

碳化硅柱式膜技术手册

JMtech-SICT-柱式膜-190-1500



2022 年 03 月

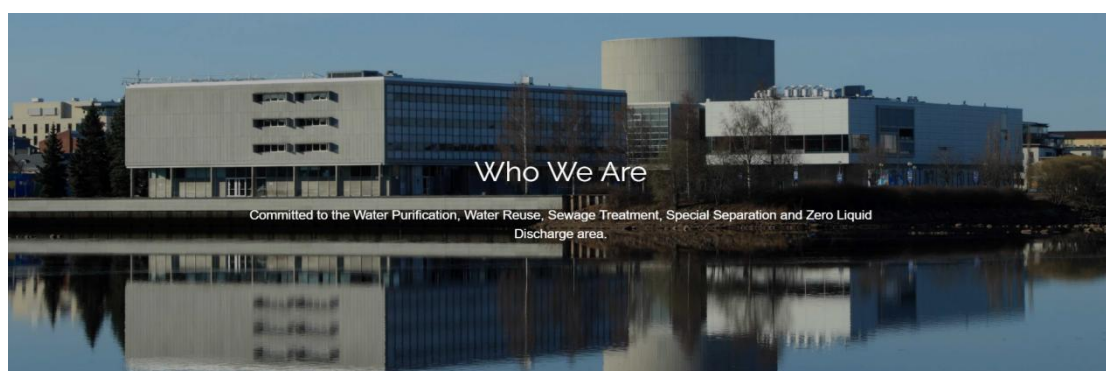
公司简介

坚膜科技公司致力于开发最坚固耐用的碳化硅膜材料，创业团队于 2011 年开始碳化硅膜材料的相关研发工作，并率先打破国际垄断，是国内首家具备该产品知识产权的公司，现已授权发明专利 5 项，已申请发明专利近 50 项，PTC 专利 6 项。

公司开打的密集多通道碳化硅膜产品，是世界上除了全球 500 强圣戈班公司和美国上市的 Liqtech 公司外，第三家具备该等级产品生产水平的公司；公司开发的碳化硅平板膜，是国际上除了欧洲 Cembrane 公司外，第二家能够满足德国 CERAFILTEC 公司产品标准的公司。

坚膜科技的创立初衷，是致力于不断开发坚固耐用的膜材料，以满足人们对清洁水日益增长的需求。公司目标是以客户为中心，打造世界一流的碳化硅膜产品，目前公司产品广泛应用于饮用水处理、再生水处理、海水淡化预处理、污水 MBR 深度处理、物料分离、油水分离等领域，目前公司产品以出口为主，实现了对德国和日本等国家的出口，公司产品在国际范围内极具竞争力。

公司核心团队在生态环境改善的探索中提供新理念、新技术、新产品、新服务。



目录

第一章 超滤基础	1
1.1 膜分离技术简介	1
1.2 超滤技术简介	1
1.3 超滤膜的材质	2
1.3.1 超滤的分离特性	3
1.3.2 超滤与传统过滤及微滤的区别	3
1.4 超滤运行模式	3
1.4.1 超滤运行模式	3
1.4.2 超滤清洗工艺	4
1.5 超滤膜的预处理要求	4
第二章 JMtech-SICT-柱式膜-190-1500 简介	6
2.1 碳化硅陶瓷膜介绍	6
2.2 碳化硅陶瓷膜优势	7
第三章 工艺介绍	10
3.1 工艺指南	10
3.2 过滤工艺	11
3.3 膜通量和产水率说明	13
3.4 反冲和正冲（BW & FF）	14
3.5 维护性化学清洗（mCIP）	15
3.6 化学加强反冲（CEB）	17
3.7 化学清洗（CIP）	18
3.8 数据收集	20
3.9 系统性能标准化	24
第四章 操作运行工序	25
4.1 操作运行模式	25
4.1.1 注水	26
4.1.2 死端过滤	27
4.1.3 反冲和正冲	30

4.1.4 化学维护清洗（mCIP）	34
4.1.5 化学增强反冲 CEB	38
4.1.6 化学清洗（CIP）	42
4.2 超滤首次启动	46
4.2.1 利用空膜组件组建超滤系统	46
4.2.2 膜组件安装前检查清单	47
4.2.3 膜组件安装完成后的调试程序	47
4.2.4 系统清水试车	50
4.3 超滤系统的维护和故障排除	51
4.3.1 序言	51
4.3.2 日常维护	51
4.3.3 故障排除	51

第一章 超滤基础

1.1 膜分离技术简介

膜法液体分离技术根据操作压力和所用膜的平均孔径的不同一般可分为微滤（MF）、超滤（UF）、纳滤（NF）和反渗透（RO）四类，它们的过滤精度按照以上顺序越来越高。

微滤（MF）

微滤能截留 $0.1\sim 1\mu\text{m}$ 之间的颗粒，微滤膜允许大分子有机物和溶解性固体（无机盐）等通过，但能阻挡住悬浮物、细菌、部分病毒及大尺度的胶体的透过，微滤膜两侧的运行压差（有效推动力）一般为 0.7bar 。

超滤（UF）

超滤能截留 $0.002\sim 0.1\mu\text{m}$ 之间的颗粒和杂质，超滤膜允许小分子物质和溶解性固体（无机盐）等通过，但将有效阻挡住胶体、蛋白质、微生物和大分子有机物，用于表征超滤膜的切割分子量一般介于 $1,000\sim 100,000$ 之间，超滤膜两侧的运行压力一般为 $0.2\sim 7\text{bar}$ 。

纳滤（NF）

纳滤是一种特殊的分离膜品种，它因能截留物质的大小约为 1nm ($0.001\mu\text{m}$) 而得名，纳滤的操作区间介于超滤和反渗透之间，它截留有机物的分子量大约为 $200\sim 400$ 左右，截留溶解性盐的能力为 $20\sim 98\%$ 之间，对单价阴离子盐溶液的脱除率 $<$ 高价阴离子盐溶液，如氯化钠及氯化钙的脱除率为 $20\sim 80\%$ ，而硫酸镁及硫酸钠的脱除率为 $90\sim 98\%$ 。纳滤膜一般用于去除地表水的有机物和色度，脱除井水的硬度及放射性镭，部分去除溶解性盐，浓缩食品以及分离药品中的有用物质等，纳滤膜运行压力一般为 $3.5\sim 16\text{bar}$ 。

反渗透（RO）

反渗透是最精密的膜法液体分离技术，它能阻挡几乎所有溶解性盐及分子量 >100 的有机物，但允许水分子透过，醋酸纤维素反渗透膜脱盐率一般 $>95\%$ ，反渗透复合膜脱盐率一般 $>98\%$ 。它们广泛用于海水及苦咸水淡化，锅炉给水、工业纯水及电子级超纯水制备，饮用纯净水生产，废水处理及特种分离等过程，在离子交换前使用反渗透可大幅度地降低操作费用和废水排放量。反渗透膜的运行压力，当进水为苦咸水时一般 $>5\text{bar}$ ，当进水为海水时，一般 $<84\text{bar}$ 。

1.2 超滤技术简介

超滤法是以压力为推动力的膜分离技术，其过滤以膜两侧压差为驱动力，以机械筛分原理为基础的一种溶液分离过程。在从反渗透到微滤的分离范围的谱图中，超滤居于纳滤（NF）与微滤（MF）之间，截留分子量范围为 1000~100,000 道尔顿，筛分孔径一般在 2~100nm 之间，使用压力通常为 0.01~0.3MPa。1896 年，Martin 制出了第一张人工超滤膜。20 世纪 60 年代，分子量概念的提出，是现代超滤的开始，70 年代和 80 年代是高速发展期，90 年代以后开始趋于成熟。

超滤以不对称多空性半透膜即超滤膜作为过滤介质，阻截溶液中各种大分子溶质、微粒、胶悬体，以达到分离纯化的目的。利用超滤能有效地去除水中的微粒、胶体、细菌、热源和有机物，适用于以分离、浓缩、净化为目的的各种生产工艺中，被广泛应用于高科技的生物工程、制药工程、精细化工等行业的液料分离、精制及浓缩过程中。因其使用过程简单，不需加热，效率高，相比与传统的真空浓缩、透析、冻干、离心分离等方法更为安全、高效。

近 30 年来，超滤技术的发展极为迅速，不但在特殊溶液的分离方面有独到的作用，而且在工业给水方面也用得越来越多。例如在海水淡化、中水、纯水及高纯水的制备中，超滤可作为预处理设备，确保反渗透等后续设备的长期安全稳定运行。

相比与传统过滤与微滤技术，超滤的优势显而易见。其筛分孔径小，几乎能截留溶液中所有的细菌、热源、病毒及胶体微粒、蛋白质、大分子有机物；整个过程在动态下进行，无滤饼形成，使膜表面不能透过物质仅为有限的积聚，过滤速率在稳定的状态下可达到某一平衡值而不致连续衰减。超滤过滤膜对大分子溶质的分离主要依赖于膜的孔径，即膜对大分子溶质的吸附、排斥、阻塞及筛分效应。能否有效分离除取决于膜孔径及溶质粒子的大小、形状及刚柔性外，还与溶液的化学性质（pH 值、电性）、成份（有否其它粒子存在）以及膜致密层表面的结构、电性及化学性质（疏水性、亲水性等）有关。

1.3 超滤膜的材质

用来制造超滤膜的材料可分为有机材质和无机材质两种。有机材质包括聚偏氟乙烯（PVDF）、聚醚砜（PES）、聚丙烯（PP）、聚乙烯（PE）、聚砜（PS）、聚丙烯腈（PAN）、聚氯乙烯（PVC）等。20 世纪 90 年代初，聚醚砜材料在商业上取得了应用；而 90 年代末，性能更优良的聚偏氟乙烯超滤膜开始被广泛地应用于水处理行业。聚偏氟乙烯和聚醚砜成为目前最广泛使用的超滤膜材料。无机材质包括三氧化二铝，碳化硅及不锈钢等，其中性能稳定优异的碳化硅的使用环境更为广泛。

当超滤用于水处理时，无论是有机超滤还是无机超滤膜，其材质的稳定性和亲水性是两个最重要的性能。稳定性包含两个方面，其化学稳定性决定了膜材料在酸碱、氧化剂、微生物等的作用下的寿命，其还直接关系到清洗工艺的选择；而物理稳定性决定了膜材质对进水预处理的要求，是否可耐受高悬浮物冲击，耐受物理磨损，抵御物理损伤。亲水性则决定了膜材料对水中污染物的抗污染能力，运行压力，影响膜的通量。

1.3.1 超滤的分离特性

- 1) 分离过程不发生相变化，耗能少；
- 2) 分离过程可以在常温下进行，适合一些热敏性物质如果汁、生物制剂及某些药品等的浓缩或者提纯；
- 3) 分离过程仅以低压为推动力，设备及工艺流程简单，易于操作、管理及维修；
- 4) 应用范围广，凡溶质分子量为 1000~500, 000 道尔顿或者溶质尺寸大小在 0.005~0.1 μm 左右，都可以利用超滤分离技术。此外，采用系列化不同截留分子量的膜，能将不同分子量溶质的混合液中各组分实行分子量分级。

1.3.2 超滤与传统过滤及微滤的区别

- 1) 筛分孔径小，几乎能截留溶液中所有的细菌、热源、病毒及胶体微粒、蛋白质、大分子有机物；
- 2) 能否有效分离取决于膜孔径及溶质粒子的大小、形状及刚柔性外，还与溶液的化学性质（pH 值、电性）、成份（有否其它粒子存在）以及膜致密层表面的结构、电性及化学性质（疏水性、亲水性等）有关；
- 3) 整个过程在动态下进行，无滤饼形成，使膜表面不能透过物质仅为有限的积聚，过滤速率在稳定的状态下可达到平衡值而不致连续衰减；
- 4) 超滤过滤膜对大分子溶质的分离主要依赖于膜的有孔性，即膜对大分子溶质的吸附、排斥、阻塞及筛分效应。

1.4 超滤运行模式

1.4.1 超滤运行模式

超滤可以按照死端过滤（Dead~end）、错流过滤（Cross~flow）两种运行模式操作。

- 死端过滤模式

此过滤模式与传统过滤类似，进水进入超滤膜组件，全部透过膜表面成为产水从超滤膜组件过滤液侧流出。被超滤膜截流的悬浮物、胶体和大分子有机物等杂质通过定时气擦洗、反冲和正洗以及定期的化学清洗过程排出膜组件。

- 错流过滤模式

当超滤进水悬浮物、浊度较高时，超滤可按照错流过滤模式操作。进水进入超滤膜组件，部分透过膜表面成为产水，另一部分则夹带悬浮物等杂质排出膜组件成为浓水，排出的浓水重新加压后又循环回到膜组件内，保持膜表面较高流速产生的剪切力，把膜表面上截流的悬浮物等杂质带走，从而使污染层保持在一个较薄的水平。

错流过滤能耗低、操作压力低，因而运行成本更低；而错流过滤则能处理悬浮物含量更高的进水。具体的操作模式需要根据进水中的悬浮物含量、浊度和 COD 以及通过中试来确定。

1.4.2 超滤清洗工艺

超滤的清洗工艺包括物理清洗工艺和化学清洗工艺。物理清洗工艺包括反冲（back wash）和正冲（feed flush），有机超滤膜通常还需要气擦洗（gas scrub）。反冲 BW 即为采用水流方向与产水方向相反的方式，反冲水从膜组件的产水端进入，水流透过膜孔，可以清除膜孔深层和膜表面的污染物；正冲 FF 则去除反冲残留的污染物，并排出在膜组件的气体。而气擦洗是利用压缩空气在水中形成强力湍动，松动膜表面截留的颗粒污染物，打散滤饼层，便于后续的反冲和正冲。

化学清洗工艺包括化学加强反冲 CEB（Chemical Enhanced Backwash）和化学清洗 CIP（Cleaning In Place）等。化学加强反冲 CEB 和化学清洗 CIP 则通过化学药剂来清除胶体、有机物、无机盐等在超滤膜表面和内部形成的污染。清洗频率提高、清洗强度增大都有利于更彻底地清除各类污染物。

1.5 超滤膜的预处理要求

一般情况下，在超滤系统前建议设置前置过滤器，旨在滤除容易造成超滤膜堵塞的大颗粒悬浮固体。常用的前置过滤器有盘式或网式自清洗过滤器、袋式过滤器和筒式过滤器。前置过滤器过滤精度推荐如下选择。

设计水源	过滤精度
井水/地下水	$\leq 500\ \mu\text{m}$
市政自来水	$\leq 500\ \mu\text{m}$
地表水	$\leq 500\ \mu\text{m}$
海水	100~500 μm
废水回用	$\leq 500\ \mu\text{m}$

第二章 JMtech-SICT-柱式膜-190-1500 简介

2.1 碳化硅陶瓷膜介绍

JMtech-SICT-柱式膜-190-1500 陶瓷超滤膜是新一代的用于工业及市政水处理的产品。它以独特的设计和制造工艺，将惰性的碳化硅材料和经过特别筛选的非陶瓷材料结合在一起，提供了陶瓷材料的固有坚固耐用性保证，并以有机超滤膜相当的或更低的投资成本，造就了更可靠、更易操作、更长使用寿命的超滤产品，且在长周期下实现了生命周期总成本最低。

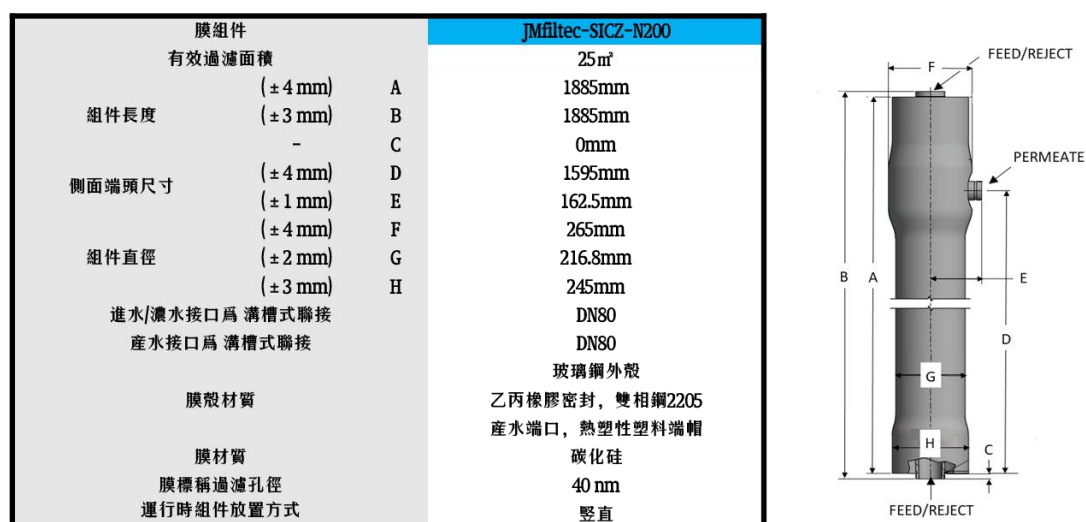


图 2.1 碳化硅柱式膜尺寸图

膜材质	碳化硅
有效膜面积（m ² ）	25
过滤精度（um）	0.04/0.1/0.5
纯水通量	2~4 m ³ ·m ⁻² ·h ⁻¹
壳体材质	不锈钢/UPVC/玻璃钢
使用条件	
运行方式	内压式运行
过滤方式	错流过滤/死端过滤
工作压力	≤0.12Mpa
最大透膜压差	0.2MPa
耐受PH值	1~14
使用温度	5℃~45℃

允许进水浊度	≤100NTU
进水总悬浮固体（TSS）	≤200mg/L
进水中含油、油脂	不超过5mg/L
产水参数	
产水浊度	≤0.3NTU
悬浮物	≤1mg/L
反冲参数	
反冲模式	泵反冲
反冲频率	10~100分钟/次
反冲压力	泵反冲：≤0.3MPa
反冲流量	产水2~3倍
反冲持续时间	5~60s
水回收率	92~98%

2.2 碳化硅陶瓷膜优势

陶瓷膜被公认具有坚固耐用的优点，与有机膜相比具有以下多种优势：

- 通量高达 3~10 倍，产率更高，占地更小
- 反冲用水量的减少超过 50%，更低的水耗
- 使用寿命长达 2~10 倍，更低的更换成本
- 污堵后性能易于恢复，消除了意外故障导致的膜更换成本
- 高化学药品耐受性，允许条件严苛的化学清洗/清洗灵活性高
- 允许更高的跨膜压差，提高了低温进水的通量
- 不存在断丝，完整性风险最小，且所需维护少

化学及物理稳定性

碳化硅材料的化学稳定性最为优异，耐受氧化剂（次氯酸钠）的能力是聚偏氟乙烯，聚醚砜、聚砜等材料的 10 倍以上。在水处理中，微生物和有机物污染往往是造成超滤膜污染的主要原因，而氧化剂清洗则是恢复超滤过滤通量最有效的手段，此时碳化硅材质体现出了其优越性。此外，碳化硅硬度高，耐磨，耐划伤，不会出现有机超滤膜经常面临的断丝困扰，可耐受更恶劣的进水冲击与更严苛的清洗流程，同时保证产水水质的稳定。

亲水性

亲水性较好的膜材料更不易被污染，污染后也容易清洗恢复，且在同等驱动压力下，亲水性好的膜材质，其过水通量更大。膜材质的亲水性往往采用接触角来衡量。

接触角（contact angle）是指在气、液、固三相交点处所作的气~液界面的切线，此切线在液体一方的与固~液交界线之间的夹角 θ ，是润湿程度的量度。 θ 值越大，表明材料越疏水，当等于零时，表明液体（水）能浸润固体表面。碳化硅膜具有很高的亲水性，可以很好地去疏水性水分，例如油脂等。

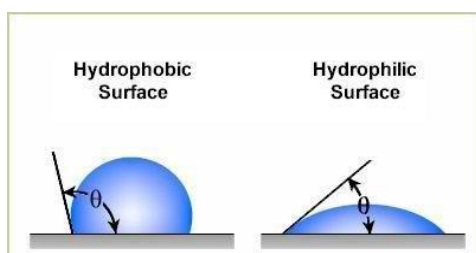


图 2.2 接触角对比图

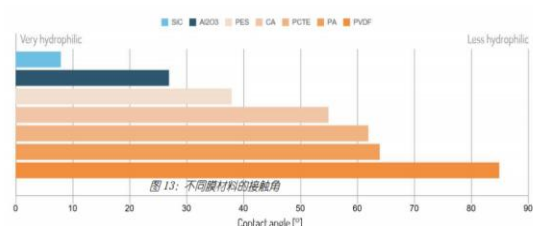
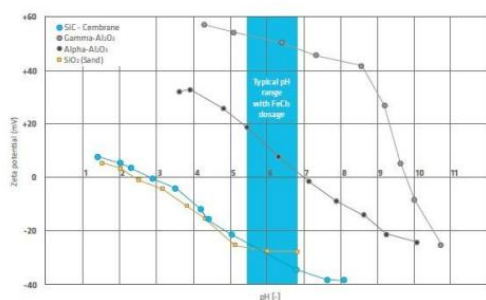


图 2.3 碳化硅陶瓷膜与其他各品牌超滤膜亲水性对比图

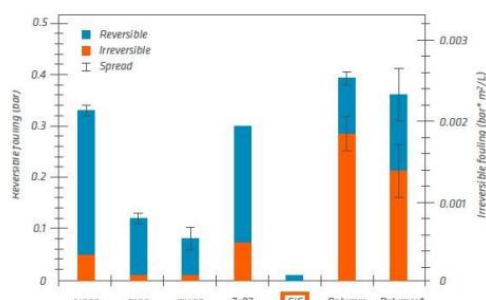
绝佳的耐污染性能

碳化硅膜是目前膜材料中带负电性能最强的膜，能够驱除油脂和微生物，具有绝佳的抗污染性能。



Zeta potential of various ceramic membrane materials.
Source: Farsi, Ali. Department of Chemistry and Bioscience, Aalborg University.

图 2.4 各种陶瓷膜材料的 ζ 电位



"Test made in surface water"
Source: Comparison of ceramic and polymeric membrane permeability and fouling using surface water. 2011. Hof's et al.

图 2.5 地表水测试

优异的耐腐蚀性能

碳化硅膜耐化学性能强，能够长期在酸碱中使用，可轻松解决各种结垢问题。

CORROSIVE WEIGHT LOSS [MG/CM2/YR]				
TEST ENVIRONMENT (WT%)	SiC	Alumina Oxide	Si composites	Tungsten carbide
98% H2SO4 @ 100° C	1.8	65	55	>1000
50% NaOH @ 100° C	2.5	75	>1000	5
25% HCl @ 70° C	<0.2	72	0.9	85
45% KOH @ 100° C	<0.2	60	>1000	3
70% HNO3 @ 100° C	<0.2	7	0.5	>1000
85% H3PO4 @ 100° C	<0.2	>1000	8,8	55
53% HF @ 25° C	<0.2	20	7,9	8

Source: Corrosion prevention and protection. 2007, Sastri et al."

图 2.6 腐蚀损失率表

第三章 工艺介绍

3.1 工艺指南

完整的超滤（UF）水处理系统一般由预处理部分、超滤膜装置部分和辅助设备部分比如反冲和就地化学清洗设备组成。超滤系统可以去除水中的悬浮物、胶体颗粒、细菌以及大部分病毒和大分子有机物等杂质，为了达到最终产品水的水质要求，有时还需要采用后续处理步骤，比如采用纳滤（NF）和反渗透（RO）或者离子交换树脂进行除盐。

表征超滤系统的性能通常采用三个参数：产水通量或渗透通量、产水品质和跨膜压差，而超滤系统的性能总是针对给定的进水条件比如进水水质、进水温度和进水压力而言的。超滤系统设计者的主要职责是针对所需的产水量，使所设计的系统尽可能降低运行费用和膜组件的成本，同时尽可能提高系统的长期稳定性和回收率以及运行效率。

优化设计取决于上述各方面，针对给定的进水条件和所选择的膜组件，达到设计产水量所需的进水压力取决于产水通量值的选择。

根据经验，超滤系统的通量设计极限应由进水的潜在污染程度而定，随着产水通量的增加，膜面上的污染物的浓度也随之增加，产水通量值高的系统其污染速率和清洗频率就高。只有凭丰富的经验针对不同水源类型设定合理的产水通量，当对某一特定进水水源设计超滤系统时，最好能了解其它超滤系统处理该水源类型时的运行情况。但是，通常未必有这类超滤系统可供参照，为了获得超滤系统的设计和运行经验，通常推荐进行中试试验，水源类型越复杂、项目规模越大越推荐。本章所推荐的超滤系统设计导则可以作为项目初期设计参考。

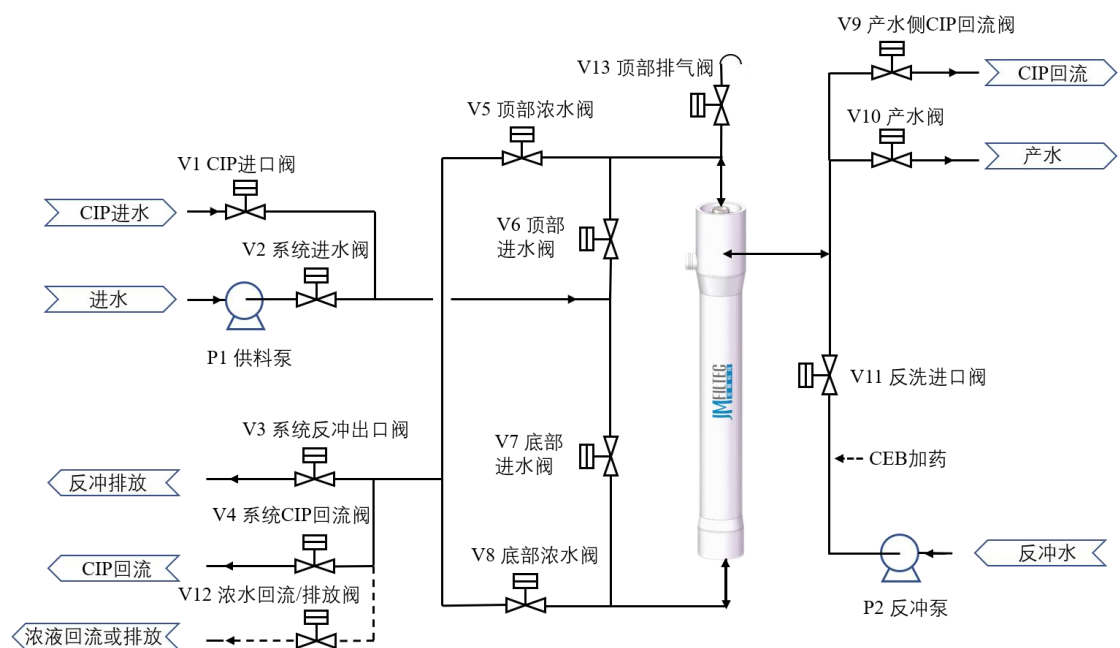


图 3.1 碳化硅柱式膜工艺流程图

3.2 过滤工艺

碳化硅陶瓷膜组件通常采用死端过滤的方式运行，但也可以小错流运行。在死端运行的模式下，进水被泵入毛细管道后会 100%的透过成为产水。对于悬浮固体负荷低的水质，可以采用底部进水死端运行的方式。对于悬浮固体负荷高的水质，建议采用顶部进水的运行方式。如果进水悬浮固体负荷高（通常 >50 NTU），且要求更高的产水率（ $>95\%$ ），或因含有机物、油类等导致污阻倾向高，则推荐使用错流方式运行。在错流方式运行时，一小股水流（通常为过滤流量的 10~100%）将被回流到系统前端。而回流水流量的一部分（5~20%）可被持续排放掉，以避免毛细通道中悬浮固体含量过高。在处理这类水质的应用中，进水由膜组件顶端进入，浓水则由膜组件低端流出

表 3.1 进水浊度说明

底部进水	浊度 < 50 NTU
顶部进水	浊度 > 50 NTU
顶部进水错流	浊度 > 50 NTU、 $> 95\%$ 产水率

系统正常运行是过滤模式和水力清洗模式之间交错进行的。过滤模式通常持续 15 到 60 分钟，而水力清洗模式通常持续 15 到 60 秒。

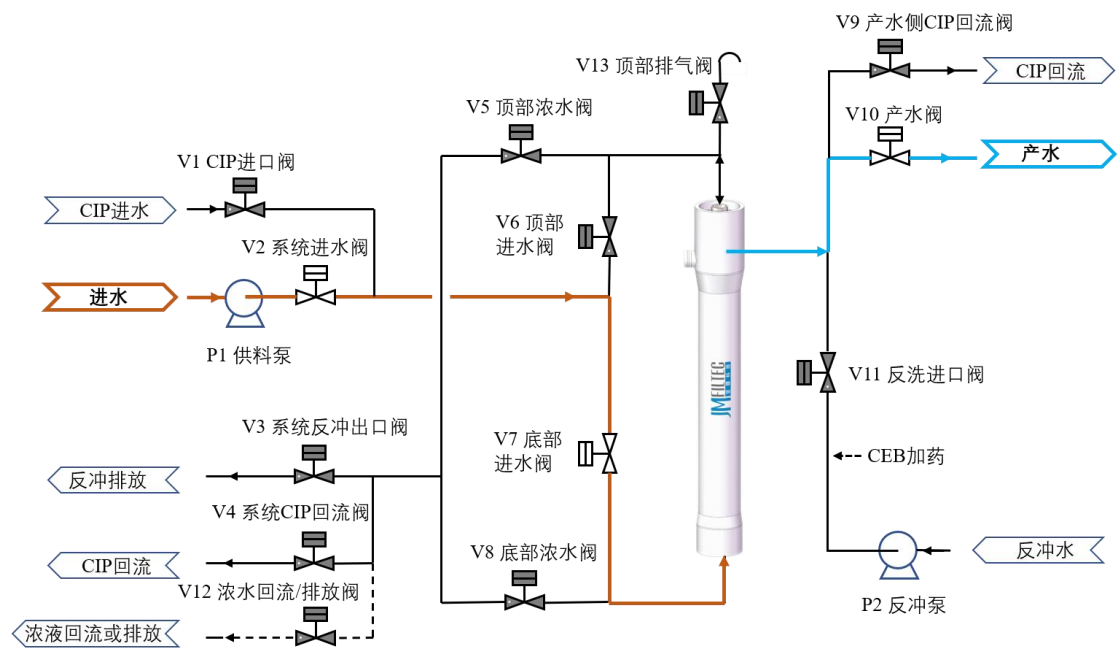


图 3.2 底部进水

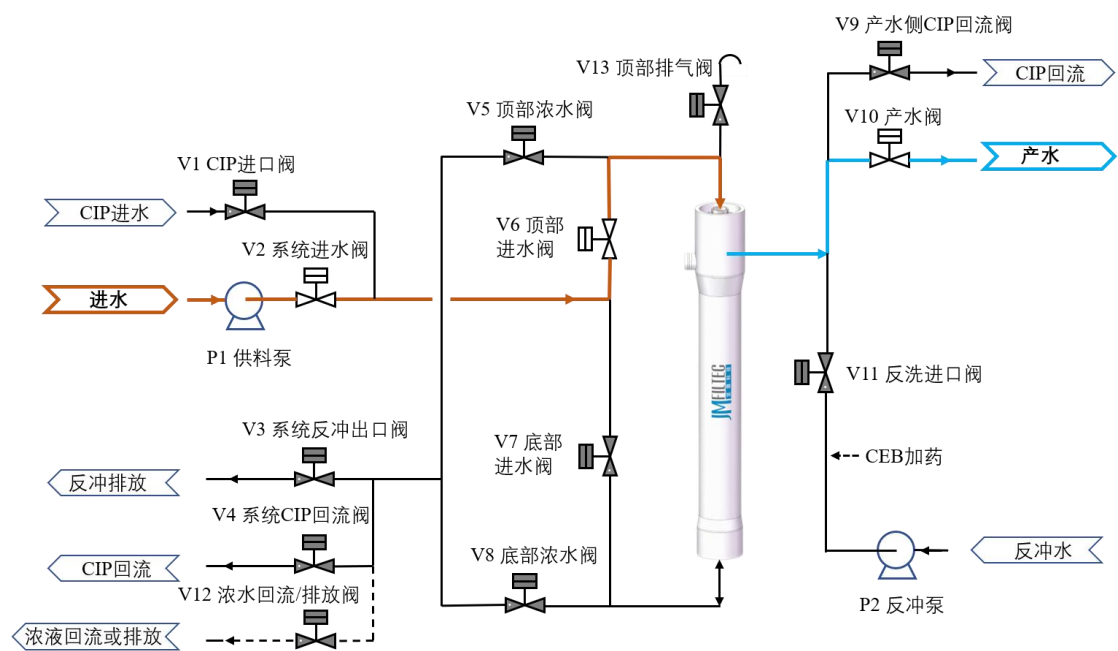


图 3.3 顶部进水

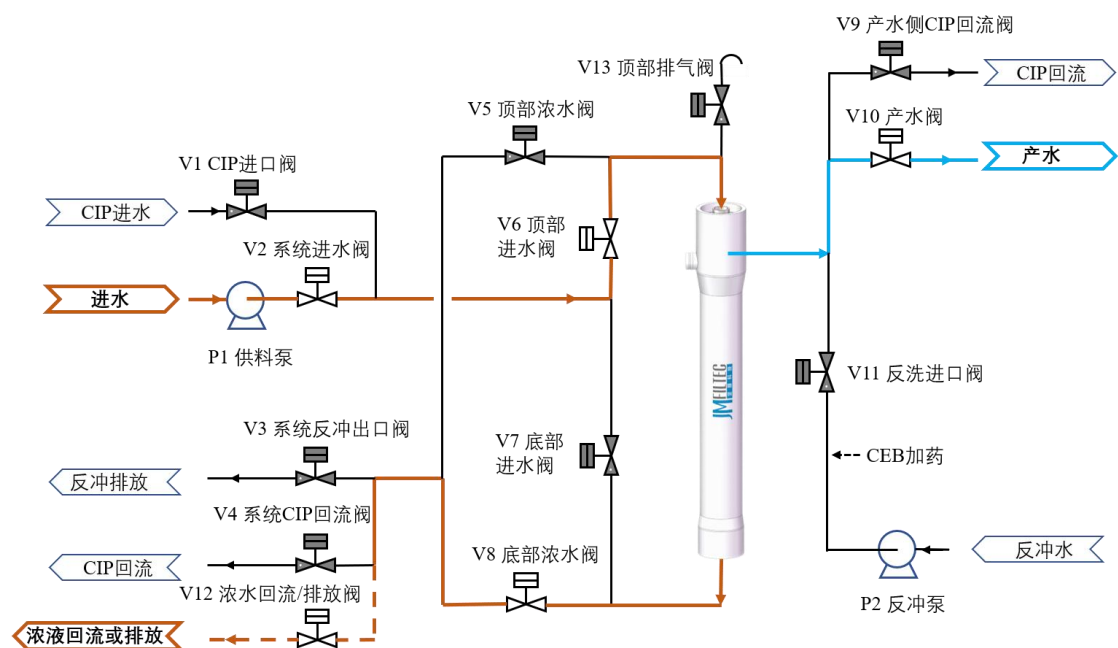


图 3.4 顶部进水错流

3.3 膜通量和产水率说明

表 3.2 提供了一些水处理应用的指导性膜通量和产水率范围。由于膜通量及产水率会因不同进水的不同悬浮固体负荷及污阻倾向而发生变化，因此针对特定的项目，其实际值可能不在此范围内，坚膜科技不对下表所列数值承担任何责任。为取得准确的性能数据。需要通过中试决定推荐膜通量、产水率和通量维护（化学清洗）要求。

表 3.1 膜通量及产水率说明

pH范围	正常运行时1~14
最大进水浊度	100NTU
进水总悬浮固体（TSS）	200mg/L
过滤通量范围	100~600 L·m ⁻² ·h ⁻¹ ·bar ⁻¹ （根据进水条件选定）
使用温度	5~45°C
化学清洗时最大NaClO浓度	≤5000mg/L
进水中含油、油脂	不超过5mg/L
进水预过滤精度	不>500um
运行方式	死端过滤或错流过滤

注意事项	水中不得含有对膜及膜壳有破坏所作用的溶剂、絮凝剂(除PAC外)等物质(如DMF、聚合醇类、PAM、苯及苯系物、醛酮醚类等但不限于此)。
------	---

3.4 反冲和正冲（BW & FF）

死端过滤和错流过滤模式运行时，会周期性的用产反冲膜组件，接着再用进水冲洗膜组件，从而将悬浮固体从膜表面清洗掉。这一过程总体被叫作反冲/正冲（BW/FF）。反冲过程中，洁净的产水由产水侧进入膜组件，并通过陶瓷膜将积累在膜表面的污染物冲掉后将固体污染物排出系统，反冲水从进水流向的反向流出膜组件。为了避免固体污染物堵塞进水毛细管道的可能，也可以保留反冲水从进水流向流出膜组件的选项，即反冲过程中既有反冲上排，又有反冲下排。反冲步骤通常持续 10 到 30 秒，在反冲步骤结束后，必须使用进水正冲 FF 将剩余的固体污染物排出毛细管道，正冲步骤通常持续 10 到 30 秒，且通常情况下水流方向与过滤状态时相同，正冲过程中不会有产水产生。

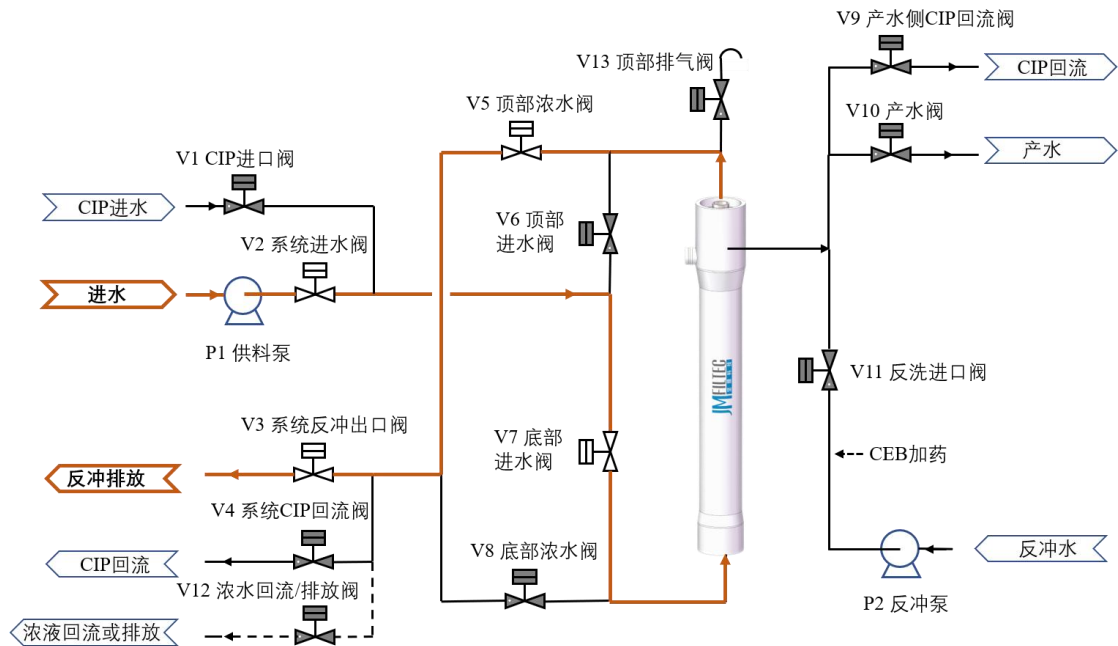


图 3.5 正冲

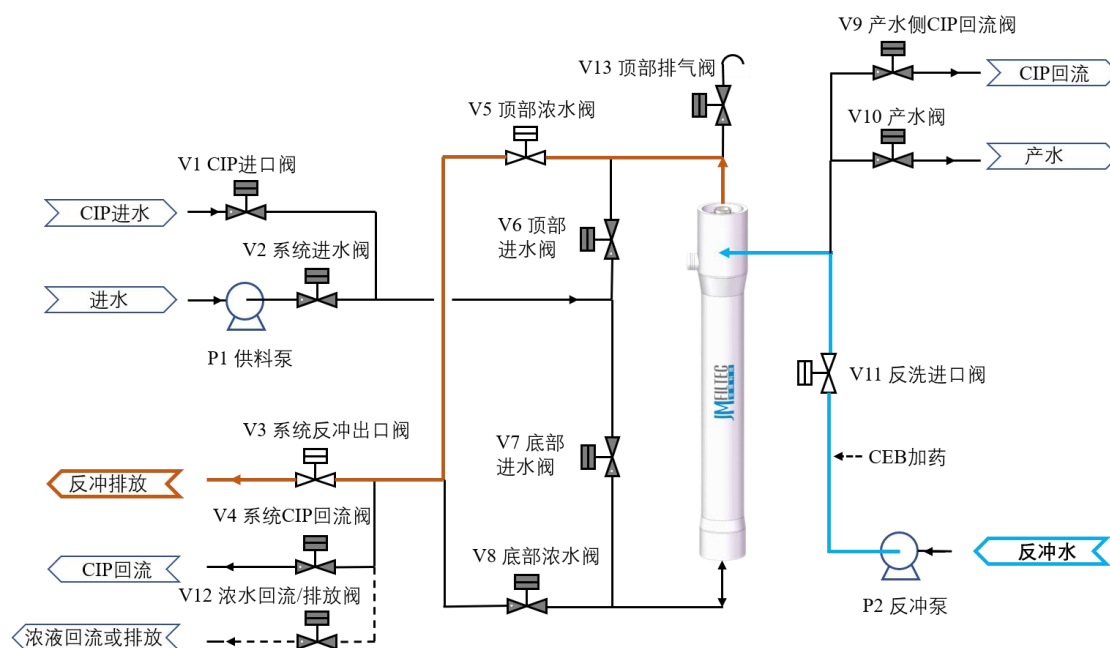


图 3.6 反冲

3.5 维护性化学清洗（mCIP）

mCIP 是延长两次化学清洗之间连续运行时长的一种维护性清洗工艺，通常每 12 到 72 小时进行一次。mCIP 的频率可以根据：“运行时间”、“标准反冲循

环次数”或“最高 TMP 触发点”设定。次氯酸钠（NaOCl）加氢氧化钠（NaOH）是标准的清洗药剂。此外，需要周期性的采用柠檬酸或盐酸的第二种药剂进行 mCIP，此酸 mCIP 的频率通常为每周 1 到 3 次，但某些应用中也可以日常进行。典型的清洗方式是先使用 NaOCl/NaOH 清洗，接着再用酸清洗。而在一些高矿物盐结垢的情况下，需要相反的清洗次序。

mCIP 流程的第一步是进行两（2）次标准的反冲。在某些应用中，mCIP 引入化学药剂之前则需要 3 次常规反冲程序。当标准反冲结束后，将 CIP 水箱内的化学清洗药剂，引入流经膜后再循环回 CIP 水箱。当完成化学品注入后，会有一段浸泡时间，浸泡结束后，需要一次或多次标准的反冲清除膜元件中的固体污染物以及残余化学品。

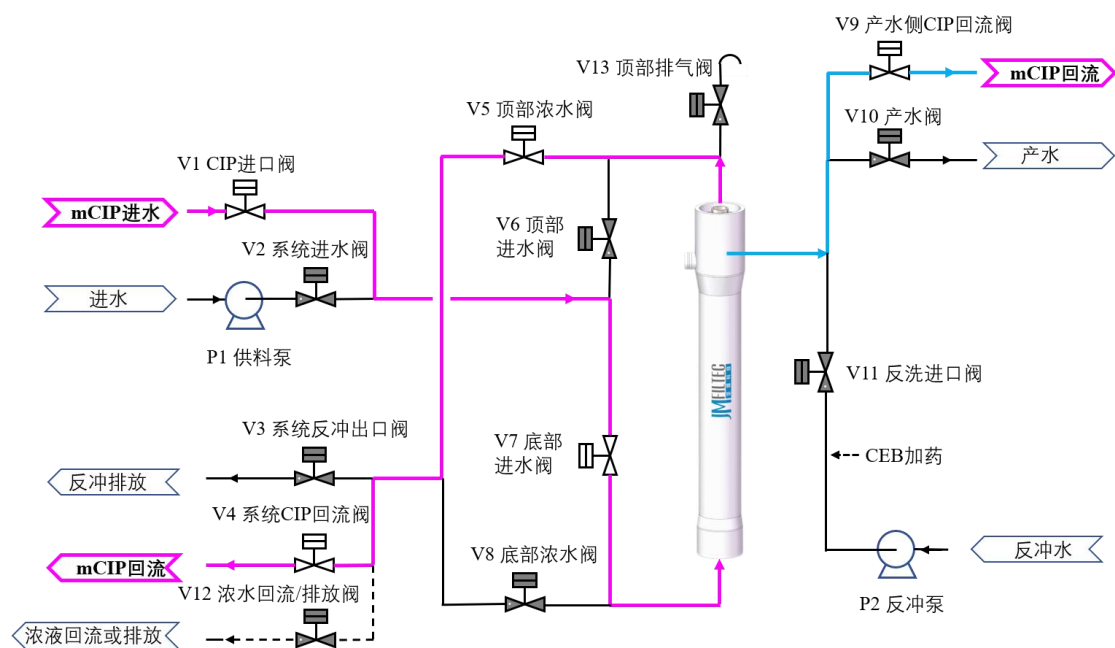


图 3.7 维护性化学清洗（mCIP）

用于溶解清洗化学品的清洗水可以是 UF 产水，或其它水源，但无论使用哪种水稀释，此水质必须满足以下条件：

清洗水水质要求			
TSS 总悬浮物	<5mg/L	钙离子	<10mg/L
TOC 总有机碳	<10mg/L	镁离子	<10mg/L
SDI	<3 _{15min}	二氧化硅	<5mg/L
浊度	<1NTU	铁	<0.5mg/L
pH	6~8pH	锰	<0.5mg/L
总硬度	<80mg/L	TDS 总溶解固体	<500mg/L

符合此规范的水质不能确保适用做清洗水，仅作参考。清洗水可由多种水源获得，如：经软化（可选）及 UF 处理过的自来水水源；经软化及<1μm 过滤后的自来水；经软化及<1μm 过滤后的地下水。

mCIP 清洗满足以下条件：

mCIP 清洗条件	
氧化性药剂	次氯酸钠 (NaOCl) 300~1000mg/L
碱性药剂	氢氧化钠 (NaOH) 调节 pH12~13
酸性药剂	盐酸 (HCl) 调节 pH1~2 柠檬酸 1000~2000mg/L

3.6 化学加强反冲 (CEB)

在试图进行 CEB 前，必须对 CEB 反冲水进行滴定测试浊度，并将结果反馈给坚膜科技，在取得坚膜科技所出具的书面 CEB 许可后方可进行，否则将致使质保条款作废。

具体的 CEB 滴定浊度测试步骤为：

- 1) 收集超滤初始生产的产水，如需在超滤系统安装完成前试验，则收集超滤进水并经 $<0.45\mu\text{m}$ 精度的过滤。测试上述样品的浊度确保 $<1\text{NTU}$ 。
- 2) 向上述产水中加入所需剂量的 NaClO ，搅拌最少 5 分钟时间。
- 3) 测量浊度并确保 $<1\text{NTU}$ 。
- 4) 如果需要 NaOH 配合 NaClO 一起使用，则用上述“3”产水向其中滴加 NaOH 并搅拌，直至 pH 达到 10。继续搅拌 2~3 分钟，检查并确认浊度 $<1\text{NTU}$ 。继续滴加 NaOH 并搅拌，直至 pH 达到 11。继续搅拌 2~3 分钟，再次检查并确认浊度 $<1\text{NTU}$ 。继续滴加 NaOH 并搅拌，直至 pH 达到 12。继续搅拌 2~3 分钟，再次检查并确认浊度 $<1\text{NTU}$ 。

如上述过程中任何一步的浊度 $>1\text{NTU}$ ，则不能继续开始 CEB。此时就需要化学维护清洗 (mCIP) 使清洗药剂保持在陶瓷膜的进水侧。

坚膜科技所许可的 CEB 是可延长两次化学清洗之间连续运行时长的一种维护性清洗流程，通常每 12 到 72 小时进行一次。CEB 流程的频率可以根据运行时间或标准反冲循环次数设定。次氯酸钠 (NaClO) 是标准的清洗药剂。氢氧化钠则在部分情况下单独或与 NaClO 一起使用，用于提高 pH 值。针对有结垢倾向的水质，也可能单独使用盐酸作为维护性清洗的一个步骤。CEB 流程的过流方式与第 4 点所述的标准反冲一致，在某些应用中，CEB 引入化学药剂之前通常需要进行两个甚至更多的常规反冲流程。当标准反冲结束后，则开始 CEB 反冲注入化学

药剂，使膜从污垢中得到恢复。当完成化学品注入后，会有一段浸泡时间，浸泡结束后，需要一次或多次标准的反冲清除膜元件中的固体污染物以及残余化学品。

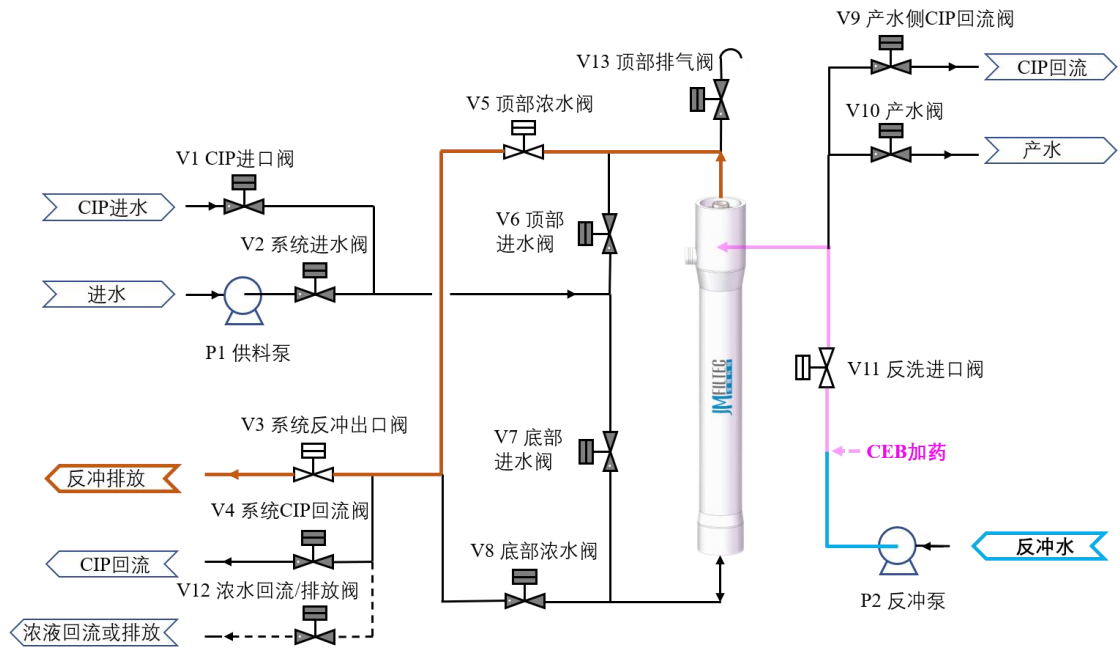


图 3.8 化学加强反冲（CEB）

对于某些需要依次进行两次不同化学品 CEB 的情况，下表列出了 CEB1 的化学品或化学品组合，以及 CEB2 的化学品或化学品组合。每次 CEB 会根据所用化学品的数量和浸泡时间长短，耗时在 15 到 60 分钟的范围内变化。

CEB 清洗满足以下条件：

CEB 清洗条件	
氧化性药剂	次氯酸钠（NaOCl）300~1000mg/L
碱性药剂	氢氧化钠（NaOH）调节 pH10~11
酸性药剂	盐酸（HCl）调节 pH2~4

3.7 化学清洗（CIP）

CIP 是将膜的渗透性恢复到清洁状态的清洗工艺，通常每 1 到 3 个月进行一次。次氯酸钠（NaClO）加氢氧化钠（NaOH）是标准的清洗药剂。柠檬酸加盐酸也单独作为维护性清洗的一个步骤。典型的清洗方式是先使用 NaClO/NaOH 清洗，接着再用酸清洗。

CIP 流程的第一步是进行两（2）次上述的标准的反冲。在某些应用中，CIP 引入化学药剂之前通常需要进行三个甚至更多的常规反冲流程。当标准反冲结束后，将 CIP 水箱内的化学清洗药剂，引入并流经膜后循环回 CIP 水箱。进行恢复性化学清洗时，需要加热提高清洗药剂的效果。循环流量通常与正常运行时的进水流量一致，循环过程中会产出小部分产水，此产水也需要循环回 CIP 水箱。完成循环步骤后，通过排空系统将污染物排出，接着进行两次标准的反冲和正冲工序。接着注入第二种 CIP 药剂并循环，第二种药剂循环结束后，通过排空系统将污染物排出，再进行两次标准的反冲和正冲工序。

用于溶解清洗化学品的清洗水可以是 UF 产水，或其它水源，但无论使用哪种水稀释，此水质必须满足第 6 点所述要求。

常规的 CIP 需要 4 到 8 小时，取决于清洗药剂种类的数量，以及循环时长。下表为推荐的 CIP 药剂。

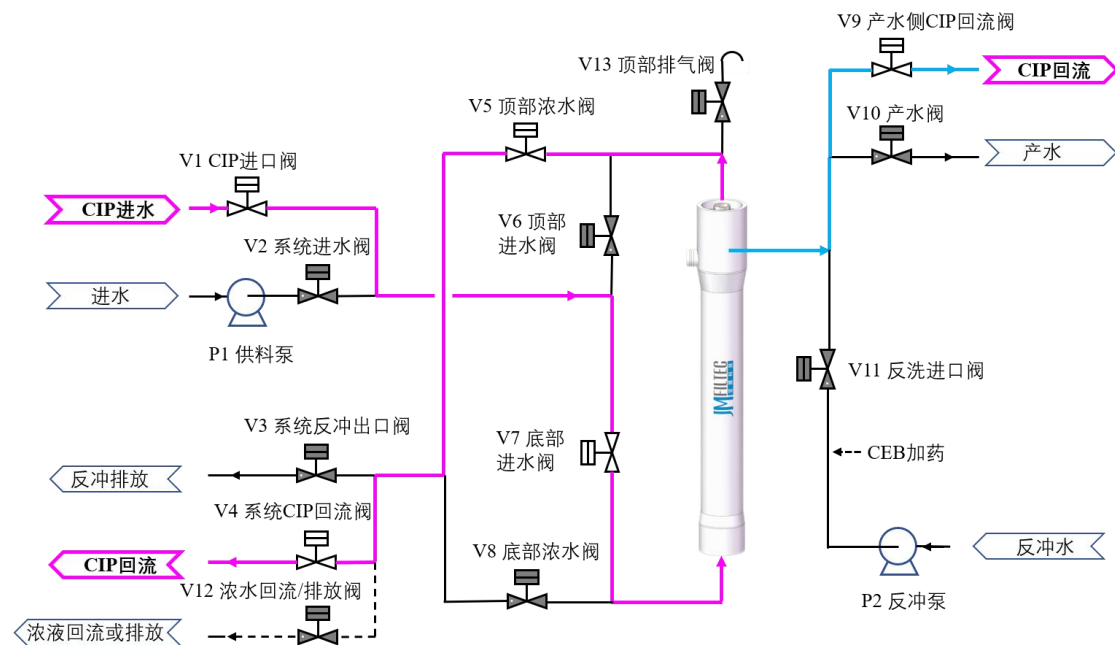


图 3.9 化学清洗（CIP）

CIP 清洗满足以下条件：

CEB 清洗条件	
氧化性药剂	次氯酸钠（NaOCl）500~1000mg/L，40~50℃
碱性药剂	氢氧化钠（NaOH）调节 pH12~13，40~50℃
酸性药剂	盐酸（HCl）调节 pH1~2，柠檬酸 1000~4000mg/L，40~50℃

注：当 CIP 温度> 50°C 时，请实施前联系坚膜科技确认

清洗水满足以下条件：

清洗水条件	
总硬度	<80ppm（碳酸盐含量）
污染指数（SDI）	<3
总有机物含量	<8ppm
铁离子	<0.5ppm
硅离子	<5ppm

注：具体操作清洗水质，可以根据现场实际情况进行调整，具体请联系坚膜科技确认。

3.8 数据收集

所有与系统有关的资料都必须收集、记录和建档以便追踪超滤单元装置的性能。除了用于追溯系统性能之外，运行数据记录表还是及时发现并排除故障的有效工具之一，也根据保证条款下申请质保的依据之一。本节仅作为一般的指导，不能作为取代具体系统应有的详细操作和维护手册，现场操作参数的记录和保存还需视当时情况而定。

预处理运行参数记录

超滤系统性能会受到预处理操作、运行效果的影响，因此，预处理的运行特性必须记录下来。因为预处理的工艺因地制宜，无法建议统一的记录表格，一般而言，需记录以下各项：

- 至少每周监测/记录预处理工艺进水和出水的 COD、浊度、铁/锰金属和油脂等；
- 每天两次记录预处理过滤器的运行压降；
- 每天测量絮凝剂、助凝剂及其他化学药品的消耗量；
- 至少每 3 个月一次根据制造商建议的方法校正各种预处理仪表；
- 任何不正常的操作，如故障或停机等。

超滤系统运行参数记录

系统需要能够自动化的收集运行数据以及数据的变化趋势。推荐的数据采集间隔为超过 1 分钟 1 次。如果监控软件功能允许，只要能够刚好采集到反冲 BW/正冲 FF 循环、CEB 或 mCIP 循环和 CIP 循环前后的数据，则数据采集的时间间隔也可以延长。下面列出了需要记录的表格。

运行数据表

运行数据记录表		
温度	°C	所有的 TMP 及渗透性都应标准化为 20°C
过滤器进水压力	bar	
过滤器出水压力	bar	
超滤进水压力	bar	
超滤浓水压力	bar	
超滤产水压力	bar	
超滤产水流量	m³/h	
超滤循环流量	m³/h	
超滤反冲流量	m³/h	
超滤正冲流量	m³/h	
过滤时长	minutes	
反冲时长	seconds	
正冲时长	seconds	
碱洗间隔	hours	
碱洗溶液	mg/L pH	
酸洗间隔	hours	
酸洗溶液	mg/L pH	
超滤进水浊度	NTU	
超滤产水浊度	NTU	
超滤进水 TSS	mg/L	

超滤产水 TSS	mg/L	
超滤产水 SDI15	---	
产水总量		
跨膜压差	bar	
渗透性	LMH/bar	

清洗数据记录表

清洗数据记录表		
运行时长	Days	
日期和时间	--	
清洗前渗透性	LMH/bar	
清洗前反冲水源	--	
清洗前反冲流量	m3/h	
清洗前正冲流量	m3/h	
清洗前反冲/正冲次数		
清洗药剂体积	L	
酸种类和体积	L	
氢氧化钠浓度和体积	wt%	
次氯酸钠浓度和体积	wt%	
其它化学品	wt%	
哪类清洗： 化学加强反冲 CEB 维护性清洗 mCIP 恢复性清洗 CIP	--	
清洗条件		
溶液浓度	%	
碱洗 pH	pH	
酸洗 pH	pH	
温度	°C	
循环流量	m3/h	

初始循环时间	minutes	
浸泡时间	minutes	
后续循环时间	minutes	
清洗后反冲水源	--	
清洗后反冲流量	m3/hr	
清洗后正冲流量	m3/hr	
清洗后反冲/正冲次数	--	
废液 pH	pH	
清洗后渗透性	LMH/bar	
清洗后渗透性	LMH/bar	

水质分析报告

水质分析单位：			分析者：			
水源概况：			日期：			
电导率：			pH 值：			
水样温度：℃						
水源类型： ☐ 地下水/深井水 ☐ 湖水/水库水 ☐ 海水 ☐ 市政自来水 ☐ 河水 ☐ 工业废水 ☐ 其他水源 市政废水						
			设计	最小	最大	备注
温度	℃					
pH	-					
总溶解固体含量 TDS	mg/L					
总悬浮固体含量 TSS	mg/L					
浊度	NTU					
油&脂	mg/L					
化学需氧量 COD	mg/L					
生物需氧量 BOD ₅	mg/L					
总有机碳 TOC	mg/L					

总铁	mg/L				
总锰	mg/L				
其他/					
预处理工艺： 药剂投加： ☐ 絮凝剂 ☐ 助凝剂 ☐ 杀菌剂 预处理设备名称： 预处理综合情况：					

3.9 系统性能标准化

超滤系统的表观性能受进水水质、压力和温度的影响，例如：温度每下降 5°C，产水量就会降低约 10%，这属于正常现象。

为了区分这类正常现象与系统性能真正的变化，应对所实测的流量和压力参数进行标准化，就是指在考虑了操作参数的影响后，系统的真实性能与系统基准性能的比较，基准性能可能为该系统的设计性能或最初测量性能。

当以设计（或保证）的系统性能作为基准进行标准化时，对于验证该水处理系统是否已经达到预期（或保证）的性能很有帮助。

当以系统最初测量性能作为基准进行标准化时，对于显示任何性能随时间的变化很有帮助。我们极力推荐这一做法，因为每日记录系统标准化后的数据，就可早期发现潜在的问题（如污堵或结垢），还可提供更早更有效的纠正措施。

第四章 操作运行工序

4.1 操作运行模式

本章节描述了 JMtech-SICT-柱式膜-190-1500 陶瓷超滤膜系统主要的操作运行模式：

- 注水
- 死端过滤（底部进水）
- 死端过滤（顶部进水）
- 反冲/正冲模式
- 维护性化学清洗（mCIP）
- 化学加强反冲（CEB）
- 化学清洗（CIP）

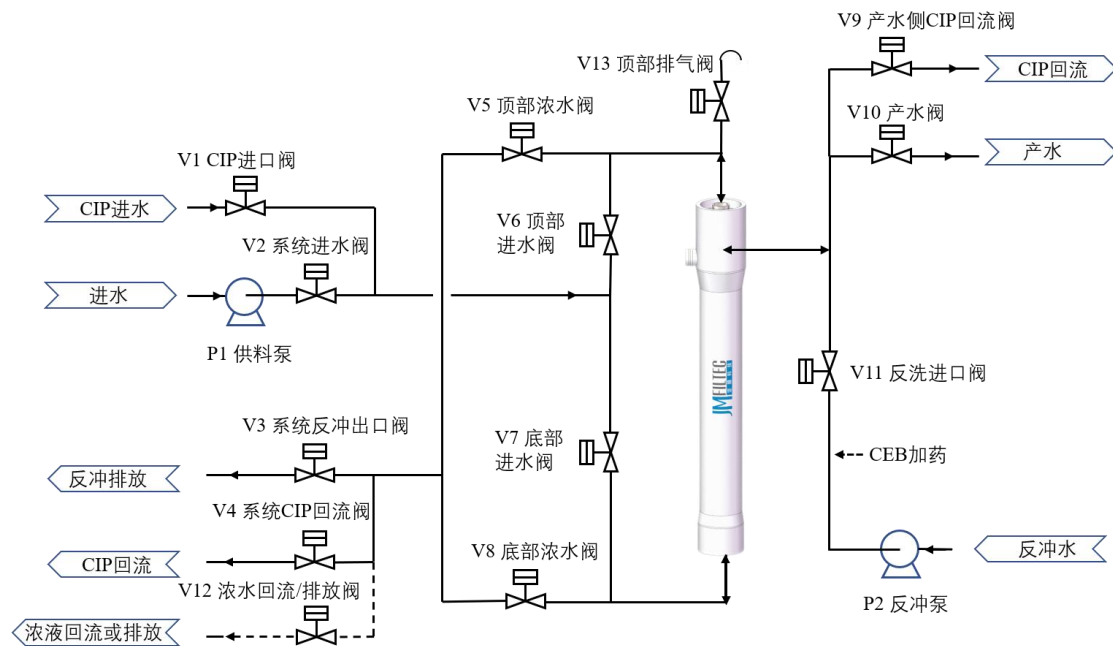


图 4.1 碳化硅柱式膜工艺流程图

P1	供料泵	P2	反冲泵
V1	CIP 进口阀	V8	底部浓水阀
V2	系统进水阀	V9	产水侧 CIP 回流阀
V3	系统反冲出口阀	V10	产水阀
V4	系统 CIP 回流阀	V11	反冲进口阀
V5	顶部浓水阀	V12	浓水回流/排放阀（可选）
V6	顶部进水阀	V13	顶部排气阀
V7	底部进水阀		

4.1.1 注水

当系统首次运行或当膜内液体排空的情况下，需要在运行前通过注水排空系统中的气体，下图为注水工序的步骤：

表 4.1 注水工序

	待机	开始注水	注水	结束注水
持续时间	10s	10s	2m	10s
P1 供料泵	X	O	O	X
V1 CIP 进口阀	X	X	X	X
V2 系统进水阀	X	O	O	O
V3 系统反冲出口阀	X	O	O	O
V4 系统 CIP 回流阀	X	X	X	X
V5 顶部浓水阀	X	O	O	O
V6 顶部进水阀	X	X	X	X
V7 底部进水阀	X	O	O	O
V8 底部浓水阀	X	X	X	X
V9 产水侧 CIP 回流阀	X	X	X	X
V10 产水阀	X	O	O	O
V11 反冲进口阀	X	X	X	X
V12 浓水回流/排放阀（可选）	X	X	X	X
V13 顶部排气阀	X	O	O 10s X	X
P2 反冲泵	X	X	X	X

注：X 表示关闭，O 表示打开

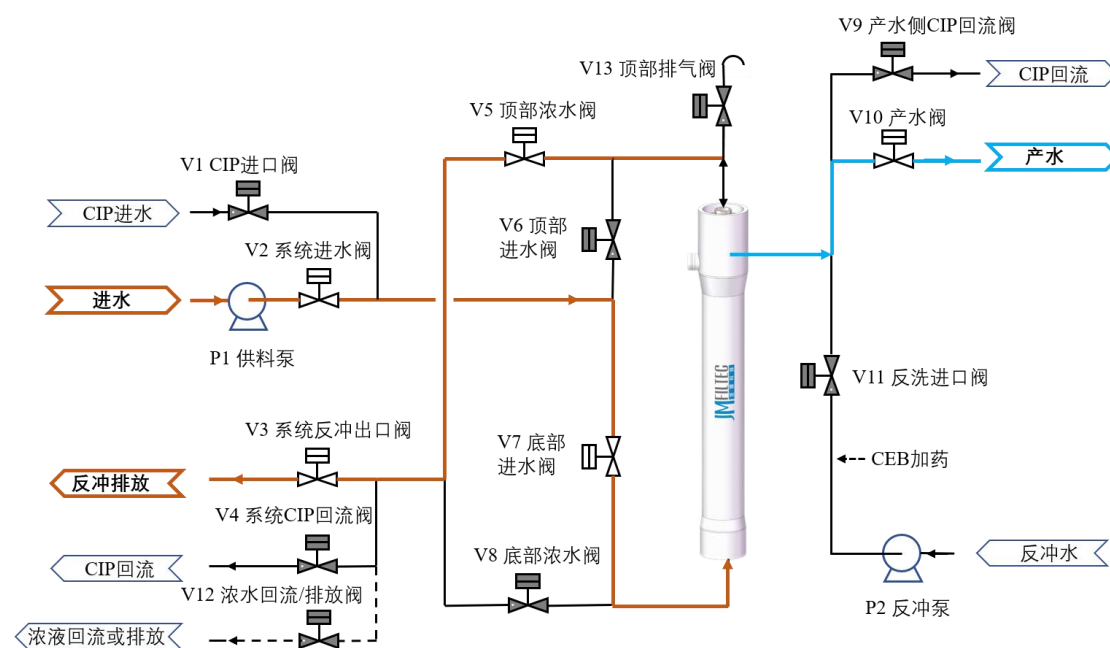


图 4.2 注水工序

注水工序步骤:

1. 系统的初始为“待机”状态，此时所有阀门及水泵关闭。
2. 启动“开始注水”工序，相关阀门被切换成打开状态。
3. 当确认阀门位置切换完成后，或延时继电器计时结束后，程序将进入“注水”过程，水泵启动。
4. 注水工序中，系统进水泵应被手动设置为低速，缓慢向系统中进水。
5. 注水完成可以通过计时器设定、可测量的流量或压力、以及观察到的水从高位取样点或者排气阀溢出来判断（10s），此时操作人员将停止注水模式，且程序将进入“结束注水”位置，此时水泵停止，相关阀门保持打开状态。
6. 当水泵确认停止或时间继电器计时结束后，系统将恢复到“待机”状态，此时所有阀门及水泵关闭。

注意：用于转换运行状态的时间继电器应根据现场管道设计设置，防止系统不能彻底排空、空气憋压、以及水泵启停产生水锤等后果。

4.1.2 死端过滤

此运行模式下，100%的陶瓷膜进水都会透过膜成为产水。对于低悬浮固体负荷的应用，推荐底部进水。对于高悬浮固体负荷的应用，推荐顶部进水。而无论何种情况，自动排气阀都是非常关键的，以确保每个过滤循环中所有气体都能从系统中排出。另外一个有助于系统排气的设计就是当进水从顶部到底部时，反冲和正冲的流向与进水方向相反可以帮助残留的气体排出系统。

下述控制程序假设每列超滤膜单独用一台进水泵，且超滤产水依靠调节进水泵频率，通过PID回路比例控制。

底部进水

表 4.2 死端过滤（底部进水）

	待机	开始运行	运行	结束运行
持续时间	10s	10s	15~45m	10s
P1 供料泵	X	X	O	X
V1 CIP 进口阀	X	X	X	X
V2 系统进水阀	X	O	O	O
V3 系统反冲出口阀	X	X	X	X

V4 系统 CIP 回流阀	X	X	X	X
V5 顶部浓水阀	X	O*	O*	O*
V6 顶部进水阀	X	X	X	X
V7 底部进水阀	X	O	O	O
V8 底部浓水阀	X	X	X	X
V9 产水侧 CIP 回流阀	X	X	X	X
V10 产水阀	X	O	O	O
V11 反冲进口阀	X	X	X	X
V12 浓水回流/排放阀（可选）	X	O	O	X
V13 顶部排气阀	X	X	X	X
P2 反冲泵	X	X	X	X

注：X 表示关闭，O 表示打开

*仅在浓水回流/排放选项适用时打开

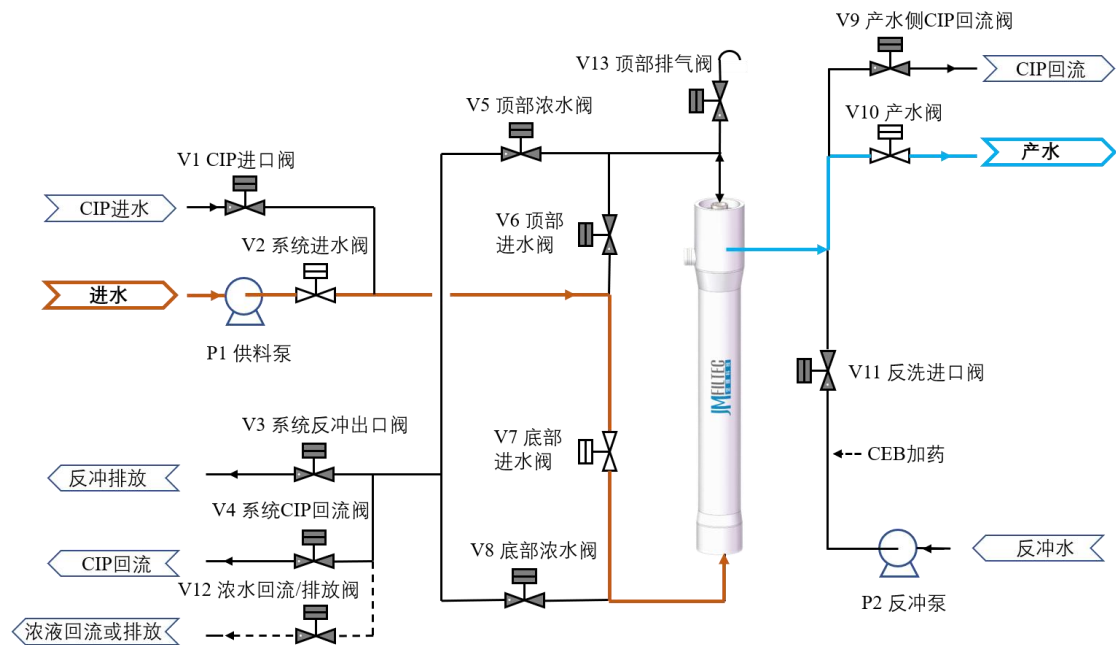


图 4.3 死端过滤（底部进水）

顶部进水

表 4.3 死端过滤（顶部进水）

	待机	开始运行	运行	结束运行
持续时间	10s	10s	15~45m	10s
P1 供料泵	X	X	O	X
V1 CIP 进口阀	X	X	X	X
V2 系统进水阀	X	O	O	O
V3 系统反冲出口阀	X	X	X	X
V4 系统 CIP 回流阀	X	X	X	X
V5 顶部浓水阀	X	X	X	X

V6 顶部进水阀	X	O	O	O
V7 底部进水阀	X	X	X	X
V8 底部浓水阀	X	O*	O*	O*
V9 产水侧 CIP 回流阀	X	X	X	X
V10 产水阀	X	O	O	O
V11 反冲进口阀	X	X	X	X
V12 浓水回流/排放阀（可选）	X	O	O	X
V13 顶部排气阀	X	X	X	X
P2 反冲泵	X	X	X	X

注：X 表示关闭，O 表示打开

*仅在浓水回流/排放选项适用时打开

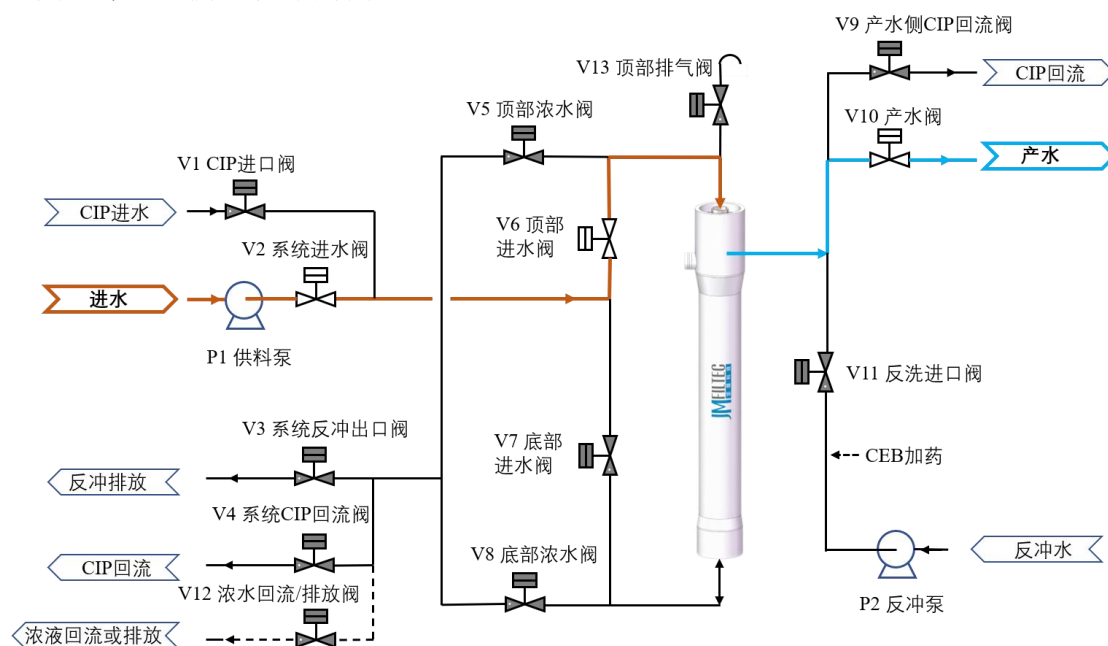


图 4.4 死端过滤（顶部进水）

死端过滤工序步骤：

1. 系统通常由“结束正冲到运行”位置启动，此时系统刚刚完成一个正常的反冲正冲工序。
2. 当确认阀门位置完成切换，或延时继电器计时结束，且此列膜运行指令激活后，进水泵进水阀门组及产水阀门组已经由“正冲”工序后开启，此时系统处于“运行”状态，正冲排水阀此时关闭。进水泵将通过 PID 回路比例控制，使产水流量达到设定点。
3. 清洗工序结束后，如果无运行指令，则此列膜系统将处于“待机”状态。
4. 当所有开机条件（此处未列出）满足后，程序进入“开始运行”状态，相应的阀门会此时打开。

5. 当确认阀门位置完成切换，或延时继电器计时结束，且此列膜运行指令激活后，控制系统将进入“运行”状态，此时进水泵启动，并通过 PID 回路比例控制，使产水流量达到设定值。

6. 系统将保持运行状态直至某一项运行条件（此处未规定）不具备或反冲频率计时器计时结束为止，此时系统将进入“停运”状态。

7. 当时间继电器计时结束，系统将进入反冲工序或返回到“待机”状态。

注意：用于转换运行状态的时间继电器应根据现场管道设计设置，防止系统不能彻底排空、空气憋压、以及水泵启停产生水锤等后果。

4.1.3 反冲和正冲

死端过滤模式运行时，会周期性的将陶瓷超滤膜产水反向从膜的产水侧打入到进水侧，从而将膜表面累积的悬浮固体清洗掉，再将含固体污染物的清洗废水排出系统。流程图及阀门控制程序如下表所示，清洗废水流出膜的流向与运行时进水的方向一致。如果担心固体会堵塞流道，另一个可选的设计是让反冲水流出膜的方向与进水流向相反，以避免悬浮固体在流道内累积。

在反冲结束后，会用正冲将残余的悬浮固体污染物冲出毛细管道并排放。正冲的流向也可以设置为与进水流向相反，从而避免悬浮固体堵塞流道。

如果运行的膜多于一列，则建议不停反冲泵依次对每列膜进行反冲。反冲流量由每列上的反冲进水阀控制。这将减少能耗，并降低频繁开停泵导致的磨损。

触发反冲工序的控制系统信号将基于 1) 运行时间；2) 产水水量；3) TMP 设置点。通常情况下采取（运行时间或产水量）+TMP 设置点的组合方式。运行模式与反冲模式的切换逻辑如下表所示。

反冲和正冲（底部进水）

表 4.4 反冲和正冲（底部进水）

	反冲待机	开始反冲	上反冲	下反冲	反冲结束	开始正冲	正冲	正冲结束到运行	正冲结束到待机
持续时间	10s	10s	10~15s	10~15s	10s	10s	10~30s	10s	10s
P1 供料泵	X	X	X	X	X	X	O	O	X
V1 CIP 进口阀	X	X	X	X	X	X	X	X	X
V2 系统进水阀	X	X	X	X	X	O	O	O	O
V3 系统反冲出口阀	X	O	O	O	O	O	O	O	O
V4 系统 CIP 回流阀	X	X	X	X	X	X	X	X	X

V5 顶部浓水阀	X	X	O	X	X	X	X	X	X
V6 顶部进水阀	X	X	X	X	X	O	O	O	O
V7 底部进水阀	X	X	X	X	X	X	X	X	X
V8 底部浓水阀	X	O	X	O	O	O	O	O	O
V9 产水侧 CIP 回流阀	X	X	X	X	X	X	X	X	X
V10 产水阀	X	X	X	X	X	X	X	O	X
V11 反冲进口阀	X	X	O	O	O	X	X	X	X
V12 浓水回流/排放阀 (可选)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
V13 顶部排气阀	X	X	X	X	X	X	X	X	X
P2 反冲泵	X	X	O	O	X	X	X	X	X

注：X 表示关闭，O 表示打开

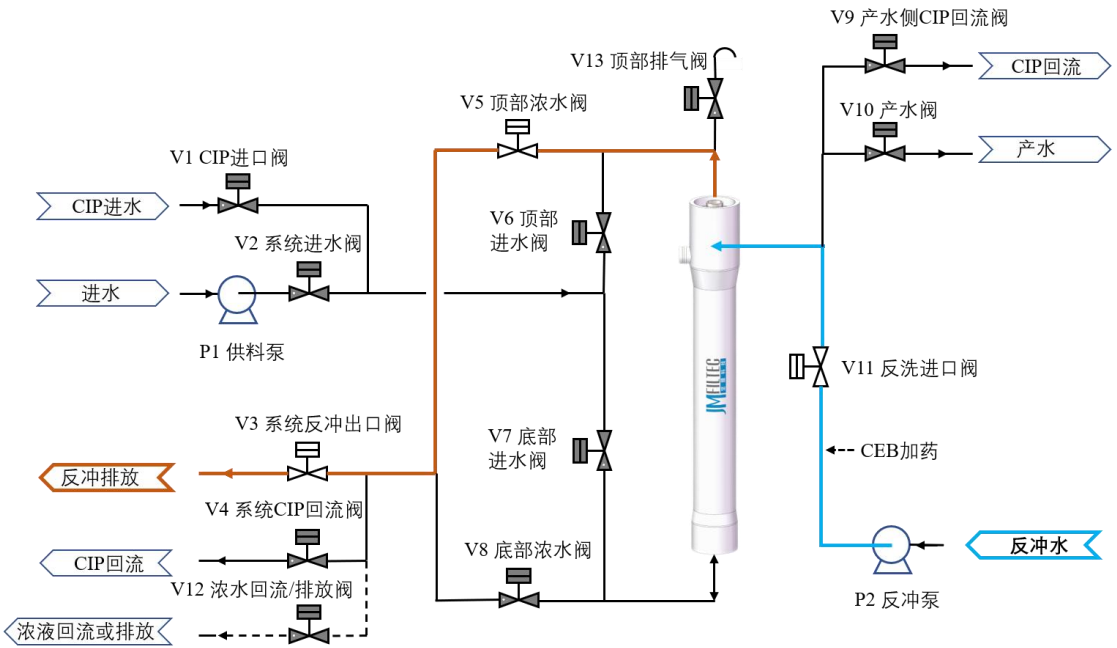


图 4.5 上反冲

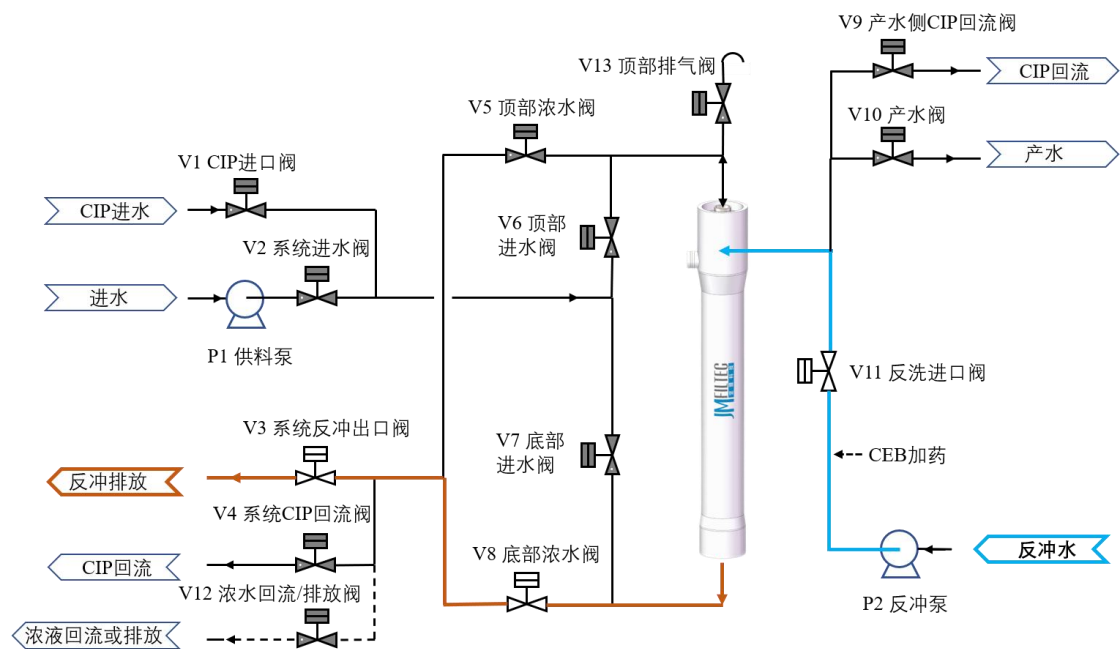


图 4.6 下反冲

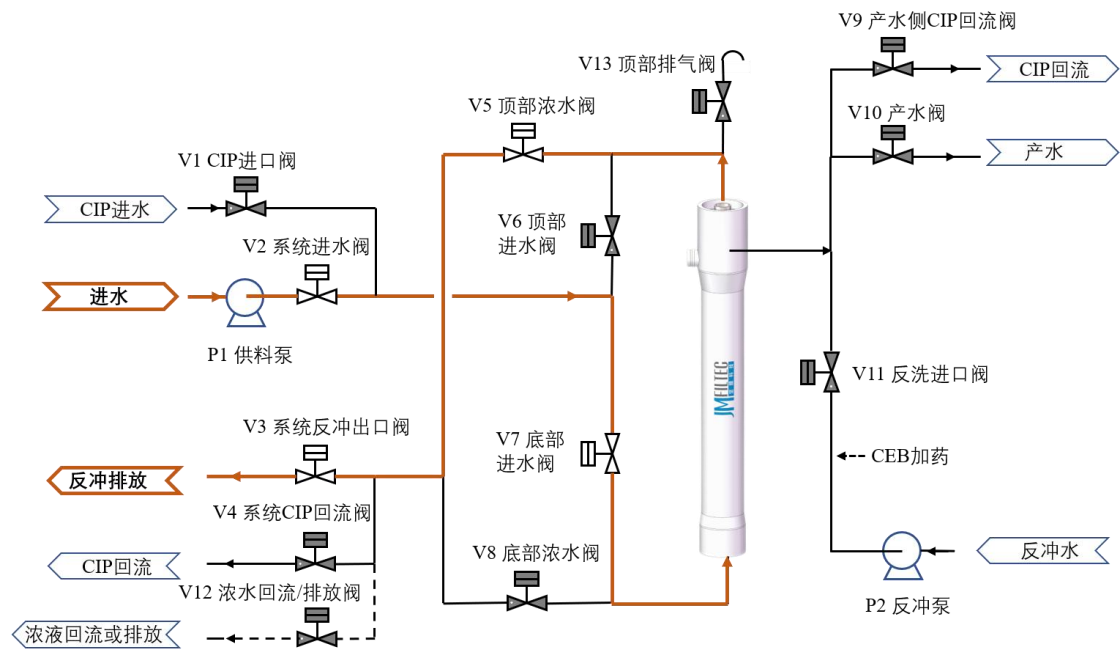


图 4.7 正冲（底部进水）

反冲和正冲（顶部进水）

表 4.5 反冲和正冲（顶部进水）

	反冲待机	开始反冲	下反冲	上反冲	反冲结束	开始正冲	正冲	正冲结束到运行	正冲结束到待机
持续时间	10s	10s	10~15s	10~15s	10s	10s	10~30s	10s	10s

P1 供料泵	X	X	X	X	X	X	O	O	X
V1 CIP 进口阀	X	X	X	X	X	X	X	X	X
V2 系统进水阀	X	X	X	X	X	O	O	O	O
V3 系统反冲出口阀	X	O	O	O	O	O	O	O	O
V4 系统 CIP 回流阀	X	X	X	X	X	X	X	X	X
V5 顶部浓水阀	X	X	X	O	X	X	X	X	X
V6 顶部进水阀	X	X	X	X	X	O	O	O	O
V7 底部进水阀	X	X	X	X	X	X	X	X	X
V8 底部浓水阀	X	O	O	X	O	O	O	O	O
V9 产水侧 CIP 回流阀	X	X	X	X	X	X	X	X	X
V10 产水阀	X	X	X	X	X	X	X	O	X
V11 反冲进口阀	X	X	O	O	O	X	X	X	X
V12 浓水回流/排放阀 (可选)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
V13 顶部排气阀	X	X	X	X	X	X	X	X	X
P2 反冲泵	X	X	O	O	X	X	X	X	X

注：X 表示关闭，O 表示打开

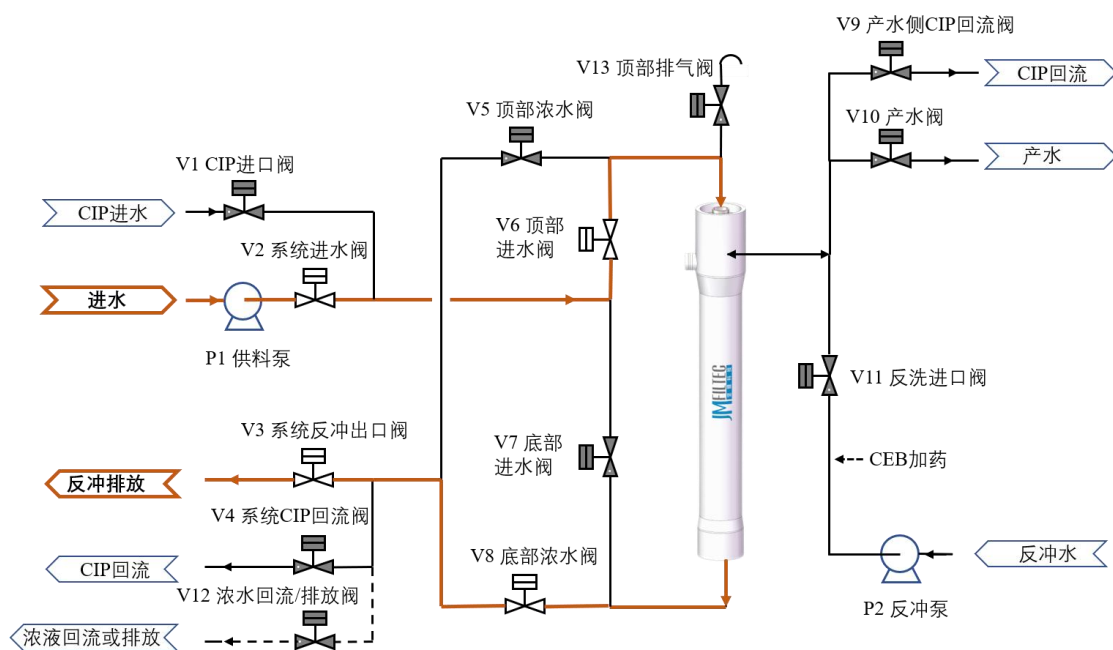


图 4.8 正冲（顶部进水）

反冲和正冲工序步骤：

1. 反冲和正冲工序的初始为“待机”状态，此时所有阀门及水泵关闭。
2. 当时间继电器计时结束，系统将切入“开始反冲”状态，此时相关的阀门打开。

3. 当确认阀门位置切换完成后，或延时继电器计时结束后，控制系统将进入“反冲”状态，反冲水泵启动。反冲进水阀此时应保持关闭，直至反冲泵出口压力达到设定值然后延时打开，从而提高反冲效率。反冲阀门打开后，PID 回路比例控制将调节水泵速度至反冲流量达到设定值。

4. 反冲阀门打开后，反冲水泵将由 PID 控制使反冲流量维持在一个设定流量值。反冲计时应以反冲进水阀打开时开始。

5. 反冲计时器计时区间，PLC 应计算平均反冲流量。如果平均反冲流量比设定值偏高或偏低，则 PLC 将相应调高或调低下次反冲工序触发反冲进水阀打开所需的反冲泵出口压力值。

6. 系统将维持反冲模式，直至反冲时间计时器计时结束，然后系统将进入“反冲结束”状态，依次进行上排和下排或反序排放，此时反冲泵停止。

7. 当确认反冲泵停止，或延时继电器计时结束后，控制系统将进入“开始正冲”状态，相关阀门打开。

8. 当确认阀门位置切换完成后，或延时继电器计时结束后，控制系统将进入“正冲”状态，进水泵启动。PID 回路比例控制将调节水泵速度至正冲流量设定值。

9. 系统将维持正冲模式，直至反冲时间计时器计时结束，然后系统将进入“正冲结束进入运行”状态，此状态下，在延时继电器设置的时间段内进水泵以及其它正冲阀门保持上一个工序的原位置。

10. “正冲结束进入运行”状态的延时计时器计时结束后，控制系统将直接进入正常“运行”状态。此状态下，进水泵保持运行直接进入运行状态，无需停止并重启。

11. 如果反冲/正冲工序结束后不需要继续运行此列膜系统，则控制系统将进入“正冲结束进入待机”状态。此时进水泵停止，系统进入“待机”状态，所有阀门关闭，所有水泵停止，直至得到下一个进入运行或清洗模式的信号。

注意：用于转换运行状态的时间继电器应根据现场管道设计设置，防止系统不能彻底排空、空气憋压、以及水泵启停产生水锤等后果。

4.1.4 化学维护清洗（mCIP）

mCIP 是延长两次化学清洗之间连续运行时长的一种维护性清洗流程，通常每 12 到 72 小时进行一次。mCIP 流程的频率可以根据运行时间或标准反冲循环次数设定。次氯酸钠（NaOCl）加氢氧化钠（NaOH）提高 pH>12 是标准的清洗药剂。针对有铁或硬度结垢倾向的水质，也可

能使用盐酸或草酸作为 mCIP 清洗的一个单独步骤。当硫酸根结垢倾向很小时，硫酸也可作为一个可选的酸洗药剂，但在决定使用硫酸前必须特别小心，确保不会形成任何的硫酸根结垢，因为硫酸根结垢对陶瓷膜来说极难清洗，极端情况下甚至不可恢复。

mCIP 流程的第一步是一个上述的标准的反冲。在某些应用中，mCIP 引入化学药剂之前通常需要进行两个甚至更多的常规反冲流程。当标准反冲结束后，则将 mCIP 水箱内的化学清洗药剂持续泵入膜系统中并循环回 mCIP 水箱一段时间。当循环结束后，需要一次或多次标准的反冲清除膜元件中的固体污染物以及残余化学品。

当 mCIP 频率计时器计时结束，操作界面应显示出膜渗透性下降比率信息。操作人员根据此信息判断并选择清洗药剂种类、浓度和清洗时间。

下表示例 mCIP 控制工序假定使用 UF 产水打回至 mCIP 水箱，或在高悬浮固体负荷的情况下，使用另一种水源作为 mCIP 补水及 mCIP 冲洗水。

mCIP（底部进水）

表 4.6 mCIP（底部进水）

	注水	反冲	待机	开始 mCIP	添加化 学药剂	循环	结束	系统排 空	反冲	注水	重复	系统排 空	反冲	回到运 行
持续时间			10s	10s	60s	30m	10s	60s				60s		
P1 供料泵			X	X	X	X	X	X				X		
V1 CIP 进口阀			X	O	O	O	O	O				O		
V2 系统进水 阀			X	X	X	X	X	X				X		
V3 系统反冲 出口阀			X	X	X	X	X	O				O		
V4 系统 CIP 回流阀			X	O	O	O	O	O				O		
V5 顶部浓水 阀	UF 渗透液或其他水注入 CIP 罐	遵循标准反冲程序（至少 2 次）	X	O	O	O	O	O	遵循标准反冲程序（至少 2 次）	UF 渗透液或其他水注入 CIP 罐	第二种化学试剂 mCIP	O	遵循标准反冲程序（至少 2 次）	系统恢复运行
V6 顶部进水 阀			X	X	X	X	X	O				O		
V7 底部进水 阀			X	O	O	O	O	O				O		
V8 底部浓水 阀			X	X	X	X	X	O				O		
V9 产水侧 CIP 回流阀			X	O	O	O	O	O				O		
V10 产水阀			X	X	X	X	X	X				X		
V11 反冲进口 阀			X	X	X	X	X	X				X		
V12 浓水回流 排放阀（可选）			X	X	X	X	X	X				X		

V13 顶部排气阀			X	X	X	X	X	X				X		
P2 反冲泵			X	X	X	X	X	X				X		
mCIP 泵			X	X	O	O	X	X				X		
mCIP 加药泵			X	X	O	X	X	X				X		

注：X 表示关闭，O 表示打开

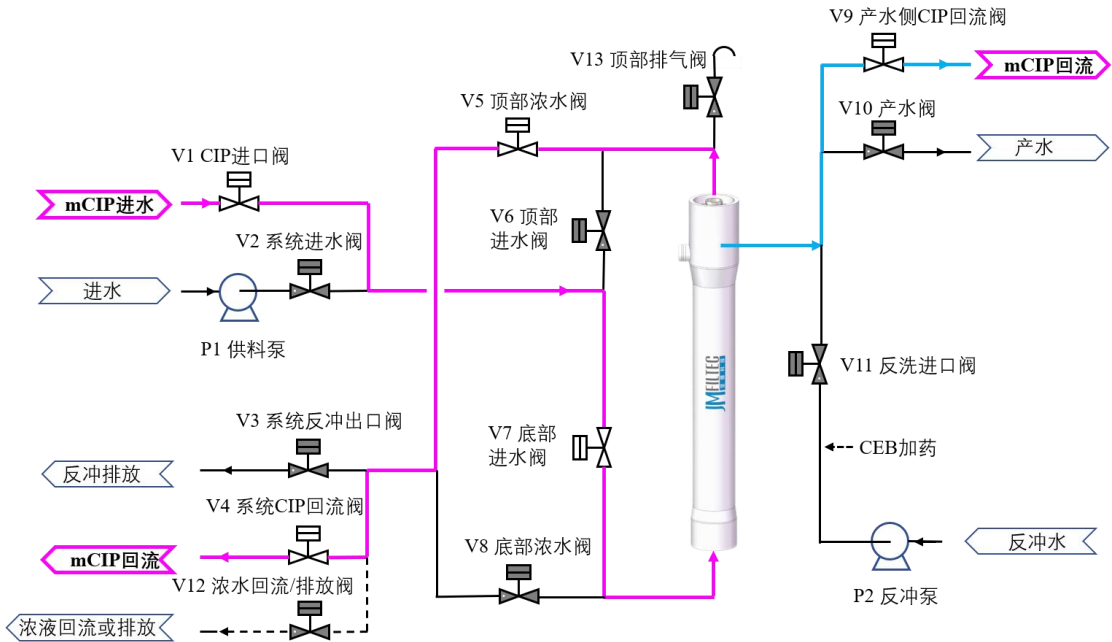


图 4.9 mCIP（底部进水）

mCIP（顶部进水）

表 4.7 mCIP（底部进水）

	注水	反冲	待机	开始 mCIP	添加化 学药剂	循环	结束	系统排 空	反冲	注水	重复	系统排 空	反冲	回到运 行
持续时间			10s	10s	60s	30m	10s	60s				60s		
P1 供料泵			X	X	X	X	X	X				X		
V1 CIP 进口阀			X	O	O	O	O	O				O		
V2 系统进水 阀			X	X	X	X	X	X				X		
V3 系统反冲 出口阀	UF 渗 透液或 其他水 注入 CIP 罐	遵循标 准反冲 程序（至少 2 次）	X	X	X	X	X	O	遵循标 准反冲 程序（至少 2 次）	UF 渗 透液或 其他水 注入 CIP 罐	第二 种化 学试 剂 mCIP	O	遵循标 准反冲 程序（至少 2 次）	系统恢 复运行
V4 系统 CIP 回流阀			X	O	O	O	O	O				O		
V5 顶部浓水 阀			X	X	X	X	X	O				O		
V6 顶部进水 阀			X	O	O	O	O	O				O		
V7 底部进水 阀			X	X	X	X	X	O				O		

V8 底部浓水阀			X	O	O	O	O	O				O		
V9 产水侧 CIP 回流阀			X	O	O	O	O	O				O		
V10 产水阀			X	X	X	X	X	X				X		
V11 反冲进口阀			X	X	X	X	X	X				X		
V12 浓水回流/排放阀 (可选)			X	X	X	X	X	X				X		
V13 顶部排气阀			X	X	X	X	X	X				X		
P2 反冲泵			X	X	X	X	X	X				X		
mCIP 泵			X	X	O	O	X	X				X		
mCIP 加药泵			X	X	O	X	X	X				X		

注：X 表示关闭，O 表示打开

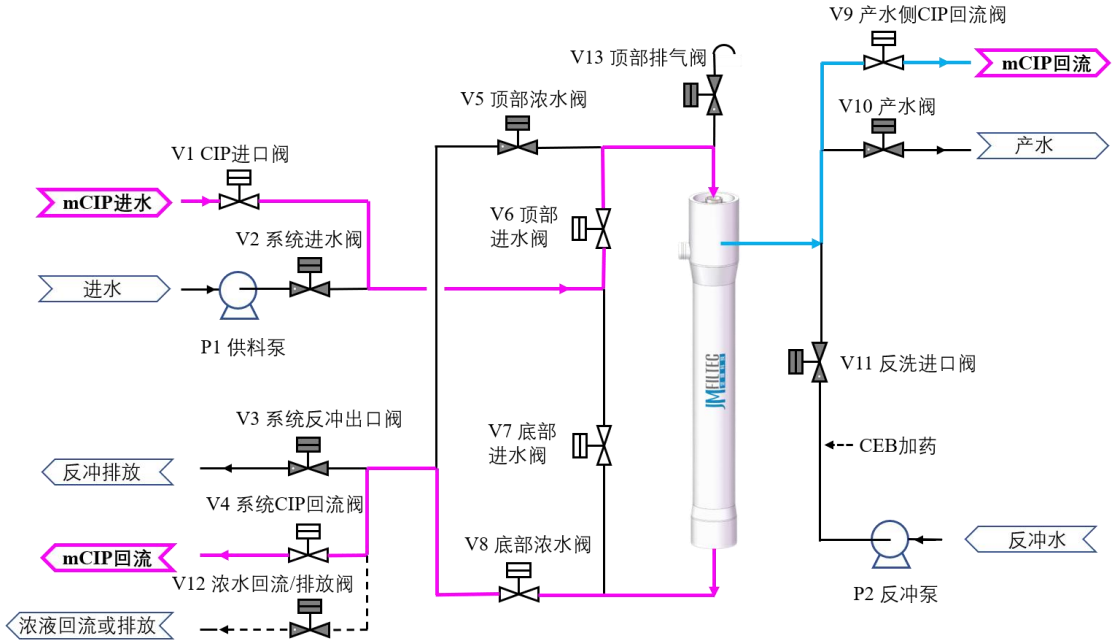


图 4.10 mCIP（底部进水）

mCIP 工序步骤:

- 1. 基于设定标准反冲工序累计次数或基于运行累计时间，通过一个计时器来决定mCIP的频率。
- 2. mCIP工序开始前，控制系统将使用储存于UF产水箱的产水，或引流一股运行系统的产水注满CIP水箱。
- 3. 当CIP水箱注满后，控制系统将先执行两次 6.2.3 所述的反冲正冲工序。
- 4. 当反冲结束后，控制系统将进入“mCIP准备”状态，此时所有泵和阀门关闭。

5. 延时计时器计时结束后，控制系统将进入“开始mCIP”状态，此时相关阀门打开。
6. 当确认阀门位置或延时计时器计时结束后，控制系统将进入“mCIP加药 1”状态，此时mCIP水泵和化学加药泵启动。CIP水泵转速将由PID控制调节到CIP设定循环流量。化学加药泵将依据目标药剂浓度设定投加流量。
7. 系统将保持加药状态直至加药计时器计时结束，接着将进入“mCIP1 循环 1”状态，此时化学加药泵停止，但CIP水泵保持运行维持清洗液过膜循环。
8. 当mCIP1 循环 1 计时器计时结束，控制系统将进入“结束mCIP”状态，此时CIP水泵停止。
9. 当mCIP水泵确认停止或一个延时计时器计时结束后，系统将进入一个可选的“系统排空”状态，此时系统将自然排空将过量的清洗液与悬浮固体污染物从管道和膜元件中去除。
10. 当系统排空计时器计时结束后，如果没有第二个mCIP工序，则控制系统将开始上述 4 所述的两次标准的反冲正冲工序。如果有第二个mCIP工序，则执行第 2 步注满CIP水箱操作，并依次继续执行其它操作。
11. 完成两次反冲正冲后控制系统将进入“待机”状态准备进入下一个过滤周期。

4.1.5 化学增强反冲 CEB

CEB是延长两次化学清洗之间连续运行时长的一种维护性清洗流程，通常每 12 到 72 小时进行一次。CEB流程的频率可以根据运行时间或标准反冲循环次数设定。在进行CEB之前，需要做一次标准的反冲工序。次氯酸钠（NaOCl）是标准的清洗药剂。氢氧化钠则在部分情况下单独或与NaOCl一起使用，用于提高pH值。针对有结垢倾向的水质，也可能使用盐酸或草酸作为CEB清洗的一个单独步骤。当硫酸根结垢倾向很小时，硫酸也可作为一个可选的酸洗药剂，但在决定使用硫酸前必须特别小心，确保不会形成任何的硫酸根结垢，因为硫酸根结垢对陶瓷膜来说极难清洗，极端情况下甚至不可恢复。

CEB工序的过流方式与第 6.2.3 点所述的标准反冲一致，在某些应用中，CEB引入化学药剂之前通常需要进行两个甚至更多的标准反冲。当标准反冲结束后，则开始CEB药剂注入，使膜丛污阻中得到恢复。当完成化学品注入后，会有一段浸泡时间，浸泡结束后，需要一次或多次标准反冲清除膜元件中的固体污染物以及残余化学品。当需要依次进行两次不同化学品CEB时，在注入新的化学药剂前，必须确保前序化学药剂被彻底的冲洗干净。使用过的CEB药剂可以回流到CIP系统，经过中和再排放。

下表定义了CEB1 所需的第一种化学药剂（或药剂组合）以及CEB2 所需的第二种化学药剂（或药剂组合）

CEB（底部进水）

表 4.8 CEB（底部进水）

	反冲	待机	开始化 学加药	化学加 药	化学加 药结束	浸泡	反冲	正冲	待机	开始化 学加药	化学加 药	化学加 药结束	浸泡	反冲	正冲
持续时间		10s	10s	90s	10s	15m			10s	10s	90s	10s	15m		
P1 供料泵		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
V1 CIP进口阀		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
V2 系统进水 阀		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
V3 系统反冲 出口阀		X	O	O	O	X			X	O	O	O	X		
V4 系统 CIP 回流阀		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
V5 顶部浓水 阀		X	O	O	O	X			X	O	O	O	X		
V6 顶部进水 阀		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
V7 底部进水 阀	遵循标 准反冲 程序	X	X	X	X	X	遵循标 准反冲 程序	遵循标 准正冲 程序	X	X	X	X	X	遵循标 准反冲 程序	遵循标 准正冲 程序
V8 底部浓水 阀		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
V9 产水侧 CIP 回流阀		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
V10 产水阀		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
V11 反冲进口 阀		X	O	O	O	X			X	O	O	O	X		
V12 浓水回流 /排放阀（可选）		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
V13 顶部排气 阀		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
P2 反冲泵		X	X	O	X	X			X	X	O	X	X		
CEB 加药泵		X	X	O	X	X			X	X	O	X	X		

注：X 表示关闭，O 表示打开

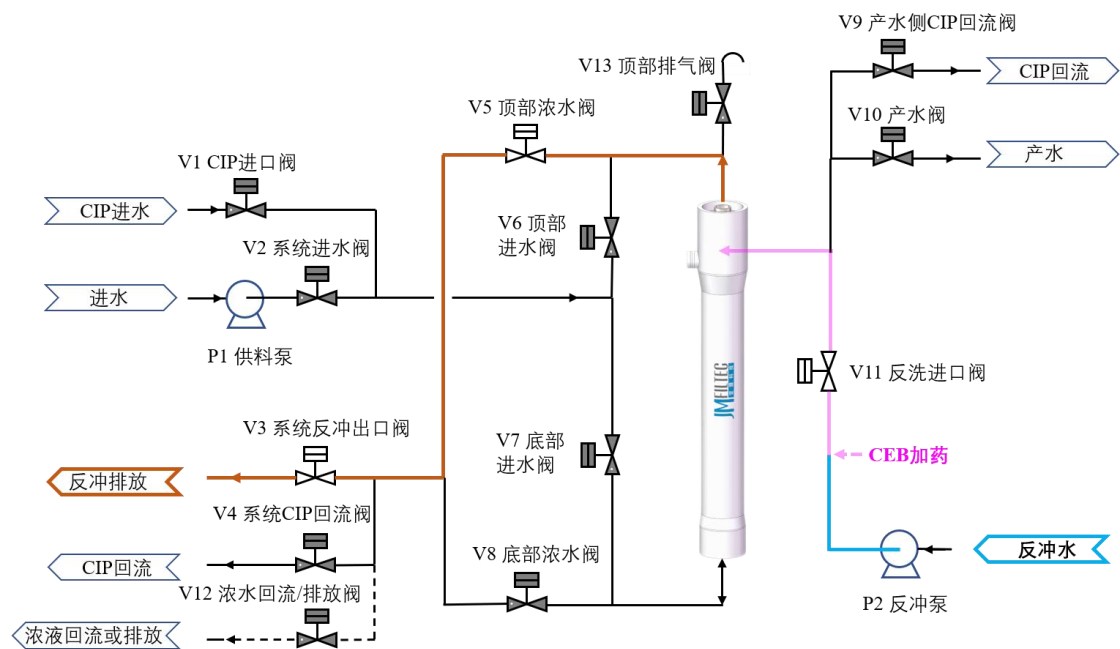


图 4.11 CEB（底部进水）

CEB（顶部进水）

表 4.9 CEB（顶部进水）

	反冲	待机	开始化 学加药	化学加 药	化学加 药结束	浸泡	反冲	正冲	待机	开始化 学加药	化学加 药	化学加 药结束	浸泡	反冲	正冲
持续时间		10s	10s	90s	10s	15m			10s	10s	90s	10s	15m		
P1 供料泵		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
V1 CIP 进口阀		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
V2 系统进水 阀		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
V3 系统反冲 出口阀		X	O	O	O	X			X	O	O	O	X		
V4 系统 CIP 回流阀		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
V5 顶部浓水 阀	遵循标 准反冲 程序	X	X	X	X	X	遵循标 准反冲 程序	遵循标 准正冲 程序	X	X	X	X	X	遵循标 准反冲 程序	遵循标 准正冲 程序
V6 顶部进水 阀		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
V7 底部进水 阀		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
V8 底部浓水 阀		X	O	O	O	X			X	O	O	O	X		
V9 产水侧 CIP 回流阀		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
V10 产水阀		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
V11 反冲进口 阀		X	O	O	O	X			X	O	O	O	X		

V12 浓水回流/排放阀 (可选)		X	X	X	X	X				X	X	X	X	X		
V13 顶部排气阀		X	X	X	X	X				X	X	X	X	X		
P2 反冲泵		X	X	O	X	X				X	X	O	X	X		
CEB 加药泵		X	X	O	X	X				X	X	O	X	X		

注：X 表示关闭，O 表示打开

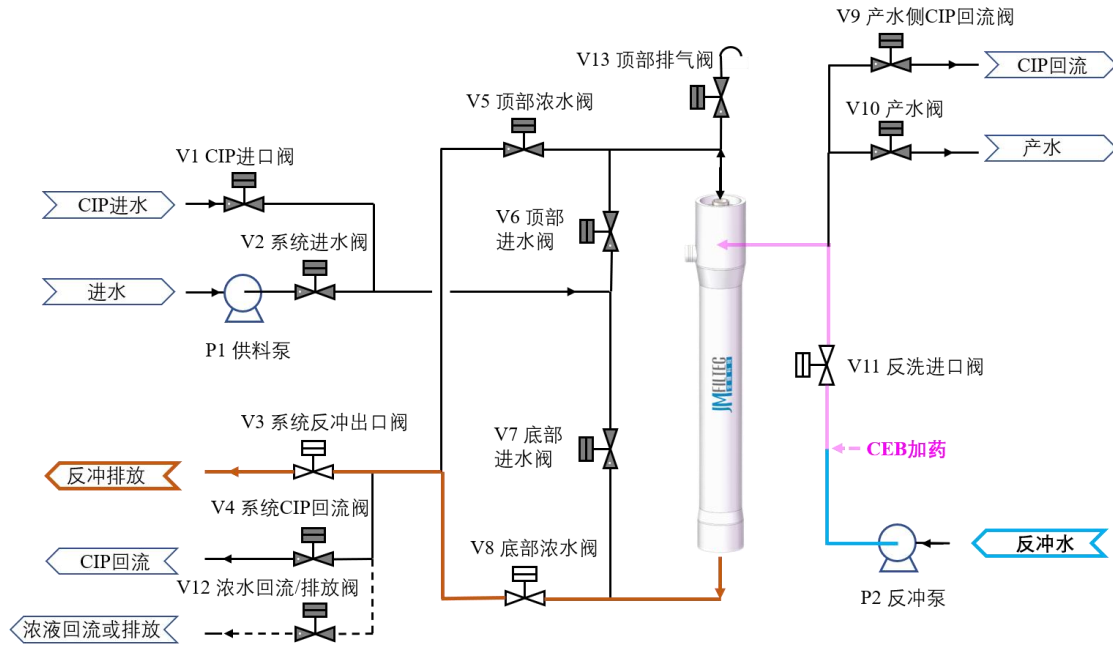


图 4.12 CEB（顶部进水）

CEB 工序步骤：

1. 一个定点计时器会基于标准反冲次数或基于工作时间的设定CEB的频率。
2. 在CEB开始前，控制系统将先完成一次第 6.2.3 点所述的标准反冲。某些情况下需要两次或更多次的标准反冲。
3. 标准反冲结束后，控制系统将进入“CEB待机”状态，所有阀门关闭，水泵关停。
4. 当时间继电器计时结束，系统将切入“开始加药”状态，此时相关的阀门打开。
5. 当确认阀门位置切换完成后，或延时继电器计时结束后，控制系统将进入“加药”状态，反冲水泵和加药泵启动。PID回路比列控制将调节反冲水泵速度至CEB流量设定值。注意这个流量设定点与标准反冲流量设定不同。加药泵的速度则根据所需投加的化学药剂浓度设定。
6. 当加药后期时间继电器计时结束，则控制系统将进入“加药结束”状态，此时反冲泵停止。
7. 当确认反冲泵停止，或延时继电器计时结束后，控制系统将进入“CEB浸泡”状态，此时所有阀门关闭，水泵停止。

8. 当CEB浸泡时间继电器计时结束后，系统将进入“开始反冲”状态，相关阀门打开。

9. 当确认阀门位置切换完成后，或延时继电器计时结束后，控制系统将进入“反冲”状态，反冲水泵启动。PID回路比例控制将调节反冲水泵速度至反冲流量设定值。注意这个流量设定点与标准反冲流量设定相同。

10. 系统将保持反冲模式，直至反冲时间继电器计时结束，之后系统将进入“结束反冲”，反冲泵停止。

11. 当确认反冲泵停止，或延时继电器计时结束后，控制系统将进入“开始正冲”状态，相关阀门打开。

12. 当确认阀门位置切换完成后，或延时继电器计时结束后，控制系统将进入“正冲”状态，进水泵启动。PID回路比例控制将调节进水泵速度至正冲流量设定值。

13. 系统将保持正冲模式，直至正冲时间继电器计时结束，之后系统将进入“结束正冲”状态。

14. 当确认进水泵停止，或延时继电器计时结束后，控制系统将进入“待机”状态，准备进入下一个过滤循环。

注意：“结束正冲”的时间继电器设置需要根据现场管道设计确定，以避免水泵关停到阀门关闭至“待机”状态期间系统内水被排空。

4.1.6 化学清洗（CIP）

CIP是将膜的渗透性恢复到清洁状态的清洗工艺，通常每1到3个月进行一次。次氯酸钠（NaOCl）加氢氧化钠（NaOH）提高pH>12是标准的清洗药剂。某些情况下，柠檬酸加盐酸也可能单独作为维护性清洗的一个步骤。当硫酸根结垢倾向很小时，硫酸也可作为一个可选的酸洗药剂，但在决定使用硫酸前

必须特别小心，确保不会形成任何的硫酸根结垢，因为硫酸根结垢对陶瓷膜来说极难清洗，极端情况下甚至不可恢复。

CIP流程的第一步是执行两（2）次上述的标准的反冲。在某些应用中，CIP引入化学药剂之前通常需要进行三次甚至更多的常规反冲流程。当标准反冲结束后，将CIP水箱内的化学清洗药剂泵入膜内并循环回CIP水箱。进行恢复性化学清洗时，需要加热提高清洗药剂的效果。循环流量通常设定为与运行流量或正冲流量一致。这个过程中所产出的一小部分产水应回流到CIP水箱中。循环过程结束后，通过排空系统去除系统内悬浮固体污染物，接着再执行两次标

准的反冲正冲工序。此后，注入并循环第二种CIP清洗药剂，完成循环后排空系统去除固体污染物，再进行两次标准的反冲正冲工序。

下表示例CIP控制工序假定使用UF产水打回至CIP水箱，或在高悬浮固体负荷的情况下，使用另一种水源作为CIP补水及CIP冲洗水。CIP清洗用水需满足 4.4 所述的规范要求。

CIP（底部进水）

表 4.10 CIP（底部进水）

	注水	反冲	待机	开始 CIP	添加化 学药剂	循环	结束	系统排 空	反冲	注水	重复	系统排 空	反冲	回到运 行
持续时间			10s	10s	60s	30m	10s	60s				60s		
P1 供料泵			X	X	X	X	X	X				X		
V1 CIP进口阀			X	O	O	O	O	O				O		
V2 系统进水 阀			X	X	X	X	X	X				X		
V3 系统反冲 出口阀			X	X	X	X	X	O				O		
V4 系统 CIP 回流阀			X	O	O	O	O	O				O		
V5 顶部浓水 阀			X	O	O	O	O	O				O		
V6 顶部进水 阀			X	X	X	X	X	O				O		
V7 底部进水 阀	UF 渗 透液或 其他水 注入 CIP 罐	遵循标 准反冲 程序 （至少 2 次）	X	O	O	O	O	O	遵循标 准反冲 程序 （至少 2 次）	UF 渗 透液或 其他水 注入 CIP 罐	第二种 化学试 剂 mCIP	O	遵循标 准反冲 程序 （至少 2 次）	系统恢 复运行
V8 底部浓水 阀			X	X	X	X	X	O				O		
V9 产水侧 CIP 回流阀			X	O	O	O	O	O				O		
V10 产水阀			X	X	X	X	X	X				X		
V11 反冲进口 阀			X	X	X	X	X	X				X		
V12 浓水回流 /排放阀（可选）			X	X	X	X	X	X				X		
V13 顶部排气 阀			X	X	X	X	X	X				X		
P2 反冲泵			X	X	X	X	X	X				X		
CIP 泵			X	X	O	O	X	X				X		
CIP 加药泵			X	X	O	X	X	X				X		

注：X 表示关闭，O 表示打开

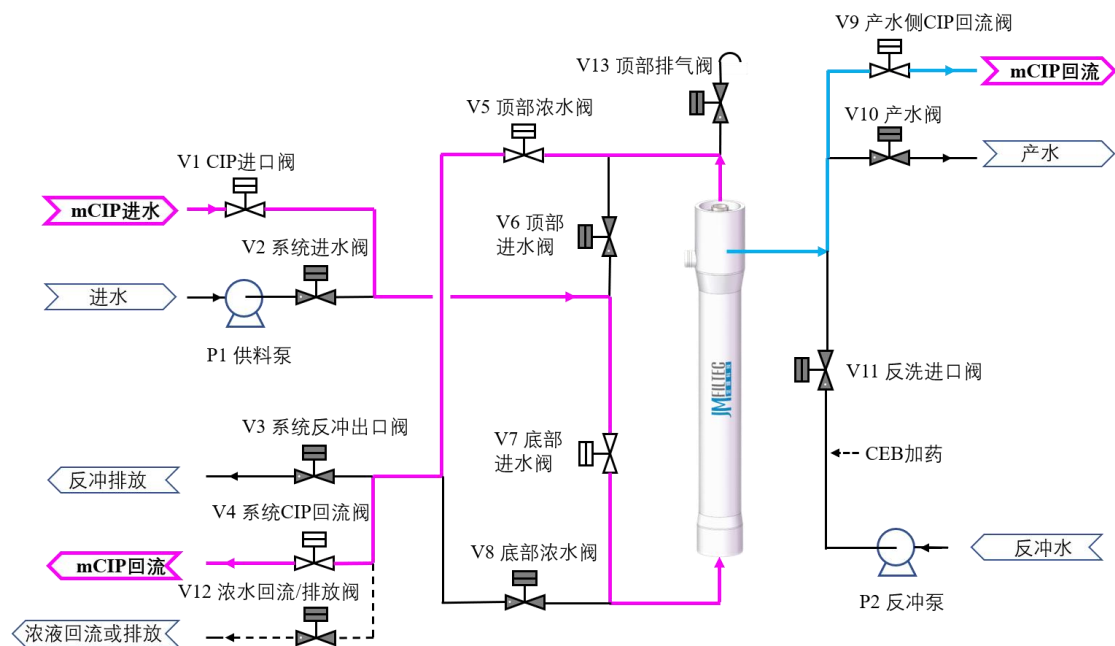


图 4.13 CIP（底部进水）

CIP（顶部进水）

表 4.11 CIP（底部进水）

	注水	反冲	待机	开始 CIP	添加化 学药剂	循环	结束	系统排 空	反冲	注水	重复	系统排 空	反冲	回到运 行
持续时间			10s	10s	60s	30m	10s	60s				60s		
P1 供料泵			X	X	X	X	X	X				X		
V1 CIP 进口阀			X	O	O	O	O	O				O		
V2 系统进水 阀			X	X	X	X	X	X				X		
V3 系统反冲 出口阀			X	X	X	X	X	O				O		
V4 系统 CIP 回流阀			X	O	O	O	O	O				O		
V5 顶部浓水 阀	UF 渗 透液或 其他水 注入 CIP 罐	遵循标 准反冲 程序 (至少 2 次)	X	X	X	X	X	O	遵循标 准反冲 程序 (至少 2 次)	UF 渗 透液或 其他水 注入 CIP 罐	第二种 化学试 剂 mCIP	O	遵循标 准反冲 程序 (至少 2 次)	系统恢 复运行
V6 顶部进水 阀			X	O	O	O	O	O				O		
V7 底部进水 阀			X	X	X	X	X	O				O		
V8 底部浓水 阀			X	O	O	O	O	O				O		
V9 产水侧 CIP 回流阀			X	O	O	O	O	O				O		
V10 产水阀			X	X	X	X	X	X				X		
V11 反冲进口 阀			X	X	X	X	X	X				X		

V12 浓水回流/排放阀（可选）			X	X	X	X	X	X				X		
V13 顶部排气阀			X	X	X	X	X	X				X		
P2 反冲泵			X	X	X	X	X	X				X		
CIP 泵			X	X	O	O	X	X				X		
CIP 加药泵			X	X	O	X	X	X				X		

注：X 表示关闭，O 表示打开

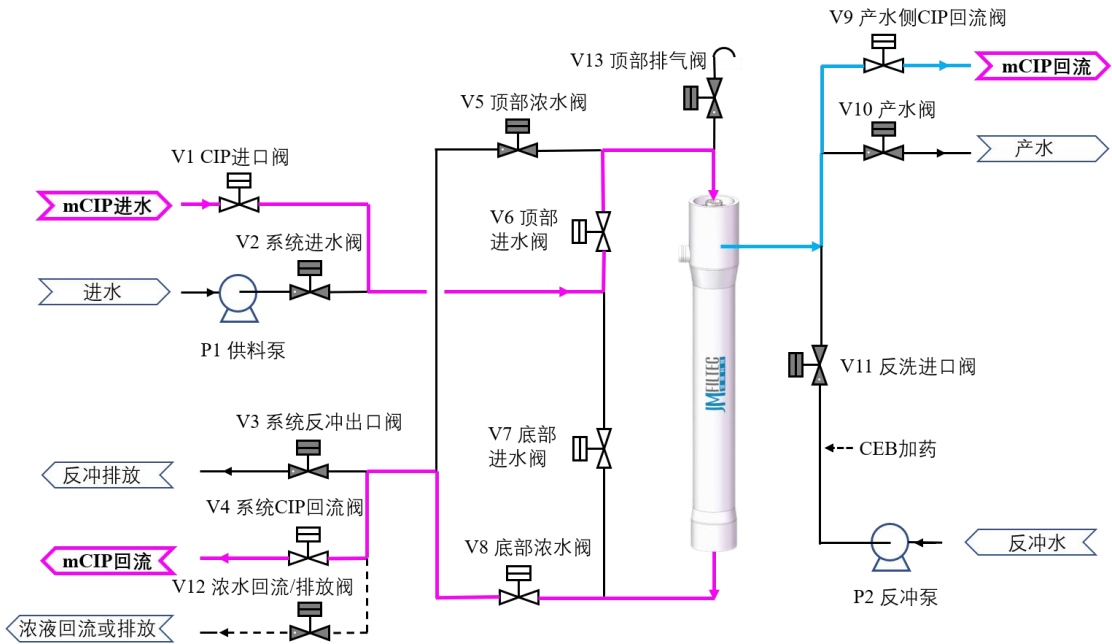


图 4.14 CIP（底部进水）

CIP 工序

1. 通常，运行人员需要监控TMP随时间的上升决定何时进行恢复性CIP，也可以根据累计运行时间确定。
2. 在恢复性CIP开始前，控制系统将先用UF产水注满CIP水箱。此UF产水既可来源于UF产水箱，又可来源于一套正在运行系统引流过来的一股产水。CIP清洗用水需满足 4.4 所述的规范要求。
3. 恢复性CIP清洗溶液需要升温至 40°C到 55°C(100~130°F)。当CIP水箱满液位后，加热器启动将水温升高至所需范围内，但注意不能超过 55°C(130°F)。
4. 当CIP水箱注满后，控制系统将先执行两次 4 所述的反冲正冲工序。
5. 当反冲结束后，控制系统将进入“CIP准备”状态，此时所有泵和阀门关闭。
6. 延时计时器计时结束后，控制系统将进入“开始CIP”状态，此时相关阀门打开。

7. 当确认阀门位置或延时计时器计时结束后，控制系统将进入“CIP加药 1”状态，此时CIP水泵和化学加药泵启动。CIP水泵转速将由PID控制调节到CIP设定循环流量。化学加药泵将依据目标药剂浓度设定投加流量。

8. 系统将保持加药状态直至加药计时器计时结束，接着将进入“CIP1 循环 1”状态，此时化学加药泵停止，但CIP水泵保持运行维持清洗液过膜循环。

9. 当CIP1 循环 1 计时器计时结束，控制系统将进入“结束CIP”状态，此时CIP水泵停止。

10. 当CIP水泵确认停止或一个延时计时器计时结束后，系统将进入一个可选的“系统排空”状态，此时系统将自然排空将过量的清洗液与悬浮固体污染物从管道和膜元件中去除。

11. 第二个CIP工序，则执行第 2 步注满CIP水箱操作，并依次继续执行其它操作。

12. 完成两次反冲正冲后控制系统将进入“待机”状态准备进入下一个过滤周期。

4.2 超滤首次启动

超滤系统首次投运时，建议起始产水量应控制在设计水量的 30%~60%左右运行，24 小时后，再增至设计产水量，这样有利于膜通量的长期稳定。

超滤系统首次运行或长时间停运后恢复运行，需要进行正冲洗以除去膜组件内的保护液。开始的启动应该为手动的，但是一旦所有的流量、压力和时间被设置后，系统应该恢复为自动。系统恢复自动后，PLC系统可以有效监控系统的运行，一旦运行条件不满足，系统会自动采取保护措施。

启动前检查

在第一次投运超滤膜系统之前，必须完成预处理检查、膜组件安装、仪表的校正和系统的其它检查工作：

- 1) 预处理系统运行正常，超滤进水水质符合设计要求；
- 2) 排水系统已经准备完毕；
- 3) PLC程序已调试完成；
- 4) 电、气系统检查已完成；
- 5) 管路系统连接完成并已清洗干净。

4.2.1 利用空膜组件组建超滤系统

建议利用一支空膜组件来指导超滤膜系统的组建。空膜组件为不含陶瓷膜元件在内的空膜壳。可通过在膜系统上移动空膜组件的位置来完成管路系统的精准制造。以当膜组件内无陶瓷膜元件时，上下端盖预留可移动空间。安装空膜壳时需确保上下两端盖完全拔出并紧固在止动环上以减少安装时带来的压力作用在接口上。

4.2.2 膜组件安装前检查清单

安装陶瓷膜组件前要保证下述安装前准备事项已经完成：

序号	检查内容	签名/完成日期
1	确保超滤膜系统前的预处理系统能正常运行。收集进水水质报告以确保预处理系统的出水能够至少连续 2 周满足合同对超滤进水水质的要求。	
2	保证所有机械安装已经完成。无类似焊接、磨削或切割等影响超滤系统的余留工作。	
3	冲洗超滤装置的所有连接管道。保证产水和反冲洗管道在反冲洗试水前其残渣碎屑已被去除。 注：建议采用含浓度为 2~5mg/L 次氯酸钠的清洁水对管道进行冲洗和消毒。	
4	对系统进行水压试验和渗水量测试。	
5	确保竣工内容符合 PID 图。	
6	保证 PLC 控制系统已经完成程序调试，包括操作确认和所有输入输出的正确上下限值。	
7	测试所有阀门、仪表和泵的操作并进行校正。	
8	调试超滤车间运行所需的所有配套系统，包括进水箱（池）水位设置、进水泵、进水过滤器或滤网、产水箱（池）水位设置、反冲系统、就地化学清洗（CIP）系统、化学药剂配制投加系统以及为仪表供气的空气压缩系统等。	
9	检查所有管道上的过滤器，包括进水管、反冲管道、加药泵管道，并在安装膜前去除残渣碎屑。	
10	检查产水反冲储水箱（池），保证反冲试水前无残渣碎屑。	

4.2.3 膜组件安装完成后的调试程序

完成管路冲洗和配套系统调试后，膜组件即可安装在膜架上。请按照坚膜科技陶瓷膜组件收货、储存及安装指南安装膜组件。

坚膜科技陶瓷膜组件宜在启动前将出厂前所灌注保护液冲洗干净。保护液采用浓度为 70% 的丙三醇（甘油），因此膜组件的冲洗水中将含一定浓度的BOD，视项目现场规范可能需要特殊处理。当膜系统应用于饮用水项目时，投运前，在完成初步冲洗程序后还需对膜进行化学清洗和消毒。

建议使用符合饮用水水质或浊度小于 1NTU的清洁水作为冲洗水源。如使用的冲洗水源浊度 $<10\text{NTU}$ 或 $\text{TOC}<10\text{mg/L}$ ，请联系坚膜科技获取处理程序。

禁用浊度 $>10\text{NTU}$ ， $\text{TOC}>10\text{mg/L}$ ， $\text{COD}>30\text{mg/L}$ ，或硬度 $>500\text{mg/L}$ 的水作为冲洗水源。

如果现场条件允许，其冲洗水源无需使用CIP系统，则可使用替代程序对膜进行单向冲洗，无需使用下述的序批式循环法。所使用冲洗水水量应使保护液浓度降低 95%以上。冲洗水宜从膜组件的进水侧进产水侧出，使用约 50~70LMH的低通量。此数值等同于每支膜组件所需冲洗水流量为 1.2~1.7 m^3/h 。持续冲洗直至每支膜组件的过水量达到 250L。

如果保护液冲洗水不允许直接排放，建议在投运前使用CIP系统对膜进行冲洗和清洗。为加快膜冲洗的速度，可利用CIP系统所带的加热装置将水温加热至 40°C。

使用CIP系统的初次冲洗推荐程序：

1. 往CIP清洗水箱注入冲洗水，并可选择将冲洗水加热至 40°C(104°F)。
2. 设定系统的阀门开关位置，使冲洗水自CIP清洗水箱经浓水管路和产水管路循环回CIP清洗水箱。
3. 打开高位排气阀，将管路中残留的空气排出。
4. 手动启动CIP清洗水泵使其低速运行，调节CIP清洗水箱中的冲洗水以 3.5 m^3/h 的流量通过单支膜组件。
5. 调节CIP产水流量至进水流量的 80%进行回流，即单支膜组件流量 2.7 m^3/h 。
6. 调节CIP浓水流量至进水流量的 20%进行回流，即单支膜组件流量 0.7 m^3/h 。
7. 冲洗水循环 30 分钟。
8. 排空CIP清洗水箱及被清洗的膜系统。按照当地规范要求对装有稀浓度保护液的冲洗水容器进行妥善处理。
9. 重复步骤 1~5 直至每支膜组件的过水量达到 250L。此操作可去除超过 95%的保护液并使冲洗水 $\text{BOD}<3\text{mg/L}$ 。

对饮用水项目，在膜系统投运前需进行消毒。在对膜保护液进行初次冲洗后，需采用次氯酸钠（NaOCl）溶液消毒。

初次化学清洗程序：

1.运行时往CIP清洗水箱注入化学清洗补给水。如冲洗水水质满足下表要求，也可使用冲洗水。

参数水质要求参数水质要求			
TSS 总悬浮固体	<5mg/L	钙离子浓度	<10mg/L
TOC 总有机碳	<10mg/L	镁离子浓度	<10mg/L
SDI 污染指数	<3 _(15min)	硅	<5mg/L
浊度	<1NTU	铁	<0.5mg/L
pH	6~8	锰	<0.5mg/L
总硬度	<80mg/L	TDS 总溶解固体	<500mg/L

2.调节阀门至合适位置，使清洗液自CIP清洗水箱经浓水管路和产水管路循环回CIP清洗水箱。

3.启动CIP清洗水泵并调节泵流量使CIP清洗水箱中的清洗液以 3.5m³/h的流量通过单支膜组件。调节CIP产水流量至进水流量的 80%进行回流，即单支膜组件流量 2.7m³/h。调整CIP浓水流量至进水流量的 20%进行回流，即单支膜组件流量 0.7m³/h。

4.往CIP清洗水箱投加NaOCl，配制浓度为 300mg/L。

5.清洗液循环 30 分钟。

6.停止循环并排空CIP清洗水箱及被清洗的膜系统中的清洗液。

7.再次往CIP清洗水箱注入冲洗水或化学清洗补给水。

8.再次往膜系统打入循环冲洗水清洗步骤 1 的清洗液。冲洗水按上述化学清洗流量循环 10 分钟。

9.停止循环并排空CIP清洗水箱及被清洗的膜系统中的清洗液。

10.至此，膜系统可投入运行。如膜系统 48 小时内不运行，需注入冲洗水且超滤系统所有阀门均应关闭以封闭系统。

为防止微生物生长，需对膜系统进行充分保护，宜每天冲洗 30~60 分钟，或 24 小时运行。此外，膜系统宜避免极端温度。此法可连续运行达 7 天。如需停机时间超过 7 天，请参考收货、储存及安装指南。

4.2.4 系统清水试车

陶瓷膜安装完成后，应按照下述操作程序，使用满足章节 6.3.3 要求的清洁水对控制系统进行测试。测试结果需满足下述要求：

- 程序无误，操作步骤按要求依次执行，不同操作步骤实现自动切换，数据收集满足设计要求。
- 设备（阀门、泵等）操作运行符合预期
- 不同操作步骤间实现水力平衡，无过大水锤压力
- 设置流量、计时器、池（箱）体水位等参数的初始设定值。

系统自动化操作测试的建议程序如下：

序号	测试内容	签名/完成日期
1	根据需要往膜系统注入清水并确保排气和排水操作能正常工作	
2	设置进水池（箱）水位并确保自动液位控制（如有）正常工作	
3	手动启动膜系统进入过滤模式，并调节膜系统的流量控制，确保多组膜组同时工作时的水力平衡。	
4	手动激活水力清洗程序并设置不同步骤的时间及反冲流量控制。	
5	激活自动维护性 CIP 或化学加强反冲（CEB）程序，确保化学加药泵、循环泵、反冲泵操作正常。按需调整程序的计时器。	
6	启动化学加药系统并确保自动投加控制正常工作。	
7	切换控制系统至自动运行。	
8	测试紧急关闭系统。保证阀门开关、高水压或水锤不会损坏膜系统。	
9	断电测试并在断电后重新启动在线系统。	
10	保证 PLC 或 SCADA 的数据收集及趋势曲线满足工艺设计指南的要求。	
11	记录膜系统在设计流量下的清水产水流量作为使用清水冲洗的基线。留意水温。	

4.3 超滤系统的维护和故障排除

4.3.1 序言

常规的维护和出现故障后及时的纠正措施是保证超滤系统长期的高性能稳定运行的关键。日常维护包括按要求的正常的数据记录和常规的预防维护保养。正常地记录运行数据并对系统性能进行标准化处理，对尽早发现潜在问题十分必要，它包括对所有的仪表进行正确的校正。

产水量的下降或者跨膜压差的上升是超滤系统中最常见的故障。如果产水量较平缓的下降或者跨膜压差较平缓的上升，表明系统存在正常的污堵，可以通过标准水反冲和化学加强反冲，以及恰当的定期化学清洗来解决。快速或突然的性能下降表明系统有缺陷或误操作，或者通过定期化学清洗仍然无法解决的污堵，尽早采取相应的纠正措施十分必要。

4.3.2 日常维护

超滤系统的重要的日常维护包括：

1) 压力表

按期校准，必要时及时调整。

2) 离心泵

定期检查泵的温度，同时检查泵的垫圈以及其它防止泵泄漏的结构。

3) 流量仪表

每三个月校正一次。

4) 自动阀门

每月检查一次，同时检查阀体是否有泄漏，开关信号反馈装置是否正常。

5) 超滤膜装置

按常规要求检查进水水质；同时检测超滤装置的产水量和运行压力；按常规检查膜组件的浊度情况，一旦发现立

即维护。

警告：有关电方面的操作，必须由经过培训并且取得资格证书的专业人员来进行。

4.3.3 故障排除

最常见的超滤系统故障有以下几种：

- 跨膜压差过高
- 产水流量低
- 产水水质差

导致超滤系统故障的原因，可能来自于超滤系统本身，也可能来自于预处理系统、加药系统、电仪系统和或者控制系统等，根据超滤系统出现故障类型和位置，通常可以确定故障的起因，针对不同的原因可以采取对应的纠正措施进行排除。本故障排除指南所提供的信息对您解决故障有所帮助，您还应该根据您以往的经验确认本节信息对您特定系统的适应性。

症状可能的原因解决办法

跨膜压差过高	膜组件污染	查出污染原因，采取针对的化学清洗方法； 调整运行参数
	产水流量过高	根据操作指导调整进水流量
	进水温度过低	提高进水温度； 调整产水流量
产水流量低	膜组件污染	查出污染原因，采取针对的化学清洗方法； 调整运行参数
	流量计故障	检查流量计，校正或者更换流量计
	阀门开度不正确	检查并保证所有应该打开的阀门处于开启状态，并调整开度
	进水压力过低	检查确认并调整进水压力
	进水温度过低	提高进水温度； 提高进水压力
产水水质差	进水水质超标	检查进水水质，改善预处理
	膜组件泄漏	查出泄漏原因，更换配件
系统不能自动运行	进水泵不工作	排除接线错误可能； 置于手动状态下重新启动，正常后转入自动控制
	进水压力超高	检查进水泵； 检查进水压力开关设置是否合理
	产水压力高	检查产水阀门是否未开启或者开度不正确； 后续系统未及时启动； 检查产水压力开关设置是否合理
	PLC 程序故障	检查程序