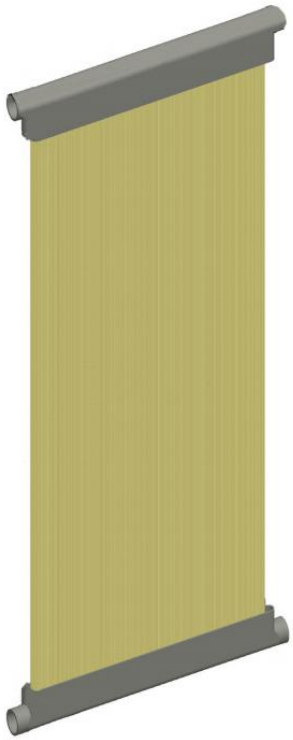
FR-MBR 膜设计手册

FR-MBR MeFR-MBRane Design Manual



杭州膜能膜分离科技有限公司
Hangzhou MONON Membrane Tech Co.,Ltd.

第一章　**公司简介**..... - 3 -
第二章　**高抗污染 FR-MBR 膜的选型及应用设计介绍**..... - 4 -
2.1 膜生物反应器的典型工艺流程图..... - 4 -
2.2 MBR 系统预处理及工艺选择..... - 5 -
2.2.1 传统活性污泥法的预处理..... - 5 -
2.2.2 保护 MBR 膜的预处理..... - 5 -
2.2.3 MBR 常见预处理工艺..... - 6 -
2.3　MONON FR-MBR 膜..... - 7 -
2.3.1 产品独特性能介绍..... - 8 -
2.3.2 型号及性能参数见表 1-1、表 1-2..... - 10 -
2.4　MONON FR-MBR 膜组件..... - 12 -
2.4.1 FR-MBR 膜组件型号规格参数..... - 13 -
第三章 **FR-MBR 膜及配套设备选型设计（以生活污水为范例）**..... - 15 -
3.1　MBR 系统运行方式选择..... - 15 -
3.2 案例背景介绍..... - 15 -
3.3 高抗污染 FR-MBR 膜组件选型..... - 16 -
3.3.3 FR-MBR 膜通量的校验..... - 17 -
3.4 配套设备选型..... - 18 -
3.4.1 曝气相关设备..... - 19 -
3.4.2 出水相关设备..... - 20 -
3.4.3 膜清洗设备..... - 21 -
3.8 电控设备..... - 24 -
第四章 **高抗污染 FR-MBR 膜组件布置**..... - 25 -
FR-MBR 膜组件布置..... - 25 -
第五章 **MBR 膜系统的设计应用条件**..... - 26 -
MBR 膜系统的正常运行条件..... - 26 -
第六章 **膜产品服务**..... - 27 -
技术支持及服务..... - 27 -
第七章 **特别说明**..... - 27 -

第一章　公司简介

杭州膜能膜分离科技有限公司是专注于高抗污染系列滤膜产品的开发、生产、推广和应用集成服务的高新技术企业，也是国内首家集中空纤维膜和平板膜生产于一体的设计制造商。企业总部及研发中心设立于杭州，并在中国环保之乡——江苏.宜兴建立了规模化的膜及膜设备生产制造基地。

杭州膜能（MONON）开发生产的核心产品包括中空纤维高抗污染 MBR 帘式膜（FR-MBR 膜)、MBR 平板膜组件、EHBR 膜/MABR 膜组件、外置式 MBR 膜组件、PVDF/PP/PS 中空纤维超滤膜组件、PTFE-MBR 膜、浸没式超滤膜组件；并提供成套膜设备的设计、制作、集成与膜技术应用的解决方案。

杭州膜能膜独立自主开发的全新一代 FR（ Fouling Resistance）高抗污染系列膜产品及全通道系列平板膜是一种专门为 MBR 膜生物反应器和浸没式超滤膜（IUF）系统而开发的产品。公司产品已经被广泛应用于工业废水处理、市政/生活污水工程、中水回用、反渗透/纳滤预处理、纯水制备、传统污水系统升级改造、物料提取/分离（生物、制药、冶金、化工）等领域 。同时，公司产品自开拓国际市场以来，在俄罗斯、加拿大、墨西哥、韩国及东南亚国家拥有良好的口碑。

杭州膜能膜一直秉着“追求卓越品质、服务用户至善”的企业理念，致力于成为国内膜分离行业的革新者、致力于用膜分离科技改善生态环境、创新绿色工业。

关于本手册

本手册专门针对杭州膜能膜分离科技有限公司生产的高抗污染 FR-MBR 膜组件的设计及配套设备选型。如有需要请直接到我司官网或者按以下方式与我公司取得联系。

杭州膜能膜分离科技有限公司

手机：178-5886-7688

电话：0571-88550529

邮箱：monontech@163.com

网址：www.monon-tech.com

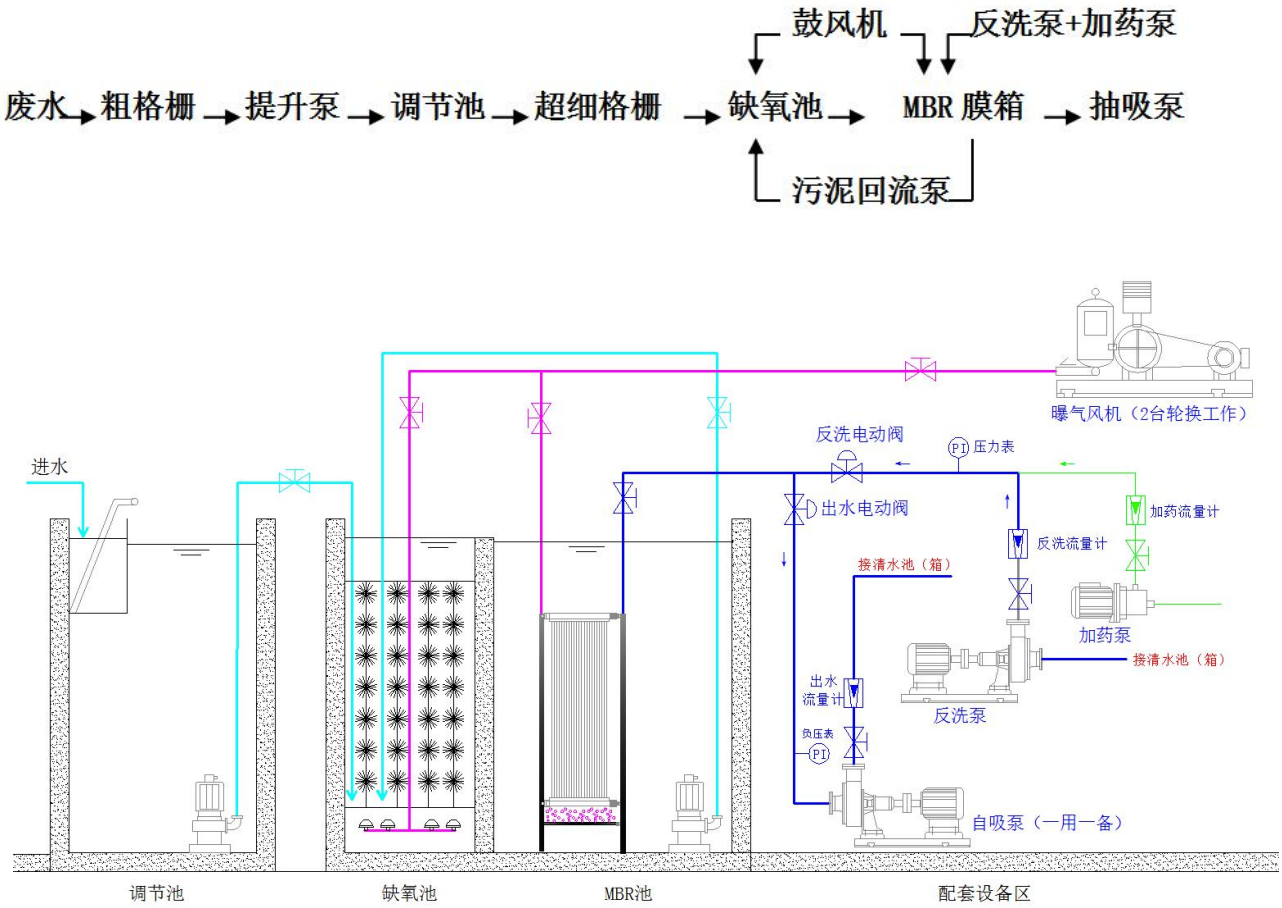
地址：杭州市.余杭区.仓前街道.龙塘路 16 号

第二章　高抗污染 FR-MBR 膜的选型及应用设计介绍

高抗污染 FR-MBR 膜一般应用于膜生物反应器（MBR）工艺中。膜生物反应器（MBR）技术与传统活性污泥法技术一样，原水中的有机物最终都是通过微生物而进行分解，FR-MBR 膜主要起到分离生化后水和污泥的作用，所以在设计前也需要充分考虑待处理废水的可生化性、进水水质、出水要求等因素，然后确定合适的工艺和相关的设计参数。

对于大型的高抗污染 FR-MBR 膜应用项目，特别是针对成份复杂的工业废水，在确定工艺和设计参数前，最好通过足够的小试或中试试验来进行摸索和验证。

2.1 膜生物反应器的典型工艺流程图



注：FR-MBR 膜的使用必须遵循的原则：原水经过前级必要的格栅、调节均衡、厌氧、缺氧或者好氧等生化处理，最后进入 MBR 膜系统。

2.2 MBR 膜系统预处理及工艺选择

高抗污染 FR-MBR 膜组件应用的预处理包括传统活性污泥法的预处理和高抗污染 FR-MBR 膜的预处理两部分。

2.2.1 传统活性污泥法的预处理

注意! (1) 颗粒物的去除：粗格栅、细格栅和沉砂池等

注意! (2) 水质水量调整：调节池、加酸碱调 PH 值、絮凝和沉淀等

注意! (3) 可生化性处理：微电解、水解酸化、厌氧、兼氧和接触氧化等

2.2.2 保护 MBR 膜的预处理

注意! (1) 除油设施：如果待处理废水中含有油脂或矿物质油时，需要配备专门的除油设施（如吸附和气浮等），使动植物油脂含量< 30mg/l，矿物质油含量< 3 mg/l。这是因为随着过滤的进行，油脂或矿物质油成份会广泛的吸附在 FR-MBR 膜丝表面上，从而堵塞膜丝表面的微孔造成不可修复性的膜污堵。

注意! (2) 超细格栅：如果待处理废水中含有头发及纤维状物质，在配备常规的粗格栅（20-25mm）和细格栅（5-10mm）后，还需要配备孔径为 1mm 的超细格栅（转鼓格栅应用比较普遍）。这是因为头发及纤维状物质很容易缠绕在 FR-MBR 膜丝上，造成膜丝抱团引起活性污泥结块污堵膜丝或膜丝断裂，影响出水水量和水质。

注意! (3) 消泡剂：如果系统污泥起泡比较多需要加消泡剂时，只能使用高级乙醇系列消泡剂，严禁使用硅类消泡剂。这是因为随着过滤的进行，硅类消泡剂会广泛的吸附在 FR-MBR 膜片的膜丝表面上，从而堵塞膜丝表面的微孔造成不可修复性的膜污堵。

注意! (4) 助凝剂和絮凝剂：如果在系统的前级处理中有使用助凝剂和絮凝剂时（特别是高分子絮凝剂聚丙烯酰胺（PAM）等），应避免未絮凝的助凝剂和絮凝剂进入膜生物反应器（MBR）的膜池中。这是因为随着过滤的进行，助凝剂和絮凝剂会广泛的吸附在 FR-MBR 膜丝表面上，从而堵塞膜丝表面的微孔造成不可修复性的膜污堵。

注意！（5）活性污泥：FR-MBR 膜组件的污泥浓度耐受值为 3000-10000mg/l,适宜值为 6000-8000mg/l。污泥浓度过低会影响系统的处理效果，污泥浓度过高会加剧 FR-MBR 组件（FR-MBR 膜片）的污堵，进而影响系统的正常运行。

2.2.3 MBR 常见预处理工艺

膜生物反应器（MBR）一般作为最后一道处理工艺，膜池内进水的几项重要指标要求控制在：COD 在 500mg/L 以下；BOD 在 300mg/L 以下；悬浮物 TSS 在 150mg/L；氨氮在 50mg/L 以下；水温不低于 20℃；溶解氧在 2-4 mg/L。常见的膜池前端设置的预处理工艺如下：

（1）厌氧池

厌氧池发生有机物的酸化、氧化反应和活性污泥中的聚磷菌释放磷到混合液中。厌氧池出水流入缺氧池。

（2）缺氧池

在缺氧池发生 COD 的氧化反应、硝酸盐的反硝化反应，实现总氮的去除。缺氧池出水流入好氧池。

（3）膜池（好氧池）

好氧池放置膜组件，在出水泵作用下出水。在好氧池继续降解有机物、氨氮发生硝化反应转变成硝酸盐、混合液中的磷被活性污泥中的聚磷菌吸收。

（4）混合液回流

好氧池底部设有污泥回流管，通过回流泵将污泥回流进厌氧池和缺氧池。

MBR 系统为连续运行，实现从水中去除有机物（COD）、氨氮（NH3-H）、总氮（TN）和总磷（TP），用户可根据水质情况，增减厌氧池与缺氧池（无脱氮除磷要求）。

以下是本公司针对不同水处理要求所建议的处理工艺，如下表所示：

水处理要求	处理工艺
去除有机物（BOD）	好氧池（膜池）
去除有机物（BOD）+脱氮	缺氧池+好氧池（膜池）
去除有机物（BOD）+除磷	好氧池（膜池）+化学除磷
去除有机物（BOD）+脱氮除磷	厌氧池+缺氧池+好氧池（膜池）
高浓度有机物（BOD）	厌氧工艺+MBR

注：对于各种废水（尤其是工业废水）都应该做好 MBR 工艺的预处理，使得 MBR 膜长期稳定高效运行。

2.3 MONON FR-MBR 膜

杭州膜能科技开发的高抗污染 FR-MBR 膜的型号按下列规则由品牌名称、英文字母代号和阿拉伯数字组成。

型号名称：MONON FR-MBR-mm

杭州膜能高抗污染（Fouling Resistance）FR-MBR 膜

mm： 单片膜面积数，单位：㎡

示例 MONON FR-MBR-15：杭州膜能单片 15 平米的高抗污染 MBR 膜

示例 MONON FR-MBR-25：杭州膜能单片 25 平米的高抗污染 MBR 膜

杭州膜能高抗污染（Fouling Resistance）FR-MBR 膜主要由产水集水管、PU/环氧灌封胶、高抗污染（Fouling Resistance）FR 膜丝组成。

FR-MBR 膜先进结构参见图 1-1

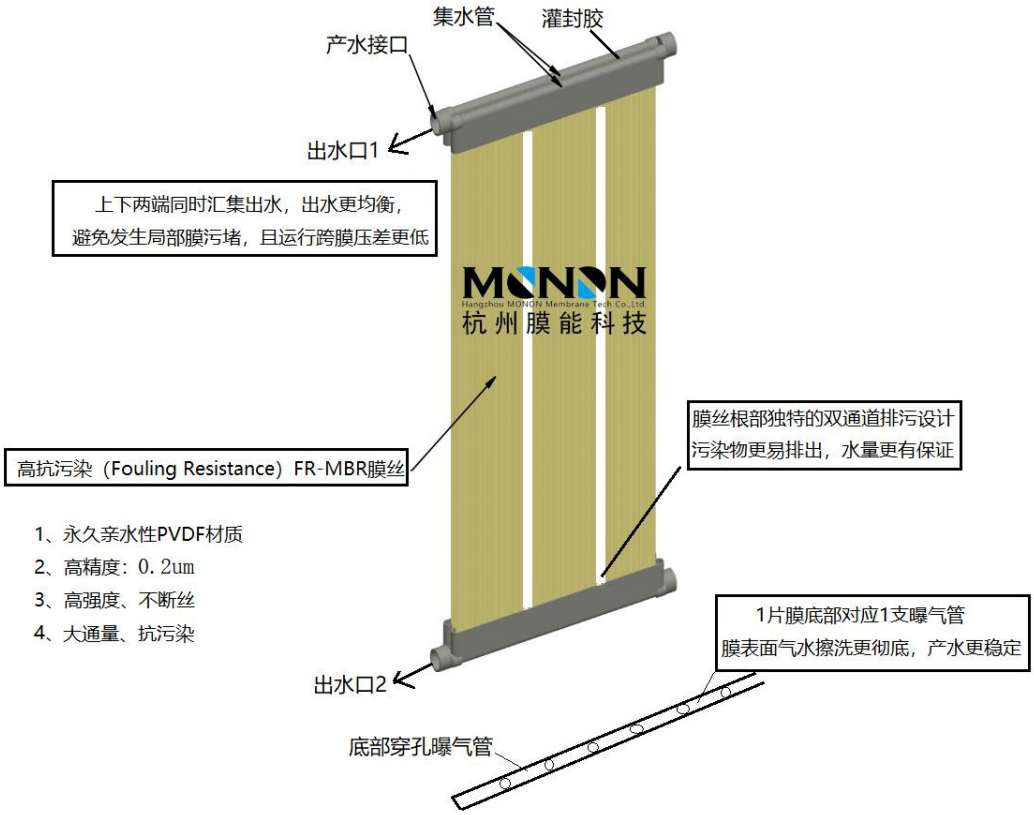


图 1-1

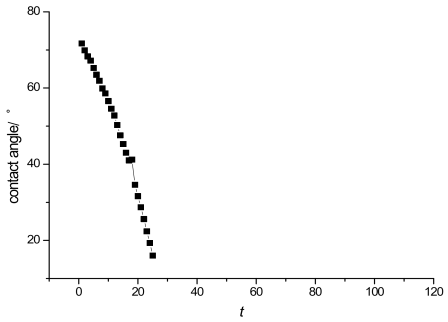
2.3.1 产品独特性能介绍

高抗污染（Fouling Resistance）性

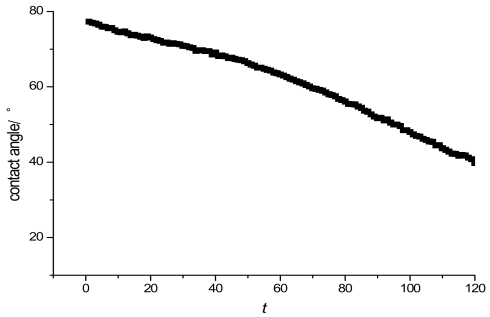
杭州膜能（MONON）开发的高抗污染（Fouling Resistance）FR-MBR 膜经过特殊的永久亲水化处理和抗菌/抗藻改性，使膜丝在保持 PVDF 优良特性的基础上具备较强的亲水性和超强的抗污染能力。亲水角是表征膜的抗污染性能最直接的指标。

杭州膜能（MONON）抗污染亲水复合膜与非亲水膜的接触角对比：

动态接触角数据：

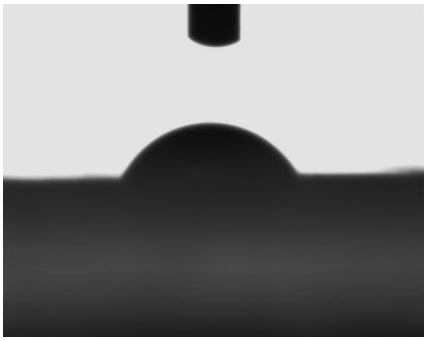


杭州膜能（MONON）

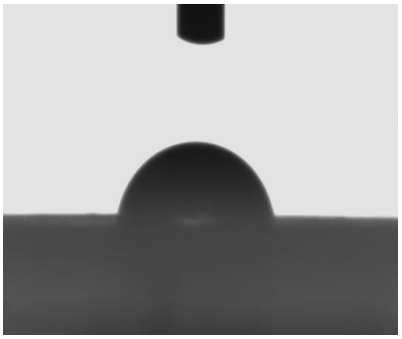


非亲水膜

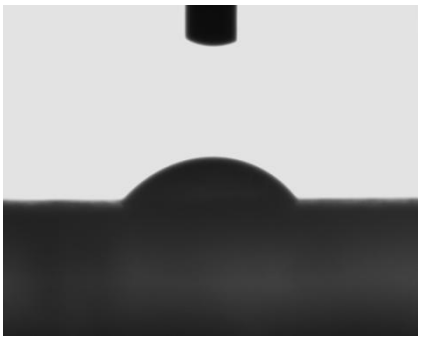
相同时间静态接触角变化：



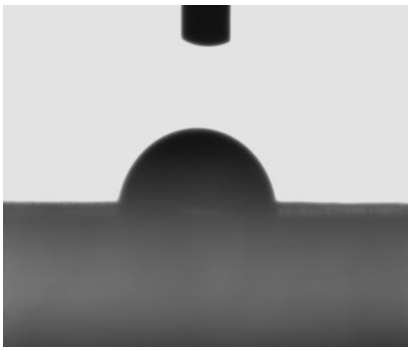
MONON 高抗污染膜 1.5s（67 °）



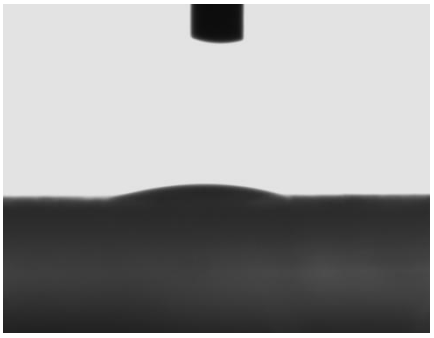
非亲水膜 1.5s（80 °）



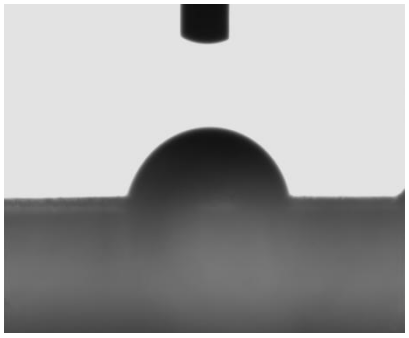
MONON 高抗污染膜 15s（51 °）



非亲水膜 15s（78 °）



MONON 高抗污染膜 25s（17.8°）



非亲水膜 25s（75°）

高抗污染亲水膜可以带来以下好处：

- 可以在较低的跨膜压力下，得到较高的水通量；

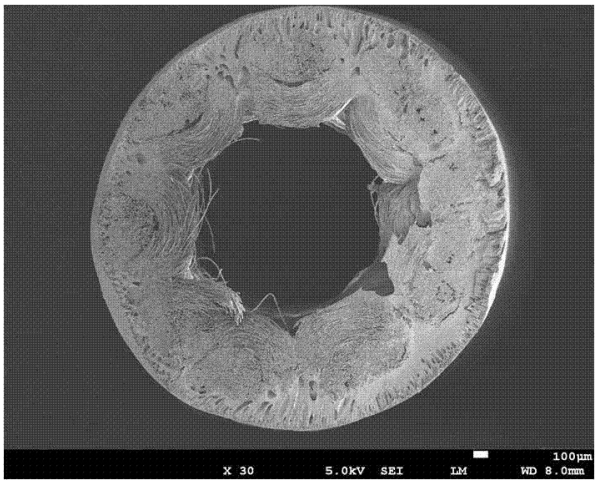
由于亲水剂的存在，膜孔的表面张力变小，水更加容易通过膜孔，阻力更小。

- 抗污能力与同类膜相比更强；

由于 PVDF 本身是疏水性能，更容易将污染物吸附在膜表面。而 MONON 高抗污染膜通过抗菌/抗藻改性，在水中会在膜表面形成一层水凝胶层，对大部分污染物（特别是对膜污染的最大贡献者-胞外聚合物）不容易附着，同时运行过程中在膜表面形成的泥饼更加疏松，容易抖落或者反冲脱落。

膜与编织管--领先的膜渗入技术

杭州膜能科技开发的 FR-MBR 膜的由编织管增强，通过调整优化铸膜液配方，造就了微观结构领先的膜渗入结构，膜的本体与增强编织管紧密的融合在一起，不仅解决了 NIPS 法制备的均质膜容易断丝的问题，还很大程度克服了膜过滤皮层易脱落的问题。



2.3.2 型号及性能参数见表 1-1、表 1-2

【高抗污染 FR-MBR 膜（标准）系列】

MBR 膜型号		MONON FR-MBR-10	MONON FR-MBR-15	MONON FR-MBR-20
品牌		杭州膜能®		
组件参数	有效膜面积	10	15	20
	高×宽×厚（mm）	1000×534×46	1500×534×46	2050×540×46
	膜材质	PVDF（聚偏二氟乙烯)+PET+特种纳米粒子（抗菌/抗藻）		
	平均孔径	0.2μm		
	膜丝内外径	1.0/2.1 mm		
	两端集水管	Φ40 mm		
	高抗污染设计	膜束之间设有大间距—排污、排气通道		
接口	ABS 出水接口	活接/软管/承插口		
使用条件	自来水通量	≥80 L/（㎡.h） （25℃,-0.02Mpa)		
	设计膜通量(25℃)	10～25 L/（㎡.h）		
	过滤方式	负压抽吸过滤		
	正常抽吸负压	-40KP（负压越低越好）		
	最大跨膜压差	-60kpa		
	推荐工作温度	15～35 ℃		
	清洗 PH 值	1～13		
	组件平均曝气量	4.5-5.5m³/h.帘		
	推荐污泥浓度（MLSS）	6000～8000mg/L（Min:3000mg/L Max：10000mg/L)		
	推荐运行周期	产水 8 分钟，停止 2 分钟		

表 1-1 MONON FR-MBR 膜型号及性能

注：1.对于不同的水质，其设计膜通量会有较大区别，用户应进行充分试验或者咨询我司。

2.自来水通量为国标自来水，在 25℃和-20Kpa 抽吸真空度条件下的测试数值。

3.膜片的尺寸及规格参数可根据要求订制，以实际为准；

4.双层型的膜组件曝气量为 2.5-3m³/h.帘

5.膜通量的设计还需考虑温度系数，低温会导致膜通量、产水量的下降外，也会抑制膜的透水性,同时生物活性下降，黏滞性增大，水温分别在 10、20、30℃时，设计膜通量的校正系数分别约为 0. 75、0. 92、1.1，水温 10℃时的膜通量相对 30℃时约低 32%。

【高抗污染 FR-MBR 膜（标注）系列】

MBR 膜型号		MONON FR-MBR-25	MONON FR-MBR-30
品牌		杭州膜能®	
组件参数	有效膜面积	25	30
	高×宽×厚	2050×540×46 mm	2050×785×40 mm
	膜材质	PVDF（聚偏二氟乙烯)+PET+特种纳米粒子（抗菌/抗藻）	
	平均孔径	0.2μm	
	膜丝内外径	1.0/2.1 mm	
	两端集水管	Φ40 mm	
	高抗污染（FR）设计	膜束之间设有大间距—排污、排气通道	
接口	ABS 出水接口	活接/软管/承插口	
使用条件	自来水通量	≥80 L/（㎡.h） （25℃,-0.02Mpa)	
	设计膜通量(25℃)	10～25 L/（㎡.h）	
	过滤方式	负压抽吸过滤	
	正常抽吸负压	-40KP（负压越低越好）	
	最大跨膜压差	-60kpa	
	推荐工作温度	15～35 ℃	
	清洗 PH 值	1～13	
	组件平均曝气量	5-6 m³/h.帘	
	推荐污泥浓度（MLSS）	6000～8000mg/L（Min:3000mg/L Max：10000mg/L)	
	推荐运行周期	产水 8 分钟，停止 2 分钟	

表 1-2 MONON FR-MBR 膜型号及性能

注：1.对于不同的水质，其设计膜通量会有较大区别，用户应进行充分试验或者咨询我司。

2.自来水通量为国标自来水，在 25℃和-20Kpa 抽吸真空度条件下的测试数值。

3.膜片的尺寸及规格参数可根据要求订制，以实际为准；

4.双层型的膜组件曝气量为 2.5-3m³/h.帘

5.膜通量的设计还需考虑温度系数，低温会导致膜通量、产水量的下降外，也会抑制膜的透水性,同时生物活性下降，黏滞性增大，水温分别在 10、20、30℃时，设计膜通量的校正系数分别约为 0. 75、0. 92、1.1，水温 10℃时的膜通量相对 30℃时约低 32%。

2.4 MONON FR-MBR 膜组件

本公司提供的高抗污染 FR-MBR 膜组件构成如表 2-1 所示，出厂产品不提供膜组件用鼓风机、抽吸泵等附属设备（附属设备选型见 3.5）。膜组件结构如图 2-1 所示：

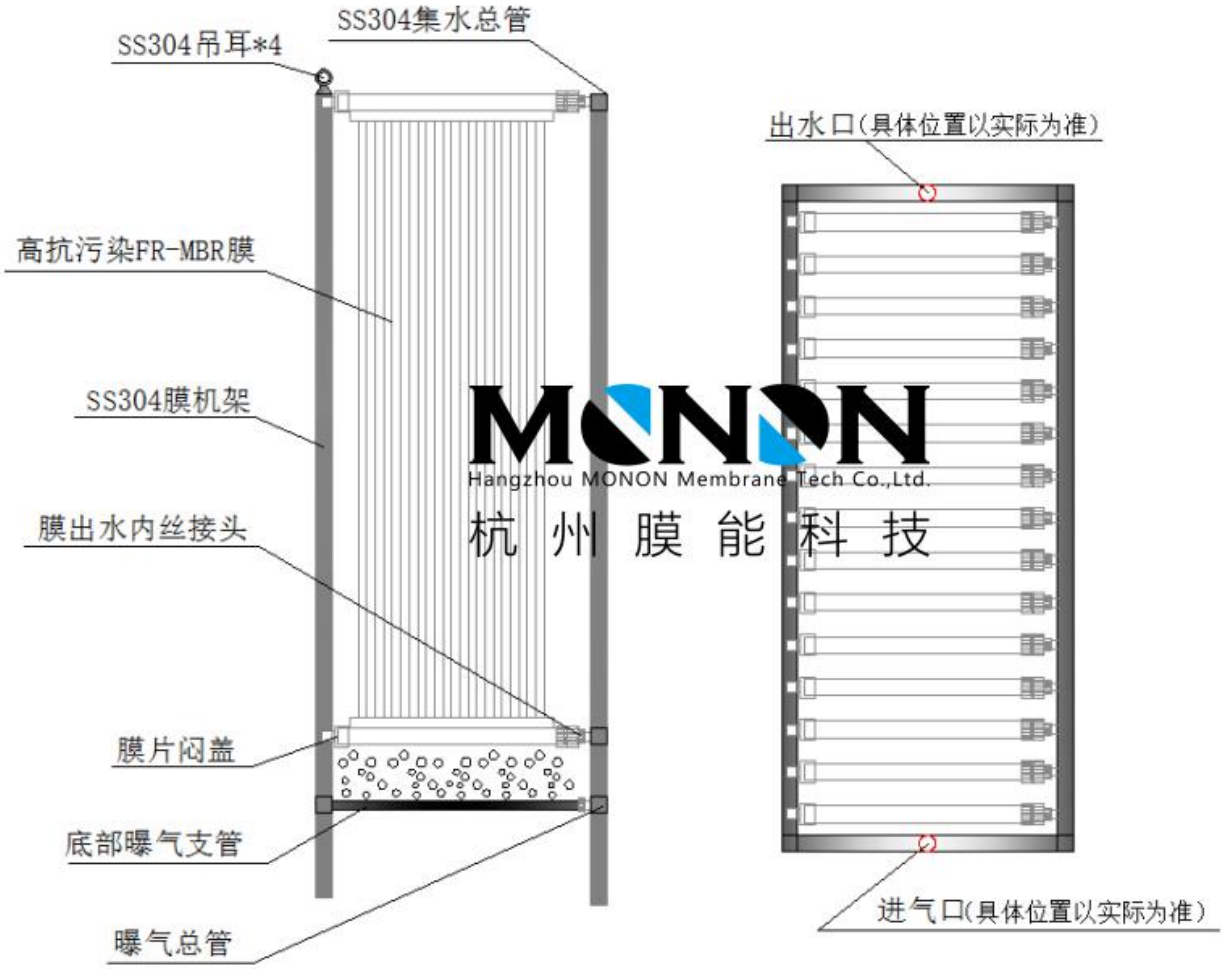


图 2-1 FR-MBR 膜组件构成

FR-MBR 膜组件：

主要功能为收集 MBR 膜系统的产水及膜组件的曝气：

1. 高抗污染 FR-MBR 膜：滤膜平均孔径为 0.2μm，材质为带内衬增强型 PVDF 膜丝。

2. 集水总管：收集每片 FR-MBR 膜的产水，成套组件集成后预留 1 个法兰或外丝出水口。

3. 曝气总管及支管：穿孔曝气管，主要功能气水混合、冲刷膜表面、减缓或防止膜污染及提供生化需氧。1 片膜底部对应 1 支曝气管，支管汇集于总管，成套组件集成后预留 1 个法兰或者外丝进气口。

4. 膜出水内丝接头和膜片闷盖：出水内丝接头用于和集水管外丝接头连接；

5. 膜片闷盖：用于封堵膜片多余出口。

6. 吊耳：用于吊装膜组件

2.4.1 FR-MBR 膜组件型号规格参数

杭州膜能生产制造的FR-MBR 膜组件型号按下列规则由英文字母代号和阿拉伯数字组成。

型号名称：MONON FR-MBR-mm × nn

MONON：品牌膜能®

FR-MBR-mm：mm 平米的高抗污染 FR-MBR 膜

nn：使用上述规格的 MBR 膜数量（单位：片）

范例：MONON FR-MBR-25 × 50 型，其表示：

杭州膜能科技生产制造的使用 50 片单片膜面积为 25m2 的高抗污染 FR-MBR 膜组件；

总面积 25 × 50=1250 平米

高抗污染 FR-MBR 膜组件部分型号及性能参数见表 2-1、2-2、2-3、2-4。

处理水量 (m^3/d)	MBR 膜组件型号	MBR 膜组件外形尺寸 L × W × H（mm）	MBR 膜数量（片）	膜面积 (m^2)
5-7	MONON FR-MBR-10 × 2	700 × 480 × 800	2	20
10	MONON FR-MBR-10 × 3	700 × 380 × 1350	3	30
20	MONON FR-MBR-10 × 6	700 × 680 × 1350	6	60
30	MONON FR-MBR-10 × 9	980 × 700 × 1350	9	90
40	MONON FR-MBR-10 × 12	1280 × 700 × 1350	12	120
50	MONON FR-MBR-10 × 15	1580 × 700 × 1350	15	150
60	MONON FR-MBR-10 × 18	1980 × 700 × 1350	18	180
80	MONON FR-MBR-10 × 24	2580 × 700 × 1350	24	240
100	MONON FR-MBR-10 × 30	2890 × 700 × 1350	30	300

表 2-1 标注系列 膜组件型号表

处理水量 (m^3/d)	MBR 膜组件型号	MBR 膜组件外形尺寸 L×W×H（mm）	MBR 膜数量（片）	膜面积 (m^2)
80	MONON FR-MBR-15×14	1780×700×1900	16	240
100	MONON FR-MBR-15×20	2180×700×1900	20	300
120	MONON FR-MBR-15×24	2580×700×1900	24	360
150	MONON FR-MBR-15×30	2890×700×1900	30	450
200	MONON FR-MBR-15×40	2180×1380×1900	40	600
250	MONON FR-MBR-15×50	2680×1380×1900	50	750

表 2-2　标注系列 膜组件型号表

处理水量 (m^3/d)	MBR 膜组件型号	MBR 膜组件外形尺寸 L×W×H（mm）	MBR 膜数量（片）	膜面积 (m^2)
150	MONON FR-MBR-20×22	2380×750×2450	22	440
200	MONON FR-MBR-20×30	2890×750×2450	30	600
250	MONON FR-MBR-20×38	1980×1380×2450	38	760
300	MONON FR-MBR-20×45	2380×1380×2450	45	900
350	MONON FR-MBR-20×53	2780×1380×2450	53	1060

表 2-3　标注系列 膜组件型号表

处理水量 (m^3/d)	MBR 膜组件型号	MBR 膜组件外形尺寸 L×W×H（mm）	MBR 膜数量（片）	膜面积 (m^2)
400	MONON FR-MBR-25×48	2580×1400×2450	48	1200
500	MONON FR-MBR-25×60	2900×1400×2450	60	1500
400	MONON FR-MBR-30×40	2200×1720×2450	40	1200
500	MONON FR-MBR-30×50	2700×1720×2450	50	1500
600	MONON FR-MBR-30×60	2800×1720×2450	60	1800
700	MONON FR-MBR-30×70	3040×1720×2450	70	2100

表 2-4 标注系列 膜组件型号表

- 以上设计产水量为处理市政/生活污水，25℃条件下的参考数值；
- 我们可以根据客户要求及水质水量提供膜数量为任意整数的框架，满足用户自由组合组件需求，例如：MONON FR-MBR-10×25, MONON FR-MBR-25×25 等；
- 加宽膜壳系列一般用于 5000 吨级以上项目，最大单组面积可达 2100 平米/组；
- FR-MBR 膜组件尺寸（长度、高度）可根据实际膜池尺寸调整；

第三章 FR-MBR 膜及配套设备选型设计（以生活污水为范例）

3.1 MBR 膜系统运行方式选择

MBR 膜系统的设计首先要对系统的运行方式进行选择，一般采用“连续曝气，间歇产水”的运行方式，典型运行时间为：过滤 8 min+停歇 2 min，每隔 1-2h 反洗 2 min，在线维护性清洗每 7 天一次小清洗，30 天一次大清洗。

过程	项目	参数	备注
过滤	产水	8min	建议值，需根据实际情况定
	停歇	2min	
反洗	反洗间隔	1-2h	建议值，需根据实际情况定
	反洗时间	2min	
维护性清洗	CIP 间隔	次氯酸钠 7 天（低浓度 0.05%） 30 天（高浓度 0.1-0.2%） 酸洗 30 天	建议值，需根据实际情况定，也可设计为加药 2min，浸泡 10 分钟，如此循环 3 次
	CIP 加药时间	4-8min	
	加药配方	见维护性清洗配方表	
	浸泡时间	20-30min（小清洗）	
恢复性化学清洗	间隔	3-12 月	浸泡期间建议定期搅动并且适量补充药剂以保证药液浓度
	加药配比	见恢复性清洗配方表	
	浸泡时间	8-12h	

3.2 案例背景介绍

生活污水，前级经过必要的格珊、调节均衡、厌氧、缺氧或者好氧等生化处理，然后进入 FR-MBR 膜系统。膜池设计高度为 3.0 米，水深 2.7 米，要求出水按城镇污水排放标准一级 A 标准排放。

项目日出规模：500m³/d，

生活污水进水，大致原水水质如下表所示

序号	项　目	水　质
1	混合液浓度 MLSS	6000-7000 mg/L
2	COD	300-450 mg/L
3	BOD	150-200 mg/L
3	pH	7-8
4	总氮	/
5	总磷	/

3.3 高抗污染 FR-MBR 膜组件选型

3.3.1 膜使用面积数量计算：

膜使用面积数量计算值 $N_{计} = Q_{日} \times 1000 \div (19.0 \times F)$

500m³/d 项目计算值： $N_{计} = 500 \times 1000 \div (19.0 \times 18) = 1462$ ㎡

注：FR-MBR 膜用量计算：MBR 系统开 8 分钟停 2 分钟，除去反冲洗和在线维护性清洗的时间，每天实际运行 19.0h。

$Q_{日}$：日最大污水量（m3/d），500m³/d　1m³=1000L；

F：设计膜通量[L/（㎡.h）　]，见膜通量参考表 ；　本生活污水案例选 18L/（㎡.h）

污水类型	设计运行膜通量	水量波动大时 允许最大运行膜通量	备注
二沉池出水	20-25　L/（㎡.h）	28-30　L/（㎡.h）	不再进行生化，纯粹膜过滤工艺
生活/市政污水	15-20　L/（㎡.h）	22-25　L/（㎡.h）	可生化性好
工业废水	12-14　L/（㎡.h）	20-22　L/（㎡.h）	可生化性较好
养殖废水	10-12　L/（㎡.h）	14-15　L/（㎡.h）	可生化性一般
垃圾渗滤液	8-10　L/（㎡.h）	11-12　L/（㎡.h）	可生化性差
说明：L/（㎡.h）　指一平米膜一小时的出水量，单位：升 举例：20 L/（㎡.h）　一平米膜一小时出水 20 升			

表 3-1 设计膜通量（25℃）——参考表

*膜通量的选择，尤其是工业废水的处理最好通过试验确认膜通量最佳值或者咨询本公司技术服务部。

3.3.2 高抗污染 FR-MBR 膜的选择

杭州膜能制造的 FR-MBR 膜有不同规格型号，一般先根据水深选择带 MBR 膜的型号，杭州膜能的 FR-MBR 膜选择一般原则如下：

水深 1.8 米以上的选择：MONON FR-MBR-10 型；单片膜面积 10 ㎡，组件高度 1.35m

水深 2.5 米以上的选择：MONON FR-MBR-15 型；单片膜面积 15 ㎡，组件高度 1.9m

水深 3 米以上的选择：MONON FR-MBR-25/30 型；单片膜面积 25/30 ㎡，组件高度 2.45m

水深≥4.5 米的中大型项目选择：MONON FR-MBR-15 的双层型；单片膜面积 15 ㎡，组件高度 3.8m

所需膜片数量=膜使用面积数量计算值 $N_{计}$÷选用膜型号的单片膜面积

案例 500m³/d 项目，膜池高度 3.0 米，选用 MONON FR-MBR-15 型；单片膜面积 15 ㎡，组件高度 1.9m，所需膜片数量=1362÷15=97.47 取整 100 片，一般根据 FR-MBR 膜组件的制作凑取双数，提 2-4 片余量，最终取 100 片（实际使用膜片数量 $N_{实}$=100 片）

按 46 片一组，确定使用 FR-MBR 膜组件型号：MONON FR-MBR-15×46 型，使用 2 组。

表 2 MBR 膜组件型号规格参数

处理水量 (m^3/d)	MBR 膜组件型号	MBR 膜组件外形尺寸 L×W×H（mm）	MBR 膜数量（片）	膜面积 (m^2)
250	MONON FR-MBR-15×50	2680×1380×1900	50	750

3.3.3 FR-MBR 膜通量的校验

系统出水 8min 停 2min，除去反冲洗和在线维护性清洗的有效过滤时间实际出水时间约 19.0h；1m³=1000 L；实际使用膜面积 S

实际的膜平均通量 $F_{实}$=$Q_{日}$×1000÷19.0÷S

当波动负荷为 120%负荷运行时膜通量为：$F_{实}$×1.2 单位 ：L/m2h；

500m³/d 项目实际数值：500×1000÷19.0÷1500=17.54 L/（㎡.h） 满足即不超过设计运行膜通量范围 15-20LMH。

当波动负荷为 120%负荷运行时膜通量为：17.54 L/（㎡.h）×1.2=21.05 L/m2h；

3.4 配套设备选型

其他相关设备需用户自行准备，本公司提供设备的选型及设备使用指导。如表 3-3 及图 3-4 所示，膜组件的配套设备主要组成有：

曝气相关设备	MBR 专用吹扫风机
	空气流量计
出水相关设备	自吸式产水泵（或配真空泵+气水分离罐+产水泵）
	液体流量计
	真空表（压差传感器）
	出水电动阀
膜清洗设备	加药箱
	加药泵
	反洗电动阀
	反洗泵+精密过滤器（≤50um） (反洗水如无在线 SS/浊度监测报警联锁装置，则需加装精密过滤器)
保护措施	液位开关
污泥回流/外排设备	潜污泵
电控设备	控制：抽吸泵、反洗泵、风机、在线监测、阀门、报警连锁等

表 3-3 配套设备列表

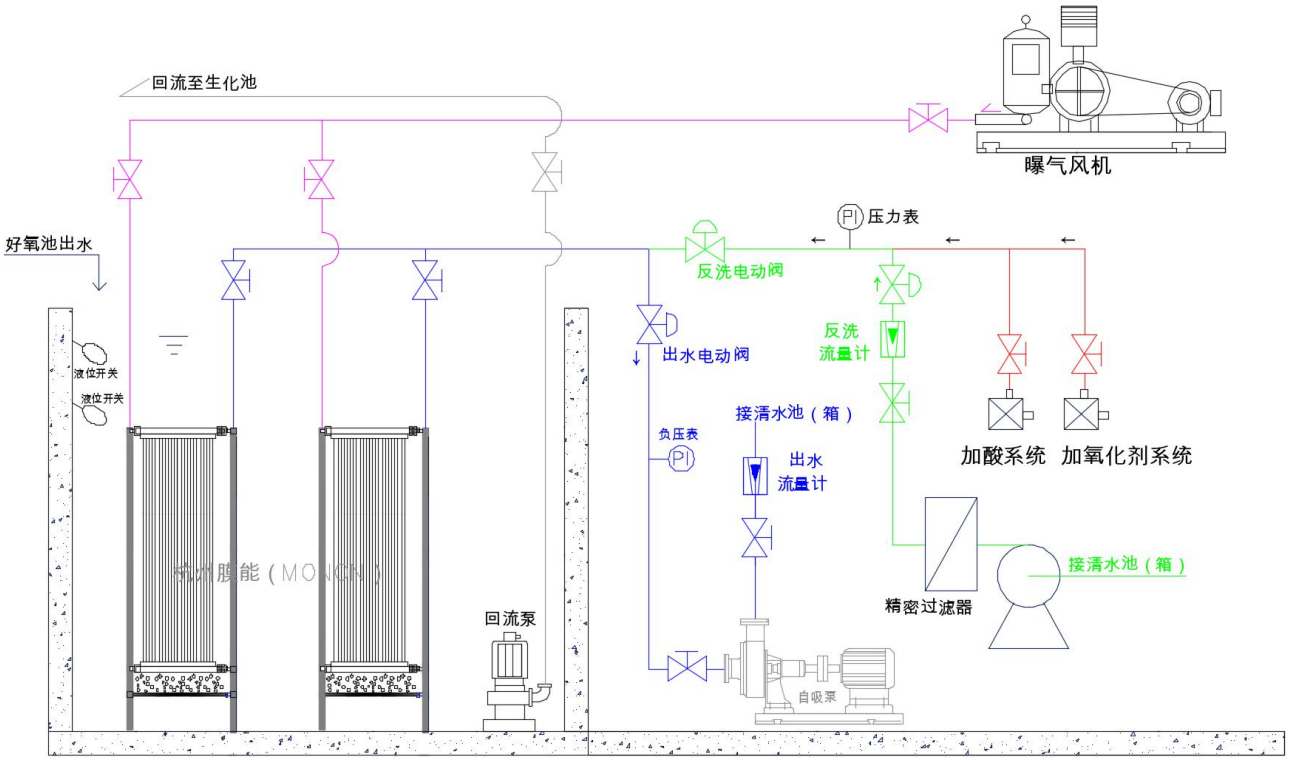


图 3-4 膜组件配套设备图

3.4.1 曝气相关设备

(1) MBR 膜吹扫专用风机

膜组件需要的曝气风量 = $N_{实} \times q$

$N_{实}$：实际使用膜片数量（单位：帘）；

q：单帘膜所需气量（m^3/h）

风压：$P_{鼓}$ = （水深+0.5m） × 10KPa，单位为：KPa

500m^3/d 项目计算值：膜组件需要的曝气量 = 100 帘 × 5m^3/h.帘）=500m^3/h

风压：$P_{鼓}$ = （水深+0.5m） × 10KPa=(2.7+0.5) × 10Kpa=32Kpa

表 3-5　MBR 膜所需气量

MBR 膜型号	q 单片膜所需气量 m^3/h.帘	备注
MONON FR-MBR 系列单层型	5-6	如果有污泥浓度高（＞10000mg/L）时、粘度大、设计膜通量＞20L/（m^2.h）等不利因素，可适当加大曝气量
MONON FR-MBR 系列双层型	2.5-3	

根据表 3-5 确定供气量，有些场合如工业废水、垃圾渗滤液等废水降解有机物所需好氧量大于膜冲刷需要的空气量上限，必须增设其它曝气设备满足要求，以免膜在冲刷气量过大运行时导致膜的损坏或使用寿命的缩短。

(2) 空气流量计

设置空气流量计测定曝气量。建议同一系列膜组件至少使用一个空气流量计。每个单独膜池建议至少用一个空气流量计。

3.4.2 出水相关设备

小型项目膜出水采用自吸式产水泵,大中型项目配置真空系统+气水分离罐+离心泵的组合出水装置，其他需要的设备有真空表、液位计、流量调节计及阀门（亦可用定流量阀门代替）。

(1) 产水泵

根据日处理水量及运行方式可推算出所需抽吸泵类型，推荐运行方式为开 8 分钟停 2 分钟，除去反冲洗和在线维护性清洗的时间，每天实际运行 19.0h，以此为例，抽吸泵流量的计算为：

泵出水流量 $Q_{抽吸} \geqslant Q_{日} \div 19.0 \times 1.1$　单位：m^3/h；扬程 H=8-15 米

$Q_{日}$：日处理水量

案例：500m^3/d 项目计算值

$Q_{抽吸} \geqslant (Q_{日} \div 19.0) \times 1.1 = (500 \div 19.0) \times 1.1 = 28.95 m^3/h$。

最终根据流量、扬程 H 确定泵型号，自吸泵吸程一般为 5-8m。

抽吸泵通常使用自吸式水泵，需要注意使用自吸式水泵时由于水泵的设置场所不同，可能得到不同的结果，若安装吸程过大，可能出现得不到所要求的出水量；一般抽吸泵吸程（吸上真空度）为 5～6m 左右即可。考虑到管道损失等问题，抽吸泵选型时抽吸扬程以及抽吸出水量要有一定的富余量；抽停时间比可根据实际情况进行调整，以达到最佳出水效果。

- 几组膜组件可共用抽吸泵，但建议不超过 10 组。
- 如果抽吸泵的进水口高于膜生物反应器（MBR）池内的有效水位，则最好在抽吸泵的进水口安装一个引水罐，以保证抽吸泵的长期稳定工作。
- 抽吸泵首次工作时应进行灌水排气，否则抽吸泵可能抽吸不出水来，长时间操作还会损坏抽吸泵本身。
- 抽吸泵应安装变频器或调节阀，以保证膜生物反应器（MBR）的出水为恒流量出水。

(2) 真空表（或压差传感器）

使用真空表，则尽量设置在于液面相平位置（初始读数接近于零），读取压差来测定跨膜压差，一般负压表量程为-0.1-0Mpa。

若使用压差传感器，则一端连接在出水管上，而另一端设置在膜生物反应器上，并设置在相同高度，以测定跨膜压差。

注意！真空表设置在抽吸泵的吸水端，测定值会因为设置位置（真空表与液面高度）的不同而有所变化，建议真空表尽可能与液面保持相近，两者的高度差尽量保持在 0.5 米以内；

(3) 流量控制装置（流量计）

在出水管必须设置流量控制器（流量调节阀及流量计等），控制出水流量。多台组件可使用一套流量控制装置。

(4) 出水电/气动阀

和泵联动，出水自吸泵开启，出水电动阀门也开启；自吸泵关闭，出水电动阀门也必须关闭，以防止虹吸出水；具体规格以管道规格为准。

3.4.3 膜清洗设备

膜使用一段时间后，会在膜表面及膜孔形成污染层（滤饼、结垢、有机物粘附、细菌滋生等），需结合反洗电/气动阀，定期自动进行维护清洗，以保证膜系统稳定运行。

3.4.3.1 在线水反洗

反洗是指用干净的 MBR 膜出水或自来水来冲洗膜表面的清洗措施，将反洗泵的进口与膜生物反应器（MBR）的反洗水池或自来水管相连，反洗泵的出口与 MBR 膜组件的出水管相连。

- 流量：Q 反 =Q 日÷19.0×（2-3），单位为：m3/h　Q 日：系统设计日处理流量，实际出水 19.0h
- 扬程：10-15 米

案例：500m³/d 项目计算值 $Q_{反} \geq (Q_{日} \div 19.0) \times 2 = (500 \div 19.0) \times 2 = 52.63 m^3/h$。

注意！（1）反洗泵应安装变频器或调节阀，以保证反洗时流量和压力在设计值内。

注意！（2）反洗泵的水源必须洁净无污染，一般为自来水或者干净的膜生物反应器（MBR）的出水（如没有设计反洗水悬浮物（SS）/浊度在线监测联动锁止装置，反洗装置必须接精密过滤器）。

3.4.3.2 在线化学维护性清洗

维护性化学清洗又称化学加强反洗（CEB），是一种化学药剂强度较低的在线维护性清洗，是指在 MBR 膜抽吸泵和鼓风机都停运时，通过反洗泵结合加药泵将加药箱里的清洗药液打入 PVDF 膜丝内部，主要作用是延缓 MBR 膜污堵和降低 MBR 膜离线清洗频率的清洗方法。为了使膜的性能很好的恢复，应在观察到压差有上升趋势的早期进行清洗。相反，如果压差超过 35KPa 时再清洗时恢复的效果会受影响。

推荐的在线化学清洗方法为：通过在线监测膜压差进行；清洗浓度建议为次氯酸钠溶液 1000－1500mg/L。或通过定期设定清洗时间进行清洗，一周进行一次低浓度的“小洗”，每月进行一次高浓度清洗（“大洗”），每半年进行至少一次酸洗。

化学药品	进入膜丝的药液浓度	清洗典型间隔	备注
次氯酸钠	0.03%-0.05%（低浓度）	7天（小洗）	1、表中数值均为建议值，需根据实际情况定； 1、如果膜有机物污染比较严重，可视情况采用0.3%-0.4%浓度次氯酸钠； 2、酸洗根据膜丝表面是否有碱性物质吸附情况确定或者每6个月一次。
次氯酸钠	0.1%-0.2%（高浓度）	30天（大洗）	
盐酸	0.2%-0.5%	3-6月	
柠檬酸/草酸	0.5%-1.0%		

药品清洗的种类及清洗频率表

加药泵流量及扬程：

加药泵的流量与反洗泵和原药剂的浓度相关，杭州膜能公司的 FR-MBR 膜产品一般配套反洗泵流量为出水流量的 2-3 倍，即 $Q_{反}=Q_{出}\times$（2-3） 单位：m³/H；扬程：10-20 米

NaClO 加药泵

以高浓度清洗 NaClO 清洗浓度最高为 0.15%(1500ppm)，原药剂浓度为 10%设计

则 NaClO 计量泵设定流量为：$Q_{药}=Q_{反}\times 0.15\%\div 10\%$

案例：500m³/d 项目计算值 $Q_{药}=Q_{反}\times 0.1\%\div 10\%=52.63m^3/h\times 0.15\%\div 10\%=0.789m^3/h$。

柠檬酸加药泵

维护性化学清洗中柠檬酸清洗浓度最高为 1%(10000ppm)，原药剂浓度为 50%

则柠檬酸计量泵设定流量为：$Q_{药}=Q_{反}\times 1.0\%\div 50\%$

注意！加药泵材质：与清洗液接触部分应为 SUS316L 不锈钢或其他防腐材料

案例：500m³/d 项目计算值 $Q_{药}=Q_{反}\times 1.0\%\div 50\%=52.63m^3/h\times 1.0\%\div 50\%=1.05m^3/h$。

加药 2min 所需原药液量$=Q_{药}\times 2\div 60$ （1h=60min ,如加药 2min 停 10min，循环 3 次，则乘以 3 倍，为 6min）

案例：500m³/d 项目，设计在线化学清洗加药时间为 6min（注：6min÷60min=0.1h）

配置 10%次氯酸钠药液量：$V_{药}=Q_{药}\times 0.05h=0.789m^3/h\times 0.1h=0.0789m^3=78.9L$

配置 50%柠檬酸药液量：$V_{药}=Q_{药}\times 0.05h=1.052m^3/h\times 0.1h=0.1052m^3=105L$

详细的清洗步骤，请参见我司《FR-MBR 膜产品使用手册》第六章

3.5 膜池污泥回流泵

按照 200-300%回流比计算，则污泥回流流量：$Q_{回}=(Q_{日}\div 19.0)\times(2-3)$

案例：500m³/d 项目计算值 $Q_{回}=(500\div 19.0)\times 2-2=52.6\ m^3/h$

注：该泵可根据管道连接兼顾其他作用，一是原位清洗时当做排空泵使用，二是当做排泥泵使用

3.6 空压机组

当有使用气动执行元器件（如气动阀门）时需配置，设计、采用 1 套

3.7 其他仪器仪表

在线 SS/ 浊度监测仪、氨氮测试仪、压差计、PH 计等，一般设计采用 1 套

3.8 电控设备

电控设备控制抽吸泵、反洗泵、曝气风机、出水电/气动阀、反洗电/气动阀、液位控制器、在线监测连锁等设备，具体的控制设置参照下表，或咨询本公司技术人员。

电气设备基本运行步序表

序号	1	2	3	4	5
项目	运行	停歇	反洗	CIP在线清洗	停机/放置
产水阀	O				
产水泵	O				
真空泵	◎				
反洗水箱补水阀	◎				
反洗阀			O	O	
反洗泵			O	O	
污泥回流泵	O	O	O	O	
进气阀	O	O	O	O	O
曝气风机	O	O	O	O	O
加药系统				O	
运行时间	8min	2min	1→2→1→2循环N次	见膜清洗章节	

注：
1、“O”表示运行/开启状态，“◎”表示有条件运行/开启（该项有些系统不配置）。
2、正常运行时，程序循环为“1→2→1→2（循环N次）→3（2min）→1→2循环进行（一般循环次数N=6-12）
3、步骤4和5为手动开启，采取 5 步骤前须将膜进行化学清洗
4、反洗水源需配置悬浮物或者浊度在线监测报警联动锁止装置，如未配置则反洗装置必须安装精密过滤器，以避免在膜系统发生泄漏时泥水进入膜腔内，造成不可逆损伤

第四章 高抗污染 FR-MBR 膜组件布置

FR-MBR 膜组件布置

MBR 膜池一般由设计院根据污水水质及水量情况进行设计（设计时，强烈建议考虑 MBR 膜的离线化学清洗问题，设计配备离线化学清洗的溶药泡膜池，池体尺寸至少以能放进一个或多个膜箱为准）

- **膜组件与膜组件的间距：**高抗污染 FR-MBR 膜组件之间的距离应≥300mm。
- **膜组件与池壁的间距：**高抗污染 FR-MBR 膜组件与膜生物反应器（MBR）池壁之间的距离应≥400mm。
- **膜组件与液位的间距：**高抗污染 FR-MBR 膜组件的顶部与膜生物反应器(FR-MBR)池内的有效液位之间的距离应≥500mm。

注意！（1）我公司常规生产的高抗污染 FR-MBR 膜组件的膜机架为全 SUS304 不锈钢方钢焊接而成，如需其他材质或材料，用户需提前告知。

注意！（2）如现场膜池有导杆，FR-MBR 膜组件需制作导槽与其配套，用户需提前告知。

注意！（3）我公司常规生产的高抗污染 FR-MBR 膜组件预留了吊耳装置。

注意！（4）我公司膜组件尺寸及分组数量可进行模块化调整，以满足膜池安装尺寸及膜单元配置要求。

第五章　MBR 膜系统的设计应用条件

MBR 膜系统的正常运行条件

项目	推荐范围	耐受值
温度（℃）	10-35	5-40
pH	6-9	5-10
动植物油（n-hex mg/L）	10	20
矿物油脂（n-hex mg/L）	0	3
污泥浓度（mg/L）	7000-8000	10000
苯酚类小分子有机物（mg/L）	0	200
硬度（CaCO3 计，mg/L）	<250	< 400
运行跨膜压差	10-40	60
曝气量（m³/h.帘）	5-6	8
过滤方式	负压抽吸，间歇式出水（曝气连续运行）	
在线维护性化学清洗周期	7（30）天（加药反洗 2min 浸泡，再 10 加药 2min，浸泡 20-30min）	
离线恢复性化学清洗周期	每年 2-4 次（每次 6-12h）	

备注 ：

（1）进水水质条件，设计基准值可以是范围值，可参照《膜生物法污水处理工程技术规范》；

（2）在耐受值水质条件下运行时，需要评估其对系统运行性能的影响 ；

（3）如有未提及的特殊水质情况请与杭州膜能公司技术人员联系。

第六章 膜产品服务

技术支持及服务

杭州膜能承诺无偿提供相关膜产品的售前及售后的技术咨询及支持(包括膜组件及配套设备的选型、膜组件安装、调试、运行维护等的远程指导（含邮件、微信、电话、视频等），如有解决不了的问题，我们将与买方商定时间及服务内容，提供有偿的现场技术指导。

第七章 特别说明

(1)杭州膜能膜分离科技有限公司为客户提供设计手册作为高抗污染型FR-MBR膜产品选择和膜系统设计的依据。

(2)在设计本公司产品之前，请认真阅读本设计手册。

(3)本手册中提供的参数仅作为应用参考，用户应该根据实际过程需要建立完善自己的操作条件。本公司所建议的工艺条件与参数不能作为对产品的安全性与适用性的保证。

(4)对于本公司控制之外的产品使用，以及由此产生的错误和疏漏，本公司不保证产品的最终性能，并对此不负任何责任。

(5) 设计使用我公司膜产品,在使用前请务必登陆杭州膜能膜分离科技有限公司官方网站：https://www.monon-tech.com 下载、阅读我公司《FR-MBR 膜使用手册》，我公司提供设计、使用手册的免费开放下载渠道。

(6) 如果客户期望获得任何更新信息或有特殊的技术问题，建议登陆杭州膜能膜分离科技有限公司网站(https://www.monon-tech.com)，也可同我们的销售和技术服务部门联系。

本手册的最终解释权归杭州膜能膜分离科技有限公司所有。