

# 某污水处理厂工程设计与应用

许 誌<sup>1</sup>, 张林义<sup>1</sup>, 梁 海<sup>1</sup>, 许光远<sup>1, 2</sup>

(1. 合肥市市政设计研究总院有限公司, 安徽 合肥 230041;

2. 上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司, 上海 200125)

**摘 要** 2016 年安徽省出台《巢湖流域城镇污水处理厂和工业行业主要水污染物排放限值》(DB34/2710—2016)对进入城镇污水收集系统的污水进行净化处理的污水处理厂出水限值提出更高的要求。巢湖流域某乡镇污水处理厂采用“A2/O+高效沉淀+活性砂滤池”处理工艺,进水主要指标 COD<sub>Cr</sub> ≤ 280 mg/L, NH<sub>3</sub>-N ≤ 30 mg/L, TN ≤ 40 mg/L, TP ≤ 4 mg/L 的条件下,出水水质满足《巢湖流域城镇污水处理厂和工业行业主要水污染物排放限值》(DB34/2710—2016)要求。

**关键词** 巢湖流域; 高效沉淀池; 活性砂滤池; 组合式 A2/O 工艺; 污水处理

中图分类号: X7

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)06-0091-03

2017 年合肥市对巢湖流域内的 4 座城市污水处理厂已实施升级改造<sup>[1]</sup>,出水满足 DB34/2710-2016 排放要求;陈孔明等<sup>[2]</sup>对合肥市某城区污水处理厂通过增加二次提升泵房、混凝反应池、活性砂滤池、接触消毒池等构筑物建设及管理优化,解东等<sup>[3]</sup>采用“A2/O+D 型滤池+生态处理”工艺,均实现出水满足 DB34/2710-2016 排放要求。本文采用“A2/O+高效沉淀+活性砂滤池”处理工艺设计,使出水满足 DB34/2710—2016 排放要求,介绍巢湖流域某镇污水处理厂的水质标准、规模及主要构(建)筑物的主要设计参数,总结设计特点与经验,为类似项目设计提供参考。

## 1 设计规模及进出水水质

### 1.1 设计规模

结合该镇建设现状及有关规划,综合考虑近、远期建设,该镇污水厂近期工程设计规模为 1 500 m<sup>3</sup>/d,远期工程设计总规模 3 000 m<sup>3</sup>/d。

### 1.2 设计进出水水质

设计进水浓度参照合肥当地城镇污水处理厂实际运营参数并适当考虑余量取值。

根据《巢湖流域城镇污水处理厂和工业行业主要水污染物排放限值》(DB34/2710—2016)要求,该镇污水处理厂接纳污水中工业废水量 < 50% 的城镇污水处理厂,属于城镇污水处理厂 I,污水处理厂的出水水质及处理程度见表 1。

## 2 污水处理工艺

本项目主要为集镇生活污水,具有较好的可生化性,可采用以生化处理为主体工艺的污水处理工艺。而生化处理工艺中 A2/O 工艺较为常见,且较适合水质、水量变化较大的小型城镇污水处理厂。该污水处理厂采用“A2/O+高效沉淀+活性砂滤池”处理工艺,最终出水采用次氯酸钠消毒工艺,污泥采用叠螺式污泥脱水机脱水至含水率 80% 后由县域运营单位统一外运处理,污水厂产生的臭气采用生物除臭工艺处理达标排放。

乡镇生活污水通过粗格栅及细格栅去除较大悬浮物,为保证后续处理设备的正常运行;沉砂池主要作用是为了去除粒径 > 0.2 mm、密度 > 2.65 t/m<sup>3</sup> 的砂粒,减少设备的磨损,从而提高设备使用寿命;为避免水质、水量的波动对工艺运行带来不稳定的风险,在较小规

表 1 设计进出水水质

项目	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	SS	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP
进水水质 (mg/L)	≤ 280	≤ 140	≤ 200	≤ 30	≤ 40	≤ 4
出水水质 (mg/L)	≤ 40	≤ 10	≤ 10	≤ 2.0 (3.0)	≤ 10 (12)	≤ 0.3
去除率 (%)	≥ 85.7	≥ 92.9	≥ 95	≥ 93.3 (90)	≥ 75 (70)	≥ 92.5

(注:括号外数值为水温 > 12 °C 时的控制指标,括号内数值为水温 ≤ 12 °C 时的控制指标。)

模污水处理厂设置水量、水质的综合调节池,保证出水的稳定达标排放;组合生化池分为好氧区、厌氧区、缺氧区及沉淀池,主要通过微生物脱碳、硝化、反硝化、除磷等反应,并在沉淀池进行泥水分离,使上部混合液澄清、下部混合液浓缩,同时满足活性污泥回流,保持生化池污泥量稳定;高效沉淀池与活性砂滤池组合<sup>[4-6]</sup>,作为深度脱氮除磷,高效沉淀池提高活性砂滤池的运行稳定性,避免滤池频繁反冲洗和堵塞情况发生,活性砂滤池也解决深度脱氮问题;在清水池中投加次氯酸钠消毒,维持消毒剂与出水充分接触反应,保证出水的大肠杆菌达标排放;巴氏槽为出水计量设施。

### 3 主要构筑物及设备运行参数

近期平均设计流量取 $62.5\text{ m}^3/\text{h}$ ,总变化系数 $K_z$ 为2.0,日变化系数取1.3,最大设计流量为 $125\text{ m}^3/\text{h}$ ,最大日设计流量为 $81.25\text{ m}^3/\text{h}$ 。远期平均设计流量为 $125\text{ m}^3/\text{h}$ ,总变化系数 $K_z$ 取1.84,日变化系数取1.3,最大设计流量为 $230\text{ m}^3/\text{h}$ ,最大日设计流量为 $162.5\text{ m}^3/\text{h}$ 。

进水泵房及粗格栅、细格栅、沉砂池、调节池等预处理单元及接触消毒池按照远期流量设计,生化池及沉淀池、高效沉淀池、活性砂滤池等按照近期流量设计。

#### 3.1 粗格栅及提升泵房

粗格栅渠及提升泵房1座,为地下钢筋混凝土结构,直壁平行渠道,粗格栅渠与提升泵房合建,设计流量 $230\text{ m}^3/\text{h}$ ,平面尺寸为 $8.0\times 6.0\text{ m}$ ,栅渠深9 m,栅前水深1.5 m,提升泵房有效水深1.3 m。

主要设备为:粗格栅栅条间隙2 cm,格栅宽度0.8 m,过栅流速 $0.6\text{ m/s}$ ,功率1.1 kW,配套皮带输送机1台;潜污泵近期配备2台(1用1备,变频),远期增设1台(2用1备,变频),流量 $125\text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程14 m,功率11 kW。

#### 3.2 组合调节池

细格栅渠及沉砂渠1座,为悬挑式钢筋混凝土直壁平行渠道,与调节池合建,设计流量为 $230\text{ m}^3/\text{h}$ ,平面尺寸为 $12\times 1.0\text{ m}$ ,栅渠深0.7 m;调节池为半地下钢筋混凝土结构,近期设计流量为 $81.25\text{ m}^3/\text{h}$ ,远期设计流量为 $125\text{ m}^3/\text{h}$ ,近期停留时间8 h,远期停留时间4 h,有效工艺尺寸为 $12.0\times 10.5\times 4.5\text{ m}$ (有效水深4.0 m)。

主要设备有:格栅1台,栅条间隙5 mm,格栅宽度0.9 m,功率1.1 kW,配套螺旋输送机;潜污泵(沉砂斗反冲)1台,流量为 $30\text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程为5 m,电机功率为1.1

kW;潜污泵(提升泵)近期设置2台(1用1备,变频),远期增设1台(2用1备,变频),流量为 $81.25\text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程为5.5 m,功率为4 kW;双曲面搅拌机1台,功率为4.0 kW。

#### 3.3 组合生化池

组合生化池1座,为半地下钢筋混凝土结构,包括厌氧池、缺氧池、好氧池、平流沉淀池、储泥池及污泥泵房,设计流量为 $81.25\text{ m}^3/\text{h}$ ,设计有效尺寸为 $23.2\times 17.8\times 6.5\text{ m}$ (生化池部分有效水深6 m)其中厌氧池、缺氧池、好氧池、沉淀池及储泥池有效停留时间分别为1.5 h,5.0 h,10.3 h,2.1 h,5.6 h。生化池主要设计参数为混合液悬浮浓度(MLSS)3 500 mg/L,MLVSS/MLSS为0.60,污泥龄16 d,污泥负荷 $0.086\text{ kgBOD}_5/\text{kgMLSS}\cdot\text{d}$ ,混合液最大回流比为200%,污泥最大回流比为100%,气水比6:1,需氧量 $21\text{ kgO}_2/\text{h}$ ;沉淀池表面负荷 $0.95\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 。

主要设备有:立式搅拌机(双曲面搅拌机)3台,功率0.75 W,其中厌氧区1台,缺氧区2台;曝气盘160个,通气量 $4\text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{个})$ ,氧气利用率30%;混合液回流泵2台(1用1备,变频),流量为 $162.5\text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程为2.0 m,功率为1.5 kW;污泥回流泵2台(1用1备,变频),流量为 $81.25\text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程为10 m,功率为3.0 kW;剩余污泥泵2台(1用1备),流量为 $10\text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程为10 m,功率为1.1 kW;非金属链板式刮泥机1台,池宽4.3 m,池底长18 m。

#### 3.4 高效沉淀池

高效沉淀1套采用一体化设备,设计流量为 $81.25\text{ m}^3/\text{h}$ ,校核流量为 $125\text{ m}^3/\text{h}$ ,混凝时间2.87 min,加载时间2.82 min,絮凝时间2.76 min,沉淀池表面负荷 $13\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 。

#### 3.5 活性砂滤池

活性砂滤池3套,采用一体化设备,设计流量 $81.25\text{ m}^3/\text{h}$ ,砂床高度2 m,压缩空气压力4~5 bar,单台过滤面积 $5\text{ m}^2$ ,总过滤面积 $15\text{ m}^2$ ,洗砂废水排放 $3\sim 4\text{ m}^3/\text{h}$ /套砂过滤器,正常过滤速度 $5.42\text{ m/h}$ ,强制过滤速度 $8.13\text{ m/h}$ (1组检修时)。

#### 3.6 接触消毒池

接触消毒池1座,按远期设计,设计流量为 $162.5\text{ m}^3/\text{h}$ ,消毒接触时间30 min,平面尺寸 $7.6\times 4.85\text{ m}$ ,有效池深3.0 m。

#### 3.7 辅助用房

辅助用房1座,由鼓风机房、加药间、污泥脱水

机房合建，平面尺寸为 27.0×7.0 m。主要设备为罗茨风机近期设置 2 台（1 用 1 备，变频），远期增设 1 台（2 用 1 备，变频），风量为 8.5 m<sup>3</sup>/min，风压为 68.8 kPa，功率为 15 kW；叠螺污泥浓缩脱水一体机 1 台，处理能力为 30～60 kg/h，设计工作时间为 6～12 h，出泥含水率≤80%，功率为 2.88 kW。

### 3.8 除臭系统

生物除臭 1 座，采用一体化成套设备，设置于调节池上部，臭气处理量为 6 000 m<sup>3</sup>/h，平面尺寸 8×6 m 主要设备有：离心风机 2 台（1 用 1 备）6 000 m<sup>3</sup>/h，功率 5.5 kW；喷淋水泵 2 台流量 20 m<sup>3</sup>/h，扬程 20 m，功率 N=4 kW；加湿水泵 1 台，流量 10 m<sup>3</sup>/h，扬程 20 m，功率 4 kW。

### 3.9 自动化控制

污水处理厂整体设计采用工艺过程集中管理、分散控制。厂区主要设备均设置 PLC 自动控制，并配置现场手动控制。

## 4 工程设计特点

1. 优化构（建）筑物布置，节约项目占地面积，降低投资成本。该项目讲细格栅、沉砂池、调节池等组合建设，厌氧池、缺氧池、好氧池、平流沉淀池及污泥池等合建，清水池和出水在线房合建，加药间、设备间、配电间合建，通过组合设计建设节约占地，降低投资。

2. 优化水力流程，降低开挖投资。调节池设置在两次水泵提升之间，减少调节池的开挖深度，节约土建工程投资。

3. 尽量使用一体化设备，节约建设周期。高效沉淀池、活性砂滤池采用一体化成套设备，安装简单，节约建设周期。

## 5 工程运行效果

该工程于 2019 年开工建设，2020 年底完成竣工验收并通水调试，2021 年全年进出水水质如表 2 所示，进水水质、水量波动较大，但出水水质均能稳定达到设计排放标准。

表 2 运行进出水水质

项目		COD <sub>cr</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP
进水水质 (mg/L)	范围	45～285	7.25～28.50	10.85～42.35	0.83～3.23
	平均值	80.55	18.43	21.36	2.15
出水水质 (mg/L)	范围	10～25	0.05～1.56	4.36～10.24	0.15～0.23
	平均值	13.25	0.46	6.36	0.19
去除率 (%)		83.55	97.50	70.22	91.16

## 6 投资及运行成本

本项目总投资约 2100 万元，设计常开设备总功率为 160 kW，吨水电耗约 1.97 kW·h。主要使用药剂为 PAC、PAM、次氯酸钠（消毒）及乙酸钠（碳源），污泥处理至含水率≤80% 后，统一外运处置。本污水处理厂与县域其他污水处理厂由运营单位统一运营，不设常驻人员，药剂及污泥均为统一调配。

## 7 结束语

巢湖流域某乡镇污水处理厂采用 A2/O+ 高效沉淀+ 活性砂滤池处理工艺，最终出水采用次氯酸钠消毒，污泥采用叠螺式污泥脱水机脱水至含水率 80% 后统一外运处理，臭气处理采用生物除臭工艺。出水水质满足《巢湖流域城镇污水处理厂和工业行业主要水污染物排放限值》（DB34/2710—2016）要求。建议县域乡镇污水处理厂统一规划设计，协调污水处理工艺，优化运营模式，降低运行成本。

## 参考文献：

- [1] 勾全增,赵二燕,牟为刚,等.《巢湖流域城镇污水处理厂和工业行业主要水污染物排放限值》研究[J].工业用水与废水,2017,48(06):83-87.
- [2] 陈孔明,毛先勇,马雪峰,等.合肥某污水厂提至巢湖流域排放标准的工程案例[J].中国给水排水,2019,35(24):75-79,84.
- [3] 解东,胡天媛,段琦琦,等.某高标准出水乡镇污水处理厂工程设计与应用[J].工业用水与废水,2019,50(04):77-80.
- [4] 包鹏,庞洪涛,曹效鑫,等.高效沉淀池在市政污水深度处理中的应用研究进展[J].中国给水排水,2023,39(22):13-20.
- [5] 何展毅,饶欠平.高效沉淀池+反硝化深床滤池在污水厂的应用[J].环境工程,2023,41(S2):166-170.
- [6] 李婧,赵卫兵,袁玺,等.UCT/高密度沉淀池/活性砂滤池工艺用于城镇污水厂[J].中国给水排水,2023,39(14):71-74.