

膜生物反应器应用于医院污水处理实例

张颖¹, 李力², 杨振刚², 顾平¹

(1. 天津大学环境科学与工程学院, 天津 300072; 2. 天津市兴源环境技术工程有限公司, 天津 300384)

摘 要: 本文介绍了膜生物反应器用于医院污水处理的工程实例。该工程位于天津市第一中心医院, 处理能力为 500 m³/d, 为国家高技术研究发展计划(863)项目的示范工程。在“SARS”流行期间, 针对医院污水的特点, 膜生物反应器采用全封闭负压运行, 对出水进行消毒, 并对曝气尾气进行了处理。膜生物反应器的运行利用自控技术与公共通讯网络实现了远程监控。在远程监控中心可对膜生物反应器实施控制, 并可实时获得膜生物反应器的运行参数。该工程于 2003 年 8 月正式投入运行, 出水水质良好。

关键词: 膜生物反应器; 医院污水; SARS; 安全运行; 远程监控

2003 年“SARS”流行期间, 天津市第一中心医院拟作为天津市“SARS”重症病人的定点医院, 为了达到接收“SARS”病人的要求, 该医院进行了改造, 其中也包括了污水处理系统。对污水处理系统的改造主要包括三方面的内容: 一, 防止医院污水成为病毒的二次传染源; 二, 确保污水处理系统的安全运行; 三, 减轻医院污水对环境的污染。

医院污水, 特别是传染病医院、结核病医院、肿瘤医院以及综合性医院产生的污水, 其水量大、浓度高、危害重, 不同程度地含有多种病毒、细菌、寄生虫卵和一些有毒有害物质, 如药物、消毒剂、诊断试剂、洗涤剂等, 这些污水不经处理排入水体, 将造成水环境污染和生态系统破坏^[1-5]。为了避免有害污水进入市政管网造成环境的污染和对人体健康的危害, 医院污水必须得到处理、消毒后才能排放。

医院排放的污水在性质上与生活污水类似, 但较之生活污水, 医院污水中富含有机质及氮、磷、硫等营养盐类(医院污水水质情况一般为: COD≤450 mg/L, SS≤300 mg/L, NH₃-N≤50 mg/L^[6]), 若不经处理直接排放或仅采用物理处理加消毒的一级处理方式将造成严重的环境问题: 一级处理加消毒排放的处理水中存在有大量的颗粒状悬浮物质, 它们成为了细菌、病毒的保护屏障。为了将其彻底杀灭, 必须加大消毒剂的投量, 而仅经过一级处理的污水中富含大量有机物, 大量投加含氯消毒剂将形成卤代烃(三致物质), 对环境造成危害^[7]。

医院污水中还存在各种各样潜在的危害性, 主要的危害物质有如下几类:

微生物致病菌(Microbiological pathogens): 医院污水含有大量的肠道致病菌(病原体), 包括细菌、病毒、寄生虫等, 它们都易通过水介质传播;

一些有害的化学物质(Hazardous chemicals)与药物(Pharmaceuticals): 用于清洗和消毒的大量化学物质及抗生素、细胞毒素(麻药等)、抗肿瘤的药剂等均排入污水中;

放射性同位素(Radioactive isotopes): 在医治肿瘤的科室会有放射性同位素排入水体。

医院污水处理常用的生物工艺主要有: A/O、A²/O、生物接触氧化法、生物转盘、塔式生物滤池、射流曝气法和氧化沟法等。

目前常用的生物法存在处理效率低、水力停留时间长, 反应器占地面积大、运行管理复杂、消毒剂消耗量大、剩余污泥产量高、难于全封闭和自动化运行等问题; 此外生物法还需

要解决的一个重要问题是剩余污泥产量大及其无害化处理。剩余污泥主要来自医院污水二级处理中的反应池、二次沉淀池。据测定：污水处理时医院污水中 80%以上的病菌、90%以上的寄生虫卵被浓缩在污泥中，这种污泥如果不经处理任意弃置，势必污染土壤、水体和大气，造成疾病传播，危害人体健康。在“SARS”疫情严重的背景下，传统生物处理工艺难于满足高效、可靠、安全的要求^[8]。

针对医院污水的特点和改造要求，我们选择膜生物反应器工艺作为该医院污水处理的主体工艺，并采用负压运行、尾气处理、远程监控等技术确保膜生物反应器的安全、稳定运行。

1 工程概况与工艺流程

1.1 工程概况

该工程采用淹没式膜生物反应器工艺，设计处理水量为 500 m³/d，原水水质见表 1。

表 1 原水水质

COD _{Cr} (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	色度	pH	粪大肠菌 (MPN/L)
131 ~ 290	22 ~ 35	20 ~ 40	6.98 ~ 7.87	2×10 ⁶

1.2 工艺流程

工艺流程见图 1。

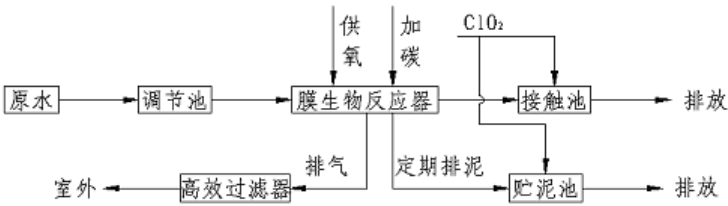


图 1 污水处理系统工艺流程

考虑到排水的不均匀性，设置进水调节池一座，建于地下，设计有效容积为 100 m³。调节池内设潜污泵 4 台，2 备 2 用。

原水经调节池进入膜生物反应器。膜生物反应器采用天津市兴源环境技术工程有限公司设计制造的模块化膜生物反应器 2 套，安装于地上，单台设计水力停留时间为 7 h，设计有效容积为 72 m³。膜组件采用天津膜天膜工程技术有限公司生产的聚偏氟乙烯中空纤维微滤膜。反应器自身设有进水、出水、曝气、排泥、排气、溢流、放空、加碳系统，各个系统均由可编程序逻辑控制器（PLC）控制，并远传至监控中心，实现远程监控。整个反应器自动化程度非常高，出水系统中还通过在线流量计和变频控制器实现恒量出水。

由于膜生物反应器中充氧曝气，会导致部分气溶胶扩散，而污水中的病毒与致病菌也很有可能混入气溶胶中，因此反应器本体全部封闭，上部采用专门的管路收集处理过程中的尾气，经高效过滤器处理后排放。同时引风机还可以在膜生物反应器中形成负压状态，使曝气尾气不能扩散到室外。

消毒系统采用 2 台发生量为 1000 g/h 的二氧化氯发生器，1 用 1 备。该二氧化氯发生器以氯酸钠和盐酸为原料制备二氧化氯，具有自动化程度高，操作简单，运行费用低，二氧化氯产率高等特点。消毒接触池采用折板式，建于地下，设计接触时间为 1.5 h，设计有效容

积为 32 m³。为使废水充分接触消毒，池内设 4 个折板形成推流，以保证水中的细菌、病毒等被彻底灭活。为有效监控消毒状况，在消毒接触池的末端设置了在线余氯监测系统，保证所排放出水的余氯大于 6.5 mg/L，并将其数据传到监控中心。

贮泥池建于地下，用于存储膜生物反应器排放的剩余污泥。其设计有效容积为 10 m³。为避免排泥污染环境，贮泥池同样加入二氧化氯消毒剂，保证细菌、病毒等不会进入市政管网。

1.3 主要构筑物与主要设备

主要构筑物见表 2。

表 2 主要构筑物

名称	尺寸	数量	单位
调节池	230 m ³	1	座
消毒接触池	44 m ³	1	座
贮泥池	14 m ³	1	座
设备间	150 m ²	1	座

膜生物反应器处理系统的装机总容量约为 74.32 kW，运行电耗为 0.8 kW·h/m³。其装机容量及运行电耗见表 3：

表 3 主要设备

名称	单位	数量	运行功率 (kW)
潜污泵	台	4	5.50
曝气风机	台	2	4.00
膜冲洗风机	台	2	7.50
出水泵	台	4	2.20
排泥泵	台	2	0.75
应急泵	台	1	4.00
加碳泵	台	1	0.37
采样泵	台	1	0.55
引风机	台	2	0.55
ClO ₂ 发生器	台	2	3.00

2 运行情况

2.1 出水水质

该膜生物反应器于 2003 年 8 月投入运行，出水水质良好（见表 4）。

表 4 水质抽样检测结果

时间	COD _{Cr} (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	浊度	粪大肠菌 (MPN/L)	余氯 (mg/L)
2003-8-25	16.7	0.8	<0.1	未检出	≥6.5
2003-9-2	26.8	0.4	<0.1	未检出	≥6.5
2003-9-9	18.4	0.3	<0.1	未检出	≥6.5
2003-9-15	7.2	0.2	<0.1	未检出	≥6.5
2003-9-22	14.7	0.9	<0.1	未检出	≥6.5

时间	COD _{Cr} (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	浊度	粪大肠菌 (MPN/L)	余氯 (mg/L)
2004-3-11	33.8	1.3	<0.1	未检出	≥6.5
2004-3-15	36.4	2.9	<0.1	未检出	≥6.5
2004-3-22	33.4	0.0	<0.1	未检出	≥6.5
2004-3-29	42.0	0.3	<0.1	未检出	≥6.5
2004-5-31	24.0	0.4	<0.1	未检出	≥6.5
2004-6-15	33.9	0.0	<0.1	未检出	≥6.5
2004-6-21	19.7	0.0	<0.1	未检出	≥6.5
2004-6-29	35.7	1.25	<0.1	未检出	≥6.5
2004-7-5	31.0	1.0	<0.1	未检出	≥6.5
2004-7-12	21.6	0.4	<0.1	未检出	≥6.5
2004-7-20	23.8	0.2	<0.1	未检出	≥6.5
2004-7-26	14.8	0.0	<0.1	未检出	≥6.5
2004-8-2	26.6	0.0	<0.1	未检出	≥6.5
2004-8-10	17.2	0.0	<0.1	未检出	≥6.5
2004-8-18	15.2	0.0	<0.1	未检出	≥6.5

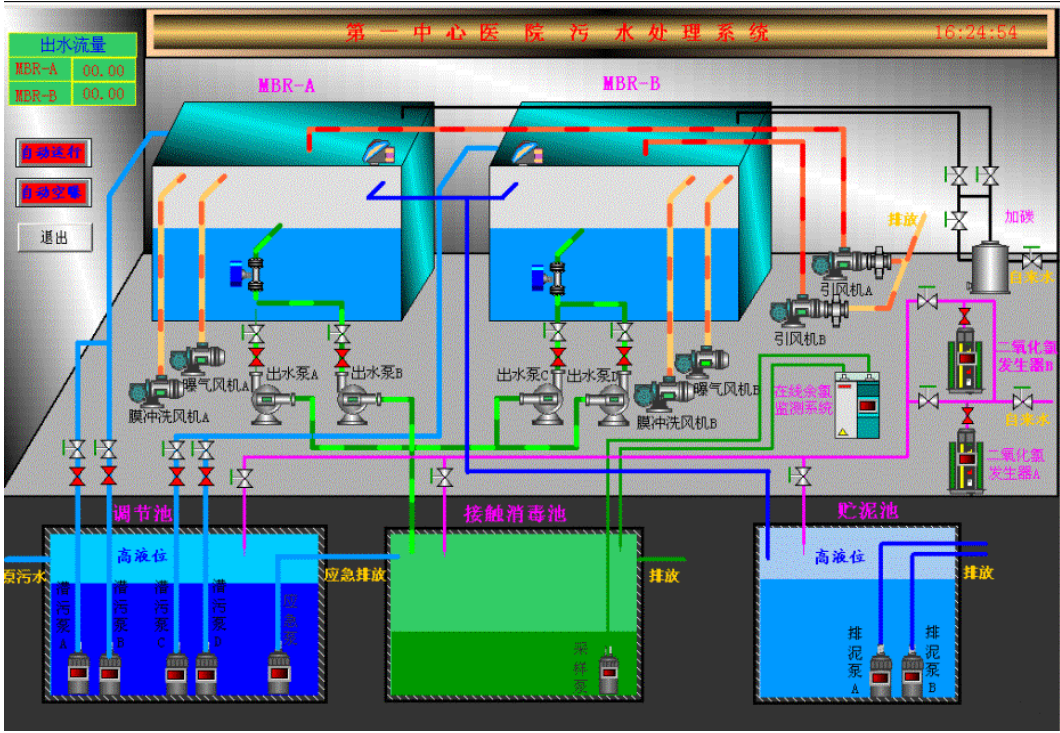


图 2 污水处理系统工艺流程计算机控制界面

2.2 远程监控

为了确保膜生物反应器的安全运行，尤其是管理操作人员的安全，该膜生物反应器系统采用了最新的远程监控技术，实现了无人值守与故障快速反应。

膜生物反应器远程监控系统（见图 2）包括膜生物反应器的监测和控制两个部分。远程监测可以将膜生物反应的运行参数实时地传输到监控中心，而远程控制则可在监控中心对膜生物反应器的运行状态进行在线调整。

3 膜生物反应器与现有医院污水处理系统的比较

3.1 工艺特点

与我国现有的医院污水处理工艺比较,该工艺具有以下显著优点:

① 消毒效果好。目前我国大部分医院污水是直接消毒后排放,只有少数医院经二级生物处理再加消毒后排放。现有污水处理工艺的出水中悬浮物浓度较高,细菌与病毒可以附着或包裹在悬浮絮体中,不易被消毒剂杀灭。

而膜生物反应器的出水,由于膜优良的过滤性能,出水的悬浮物浓度非常低,细菌与病毒失去了屏障,从而易于被杀灭。

② 消毒副产物少。现有医院的污水处理系统中,在有机物尚未去除或去除率较低的情况下即进行消毒处理,这样不仅由于有机物消耗消毒剂造成消毒效果不好,而且还会产生大量的消毒副产物。这些消毒副产物,特别是有机卤代烃,是国际公认的三致物质(致癌、致畸、致突变),大量排入受纳水体,会对环境和人类健康造成不良影响。

而膜生物反应器由于充分的生物降解和膜分离作用,起初水中的有机物指标大大低于常规处理工艺,从而大大降低消毒副产物的生成。

③ 剩余污泥产量低。膜生物反应器与现有医院污水处理工艺相比,剩余污泥产量低是其一个显著特点。剩余污泥中含有大量病原性细菌、肠道病毒、蠕虫卵和原虫等病原微生物,其存活期为5天至8个月。如处理不当,剩余污泥将成为二次污染源。膜生物反应器的剩余污泥产量低,从而大大节省了剩余污泥的处理费用。

④ 自动化程度高,可以实现无人值守。现有医院污水处理工艺的总体而言系统较复杂、占地面积大、设施及构筑物多、运行维护和管理的工作量大,难以实现自动化控制。而膜生物反应器工艺则具有占地面积小、构筑物少、运行管理方便等优点,容易实现自动化控制。在天津一中心医院污水处理系统中,不仅实现了膜生物反应器运行的全自动化控制,还通过公用通讯网络实现了远程监控。在远程的监控中心可以实时了解膜生物反应器的工况,便于对故障或突发情况作出快速反应。

3.2 经济评价

天津第一中心医院的基建投资约为200万元,其中包括:土建费用约20万元、人工费与机械费17万元、材料费145万元、其他费用约14万元。

膜生物反应器处理系统的装机总容量约为74.32 kw,运行电耗为0.8 kw·h/m³,运行费用约为1元/m³,其中包括消毒剂的费用。

4 结论

① 该膜生物反应系统运行稳定,出水水质良好;

② 为医院污水专门设计的安全措施(如:消毒系统、尾气处理、负压运行、远程监控)证明是有效的,提高了污水处理的安全性,防止了污染源的二次扩散。

参考文献

- [1] 姚志麒,主编.环境卫生学[M],第2版.北京:人民卫生出版社,1996:84.
- [2] 高舒民,主编.环境卫生学概论[M].吉林:吉林科学出版社,1998:112.
- [3] 王秀茹,主编.卫生微生物学[M].北京:北京医科大学中国协和医科大学联合出版社,1998:72.
- [4] 蔡宏道,主编.现代环境卫生学[M].北京:人民卫生出版社,1995:516-517.

- [5] 刘振声, 金大鹏, 陈增辉, 主编. 医院感染管理学[M]. 北京: 军事医学科学出版社, 1999: 795.
- [6] 宋先英, 包薇红. 医院污水治理技术探讨[J]. 环境导报, 1999, 4: 30-31.
- [7] 陈志莉, 叶茂平. 医院污水处理技术[J]. 环境科学与技术, 2003, 26(6): 49-50.
- [8] Willie Grabow. SARS: can it be transmitted by water?[J]. Water 21, 2003, 8: 10.