

5 污水厂运行总结

本工程于 2023 年 6 月联合调试完成。调试阶段各项出水指标均达到了出水标准。对投产以来的进出水水质变化情况进行统计分析，出水指标均能稳定达到预期出水标准。本工程运行时的总结如下：

污水处理厂运行时，进水水质、水量不是一成不变的，而是根据居民生活、季节等因素变化。本项目设计建设规模为 $2\text{万 m}^3/\text{d}$ ，污水处理厂近期规模为 $1\text{万 m}^3/\text{d}$ ，污水处理厂近期变化系数较大。污水处理厂的运行，可以根据进水水质和水量变化调整运行模式。

针对进水水质的变化，设置进、出水检测仪表间，在污水进入下游处理构筑物以及出水前进行检测，根据进、出水水质对后续处理设施进行调整。调整措施包括：根据进水 COD、TN 调整碳源投加量；根据进、出水 TP 调整高效沉淀池加药量；根据进、出水 COD 调整生物池曝气量；设置合理的超越手段，当进水水质较好时，可以对部分构筑物进行超越。

6 结语

根据本工程实际情况近期水量较少，针对进水水量，污水厂实施了分期建设方案，一期将土建部分全部建设完成并安装近期所需设备，远期再进行远期的设备安装，节省投资、运营成本。

本工程工艺方案的选择着重强调技术成熟、处理效果的稳定性、抗冲击负荷能力强，要确保污水处理、污泥处理和臭气处理的稳定达标，处理工艺基建投资省和运行费用低、管理简单、污泥量少，以尽可能少的投入取得尽可能大的效益。

参考文献

- [1] 郑兴灿,尚巍,孙永利,等.城镇污水处理厂一级A稳定达标的工艺流程分析与建议[J].给水排水,2009,35(5):24-28.
- [2] 林达,程平平,赵询霞.某经济开发区污水处理厂工程设计[J].工业用水与废水,2022,53(5):75-78.
- [3] 梁柱,李洋,陈振振,等.某城镇污水处理厂工程设计实例[J].工业用水与废水,2022,53(6):80-83.