



KMS PURON[®]
浸没式膜生物反应器
技术手册



美国科氏滤膜系统公司
KOCH MEMBRANE SYSTEMS INC.



目 录

一、PURON [®] MBR 膜件介绍	2
二、PURON 膜件技术参数	3
三、应用领域	5
四、工艺介绍	5
五、设计导则	6
六、系统组成	7
七、运行与维护	8
八、运行导则	10
九、空气耗量说明	11
十、附录	11
附录 1 有关术语	11
附录 2 安全须知	11
附录 3 运输、保存	11
附录 4 安装	12
附录 5 初次启动	13
附录 6 故障排除	13
附录 7 清洗药剂	14
附图	15



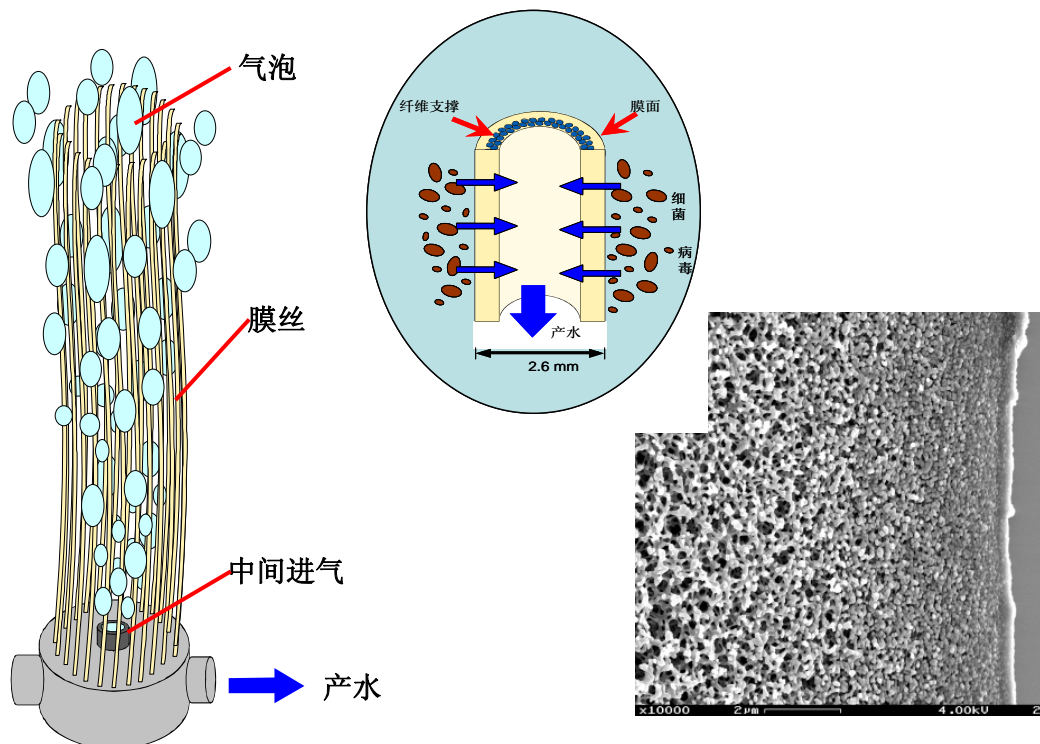
PURON MBR 技术介绍

美国科氏滤膜系统公司（Koch Membrane Systems Inc. 以下简称 KMS）是全球最大的错流滤膜生产商之一。KMS 能够提供从微滤、超滤、纳滤和反渗透等全部过滤精度的错流膜过滤产品及系统，膜件结构形式包括中空纤维式、卷式、管式等。

2004 年 11 月，KMS 收购了德国 PURON 公司的 MBR 产品，从而进一步丰富和完善了 KMS 的超滤系列产品链。PURON[®]也因此而成为 KMS 旗下的又一个知名品牌。

一. PURON[®] MBR 膜件介绍

Membrane Bio-Reactor（MBR）膜生物反应器，是一种将二级处理（生化处理）和三级处理（过滤处理）结合在一起的处理工艺。MBR 系统的核心是膜分离单元，即膜组件。MBR 可为浸没式或侧流式。PURON[®] 的 MBR 技术为浸没式，膜组件由多个集结成束的膜元组成，采用的是外压式中空纤维膜丝，孔径为 0.05 微米，可以有效截留各类悬浮固体颗粒、胶体、微生物、细菌以及病毒等杂质。系统采用真空泵，将产水从膜丝的内侧抽出。



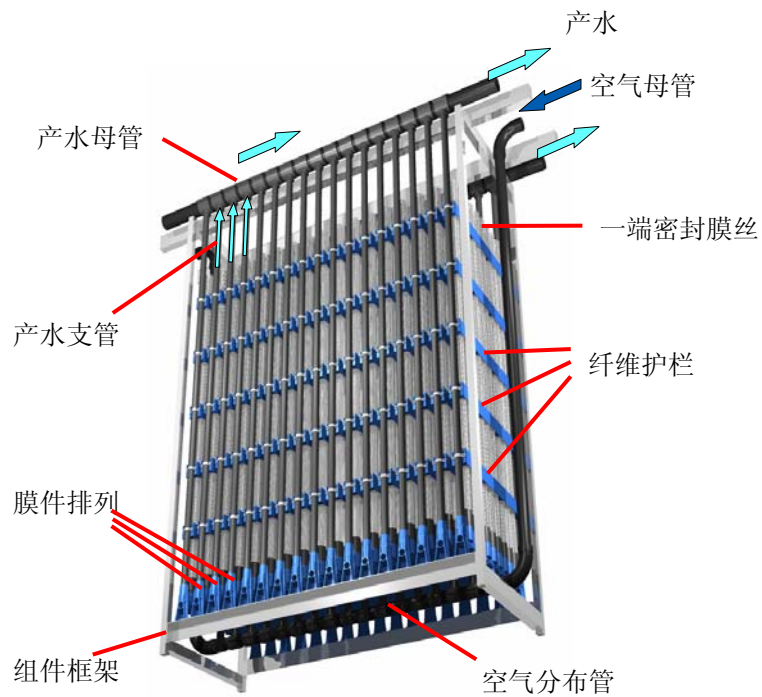
PURON[®] MBR 的膜丝结构特点可参考上图。主要特点如下：



1. 高通量，最高设计通量可高达 55l/mh。从膜丝截面图上我们可以发现，不对称的膜孔分布改善了膜丝的水力学特性，减少了水的阻力，增强了膜的通透性和水通量。
2. PURON®的膜丝具有极高的机械强度，这是由于在膜材料中加了一层纤维支撑。这就使得纤维丝在运行、反洗、空气擦洗以及化学清洗过程中不会产生断丝以及膜层剥离。
3. 真正的一端固定海藻式结构设计。PURON®膜丝的上端是封死的，下端固定在膜架上，上端可以自由摆动，减少了两端固定的膜丝拉伸应力。
4. 超强的抗污堵能力。在每一个膜元的底部纤维束中间有一个特殊设计的空气曝气装置，这种中间进气结构非常有效地增强了其抗污堵能力，使得淤泥和头发丝等杂质不易缠绕在膜丝上。
5. 灵活的膜件组合，可以因场地需要而设计膜件的大小。PURON®膜件的基本单元是带曝气头的膜元件，9个这样的膜元件构成一排形成一个最小的膜组件。组件上还有一些护栏防止膜丝在清洗或运行过程中发生倾倒。PURON®标准膜件的膜面积为 500 m²。
6. 巧妙的膜件设计，产水通过每一排膜元件的底部汇集并通过两侧的产水支管连接至上部的产水母管，产水母管高于水面。唯一可拆卸的部分就在高于水面的产水母管上，这就避免了活性污泥进入产水的可能。
7. 出色的产水品质。

参数		MBR	传统工艺
产水 TSS	mg/l	0	10~15
产水 COD	mg/l	<30	40~50
沉淀后 P _总	mg/l	<0.3	0.8~1.0
氧化池中的 MLSS 含量	g/l	<20	<5

二. PURON® 膜件技术参数



PURON® 标准膜件

表 1、PURON®膜件特性参数

特性参数	性能指标
技术类型	超滤 (UF)
公称膜孔径	0. 05 μm
膜材料结构	加筋 PES
膜丝内径 / 外径	1.2 mm / 2.6 mm
过滤方向	外进内出
膜表面特性	亲水型
框架尺寸 (长 / 宽 / 高)	1981 / 980 / 2800 (mm)
有效膜丝长度	1800 mm
有效膜面积	500 m ²
产水母管直径	DN80
曝气管接口尺寸	DN50
膜件总重 (干)	400 kg



表 2、500 m² 标准膜件运行参数

特性参数	指标
pH 适用范围	3~12
最高使用温度	40 °C
运行压力	-0.5 bar ~ 0.1bar
反洗压力	< 1 bar
压差	< 0.5 bar

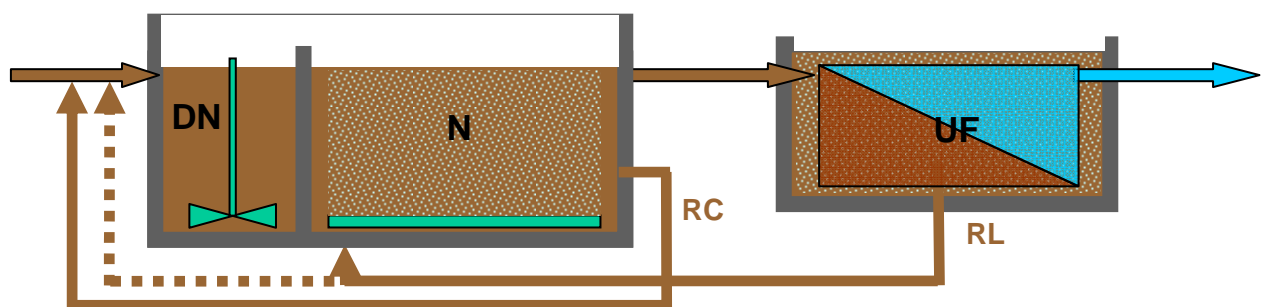
三. 应用领域

PURON® MBR 主要用于处理高 COD、高 BOD₅ 含量的各类污水，可适用于：

- 处理各类生活污水及工业废水
- 更高的出水水质要求，用作 RO 前处理
- 中水回用

四. 工艺介绍

MBR 是一种将活性污泥生物处理过程和膜分离过程结合起来的处理工艺。MBR 有两种组合方式，分体式和一体式。分体式是将生物处理单元和膜分离单元分开放置的，而一体式则是将膜分离元件放置在生物处理单元内。一般小型系统倾向于采用一体式 MBR，而大型系统则更倾向于将膜分离单元独立于生物反应池，相当于取代了传统工艺中的二沉池。下图是传统处理工艺与 MBR 处理工艺的流程对照。



MBR 工艺与传统工艺相比的优点：

- 大大减小了占地面积，从而减少了土建费用；
- 更好的杂质去除率，没有结块翻池现象；
- 更好的出水质量，SDI≤3；
- 改善了生化处理过程，增加了容积负荷，延长了 HRT 和 SRT，大大减少了污泥排量，从而减少了污泥处理的费用；



- 有利于氨氮的去除；
- 运行更加稳定。

原水进入设计成活塞流反应的生化处理池，反应生成的活性污泥进入膜过滤室，透过液或产水通过重力或真空泵抽吸，悬浮固体则被膜截留在过滤室内。通过间歇曝气擦洗，使得过滤室内的污染物不易沉积在膜丝表面，并通过间歇反洗来去除膜表面的杂质。在过滤室内大量累积的淤泥将回流至生化处理池。

值得注意的是，生化处理的效果是影响膜分离效果及出水质量的关键。生化处理必须和膜分离过程相配套。生物处理过程越好，膜分离的过程越稳定，还可以适当减少化学清洗、增加膜的寿命。以下是膜过滤过程中必须注意的事项：

- 1) 生化池的设计应保证污水在池中的停留时间足够长，第一次进入池中的污水在进入膜分离前在生化池中的停留时间至少不能低于 40 分钟。平均水力停留时间不能低于 4 小时。另外，应确保通过整体的设计，平均水力停留时间的偏差不应超过 15%。提醒注意的是，这个原则适用的是普通生活污水。当有部分或全部为工业废水时，应另行考虑。
- 2) 所有的膜组件应能平均接触原水，这样就保证了每个膜组件具有相同的操作条件、相同的污泥浓度以及相同的污泥负荷；
- 3) 由于膜丝仅在底端固定，因此液体要顺应膜组件的方向在任何时候都应该是向上运行的，向上流的流速不能低于 2mm/s；
- 4) 反洗系统应能实现每隔 240—600 秒（因具体工程而异）自动反洗一次，反洗的时间为 20—25 秒，最大不超过 40 秒。反洗的间隔和反洗时间应是可调的。
- 5) 由于透过液的负压系统，一般会有气体在系统中形成。为了确保透过液中气体的消除，应在透过液系统的最高点设置合适的管道除气系统（Deaeration）。
- 6) PURON 膜丝是一端固定的，当产水通量较低时，膜丝中可能会有一定的空气存在，为此，系统要进行一天一次的大通量的膜丝抽气（Degassing）过程。

五、设计导则：

1. 全部废水需经过格栅过滤处理（1~3mm）；
2. 全部废水都需经过生化处理；
3. 应有可靠措施去除油脂，需 < 10mg/l；
4. 生化池一般由反硝化池（DN）和硝化池（N）组成，一般情况下，反硝化池大小为总的生化反应池的 25~40%；
5. 膜池应分开放置，既可以避免废水短路，且易于作化学清洗；

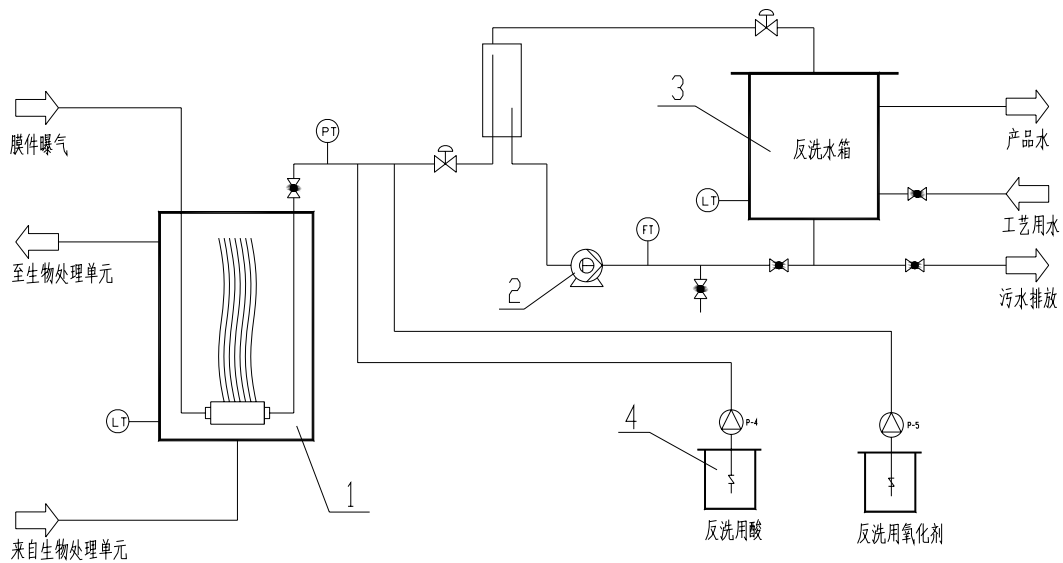


6. 对于较小的系统，可将膜放置在生物池中，设计中要注意避免短路，同时要适当增大生物反应池的大小；
7. 在平均水量下，反硝化池部分的 HRT 为 30~45min；
8. 硝化池的 HRT 一般应大于 4h，为 8~12h，当工业废水含量增加时，要适当提高 HRT；
9. 生化池中的 MLSS 为 8~12g/l；膜池的 MLSS 为 10~16g/l；
10. 反洗通量为 30 l/mh，曝气强度为 350NM³/h.module；
11. 设计通量：
 - 平均水量下：10~20l/mh，或更低
 - 峰值水量下：20~35l/mh，或更高
 - 1) 当峰值水量与平均水量差别越大，则通量越低；
 - 2) 当峰值水量与平均水量的差值大时，由峰值水量确定整体系统的设计，差值小时，由平均水量确定整体系统的设计；
 - 3) 当系统的最低温度越高时，设计通量可以高些；
 - 4) 进水的 BOD、COD 含量越高，设计通量越低；
 - 5) 工业废水的含量越高，设计通量越低；
 - 6) 生物处理设计越好，设计通量越高；
 - 7) 峰值水量时间越长，设计通量越低；
 - 8) 当采用一体化设计时，设计通量要低些。
12. 膜件在膜池中的净空要求：
 - 膜件距离池边的净空：不小于 20cm；
 - 膜件之间的净空：不小于 10cm；
 - 膜件距离池底的净空：20~50cm，视系统大小而定；
 - 膜丝顶端距离液面的净空：20~30cm。

六. 系统组成

一个完整的 MBR 系统由生物处理单元和膜分离单元组成。对于生物处理部分，KMS 仅提供建议。PURON[®]膜分离单元主要由以下几个部分组成：

- 1) PURON[®]膜组件——主体部分
- 2) 真空过滤水泵，可为变频螺杆泵或双向变频泵；当采用双向泵时，此泵可兼作反洗水泵；
- 3) 反洗系统，有反洗泵和反洗水箱；
- 4) 加药系统，用于反洗加药；
- 5) 曝气系统，用于膜组件的间歇曝气；
- 6) 有关管道阀门及排气系统。



PURON[®] MBR 膜分离流程示意图

七. 运行与维护

PURON[®] MBR 的运行有两种模式：产水模式和清洗模式。

产水模式：产水通过真空泵从膜丝中抽出。根据生化反应池的液位不同，膜件可以有三种不同的产水率或运行通量，最大通量 F_{max} ，最佳通量 F_{opt} ，和最小通量 F_{min} 。这些通量是对应不同的进水流量时可以增加或减少产水量。当进水量增加时，生化反应池的液位会升高，超过某一个上限时，系统会激活上一级的通量控制。每一个设置的通量都将对应不同的反洗频率、反洗通量以及曝气方法，都将最经济地利用工厂的能源。

当进水流量下降时，生化反应池的液位也将随之降低，低于某一个下限时，会进入下一级的通量控制。 F_{max} 是用于工厂的最大处理量， F_{min} 用于工厂的最小处理量，当液位降至最小极限时，将停止产水。同一个产水和反洗周期内，产水泵由一个点控制。

当采用真空泵做产水泵时，在反洗过程中会有一个管道排气的过程（Deaeration），即在反洗时先打开排气阀，进行管道排气 5 秒钟左右，然后关闭该阀门进行反洗操作。

当运行通量较低时，由于一端出水模式的原因，膜丝的上端有一部分空气存在，会影响膜丝的反洗效果，为此，每天还要进行一次膜丝除气的过程（Degassing），该过程的通量为 30l/h，时间为一个过滤周期。

清洗模式：伴随着清水的抽出，污水的浓缩，污泥就会在膜丝表面聚积，从而造成膜丝表面阻力的增加。为此，就要设法进行去除，一般有两种方式：1) 间歇空气擦洗，2) 利用产水反洗，反洗水从膜丝内侧进入，反向冲洗膜丝外表面，把聚积的污染物去除。参见图 5。

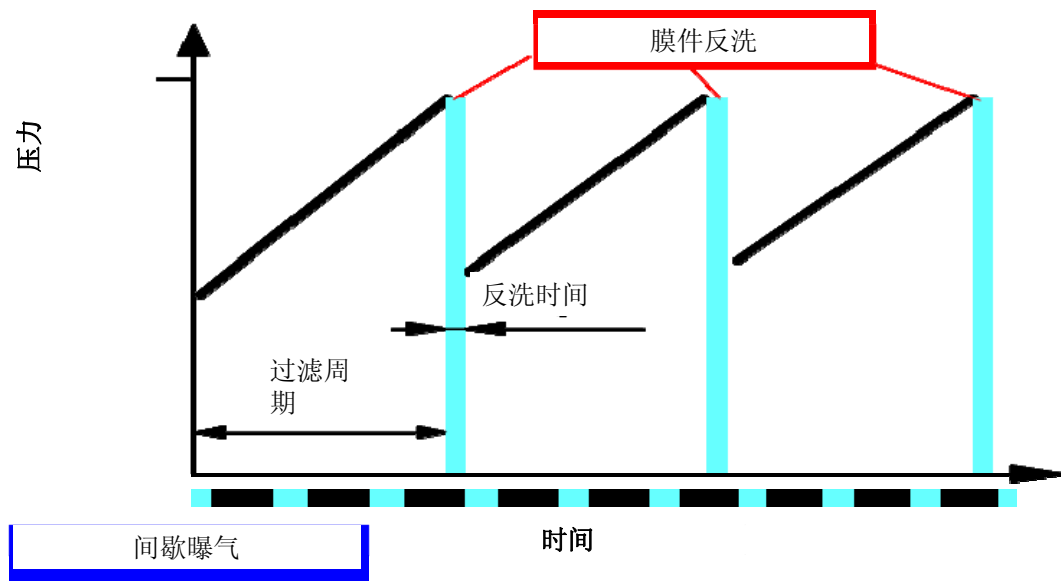


图 5、MBR 系统运行

一般，过滤周期为 240~600 秒，然后用产水进行反洗，反洗的时间为 20~25 秒，最长不超过 40 秒。过滤的通量因水质和水量有所不同，但反洗的通量是一定的，为 30lmh。在过滤和反洗期间，曝气是间歇进行的，曝气的效率为 25%~50%，即曝气 15 秒间歇 45 秒，或曝气 30 秒间歇 30 秒，具体因不同的系统设计而异。为防止曝气装置的污堵，另外有一小股空气是连续的。

经过一段时间的运行以后，有些污染物质会吸附在膜丝的表面，并且无法通过物理反洗去除。对于这些被吸附的物质，如生物粘膜等，就要通过化学清洗来去除。根据污染物的种类，可以选择不同的药剂来进行化学清洗，常用的药剂有：碱、次氯酸钠和柠檬酸。这些药剂既可用于小剂量的维护清洗，也可用于大剂量的系统停运时的强化清洗。参见图 6。

维护清洗 (Maintenance Cleaning) —— 在线清洗:

维护清洗是在线自动进行的，清洗次数在一个月 1~4 次之间，一般两周 1 次。在维护清洗过程中，先对一系列膜件进行化学加药反洗，在刚开始的短时间内，化学反洗通量较高，接下来是较长时间的低通量的化学反洗。维护清洗过后，系统直接投入运行。

清洗药剂直接加到反洗泵出口的产水管线上，加药泵是按照正常运行期间低流量反洗时的药剂浓度来选取。

强化清洗 (Intensive Cleaning) : 强化清洗是指为恢复膜的性能而进行的停机清洗。采用的化学药剂同维护清洗类似，为 1000ppm 的 NaClO (pH=12) 和 pH=2.8 的柠檬酸。将膜池排空，注入清洗药剂，让膜件在药剂中浸泡 8 个小时。强化清洗的次数为一年 1~2 次。

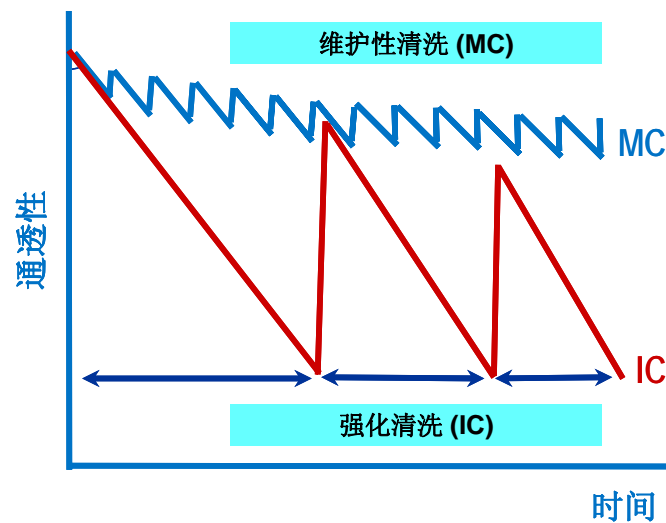


图 6、MBR 化学清洗

八. 运行导则

为了实现膜过滤系统的安全无故障运行，避免对膜组件造成不必要的损坏，必须遵守下面的运行导则：

- 运行人员应严格按照 KMS 提供的产品手册、安装指南等进行设备的存储、运行和维护。
- 净产水量不得超过 KMS 的建议；
- 化学清洗的专用药剂应遵从 KMS 的用户指南；
- 清洗所用的药剂浓度及温度必须符合 KMS 的用户指南；
- 污水负荷和容量必须满足 KMS 的建议书的要求，否则，污水中的非生物降解的成分可能会损坏或不可逆的堵塞膜丝；生化处理池必须按照其设计容量正确的操作，这样可溶的污染物就会被充分的降解以满足出水要求；
- 生化处理池中的干活性污泥浓度最大值控制在 12—16g/l，此值仅适用于生活污水，对于工业废水，应通过中试来确定。
- 反洗最大压力为 1bar；
- 过滤时的最大透膜压差（TMP）为 0.5 bar；
- 原水应有合适的前处理，（≤1.0mm 的槽筛过滤、2.0 的网筛过滤、≤3.0 的板筛过滤）
- 原水还应有沉沙池以及除油等前处理；
- 一旦膜件第一次接触水以后，应注意防止其脱水；
- 膜件清洗应由 KMS 培训过的专业人员来进行；
- 过滤介质的温度为 5—40℃；
- 进入生化池的油脂含量（FOG）不得超过 10mg/l；
- 其他要求应咨询 KMS 的技术人员。



九. 空气耗量说明

PURON[®]标准膜件在产水过程中是进行间歇曝气的，但为了防止曝气头被污泥污堵，一小部分空气是连续的。间歇曝气的空气耗气量为： $0.7 \text{ Nm}^3/\text{m}^2\text{h}$ （ $350\text{Nm}^3/500\text{m}^2$ 膜件），压力为0.35 bar。小股连续曝气的空气耗量为： $0.04 \text{ Nm}^3/\text{m}^2\text{h}$ （ $20\text{Nm}^3/500\text{m}^2$ 膜件）。根据系统的设计不同，间歇曝气空气擦洗的时间约占总运行时间的25%~50%，不同的设计和系统会有所不同。因此在正常运行条件下，需要的空气量在 $0.185\sim 0.37 \text{ Nm}^3/\text{m}^2\text{h}$ 之间。

十. 附录

附录 1: 有关术语

BOD: 生物耗氧量	BOD ₅ : 五天生物耗氧量
COD: 化学耗氧量	CAS: 传统活性污泥处理
CSTR: 连续搅拌反应池	CIP: 就地清洗（化学清洗）
DO: 溶解氧	F/M: 食物与细菌量比例
MLSS: 混合悬浮固体	MBR: 膜生物反应器
HRT: 水力停留时间，一般以小时为单位	SRT: 污泥停留时间，一般以天为单位
NH ₃ -N: 氨氮	RR: 回流比
TDS: 总溶解固体	RAS: 回流污泥
TOC: 总有机碳	TKN: 总含氮量
WAS: 产生污泥量	TSS: 总悬浮固体

附录 2: 安全须知

安全的处理化学品的程序和措施任何时候都应该遵循。

- 在对药剂处理前应仔细阅读所有的警告说明和MSDS的有关说明；
- 绝对不要将水加入药剂中；
- 不要将药品混合；
- 戴上防护手套、防护服以及防护眼镜等；
- 如果需要的话，戴上呼吸保护设施；
- 不要将药品放进没有标签的或错误标签的容器内；
- 不要将氯和酸混合，否则产生的蒸汽是有毒的，有可能导致严重伤亡事故；
- 当有药品不小心溅到或撒到皮肤上时应立即用大量的水冲洗。

附录 3: 运输、保存

膜件出厂时，膜丝内或外表面是有保护液的，其作用是保持膜丝的湿润并防止微生物的滋生。每一束膜元都有一个封套，在设备投运以前，请不要将该封套去掉。另外，为了防止在



运输过程中的损坏，膜件是密封在一个弹性的保护层内。运输中应尽量不要破坏这个保护层。

防干燥保护

请不要让中空纤维膜丝干燥。膜件一经和过滤介质接触使用后，就绝对不可以再干燥保存。当膜系统要停运超过 48 小时，膜件应该完全浸沫在要处理的介质中，并要进行连续曝气。

短期停运保管

如果膜件停运时间超过 48 小时，应该遵守如下保管程序：

- 1、将膜件完全浸没在饮用水或处理水中；
- 2、在池中加入 NaClO，至余氯浓度为 10mg/l，（ $5.5 \leq \text{pH} \leq 7.5$ ）；
- 3、每天检查池中的余氯含量，当 $< 5\text{mg/l}$ 时，要继续添加 NaClO；
- 4、按照这样的程序保管，不可超过 21 天。

长期停运保管

当膜件在运输过程中不幸干燥，或停运超过 21 天时，膜件要重新调节。如遇此类情况发生，请咨询当地的 KMS 的技术人员。

防紫外及冷冻保护

膜件的运输保管应在室温 $5 \sim 25^\circ\text{C}$ （ $41 \sim 77^\circ\text{F}$ ）下进行。请绝对不要让膜件冻结，和不要让膜件长时间的受到阳光的直射或其他 UV 光源的照射。

海上运输

当海上运输最多不超过 4 周时，膜件可以在 $5 \sim 45^\circ\text{C}$ （ $41 \sim 113^\circ\text{F}$ ）的温度下保存。同时工厂发运前，要对膜件进行经得起海上运输的包装。如果没有这样做，且保存时间超过 4 周时，保存室的湿度不能超过 30%。

正确搬运

在搬运膜件的过程中，要极其小心。任何碰撞、挤压或撞击地面的行为都可能会造成膜件或接管的损坏，应尽可能避免。在膜件周围不应有任何焊接或打磨工作。

附录 4：安装

在膜件装入膜池以前，应对有关管道和膜池内部进行充分的清洗，确保不存在金属焊渣等杂质以及可能存在的油污。

整个膜件是从膜池的顶部吊装入内。在安装以及起吊膜件的过程中，注意不应使膜件倾斜、旋转或翻转。请注意以下事项：



- 1、打开膜件外部的保护膜，检查膜丝是否在运输过程中受损，确保要安装的膜件膜丝完好无损。如果有损坏，请立即和 KMS 的有关人员联系。
- 2、在起吊膜件以前，要确保所有附属设备已经安装在膜件上。比如横梁已经安装在组件的框架上，并且用螺栓固定好。曝气管和冲洗水管也安装到位。
- 3、膜件的起吊只可以在膜件顶部进行。注意起吊设备的最大承载能力。
- 4、在安装和起吊膜件的过程中，要注意膜池应该是空的。
- 5、初次安装时，当全部安装工作完毕以后，方可去除膜元外面的封套。

附录 5：初次启动

在启动 PURON 膜件以前，应对系统有关管道进行一次压力维持测试，即确保无泄漏。进行该测试时，应将膜件从连接管道处断开。具体启动步骤如下：

第一步：膜池充水

在第一次启动膜池时，应用饮用水或其他洁净水源来将膜池充满。并且在充水过程中，应对膜件进行连续曝气。确保所有曝气头可均匀出气。

第二步：检查曝气系统

在废水进入膜池前，应对整个曝气系统进行检查，确保其正常工作。

第三步：产水侧管道充水

产水管道充水可不通过膜件进行。利用反洗水泵和产水管道上的阀门，将管道充满水。注意，这里应该使用洁净水源。只有当产水管道充满水，方可开始过滤运行。

第四步：开始过滤操作

开始过滤时的通量为 7.5lmh，这是为了让膜件中的膜丝慢慢地充满水，一旦整个膜件都完全浸润，充满水后，就可以按照设计的通量进行运行。为了方便观察，建议在产水管上有一段透明管。

附录 6：故障排除

故障类型	应对措施
膜件曝气故障	立即停止过滤产水，执行如下的有关维修程序
曝气压力升高 $Dp > 30mBar$	立即停止过滤产水，执行如下的有关维修程序
膜丝破损	咨询 KMS 的技术人员



曝气系统维修程序：（可在线进行）

- 1、关闭用于连续曝气的旁路阀以及曝气切断阀。打开冲洗水管路上的阀门。
- 2、膜件出现曝气故障，最主要的原因是活性污泥进入了曝气系统，堵塞了曝气头从而导致曝气故障。为此，就要用冲洗水对曝气系统进行彻底的冲洗，直至排出水洁净为止。推荐的冲洗水量为每个标准膜件 8~10m³/h。
- 3、启动曝气风机，打开连续曝气阀和间歇曝气阀冲洗整个曝气系统。注意，从此时开始，连续曝气阀必须是一直开着。
- 4、当冲洗管中不再有水排出时（大概需要 2 分钟左右），也就是曝气系统中的污堵已经排除时，关闭冲洗水阀，打开曝气切断阀重新进行曝气。至此，维修程序全部结束，可以重新开始过滤。

附录 7：清洗药剂

KMS 推荐的清洗药剂及使用条件如下：

清洗药剂	分子式	浓度	最高使用温度
酸洗（无机污染）			
盐酸（30~32%）	HCl	pH 3	40℃
柠檬酸	C ₆ H ₈ O ₇	pH 3	40℃
碱洗（有机污染）			
氢氧化钠（33%）	NaOH	pH 12	40℃
氧化剂清洗			
10%次氯酸钠	NaClO	< 2000ppm(pH12)	40℃

维护清洗程序如下（以两种药剂为例）：

步序	程序	通量	时间	药剂浓度
1	膜丝除气	30lmh	一个过滤周期	
2	水反洗	30lmh	20~25 秒	
3	氧化剂反洗	3~6lmh	30~45 分钟	NaClO, 500ppm, pH=12
4	水反洗	30lmh	20~25 秒	
5	酸反洗	3~6lmh	30~45 分钟	柠檬酸, pH=2.8~3
6	水反洗	30lmh	20~25 秒	

注意：维护清洗时，系统不进行曝气。



附图：曝气系统维护示意图。（红色虚线范围内为 KMS 供货范围）

