

# 医院废水处理 MBR 解决方案



## 目 录

一、医院废水的特点.....	2
二、医院污水的来源、水量.....	2
(一)、医院污水的来源.....	2
(二)、医院污水的水量.....	3
三、医院污水的水质特征.....	3
四、医院污水的处理技术分析.....	4
(一)、一级强化处理.....	4
(二)、二级处理.....	5
(三)、简易生化处理.....	5
(四)、处理工艺对比分析.....	6
五、MBR 工艺处理医院废水.....	7
六、MBR 应用实例.....	8

## 一、医院废水的特点

医院各部门的功能、设施和人员组成情况不同，产生污水的主要部门和设施有：诊疗室、化验室、病房、洗衣房、X光照洗印、动物房、同位素治疗诊断、手术室等排水；医院行政管理和医务人员排放的生活污水、食堂、单身房、家属宿舍排水。不同部门科室产生的污水成分和水量各不相同，如重金属废水、含油废水、洗印废水、放射性废水等。而不同性质医院产生的污水也有很大不同。医院污水来源成分复杂，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，具有空间污染、急性污染和潜伏污染等特征，不经有效处理会成为一条疫病扩散的重要途径和严重污染源环境。

## 二、医院污水的来源、水量

### (一)、医院污水的来源

医院排放废水的主要部门和设施有：诊疗室、化验室、病房、洗衣房、X光照洗印、同位素治疗诊断室、手术室等；还包含医院行政管理和医务人员排放的生活污水、食堂、宿舍排水。

### (二)、医院污水的水量

设备较全的大型医院平均日污水量在 400-600L/(床.d),K=2.0-2.2

一般设备中小型医院平均日污水量在 300-400L/(床.d),K=2.2-2.5

小型医院平均日污水量在 250-300L/(床.d),K=2.5

K—小时变化系数

### 三、医院污水的水质特征

医院污水的主要污染物包含病原性微生物、有毒、有害的和含放射性污染物三大类。

#### 病原性微生物及其控制指标

- 通常把大肠菌群数和粪大肠群数作为衡量水质受到粪便污染的生物学指标。
- 医院污水和生活污水中经水传播的疾病主要是肠道疾病，由病毒传播的疾病有肝炎、小儿麻痹等

#### 有毒有害物质及水质指标：

- pH：医院的酸碱污水主要来源于化验室、检验室的消毒剂的使用及洗衣房和放射科等，可对管道造成腐蚀或影响消毒剂的使用效果。
- SS：影响水体外观和氯化消毒灭活效果。
- BOD 和 COD：大部分来自生活系统排水，可生化性能良好，但医院广泛使用的消毒剂对生物处理是不利的。
- 动植物油：来自食堂排水，影响水体溶解氧和医院含菌污水的消毒效果。
- 总汞：包含有机、无机、可溶和悬浮的汞，可是人体发生全身性的中毒。主要来自于口腔科、破碎温度计和某些使用汞的计量设备汞的流失。

#### 放射性同位素

- 医疗单位在诊断和治疗中用到的放射性同位素在其衰变过程中产生 $\alpha$ 、 $\beta$ 和 $\gamma$ 放射性，在人体内积累会对人体健康造成损害。
- 放射性在污水中的浓度以 Bq/L 表示。放射性液体废物按其放射性浓度水平分为不同的等级：

第 I 级(低放废液):浓度 $\leq 4 \times 10^6$ Bq/L。

第 II 级(中放废液):浓度为  $4 \times 10^6$ Bq/L~ $4 \times 10^{10}$ Bq/L。

第 III 级(高放废液):浓度 $> 4 \times 10^{10}$ Bq/L。

- 医院放射性污水主要来自同位素治疗室，应针对这一部分污水单独设置衰变池处理，达标后再排入综合下水道。

## 四、医院污水的处理技术分析

医院污水的处理主要根据医院的规模、性质和处理污水排放去向，进行工艺选择。医院污水处理所用工艺必须确保处理出水达标，主要采用的三种工艺有：加强处理效果的一级处理、二级处理和简易生化处理。

其选择原则如下：

- 传染病医院必须采用二级处理，并需进行预消毒处理；
- 处理出水排入自然水体的县及县以上医院必须采用二级处理；
- 处理出水排入城市下水道(下游设有二级污水处理厂)的综合医院推荐采用二级处理，对采用一级处理工艺的必须加强处理效果；
- 对于经济不发达地区的小型综合医院，条件不具备时可采用简易生化处理作为过渡处理措施，之后逐步实现二级处理或加强处理效果的一级处理。

对各类处理工艺进行具体分析如下：

### (一)、一级强化处理

一级强化处理是指采用物理或化学混凝沉淀的处理方法。对于医院污水，一级强化处理可采用“预处理→一级强化处理→消毒”的工艺。通过混凝沉淀(过滤)去除携带病毒、病菌的颗粒物，提高消毒效果并降低消毒剂的用量，从而避免消毒剂用量过大对环境产生的不良影响。加强处理效果的一级强化处理适用于处理出水最终进入二级处理城市污水处理厂的综合医院。

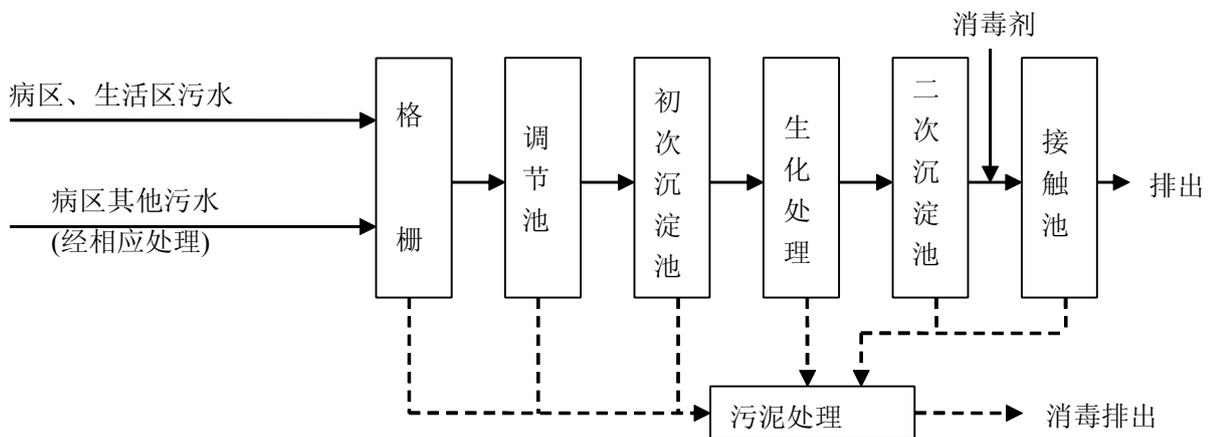
### (二)、二级处理

二级处理主要是指通过生化（包含厌氧和好氧）的处理方法，使污水中的有机物等污染物得到更高效的去除。对于医院污水，二级处理可采用“调节池→生物氧化→接触消毒”的工艺。医院污水通过化粪池进入调节池。调节池前部设置自动格栅。调节池内设提升水泵，污水经提升后进入好氧池进行生物处理，好氧池出水进入接触池消毒，经消毒后出水达标排放。调节池、

生化处理池、接触池的污泥及栅渣等污水处理站内产生的垃圾集中消毒外运焚烧。

好氧生化处理单元去除 COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub> 等有机污染物，好氧生化处理可选择接触氧化、活性污泥和高效好氧处理工艺，如膜生物反应器、曝气生物滤池等工艺。采用具有过滤功能的高效好氧处理工艺，可以降低悬浮物浓度，有利于后续消毒。

二级处理适用于传染病医院(包括带传染病房的综合医院)和排入自然水体的综合医院污水处理。



二级处理工艺流程图

### (三)、简易生化处理

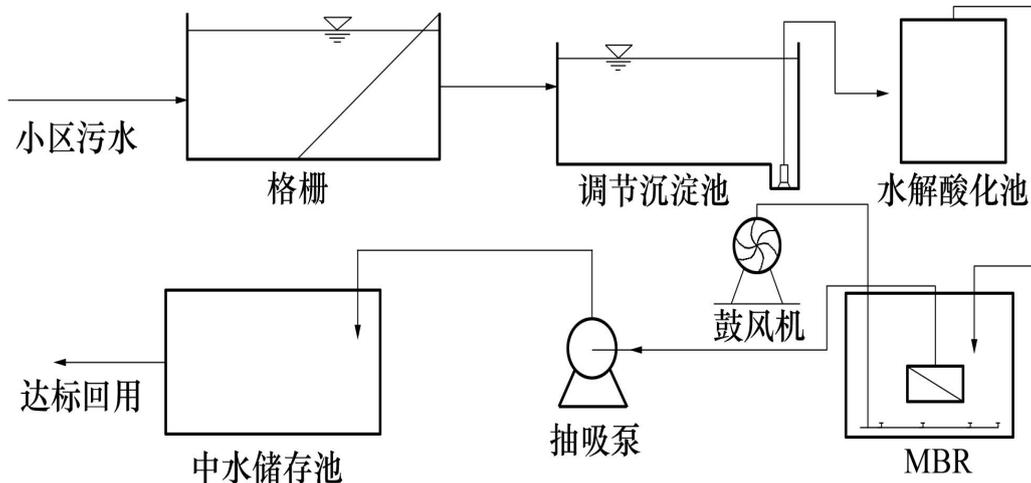
简易生化处理是指主要通过厌氧生物处理的方法，一般用来处理小型的生活污水。对于医院污水，简易生物处理可采取“沼气净化池→消毒”的工艺。沼气净化池分为固液分离区、厌氧滤池和沉淀过滤区。三区的主要功能分别为去除悬浮固体，吸附胶体和溶解性物质，进一步去除和降解有机污染物，最后通过沉淀和过滤单元去除剩余悬浮物和降解有机污染物，保证出水质量。简易生化处理一般作为边远山区、经济欠发达地区医院污水处理的过渡措施，逐步实现二级处理或加强处理效果的一级处理。

## (四)、处理工艺对比分析

表 1 处理工艺对比分析列表

工艺类型	优点	缺点	适用范围
一级强化处理	造价相对较低，工艺操作简单。	出水水质波动较大，不能稳定达标，运行费用相对较高。	适用于处理出水最终进入二级处理城市污水处理厂的综合医院
活性污泥法	对不同性质的污水适应性强。	运行稳定性差，易发生污泥膨胀和污泥流失，分离效果不够理想。	800 床以上的水量较大的医院污水处理工程；
生物接触氧化工艺	抗冲击负荷能力高，运行稳定，容积负荷高，占地面积小，污泥产量较低，无需污泥回流，运行管理简单。	部分脱落生物膜造成出水中悬浮固体浓度高；	500 床以下的中小规模医院污水处理工程。适用于场地小、水量小、水质波动较大和微生物不易培养等情况。
膜-生物反应器	抗冲击负荷能力强，出水水质优质稳定，有效去除 SS 和病原体，占地面积小，剩余污泥产量低甚至无，运行维护简单，运行费用低。	气水比高，初期投资成本略高	300 床以下小规模医院污水处理工程；医院面积小，水质要求高等情况。
曝气生物滤池	出水水质好，运行可靠性高，抗冲击负荷能力强，无污泥膨胀问题；容积负荷高且省去二沉池和污泥回流，占地面积小	需反冲洗，运行方式比较复杂，反冲水量较大	300 床以下小规模医院污水处理工程

## 五、MBR 工艺处理医院废水



某医院 MBR 处理工艺流程图

### 工艺流程简介：

- 医院的医疗废水和生活污水经过管网汇集后,经过格栅,去除大粒径的漂浮物和部分固型物,减轻后续生化处理部分的负荷,同时保护水泵避免堵塞,为后续处理设备创造良好的运行环境。
- 经过格栅后的污水进入调节沉淀池,进行水质水量的调节,液位控制器根据池内液位的高低来控制污水泵的启闭,保证污水处理系统的连续自动运行。
- 调节池内污水经提升泵加压后进入水解酸化池,使难溶性、大分子的有机物分解为易降解的小分子有机物,并去除一部分有机物。
- 水解酸化池出水至浸没式膜生物反应器,污水中的有机物经过生物反应器内微生物的降解作用,通过膜进行固液分离,使水质得到净化,膜生物反应器所需的氧气由罗茨风机提供。

### MBR 工艺处理医药污水的特点：

- 采用膜生物反应器作为主处理单元,它具有抗冲击能力强,出水水质优质稳定,其处理构筑物全部置于地下,占地面积小,布局合理。PLC 柜置于地上控制室内,使管理较为简单。
- MBR 工艺由于高效的固液分离作用,出水悬浮物浓度低,细菌和病毒失去了附着或包裹的屏障,易于被灭活,能有效去除 SS 和细菌。

- 膜组件的高效截留作用使反应器内保持了较高的生物量，提高了生物处理效率，由于 MBR 的截留作用使微生物富集，可使世代周期较长的硝化细菌得以保留和繁殖，从而到达了很好的脱氮效果。
- 反应器内微孔曝气，不仅提高了充氧效率，而且优化了反应器的水力条件。微孔曝气给生物接触氧化提供了足够的溶解氧，曝气系统有助于膜两侧的翻水，强化了气体对膜的剪切作用，有利于气液两相流间的传质，使处理系统的正常稳定运行。
- 医院废水处理产生的剩余污泥中含有大量的细菌和病原微生物，处理不当会造成二次污染。所以维持在高污泥浓度条件下运行，可有效地解决排泥问题。MBR 剩余污泥产量低，并且将剩余污泥回流到调节池中，从而达到系统污泥零排放，大大节省了污泥处理的经费问题，有利于污泥资源化管理。

## 六、MBR 应用实例



### 1.天津医科大学总医院处理量为 1000m<sup>3</sup>/d 的污水

#### ➤ 水质参数：

项目	COD (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	TP (mg/L)	SS (mg/L)	余氯 (mg/L)	大肠菌群 数(个/L)
进水	200-450	50-75	30-40	1-3	60-90	未验出	24000
出水	20-60	3-6	2-6	0.4-0.9	10-30	4.6-7.8	20

#### ➤ 运行效果：

运行至今四个月以来，未排泥，且出水水质良好，膜的高效分离作用直接或间接的起到了强化和稳定出水的目的。

- ◆ 一方面，膜对出水有机质的截留作用，保证了出水的稳定性；
- ◆ 另一方面膜的高效分离富集了污泥浓度，使反应器内的污泥浓度比传统的活性污泥法高很多，污泥负荷下降，保证了系统的高效性。
- ◆ 该装置对 SS 的去处效果较为稳定，出水色度接近于零；
- ◆ 对 COD 的去除受进水水质影响较大，进水 COD 在 200-400mg/L 间变动。

膜组件的高效截留使出水 COD 一直保持在 50mg/L 左右,去除率达到了 80% 以上,远远低于二级排放标准;

- ◆ 由于原接种污泥中世代期较长的硝化菌和反硝化菌在数量上形成优势,运行初期仍使出水氨氮维持在 5mg/L 以下,去除率达到了 80%。
- ◆ 另外,出水氨氮浓度和反应器混合液中氨氮浓度基本相同,上清液和进水中含有相同的大肠菌群数,说明膜组件对氨氮小分子的截留作用很小,氨氮的去除完全靠微生物的硝化、反硝化作用;而微生物对大肠菌群不具有去除能力,膜对大肠菌群的去除则起了决定性的作用



## 2.葫芦岛市某医院,住院部有病床 200 张,排水量为 700L/(床.d)

### ➤ 水质参数:

项目	COD (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	SS (mg/L)	PH	大肠菌群数(个/L)
进水	320	150	30	170	6-9	1.5亿
出水	≤50	≤ 10	≤ 20	≤ 10	6-9	≤ 3

### ➤ 运行效果:

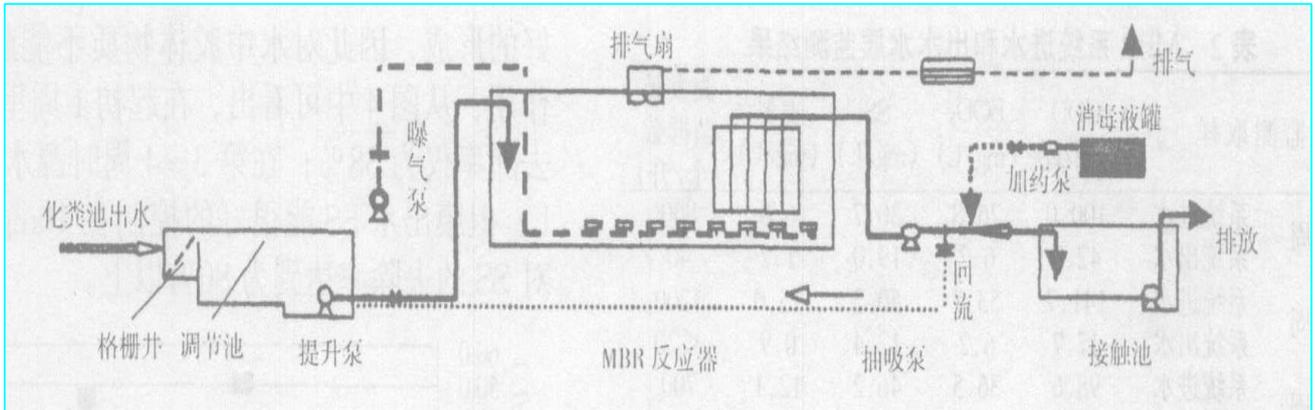
一年多的运行结果如下表:

污水回用系统水质参数

项目	SS/ (mg · L <sup>-1</sup> )	COD <sub>Cr</sub> / (mg · L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>5</sub> / (mg · L <sup>-1</sup> )	PH	NH <sub>3</sub> -N/ (mg · L <sup>-1</sup> )	大肠杆菌数/ (个 · L <sup>-1</sup> )
原水水质	170	320	150	6~ 9	30	150 × 10 <sup>6</sup>
中水水质	9	28	6	7.2~ 8.5	12	≤3
去除率%	95	91	96		43	100
回用标准	10	50	10	6~ 9	20	≤3

3.城都印钞厂公司医院，住院部有病床 70 张，设计处理水量 100 吨/天

➤ 工艺流程图如下：



➤ 运行效果

MBR 系统进水和出水水质监测结果

监测取样		COD (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	SS (mg/L)	氨氮 (mg/L)	粪大肠 菌群数 (个/升)
第 1 周	系统进水	100.0	26.8	30.7	6.8	800
	系统出水	42.0	6.2	19.0	1.2	40
第 2 周	系统进水	141.7	53.7	50.2	15.0	1200
	系统出水	17.7	6.2	12.4	0.9	< 20
第 3 周	系统进水	98.6	36.5	46.2	12.1	700
	系统出水	16.2	6.1	8.6	0.8	< 20
第 4 周	系统进水	165.5	61.2	52.8	16.2	1500
	系统出水	17.2	6.4	8.1	0.9	< 20