

# 综合医院污水处理及中水回用工程实例

田 威<sup>1</sup>, 吴 勃<sup>2</sup>, 马晓义<sup>2</sup>, 高天一<sup>3</sup>, 孙源宏<sup>1</sup>

(1. 辽宁石油化工大学 石油与天然气工程学院, 辽宁 抚顺 113001; 2. 抚顺市清雨环境工程有限公司, 辽宁 抚顺 113006; 3. 沈阳工学院 机械与运载学院, 辽宁 抚顺 113122)

**摘 要:** 以化粪池—混凝沉淀为预处理、两段接触氧化+过滤为主体工艺的某综合医院污水处理及中水回用工程, 处理规模为 800 m<sup>3</sup>/d。其中, 720 m<sup>3</sup>/d 出水水质符合《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466—2005) 表 2 的预处理标准; 其余 80 m<sup>3</sup>/d 经深度处理后符合《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002) 标准。介绍了工艺流程, 并给出了主要处理构筑物及设施的设计参数。

**关键词:** 综合医院污水; 中水回用; 石英砂滤罐; 颗粒活性炭滤罐

**中图分类号:** TU99 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)02-0095-04

## Engineering Case of General Hospital Sewage Treatment and Reclaimed Water Reuse

TIAN Wei<sup>1</sup>, WU Bo<sup>2</sup>, MA Xiao-yi<sup>2</sup>, GAO Tian-yi<sup>3</sup>, SUN Yuan-hong<sup>1</sup>

(1. School of Petroleum and Natural Gas Engineering, Liaoning Shihua University, Fushun 113001, China; 2. Fushun Qingyu Environmental Engineering Co. Ltd., Fushun 113006, China; 3. College of Mechanical and Vehicle Engineering, Shenyang Institute of Technology, Fushun 113122, China)

**Abstract:** A general hospital sewage treatment and reclaimed water reuse project using septic tank-coagulation sedimentation as pretreatment, two-stage contact oxidation and filtration as the main process, was introduced. The treatment capacity was 800 m<sup>3</sup>/d. In which, 720 m<sup>3</sup>/d effluent quality could reach pretreatment standards of table 2 in *Discharge Standard of Water Pollutants for Medical Organization* (GB 18466-2005); while the other 80 m<sup>3</sup>/d effluent was further treated and could reach *The Reuse of Urban Recycling Water—Water Quality Standard for Urban Miscellaneous Water Consumption* (GB/T 18920-2002). The process flow was introduced, and the design parameters of main treatment structures and facilities were provided.

**Key words:** general hospital wastewater; reclaimed water reuse; sand filter; GAC filter

### 1 工程概述

医院污水成分复杂, 含有一些特殊污染物, 如药物、消毒剂、洗涤剂、有机溶剂、诊断用剂及大量病原性微生物、寄生虫卵和各种病毒等<sup>[1~3]</sup>。若任其排放, 必然会污染水源, 传播疾病, 给环境污染控制造成困难。抚顺市某综合医院始建于1969年, 是一所集医疗、科研、教学、预防和保健为一体的全国首批三级甲等医疗机构, 原有床位800余张, 产生医疗污

水近600 m<sup>3</sup>/d, 新诊疗大楼开诊后, 产生的医疗污水达800 m<sup>3</sup>/d。为了满足环境保护的需求, 该医院建设了污水处理站及中水回用工程。大部分污水经处理后实现达标排放, 另有一小部分经深度处理后作为医院冲厕、绿化浇灌等杂用。2009年6月, 该污水处理工程经环保验收合格后投入使用。

### 2 设计水量及水质

该综合医院污水主要来自生活区的粪便、洗浴、

厨用等生活污水,各类医用设施处置用水的医药污水及公共场所用于清扫、冲洗地面等公共废水。由实际污水水量确定该工程设计总处理能力为 800 m<sup>3</sup>/d,其中,排放 720 m<sup>3</sup>/d,回用 80 m<sup>3</sup>/d。根据《医院污水处理设计规范》确定污水处理站进水水质;根据《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466—

2005),排入终端已建有城镇二级污水处理厂的下水道时,污水预处理标准执行表 2 的规定,由此确定排放水水质;根据《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)的绿化、冲厕水质标准,确定处理后回用中水水质。具体设计进、出水水质见表 1。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项目	COD/ (mg · L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>5</sub> / (mg · L <sup>-1</sup> )	SS/ (mg · L <sup>-1</sup> )	pH 值	浊度/ NTU	总余氯/ (mg · L <sup>-1</sup> )	粪大肠杆菌	总大肠菌群/ (个 · L <sup>-1</sup> )
进水水质	300	150	120	6~9	—	—	3.0 × 10 <sup>8</sup> 个/L	—
排放标准	≤250	≤100	≤60	6~9	—	2~8	<5 000 MPN/L	—
回用标准	—	≤10	—	6~9	≤5	≥1.0	—	≤3

### 3 工艺流程

医院污水有其独特性,所以要根据医院规模、性质和处理污水的排放去向进行工艺选择。鉴于该医院属于大型综合性医院(不含传染病房),处理后废水通过市政下水道排入城市污水处理厂,考虑《医院污水处理技术指南》(环发[2003]197号)的规定

和工程实践经验,排放水采用一级强化处理 + 消毒工艺。对于回用水,经专家论证,以节省投资和运行成本、尽快发挥污水处理的环境效益为出发点,推荐采用两段接触氧化 + 过滤作为主体工艺,即二级处理 + 深度处理 + 消毒工艺。具体排放水及中水回用的工艺流程见图 1。

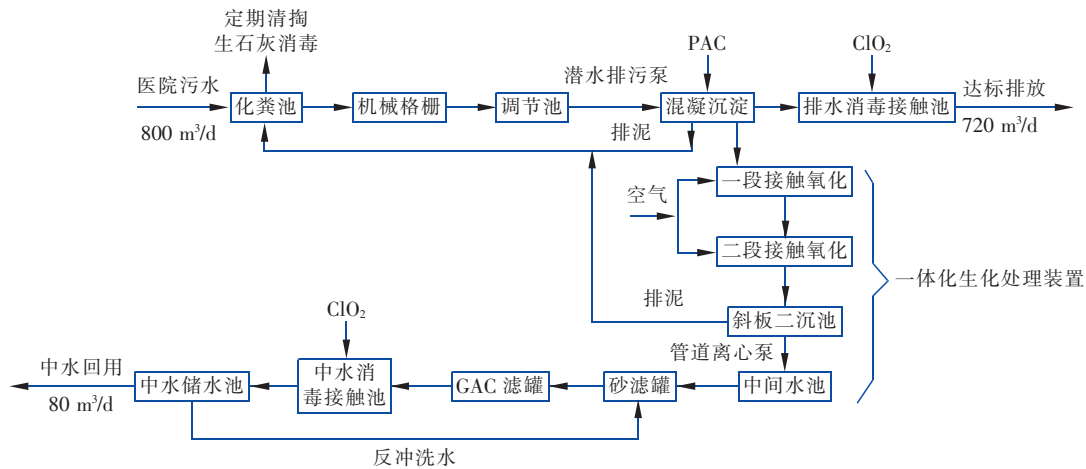


图 1 污水处理及中水回用的工艺流程

Fig. 1 Flow chart of sewage and reclaimed water treatment

在预处理阶段,全部医院污水(800 m<sup>3</sup>/d)先通过管道汇集,后经化粪池、机械格栅和调节池分别进行厌氧消化、拦截大的漂浮物及均匀水质、调节水量,去除部分细菌和少量有机物。然后,污水由泵提升进入混凝沉淀设备去除携带病毒、病菌的颗粒物。混凝沉淀设备大部分出水(720 m<sup>3</sup>/d)进入排水消毒接触池,经 ClO<sub>2</sub> 消毒后排入市政下水管网。

经预处理和一级强化处理后的少部分污水(80 m<sup>3</sup>/d)由混凝沉淀设备进入一体化生化处理装置,

出水经管道离心泵加压提升进入砂滤罐及 GAC 滤罐,最终在中水消毒接触池经 ClO<sub>2</sub> 消毒后,作为冲厕、绿化等杂用。

沉淀单元排出的污泥统一回流到化粪池。

## 4 主要构筑物及设施的设计参数

### 4.1 化粪池

原有一座 13 m × 6 m × 3.1 m 的化粪池,再新建两座尺寸均为 14 m × 7 m × 3.15 m 的化粪池。三座化粪池并联使用,污水停留时间为 25 h,交替清掏,

清掏周期为180 d。

#### 4.2 调节池及格栅

调节池利用原有 $9\text{ m}\times 8\text{ m}\times 3.1\text{ m}$ 的钢筋混凝土池(含超高 $0.3\text{ m}$ ),停留时间为 $6\text{ h}$ ,在池底设有穿孔管进行预曝气,以防止悬浮物沉淀及有机物变腐。池内设潜水排污泵两台, $Q=45\text{ m}^3/\text{h}$ , $H=150\text{ kPa}$ ,单台功率为 $4\text{ kW}$ ,一用一备。与调节池合建的格栅槽尺寸为 $2.5\text{ m}\times 1.2\text{ m}\times 4.15\text{ m}$ ,钢筋混凝土结构,内置机械格栅一台,单机 $N=0.75\text{ kW}$ ,栅宽为 $1\,000\text{ mm}$ ,栅条间隙为 $5\text{ mm}$ 。

#### 4.3 混凝沉淀设备

外形尺寸为 $5.7\text{ m}\times 2.6\text{ m}\times 3.8\text{ m}$ (含超高 $0.3\text{ m}$ )的自制碳钢防腐设备,上加盖板,并设有 $0.8\text{ m}\times 0.8\text{ m}$ 的人孔。原水经进水管的管道静态混合器投加絮凝剂后,进入宽度为 $0.5\text{ m}$ 的中间隔间。原水从下部进入两侧的沉淀区,沉淀区水力负荷为 $2.5\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ,内设 $1\text{ m}$ 长聚氯乙烯斜管,管间距为 $50\text{ mm}$ ,倾角为 $60^\circ$ 。缓冲区高度为 $0.6\text{ m}$ ,清水区上部设有集水堰。池底部高度为 $1.43\text{ m}$ 的排泥斗,每格设置DN100的排泥管,污泥经污泥泵排到化粪池。

#### 4.4 一体化生化处理装置

外形尺寸为 $5\text{ m}\times 4\text{ m}\times 3.2\text{ m}$ (含超高为 $0.2\text{ m}$ )的集装箱式自制碳钢防腐设备,含两级接触氧化处理单元、二次沉淀单元及中间水池,上加盖板,并设有 $0.8\text{ m}\times 0.8\text{ m}$ 的人孔。其中,尺寸为 $0.6\text{ m}\times 2\text{ m}\times 3.2\text{ m}$ 的中间水池和尺寸为 $2.2\text{ m}\times 2\text{ m}\times 3.2\text{ m}$ 的二次沉淀单元相连。接触氧化池中设有 $\varnothing 0.15\text{ m}$ 、间距 $150\text{ mm}$ 、高 $2\text{ m}$ 的弹性立体填料 $28.8\text{ m}^3$ ,两端固定在由角钢和钢筋构成的框架上。其有效接触时间为 $8.6\text{ h}$ ,污泥负荷为 $0.4\text{ kgBOD}_5/(\text{m}^3\text{ 填料}\cdot\text{d})$ ,气水比为 $(15\sim 20):1$ ,采用鼓风曝气,池底设有微孔曝气软管。二次沉淀单元内设有 $1\text{ m}$ 长PE波纹板斜管,管间距为 $50\text{ mm}$ ,倾角为 $60^\circ$ ,水力负荷为 $0.8\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ,池底部高度为 $1.0\text{ m}$ 的排泥斗,缓冲区高度为 $0.5\text{ m}$ ,清水区上部设有集水堰。设无堵塞管道污泥泵2台,单机功率为 $1.5\text{ kW}$ ,用于将沉淀池排放的污泥提升至化粪池。设管道离心泵2台, $Q=3\text{ m}^3/\text{h}$ , $H=200\text{ kPa}$ , $N=0.75\text{ kW}$ ,一用一备,将中间水池的水提升至压力滤罐。

#### 4.5 砂滤罐及GAC滤罐

二者均为 $\varnothing 0.6\text{ m}\times 1.7\text{ m}$ 的压力滤罐,一用一

备。石英砂滤罐:石英砂有效粒径为 $0.5\sim 1.0\text{ mm}$ ,不均匀系数 $K_{80}=1.70$ ,砾石垫层和石英砂滤料总厚度为 $0.8\text{ m}$ ;GAC滤罐:颗粒活性炭粒径为 $1.5\text{ mm}$ ,炭层高度为 $0.8\text{ m}$ 。砂及炭滤罐的滤速均为 $6.6\text{ m/h}$ 。砂滤罐冲洗历时 $5\sim 7\text{ min}$ ,冲洗强度为 $10\sim 15\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ;炭滤罐冲洗历时 $8\sim 12\text{ min}$ ,冲洗强度为 $11\sim 13\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。反冲洗水泵两台,一用一备, $Q=20\text{ m}^3/\text{h}$ , $H=250\text{ kPa}$ , $N=4\text{ kW}$ 。

#### 4.6 排水、中水消毒接触池及中水储池

利用原有 $\text{ClO}_2$ 发生器及尺寸为 $13.7\text{ m}\times 8\text{ m}\times 1.8\text{ m}$ (含 $0.3\text{ m}$ 超高)的钢筋混凝土排水消毒接触池作为排水消毒使用;利用原有水池,将其前段改造成尺寸为 $3\text{ m}\times 1\text{ m}\times 1.4\text{ m}$ (含 $0.2\text{ m}$ 超高)的碳钢防腐中水消毒接触池,消毒接触时间为 $1\text{ h}$ 。原有二氧化氯发生器有效氯产量为 $2\text{ kg/h}$ ,投加量(以有效氯计)为 $30\sim 50\text{ mg/L}$ ,用于排放水消毒;新购置一套二氧化氯发生器(含化料器、投加泵和罐体),有效氯产量为 $200\text{ g/h}$ ,投加量(以有效氯计)为 $15\sim 25\text{ mg/L}$ ,用于中水回用水消毒。利用原有清水池,将其后段改造为中水储池,外形尺寸为 $7.5\text{ m}\times 4.0\text{ m}\times 3\text{ m}$ (含 $0.3\text{ m}$ 超高),储存 $24\text{ h}$ ,供医院冲厕、绿化之用。

#### 4.7 曝气鼓风系统、药剂投加系统

两台罗茨鼓风机(配套隔声罩)置于设备间内,风量为 $3\text{ m}^3/\text{min}$ ,风压为 $44.1\text{ kPa}$ ,单台功率为 $4\text{ kW}$ ,一用一备。DN100的空气管线在一体化生物处理设备上方连成环状。每段生物接触氧化单元设有DN100的曝气立管和DN25的曝气排污立管,通过池底曝气横管与DN65开有微孔的曝气软管相连。

絮凝剂PAC(聚合氯化铝)投加量为 $40\text{ mg/L}$ ,配制成 $10\%$ 的液体,采用一体化加药装置(含计量泵、搅拌器、储药槽罐)投加,两套设备,交替使用。其中,计量泵 $Q=10\sim 15\text{ L/h}$ , $H=300\text{ kPa}$ , $N=0.065\text{ kW}$ ;搅拌器 $N=0.75\text{ kW}$ 。

#### 4.8 设备房

该医院新建综合楼的一层作为设备房,平面尺寸为 $34.4\text{ m}\times 9.3\text{ m}$ ,机械格栅、调节池、絮凝剂投药装置、消毒设备、中水消毒接触池、一体化生化处理设备、罗茨鼓风机、配电控制箱等均设置于此。污水处理站的化验室、值班室和仓储用房也设置在该楼一层。设于室内的池体均设有上盖,以防止医院病原菌随空气扩散,传播疾病。

## 5 运行及调试

### 5.1 运行结果及效益分析

本工程建成后,环保监测部门对该医院的总排放口水质和中水回用水水质进行了连续三个月的监测,完全达标合格。实际进、出水水质见表2。该项

目总投资为388.55万元(医院自筹288.55万元,环保补助100万元),运行成本约0.929元/m<sup>3</sup>,可削减COD外排量为74.47 t/a、SS为23.51 t/a;回收中水29 200 m<sup>3</sup>/a用于冲厕、绿化,节约自来水费5.84万元/a。

表2 实际进、出水水质

Tab.2 Actual influent and effluent quality

项目	COD/ (mg·L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>5</sub> / (mg·L <sup>-1</sup> )	SS/ (mg·L <sup>-1</sup> )	pH值	浊度/ NTU	总余氯/ (mg·L <sup>-1</sup> )	粪大肠杆菌	总大肠菌群数/ (个·L <sup>-1</sup> )
进水水质	150~300	80~150	40~120	6~9	—	—	(1.0~3.0)×10 <sup>8</sup> 个/L	—
排放水质	31.4~66.3	16.1~35.2	41.6~44.4	6~9	—	5.0~5.7	11~13 MPN/L	—
中水回用	9~11	4.4~5.6	8.0~8.2	6~9	<3	1.4~2.1	—	未检出

### 5.2 调试注意事项

① 通过调节混凝沉淀设备出口的DN300闸阀和生化设备进口的DN100闸阀,将外排污水和回用水量分别控制为720 m<sup>3</sup>/d和80 m<sup>3</sup>/d。

② 污泥泵单独运行,分别将生化处理设备和混凝沉淀设备的排泥回流至化粪池处理。每天交接班时手动控制排泥一次,每次运行5~10 min。泥量大时,视具体情况适当延长排泥时间。

③ 化粪池清掏前开盖通风换气不少于2 h,并做好防跌落和禁用明火标识。清掏的污泥经生石灰消毒处理后,连同栅渣、医疗垃圾作为固体废弃物外运,并由危废公司统一处置。

④ 为节约用水,将压力滤罐反冲洗废水返回至系统的调节池前端。

## 6 结论

针对综合医院污水病原性微生物多、污染物特殊、直接排放污染水源、传播疾病、污染严重等问题,采用自行设计的一体化生化处理装置,连同有深度处理功效的石英砂及GAC压力滤罐的组合工艺进行处理,最终出水浊度<3 NTU,优于相应的《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)标准。该医院污水处理站及中水回用工程的基建和运行费用、制水成本均较低,处理水质好,既节约了自来水水费,又保护了水生态环境。

### 参考文献:

- [1] 庞维亮,冯丽霞,张志扬,等. 水解/接触氧化/消毒工艺处理医院污水并回用[J]. 中国给水排水,2011,27(4):69-71.
- [2] 王秀丽,顾平,陶亚静,等. MBR工艺处理医院污水的运行效果分析[J]. 中国给水排水,2012,28(11):53-56.
- [3] 周健,王三反,薛志强,等. Ti/SnO<sub>2</sub>-Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/β-PbO<sub>2</sub>阳极消毒处理医院污水[J]. 环境工程学报,2014,8(10):4110-4114.



作者简介:田葳(1971—),女,辽宁抚顺人,硕士,讲师,研究方向为污水处理与资源化利用。

E-mail:1321341579@qq.com

收稿日期:2016-12-12