

中空纤维超滤膜 产品手册



成都美富特膜环保科技有限公司
(2026版)

目录

第1 章 超滤膜分离技术简介	1
1.1 膜分离过程分类	1
1.2 超滤基本原理	2
1.3 超滤相关术语	3
1.4 超滤膜材料	5
1.5 超滤膜的应用	5
第2 章 美富特膜科技PVDF 中空纤维超滤膜	6
2.1 膜产品概述	6
2.2 产品特点	6
2.3 产品规格	7
2.4 产品参数	7
2.5 美富特PVDF 超滤膜特性	8
2.6 美富特PVDF 超滤膜使用中的影响因素	9
2.7 超滤膜的使用过程中造成损坏的因素	10
2.8 美富特PVDF 超滤膜的应用领域	10
2.9 超滤系统设计流程	11
2.10 温度-通量校正曲线	13
第3 章 膜工艺运行说明	14
3.1 运行工艺	14
3.1.1 制水	15
3.1.2 气擦洗	16
3.1.3 气水反洗	16
3.1.4 排污	17
3.1.5 维护性化学清洗	18
3.1.6 停机	19
3.2 产品使用参数简介	20

3.2.1 进水使用条件	20
3.2.2 产水水质	21
3.2.3 产品运行工艺参数	21
第4 章 膜产品使用说明	22
4.1 安全注意事项	22
4.1.1 开箱/安装注意事项	22
4.1.2 化学药剂清洗时的注意事项	22
4.2 包装、运输与贮存	22
4.2.1 产品包装	22
4.2.2 产品运输	22
4.2.3 产品贮存	23
4.3 膜组件装卸	23
4.3.1 装卸准备	23
4.3.2 膜组件安装	23
4.3.3 膜组件拆卸	25
4.4 膜产品运行说明	25
4.4.1 工艺步序	25
4.4.2 设定参数建议	27
4.5 膜污染与化学清洗	32
4.5.1 膜污染简介	32
4.5.2 膜清洗	32
4.6 系统完整性检测及膜丝修补	34
4.6.1 完整性检测	34
4.6.2 修补	34

声 明

本手册仅为设计与使用美富特中空纤维超滤膜提供技术依据。

美富特膜科技明确声明：

手册作为美富特PVDF 中空纤维超滤膜产品选择和超滤系统设计的依据。在使用本公司产品之前，请认真阅读本手册。当您开始使用本公司的膜产品时，本公司认为您已经认真阅读了本手册。

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自己的操作条件。在未考虑进料性质的情况下不要直接使用本手册中的参数。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，也不能与其他设计规范造成冲突。

对于本公司控制之外的产品使用（超出规定的极限条件、结冰、风干、结垢、撞击、锋利固体、污染物超出规定要求），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。

本技术手册资料仅保证在发行时的正确性，不直接提供今后进行的更新信息，如果客户期望获得任何更新信息或有特殊的技术问题，建议同我们的销售和技术服务部门联系。

美富特膜科技拥有本技术手册的版权，手册中的资料未经美富特膜科技准许不得翻录。

本手册的最终解释权归美富特膜科技所有。

第1章 超滤膜分离技术简介

超滤（简称UF）是一种固液分离的技术，它的核心是一种膜，俗称超滤膜。超滤是以压力为推动力，利用超滤膜不同孔径对液体进行分离的物理筛分过程，具有常温、低压、无相变、能耗低、效率高、操作简便等特点。目前在饮用水净化、工业用水处理、饮料、生物、食品、医药、环保、化工、冶金、石油等许多方面已得到广泛应用。按美国材料试验协会（ASTM）定义，超滤膜的分离孔径应小于 $0.1\mu\text{m}$ 。

1.1 膜分离过程分类

在膜法液体分离技术领域，从分离精度上划分，由粗到精分为四类：微滤（MF）、超滤（UF）、纳滤（NF）和反渗透（RO），如图1-1所示。

微滤（Microfiltration），简称为MF，截留颗粒直径为 0.1 到数微米之间。微滤膜允许大分子和溶解性固体（无机盐）等通过，但会截留悬浮物、细菌及大分子量胶体等物质。微滤操作压力一般在 $0.01 \sim 0.2\text{MPa}$ 之间。

超滤（Ultrafiltration），简称为UF，截留颗粒直径 $0.002 \sim 0.1\mu\text{m}$ 之间。超滤允许小分子物质和溶解性固体（无机盐）等通过，同时截留下胶体、蛋白质、微生物及大分子有机物，用于表示超滤膜孔径大小的切割分子量一般在 $1000 \sim 500000$ 道尔顿之间。超滤操作压力一般在 $0.05 \sim 0.6\text{MPa}$ 之间。

纳滤（Nanofiltration），简称为NF，截留颗粒直径约 $0.001\mu\text{m}$ （ 1nm ）。纳滤膜的操作区间介于超滤和反渗透之间，其截留有机物质的分子量约为 $200 \sim 800$ ，截留溶解性盐类的能力为 $20\% \sim 98\%$ 之间，对可溶性单价离子的去除率低于高价离子，一般用于除去地表水的有机物和色素、地下水的硬度和部分溶解盐、食品和医药生产中有用物质的提取、浓缩等。纳滤操作压力一般在 $0.5 \sim 1.5\text{MPa}$ 之间。

反渗透（Reverse Osmosis），简称为RO，截留颗粒直径小于 $0.001\mu\text{m}$ （ 1nm ）。反渗透能有效截留所有的溶解盐及分子量大于 100 的有机物，同时允许水分子通过，主要用于苦咸水及海水淡化，锅炉补给水，工业纯水及饮用纯净水生产，废水处理。反渗透操作压力一般在 $1 \sim 10\text{MPa}$ 之间。

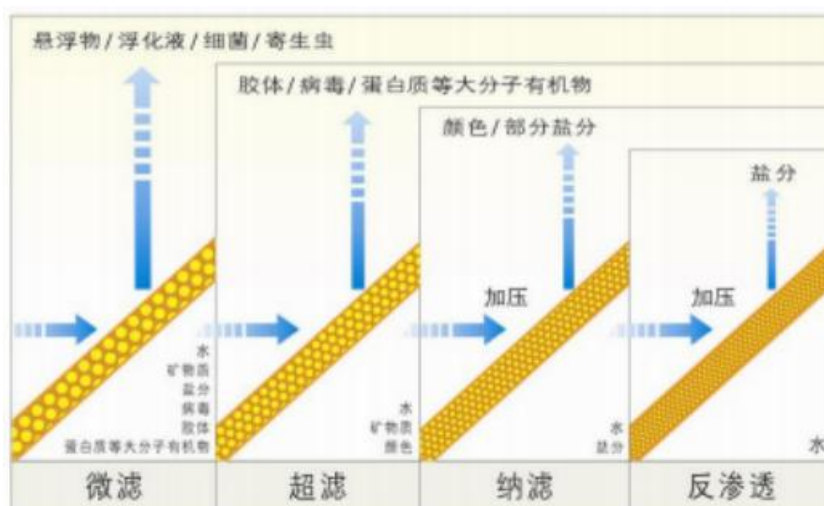


图 1-1 膜分离功能示意图

1.2 超滤基本原理

超滤是一种以膜两侧的压力差为驱动力，以超滤膜为过滤介质，与膜孔径大小相关的筛分过程。超滤膜表面的微孔只允许水及小分子物质通过而成为透过液，而体积大于膜表面微孔径的物质则被截留在膜的进液侧，成为浓缩液，从而实现对原液的净化、分离和浓缩的目的，如图 1-2 所示。

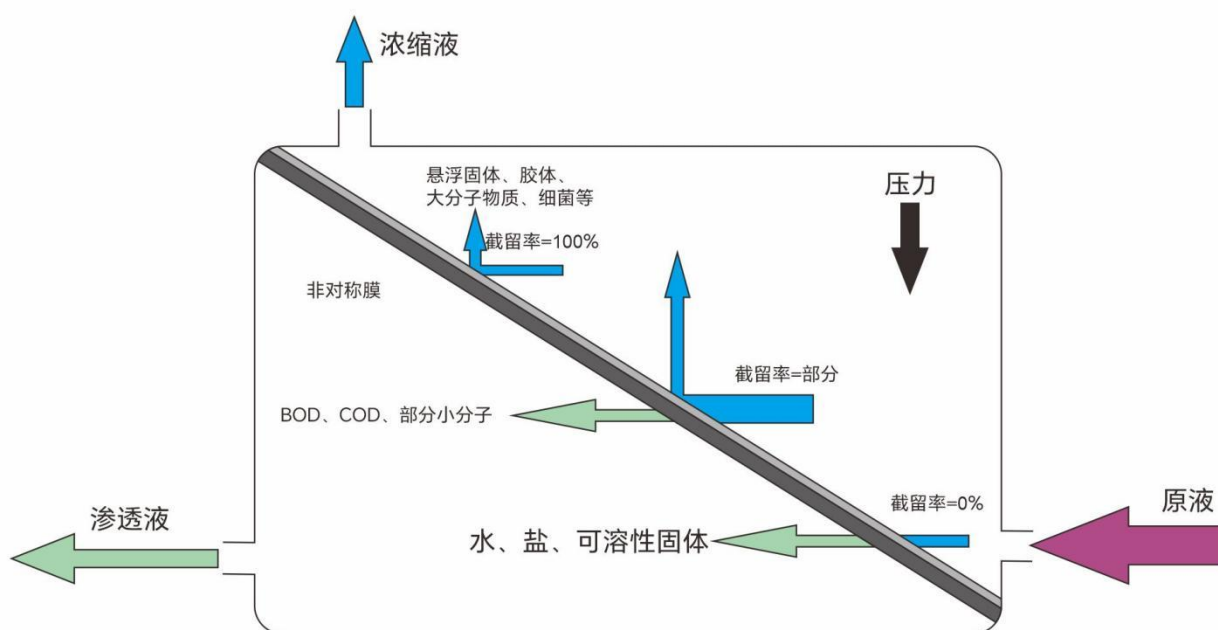


图 1-2 超滤膜的截留范围

超滤可以将原液中的胶体物质、大分子物质、颗粒、细菌、病毒和原生动物等截留，通过浓缩液排放、冲洗和化学清洗去除。

1.3 超滤相关术语

膜丝：指中空纤维膜。

膜组件：指由中空纤维膜丝、壳体、封端树脂等组合成的单一过滤元件，也称为膜元件。

膜装置：指由一个以上的膜组件用管件与支撑架（膜架）集成为一过滤单元，也称为膜组器。

膜系统：指由一个以上的膜装置配合其他设备、仪表等组成的可实现过滤操作的成套设备。

原水：指膜系统进水。如地下水、地表水、污水、海水或城市自来水。

透水率：是指在25℃水温和0.1MPa 水压下，单位时间内、单位膜面积所透过纯水的体积。

截留率与切割分子量：膜丝上微孔的形状和大小并非完全一致，常使用截留率和切割分子量两个参数来共同衡量，截留率是指溶液中被截留的特定溶质的量占溶液中特定溶质总量的比率。当90%的溶质被膜截留时，在截留曲线所对应该类溶质的最小分子量即为该膜的切割分子量。超滤膜的孔径大约在0.002 至0.1 微米之间，其对应的切割分子量约为1000 ~ 500000。

孔径分布：相同切割分子量的超滤膜因膜丝上孔径大小分布的不同，其分离的效果也会有所差异，通常使用泡压法来测定超滤膜的孔径分布，超滤膜上的孔径大小应均匀一致，孔径分布曲线窄，截留性能敏锐，选择性好。

泡点测试：泡点是用来测试监控膜性能及膜组件完整性的一种常用方法。泡点是指膜完全浸润并浸泡在液体中，从膜的一边加以一定压力的气体，从膜的另一边开始出现连续起泡时的最低压力。泡点测试常常用来检测膜的最大孔径。

断裂强度与伸长率：超滤膜的机械强度大小反映了膜丝抵抗断丝的能力，断丝使超滤膜失去分离性能，是评价超滤膜质量优劣的一项重要指标，机械强度由膜丝的断裂强度和伸长率来表征。一般使用电子单纱测力仪测量单根膜丝的断裂强度和伸长率。

死端过滤：原液中的水分子全部渗透过超滤膜，没有浓缩液流出，当原液中被分离物质浓度很低时，为了降低能耗，通常采用死端过滤，或称为全量过滤。

错流过滤：在过滤时有一部分的浓缩液体从超滤膜的另一端排掉，当原液中能被膜截留的物质浓度很高时，膜的过滤阻力增长很快，此时多采用错流过滤。

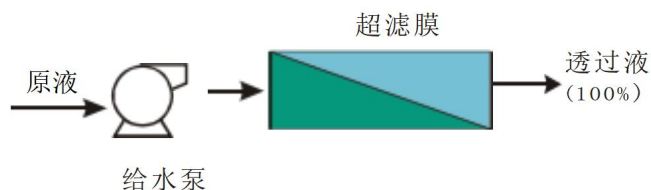


图 1-3 死端过滤示意图

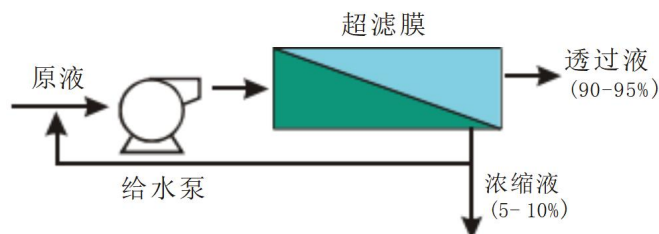


图 1-4 错流过滤示意图

内压式过滤：原液从膜丝内孔进，经压力差驱动，沿径向由内向外渗透过中空纤维成为透过液，而截留的物质汇集在中空纤维膜丝的内孔时为内压式过滤。

外压式过滤：原液经压力差驱动沿径向由外向内渗透过中空纤维膜丝成为透过液，而截留的物质汇集在中空纤维膜丝的外部时为外压式过滤。

跨膜压差（TMP）：表示水透过膜的实际所需的驱动力，计算为原水侧的平均压力与产水侧平均压力的差。

回收率：超滤净水产量（去除反洗所需用水量）与总原水量的比值。

膜污染：被膜截留而沉积在膜表面的物质导致膜通量的衰减。通常需要采用化学或者物理方法清除膜表面的污染物，恢复膜通量。

反洗：将超滤透过液从膜丝内侧（产水侧）在一定压力作用下流向膜丝外侧（原水侧）。

浓差极化：引起被截留的悬浮物在膜表面聚集的现象。通常提高膜丝表面液体的切向流速可以有效降低浓差极化。

亲水性：亲水性膜材料对水有较强的亲合力，膜的表面自然具有润湿的特性。

疏水性：膜材料对水的排斥特性。疏水性膜材料具有很低的吸水性能，因此在表面水常呈颗粒状。常用接触角表征材料的亲水性或者疏水性。

1.4 超滤膜材料

可以用来制造超滤膜的材料很多，包括聚偏氟乙烯（PVDF）、聚醚砜（PES）、聚丙烯（PP）、聚丙烯腈（PAN）、聚氯乙烯（PVC）等。90 年代初，聚醚砜在商业上取得了应用，而 90 年代末，性能更优越的聚偏氟乙烯（PVDF）超滤膜开始被广泛地应用于水处理行业。目前聚偏氟乙烯（PVDF）和聚醚砜（PES）成为制造中空纤维超滤膜的重要材料。

1.5 超滤膜的应用

近 30 年是超滤技术迅速发展的时期，超滤分离技术被广泛地应用于饮用水制备、食品工业、制药工业、工业废水处理（如制革废水、电镀废水、线路板废水等）、金属加工、生物产品加工、石油加工等领域。大规模的水处理通常集中在以下方面：饮用水供水终端、地表水处理、海水淡化和污水回用。

◎饮用水处理

由于对饮用水的质量要求越来越严格，水处理公司投入越来越大的精力来控制供水管网中存在的微生物的量。为了做到这一点，一种方法是进行昂贵、频繁的水质检验，另一种方法是在供水终端设置防止细菌和病毒进入的屏障。

◎地表水处理

超滤系统可用在地表水处理上，处理后的水用于灌溉或作为反渗透的进水，来制备纯净水。

◎海水淡化预处理

世界上很多沿海地区淡水资源比较缺乏，解决的方法是将海水淡化制取淡水。最早人们通常采用蒸馏技术，从十九世纪 60 年代开始，反渗透等技术被用于解决这些地区的缺水问题。但是，许多反渗透海水淡化系统面临着反渗透膜污染严重的问题，主要因为反渗透系统的传统预处理方法无法提供可靠的进水水质。超滤系统可以稳定控制海水的水质，为反渗透系统提供高质量的进水，保证反渗透系统的稳定运行。

◎污水回用

随着工业发展，水质污染情况日益严重，同时淡水资源越来越缺少。超滤为污水的回用提供了一种有吸引力的解决办法。城市污水经超滤处理后，完全可以作为工业用水，甚至是饮用水来使用。除了上面的应用外，超滤技术还应用在其他领域。

第2章 美富特膜科技PVDF 中空纤维超滤膜

2.1 膜产品概述

PPUF 系列压力式超滤膜采用我公司永久亲水改性 PVDF 中空纤维制成，独创湿法热法双模复合工艺，兼具非溶剂致相分离法(NIPS)产品的高过滤精度与热致相分离法(TIPS)产品的高强度，产水水质优异，运行通量大，性能稳定，广泛应用于市政饮用水、市政再生水、纺织印染废水、制浆造纸废水、基础化工废水、矿井水、钢铁水、PCB 电镀废水、电力水、半导体水等水处理领域。

2.2 产品特点

1) 抗污染高通量

采用亲水共混改性技术，具有优异的抗污染能力，可以在较低的跨膜压差下，保持较高的运行通量，应用过程中具有更长的膜通量衰减周期。

2) 使用寿命长

膜丝封胶采用离心封胶工艺，封胶层无气泡，根部无爬胶，能经受反复的高强度气水擦洗，断丝风险小，使用寿命长。

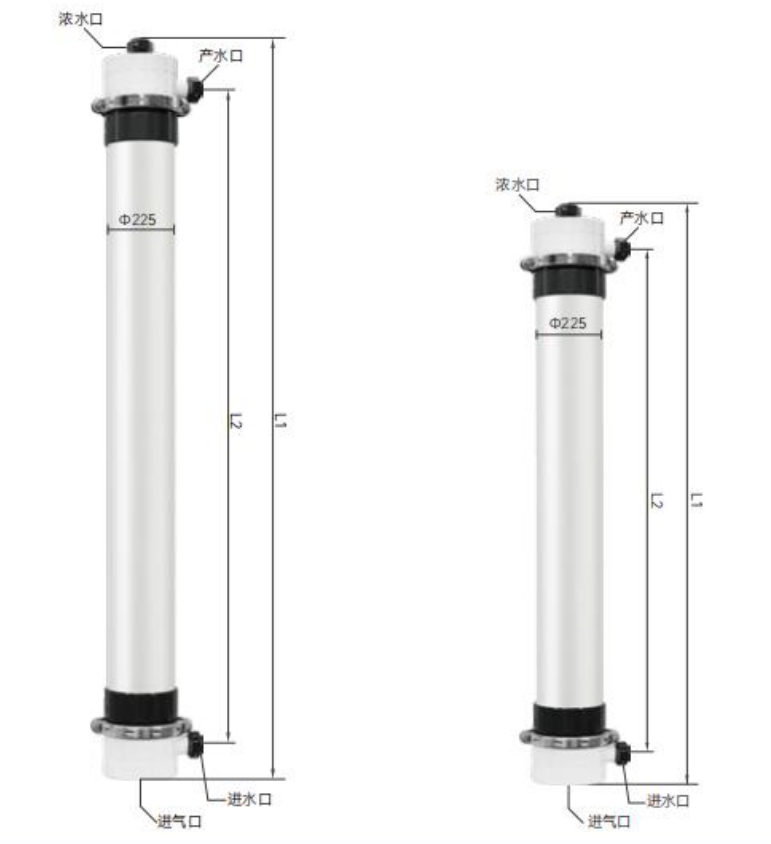
3) 产水水质稳定优秀

0.03 μ m 高精度过滤孔径，均质海绵体结构，对水体中的胶体颗粒、细菌及病毒具有较高的去除率，保证产水水质的稳定可靠性达到优秀级别。

4) 产水效率高

独创湿法热法双模复合工艺，具有优秀的力学性能，断裂力 ≥ 5 N，伸长率 $\geq 220\%$ ，应用过程可采用气水联合反洗，清洗更彻底，有效控制污染的同时，可降低反洗用水量，提高产水效率，回收率可提高至 95%以上。

2.3 产品规格



2.4 产品参数

规格	HIP-219	SUP-860	SUP-880
膜形式	内压式中空纤维膜	压力式中空纤维膜	压力式中空纤维膜
膜材料	永久亲水性PES	永久亲水性改性PVDF	
壳体材料	UPVC	UPVC	UPVC
灌封胶水	聚氨酯	环氧树脂或聚氨酯	
有效膜面积	55	52	77
公称膜孔径（截留分子量）	10万道尔顿	0.03μm	0.03μm
膜纤维内/外径	0.9/1.5mm	0.7/1.3mm	0.7/1.3mm
外径	Φ219	Φ225	Φ225
L1	1901mm	1860mm	2360mm
L2	1738mm	1630mm	2130mm
进出水连接口	DN50拷贝宁	DN50拷贝宁	DN50拷贝宁
进气口	/	PT3/8"	PT3/8"

注：以上型号为我司常规型号，如需要其他型号可根据需求进行定制。

2.5 美富特PVDF 超滤膜特性

◎良好的亲水性

美富特 PVDF 超滤中空纤维膜经过特殊的亲水化处理，膜丝具有永久的亲水性能，水接触角由未改性前的约 90° 降为 $40-60^{\circ}$ 。可以在较低的跨膜压力下，得到很高的水通量，同时提高膜丝的耐污染性能。

◎过滤精度高

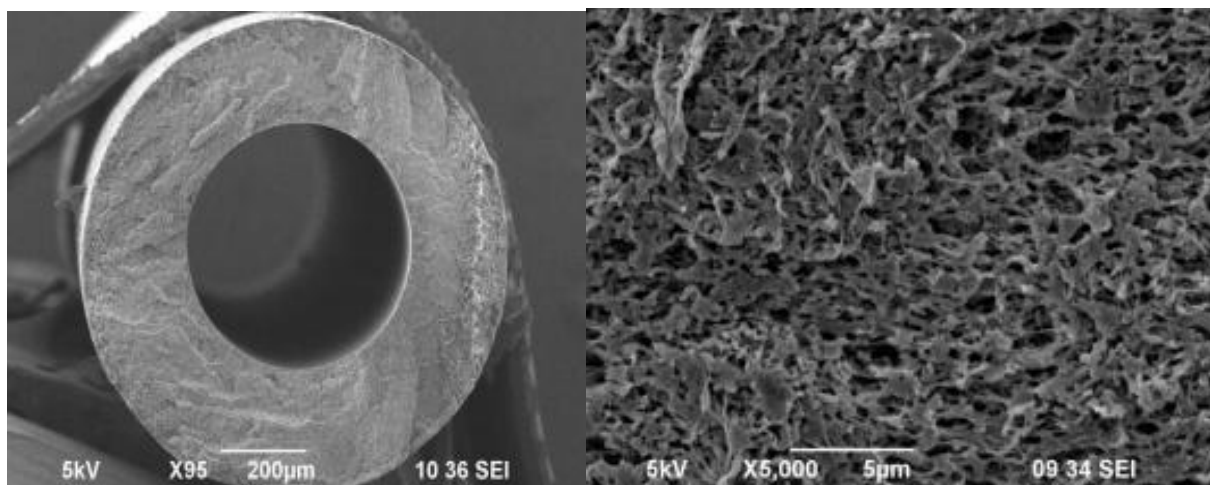


图2-1 美富特PVDF 超滤中空纤维膜外表面和截面结构

美富特中空纤维超滤膜具有均匀的 $0.04\mu\text{m}$ 的微孔（如图 2-1），可以除去微生物、胶体、藻类以及其他引起浑浊的物质。超滤膜产品的公称孔径系列包括 $0.04\mu\text{m}$ 、 $0.02\mu\text{m}$ 等。

美富特公司也可制造大于 $0.1\mu\text{m}$ 孔径的微滤膜，微滤膜产品系列包括 $0.2\mu\text{m}$ 、 $0.45\mu\text{m}$ 等，可用于悬浮物、乳化液、细菌和寄生虫等的去除，与超滤膜相比运行通量更大，能耗更低。

◎良好的机械强度

超滤膜的机械强度大小反映了膜抵抗断丝的能力，是评价超滤膜质量优劣的一项重要指标，机械强度由膜的断裂强度和断裂伸长率来表征。图2-2 为断裂强度和伸长率（100mm 样品）测定曲线。

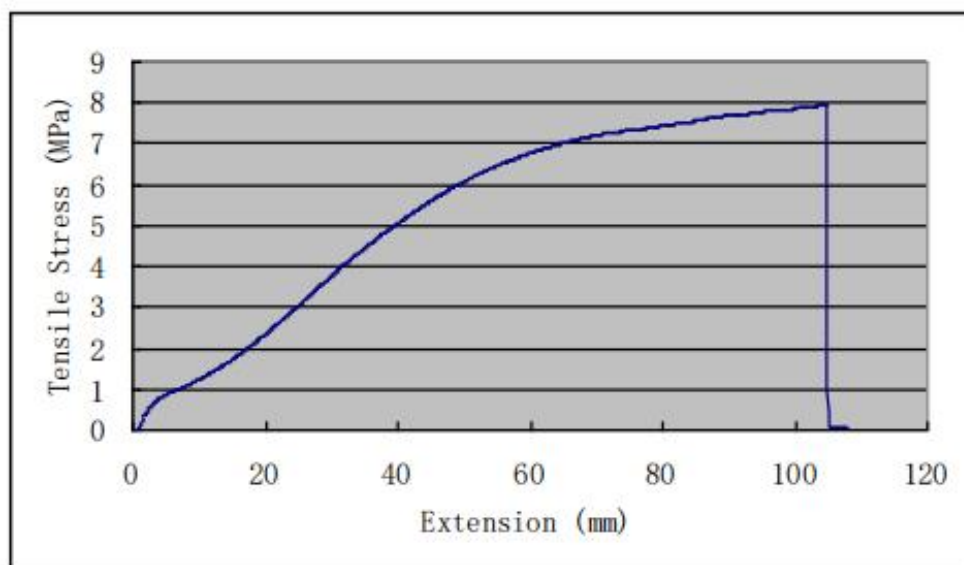


图2-2 断裂强度和伸长率

美富特十分关注膜的机械强度，通过配方和工艺改进，使得美富特产品具有良好的断裂强度和断裂伸长率，使用中不易出现断丝现象。

◎寿命长、抗污能力高

美富特膜科技采用优质的 PVDF 为原料，使美富特的超滤中空纤维膜具有良好的耐化学腐蚀、抗氧化及耐光老化等性能。同时 PVDF 材料能赋予膜产品良好的耐污性能。美富特膜材料具有极强的耐久力，因此可以使用各种方法反复清洗，以除去污染物和恢复通量。

◎稳定的产品性能

公司从原材料供应、制备工艺和产品检测入手，保证原料质量稳定、制备过程中前后一致的精确控制以及产品 100% 的检测，确保不同批次的产品具有稳定的通量、过滤精度和稳定的操作压力。

2.6 美富特PVDF 超滤膜使用中的影响因素

◎压力影响

在不高于一定压力的范围内，超滤膜的产水量与压力成正比关系，即产水量随着压力升高而增加。但是膜污染会随着操作压力的增高而加重。

◎温度影响

温度对超滤系统产水量的影响是比较明显的，温度升高，水粘度降低，粘滞性减小，故产水量增加，反之则产水量减少，因此即使是同一超滤系统在冬天和夏天的产水量也会有一定的差异。

◎原水水质影响

进水浊度大时，易引起超滤膜堵塞，对超滤膜的产水量产生较大影响。

◎其它影响因素

包括膜表面切向流速、原液污染物类型、过滤方式、膜组件结构型式、其它设计和使用条件等。

2.7 超滤膜的使用过程中造成损坏的因素

设计和使用人员应该采取各种措施保证膜组件在使用过程中不受损坏，包括：

◎油污：油污会改变膜的表面性质，使膜的通量减低甚至消失，在使用过程中应严格控制进料的油含量。

◎结垢：膜表面的结垢，如 CaCO_3 等的沉积会引起膜的机械性能降低甚至折断。

◎机械损伤：由于未设格栅或栅孔过大导致尖锐的物体进入膜系统割伤或割断膜丝，是造成膜丝机械损伤的主要原因。

◎风干：膜使用后应一直保持湿润状态，缺水风干后的膜会失去通量。

◎中空纤维膜丝的断裂（断丝）：膜在运输、储存与使用过程中由于过度的外力或结垢等原因，可能造成断裂，少量的断丝不会对产水造成明显影响。大量的断丝会造成产水浊度上升。

◎低温：膜组件在结冰时，会导致膜丝脆断。

2.8 美富特PVDF 超滤膜的应用领域

◎饮用水处理

使用美富特 PVDF 超滤膜，可以非常方便地从饮用水中去除细菌、微生物、铁锈等。

◎地表水处理

美富特 PVDF 超滤膜可以应用在地表水处理上，制备净化水。

◎污水处理

市政污水和工业污水经美富特超滤膜处理后，可以作为回用水，甚至可进一步处理后作为饮用水来使用。

◎海水淡化预处理

美富特超滤膜可以为海水淡化反渗透系统提供高质量的预处理，保证反渗透系统的稳定运行。

◎其他应用领域

美富特 PVDF 超滤膜还可以在其他很多领域得到应用，如替代传统的沙滤等过滤方式；中水回用；直饮水系统；取代混凝沉淀砂过滤等常规处理；食品、生物、医药工业用水的除浊、除菌、净化；

果汁饮料处理及葡萄酒除浊；中药提取液除浊精制；电泳漆回收；乳胶的回收；家庭污水处理；回收乳清中的蛋白质；酶的提取；明胶浓缩；蛋白质回收等。

2.9 超滤系统设计流程

超滤系统的设计过程中首先需要确定采用压力式膜工艺还是浸入式膜工艺。原则上尽可能选择压力式膜工艺。表 2-3 可以为设计人员提供参考。

超滤系统的设计过程中需考虑到很多因素，如水源中的杂质浓度、净化要求、水温等。图2-3 所示的设计流程仅供参考。

表2-3 工艺推荐

项目	压力式	浸入式
进水浊度大于300NTU	3	1
进水浊度 100-300NTU	2	1
进水浊度20-100NTU	2	2
进水浊度小于20NTU	1	2
饮用水	1	2
海水淡化	1	2
MBR	3	1
混凝沉淀后水回用	1	2
特殊分离	1	2

1—优先选用；2—可选用；3—不可选用

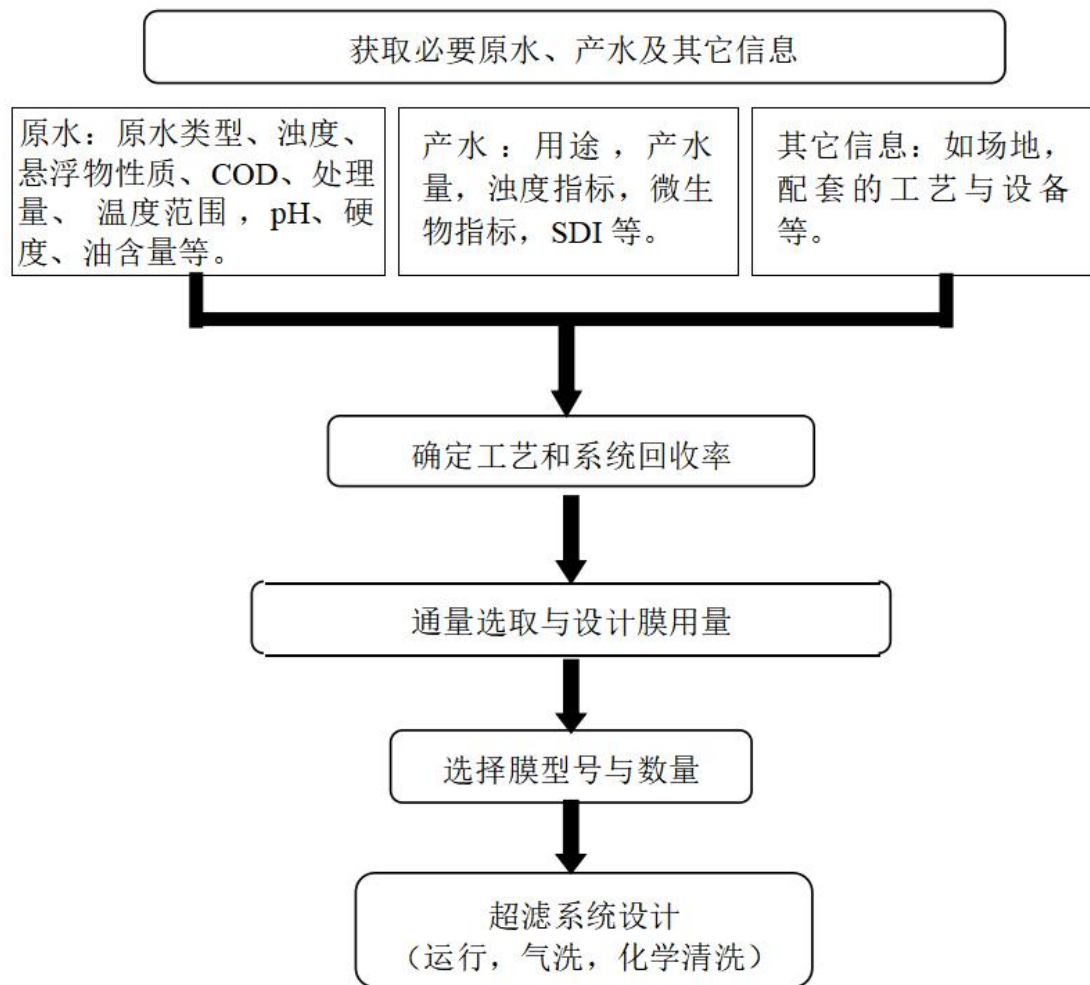


图2-3 超滤系统设计流程

2.10 温度-通量校正曲线

对于使用温度变化较大的项目，在设计时需考虑温度校正。以 25℃为基准，设定系数为100%，通量的温度校正系数=0.0239×水温+0.443，适用温度下限为 5℃。

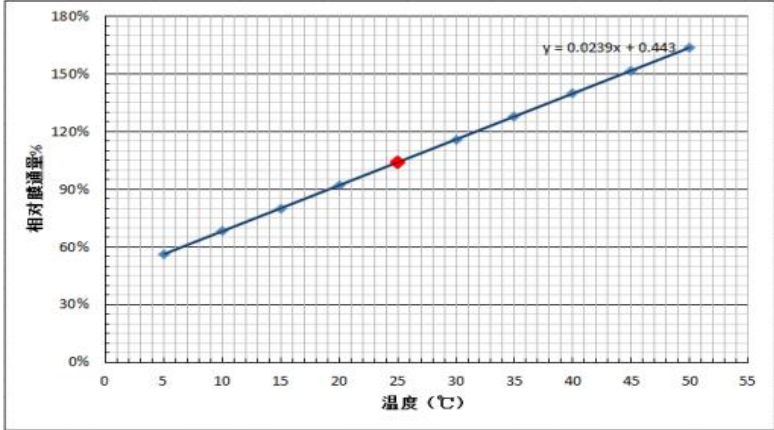


图2-4 水温—通量校正系数曲线

某项目进水水温范围 10~24℃，95%概率为 14~22℃，依据水质选择 25℃下膜运行通量为20 LMH。通常可以按照 14℃设计膜通量。

方法一：设计运行膜通量=20 LMH× (0.0239×14+0.443) = 15.6 LMH

方法二：查图2-4 得到 14℃下相对膜通量为 78%，设计运行膜通量=20 LMH×78%=15.6 LMH

项目	压力式	浸没式
进水浊度大于 300NTU	3	1
进水浊度 100-300NTU	2	1
进水浊度 20-100NTU	2	2
进水浊度小于 20NTU	1	2
饮用水	1	2
海水淡化	1	2
MBR	3	1
混凝沉淀后水回用	1	2
特殊分离	1	2

第3 章 膜工艺运行说明

3.1 运行工艺

超滤膜系统的一般运行步骤包括制水、气水反洗、水反洗和维护性化学清洗(CEB/EMF)，如图 3-1 所示，具体运行步骤如图 3-3~3-8 所示。根据用户工程设计情况选择维护性化学清洗(CEB/EMF)方式。

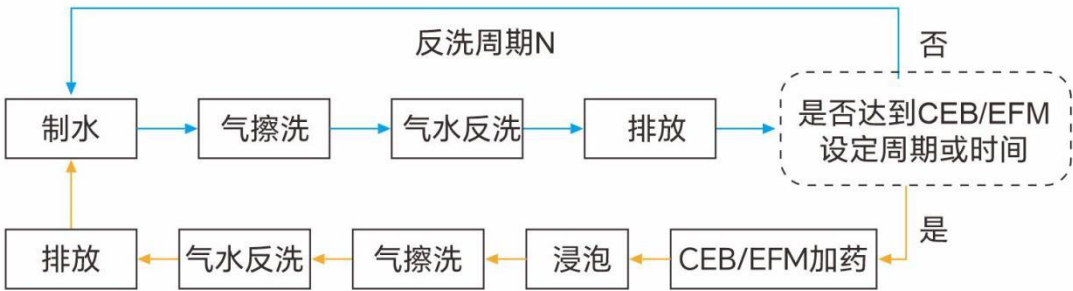


图3-1 超滤膜系统的运行步骤

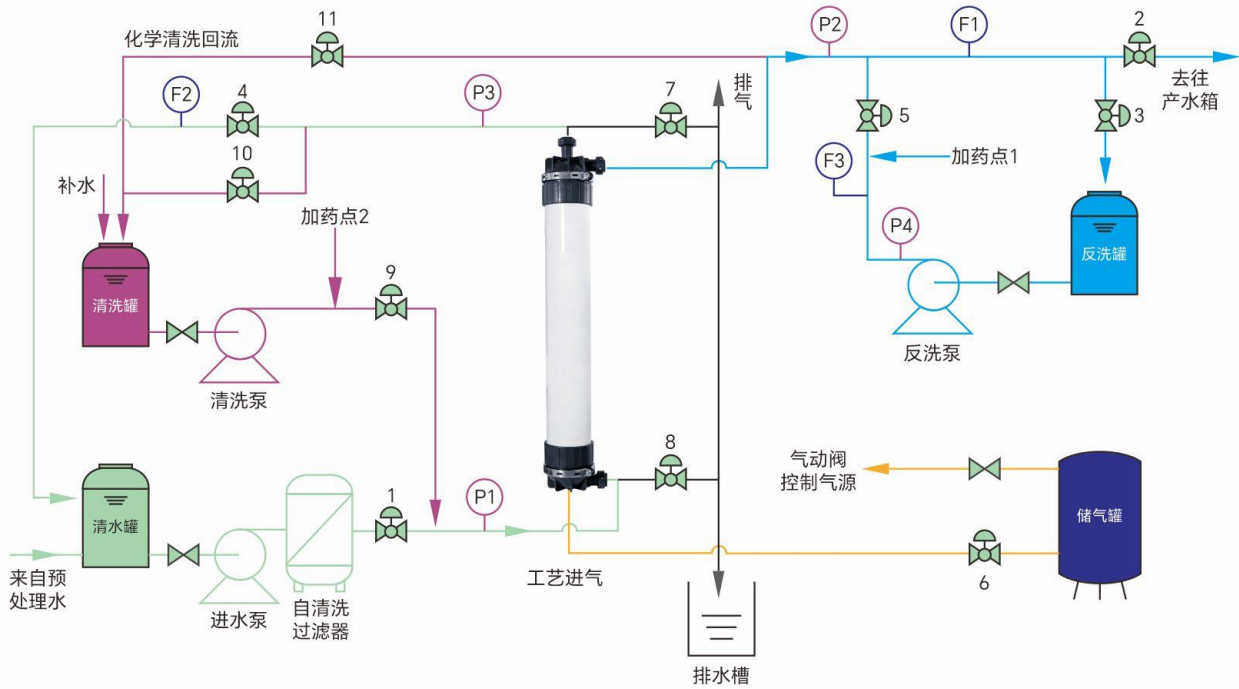


图3-2 膜系统工艺流程图

表3-1 流程图各部件名称对照表

序号	名称	序号	名称	序号	名称
P1	进水压力表	1	进水阀	8	下排阀
P2	产水压力表	2	产水阀	9	清洗进药阀
P3	回流压力表	3	反洗补水阀	10	清洗浓回阀
P4	反洗压力表	4	回流阀	11	清洗产回阀
F1	产水流量计	5	反洗阀		
F2	回流流量计	6	进气阀		
F3	反洗流量计	7	上排阀		

3.1.1 制水

参照图 3-3 所示，先开启上排阀门7，再开启进水阀门1，之后开启进水泵，待来水注满膜组件后，打开反洗补水阀门3和回流阀门4，关闭上排阀门7，开始制水。制水过程中来水经过滤产水先对反洗罐进行补水，反洗罐补满后，打开产水阀门2，关闭反洗补水阀门3，将产水输送到产水箱。当膜系统为错流过滤时（关闭回流阀门4即为全量过滤），部分来水在膜表面形成错流，通过回流管路回流至原水罐。

用户可以根据原水水质情况，设定合理的制水时间，也可以在膜进水连续投加低浓度氧化性杀菌剂次氯酸钠（建议3~5ppm），以此减缓藻类及微生物对膜组件的污染速度。

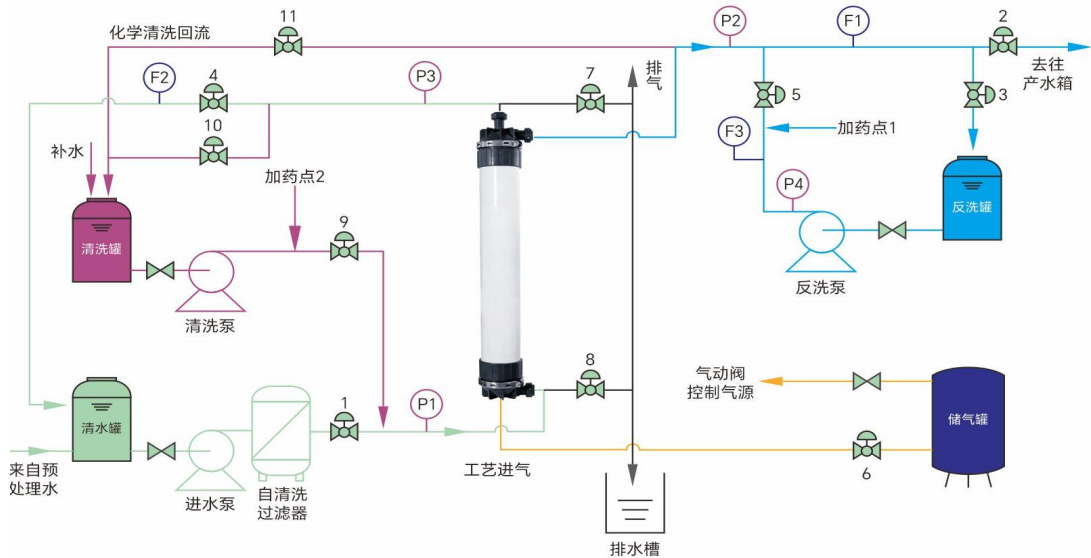


图3-3 超滤系统制水状态示意图

温馨提示：在系统开始进水工作时，膜组件内有时会存有空气。为了防止水锤导致的膜组件和膜丝损伤，请缓慢进水，充分排除空气，建议供水泵采用变频控制或者设置进水调节阀。

3.1.2 气擦洗

参照图 3-4，制水周期结束后，进入气擦洗阶段，先关闭进水泵，再关闭进水阀门1，后关闭回流阀门4 和产水阀门 2。之后先打开上排阀门 7，再打开进气阀 6，让压缩空气进入膜组件内。

通入压缩空气时，膜丝在上升气流的作用下摆动，使膜丝相互摩擦碰撞，从而使膜丝壁上附着的污染物剥离脱落。

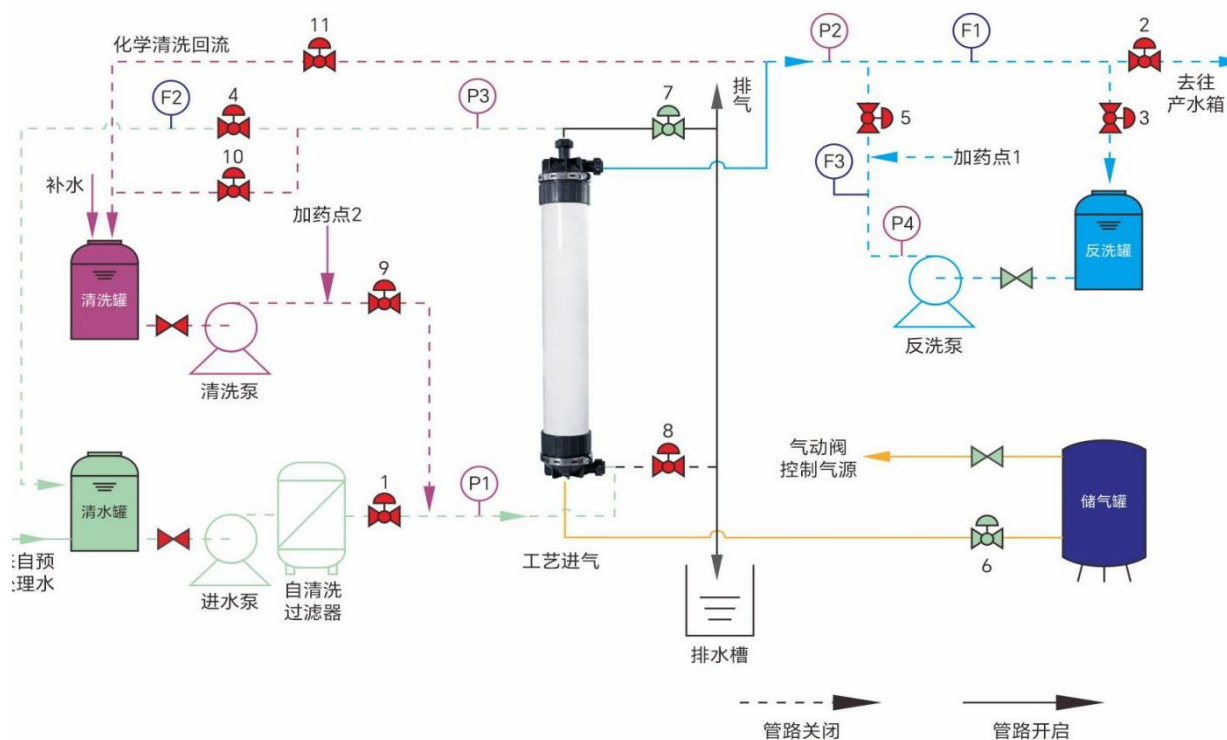


图 3-4 超滤系统气擦洗状态示意图

3.1.3 气水反洗

参照图 3-5，气擦洗结束后，进入气水反洗阶段。保持上排阀门7 和进气阀门6 开启，再开启反洗阀 5，之后启动反洗泵，让反洗水和压缩空气进入膜组件内，调节合理的反洗水流量（反洗泵为变频泵，通过调整反洗泵的运行频率来实现），控制合理的气体流量和清洗时间。

通入压缩空气时，膜丝在上升气流的作用下摆动，使膜丝相互摩擦碰撞，从而使膜丝壁上附着的污染物剥离脱落。此时反洗水的作用是将膜表面的沉积物疏松，并保持膜组件内充满液体，从而最大限度地发挥空气振荡的功效。

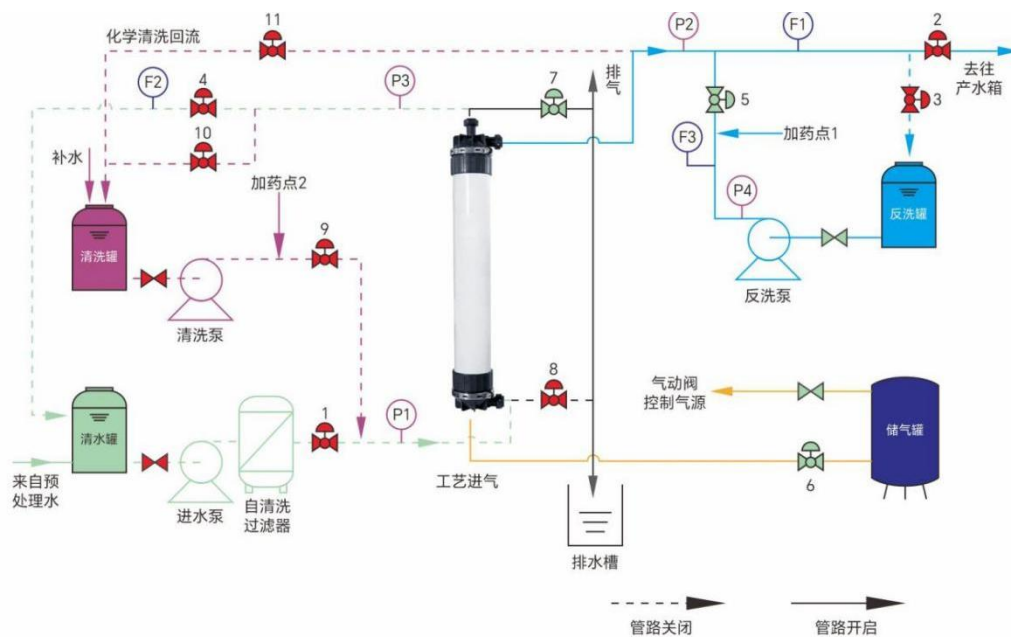


图3-5 超滤系统气水反洗状态示意图

3.1.4 排污

参照图 3-6，气水反洗后，排空膜组件内的水体，先关闭反洗泵，再关闭反洗阀门 5 和进气阀 6，保持上排阀门 7 打开，同时开启下排阀门 8，将膜组件与膜装置管路中残存的浓污水排出。

下排还有一个好处，就是通过瞬间大流量下排，可以起到冲刷和夹带的作用。



图3-6 超滤系统排污状态示意图

温馨提示：排污沟若为明渠，要求有足够深度及宽度，避免瞬间排放发生冒水溅水，排放时间需要根据膜系统内是否排净进行设定。

3.1.5 维护性化学清洗

在通过常规反洗步骤无法去除所有污染物的情况下，在反洗中加入化学药剂可以加强反洗效果，这就是维护性化学清洗，清洗后膜组件的性能会有很大的恢复。美富特推荐的维护性化学清洗有两种：

1) 化学增强反洗(CEB)

在反洗水中加入较低浓度化学药剂，通过反洗和浸泡，将膜表面在过滤过程中形成的污染物清洗下来，最大限度地减少超滤膜污染。

① 清洗前通过物理反洗尽量把膜组件清洗干净，开启上排阀门7和下排阀门8，排空整个膜系统后，关闭阀门。

② 先打开上排阀门7和反洗阀门5，再开启反洗泵，同时通过加药点1的计量泵打入清洗所需的合适量药剂，使清洗药剂和反洗水透过膜丝内部同时进入到膜组件内，通过上排阀7把气体排出膜组件，注满膜组件后，先关闭反洗泵，再关闭反洗阀门5和上排阀门7，整个系统静置，药液在膜组件内浸泡适当的时间。

③ 浸泡后进行气擦洗、气水洗步骤，之后开启上排阀7和下排阀8，排空整个膜系统后，关闭阀门，清洗结束。

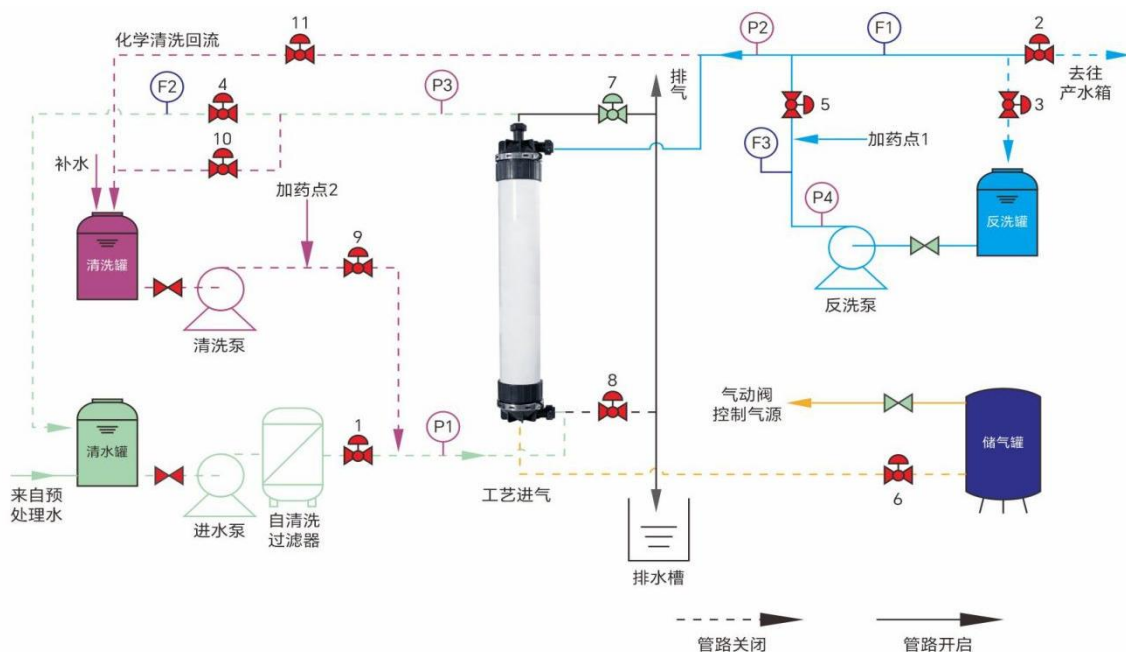


图3-7 超滤系统CEB 状态示意图

2) 进水加药清洗(EFM)

在进水中加入较低浓度化学药剂，通过循环和浸泡，将膜表面在过滤过程中形成的污染物清洗下来，最大限度地减少超滤膜污染。

① 清洗前通过物理反洗尽量把膜组件清洗干净，开启上排阀门7和下排阀门8，排空整个膜系统后，关闭阀门。

② 在清洗罐配好适量的水，先开启清洗进水阀门9，再开启清洗回流阀门10和产水回流阀门11，最后开启清洗泵，同时通过加药点2的计量泵打入清洗所需的合适量药剂，使清洗药剂和清洗水同时进入到膜壳内，进入到膜组件的清洗水，一部分通过清洗回流阀门10回流到清洗罐，一部分透过膜丝通过产水回流阀门11回到清洗罐，形成错流循环。

③ 循环适当时间后关闭清洗泵和阀门，使整组膜组件处于浸泡状态。

④ 浸泡后进行气擦洗、气水洗步骤，之后开启上排阀7和下排阀8，排空整个膜系统后，关闭阀门，清洗结束。

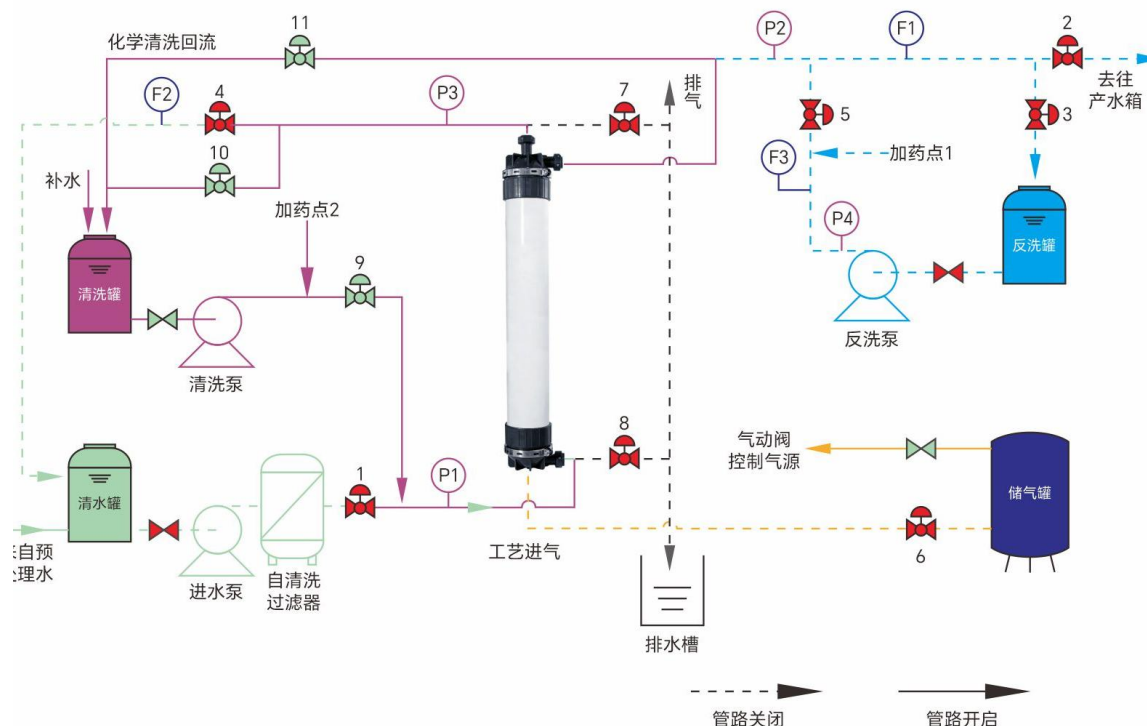


图3-8 超滤系统EFM 状态示意图

3.1.6 停机

成套机组膜组件的停机保养要点：

- 1) 机组上的膜组件如短期停用(7 天以内)，可每天运行约 30~60min，以防止细菌污染；
- 2) 机组上的膜组件如长期停用(7 天以上)，必须将膜组件进行充分的清洗，然后将 1%亚硫酸氢钠保护液注入膜组件内，且每月检查一次保护液的pH 值。

注意：超滤膜组件在任何时候都必须在充满保护液或水的状态下保存，不可让其脱水。膜组件一旦脱水变干，膜通量将会不可逆衰减，无法恢复，组件报废。

3.2 产品使用参数简介

3.2.1 进水使用条件

表3-2 超滤膜组件连续运行的进水条件

项目	单位	建议值	最大限值
浊度	NTU	<5	10 ^{注1}
SS	mg/L	<20	100
温度	℃	15-25	40 ^{注2}
CODCr	mg/L	<30	100
油脂	mg/L	0	2
硬度（以CaCO ₃ 计）	mg/L	<300	<500
pH 范围，连续运行		6-9	2-11
pH 范围，短期清洗		1-13	1-13
游离氯含量，连续运行	mg/L	0.5 ^{注3}	200
游离氯含量，短期运行	mg/L	2000	5000

备注：(1)根据水源水质条件，设计基准值可以是一个范围；(2)在最大限值水质条件下运行，需要评估其对系统运行性能的影响；(3)根据不同水源类型，需要优化设计基准值。

注1：进水浊度在5~10NTU的情况需控制在总运行时间的10%以下；

注2：最高温度值为短期运行指标，不适用于连续运行；

注3：按照产水余氯值0.5mg/L 考虑，以保证持续杀菌；

3.2.2 产水水质

表3-3 超滤膜组件产水水质

项目	数值
浊度(NTU)	≤0.1
污染指数(SDI ₁₅)	≤3
大肠菌群	未检出
菌落总数(CFU/ml)	<3

3.2.3 产品运行工艺参数

表3-4 主要运行参数

产水通量(L/m ² ·h)	40-90
最大进水压力(kPa)	300
最大跨膜压差(kPa)	200
运行跨膜压差(kPa)	30-80
气洗流量(Nm ³ /h)	10-18

第4章 膜产品使用说明

4.1 安全注意事项

在使用膜组件之前，请务必阅读以下注意事项，并请遵照执行。

4.1.1 开箱/安装注意事项

1) 在新品膜组件中封注有 1% 亚硫酸氢钠保护药液用于杀菌。若皮肤接触，立即脱去污染的衣着，用大量流动清

水冲洗；不慎溅入眼睛，用大量流动清水或生理盐水彻底冲洗至少 15 分钟后就医。若药液不慎吸入，请迅速撤离现场至空气新鲜处。

2) 操作时请务必佩戴橡胶手套、防护眼镜等保护用具，为防止膜组件掉落、翻倒时造成的伤害，操作时务必穿上安全鞋、戴上安全帽。

3) 将过滤水用于饮水时，请将膜组件内保护液完全冲洗干净后再进行饮用产水，否则可能对身体造成伤害。

4.1.2 化学药剂清洗时的注意事项

1) 使用化学药品清洗时，因清洗药液可能对人体造成伤害，请务必佩戴好安全帽、防护眼镜、橡胶手套和钢头劳保鞋等劳保用品。万一不小心溅到衣服、皮肤上时，请立即采取适当的措施处理。

2) 避免与 HCl、NaOH、NaClO 等药剂直接接触，该类药剂具有程度不同的腐蚀性。

3) 清洗时应控制管线压力，以免压力过高引起化学药品的喷溅。

4) 如果在用药品清洗过程中感到装置有异常情况时，请立刻终止清洗。

4.2 包装、运输与贮存

4.2.1 产品包装

PPUF 系列膜组件一般情况下按 2 支/箱进行包装，包装箱为纸质或木质，内部设有防震和固定装置，同时还附有相关配件，如对包装有额外或特殊要求，请提前和我公司联系。

4.2.2 产品运输

1) 膜组件运输应平放在运输载体上，码放高度不得超过 4 层，运输过程中应避免碰撞、雨淋、暴晒和冻结。

2)膜组件出厂时灌装有保护液用于防止微生物滋生，如需空运，可暂时将保护液排放，运抵目的地后重新灌装。

4.2.3 产品贮存

对暂时不使用的膜组件，请按以下条件储存。

1)膜组件应贮存在平整、清洁的地面，贮存过程中注意防潮，防止阳光直晒，贮存环境温度控制在5 ~ 40℃范围内；

2)膜组件保护液为1%(wt)浓度的亚硫酸氢钠水溶液，贮存过程中每隔三个月应测试一次保护液的pH值，如 $\text{pH} \leq 3$ 应及时更换保护液。

3)超滤膜组件在任何时候都必须在湿润状态下保存，膜组件一旦脱水变干，膜通量将会产生不可逆衰减。

4.3 膜组件装卸

4.3.1 装卸准备

1)确认现场具备装卸条件，装卸人员可以随时到岗工作。

2)准备好现场所需护具、工具，如安全帽、手套、链条扳手、螺丝刀、手锤、扳手等。

3)组件安装前，确保设备管路阀门连接处无漏点且已冲洗干净，超滤系统已具备进水运行条件。

4)现场需提供充足的洁净水源，排水渠通畅，用于膜内保护液的冲洗；保护液药剂排放有指定地点，需提前确认。

5)将膜组件运抵超滤系统所在就近堆放区，安排专人拆箱、搬运至保护液排放渠。

6)将超滤膜组件贴有原液进口、原液出口、产水出口的3个拷贝林盖拧开、取下，将膜组件内灌注的保护液放空，便可进行后续作业。

4.3.2 膜组件安装

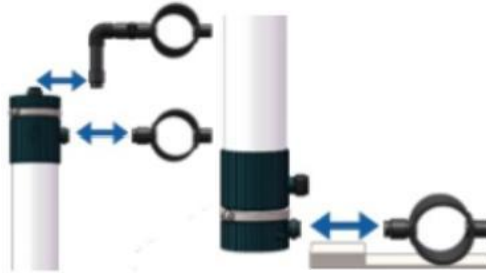
1)拆除包装。

2)移除产水口、浓水口和进水口的拷贝林和堵头并倾倒保护液。

3)套上各个端口的拷贝林胶圈。



4)移动至底座并对准各个接口。



5)移动胶圈到接缝处，使之紧密地覆盖密封圆柱面，安装拷贝林接口并紧固。



6)安装托用卡子。



7) 安装曝气管。



8) 膜组件安装完成。

4.3.3 膜组件拆卸

膜组件的拆卸，按安装步骤倒序进行。

4.4 膜产品运行说明

4.4.1 工艺步序

超滤膜系统一般采用自动控制运行，由于不同系统的进水水质差异较大，具体的运行及清洗参数、步序等需要根据现场调试情况最终确定。总的原则是，当进水水质较差时，增加气水反洗、水反洗以及维护性化学清洗的频率。根据图4-7 系统运行步骤，建议的运行步序如表4-1所示。

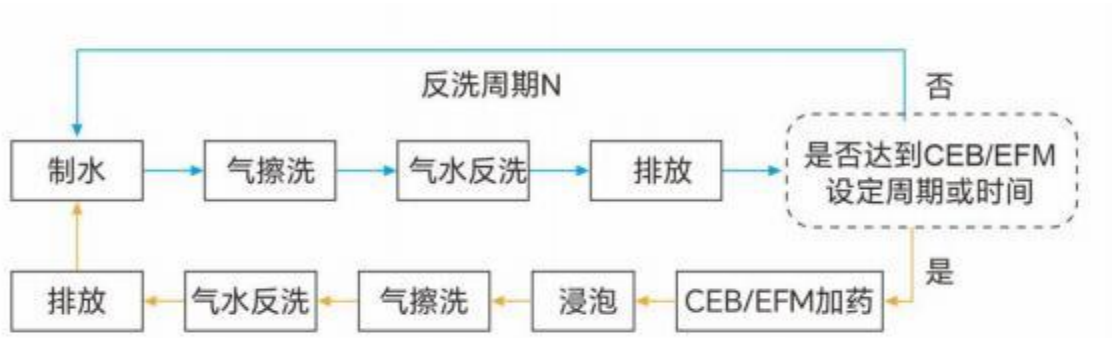


图4-7 超滤膜系统运行步

表4-1 PPUF 运行工艺步骤

运行步骤		阶段	制水	反洗			化学增强反洗(CEB)			停机
		序号	1	2	3	4	5	6	7	8
		步序	制水	气擦洗	气水反洗	排污	配药	浸泡	排药	
泵阀 状况	公共部分	进水泵	○							
		反洗泵			○		○			
		清洗泵								
		加药泵					○			
	各机组部分	进水阀	○							
		下排阀				○			○	
		上排阀		○	○	○	○		○	
		回流阀	○							
		反洗补水阀	(○)							
		产水阀	○							
		进气阀		○	○					
		反洗阀			○		○			
		清洗进药阀								
		清洗产回阀								
		清洗浓回阀								
时间			20 ~ 60min	20 ~ 60s	20 ~ 60s	20 ~ 60s		20min	20~60s	
备注	1."○":为阀门开启 2.循环次序 1→2→3→4→(循环N 次)→5→6→7→8→2→3→4→1 3.制水过程中反洗补水阀和产水阀根据反洗罐液位进行切换。反洗罐液位低时, 反洗补水阀开产水阀关; 液位高时, 反洗补水阀关产水阀开。									

4.4.2 设定参数建议

1) 不同水质条件下参数建议

PPUF 系列超滤膜组件在水处理应用中，膜通量和回收率的选择可参考表4-2 中数据初步选定，再根据具体水源、水质或中试情况确定最佳参数。

表4-2 不同水质情况下参数建议

浊度(NTU)	预处理精度(μm)	运行膜通量($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h} @ 20^\circ\text{C}$)	制水周期(min)	维护性清洗间隔(d)	CIP
<1	≤ 200	70-90	40 ~ 60	3~7	可选用
1-3		60-80	40 ~ 60	3 ~ 7	可选用
3-5		45-65	20 ~ 40	1~3	选用
5-10		40-60	20 ~ 30	1~3	选用
10-20		30-50	20 ~ 30	1 ~ 3	选用

2) 影响膜过滤性能的因素

①水温

水温是影响膜过滤性能的重要因素之一。水温升高，水粘度减小，产水量增加，反之产水量减少，一般来说，水温每改变 1°C ，膜通量改变 2% 左右。

②操作压力

操作压力指膜系统的进水压力、浓水压力与产水压力。

超滤膜组件允许的最大进水压力为 300kPa，在系统运行过程中，需同时关注浓水压力及产水压力，通过以下公式计算得出跨膜压差数值，其中，超滤膜允许最大跨膜压差（TMP）为 200kPa。

③进水水质

进水水质（浊度、硬度、SS、CODcr、油脂、微生物等）对运行参数的设计影响非常大，而且是影响超滤系统运行稳定性的重要因素之一。当进水水质越好时，超滤膜污染速率越低，清洗周期越长。当进水水质越差，越易引起超滤膜的堵塞，超滤膜的清洗周期越短。

注：膜污染速率是指处理单位水量下膜比通量的衰减量。

式中，

δ ——膜污染平均速率， $L/(m^2 \cdot h \cdot bar)$

ΔSF ——膜比通量的衰减量， $L/(m^2 \cdot h \cdot bar)$

ΔV ——膜系统产水量， m^3 。

膜比通量指在标准温度 $25^\circ C$ 下单位操作压力下单位时间内通过单位膜过滤面积的水量。

式中，

SF ——膜比通量， $L/(m^2 \cdot h \cdot bar)$ ，

Q ——经温度修正后的膜组件出水量， L/h ，

A ——膜组件的过滤面积， m^2

TMP ——跨膜压差， bar 。

在运行过程中，如果水温变化较大，需要采用以下公式修正水温对 Q 的影响。

$$Q = Q_0 \times e^{0.239 \times (25 - T)}$$

式中， Q_0 ——膜组件实际出水量， L/h ， T ——水温， $^\circ C$ 。

3) 运行过程中重点关注参数

膜污染是膜系统运行过程中不可避免的问题，在系统运行过程中，需直接关注水温、产水流量、浓水流量、进水压力、产水压力、浓水压力、跨膜压差（ TMP ），综合考虑膜比通量（ SF ）的变化情况来观察膜污染的情况，膜比通量即单位操作压力下单位时间内通过单位膜过滤面积的水量。当膜比通量降至初始值的60%或 TMP 增长到 $60kPa$ 以上，都需要进行化学清洗。

例如在运行过程中，发现一周内膜系统 TMP 增长超过 $5kPa$ ，则表明系统压力增长过快，需查找原因，并进行相关的参数调整。

4) 首次运行操作指导

●超滤系统前确保已安装保安过滤器或自清洗过滤器

为防止金属屑、沙粒、异物等进入膜组件内部，运行开始前请在超滤系统前安装能满足进水要求的保安过滤器，并确保其正确安装使用。

●系统运行前管道冲洗

为防止系统运行时装置管道内残留异物进入到膜组件中，在安装膜组件前要充分冲洗管道和装置。通过冲洗去除管道内残留的杂物，所有杂质都被去除后，再用清水冲洗装置至排水呈中性。

●进水水质

超滤进水各项检测指标合格、稳定，且无大幅度波动的情况下，才可运行，否则会导致膜组件的损伤及污堵。

●检查阀门管道

检查中控系统屏幕上各阀门状态是否全部处于关闭状态（同时检查现场阀门是否全部关闭，排除阀门异常、损坏问题），且系统调至自动控制档位下，才可运行。

●初次运行数据的记录与保存

做好初次运行数据的记录和保存，为系统运行时排查故障提供依据。

5) 运行报警连锁建议

表4-3 建议连锁及报警条件

CMF装置连锁报警		
1	设置点	进水温度过高
	设定值	温度>40℃
	连锁内容	激活报警，停机
	连锁延时	延时5秒钟激活报警，10秒钟后装置进入待启动状态
2	设置点	进水压力过高
	设定值	进水压力>300kPa
	连锁内容	激活报警，停机
	连锁延时	延时5秒钟激活报警，10秒钟后装置进入待启动状态
3	设置点	浓水压力过高
	设定值	浓水压力>100kPa
	连锁内容	激活报警，停机
	连锁延时	延时5秒钟激活报警，10秒钟后装置进入待启动状态
4	设置点	产水压力过高
	设定值	产水压力>50kPa
	连锁内容	激活报警，停机
	连锁延时	延时5秒钟激活报警，10秒钟后装置进入待启动状态
5	设置点	压差过高
	设定值	压差>100kPa

	连锁内容	激活报警
	连锁延时	延时5秒钟激活报警
6	设置点	压差极高
	设定值	压差>200kPa
	连锁内容	激活报警, 停机
	连锁延时	延时5秒钟激活报警, 10秒钟后装置进入待启动状态
7	设置点	反洗压力过高
	设定值	反洗压力>100kPa
	连锁内容	激活报警, 停止反洗泵
	连锁延时	延时5秒钟激活报警
8	设置点	产水通量过高
	设定值	产水通量>90L/(m ² ·h)
	连锁内容	激活报警, 停止产水泵
	连锁延时	延时5秒钟激活报警
9	设置点	产水通量过低
	设定值	产水通量<30L/(m ² ·h)
	连锁内容	激活报警
	连锁延时	延时5秒钟激活报警
10	设置点	反洗水通量过低
	设定值	反洗水通量<30L/(m ² ·h)
	连锁内容	激活报警
	连锁延时	延时5秒钟激活报警
11	设置点	清水池液位过高/过低
	设定值	根据现场设定
	连锁内容	激活报警
	连锁延时	延时5秒钟激活报警
12	设置点	产水池液位过高
	设定值	根据现场设定
	连锁内容	激活报警, 停机
	连锁延时	延时5秒钟激活报警, 10秒钟后装置进入待启动状态
13	设置点	产水池液位过低
	设定值	根据现场设定
	连锁内容	激活报警
	连锁延时	延时5秒钟激活报警

6) 运行记录

记录设备相关运行参数及运转情况，以便更好地掌握膜系统运行情况，出现故障可及时分析、解决，记录表见附件一。

4.5 膜污染与化学清洗

4.5.1 膜污染简介

膜污染是指在膜过滤过程中，水中的微粒、胶体粒子或溶质大分子由于与膜存在物理化学相互作用或机械作用而引起的在膜表面或膜孔内吸附、沉积，造成膜孔径变小或堵塞，使膜通量与分离特性发生改变的现象。

4.5.2 膜清洗

1) 清洗条件

- ① 当膜比通量降至初始值的60%时，需要进行化学清洗。
- ② 恒流量运行，当跨膜压差TMP上升至60kPa左右；
- ③ 当设备TMP每周上涨4~5kPa；
- ④ 当每平方米膜累积产水量达到80吨左右（例如运行通量50LMH时，运行时间达到约67天）。
- ⑤ 满足上述任一条件时，建议进行化学清洗。

2) 清洗注意事项

① 使用化学药品清洗时，必须遵循获得国家认可的安全操作规程。关于化学药品安全性、使用方法和排放处置的细节，请咨询该化学品的制造商。

② 所有清洗药液都必须从超滤的进水侧进入组件，防止清洗药液中可能存在的杂质进入膜丝内部。

③ 超滤装置进行化学清洗前，都必须先进行充分的气水反洗。

④ 清洗药液必须使用膜产水或更优质的水配制。

⑤ 清洗药液在循环进入膜组件前，必须经过过滤精度为50 μ m的过滤器，除去其中可能存在的杂物。

⑥ 清洗药液温度一般可控制在20~35℃，提高清洗药液温度能够增强化学药剂活性，提升清洗效果。

⑦ 在多种清洗药液复配清洗时，每次清洗后，应排净清洗液，用优质水冲洗干净，pH达到中性后，才可用另一种清洗药液清洗。

⑧ 由于超滤系统属于低压过滤系统，化学清洗时应控制管线的压力，以免压力过高造成系统受损或引起化学药品喷溅。

⑨ 清洗药液的处理要符合环保要求，保证清洗药液经中和或还原后再排放。

3) 清洗方案选择

当物理清洗效果不佳时，可采用化学清洗方法。在清洗前先进行污染物类型的判定，根据污染物不同选择合适的清洗方案，我司推荐的清洗方案见表4-4：

表4-4 建议清洗方案（有效浓度）

污染物质	清洗药液	清洗时间/h	清洗药液浓度
胶体、菌类、有机物污染	氢氧化钠 次氯酸钠	0.5-4	氢氧化钠<0.1%，次氯酸钠<0.5%
有机物、氧化物、硅络合物污染	氢氧化钠	0.5-4	0.2%
无机盐垢污染	柠檬酸 盐酸	0.5-4	<2% <1%
无机络合物污染	盐酸 草酸 柠檬酸 EDTA	0.5-4	1% 2% 2% 0.4%
铁锈污染	草酸 盐酸 亚硫酸氢钠	0.5-4	<2% <1% <1%

4) 化学清洗

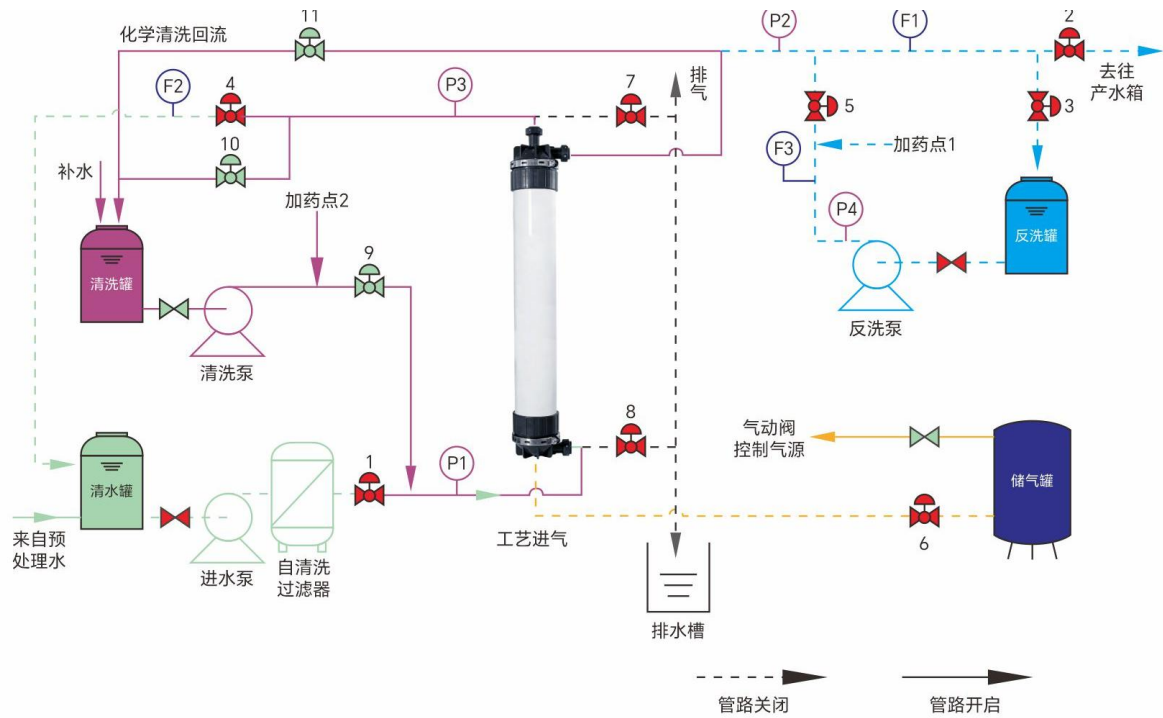


图4-8 化学清洗流程图

①停止运行待清洗机台，将待清洗机台自动/手动气水反洗至出水清澈，然后排空系统（排放液取样拍照）。

②关闭该机台所有阀门，准备化学清洗。

③在清洗水箱中配好清洗药液并混匀。

④打开该机台清洗进水阀9、清洗回流阀10、清洗产水阀11，打开保安过滤器进出口阀门。

⑤打开清洗泵，逐渐关小回流水箱阀门，控制保安过滤器出口压力 $<100\text{kPa}$ ，并观察清洗水箱液位，防止系统内漏导致药液不足或被稀释。

⑥循环15~30min，浸泡1~2h，再循环15~30min，根据现场情况执行此流程1~2次（记录循环浸泡时间）。

⑦循环浸泡结束后，将机台自动/手动气水反洗，直至出水清澈、pH为中性为止（排放液取样、拍照）。

⑧将清洗水箱、管路和清洗过滤器内药液放空，并用清水冲洗至pH中性，开机运行记录清洗效果。如需更换药剂清洗，重复上述流程。

⑨返回生产运行状态并记录清洗后机台运行数据。

注：严格记录清洗药剂种类、浓度、用药顺序，循环浸泡时间及清洗前后运行参数变化。

4.6 系统完整性检测及膜丝修补

4.6.1 完整性检测

1) 停机，关闭设备所有阀门，保证膜组件充满水。

2) 打开回流阀4，从膜组件产水侧预留的完整性检测点持续通入50kPa压缩空气。

3) 观察浓水透明管，若在60s内无较大连续气泡冒出，说明组件完整性良好；若有连续较大气泡冒出，则证明该组件有漏点，用记号笔在组件上做标记。



图4-9 浓水透明管示意

4) 关闭检测气源并打开产水阀2及产水取样阀进行排气，检漏完成。

4.6.2 修补

1) 按图4-10 顺序将标记有漏点膜组件的上端端盖拆下并安装浓水端堵头；

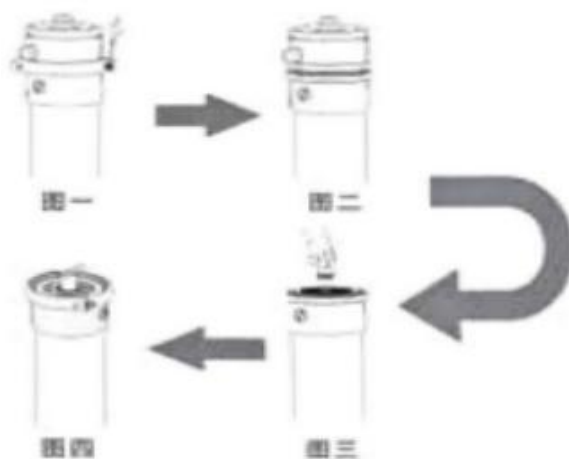


图4-10

2) 将系统气洗进气减压阀压力调至50kPa，打开进气阀门持续进气（期间观察系统进水压力表使其维持在50kPa以下）。

3) 如图4-11 所示，向即将修补组件的端面倒清水，找出有大气泡连续冒出的膜丝。



图4-11

4) 如图4-12所示，将确认有漏的膜丝用补漏专用钉将漏点堵住；



图4-12

5) 如图4-13所示，将补漏专用钉钉入膜丝，钉帽用壁纸刀沿端面切断，该漏点修补完成；

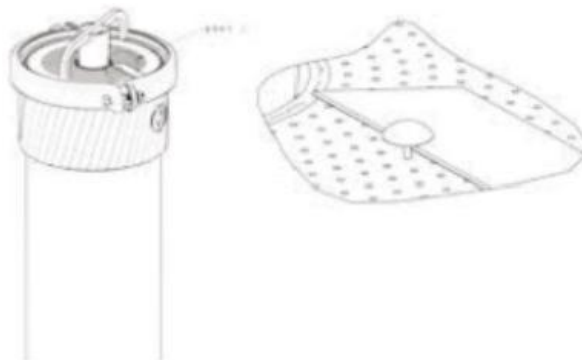


图4-13

6) 将其他膜组件漏点按上述流程修补，直至无漏点为止。

7) 将所有组件修补完成后，关闭系统进气阀，打开上排阀排气；

8) 将减压阀调整至正常运行压力（检漏前压力）。

9) 将补好的膜组件中心管及端盖安装好后恢复生产。

注：中心管安装要注意密封圈位置正确，安装前最好在密封圈处涂抹少量甘油。