

# 某三级综合医院污水处理设施升级改造研究与实践

张洪倩<sup>1</sup> 李建<sup>2</sup> 杨威<sup>2</sup> 李英<sup>2</sup> (通讯作者)

1.北京大学首钢医院 北京 100041

2.北京华杨环保科技有限公司 北京 100050

**【摘要】**：本文以某三级综合医院原有污水处理设施处理能力不足、处理工艺落后，亟须改造为例，本次改造通过增设生化工艺（AO+MBR）及废气处理设施，实现废气、废水均达标排放。污水处理设施升级改造后，处理效果显著提升，各项污染物指标均优于 GB 18466 的规定要求。同时本次改造充分利用原有设施，可为类似医院污水处理设施升级改造提供参考和借鉴。

**【关键词】**：医院污水处理设施改造；环境安全；达标排放

DOI:10.12417/3083-5526.25.08.022

## 引言

医院污水主要由生活污水、含致病菌的临床污水以及放射性污水构成，含有病原性微生物、有毒有害的物理化学污染物和放射性污染物等，若未经处理直接排放，会造成严重的水质污染，对人民群众的身体健康产生不良影响。因此，医疗废水必须经过严格处理后方可排放或回收利用。

## 1 污水站升级改造项目背景

随着某三级综合医院业务规模的持续扩大，废水排放量日益增加，该医院原有污水处理设施处理能力已无法满足需求；原污水处理站建于1999年，设施老化、污染物处理效率低，废水排放难以达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466）的要求。医疗机构水污染物排放标准中不仅对废水排放限值作出规定，还明确了医疗机构污水处理站产生的废气、污泥污染物控制项目及排放要求<sup>[1]</sup>。因此，为确保医院环保合规达标，对原有污水处理设施进行改造已成为亟待解决的关键问题。

## 2 原污水处理工艺

某三级综合医院原有污水处理站建于1999年，设计处理水量600m<sup>3</sup>/d，主要处理生活污水、临床污水以及放射性污水的混合废水，废水主要污染物为悬浮物、BOD<sub>5</sub>、COD、氨氮，同时废水中含有致病细菌、大肠杆菌及病原体等<sup>[2]</sup>。原设计进水水质 pH(无量纲)6~9，COD<sub>Cr</sub>≤500mg/L，BOD<sub>5</sub>≤300mg/L，SS≤400mg/L，氨氮≤45mg/L，粪大肠杆菌≤1.6×10<sup>8</sup>个/L。

污水处理设施原采用“物理化学+消毒”工艺，生活污水、临床污水以及放射性污水通过污水管网进入化粪池，各类污水在化粪池进行混合，混合医疗废水通过格栅拦截垃圾杂质后进入调节池，最终进入斜板沉淀池进行物理沉淀，清水进入消毒池消毒后排入市政管网；污泥浓缩后最终外运处置。医院废水及污水处理设施废气无组织排放。

污水处理站主体是半地下混凝土结构，构筑物占地面积约为140m<sup>2</sup>，由化粪池、调节池、斜板沉淀池、消毒池、提升泵房、取样池组成。地面设有砖混结构的配套用房58.5m<sup>2</sup>，主要用于化验室、控制室、设备间。

## 3 改造方案

本次改造在尽可能利用原有设施、降低整体投资和日常运行费用的前提下，为应对日益严峻的环保要求，要求设计出水不仅需要满足《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466）的行业排放标准，同时部分污染物能够达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918）一级A标准，出水水质要求详见图1。

| 指标                                 | COD <sub>Cr</sub> | BOD <sub>5</sub> | SS  | 氨氮  | TN  | TP   | pH  | 大肠菌(MPN/L) | 余氯  |
|------------------------------------|-------------------|------------------|-----|-----|-----|------|-----|------------|-----|
| 《医疗机构水污染物排放标准 (GB18466-2005)》      | ≤60               | ≤20              | ≤20 | ≤15 | --- | ---  | 6-9 | ≤300       | 2.4 |
| 《城镇污水处理厂污染物排放标准 (GB18918-2002)》一级B | ≤60               | ≤20              | ≤20 | ≤8  | ≤20 | ≤1   | 6-9 |            |     |
| 《城镇污水处理厂污染物排放标准 (GB18918-2002)》一级A | ≤50               | ≤10              | ≤10 | ≤5  | ≤10 | ≤0.5 | 6-9 |            |     |

图1 设计出水水质

### 3.1 设计水量

由于原有污水处理站无进、出水计量表，因此按日均污水量及变化系数确定污水处理设计水量，其计算公式为：

$$Q = \frac{qN}{86400} K_d$$

其中：Q——医院日排水量，L/s；

q——医院日均单位病床污水排放量，L/床·d；

N——院编制床位数；

K<sub>d</sub>——污水日变化系数，K<sub>d</sub>取值根据医院床位数确定；设备齐全的大型医院或500床以上医院：平均日污水量为400~600L/床·d，K<sub>d</sub>=2.0~2.2，K<sub>d</sub>为污水日变化系数。

作者简介：张洪倩(1987-2)，女，汉族，北京石景山，本科，环境保护助理工程师，研究方向：污水处理工艺与技术。

通讯作者：李英(1995-6)，女，汉族，北京丰台，硕士研究生，中级工程师。研究方向：企业环保项目合规化管理。

该医院床位数为1006张,设计按 $q$ 取值400,  $K_d$ 取值2.1。计算水量 $Q=845\text{m}^3/\text{d}$ ,设计水量 $Q=1000\text{m}^3/\text{d}$ 。污水处理设施设计处理水量 $Q=1000\text{m}^3/\text{d}$ ,日运行24h,小时平均处理水量 $Q=42\text{m}^3/\text{h}$ 。

### 3.2 设计进水水质

由于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918)一级A污水排放标准相较于《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466)对总磷、总氮提出了要求,因此,本次污水站改造时,在原有设计水质基础上加入总磷、总氮的进水指标,其中总磷(TP) $\leq 6\text{mg/L}$ ,总氮(TN) $\leq 60\text{mg/L}$ 。

### 3.3 工艺流程

本次改造采用“化粪池+格栅井+调节池+膜格栅+AO(缺氧池+好氧池)+MBR膜池+消毒池”的工艺<sup>[3]</sup>。对原有格栅渠、调节池、消毒池、污泥池等进行了利旧改造,新建了生化组合池(膜格栅池、缺氧池、好氧池、MBR膜池)。改造后工艺流程图如图2所示。

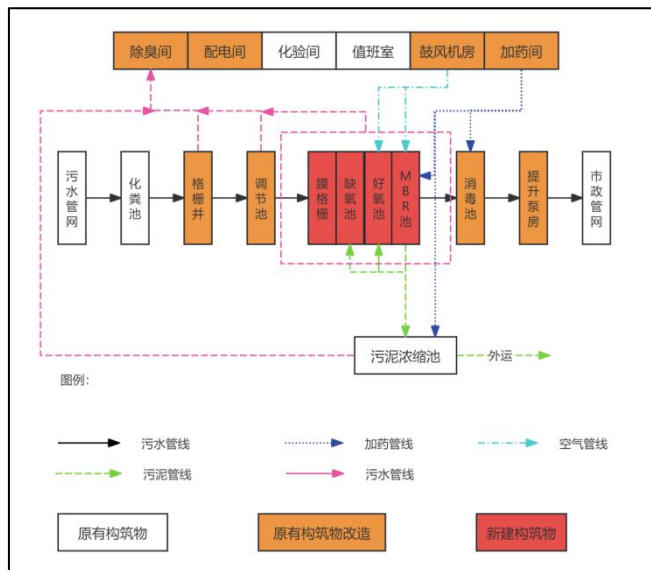


图2 该医院污水站改造后工艺流程图

该医院废水首先经过污水管网进入化粪池,进行初级预处理去除大部分固体杂质后,进入粗格栅进行处理,除掉大颗粒状和纤维状杂质,以保证后续处理的稳定性;出水进入调节池进行均值均量,避免废水水量水质变化过大对后续生化处理造成影响,保证生化处理正常运行;调节池废水泵入膜格栅,将污水中较大的杂物、纤维、毛发等截留下来,防止其污染、堵塞或破坏进入MBR系统;废水经过二次过滤,去除有机物和氮、磷,依次经过缺氧池、好氧池;污水经生物化学处理后进入泥水分离的MBR反应池,再经消毒自动投加装置进行消毒处理后,最终进入消毒池排出污水。MBR反应池产生的剩余污泥交由有资质的单位处置。废水及处理站产生的臭气经过收集后进入除臭系统,处理后达标排放。

### 3.4 核心改造工艺-AO+MBR(膜处理技术)

#### 3.4.1 工艺原理

AO工艺:污水在缺氧条件下,微生物将污水中的大分子有机物分解为小分子有机物,同时实现磷的释放;反硝化细菌利用污水中的有机物作为碳源,将硝态氮还原为氮气,实现脱氮过程。然后污水进入好氧池(O),好氧微生物在有氧条件下,进一步分解有机物,将氨氮转化为硝态氮,同时完成磷的吸收<sup>[4]</sup>。

MBR工艺:经过AO工艺处理后的污水进入MBR膜池,MBR是一种将生物处理与膜分离技术相结合的工艺。在膜池中,通过中空纤维膜或平板膜对污水进行过滤,截留活性污泥和大分子有机物,实现泥水分离。膜的孔径通常为 $0.1\mu\text{m}\sim 0.65\mu\text{m}$ ,可以有效去除污水中的悬浮物、细菌、病毒等污染物,使出水水质得到显著提高,处理后出水可直接回用或外排<sup>[5,6]</sup>。

#### 3.4.2 技术优势

##### (1) 出水稳定性

AO工艺对有机物、总磷、总氮等污染物有较好的去除效果。本次MBR膜采用中空纤维膜,膜孔径为 $0.1\sim 0.2$ 微米,可截留反应池中的微生物,使悬浮物、粪大肠菌群数和有机物均得到有效的去除,防止出水造成生物性污染,保证出水水质优良、出水稳定。且由于MBR膜可有效拦截微生物,膜池中活性污泥浓度的增大和污泥中优势菌的出现,提高了生化反应速率<sup>[6,7]</sup>。

##### (2) 操作管理简单

本次改造设置了清水反洗、化学反洗及化学清洗程序对膜组件进行定时清洗,可保证MBR膜组件有良好的水通量,能持续、稳定地出水;若需更换膜片只需将旧膜片提出,新膜片插入膜架即可。

##### (3) 占地面积小

MBR膜池中微生物量维持高浓度,生物反应速度加快,水力停留时间大幅缩短,所需的生物反应器的占地面积减少<sup>[8]</sup>。同时膜处理技术可实现泥水分离,免除了二沉池,工艺流程得到简化,占地面积进一步减少。

### 4 改造后运行效果

该医院污水处理站改造后,经过两个季度的多次取样检测,系统出水水质稳定,处理效果大大提高,满足了经济社会发展可持续发展的环境保护要求。

下表为改造完成后,污水站进出水指标与标准指标汇总对比,检测时间为2024年5月7日,检测结果如表1所示。

表1 改造后进出水水质指标

| 水质项目指标            | 进水水质<br>(mg/L)      | 出水水质<br>(mg/L) | 《医疗机构水污染物排放标准》<br>(GB18466-2005) | 《城镇污水处理厂污染物排放标准》<br>(GB18918-2002)<br>一级 A |
|-------------------|---------------------|----------------|----------------------------------|--|
|                   |                     |                |                                  |  |
| CODcr             | ≤500                | 9              | ≤250                             | 50   |
| BOD <sub>5</sub>  | ≤300                | 1.6            | ≤100                             | 10   |
| SS                | ≤300                | <5             | ≤60                              | 10   |
| 氨氮                | ≤45                 | 1.06           | ≤45                              | 5  |
| TP                | ≤6                  | 3.48           | ≤8                               | 0.5  |
| 粪大肠菌群数<br>(MPN/L) | ≤16x10 <sup>8</sup> | <20            | ≤500                             | /  |
| pH                | 6~9                 | 7.4            | 6~9                              | 6~9  |

从表1的进出水水质情况可见，改造完成后，污水处理系

统对各污染物的去除率均处于较高水平，其中CODcr去除率达98.2%，BOD<sub>5</sub>去除率为99.5%，氨氮去除率为97.6%，总磷去除率为42%，SS去除率为98.4%，粪大肠菌群去除率接近100%。出水水质与现行废水排放标准限值对比可知，改造后的出水水质远优于现行行业国家排放标准要求，除总磷外均满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918)一级A排放标准，具备较强的前瞻性，能够满足长期的水质排放需求。

### 5 结束语

(1) 该三级综合医院污水处理站本次改造采用“化粪池+格栅井+调节池+膜格栅+缺氧池+好氧池+MBR膜池+消毒池”工艺，稳定运行后，BOD<sub>5</sub>、CODcr、氨氮、SS的去除率分别达到99.47%、98.2%、97.6%和98.4%。

(2) MBR膜处理技术可将细菌、病毒、寄生虫卵等病原微生物拦截，在医疗废水处理具有极高的优势，防止出水造成生物性污染。

(3) MBR膜处理技术占地面积小，符合老化废水处理设施利旧改造的需求。

### 参考文献:

[1] 国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局.医疗机构水污染物排放标准:GB18466-2005 [S].北京.中国环境科学出版社.2005.2005-07-27.

[2] 董旭,郑宇,等.医疗废水处理新技术与未来需求[J].水处理技术.2020,46(09):1-6+29

[3] 田海成,杨红红,焦文海,等.AAO+MBR组合工艺各工段设计要点[J].中国给水排水,2023,39(6):71-77.

[4] 叶琼,张朝升,张可方,等.AO工艺同步脱氮除磷效能的研究[J].广东化工,2012,39(15):3.

[5] YOON S-H, KIM H-S, Park J-K, et al. Influence of important operational parameters on performance of a membrane biological reactor[J]. Water Sci Technol,2000,41(10-11):235 -242.

[6] 吴奇,安长伟.医院污水处理方案研究[J].辽宁科技学院学报,2019,21(06):6-18.

[7] 刘超.医院污水处理设施升级改造建设及MBR膜处理工艺应用研究[J].环境科学与管理,2022(002):047.

[8] 张彩虹.医院污水处理方法及回收水利用探讨[J], 资源节约与环保,2019(07):90.