

膜生物反应器 (Membrane Bioreactor)

主要内容

- 1 MBR原理
- 2 MBR运行的影响因素
- 3 MBR工艺设计
- 4 MBR应用
- 5 爱科利态MBR独有的优点和特点
- 6 MBR和其它好氧工艺的比较

一、MBR原理

MBR特点:

1.出水水质好



- ◆ 可溶性大分子被截留增加停留时间。
- ◆ 较长的SRT积累大量的硝化细菌，提高消化率。
- ◆ 出水可以截留悬浮物，细菌和病毒被大幅度去除。

一、MBR原理

MBR特点:

2、工艺参数易于控制



代替二沉池，同时实现短的HRT和长的SRT。



对污泥的截留，消除了污泥膨胀。



3、耐冲击负荷



微生物浓度高，容积负荷大。



微生物浓度高，抗冲击能力强。

二、MBR运行的影响因素

1、影响MBR稳定运行的生物动力学参数

有机负荷:

在好氧MBR中，污泥浓度随容积负荷的增加迅速升高，有机物去除速率加快，污泥负荷基本保持不变，从而抑制出水水质的恶化；而在厌氧MBR中，污泥浓度升高缓慢，污泥负荷与容积负荷几乎呈正相关关系，因此厌氧MBR出水水质易受容积负荷的影响。

二、MBR运行的影响因素

1、影响MBR稳定运行的生物动力学参数

污泥浓度：

污泥浓度是MBR系统的重要参数，不仅影响有机物的去除能力，还对膜通量产生影响。研究成果表明：一定条件下污泥浓度越高，膜通量愈低。但国内学者在一体式MBR处理生活污水的研究却发现：当曝气强度足够大时（气水比近似100：1），MLSS由10g / L变化到35g/L时，MLSS与膜通量没有明显的相关性；但如果降低曝气强度，MLSS对膜通量可能产生一定的影响。

二、MBR运行的影响因素

2、膜分离参数

膜的选择：

膜材料分为有机膜和无机膜两种。由于较高的投资成本限制了无机膜在我国的广泛应用，国内MBR普遍采用有机膜，常用的膜材料为聚乙烯、聚丙烯等。分离式MBR通常采用超滤膜组件，截留分子量一般在2~30万。截留分子量越大，初始膜通量越大，但长期运行膜通量未必越大。对于一体式MBR，既可用超滤膜，也可使用微滤膜。

二、MBR运行的影响因素

2、膜分离参数

操作方式的优化：



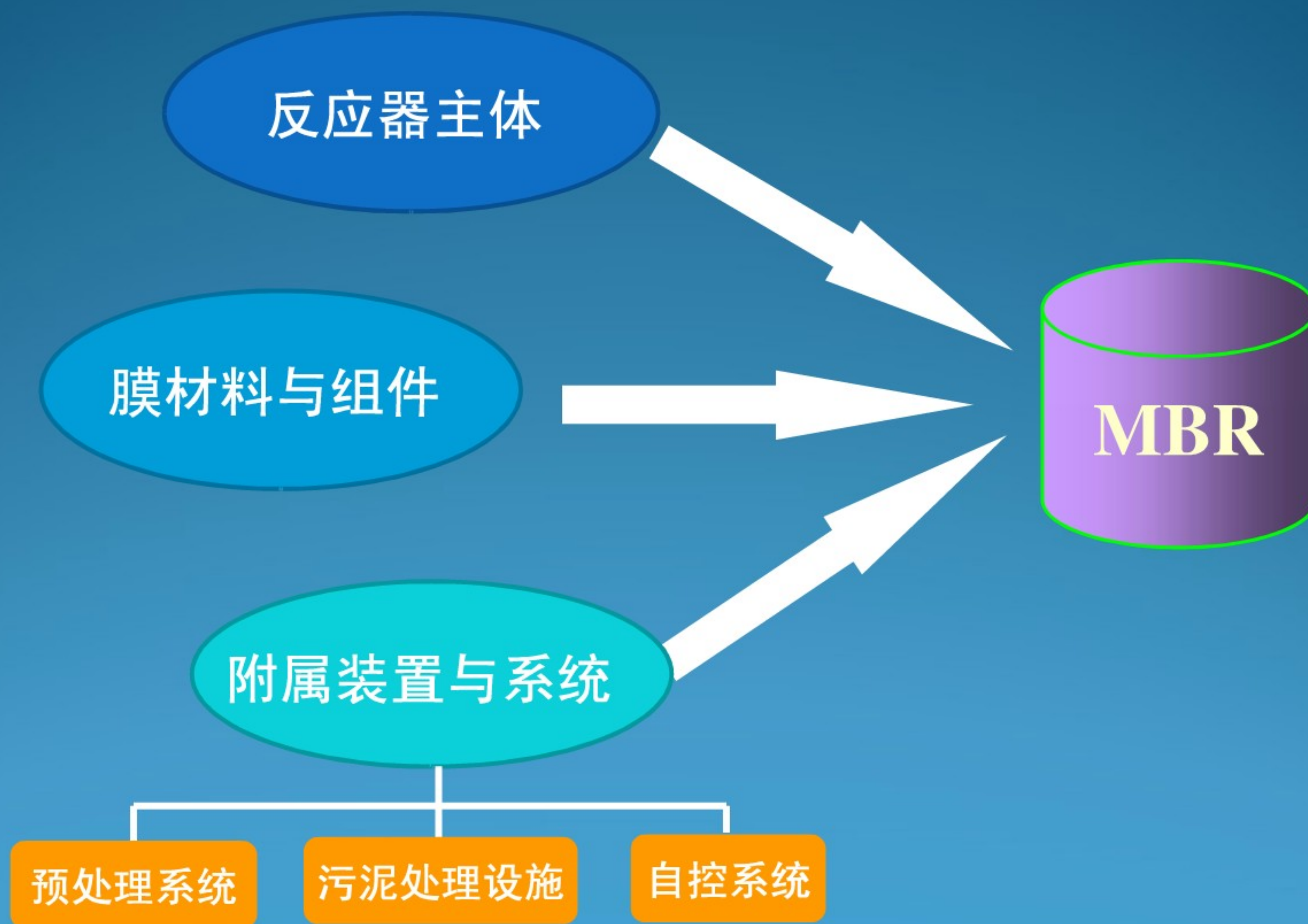
对于分体式MBR，为了减缓膜污染，反冲洗是维持MBR稳定运行的重要操作。对于一体式MBR，缩短抽吸时间或延长停吸时间和增加曝气量均有利于减缓膜污染，抽吸时间对膜阻力的上升影响最大，曝气量其次。

水力学特性的改善：



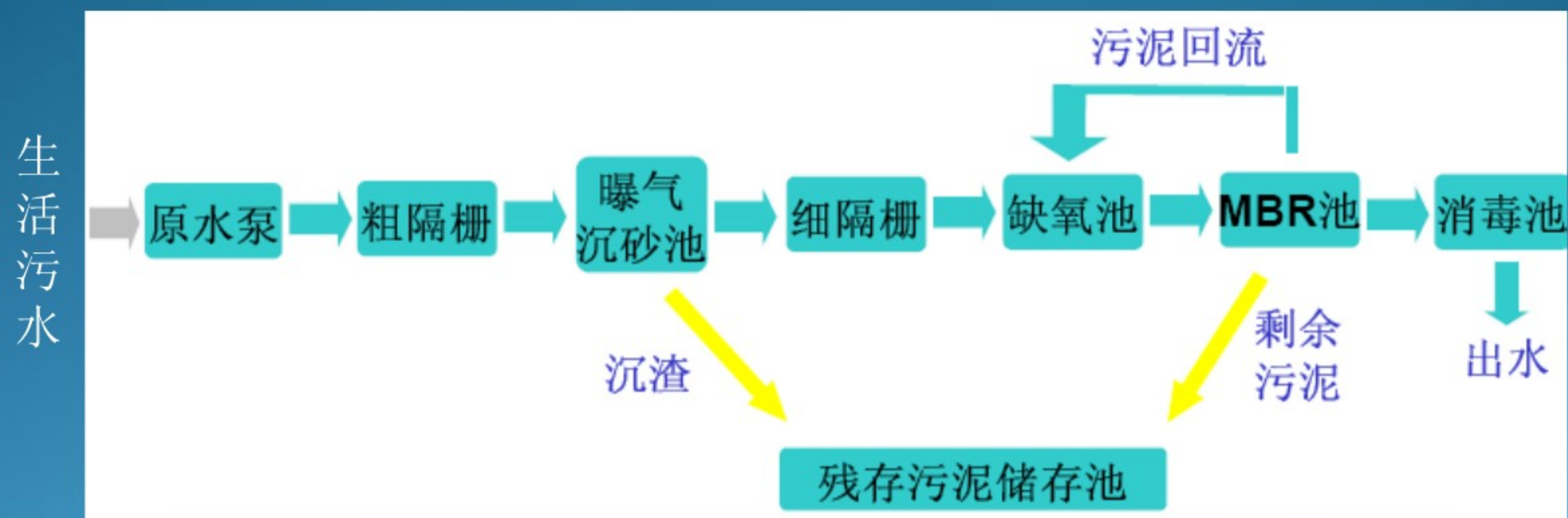
对于分体式MBR，可以提高流体的进水流速，减少浓差极化，使被截留的溶质及时被带走。对于一体式MBR，设计合理的流道结构，提高曝气强度，使较大的曝气量起到了冲刷膜表面的错流过滤效果显得尤为重要。

三、MBR工艺设计



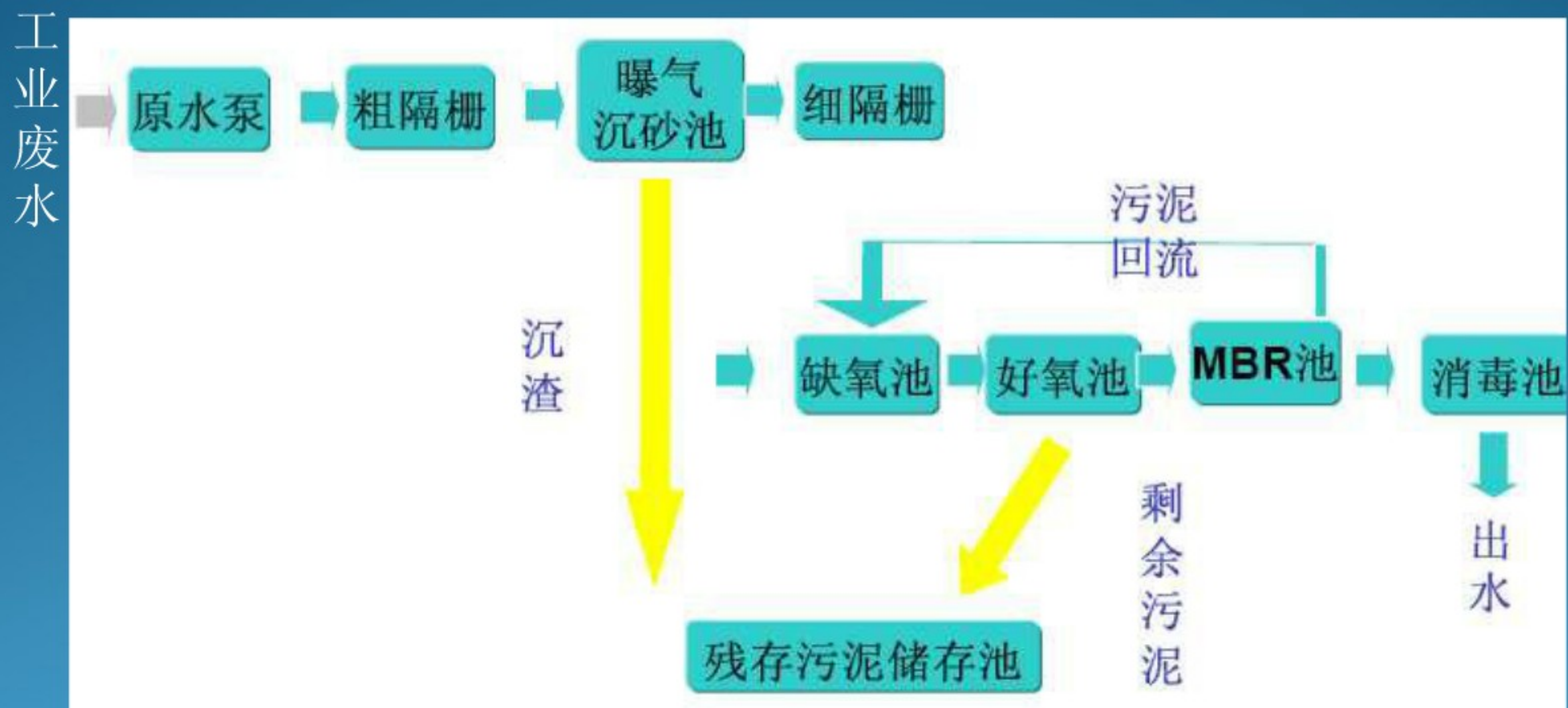
三、MBR工艺设计

1、工艺路线的选择



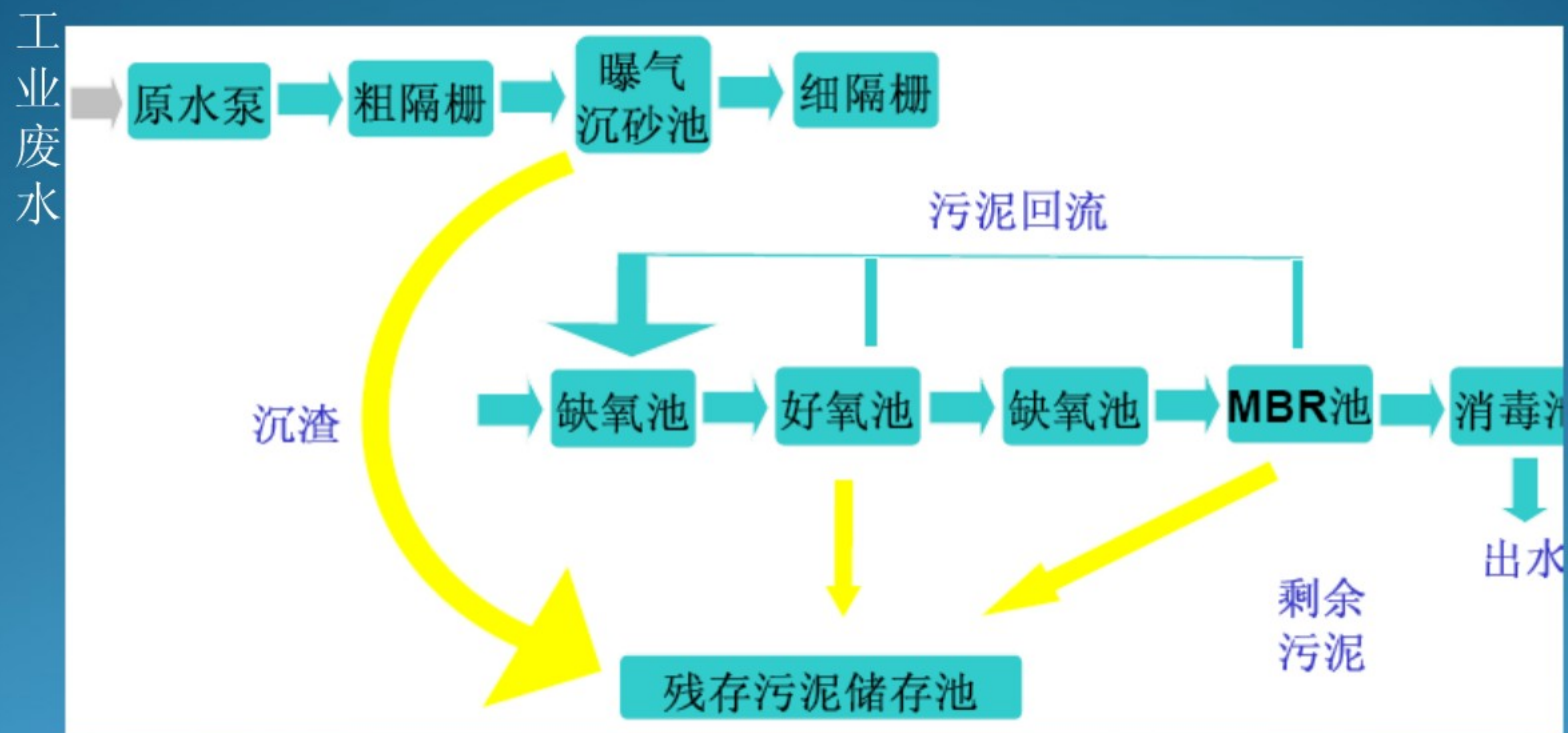
针对生活污水的推荐工艺流程

三、MBR工艺设计



针对工业废水有机物去除为主的推荐工艺流程

三、MBR工艺设计



针对工业废水氨氮去除为主的推荐工艺流程

三、MBR工艺设计

2、膜池的设计

(1) 缺氧池容积

设计原则：氮容积负荷定为 $0.2\text{kg-N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 以下；

流入缺氧池水的含氮量为 $Q_1 \times C_{\text{氨氮}}$ ；

需要缺氧池容积为 $Q_1 \times C_{\text{氨氮}} \div 0.2$ 以上。

(2) 膜生物反应池容积

设计原则：BOD容积负荷在 $2.0 \text{ kg-BOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 以下

设计缺氧池对进水BOD的去除率为 η (20%~50%)，

则流入膜生物反应池的BOD浓度为 $C_{\text{BOD}} \times (1-20\%)$ ；

需要的膜生物反应池的容积为 $C_{\text{BOD}} \times (1-20\%) \div 2$ 以上。

三、MBR工艺设计

3、膜元件的选择

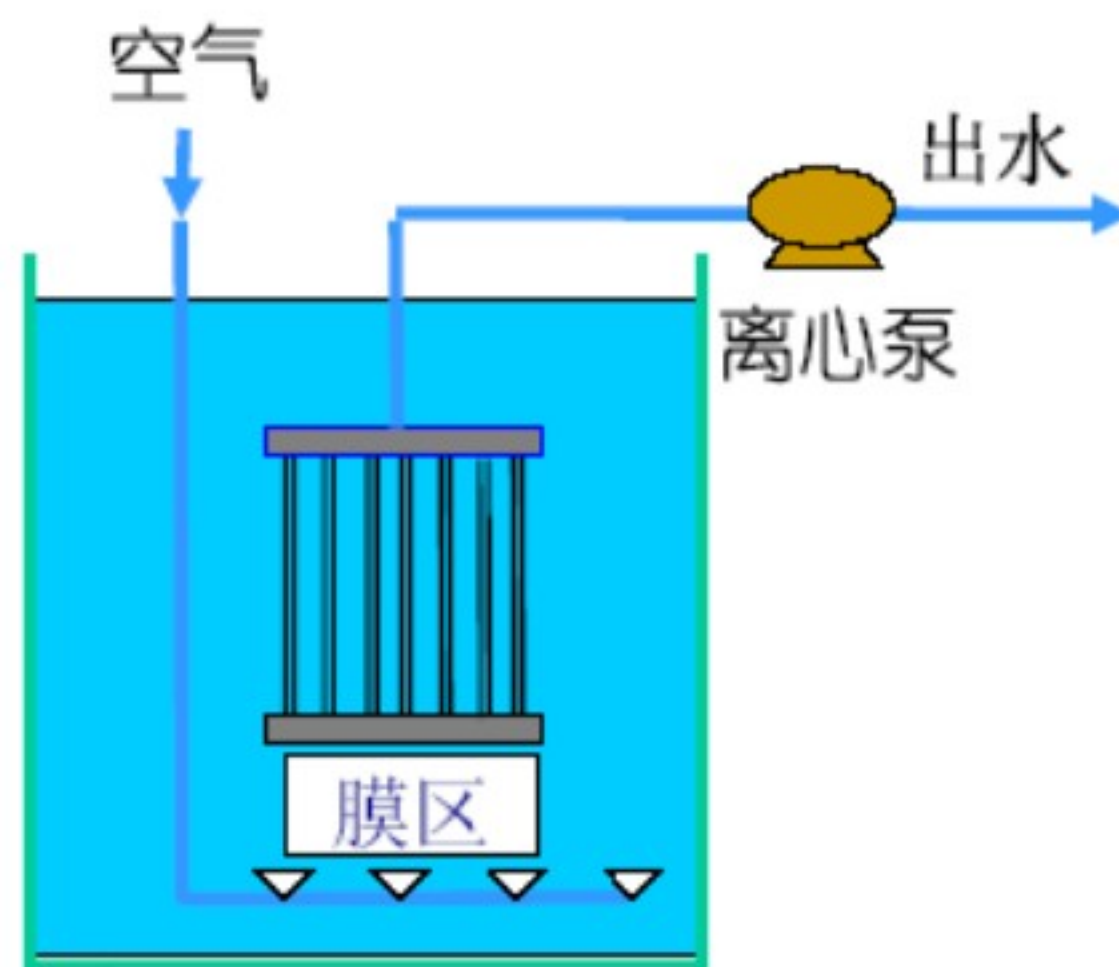
膜元件的数量

- 选择合适的膜通量
 - 确定所需要的膜面积
 - 根据单支元件的膜面积确定膜元件的数量
- ❖ MBR膜在运行过程中涉及反洗等操作，因此必须综合考虑水的利用率以及元件的停歇时间

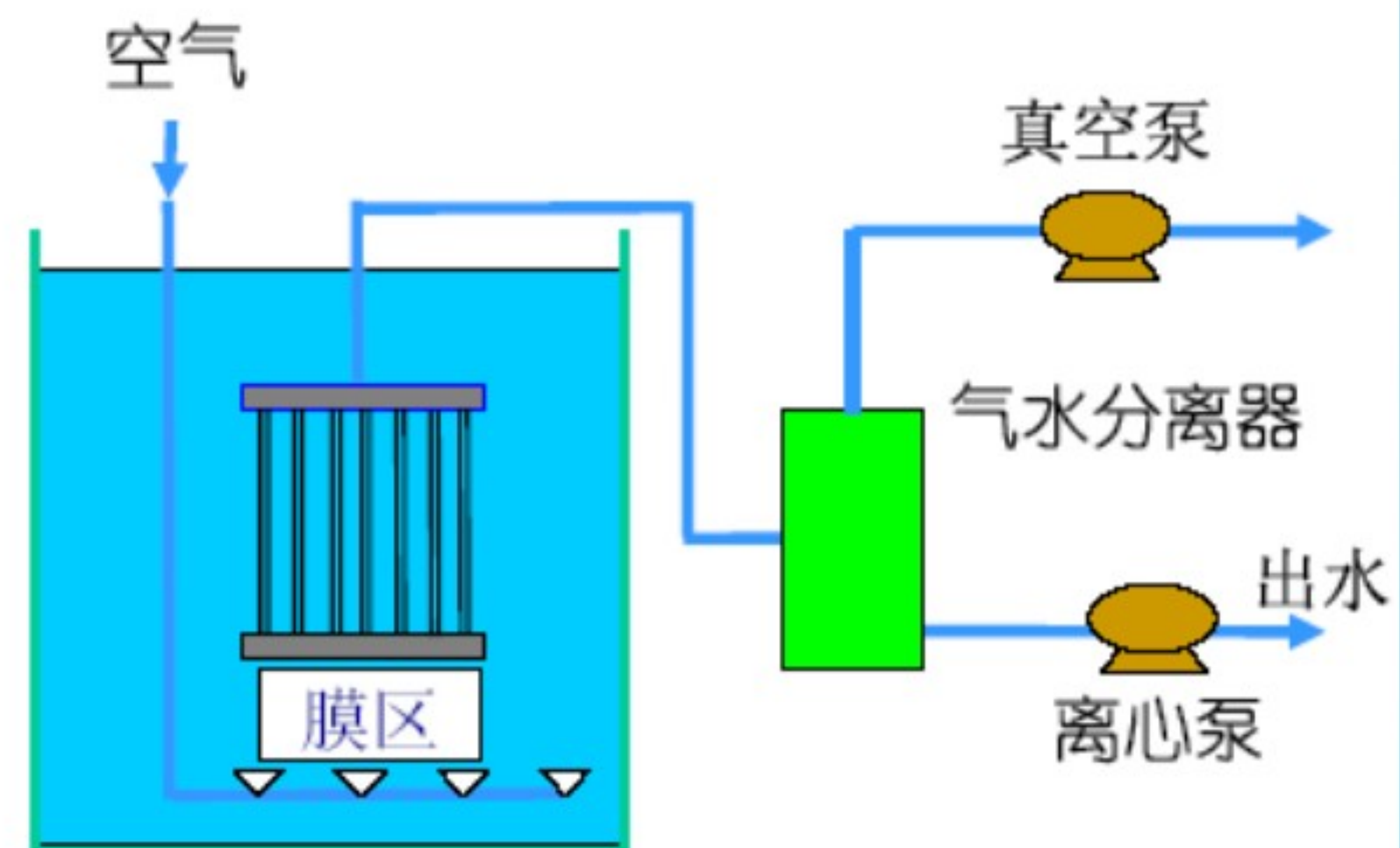
三、MBR工艺设计

4、MBR产水系统

方案一：

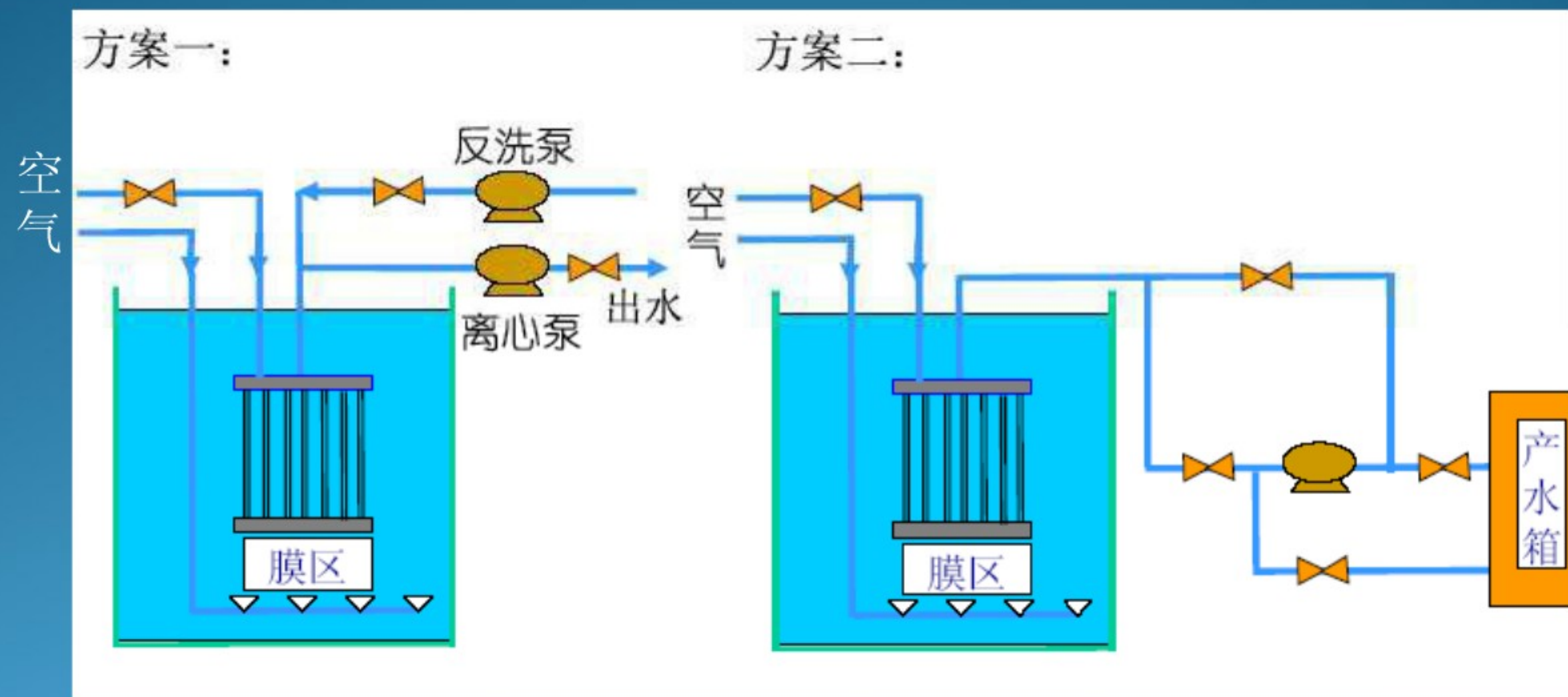


方案二：



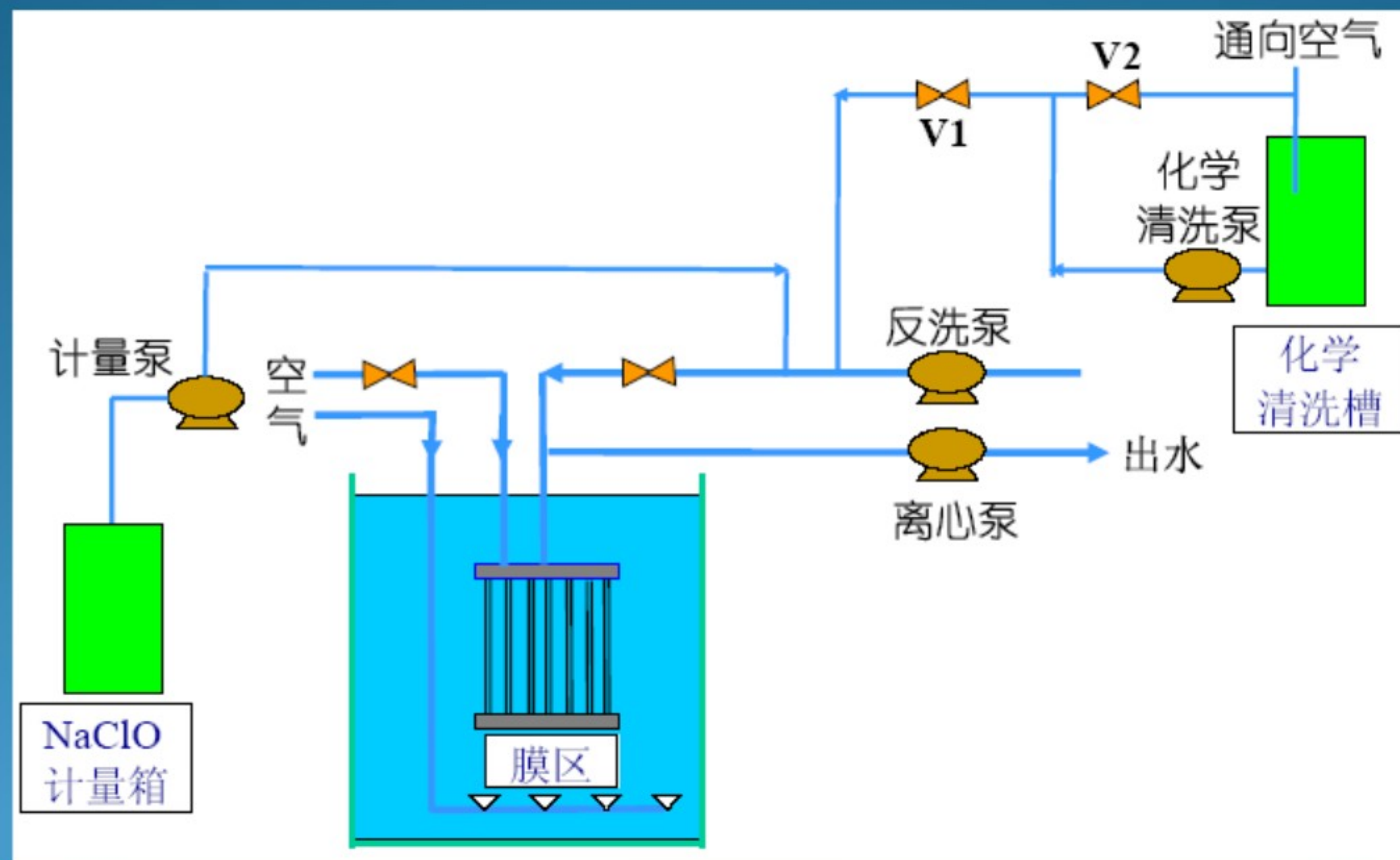
三、MBR工艺设计

5、MBR反洗气洗系统



三、MBR工艺设计

6、化学清洗系统



三、MBR工艺设计

当过滤进行较长的时间后，膜会收到一定程度的污染，化学清洗仅仅为了去除污染和污堵膜的物质。化学清洗的频率和操作的条件与进水的水质有关。通常情况下运行1~3个月或在相同的运行条件下透过膜的压差比初期上升的0.5bar以上时就应该进行化学清洗。由于膜污染较轻的时候进行化学清洗更为有效，及时定期进行化学清洗将使得系统的运行更为稳定。

推荐的化学清洗药剂

污染物	化学药剂	浓度	清洗时间
有机物	次氯酸钠(浓度10%)	1000~5000mg/L	1~2h
有机物	氢氧化钠	pH<12	1h
无机物	盐酸	0.1mol/L	1~2h

三、MBR工艺设计

7、自动控制系统

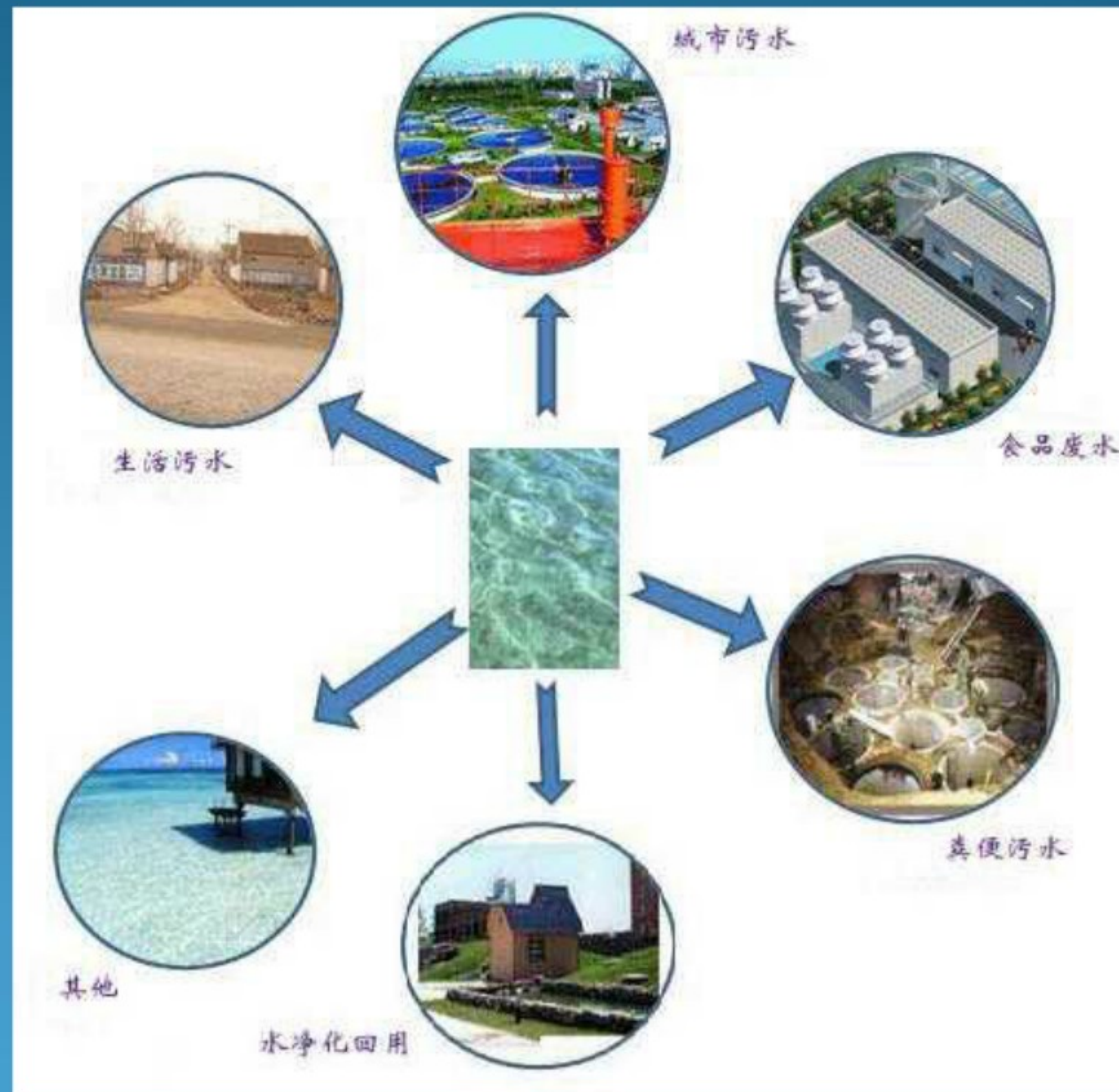
状态		运行						停机
步骤	序号	1	2	3	4	5	6	7
	步序	运行	气水反洗	停抽	CEB进药	浸泡	冲洗	停机
泵 阀 状 况 表	抽吸泵	○						
	反洗水泵		○		○		○	
	化学药剂泵				○			
	产水阀	○						
	反洗阀		○		○		○	
	进气阀		○					
时间		15- 30min	30- 60S	2- 8min	30- 60S	5- 10min	60- 90S	

三、MBR工艺设计

好氧膜—生物反应器处理城市和工业废水一些参数

项目	城市污水	工业污水
进水COD (mg/L)	44. 2~800	1333~68000
COD去除率 (%)	90~98	90~99. 8
污泥浓度 (g/L)	10~20, 最高50	>20
容积负荷 ($\text{kg COD}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$)	1. 2~5. 78	0. 25~16
污泥负荷 ($\text{kg COD}/(\text{kg VSS}\cdot\text{d})$)	0. 03~0. 55	0. 012~2. 72
污泥产率 ($\text{kg MLSS}/\text{kg COD}$)	0~0. 34	0. 05~0. 35
水力停留时间 (h)	2~24	14~389
污泥龄 (d)	5~ ∞	6.2~600
传统活性污泥法:	容积负荷: 0. 6~1. 8 $\text{kg COD}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 污泥负荷: 0. 4~0. 8 $\text{kg COD}/(\text{kg VSS}\cdot\text{d})$ 污泥龄: 5~15d	

四、MBR应用



四、MBR应用

我国人均水资源拥有量仅为 $2250\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{年}$ ，不足世界平均水平的 $1/4$ 。在我国600多个城市中，有300余座城市缺水。华北地区人均水资源低于全国人均水平的 $1/5$ ，这一地区的所有城市几乎都面临缺水问题。膜生物反应器技术以其优质的出水水质被认为是具有较好经济、社会和环境效益的节水技术而倍受关注。尽管还存在较高的运行费用问题，但随着膜制造技术的进步，膜质量的提高和膜制造成本的降低，MBR的投资也会随之降低。

四、MBR应用

另一方面，各种新型膜生物反应器的开发也使其运行费用大大降低，如在低压下运行的重力淹没式MBR、厌氧MBR等与传统的好氧加压膜生物反应器相比，其运行费用大幅度下降。因此，从长远的观点来看，膜生物反应器在水处理中应用范围必将越来越广。在水环境标准日益严格的今天，MBR已显示出其巨大的发展潜力，将是新世纪替代传统废水处理技术的有力竞争者。

四、MBR应用

以下领域被认为是MBR应用最有前途的领域：

- 现有污水处理厂的升级改造
- 无排水管网系统且生态脆弱的地区
- 有污水回用需求的地区或场所，如宾馆、洗车业等
- 高浓度、难降解工业废水的处理
- 垃圾渗滤液的处理

四、爱科利态MBR的特点

(1) 利用独特的拉伸技术制造出特殊HDPE膜

这种独特拉伸法制造的狭缝行膜孔可以比圆形膜孔更有效地去除微生物，避免堵塞，并可以提供更稳定的膜通量。

(2) 非对称结构的中空纤维膜

我们使用专利技术生产的非对称性的中空纤维膜的内表面空隙比外表面空隙大很多，这样的特殊结构，使得我们生产的中空纤维膜，有完美的过滤性能和较高的出去效率

四、MBR应用

(3) 主体工艺采用行业首创的模块化设计

我们推出的箱式模型，外形简单、装卸方便、易于安装、运行灵活、维护方便。还可以根据不同的客户要求，不同的现场环境，采用不同的组合模式。

(4) 曝气系统的优化设计

获得专利的爱科利态（ECONITY）曝气管可提供更有效的曝气，均等分布，节省能耗，相应地降低了运行费用。并且和箱式膜型配合起来，生成封闭空间，促使横向流动空气速度极大化，从而显著减少了膜表面污染。

五、MBR和其它好氧工艺的比较

1、MBR和传统活性污泥法的比较

1.1 活性污泥法的简介

传统活性污泥法是活性污泥法的基本模式，以去除污水中有机物和悬浮物为主要目的，适用于无需考虑除磷脱氮的情况，其核心处理单元曝气池和沉淀池组成。因运行方式和参数不同，传统活性污泥法演变出传统曝气、完全混合、阶段曝气、吸附再生、延时曝气、高负荷曝气、深井曝气、纯氧曝气等工艺。

五、MBR和其它好氧工艺的比较

1、MBR和传统活性污泥法的比较

1.2 MBR对于传统活性污泥法+二沉池的优势

项目 类型	MBR	活性污泥+二沉池	MBR的优点
出水方式	截留出水	自由沉淀出水	悬浮物和浊度接近于零；细菌和病毒被大幅度去除。
剩余污泥龄	少	多	剩余污泥产量低，降低污泥处理成本。
适用范围	二级处理 深度处理	二级处理	MBR 可以用于深度处理，实现污水处理的回用。
占地面积	小	大	容积负荷高，节省占地，不受设置场地限制。
运行和管理	全自动化	人工操作	HRT和SRT的完全分离，可实现微机自动控制。

五、MBR和其它好氧工艺的比较

2、MBR和SBR的比较

2.1 SBR的简介

间歇式活性污泥法或序批式活性污泥法简称SBR工艺，是近十年来活性污泥处理系统中较引人注目的一种废水处理工艺。SBR是现行的活性污泥法的一种变型，它的反应机制以及污染物质的去除机制和传统活性污泥法基本相同，仅运行操作不一样。**SBR的操作模式由进水、反应、沉淀、出水和待机等5个基本过程组成。**从污水流入开始到待机时间结束算做一个周期。在一个周期内，一切过程都在一个设有曝气或搅拌装置的反应池内依次，这种操作周而复始反复进行，以达到不断进行污水处理的目的。

五、MBR和其它好氧工艺的比较

2、MBR和SBR的比较

2.2 MBR对于SBR的优势

项目 类型 •	MBR	SBR	MBR的优点
出水方式	截留出水	滗水器出水	出水灵活且可以连续出水；细菌和病毒被大幅度去除。
剩余污泥龄	少	多	剩余污泥产量低，降低污泥处理成本。
适用范围	二级处理 深度处理	二级处理	MBR可以用于深度处理，实现污水处理的回用。
占地面积	小	大	容积负荷高，节省占地，不受设置场地限制。
去除有机物的种类	多	单一	SRT大，有利于污泥的生物多样化，增加处理范围

五、MBR和其它好氧工艺的比较

3、MBR和生物接触氧化法的比较

3.1 生物接触氧化法的简介

生物接触氧化法——在主反应区内设置填料，通过不断的培养使微生物附着在填料上，通过填料增大生物量，提高传质效率，因而对COD、BOD、SS等污染物具有很高的去除效果。工艺中微生物所需的氧通常通过人工曝气供给。生物膜生长至一定厚度后，近填料壁的微生物将由于缺氧而进行厌氧代谢，产生的气体及曝气形成的冲刷作用会造成生物膜的脱落，并促进新生膜的生长，形成生物膜的新陈代谢。填料的种类包括，粒状填料、蜂窝填料、软性填料、半软性填料、组合填料等。

五、MBR和其它好氧工艺的比较

3、MBR和生物接触氧化的比较

3.2 MBR对于生物接触氧化+二沉池的优势

项目 \ 类型	MBR	接触氧化+二沉池	MBR的优点
出水方式	截留出水	自由沉淀出水	悬浮物和浊度接近于零；细菌和病毒被大幅度去除。
剩余污泥龄	少	多	剩余污泥产量低，降低污泥处理成本。
适用范围	二级处理 深度处理	二级处理	MBR可以用于深度处理，实现污水处理的回用。
去除有机物的种类	多	单一	SRT大，有利于污泥的生物多样化，增加处理范围
运行和管理	全自动化	人工操作	HRT和SRT的完全分离，可实现微机自动控制。

五、MBR和其它好氧工艺的比较

4、MBR和曝气生物滤池的比较

4.1 曝气生物滤池的简介

曝气生物滤池（简称BAF）又称淹没式曝气生物滤池（简称SBAF），是在20世纪70年代末80年代初出现于欧洲的一种膜法处理工艺。该技术最初用于污水处理的二级处理以后，由于其良好的处理性能，应用范围不断扩大。曝气生物滤池分为上向流式和下向流式。曝气生物滤池的主体可分为布水系统、布气系统、承托层、生物填料层、反冲洗系统等五个部分。污水从池上部进入滤池，并通过由填料组成的滤层，在填料表面形成有微生物栖息的生物膜。在污水率过滤层的同时，空气从填料底部通过，并由填料的间隙上升，与下流的污水相向接触空气中的氧转移到污水中，向生物膜上的微生物提供充足的溶解氧和丰富的有机物。在微生物的新陈代谢作用下，有机污染物被降解，污水得到处理。

五、MBR和其它好氧工艺的比较

4、MBR和曝气生物滤池的比较

4.2 MBR对于曝气生物滤池的优势

项目 \ 类型	MBR	曝气生物滤池	MBR的优点
剩余污泥龄	少	多	剩余污泥产量低，降低污泥处理成本。
去除有机物的种类	多	单一	SRT大，有利于污泥的生物多样化，增加处理范围
运行和管理	全自动化	人工操作	HRT和SRT的完全分离，可实现微机自动控制。

五、MBR和其它好养工艺的比较

5、MBR和A²/O的比较

5.1 A²/O的简介

A²/O包括厌氧段、缺氧段、好氧段和沉淀池组成。

- 1、厌氧反应器，原污水与从沉淀池排出的含磷回流污泥同步进入，本反应器主要功能是释放磷，同时部分有机物进行氨化；
- 2、缺氧反应器，首要功能是脱氮，硝态氮是通过内循环由好氧反应器送来的，循环的混合液量较大，一般为2Q（Q为原污水流量）；
- 3、好氧反应器——曝气池，这一反应单元是多功能的，去除BOD，硝化和吸收磷等均在此处进行。流量为2Q的混合液从这里回流到缺氧反应器。
- 4、沉淀池，功能是泥水分离，污泥一部分回流至厌氧反应器，上清液作为处理水排放。

五、MBR和其它好养工艺的比较

5、MBR和A²/O的比较

5.2 MBR对于A²/O+二沉池的优势

项目 类型	MBR	A ² /O+二沉池	MBR的优点
出水方式	截留出水	自由沉淀出水	悬浮物和浊度接近于零；细菌和病毒被大幅度去除。
剩余污泥龄	少	多	剩余污泥产量低，降低污泥处理成本。
硝化效率	高	低	微生物被完全截留在生物反应器内，从而有利于增殖缓慢的硝化细菌生长，提高硝化速率。
占地面积	小	大	容积负荷高，节省占地，不受设置场地限制。