

碳化硅陶瓷平板膜

操作维护手册



修订日期：2020 年 2 月 23 日

目 录

1. 导言.....	1
2. 技术与产品介绍.....	1
3. 膜组件性能.....	2
3.1 膜壳性能.....	2
3.2 碳化硅陶瓷膜性能.....	2
4. 陶瓷膜组件.....	2
4.1 膜组件6.0 S.....	3
4.2 膜组件 6.0H.....	4
4.3 膜组件 ST 系列.....	5
4.4 配件和工具.....	6
4.4.1 集水头和产水嘴.....	6
4.4.2 支撑脚和提升系统.....	7
4.4.3 喷淋装置.....	7
4.4.4 曝气装置.....	8
4.4.5 提升牵引支架.....	8
4.5 特征.....	9
4.5.1 两种喷淋模式.....	9
4.5.2 陶瓷膜膜片之间的可变距离膜组件.....	10
4.5.3 活性饼层过滤.....	10
4.5.4 亲水陶瓷膜表面.....	11
4.5.5 陶瓷膜表面低污染电位.....	11
4.6 CERAFILTEC 的设计理念.....	12
4.7 运行原理.....	13
5. 膜塔组装.....	16
5.1 不同的塔型.....	17
5.2 膜塔装配零件清单.....	18
5.3 膜塔装配工具.....	18
5.4 膜组件塔的组装.....	19
5.5 膜塔的拆卸.....	25
6. 安装膜塔.....	26
6.1 滤池的准备.....	26
6.2 过滤系统安装.....	26

7. 膜塔的运输和起重.....	33
7.1 吊装膜组件塔.....	34
8. 运行方式.....	35
8.1 膜过滤工艺.....	35
8.2 定期反洗.....	36
8.3 化学清洗.....	37
8.4 完整性检测/密封检查.....	38
8.5 清水测试(渗透测试).....	39
8.6 过滤的启动.....	39
9. 维护保养.....	40
9.1 外观检查.....	41
9.2 水质检查.....	41
9.3 膜组件的维护.....	41
9.3.1 膜组件装配的工具.....	41
9.3.2 膜组件的拆卸.....	41
9.3.3 膜组件的组装.....	47
10. 接收, 装卸和存储.....	55
11. 问题解答.....	55

1. 引言

以下的操作和维护手册介绍了如何正确处理，安装，操作和维护碳化硅陶瓷膜组件。请务必仔细阅读本手册，以便安全有效地处理产品。

本文件载有一般准则，实际应根据应用程序和项目的具体安装要求操作。例如：每个塔需要组装多少个膜组件，过滤池内的附件的结构，如限位支架架、曝气和喷淋装置、膜塔的连接等需要考虑，请遵循这些附加说明，以确保正确和安全的装配和安装。

2. 技术与产品介绍

碳化硅陶瓷膜是一种固液分离技术，可用于过滤各种污水并通过渗透产生高品质的产品水。应用于以下方面：

- 来自地面和地面水源的饮用水
- 盐水和海水反渗透预过滤
- 市政及工业废水处理
- 采矿废水处理
- 含油废水处理
- 海洋洗涤器的洗涤废水
- 砂滤池反冲洗废水回收
- 污泥浓缩活性污泥
- 热水过滤
- 其他挑战工业水域

在平均过滤孔径为 0.1 微米的情况下，超滤膜作为物理屏障从水中去除任何悬浮固体，如：

- 砂粒，淤泥和胶体二氧化硅
- 金属氧化物，如铁和锰氧化物
- 花粉，病菌和细菌
- 藻类
- 油和油脂
- 胶体分数

- 氯二苯
- 透明聚合物颗粒
- EPS（超高分子物质）
- 其他

3. 膜组件性能

3.1 膜壳性能

CERAFILTEC膜壳可与多种陶瓷平膜一起使用。CERAFILTEC的膜壳是标准配置，可以根据不同应用场景使用不同的陶瓷膜。

3.2 碳化硅陶瓷膜性能

由碳化硅的高抗污性促成的易清洁性将陶瓷膜塑造成一个独特的高性能膜组件。根据介质和操作条件，以及机械和化学清洗方式，它可以单独或组合使用，从而实现稳定和低维护的长期运行。

4. 陶瓷膜组件

一个膜组件是一个单一的，膜组件化的，可扩展的过滤单元，由玻璃纤维增强塑料外壳和平板陶瓷膜组成。膜组件壳体的开发目的是在内部通道中紧密输送液体介质，同时又能承受较高的机械力。我们的第三代膜组件经过流量优化，以实现陶瓷膜的最佳性能。四个大型内部产水通道通过一个膜组件以最小的压力损失实现高达1,500 LMH（等于 $9\text{m}^3/\text{hr}$ ）的流量。整个外壳以及所有附件均不含任何金属，因此可用于最恶劣的应用场合，同时延长使用寿命。另外，膜组件之间不需要周围的框架或软管连接。

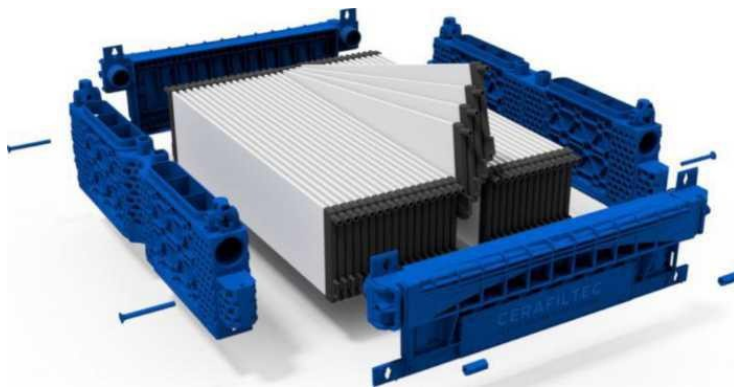


图4-1：膜组件的分解图

优点：

- 高通量运行所需的过滤面积更少 - 节省大量成本支出
- 适用于海水和其他挑战性应用，没有任何腐蚀问题的风险
- 能在高温至沸水下运行
- 由于没有周围框架，因此完全膜组件化 - 可以随时更改每座塔的膜组件数量，以优化项目成本或增加将来的处理能力。
- 最紧凑的设计 - 由于不需要软管，因此塔架可以彼此紧密安装。

4.1 膜组件6.0S

膜组件6.0S 是我们大多数应用的标准规格。

- 过滤膜组件采用陶瓷平板膜，适用于浸没应用
- 多膜片配置，可更换膜片
- 内部产水通道
- 膜组件外壳完全由玻璃纤维增强树脂制成- 不含任何钢制部件
- 适用于地下水、海水、地表水、MBR、TSE 等具有挑战性的工业水域
- 高通量运行，高达 1,500 LMH

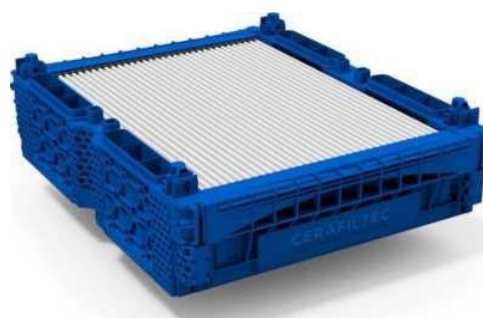
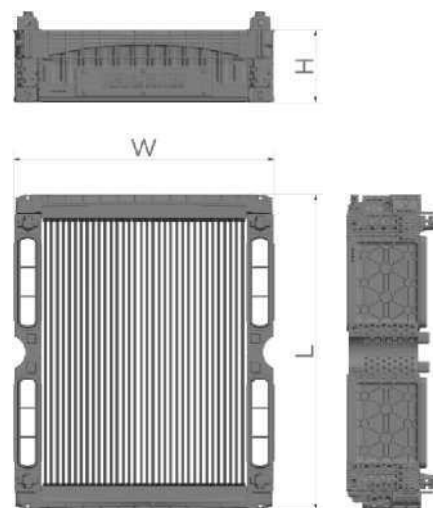


图4-2：膜组件6.0S

技术指标:

尺寸 LxWxH	700x567x160 mm
干重	37.7 Kg
膜壳材料	NORYL™树脂 30%玻璃纤维增强 混合 PPE/PS
膜片数量	34
膜片之间距离	6.7 mm
过滤面积	6.0 m ²
最大流量	9.0 m ³ /h
最大负压（吸力）压力	-0.7 bar
最大正（反冲洗）压力	2.0 bar
操作温度	5-65℃
应用领域	饮用水/污水/工业用水



4.2 膜组件 6.0H

膜组件6.0H 是我们的专业热水应用超过 60℃。

- 过滤膜组件采用陶瓷平板膜，适用于浸没应用
- 多膜片配置，可更换膜片
- 内部过滤产水通道
- 膜组件外壳完全由玻璃纤维增强树脂制成一不含任何钢部件
- 适用于热水应用，如深层地下水、生产水、锅炉和换热器系统
- 高通量运行高达 1500LMH

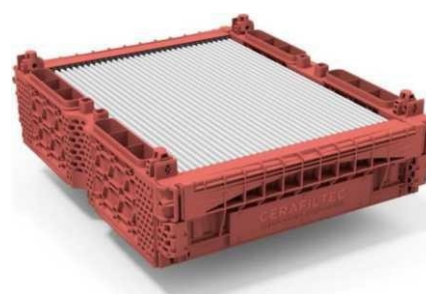
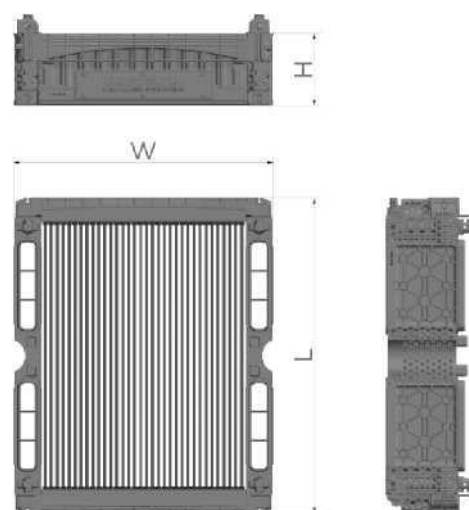


图4-2：膜组件6.0H

技术指标:

尺寸 LxWxH	700x567x160 mm
干重	37.7 Kg
膜壳材料	NORYL™树脂 30%玻璃纤维增强 混合 PPE/PS
膜片数量	34
膜片之间距离	6.7 mm
过滤面积	6.0 m ²
最大流量	9.0 m ³ /h
最大负压（吸力）压力	-0.7 bar
最大正（反冲洗）压力	2.0 bar
操作温度	60-99℃
应用领域	饮用水/污水/工业用水



4.3 膜组件 ST 系列

膜组件 ST 系列应用于污泥浓缩。

- 过滤膜组件采用陶瓷平板膜，适用于污泥浓缩和其他高 TSS
- 多膜片配置，可更换膜片
- 超大间距的单板可提供 3 种标准配置
- 内部过滤产水通道
- 膜组件外壳完全由玻璃纤维增强树脂制成一不含任何钢部件

技术指标:

膜组件配置	ST20	ST32	ST46
膜片之间的距离	20mm	33 mm	46 mm
最大滤饼层厚度	7 mm	12 mm	18 mm

最大污泥体积	21l	27l	36l
膜片数量	16	11	8
膜面积	2.8 m ²	2.0 m ²	1.4 m ²
干重	21.0 Kg	16.9 Kg	14.5 Kg
最大流量[m ³ /hr]	4.2 m ³ /h	3.0 m ³ /h	2.1 m ³ /h
尺寸 LxWxH[mm]	700x576x160 mm		
膜壳材料	NORYL™树脂 30%玻璃纤维增强混合 PPE/PS		



4.4 配件和工具

安装配件可分为必备配件和选配配件。必备配件必须由厂家提供，可选配件也可以根据厂家提供的规格选择其他配件。建议使用选配配件。

4.4.1 集水头和产水嘴

- 连接膜塔到产水管道的关键。
- 包含 2 个集水头，2 个塑料卡箍，2 个产水嘴，4 根塑料螺栓和必要的密封圈
- 安装于膜塔顶部膜组件上
- 只需通过塑料螺栓连接，安装拆卸方便
- 可提供不同大小规格产水嘴，公制或者ASTM 标准

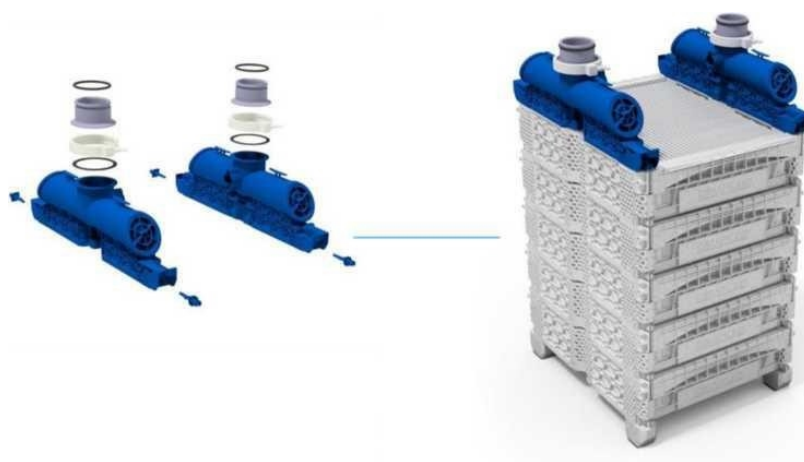


图4-4：膜塔的必备配件

4.4.2 支撑脚和提升系统

- 必须在膜塔底部安装，支撑膜组件
- 含 4 个支撑脚，4 条提升绳，4 根塑料螺栓
- 安装于每个膜塔的最底部膜组件下
- 只需通过塑料螺栓连接，安装拆卸方便
- 提升绳应通过每个膜组件螺纹，并连接在提升装置上，用于安装膜塔
- 一旦膜塔安装就位，提升绳端需固定在产水头上

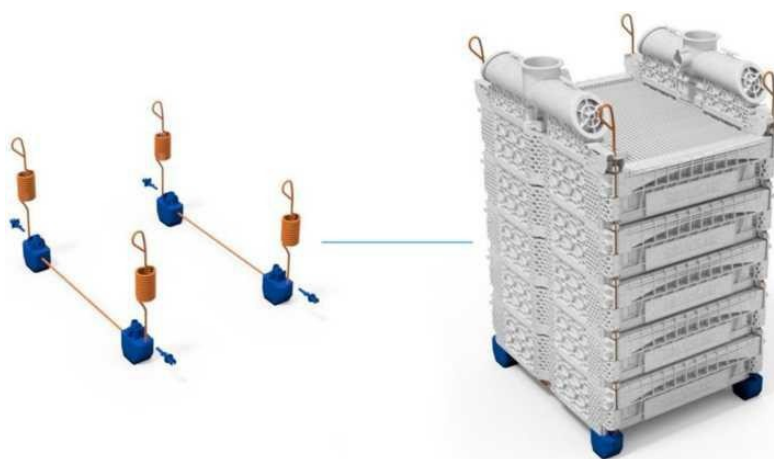


图4-4：膜塔的必备配件

4.4.3 喷淋装置

推荐用于所有具有死端过滤和滤饼层形成的项目。每个膜塔含穿孔塑料管 2 根，

管夹 4 个。管卡安装在集水头上。

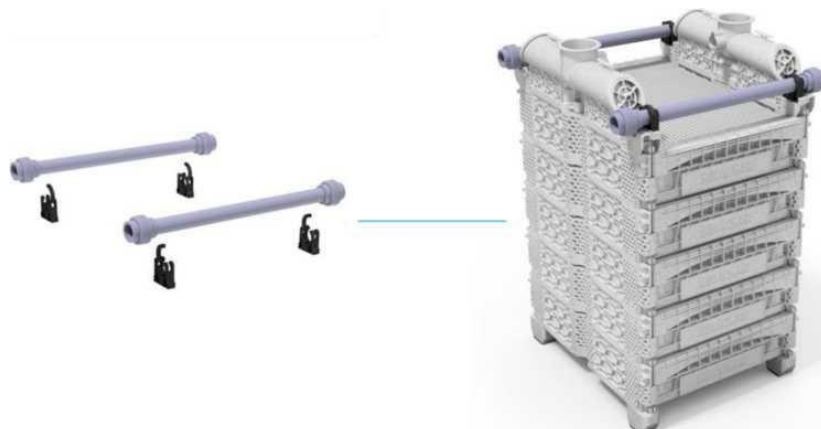


图4-5：选配配件喷淋管道

4.4.4 曝气装置

推荐用于所有需要避免滤饼层形成的应用（过滤过程中需永久空气冲刷），例如。MBR 或污泥浓缩。

包含 4 或 5 个穿孔塑料管和卡箍架。

支架要安装在塔下的池底，不连接到膜塔上



图4-6：选配配件-曝气管

4.4.5 提升牵引支架

用于单塔安装，连接于提升绳上，可用304或者316不锈钢
可提升最多16 个膜组件单塔



图4-7：选配配件-提升装置

4.5 特征

4.5.1 两种喷淋模式

采用一体化喷淋系统作为水射流，加强了反冲洗过程中滤饼层的去除。在较低的流量下，喷头也可以通过在陶瓷平板膜表面喷洒浓缩化学品来进行有效的化学清洗。由于膜孔的毛细力，化学物质被吸入膜。

洒水模式（喷淋模式）

机械清洗，喷淋流量可达 $20\text{m}^3/\text{hr}@2\text{bar}$



化学清洗模式（化学喷淋模式）

化学清洗，喷淋流量可达 $8\text{m}^3/\text{hr}@1\text{bar}$



图4-8：洒水和顶部清洗模式，以清洁膜

在悬浮固体浓度很高的应用中的保证安全操作。

防止在反洗过程中由于滤饼层和过滤塔内部沉积物而导致的污泥堵塞或堆积。

最快清洗方式：全膜在15min以内恢复

化学清洗能力强，药剂消耗少

产水通道不受污染，保证产水中无化学药剂

4.5.2 陶瓷膜膜片之间的可变距离膜组件

对于污泥或 TSS 浓度很高的应用场景，陶瓷膜膜片之间较大的间距对于避免堵塞和减轻污泥脱水的风险至关重要，能够避免损坏陶瓷平板膜。膜片间距有四种不同的规格，从 6.7 mm 到 46.0 mm，允许最大污泥层厚度高达 18mm。单板插槽可以密封。

优点：

- 在极高的污泥和 TSS 浓度高达 5% 的应用中稳定运行
- 操作过程中，也可随时改变板距
- 更改方便——只需卸下盖板并固定插头
- 无需额外更换膜壳或附件

4.5.3 活性饼层过滤

该膜组件设计为浸没式，采用外入过滤工艺。它允许在陶瓷平板膜上有针对性地形成污泥层。

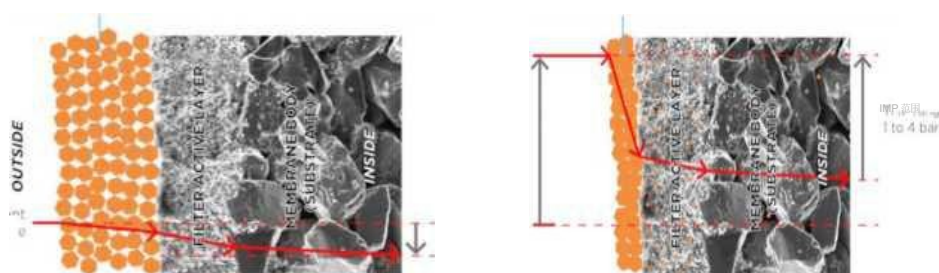


图4-9：淹没（出入）和加压（入出）过滤之间的差异

浸入式过滤

压力在过滤侧

不压缩形成的污泥层

在低压力下高通量运行

对高悬浮固体负荷不敏感：取决于所选模块/膜片的距离，形成的污泥层可

达几毫米/厘米

反洗频率低

加压过滤

压力在进料侧

压缩形成的污泥层

膜渗透性显著下降：高压或低通量操作

仅限于少量悬浮的固体负荷：膜阻塞和堵塞的风险

高进水压力会导致可变形物料，如TEP

通过并降低过滤后的水质

极高的回收率

高功耗

低功耗

较难清洗

容易清洗

优点:

- 污泥滤饼层可用作额外的过滤层，提高非常小的颗粒和胶体组分的去除率
- 泥饼层内部的吸附过程可以选择性地去除溶解的性污染物：镭、铀、砷、有机物等
- 形成的泥饼层可以作为保护涂层，以尽量减少生物污染或结垢
- 改善过滤水质可以减少后续处理步骤

4.5.4 亲水陶瓷膜表面

水接触角是一种测定亲水性的方法。膜表面亲水性越强，通量越大。与有机膜相比，陶瓷膜可以达到 15 倍以上的通量率。

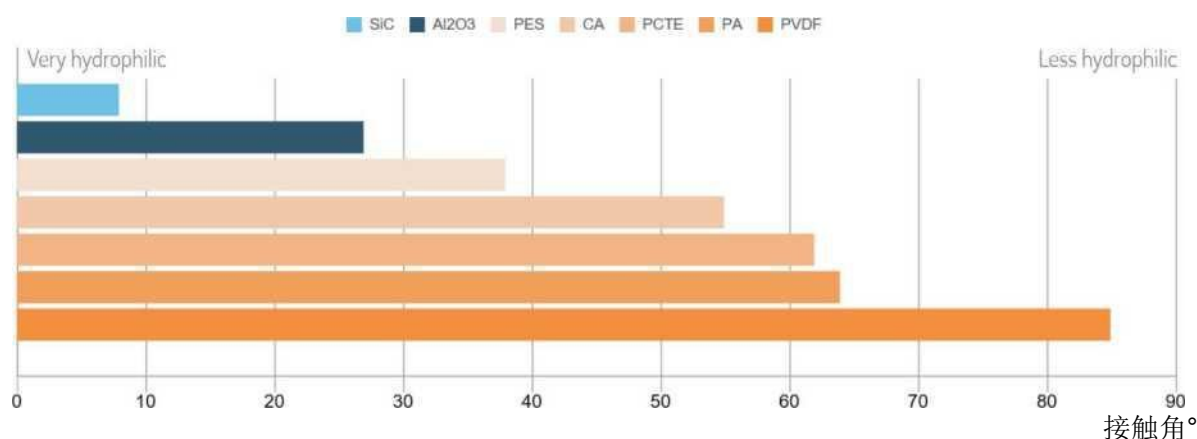


图4-10：不同膜材料的接触角

优点:

- 陶瓷膜具有很高的亲水性—可以很好地去疏水性物质，例如油脂
- 碳化硅陶瓷平板膜在极低压下的能高通量操作，能耗低

4.5.5 陶瓷膜表面低污染电位

膜负电荷越高，对污垢和堵塞的易感性越低。如图 4-11 所示，当 pH 高于 2.7 时，碳化硅膜是带负电荷的，这意味着它可以排斥带负电的物质，如油类，生物物质，细菌和活性炭。带正电的物质可以与膜结合，例如阳离子表面活性剂。因此，需要避免使用阳离子表

面活性剂和聚合物以及其他带正电荷的被过滤介质，否则膜会迅速结垢。这种情况只发生于介质中含有大量有机物的情况下，并不会发生在无机颗粒的去除中。

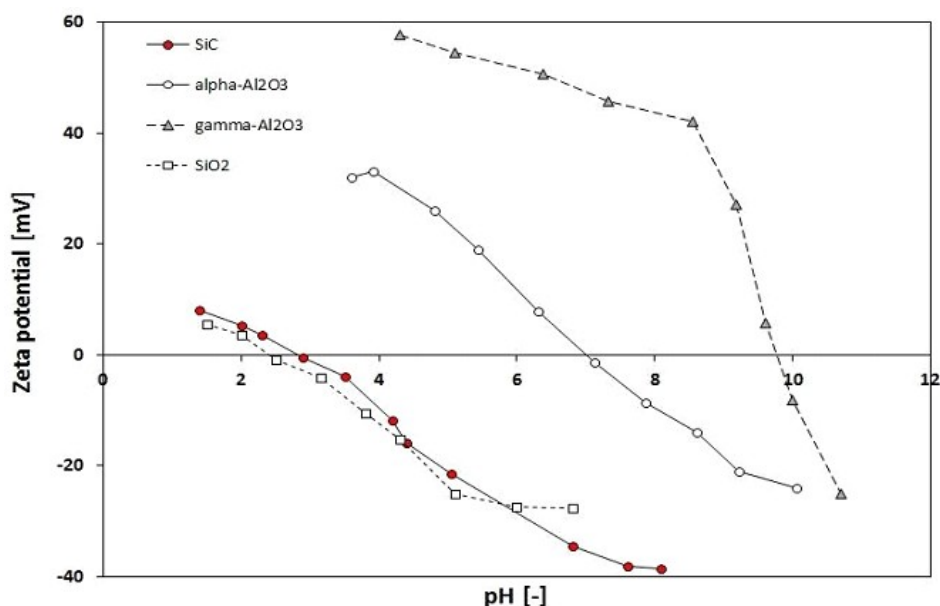


图 4-11 碳化硅和其他陶瓷材料在不同 pH 值下的电荷

优点：

- 基于 SiC 的陶瓷平板薄膜材料具有非常高的负电荷和大约在 pH3 的等电点，即使在非常低的操作 pH 值下，也能实现稳定的高通量和低压操作
- SiC 膜的清洁和维护要求低
- 带负电荷的陶瓷平板膜是利用带负电荷的 HMO 去除重金属和放射性同位素的活性滤饼层过滤工艺的理想膜
- SiC 膜对细菌、TEP 和油等带负电荷的物质具有最高的去除率

4.6 膜组件的设计理念

一个膜组件可以配备多达 34 个可替换陶瓷膜膜片，总膜面积可达 6 m²。单个膜组件最多可以堆叠 15 个膜组件到一个膜塔。除了膜组件外，膜塔还有一个支撑脚和一个集水头，集水头带有一个用于内部通道的分配通道，连接到外部管道。膜表面积是装置容量的决定因素，表面积越大，通过装置的流量越大。

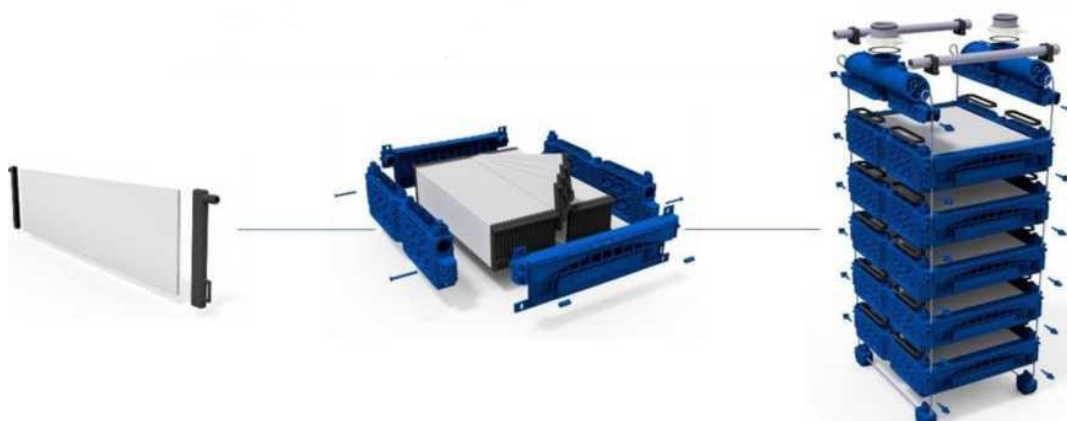


图4-12 从膜片到膜塔

膜塔可配置为多塔，几个单塔可以简单地通过顶部的产水管连接。完全模块化的配置，因为周围没有钢结构，所以没有膜塔设计的限制。



图4-13 不同的膜塔配置

4.7 运行原理

过滤从外到内开始，污水从膜外侧通过膜片，悬浮固体被截留在膜表面，形成泥饼层，而干净的水通过膜片，并通膜片两端产水嘴收集。

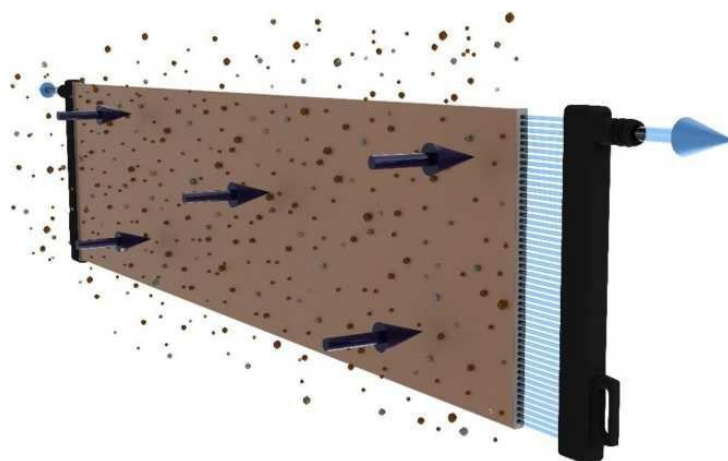


图4-14 过滤原理

每个膜片的产水被收集在膜组件外壳内，并通过集成在两个膜组件外壳侧的 4 个产水通道输送到集水头。



图4-15 产水收集过程

过滤塔完全淹没在装有原水的膜池中。所有膜塔在顶部用公共产水管连接。产水通过每个膜塔的集水头输送到顶部产水管，并通过产水管输送到膜池外，通过产水泵将产水输送到产水池（箱）。

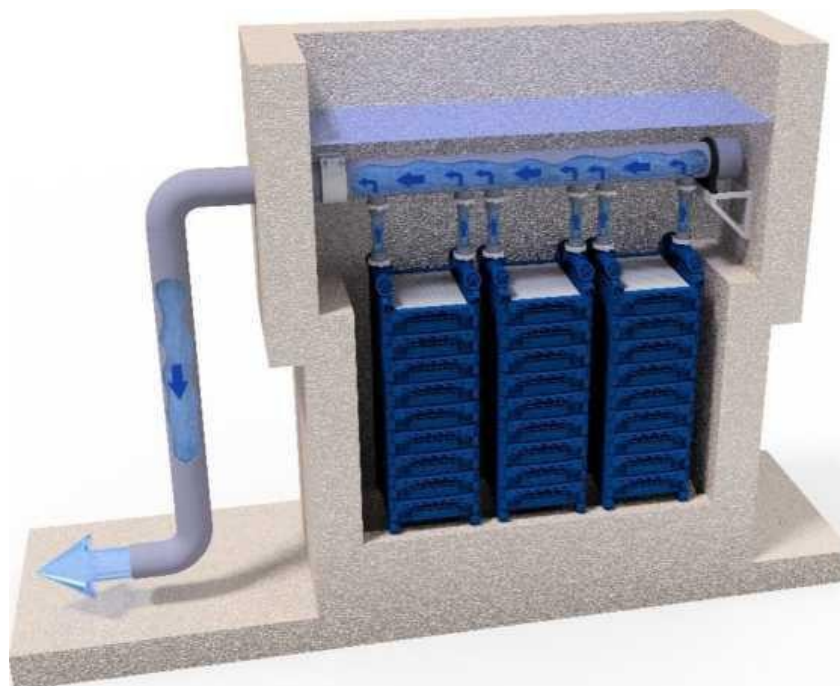


图4-16 产水过程

反洗过程是通过改变水流方向，用极少量的过滤水对膜进行反冲洗，几秒钟内膜表面形成的泥饼层就会脱落。曝气可以增强泥饼层的去除效果。

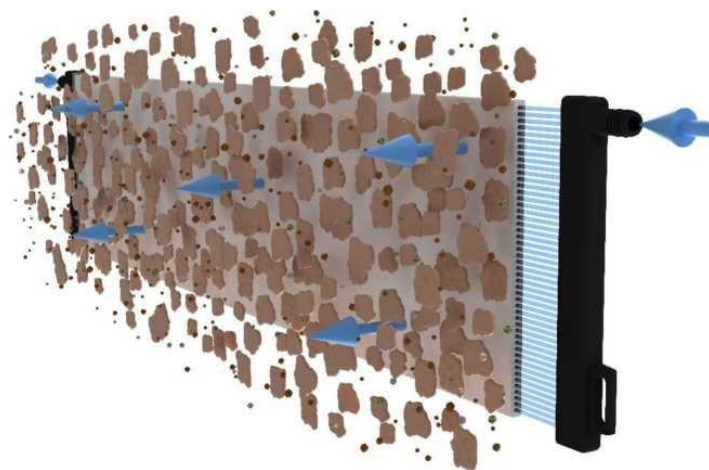


图4-17 反冲洗过程

所有 4 个产水通道的反洗水被输送到两个膜组件前沿，并从那里进入每个膜片。



图4-18 反冲洗水流流向

从产水池通过反洗水泵，将反洗水通经过集水头分配到每个膜塔中。

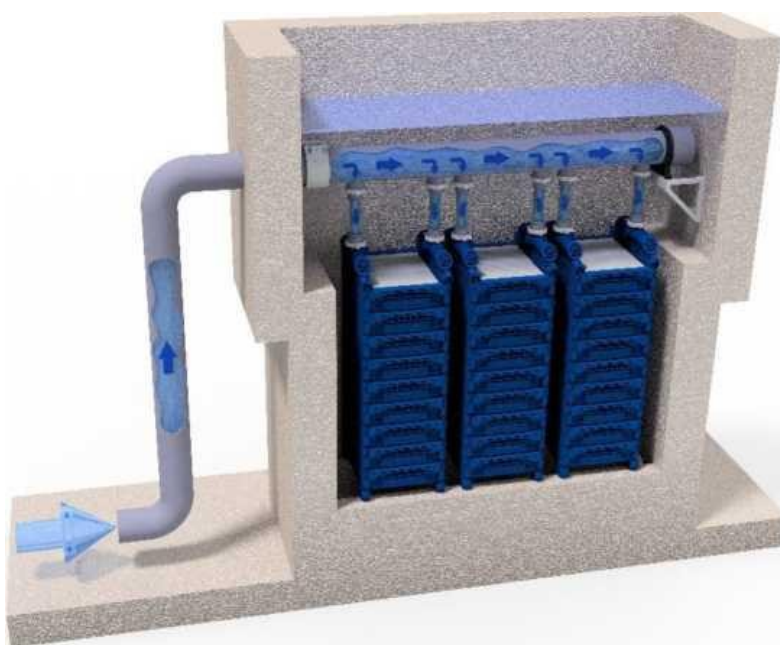


图4-19反冲洗过程

5. 膜塔组装

膜塔主要由碳化硅陶瓷过滤膜组件组成。陶瓷是一种非常坚固的材料，在恶劣水质条件下能长期耐受。但是，陶瓷受到机械冲击，容易断裂，出现这种情况必须修理或更换。

如果有新的膜组件到安装现场，请仅打开木箱顶部观察膜组件是否正常，并检查交货单，是否所有组件齐全。然后关上木箱，并保持关闭状态，直到塔架开始组装为止。

通常，已组装好的膜塔通常堆放在木箱中。即使堆叠的膜组件看起来已经是一个完整的膜塔，也有必要拆卸并重新组装膜塔。为了在运输过程中固定塔，安装了塑料螺栓，必须首先拆卸塑料螺栓。

5.1 不同的塔型

膜塔的尺寸可以在 1 到 15 个膜组件之间，高度在 43.5 cm到 267.5cm之间。请检查您的项目选择了哪个大小。过滤塔总是从基础膜组件开始，这是塔的最下面的膜组件。

表5-1：安装过滤塔的基本信息

膜组件数量	高度/mm	重量/mm	绳索长度/mm
1	435	46	2x2070
2	595	82	2x2390
3	755	118	2x2710
4	915	154	2x3030
5	1075	190	2x3350
6	1235	226	2x3670
7	1395	262	2x3990
8	1555	298	2x4310
9	1715	334	2x4630
10	1875	370	2x4950
11	2035	406	2x5270
12	2195	442	2x5590
13	2355	478	2x5910
14	2515	514	2x6230
15	2675	550	2x6550

5.2 膜塔装配零件清单

膜塔组装前，请确保所有必要的部件都在齐全，数量正确，状态良好。数量可参照装箱单核对。如果在膜组件检查过程中出现允许偏差，膜组件（包装单元）应单独标记并存放在仓库中。在征询厂家的质量保证部门并决定是否可以使用，退回或需要报废膜组件或附件之前，不得在任何情况下安装该膜组件。

5.3 膜塔装配工具

膜塔需要用几种工具和至少两个人组装。现场需具备以下条件：

- 接头处所有垫片的润滑剂。因为垫圈材质为三元乙丙橡胶，因此，润滑剂不得含有矿物油或其他降解 EPDM 的物质。根据不同要求，必须符合当地的规定（如饮用水标准）。
- 清洁刷子，用来涂刷润滑剂。
- 至少 1 m x1 m 的平坦稳定场地。
- 一个或两个直径为 17 或类似的环形扳手。此工具用于固定塑料螺栓。不要使用螺丝刀，会损坏塑料螺栓。

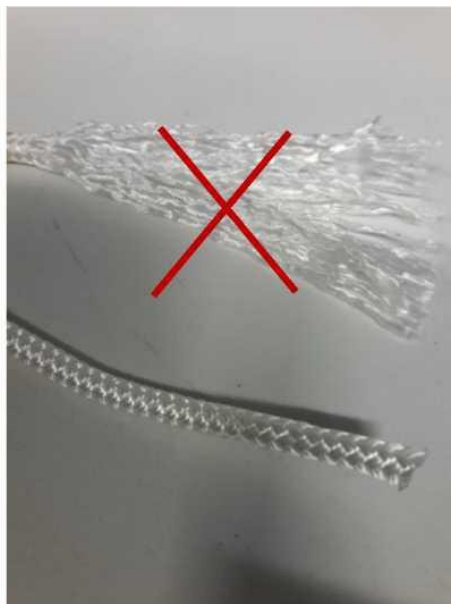
5.4 膜塔的组装

必须至少两人完成膜塔的组装。请按照正确的顺序执行以下步骤：

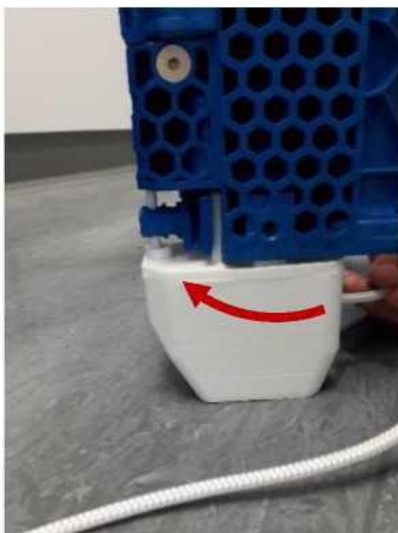
- (1) 将一个基础膜组件放在地板上，将其放在前框架上，并抬起一侧。放入 2 个支撑脚，并用 2 个塑料螺栓将其固定。以相同的方式在另一侧抬起膜组件，然后组装另外2只支撑脚。



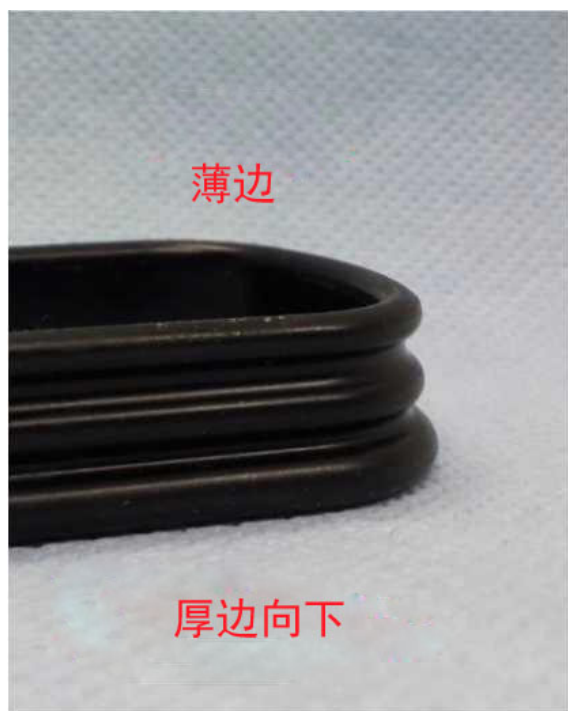
- (2) 一个膜塔，需要两条绳索。绳索必须具有相同且正确的长度。两端必须使用专用的热绳切割机切割，而不要使用刀或剪刀。绳索末端的直径不应比绳索本身宽很多，否则在穿线时会出现问题。



- (3) 左右将一根绳子穿入角脚底侧的孔中，直至从第一个膜组件的顶部出来。如果停止，请尝试在轻微压力下用手指钻绳索。用另一侧的第二根绳子做同样的事情。最后，两条绳索的所有 4 个末端都在第一个膜组件的顶部。



- (4) 在第一个模块上放 4 个非对称密封圈。将较厚的一面朝下。当所有四个垫圈都正确放置时，仅在密封圈的外侧用干净的刷子涂上润滑剂。



- (5) 将第二个膜组件放在基础膜组件顶部，轻压，将螺栓插入螺栓孔，然后用环形扳手将其拧紧。



- (6) 将绳索穿过顶部膜组件内部的4个角。



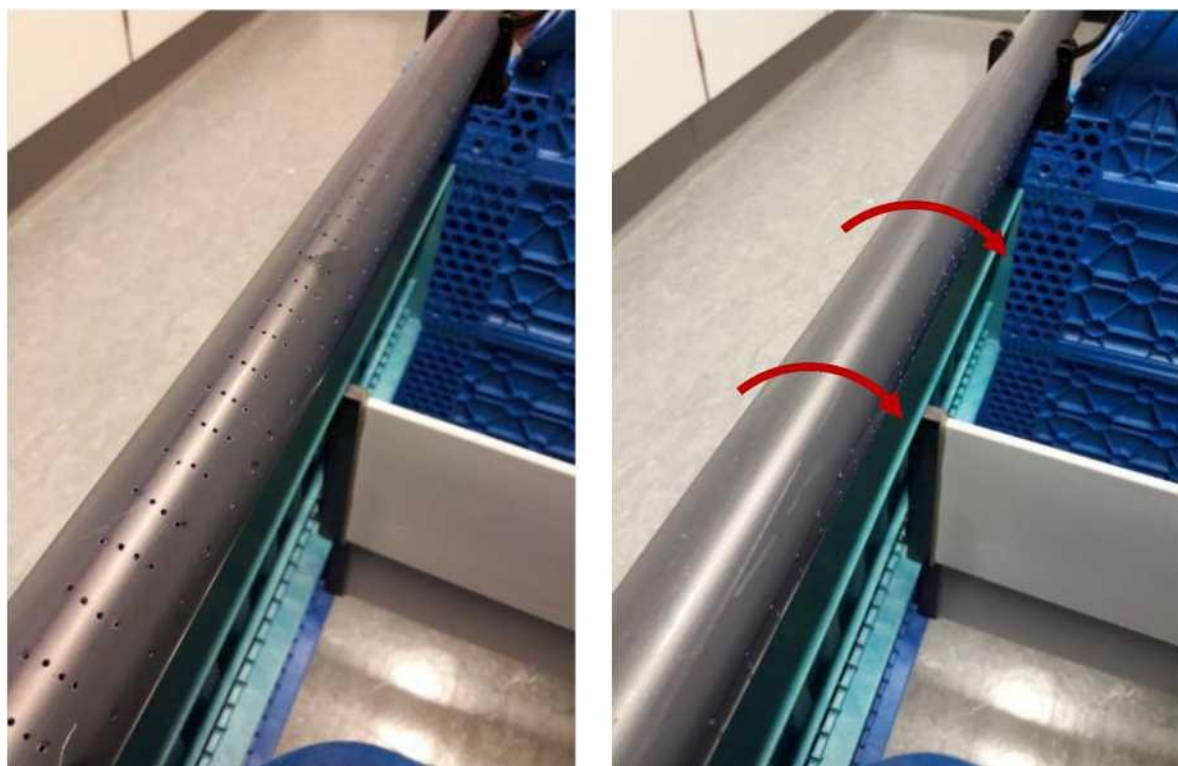
- (7) 重复（4）-（6）步骤，直达到膜塔的设计层高。
- (8) 膜塔顶部集水头安装。安装步骤与膜组件安装步骤相同（步骤（4）-（6））。



(9) 准备绳索两端的吊绳。



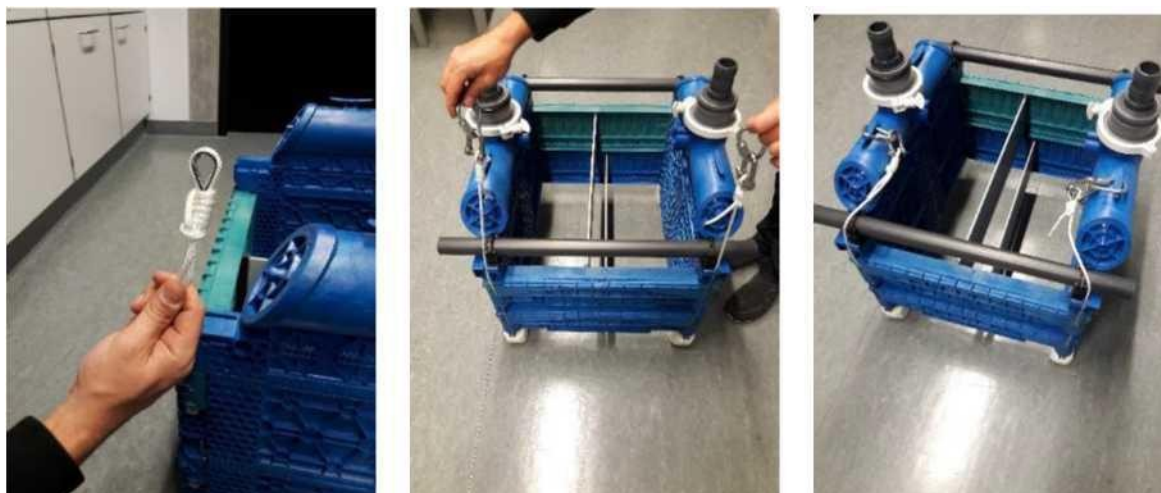
(10) 安装喷淋系统的管卡，放置喷淋管，转动至顶孔水平。



(11) 将产水嘴组装到集水头



(12) 插入顶针和提升塔用的吊环。



有关“膜塔组装”的详细信息，可参阅 CERAFILTEC 网站。

<http://www.cerafiltec.com/how-to-assemble/>

5.5 膜塔的拆卸

起吊膜塔并将其放置在平坦的地面上，通过打开集水头卡箍来卸下集水头。将集水头放在干净的地上。

拆卸膜塔时，首先必须打开绳索的 4 个结。下一步是用环形扳手打开顶部膜组件的 4 个固定螺栓。2 人抬起顶部膜组件。重复此过程。

小心处理膜组件，将它们放在平坦的地面上，不要在膜组件上放置工具。如果

膜组件需要长时间存放，则需盖上膜组件或放入箱子中保存。

6. 安装膜塔

由于塔架采用模块化设计理念，因此安装我们的设备非常容易。在项目执行期间，我们提供了快速安装和启动的所有要求和准则。

6.1 滤池的准备

通常，滤池应尽可能紧凑，以减少排放和清洗期间的水量损失。如果在过滤过程中因为进行连续曝气而产生横流，则每个膜塔周围面积至少应与模块塔顶视图的横截面相同。

对每一个过程来说，最重要的是在反洗过程中和在水箱排空时，拥有良好的污泥清除能力。因此，在每个塔或塔排下，必须有一个宽度和膜塔总内部宽度相同（通常为 520 mm）至少有 5° 坡度的排泥沟。

系统应做好安装准备，这意味着土建工程已经完成；管道，阀门和仪表安装完成。

6.2 过滤系统安装

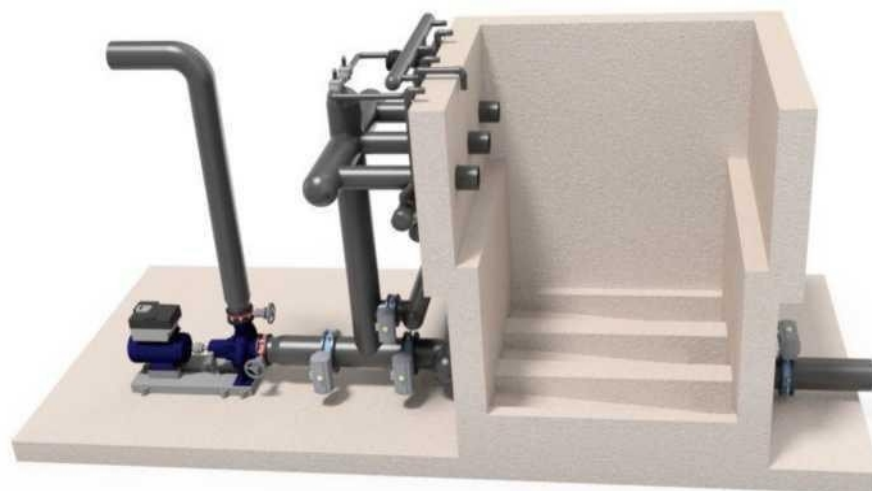
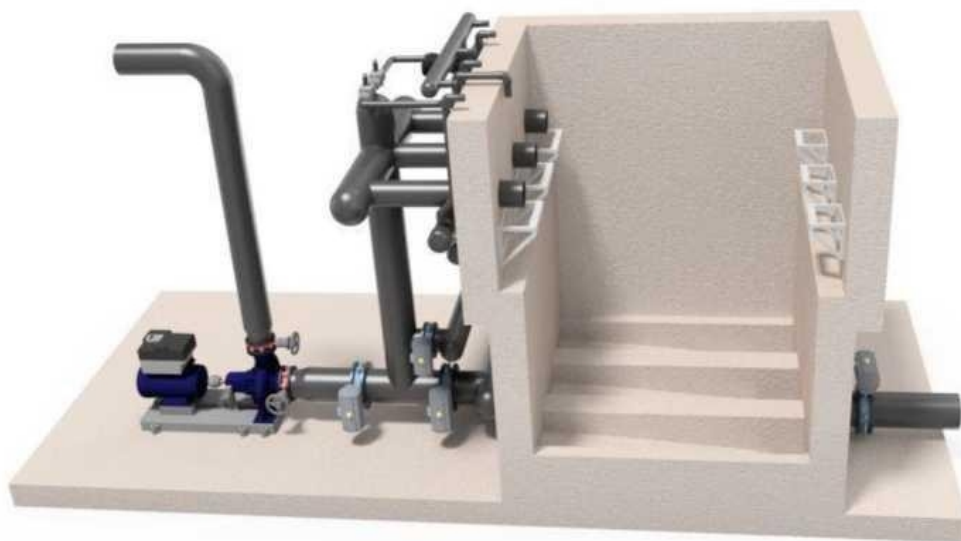
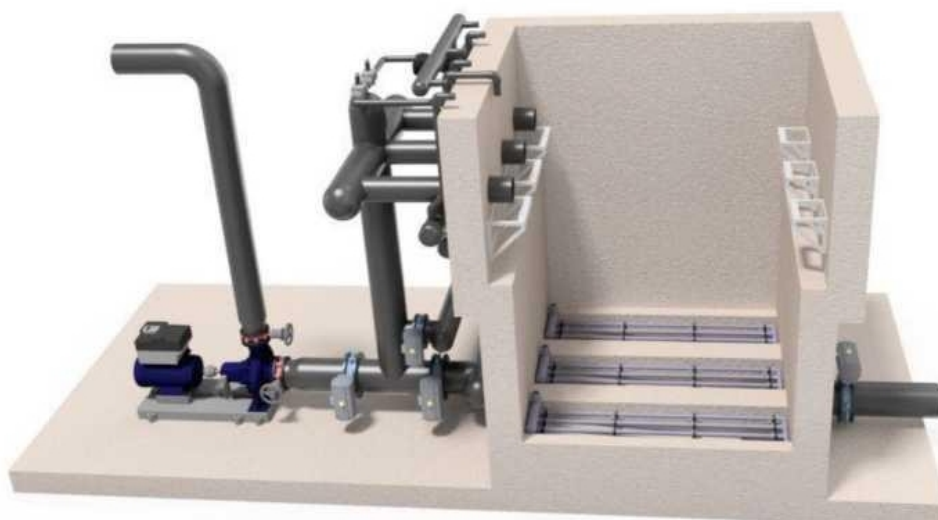


图6-1 过滤系统准备安装

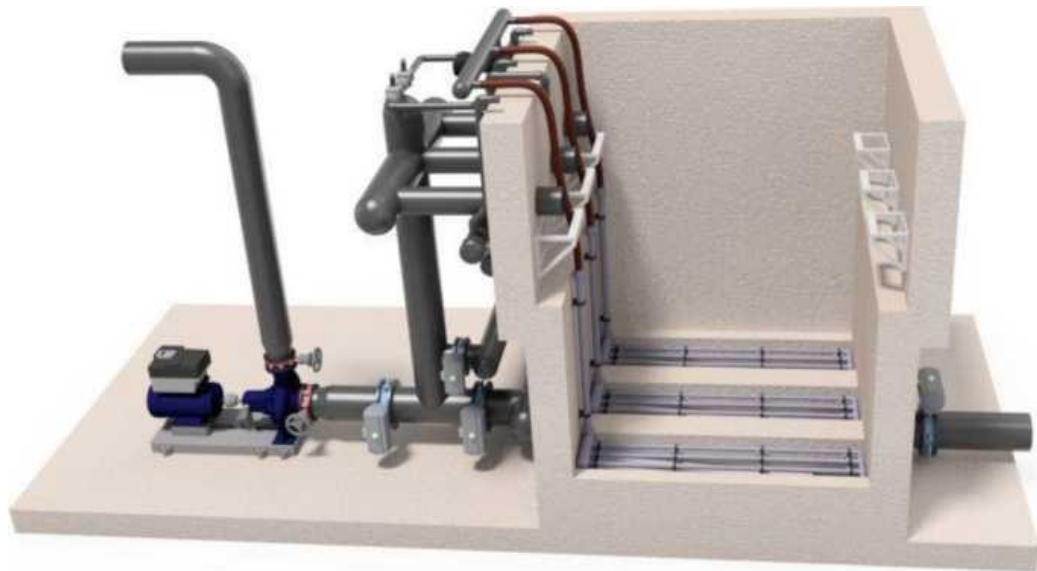
(1) 在膜池的进出水端安装产水管支架。



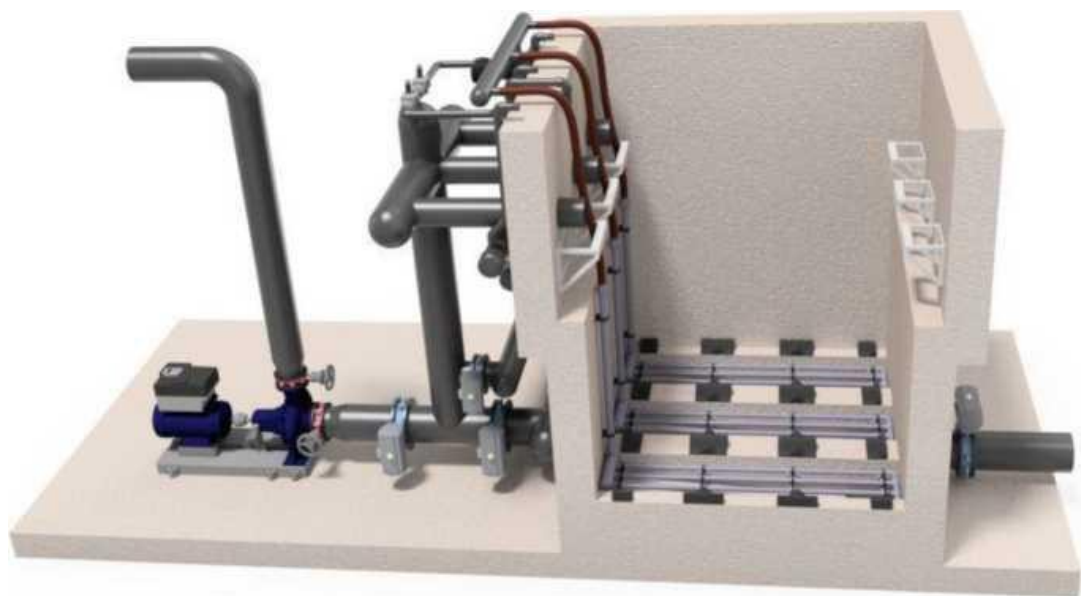
(2) 在膜池底部安装曝气管。



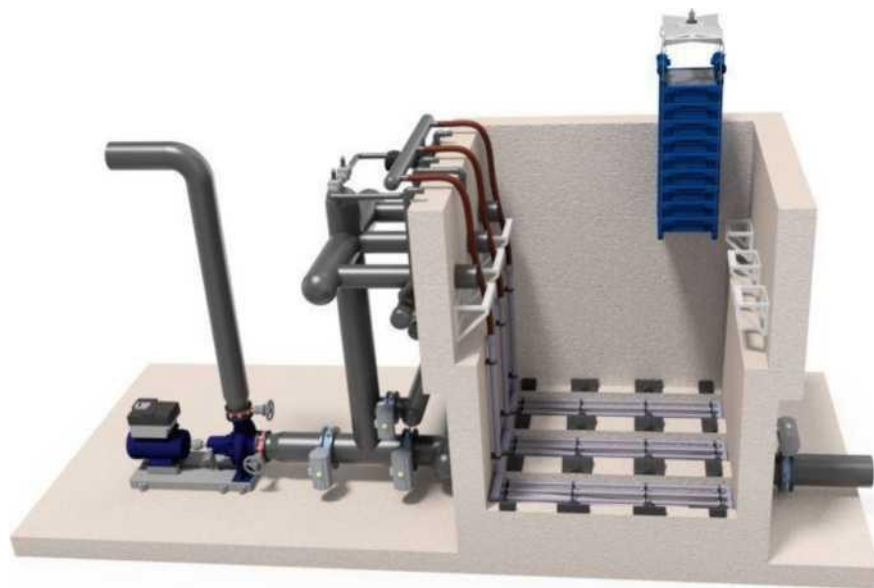
(3) 连接曝气管到曝气主管。



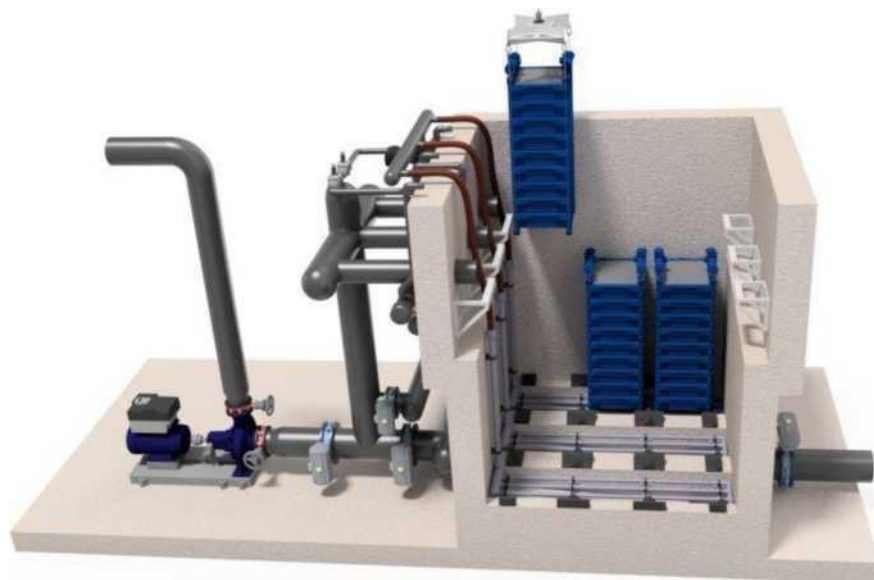
(4) 在膜池底部安装膜塔限位支架。



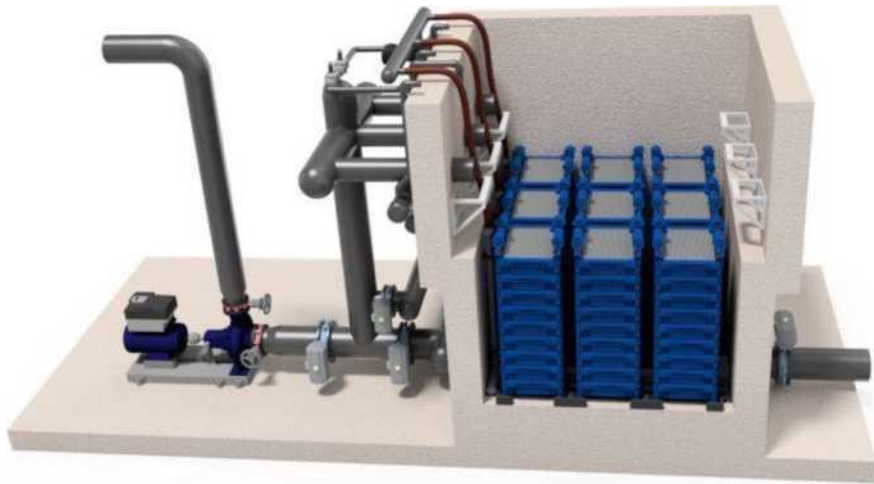
(5) 安装第一个膜塔。



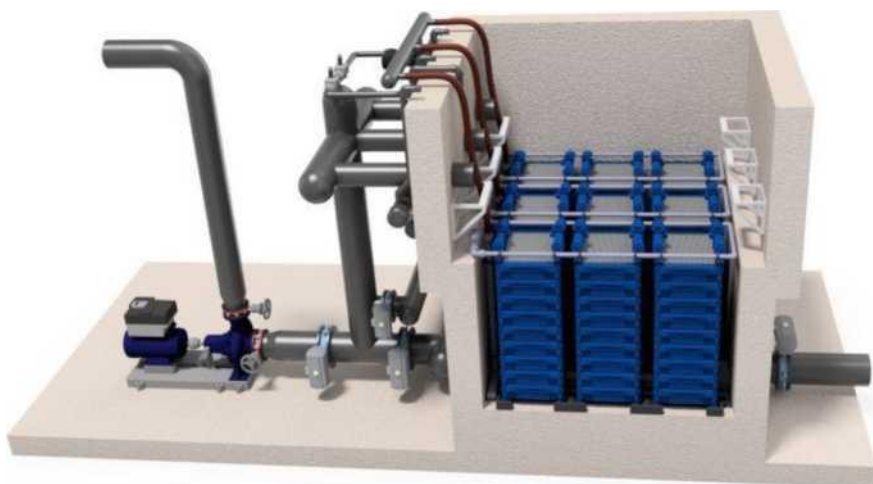
(6) 完成第一条塔线。



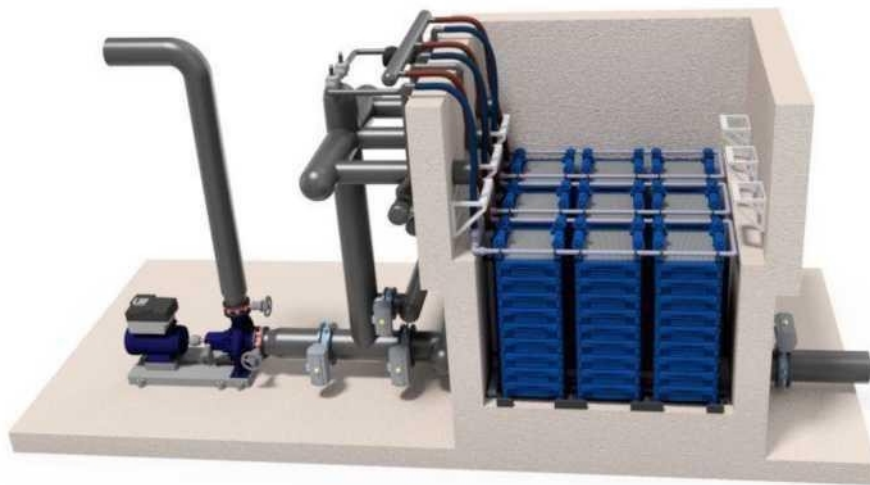
(7) 所有膜塔就位。



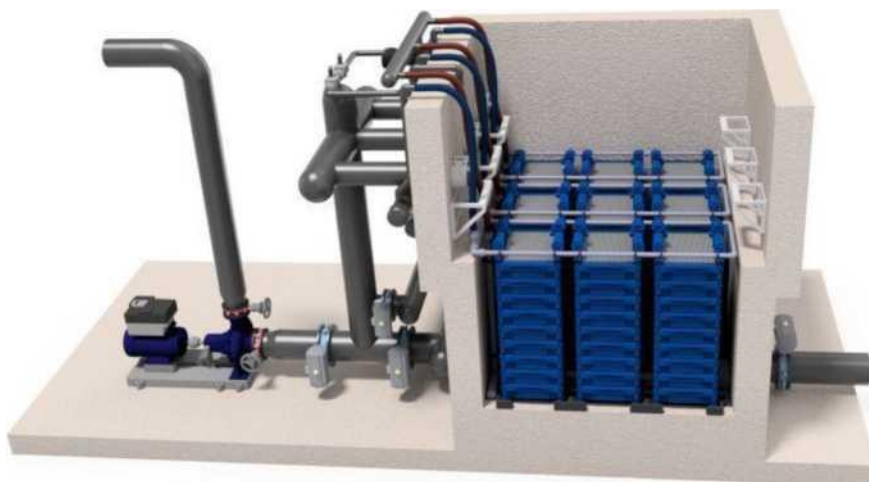
(8) 塔线顶部安装喷淋管。



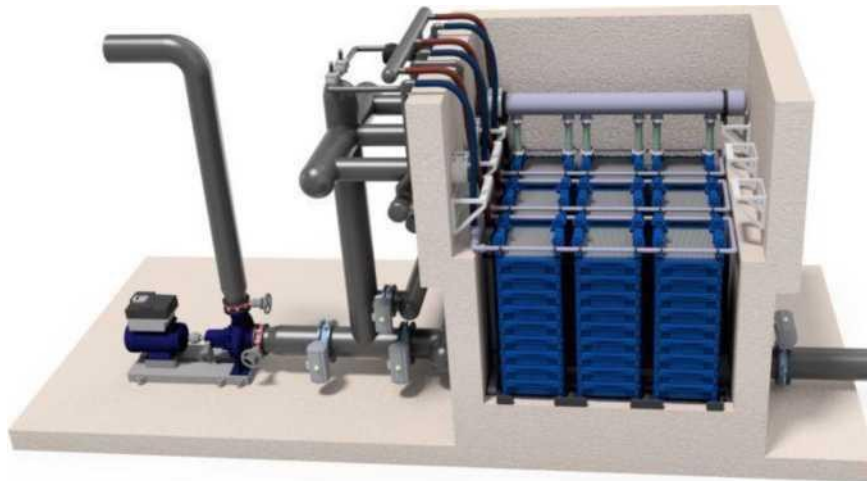
(9) 喷淋管与喷淋主管连接



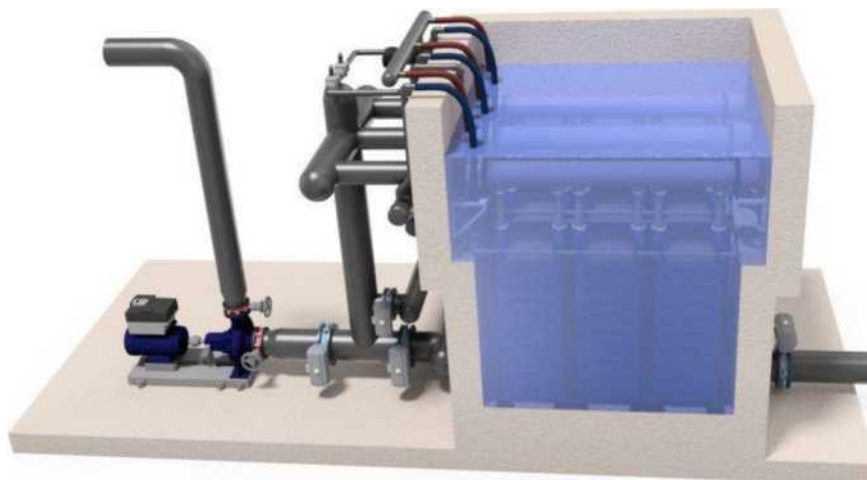
(10) 安装产水管接头。



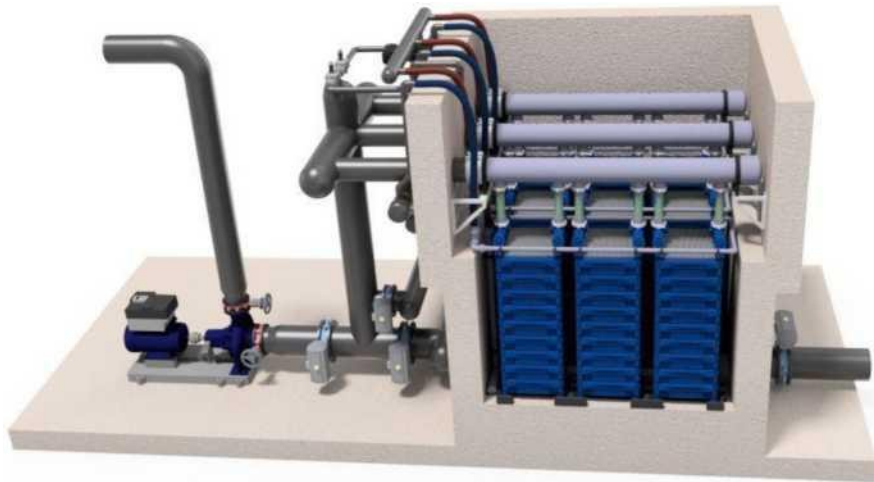
(11) 安装第一条塔线的产水管，连接到每个塔，固定在支架和接头上。



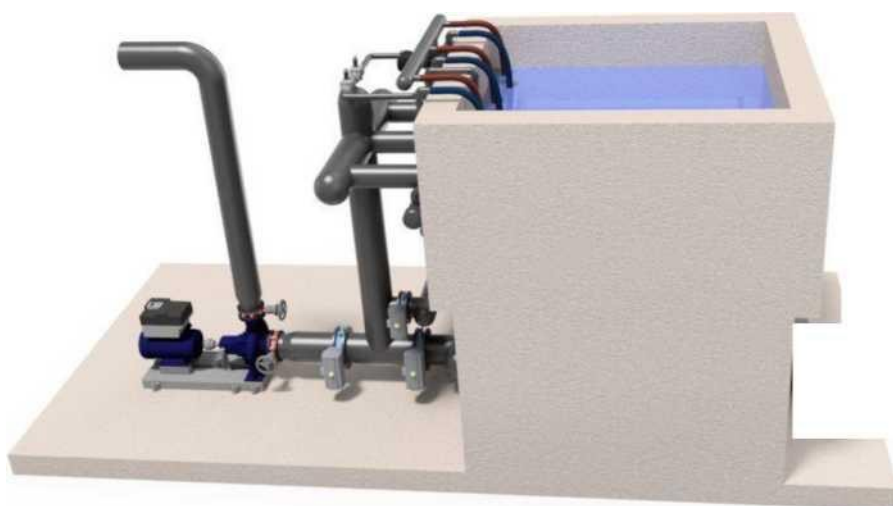
(12) 对所有剩余的塔线进行产水管安装。



(13) 测试和流程启动



(14) 准备运行。过滤系统可按预期投入运行。



7. 膜塔的运输和起重

膜塔在产水通道上已经安装了密封圈，不应长途运输，以防密封圈损坏。这也取决于塔的大小、包装和运输过程中的预期冲击。

对于吊装膜塔，必须遵循起重机起重重物的规定和安全指示。建议使用配套绳索来吊装膜塔。否则可能会出现损坏膜塔或绳索断裂的危险。

7.1 吊装膜组件塔

对于吊装膜塔，必须遵循起重机起重重物的规定和安全指示。现场需要准备以下几点：

配套吊装绳索，包括卸扣、扣环和吊绳回路。

满足起吊吨位的起重机。

吊装时，请注意！绳子的四个末端都在同一高度。如果没有，则需要打开一个结，调整其位置，使它们在相同的高度。在每个结的里面放一个索环。应使用合适的皮带将起重工具在工具的中间悬挂在吊钩上。



将 4 个线圈环和 4 个卸扣（最好使用三角形卸扣）与起重工具的下部孔连接。吊绳的长度取决于位置的具体要求。吊绳环应通过钩环或带登山扣的方式固定在绳索上。在将起重工具与膜塔连接时，请注意位置正确。由于膜组件的横截面为矩形，因

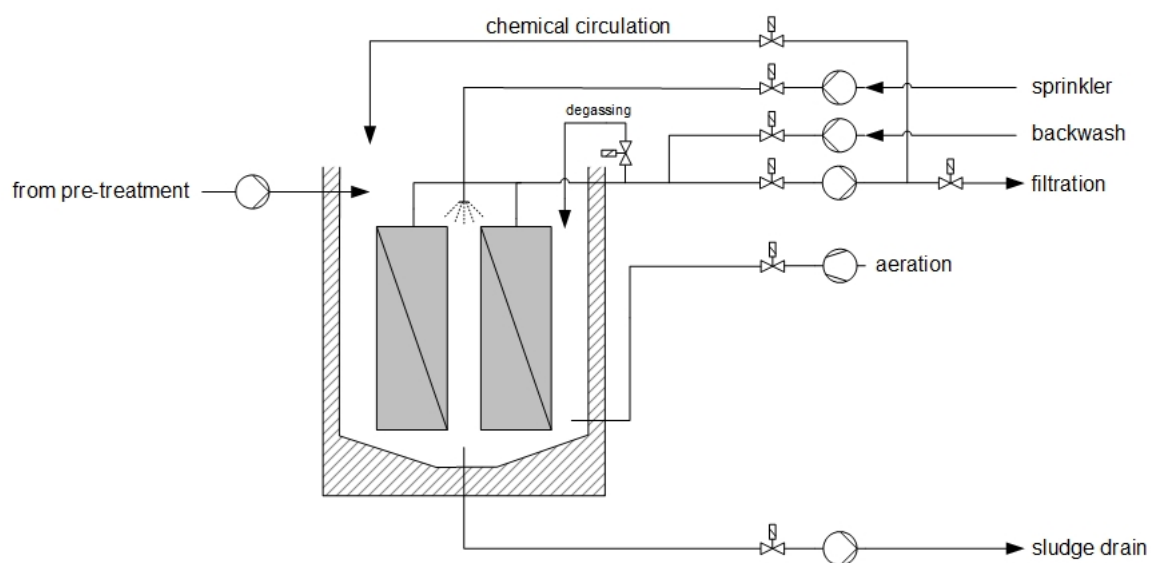
此提升工具的位置必须正确。吊绳回路必须完全垂直。如果不满足这种情况，必须打开钩环，并且必须将起重工具旋转 90°。



图7-1 用起重工具提升塔，吊绳环必须精确垂直

8. 运行方式

8.1 膜过滤工艺



膜过滤过程包括以下几个过程步骤：

- 产水：产水步骤是去除氧化金属、悬浮物和细菌等污染物
- 反洗：需要周期性的反冲洗，以从膜表面去除滤饼层
- 喷淋：水直接喷淋到过滤塔顶部，增加反冲洗和清洗效率
- 曝气：空气来自过滤塔的底部，改善反冲洗和清洗过程
- 化学循环：从膜片内部去除污垢或结垢
- 化学清洁：从膜体外部去除污垢或结垢

8.2 定期反洗

在膜池内，膜将固体与液体分离，固体积累在膜表面(滤饼层、TEP、EPS 等)。这导致了过滤阻力的增加，从而降低了膜的过滤性能。如果要保持过滤性能不变，这只能通过增加压力来补偿，或者通过其它措施来控制。为此，要进行定期反冲洗。

这种反冲洗的主要目的是通过短时间内逆转滤液流动来去除外层滤饼并冲洗孔隙。膜反吹通常是通过停止过滤泵并改变过滤泵的流向或启动反洗泵来进行的。

下图显示了具有周期性反洗和无反洗的过滤过程的典型流量图：

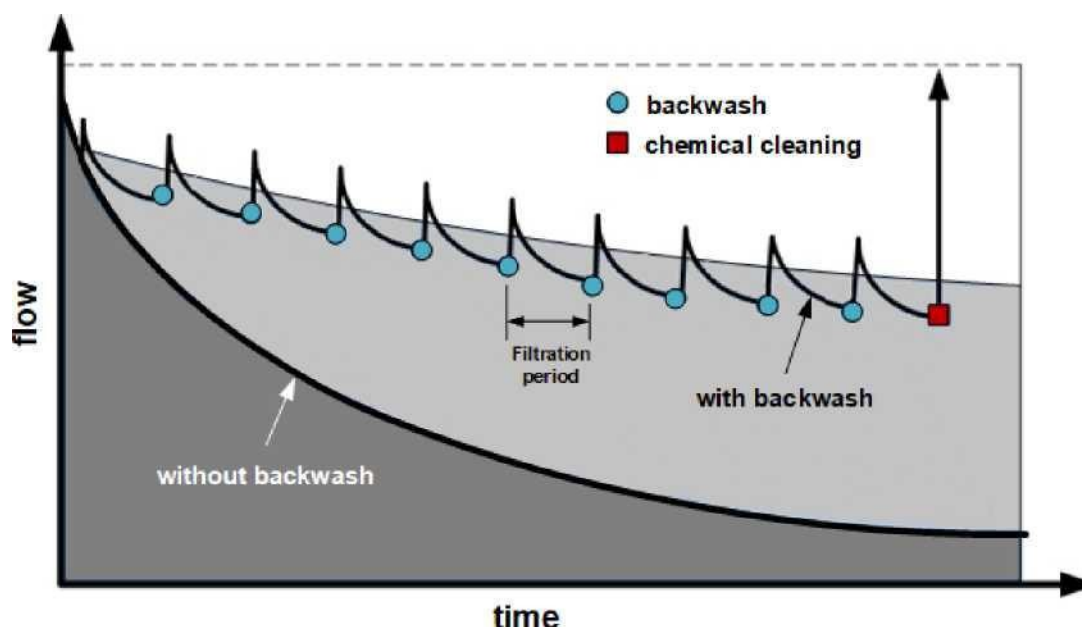


图8-1 定期反冲洗的过滤过程流量变化

如果流量减少和/或跨膜压力增加达到一定的定义值，则需要定期进行化学清洗。过滤

的典型最大跨膜压力为 0.5~0.7bar，取决于水源和工艺步骤。计算的最大过滤压力可在具体的技术文件中找到。

化学清洗频率取决于流入水的特性（无机、有机和非氧化化合物的浓度）。一般来说，在操作 1—3 个月后需要一次化学清洗模式，但取决于水质情况。

8.3 化学清洗

由于膜结构不对称，所有潜在的宏观污染或阻塞效应只会产生在膜的外部。在所有试验和运行参考资料中的结果表明，仅在外部分形成一个滤饼层，膜体本身不受污垢或阻塞的影响，也没有检测到聚集。

生物/胶体污染是用来描述胶体溶解物质在膜表面的积累的术语，从而形成粘质膜。这是由过滤水中可用的营养物质引起的细菌生长所产生的。这种类型的污垢发生在所有地方，潮湿的表面是普遍现象，它们存在于几乎每一个非无菌系统。这种在表面上的沉积物可减小孔径，从而导致膜通量降低。结垢引起的膜阻塞可以通过用氧化剂清洗来消除。

通过用氧化剂和洗涤剂清洗可以除去由污垢引起的膜阻塞。通常，当陶瓷膜被污染时，会出现以下现象：

与结垢相比，此时渗透率下降的更快，在几分钟或几小时内就可以看到明显下降
即使陶瓷膜被污染，反洗压力仍保持不变

生水垢是用于描述由无机沉淀引起的在膜上和孔结构中形成的盐的术语。这些是通过在膜表面以硫酸盐、碳酸盐和磷酸盐的形式超过溶解度产物而产生的。由于无机盐不能生物降解，例如不能通过提高 pH 值来增加溶解度，因此防止这种情况的唯一可能方法是避免废水的硬度过高。在任何情况下，都应测量盐浓度以检测结垢的可能性。如果发生结垢，沉积物通常可以用酸去除。

通常，当陶瓷膜上形成生水垢时，会出现以下现象：

在几天，几周甚至几个月内渗透率缓慢下降
反洗压力增加（与污垢不同，污垢的反洗压力保持不变）

此外，由于过滤过程前的预氧化，所有潜在的有机污垢效应都被最小化。因此，膜的主要污染将是无机微垢。通常使用的清洁化学品是酸（pH 值降低至 2.5，以便重新溶解），例如柠檬酸或 HCl 或两者的混合物。

无机微垢是典型的长期效应。化学清洗的频率取决于过滤水的特性（无机和非氧

化性化合物的浓度)。通常,在运行 1-3 个月后需要使用化学清洁模式,但取决于项目实际情况。

下表介绍了清洁溶液中柠檬酸和次氯酸钠的浓度。

表8-1 柠檬酸和次氯酸钠(NaOCl)的化学投加量

药剂	质量浓度	加药量	加药浓度	pH
柠檬酸	30 w%	7 mL/L	2100ppm	3.5
次氯酸钠	12 w%	8 mL/L	1000ppm	9.2

请注意: 不要混合次氯酸钠和酸!

如果可用的次氯酸钠或柠檬酸浓缩物的浓度与上述规定不同,则用户必须重新计算剂量体积。清洗液的温度应在 10~45°C 范围内..

8.4 完整性检测/密封检查

在开始过滤之前,必须检查膜塔是否有泄漏。泄漏试验是一种检测膜塔损坏的程序,它可能是由于制造错误或在运输或处理过程中造成的损坏。

泄漏可以通过气泡点测试来检测。将产水总管与风管连接。包括集水头管在内的膜塔必须完整的淹没在清水中(滤池或单独的水箱)。

在测试中填充水箱时,已经可以识别出较大的泄漏。

如果使用滤池,则必须先关闭手动阀或与过滤管线(过滤,脱气,循环等)相关的所有自动阀,然后才能在池中平稳地注入清水(例如自来水)。如果有更大的泄漏,则膜塔内部的空气将排出,并且水中会出现大的的气泡。

如果在填充过程中未检测到泄漏,则可以向过滤水管施加压力。增加的压力取决于膜塔上方相应的静水压头的实际浸入深度。我们建议浸入深度约为 3.0 m,因此总的超压为 550

mbar。实际超压计算如下:

$$250 \text{ mbar} + (\text{填充深度 } m \times 100 \text{ mbar} / m)$$

在膜塔中施加压力并逐步增加,如下所述:

施加 50-100mbar 压力,以检测过滤水总管和连接管道上的泄漏。保持5 分钟。

增加压力至100-150 mbar,以检测上部过滤模块和管道的泄漏。保持5 分钟。

增加压力至200-250 mbar,以检测中间过滤模块和管道的泄漏。保持5 分钟。

将压力增加到 550 mbar (取决于实际浸没深度,见上文),以检测下部过滤模块

和管道的泄漏。保持10 分钟。

未损坏的模块塔的陶瓷膜上方会形成均匀分布的细小气泡。

如果模块塔上形成不均匀分布的粗大气泡，则可能存在一个或多个陶瓷膜，密封件或框架部件损坏。这种情况下，必须进行详细的泄漏验证和故障修复。

我们建议定期进行密封性检测，例如：每次化学清洗后。

8.5 清水测试(渗透测试)

在进行完整性测试并确保系统无泄漏后，建议对陶瓷膜进行清水测试。

1. 记录水温。

2. 以设计流速的 40% 开始过滤并记录跨膜压力（TMP）。

3. 以 10-20% 的增量提升流速，直至达到最大设计流速。记下每个流量相对应的 TMP，记住以水的高度调整流速。

如果当运行流速除以压力大于 3.000 L/m²/h/bar 时，说明系统以液压方式运行。

举例：

温度： 20°C

流速： 7500 L/h

膜表面积： 18 m²

TMP: 0.1 bar

通量率： $7500 / 18 = 417 \text{ L/m}^2/\text{h}$

渗透性： $417 / 0.1 = 4170 \text{ L/m}^2/\text{h}/\text{bar}$ (液压)

温度每升高 1°C，水通量通常增加 3%。为了将通量率标准化为 20°C，请使用以下公式作为参考： $J_{20} = J_T \cdot e^{[-0.032(T-20)]}$

注：

J_{20} = 20°C 时的标准流量 (L/m²·h [gpd/sq ft]),

J_T = T°C 时的实际流量 (L/m²·h [gpd/sq ft]),

T = 水温 (°C)

8.6 过滤的启动

在系统启动过程中，检查泵、鼓风机、阀门和传感器等所有部件的功能。确保流

量在仪器承受范围内，并根据设计进行预处理。

检查所有手动阀门的位置。当仪器需要存放较长时间时，陶瓷膜必须先进行清洗处理，建议在过滤过程开始之前对陶瓷膜进行化学清洗。

只能启动无故障组装的膜塔。在启动之前，膜塔必须通过密封性测试。所有管道和滤池应冲洗干净，不得有任何沉积物（例如生产残留物，污泥）。如果过滤池填充与密封性测试相结合，则需要打开排气阀，直到所有空气被排出。

准备过程完成后，后续部分即可投入运行：

1. 在过滤池填充完后，开始过滤，首先应以设计流量的 **25%-40%** 开始运行，在无故障运行后，每小时可以增加 **10%-20%** 的流量。建议操作时间：**3 小时**。

2. 启动曝气系统，检查鼓风机和空气管道的功能。必须确保气泡均匀分布。建议操作时间：**5 分钟**。

3. 启动喷淋系统并检查其功能。建议操作时间：**5 分钟**。

4. 在完成 1 个正常过滤步骤后，按照操作说明中的规定启动反洗（包括曝气和喷淋）。

应记录排空和填充过滤池的反洗压力、流量和时间。

在启动期间，应定期检查以下参数，至少每小时检查一次：

- 过滤/反洗的跨膜压力
- 流量
- 渗透性
- 产水质量：SDI、浊度

运行三个小时后，这些参数值应符合设计参数。在运行的前 **3 天**，应每两小时检查并记录产水质量和所有操作参数（压力，流量）

9. 维护保养

为了确保膜过滤系统的安全运行并防止对环境，人员或系统组件造成损坏，必须进行定期维护和保养活动。用户必须执行所有维护工作，这些维护工作主要包括状态和功能检查以及最重要的操作参数检查。此外，所有状态，功能和操作参数检查均应记录在日志中。与目标值和故障的偏差应记录在日志中，并在负责的维护人员的帮助下立即消除。必须立即向负责的专家人员报告可能对安全造成不利影响的故障。

所有描述的间隔和职责只涉及交付的部件和部件。但是其它部件设备例如 泵、压

缩机和任何其他部件的异常噪音也应记录下来。本文档中描述的操作说明必须遵守所有出现的任务！

9.1 外观检查

- 膜片距离必须每天检查是否堵塞。
- 必须每天检查排气功能。反洗程序结束后必须排气。
- 穿孔曝气管道和喷淋管道应每周用水清洗一次。
- 每天检查曝气气泡是否均匀。

9.2 水质检查

必须定期检查出水水质。并保证进水水质在设计范围内，以得到合格的产水量及水质。

9.3 膜组件的维护

通常，膜组件是可以随时组装给客户。在这种情况下，仅需组装膜塔即可。但是，在某些情况下，客户方可能有需要在组装或拆卸膜组件。即使膜组件和膜片都非常坚固，也要仔细阅读本部分并遵循说明进行操作。

9.3.1 膜组件装配的工具

为了便于装配，现场必须具备以下条件：

- 所有密封圈连接的润滑剂。所有密封圈均由 EPDM 制成，因此，润滑剂中不得含有矿物油或其他会损坏 EPDM 的成分。根据不同的应用场景，必须符合当地的应用法规（例如，饮用水许可）。
- 涂抹润滑剂的清洁刷子。
- 尺寸至少为 1x1 m 的平坦坚实的地面或操作台。
- 膜安装耙。
- 3 个夹头，其自由长度至少为 800 毫米。
- 环形扳手，尺寸 17 毫米。

9.3.2 膜组件的拆卸

膜组件的拆卸通常由一个人完成，也可以请第二个人进行一些辅助工作。请按照正确的连续步骤进行操作：

(1) 把夹头放在两个前框之间，慢慢地增加夹头上的力。



(2) 前框的一侧打开。



(3) 取出打开一侧的膜片



(4) 卸下边框



(5) 在前框和侧框之间使用工具拆卸两侧框。



(6) 依次拆下膜片，只能抓握膜片产水嘴密封端



(7) 拆下松动的膜板。



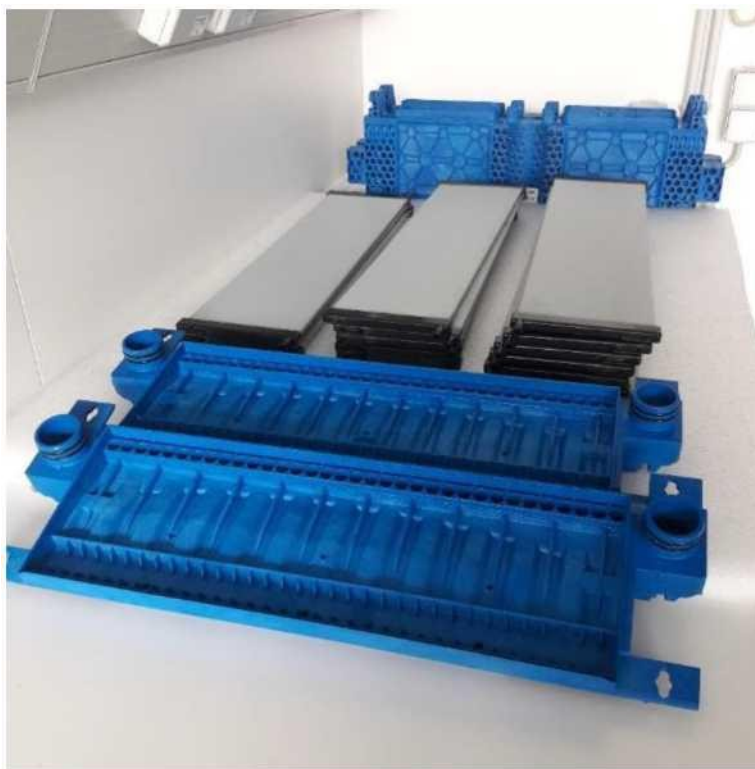
(8) 用塑料工具或软管保护螺丝刀拆卸非松紧板。



(9) 拆下最后的膜板。



(10) 将拆卸的部件小心地放在适当的储存区。



9.3.3 膜组件的组装

膜组件的组装通常由一个人完成，也可以请第二个人进行一些辅助工作。请按照正确的连续步骤进行操作：

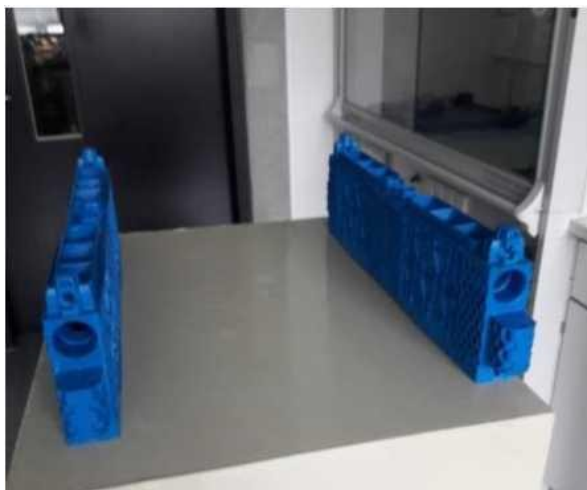
- (1) 取一个前框架，将 4 个垫圈（36.2 x 2.6）安装在左右两边的产水通道上。



(2) 将润滑剂涂抹在垫圈和前框架上，并将前框架插在两个侧框架上。



(3) 将模块框架平放在桌子上，打开面朝向自己。



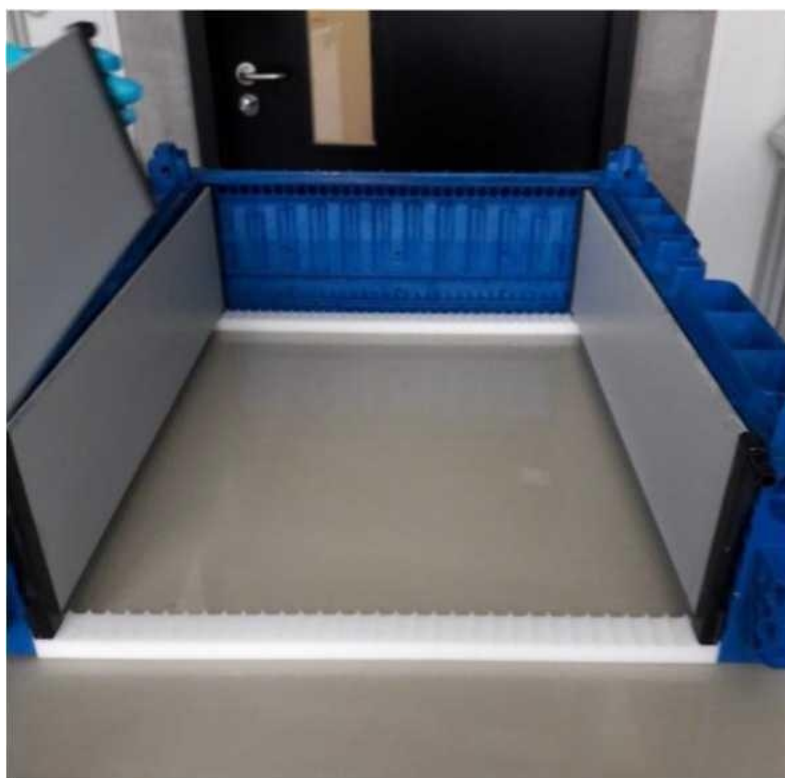
(4) 用干净的刷子将润滑剂涂抹在前框架的所有小集水通道中。



(5) 将第一块平板膜顺着通道滑入右侧孔道（惯用左手的人从左侧开始）。将平板膜固定在塑料底座上，用左手握住底座远端，右手握住底座的另一端，精确保持平板垂直于底面且平行于侧框架，并将其缓慢滑入集水通道。



(6) 将膜耙放在第一块平板膜前的底座下面。



(7) 对所有剩余的平板膜重复第 5 步操作，直到模块完全装满。如果左手边的空间太小，请将平板膜放在底座的顶部，避免框架接触膜表面。



- (8) 如果所有的平板膜都已插入并对齐膜耙，那么所有的平板膜都会立在底座上面。
注意前框架和侧框架会形成一个矩形。



- (9) 取第二个前框架，安装其他 4 个垫圈，并将涂抹了润滑剂的垫圈放入框架的小集水孔上。



- (10) 将前框架放在模块前方，并在没有施加压力的情况下将其保持在正确的位置

上。



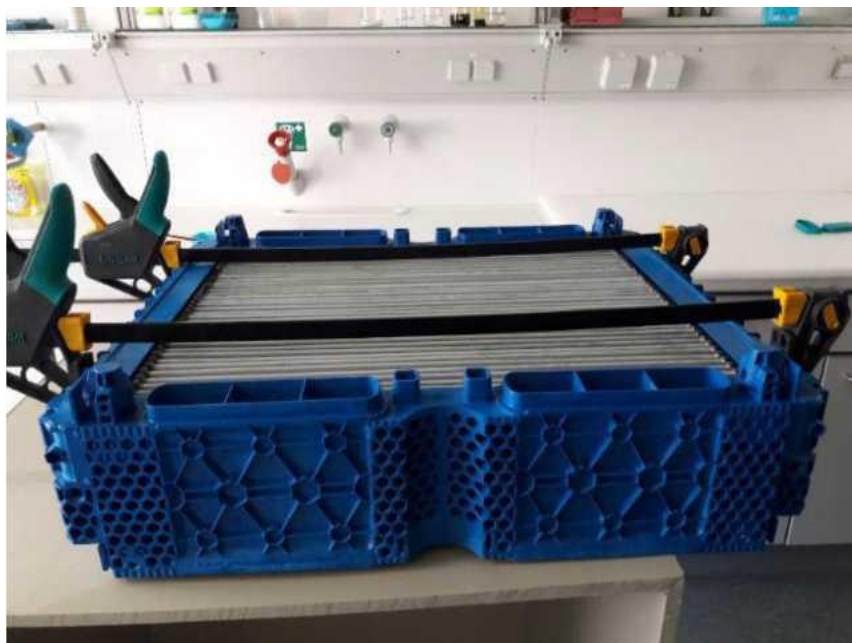
(11) 第二个人小心的将 2 个夹头放在框架的前后两侧。请注意：粘合/焊接角不应施加压力！



(12) 增加左右两个夹头上的力量，直到前框架的大集水通道开始滑入侧框架。

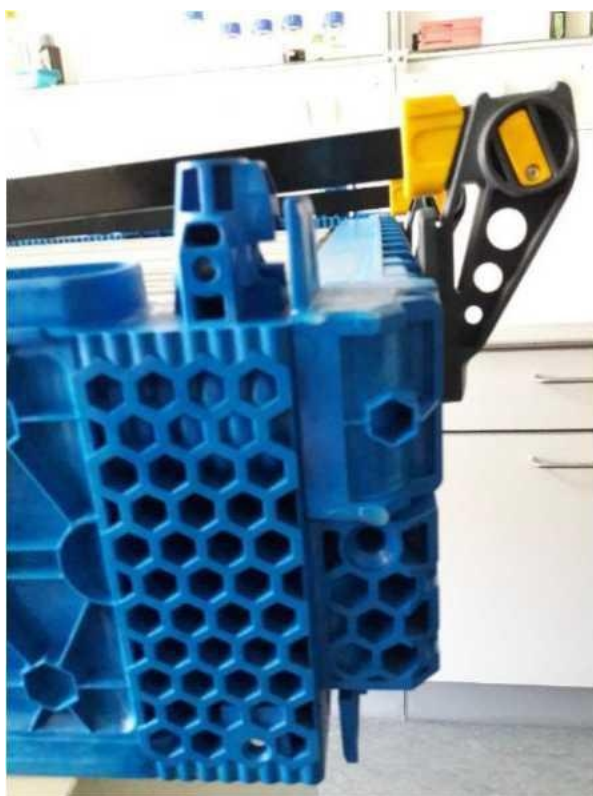


- (13) 将第三夹头安装在右侧或将中间夹头移动到前框的右侧。请注意：粘合角不应施加压力！

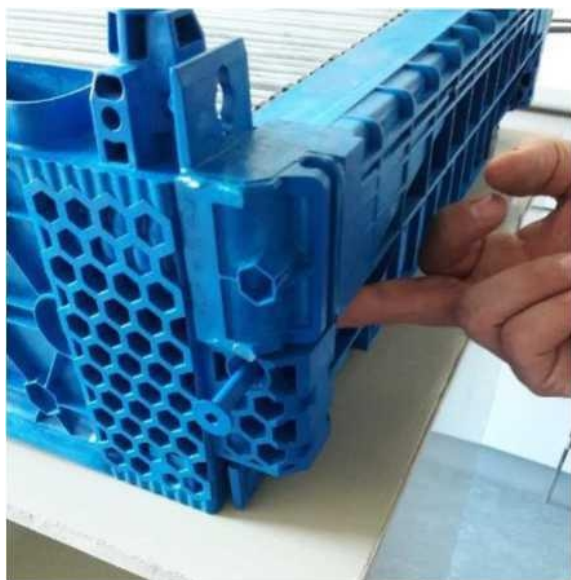


- (14) 在所有夹头上均匀增加力量的同时，摆动膜底座的顶部，直到前框架和侧框架

之间没有间隙。



- (15) 在模块的 4 个角上放上塑料螺栓和螺母，并在不使用强力的情况下固定它们。
不需要螺母工具，仅使用内六角扳手（内六角螺钉）转动螺栓，将螺母按入六边形中。听到第一次“咔哒”声时停止转动。



- (16) 两个人从桌子上卸下模块，将模块固定在前框架上，手必须握在在长螺母旁边。



10. 接收，装卸和存储

用于装卸膜的设备（吊车，起重机或叉车）。有关设备的确切重量，请参阅技术规格，并始终按照制造商的建议操作起重设备。

其次，确保膜的存储设施符合以下准则：

- (1) 储存温度 10-35℃，不要暴露在霜冻下
- (2) 不能直接暴露在阳光下
- (3) 放在水平面上
- (4) 远离热源或火焰
- (5) 当膜暴露在周围环境中时，需要特别注意防止膜表面受损。安装之前请将膜组件保存在木箱中，直到安装之前方可取出
- (6) 优先将膜干燥保存。如果存放在潮湿的环境中，膜组件内部存在微生物滋生的风险，清洁费用十分昂贵。
- (7) 打开送达的木箱，逐一取下膜组件。用手或升降装置固定在膜组件四个角上，缓慢取出膜组件，然后放在水平表面上

(8)注意：膜材料是碳化硅陶瓷，这是一种极硬的材料，但也是一种脆性材料。膜的外面有一层薄层，直接暴露于周围环境时，请小心处理产品，不得与硬物和尖锐物体直接接触，也不得粗暴处理。建议的方法就是像瓷器一样对待它。

11. 问题解答

问题	可能的原因	补救措施
曝气率未达到额定值	鼓风机受损	修理或更换鼓风机
	扩散器故障	修复扩散器
膜组件塔上方曝气不均匀	扩散器堵塞	清洗或清洗扩散器
	曝气扩散器没有水平放置	水平放置扩散器
	膜组件塔堵塞	排空过滤池或拆下膜组件塔，并用高压清洗机冲洗膜组件塔
过滤压力过高或流量过低	运行流量大于设计流量	降低运行流量
	陶瓷膜表面被污染/结垢	清洗陶瓷膜
	污泥质量差	改善进料质量或降低流量
	存在阳离子聚合物和其他聚合物	由于陶瓷膜的强负电荷，避免给水中出现阳离子聚合物。 或者将过滤通量降低到稳定水平
	超细颗粒如胶体的污染	改善预处理从而增强陶瓷膜上滤饼层的过滤性。这可以通过无机金属与氧化剂的混凝来完成。
	一个或多个膜组件塔中的各个膜组件均有不同程度的堵塞	从过滤池中取出膜组件塔并测试每个膜组件的反洗渗透性，如果膜组件堵塞一个比一个严重，则彻底清洗并重新安装膜组件
	集水/反洗管线中存在空气	在陶瓷膜和泵之间安装一个排气阀，从而确保在反洗过程中所有空气在到达泵和陶瓷膜之前被排出。

渗透质量差	陶瓷膜、膜组件、软管或管道 泄漏	在水中用空气进行完整性测试并修复相应的泄漏。
膜组件塔被污泥或悬浮固体堵塞	预处理不起作用，大量固体积聚在膜组件塔中	修复预处理，以避免膜组件中积聚大量固体。利用膜组件塔的喷淋冲洗。
	固体在过滤池内积聚并生长，流动至膜组件塔后，致其堵塞	频繁的进行喷淋清洗和/或改进过滤池设计，以避免污泥堆积
	空气冲洗扩散器被堵塞	清洗扩散器并采取预防措施以避免此问题的反复发生。