



陶氏水处理及过程解决方案

Ultrafiltration 超滤膜产品与技术手册 (2016 版)



目 录

第 1 部分 公司简介

1-1	陶氏化学公司概况.....	1
1-2	陶氏水处理及过程解决方案简介.....	2
1-3	技术研发、生产、应用及服务简介.....	3

第 2 部分 超滤基础

2-1	膜分离技术简介.....	5
2-2	超滤技术简介	
2-2.1	超滤分离特性.....	6
2-2.2	超滤与传统过滤及微滤的区别.....	6
2-3	超滤运行模式	
2-3.1	超滤运行模式.....	7
2-3.2	超滤清洗工艺.....	8
2-4	超滤膜材料	
2-4.1	化学稳定性.....	9
2-4.2	亲水性.....	9
2-5	超滤膜的孔径.....	10
2-6	超滤膜组件的结构.....	11

第 3 部分 陶氏超滤膜产品特点和性能规范

3-1	陶氏超滤膜主要技术规范.....	12
3-2	陶氏 DOW™超滤膜产品一览表.....	13
3-3	陶氏 DOW™超滤膜组件应用业绩.....	14
3-4	陶氏 DOW™超滤膜组件	
📁	SFP-2660 及 SFD-2660 超滤膜组件.....	17
📁	SFP-2860 及 SFD-2860 超滤膜组件.....	19
📁	SFP-2880 及 SFD-2880 超滤膜组件.....	21
3-5	陶氏 IntegraPac™超滤膜组件	
📁	IP-51 及 IP-77 超滤膜组件.....	23
3-6	陶氏 IntegraPac™超滤集成膜块	
📁	IP-51 系列.....	25
📁	IP-77 系列.....	27
3-7	陶氏 IntegraFlux™超滤膜组件 SFP-2860,2880XP.....	29

3-8	陶氏 IntegraPac™超滤集成膜组件 IP-51,77XP.....	32
3-9	陶氏 IntegraPac™超滤集成膜块基于 IP-77XP.....	35
第 4 部分 水化学与预处理		
4-1	水化学.....	38
4-2	预处理.....	41
第 5 部分 超滤系统设计		
5-1	序言.....	43
5-1.1	超滤系统设计资料及原水分析报告.....	44
5-2	陶氏超滤膜组件的操作条件.....	46
5-3	陶氏超滤膜典型清洗工艺条件.....	46
5-4	陶氏超滤膜设计导则.....	48
5-5	超滤产水量和进水温度的关系.....	49
5-6	超滤的反洗和清洗系统	
5-6.1	反洗系统.....	49
5-6.2	化学加强反洗系统.....	50
5-6.3	化学清洗系统.....	50
5-6.4	空气压缩系统.....	51
第 6 部分 超滤膜的安装		
6-1	序言.....	52
6-2	装卸准备.....	52
6-3	安装膜组件.....	52
6-4	拆卸膜组件.....	52
第 7 部分 超滤系统的运行与操作		
7-1	序言.....	54
7-2	超滤膜运行步序	
7-2.1	过滤.....	54
7-2.2	气擦洗.....	55
7-2.3	底部排放.....	55
7-2.4	上反洗.....	55
7-2.5	下反洗.....	57
7-2.6	正洗.....	57
7-3	化学加强反洗(CEB).....	58

7-4	就地化学清洗(CIP).....	60
7-5	程序控制步序表	61
7-6	首次启动	
7-6.1	序言	63
7-6.2	启动前检查	63
7-7	启动程序	
7-7.1	超滤膜组件的冲洗.....	63
7-7.2	启动程序	64
7-7.3	自动控制	64
7-8	停机程序	
7-8.1	手动模式下的停机.....	64
7-8.2	自动模式下的停机.....	64
7-8.3	系统长时间停机	64
7-9	操作指导	
7-9.1	引言	65
7-9.2	进水水质	65
7-9.3	合适的运行参数	66
7-10	过程控制	
7-10.1	引言	67
7-10.2	手动控制模式.....	67
7-10.3	自动控制模式.....	67
7-10.4	装置关闭条件.....	67
7-10.5	建议装置联锁或者报警条件.....	68
7-11	运行记录	
7-11.1	引言	70
7-11.2	预处理运行参数记录	70
7-11.3	超滤系统运行参数记录.....	70
7-11.4	维修保养记录.....	71
7-12	系统性能标准化	72

第 8 部分 超滤系统的维护和故障排除

8-1	序言	75
8-2	日常维护	75
8-3	故障排除.....	75

第 9 部分 超滤膜完整性测试

9-1	完整性测试理论	77
9-2	完整性测试方法件	
9-2.1	气泡观察法	77
9-2.2	压力衰减法	78
9-3	陶氏超滤膜丝修补	79

第 10 部分 化学清洗

10-1	序言	82
10-2	化学清洗条件	82
10-3	化学清洗安全注意事项	83
10-4	化学清洗设备	83
10-5	化学清洗药剂	85
10-6	化学清洗步骤	86

第 11 部分 包装,运输与贮存

11-1	序言	89
11-2	膜组件	
11-2.1	包装与运输	89
11-2.2	贮存	90
11-3	超滤膜系统	90
11-4	超滤膜组件的防冻保护	90
11-5	超滤膜组件变干后的再湿润	91

第 12 部分 成功运行案例

12-1	大唐公司北京高井发电厂	92
12-2	新疆八一钢铁有限公司工业废水深度处理回用厂	93
12-3	西班牙海水淡化厂	96
12-4	澳大利亚穆兰巴煤层气废水回用	97
12-5	澳大利亚钢铁公司海水淡化项目	99
12-6	埃及杜姆亚特发电厂	101
12-7	埃及 El Shabab 发电厂	103
12-8	西班牙食品添加剂工厂	105
12-9	哥斯达黎加 ETH 乙醇和生物质能源工厂	107
12-10	中国吉林省某泉水净化生产瓶装矿泉水	108
12-11	韩国浦项制铁公司海水淡化	109

12-12	西班牙马斯帕洛马斯海水淡化	110
12-13	美国亚利桑那州喷泉山地区市政废水回用项目	112

第 13 部分 应用技术文献

13-1	采用 DOW™超滤作为预处理解决高浊度问题	114
13-2	可移动海水淡化系统为塞浦路斯居民提供每天 20000 吨的饮用水	120
13-3	陶氏 DOW™超滤膜 SFP-2880 在大唐托克托发电厂循环冷却排污水处理中的应用	124
13-4	使用陶氏超滤和反渗透技术为东欧饮料工业生产优质用水	130
13-5	使用陶氏超滤和反渗透技术解决高 COD 和油含量废水回用处理难题	135

第 14 部分 附录

14-1	超滤水处理应用术语	139
14-2	陶氏超滤膜温度校正系数	140
14-3	陶氏超滤膜组件膜丝修补程序说明	141
14-4	常见问题解答	143
14-5	陶氏超滤膜组件 SFP-2860(XP)和 SFP-2880(XP)安装指导说明图	147
14-6	陶氏超滤膜系统通用 P&IDs 图	149

第 1 部分 公司简介

1-1 陶氏化学公司概况

陶氏是一家多元化的化学公司，运用科学和技术的力量，不断创新，为人类创造更美好的生活。公司将可持续发展原则贯穿于化学与创新，致力于解决当今世界的诸多挑战，如满足清洁水的需求、实现可再生能源的生产和节约、提高农作物产量等。

- 1897 年，赫伯特·陶 (Herbert H. Dow) 在美国密歇根州米德兰市创建了陶氏化学公司
- 陶氏公司是全球领先的高科技化学品公司之一，位居世界 500 强前列
- 在 36 个国家设有 201 个生产基地
- 生产和供应 6,000 多种产品和技术
- 客户遍布全球 180 个国家和地区
- 全球拥有 53,000 名雇员
- 2013 年营业额约 570 亿美元

- 陶氏的产品与技术广泛服务于各类主要基本消费品市场

全新的业务结构包括:

功能产品和系统

- 功能系统
- 功能产品

高新材料

- 电子材料和特殊材料
- 涂料和基础设施

基础材料

- 基础塑料
- 基础化学品
- 碳氢化合物和能源

健康和农业科技

新的业务结构是基于优势竞争力和市场驱动力，进一步加强了陶氏对特种化学品及高成长高收益的创新型业务的战略定位，业务重心更倾向于高新材料及功能产品和系统。陶氏的产品应用涵盖民用、交通、纸张和印刷业、矿业、工业品市场、医疗健康与卫生保健、食品、电子产品和娱乐业、消费品、建筑、农业等领域。

陶氏化学（中国）投资有限公司

- 是陶氏在大中华地区所投资的控股公司，成立于 1998 年，总部设在上海
- 陶氏化学公司原译名道化学公司，简称陶氏公司或陶氏，1930 年代就通过代理商开展对华贸易
- 主要办事机构设在北京、上海、广州、成都、哈尔滨、乌鲁木齐香港和台湾
- 大中华地区有八个业务中心和 18 个生产基地
- 员工人数 3,500 多名
- 年销售额超过 45.5 亿美元(2011 年)

如需了解更多更新有关陶氏化学公司的资讯，请访问：<http://www.dow.com/>

1-2 陶氏水处理及过程解决方案业务部简介

全球五百强企业陶氏化学公司旗下的陶氏水处理及过程解决方案业务部（Dow Water & Process Solutions）是一家能够提供一整套先进的水处理技术产品和解决方案的提供者，并为离子交换树脂技术（IER）、反渗透膜（RO）、超滤膜（UF）、精密颗粒过滤器以及电除盐（EDI）等一系列产品的质量和可靠性要求制定行业标准。膜产品注册商标为DOW™ FILMTEC™ 反渗透膜、DOW™ 超滤膜、DOW™ EDI，离子交换树脂注册商标为DOWEX™、MARATHON™、MONOSPHERET™、AMBERLITE™、AMBERJET™、UPCORE™ 和 AMBERPACK™，这些技术和产品在很大程度上对家庭净水、电力用水、污水和废水处理及回用、工业工艺用水、超纯水、脱盐以及市政用水等领域起到了至关重要的作用，为可持续绿色经济发展做出卓越的贡献。

作为分离与净化领域可持续发展技术的领导者，陶氏水处理及过程解决方案业务部已有五十多年向工业用水和居民用水提供创新水处理解决方案的历史，并帮助全球各行各业取得真正的进步。如今，我们不再仅以生产力、效率或利润来定义真正的进步。随着全球水资源、食物、能源、气候以及健康的挑战日益严峻，真正的进步，在于寻求和利用一种可持续发展的生产方式，在减少对环境的影响的同时，改善水质，提高产水量，降低制水成本，同时有效减少能耗。采用陶氏先进的水处理技术和解决方案，可帮助用户实现“以最低成本，获得最高产水品质”的目标。

早在上世纪 80 年代，陶氏水处理及过程解决方案业务部就将其先进的膜技术引入了中国市场，并根据中国市场需求培养本土团队，为中国用户提供全方位的水处理解决方案。在水资源严重紧缺的今日，陶氏以其前沿科技和专业服务帮助中国用户实现水资源再利用和经济的可持续发展。2009 年，在上海投资兴建的陶氏水处理技术应用中心包含“重型实验室”和“轻型实验室”两大核心部分。重型实验室主要用于对膜产品进行综合的检测与分析，而轻型实验室则主要为离子交换树脂技术的应用研发服务。该中心的成立进一步强化了陶氏水处理及过程解决方案业务部在中国和亚太区的水处理技术应用能力。陶氏水处理及处理解决方案业务部在亚太区拥有一个研发实验室和三个生产基地，雇员约 425 人，并在中国组建了一支富有商业头脑、技术精湛的专业服务本地团队，为客户提供技术支持，帮助解决客户的技术难题。由于在技术创新方面的不懈努力，自 2006 年起，陶氏已连续八年荣获“中国水网”授予的水业膜元件膜组件用户满意设备最佳品牌奖。

1-3 技术研发、生产、应用及服务简介

1) 陶氏超滤膜技术研发

陶氏水处理及过程解决方案业务部以卓越的技术创新和强大的技术应用开发能力，结合精湛的设计和生产工艺，为客户提供高性能、超稳定、长寿命的陶氏超滤膜产品。

陶氏化学公司超滤膜的研发及应用中心分别设置在美国、西班牙及中国，拥有资深的膜分离技术专家，一直致力于研究开发超滤膜先进的工艺和制造技术，包括优异的膜材料配方、优质的膜丝结构以及严谨的组件构造、可靠的膜丝浇铸、合理的使用方式，并取得一系列专利技术。

陶氏化学公司在中国设立有超滤膜技术中心，拥有世界膜分离领域一流的膜技术专家，同时配备尖端仪器设备，为产品开发和为用户提供强大的技术支持。

2) 陶氏超滤膜先进生产技术和生产线

2009年，陶氏化学公司投资世界领先工艺的超滤膜生产线，其QA系统精确地控制从纺丝到组件生产环节的每一个细节，严格的生产程序使得 DOW™ 超滤具有良好的纤维强度、一致的孔径分布、超强的化学稳定性和高度抗污染的能力，实现产品高性能与可靠的表现，也树立了陶氏卓越品质的形象。

陶氏超滤已获得ISO9001质量体系认证，获得美国NSF认证（NSF/ANSI Standard 61 国际饮用水标准认证）、ET、

Public Health等各种认证。

陶氏化学公司在中空纤维超滤产品的生产过程中，严格依据 ISO9001:2000 标准的要求进行全程管理和控制，涵盖设计控制、采购控制、进货检验、生产程控与检验、成品检验、产品标识控制和产品防护控制等各过程。高标准的生产流程和精湛的加工工艺，保证了产品的一致性，充分满足了全球市场对超滤产品的质量要求。

陶氏超滤膜生产基地占地 20,000 平方米，包括一个面积为 4,700 平方米的膜产品制造中心和配备了先进的测试和分析设备、面积达 5,600 平方米的膜技术研发中心，目前拥有雇员逾 200 人，涉及应用研发、生产、制造和服务。膜产品制造中心专门生产面向全球市场的陶氏 DOW™ Ultrafiltration 超滤膜组件和 DOW™ Electrodeionization 连续电除盐器；此外，还提供 DOW IntegraPac™ 集成膜块及定制水处理系统，以满足客户不同应用的各种需求。

3) 陶氏超滤膜全球应用及服务

DOW™ Ultrafiltration 超滤膜组件在全球35个国家和地区使用，广泛应用于废水回用、海水淡化以及饮用水净化等领域。截止2013年底，DOW™ Ultrafiltration 超滤膜组件成功应用于全球 800 多个水处理项目，日产水量超过 5,000,000 立方米。

DOW™ Ultrafiltration 超滤膜组件在废水回用、海水淡化、反渗透预处理以及饮用水处理等方面有着广泛的应用，从循环水到炼油废水回用处理，从电子研磨废水到焦化废水回用处理，从市政污水到造纸废水回用处理，从工业废水回用到工业废水零排放处理，凭借优异的品质，DOW™ Ultrafiltration 超滤膜不断突破新的领域。如今，DOW™ Ultrafiltration超滤膜技术正在为全球越来越多的客户提供水资源解决方案。

陶氏化学提供一种称之为System Optimization Services (SOS) 的技术服务，它包括各种检查、诊断和试验项目，在陶氏水处理及过程解决方案网站上列有更详细的服务介绍。陶氏化学超滤膜技术中心配备了先进的测试和分析设备，同时拥有一支专业的技术服务队伍，能够为用户提供全面且多样化的水质分析服务、便捷的技术支持以及及时的故障诊断分析，为客户解决遇到的各种复杂难题。

欢迎垂询陶氏化学（中国）投资有限公司水处理及过程解决方案业务部：

上海分公司：

上海市张江高科技园区张衡路 936 号

邮编：201203

电话：(00)86-(0) 21-3851 1000

传真：(00)86-(0) 21-5895 1818

北京办事处：

北京市东长安街一号东方广场东方经贸城西三幢 1101 室

邮编：100738

电话：(00)86-(0) 10-8527 9199

传真：(00)86-(0) 10-8527 9299

广州办事处：

广州市天河区林和西路 3-15 号耀中广场 3616 室

邮编：510613

电话：(00)86-(0) 20-3813 0600

传真：(00)86-(0) 20-3839 6551

成都办事处：

成都市武侯区人民南路四段 3 号来福士广场 T2 办公楼 2001

邮编：610041

电话：(00)86-(0) 28-8292 6688

传真：(00)86-(0) 28-6511 2720

陶氏水处理及过程解决方案业务部

www.dowwaterandprocess.com

反渗透是最精密的膜法液体分离技术，它能阻挡所有溶解性盐及分子量大于 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可大于 95%，反渗透复合膜脱盐率一般大于 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大于 5bar，当进水为海水时，一般低于 84bar。

2-2 超滤技术简介

超滤是一种膜分离技术，其膜为多孔性不对称结构。超滤过滤过程是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，使用压力通常为 0.01~0.3 MPa，筛分孔径从 0.002~0.1 μm ，截留分子量为 1000~100,000 道尔顿左右。

超滤起源于 1748 年，Schmidt 用棉花胶膜或璐膜分滤溶液，当施加一定压力时，溶液（水）透过膜，而蛋白质、胶体等物质则被截留下来，其过滤精度远远超过滤纸，于是他提出超滤这一术语。1896 年，Martin 制出了第一张人工超滤膜。20 世纪 60 年代，分子量级概念的提出，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，进入到 21 世纪得到广泛应用。我国对该项技术研究较晚，上世纪 70 年代尚处于研究期限，80 年代末，才进入工业化生产和应用阶段。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、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。在食品饮料、矿泉水生产中，超滤也发挥了重要作用。因为超滤仅去除水中的悬浮物、胶体微粒和细菌等杂质，而保留了对人体健康有益的矿物质。

2-2.1 超滤分离特性

- 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为 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。

2-2.2 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) 能否有效分离除决定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一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。

2-3 超滤运行模式

2-3.1 超滤运行模式

超滤可以按照全流或死端过滤（Dead-end）、错流过滤（Cross-flow）和浓水排放过滤（Concentrate Bleed）三种运行模式操作。

全流或死端过滤模式

当超滤进水悬浮物、浊度和 COD 低时，比如洁净的地表水、井水、自来水和海水等水源，或者超滤前设置有较严格的预处理，比如有混凝/澄清器、砂滤器以及多介质过滤器等较差水质的水源，超滤可按照全流过滤模式操作。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、水反洗和正洗以及定期的化学清洗过程排出膜组件。

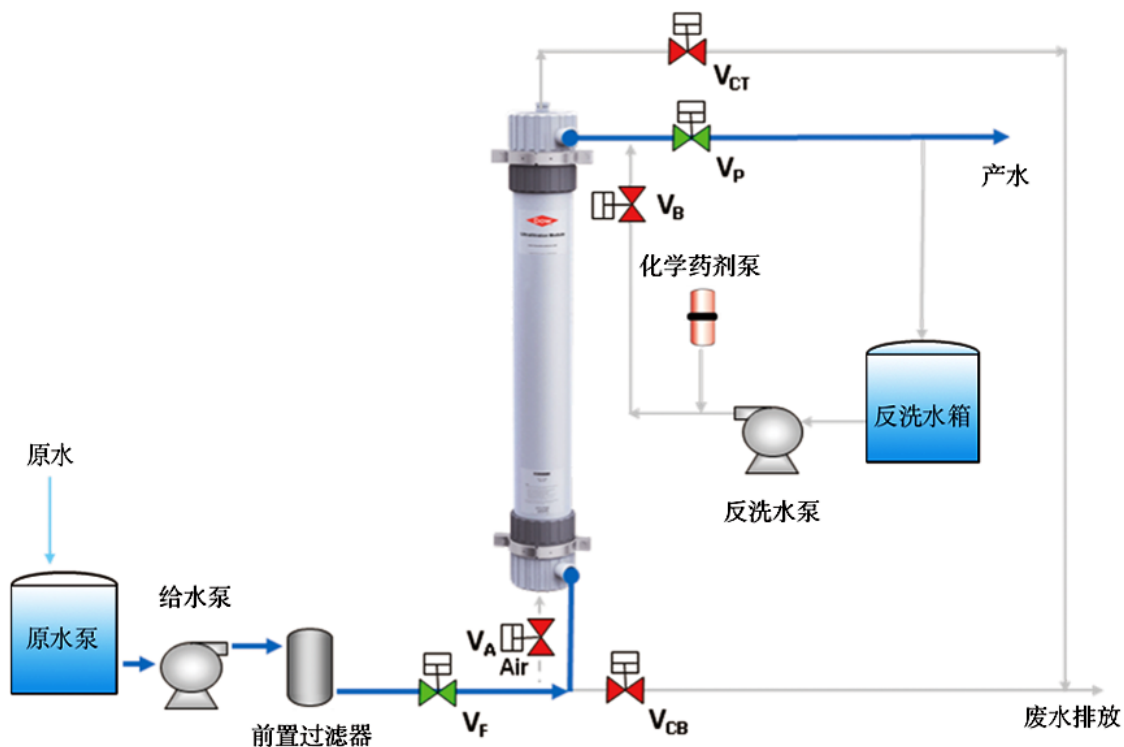




图 2-1 全流过滤模式

备注：

VA: 进气阀; VB: 反洗阀; VCB: 反洗排放阀; VCT: 浓水排放阀; VF: 进水阀; VP: 产水阀

 红色：关闭；  绿色：开启；

错流过滤模式

当超滤进水悬浮物、浊度较高时，比如污水或者污水回用处理应用，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。

浓水排放过滤模式

当超滤进水悬浮物含量较低时，超滤可按照浓水排放过滤模式来操作。进水进入超滤膜组件，以较低比例的浓水量排出膜组件，通常 5-10% 的进水量，大部分的进水透过膜表面成为产水产出。

浓水排放过滤和错流过滤模式操作同样需要定时气擦洗、水反洗和正洗以及定期的化学清洗来恢复超滤膜过滤性能。

全流过滤能耗低、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 以及通过中试实验来确定。

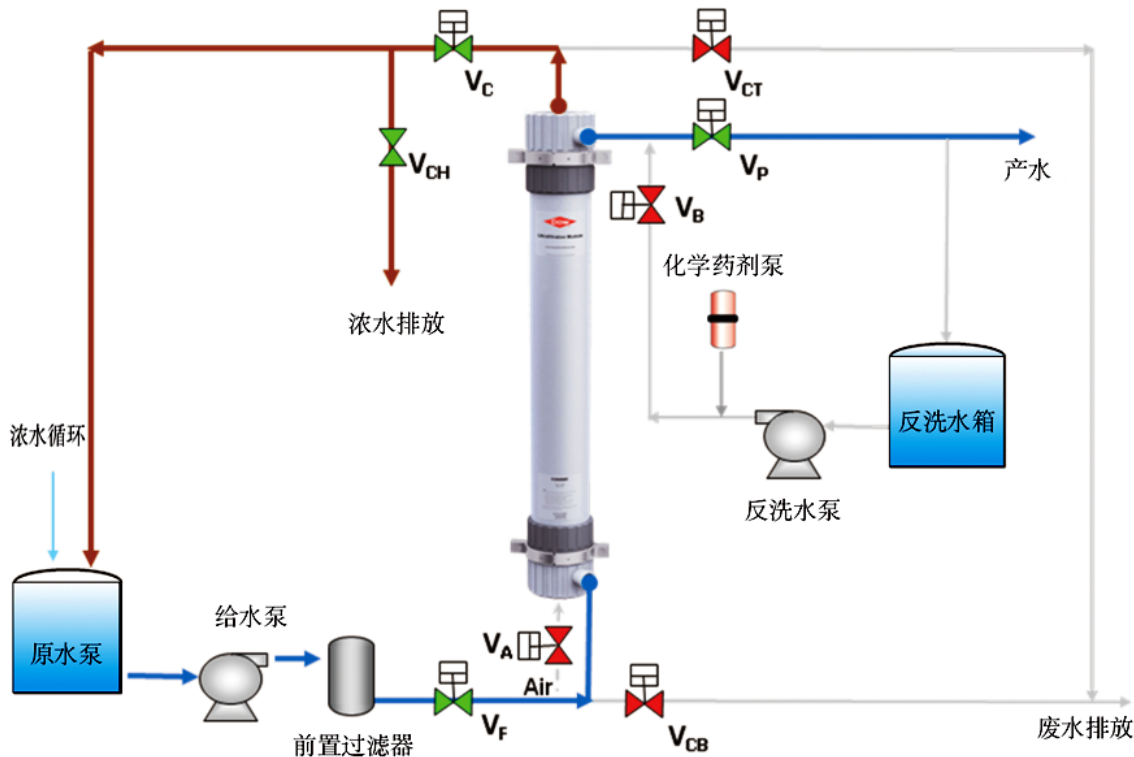




图 2-2 错流过滤或浓水排放过滤模式

备注:

VA: 进气阀; VB: 反洗阀; Vc: 浓水阀; Vcb: 反洗排放阀; Vct: 浓水排放阀; Vf: 进水阀; Vp: 产水阀

 红色: 关闭;  绿色: 开启;

2-3.2 超滤清洗工艺

超滤的清洗工艺包括物理清洗工艺的气擦洗、水反洗和正洗以及化学清洗工艺的化学加强反洗（**Chemical Enhanced Backwash**）和化学清洗（**Cleaning In Place**）等。其中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，而水反洗采用水流方向与产水方向相反的方式，水流透过膜孔，可以清除膜孔深层和膜表面的污染物，正洗则去除反洗残留的污染物，并排出在膜组件的气体。

化学加强反洗和化学清洗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。

2-4 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。

当超滤用于水处理时，其材质的化学稳定性和亲水性是两个最重要的性能。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；亲水性则决定了膜材料对水中污染物的抗污染能力，影响膜的通量。

2-4.1 化学稳定性

聚偏氟乙烯 (PVDF) 材质的化学稳定性最为优异，耐受氧化剂（次氯酸钠等）的能力是聚醚砜、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，此时聚偏氟乙烯 (PVDF) 材质体现出了其优越性。

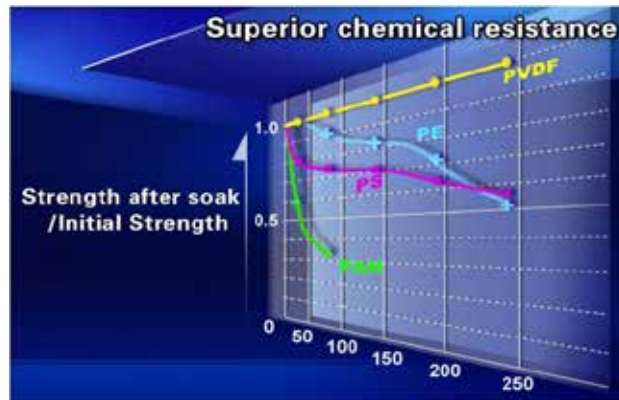
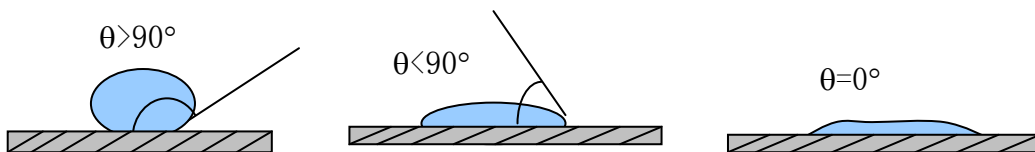


图 2-3. 5000ppm NaOCl 溶液下浸泡实验

2-4.2 亲水性

人们相信，亲水性好的膜材料就不容易被污染，污染后也容易清洗恢复。亲水性往往采用接触角来衡量。

接触角的含义如下图所示，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，以下是一些数据。



不同超滤膜材料的接触角数据

膜材料	接触角
纤维素(CA)	12~45°
聚醚砜(PES)	44~81°
聚丙烯(PP)	108°
聚砜(PS)	38~81°
聚偏氟乙烯(PVDF)	30~66°

注：不同膜产品，不同人测试结果差异较大，有些膜材料可能经过亲水改性。

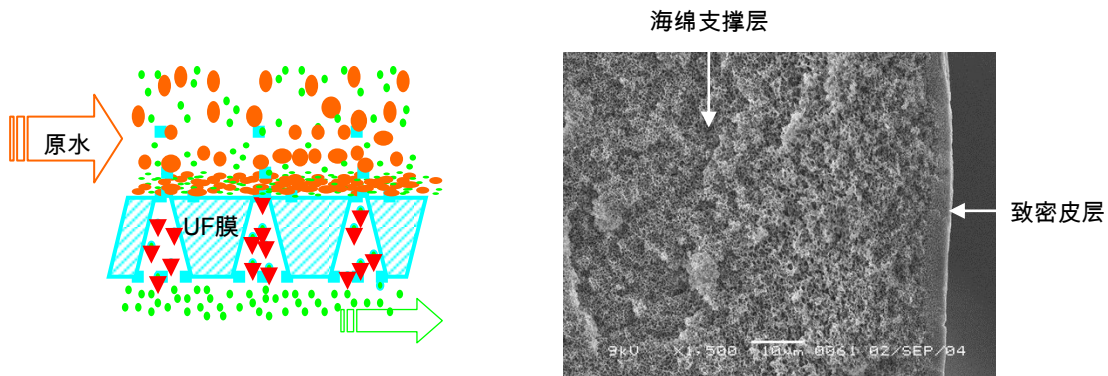
大量的研究发现，用接触角来评价膜的抗污染性能有一定的局限性。这是由于一方面接触角的测定数据本身不够准确，它受到被测材质表面的光滑程度、水的纯度以及测定技术的影响；另一方面，当浓差极化等问题突出时，膜本身性质的影响则退居次席。

2-5 超滤膜的孔径

超滤膜通常采用不对称结构，即由致密的皮层和多孔的支撑层构成，通常支撑层的孔径要比皮层高一个数量级以上。这种结构有以下的优点：

- a) 致密的皮层提高了过滤的精度；
- b) 多孔的支撑层降低了过滤的阻力，并且使得穿过皮层的微小杂质被截留的几率降低到最小。

这些优点使得超滤基本实现了表面过滤，清洗恢复性比微滤有明显的改善，因而其长期通量更稳定。



超滤膜的孔径有很多种测定和表征方法，其中泡点法是实施最为简便的一种。

泡点法理论基础是毛细现象。有如下的定量公式：

$$P = \frac{4\delta \cos \theta}{D}$$

式中：

- P 就是泡点压力，把膜浸入到水中，逐渐增加膜的一侧的气压，当观察到气泡连续从膜的另一侧逸出，此时的气压就是泡点压力；
- δ 是液体（水）/空气的表面张力；
- θ 是液体（水）—固体（膜）的接触角；
- D 是毛细管的直径（孔径）。

可以看到：

- a) 泡点测定方法测得的实际是膜上的最大孔径；

b) 膜孔径，即毛细管直径 D 越小，泡点压力越大。理论上，这个关系和膜的材质无关。

这一原理在超滤中的一个重要应用是完整性检测。在超滤膜的一侧为液体（水），另一侧通入压缩空气。通过观察气体侧压力下降的速率，或者观察液体侧是否出现连续气泡，来判断膜的完整性。

当然，进一步拓展该原理的“气体渗透法”不仅可以测定膜的最大孔径，而且能够测定膜的孔径分布。

2-6 超滤膜组件的结构

超滤膜组件的结构设计是连接膜丝特点和操作参数的中间纽带。在众多的形式中，目前以中空纤维膜为主，也有管式和卷式膜，组件的结构需要考虑的因素包括：

- 1) 尽量优化膜的填充密度，增加单位体积的产水量；
- 2) 尽量减小浓差极化的影响；
- 3) 对进水水质的要求越宽越好；
- 4) 便于清洗；
- 5) 降低制造成本。

中空纤维膜以其无可比拟的优势成为超滤的最主要形式。根据致密层位置不同，中空纤维滤膜又可分为内压膜、外压膜两种。

外压式膜的进水流道在膜丝和膜壳内壁之间，膜丝存在一定的自由活动空间，因而更适用于原水水质较差、悬浮物含量较高的情况，抗冲击能力强，适用范围广；内压式膜的进水流道是中空纤维的内腔，为防止堵塞，对进水的颗粒粒径和含量都有较严格的限制，因而适用于原水水质较好的工况。

第 3 部分 陶氏超滤膜产品特点和性能规范

3-1 陶氏超滤膜主要技术特征

陶氏超滤膜组件，采用聚偏氟乙烯 (PVDF) 材料，并经过专利的亲水改性处理，可长期耐受高浓度的氧化剂，充分抑制微生物繁殖。在工业应用的PVDF材料超滤膜组件中，DOW™系列超滤膜组件具有较小的公称直径，能够去除几乎所有的微粒、细菌、大多数病菌以及胶体；其极高的孔隙率使得DOW™系列超滤膜组件能够获得和微滤相当相近的通量，因而在大多数情况下是比微滤更好的选择。

陶氏超滤膜组件，采用纳污量更高的外压式结构，具有更大的过滤面积，允许采用气擦洗工艺，使清洗更简便、更彻底，可以最大限度地减小膜丝污堵，恢复超滤膜的通量。采用外压式的结构设计，通常以死端或全流过滤为主，但也可以很方便地转换成浓水排放过滤或者错流过滤模式，与后两种过滤模式相比，全流过滤的进水流量小、能耗低，因而运行成本更低。

陶氏超滤膜组件具有如下主要技术特征和优势：

- 过滤孔径小，产水品质高

陶氏超滤膜0.03 μm的公称膜孔径可有效去除细菌、病毒、颗粒物以及胶体等，以保护反渗透膜（RO）等下游工艺

- 耐氧化、抗污染的聚偏氟乙烯（PVDF）膜丝材质，使用寿命长

目前全球超滤主流产品分为聚偏氟乙烯（PVDF）和聚醚砜（PES）两大类主体材料。PVDF材料的重要优势是其化学稳定性远远优于聚醚砜材料，特别是耐受氧化剂能力更强。而氧化剂清洗是解决生物和有机物污染的主要手段，因此PVDF材料的超滤膜更耐久，长期通量更稳定；陶氏超滤膜采用专利的共混配方使得膜丝的抗拉和抗压机械强度大大提高，从而更好地适用于废水或者废水回用处理时恶劣的运行状况和清洗条件，避免了其它膜丝机械强度低的缺陷。

- 专利亲水改性处理的PVDF中空纤维膜，抗污染能力强、运行性能稳定

陶氏超滤膜在提高强度、提高过滤精度的同时，特别进行了膜材料的改性。专利的改性技术使得PVDF超滤膜的亲水性大大提高，从而更进一步提高了超滤的抗污染能力，而且污染后容易清洗恢复，有助于长期保持运行性能稳定。

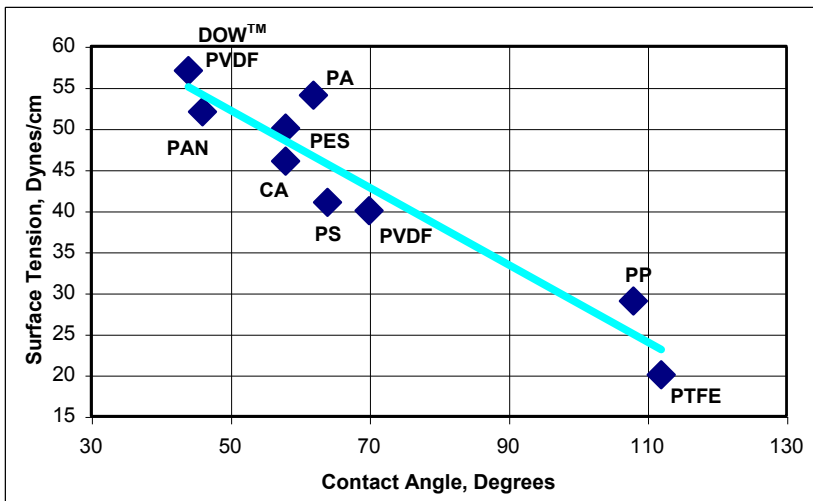


图3-1. 不同材料的接触角

• **外压式结构膜组件，纳污量大、易清洗、适用范围广**

在超滤膜组件中，中空纤维膜丝内腔空间是固定的，而膜丝之间存在着自由活动的空间。因此采用外压式进水方式，对于进水最大颗粒尺寸的限制以及进水悬浮物浓度的限制都更宽松，因而大大降低了过滤流道被堵塞的风险或几率。例如类似外压式结构的膜生物反应器（MBR），可对高悬浮物污水直接进行处理。同时，由于膜丝之间存在的自由活动空间，外压式超滤可以采用最廉价、高效的和环保的气擦洗方式对超滤膜进行清洗；而内压式则不能或者不建议采用气擦洗方式，而往往必须采用频繁的加强反洗或化学清洗来缓解污染的问题。

表3-1. 常规外压式和内压式超滤对进水水质的要求

项 目	超滤品牌 A	超滤品牌 B	DOW™
过滤方式	内压	内压	外压
纤维丝外径/内径, mm	1.3/0.7	1.3/0.8	1.3/0.7
预过滤精度要求, μm	100	150	300
进水最大浊度, NTU	50	100	300

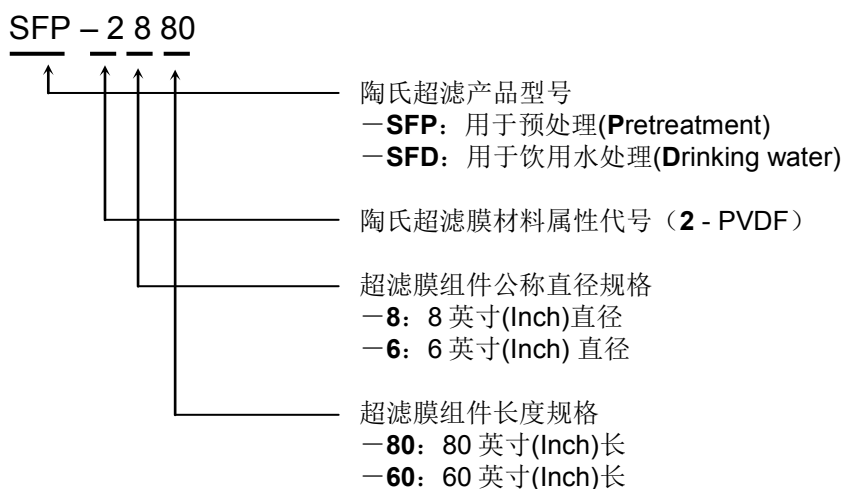
• **气擦洗工艺，通量恢复性好**

陶氏超滤膜高机械强度的膜丝和先进的浇注工艺，适用于更高强度的气擦洗工艺，清洗效率高，系统回收率高，运行经济、环保。

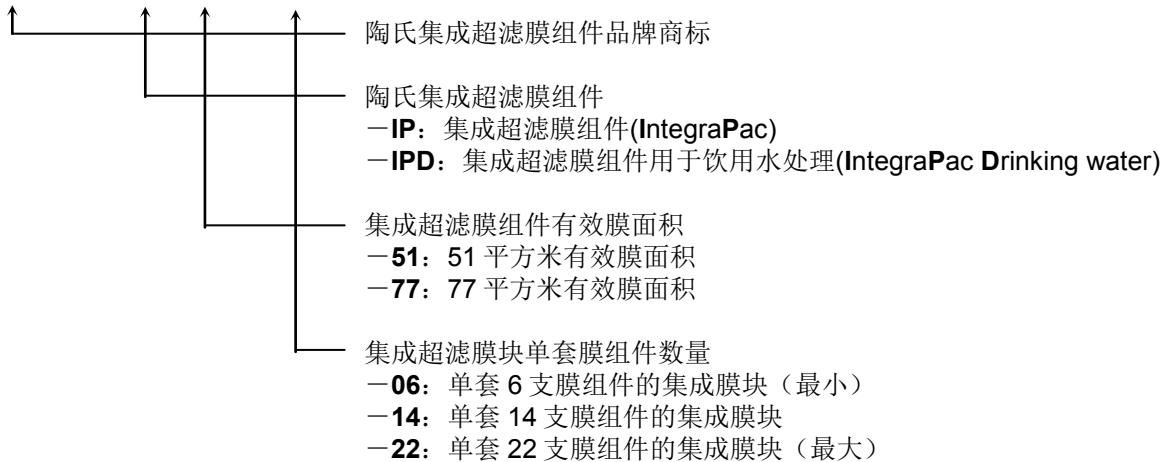
- U-PVC外壳, 无需额外昂贵的压力容器
- NSF/ANSI Standard 61 国际饮用水标准认证

3-2 陶氏DOW™超滤膜产品一览表

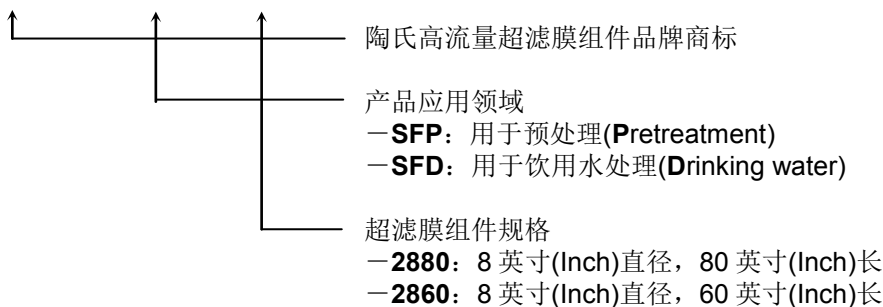
陶氏超滤膜组件有不同的型号，每种型号针对不同的应用和系统规模等使用条件：



IntegraPac™ IP – 51 – (14)



IntegraFlux™ SFP – 2880 XP



3-3 陶氏 DOW™超滤膜组件应用业绩

陶氏水处理及过程解决方案业务部是全球膜技术的领导者和最大膜制造商，陶氏 DOW™超滤膜组件在全世界范围内被广泛使用，包括海水淡化、地表水、二级或三级废水处理以及工业废水处理等。

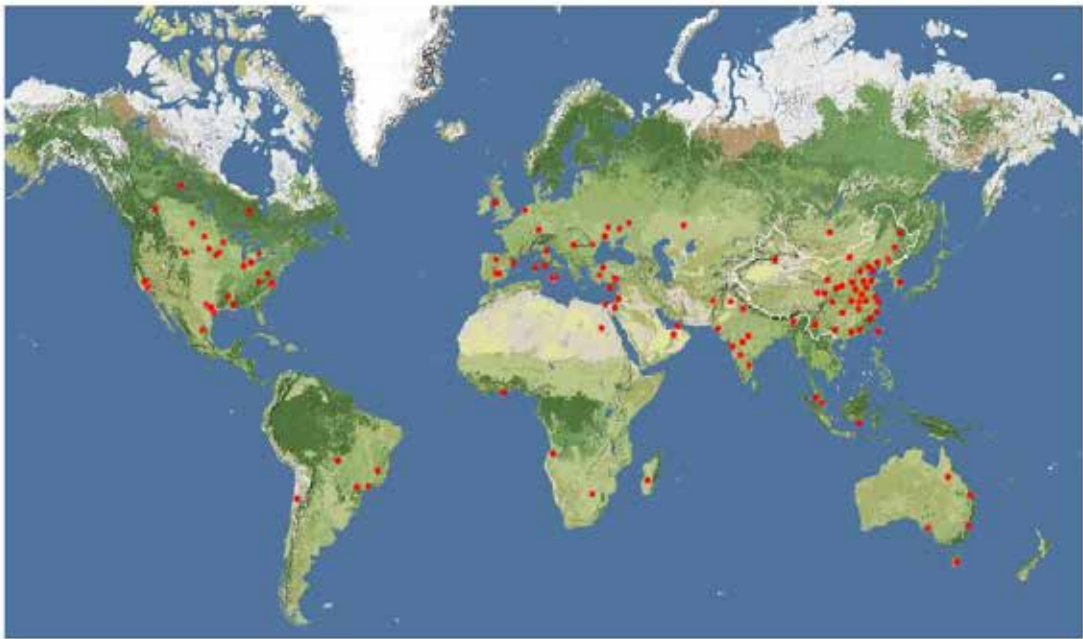


图 3-2. 陶氏超滤膜组件全球业绩

在中国近二十年来，膜法水处理系统经过国内工程公司和终端用户的共同努力，日益完善，在海水淡化、废水、高污染水和工业废水处理等领域的推广应用取得了巨大的成功。陶氏 DOW™ 超滤膜组件在处理复杂水质的大量工程业绩中，以及在行业权威科研机构组织的对比实验中都表现优异。

随着 2009 年陶氏先进的超滤膜生产线投产，从此开始了陶氏 DOW™ 超滤膜组件在全球的大规模工业应用。随着中国水资源的日益短缺和水质污染的加重，陶氏化学向市场推出了高度抗污染、抗氧化的 PVDF 超滤膜组件，凭借卓越的性能，不断在工业领域特别在废水回用领域开创先河，在全球建立了多个里程碑式的成功应用业绩，为终端用户节约水资源、降低成本做出了贡献。

国内外经典重要项目使用情况简介如下：

中国电力系统第一套全膜法锅炉补给水处理系统选用陶氏 DOW™ 超滤膜组件

中国第一套 2x30 万千瓦火力发电机组全膜法锅炉补给水处理系统选用陶氏 DOW™ 超滤膜组件，处理黄河水

中国第一套 2x60 万千瓦火力发电机组全膜法锅炉补给水处理系统选用陶氏 DOW™ 超滤膜组件，处理地表水

中石化第一套规模型 (>500m³/h) 炼油废水回用系统选用陶氏 DOW™ 超滤膜组件，处理炼油废水

中国第一套 100 万千瓦火力发电机组双膜法水处理系统选用陶氏 DOW™ 超滤膜组件，回用市政污水

中国目前最大 10 万吨每天膜法水厂选用陶氏 DOW™ 超滤膜组件和 FILMTEC™ 纳滤膜元件，提供市政饮用水

中国第一套煤制 180 万吨/年甲醇 60 万吨/年烯烃污水回用系统采用陶氏 DOW™ 超滤膜组件，回用煤化工废水

中国第一套 40 亿立方米/年的煤制天然气项目除盐水系统和污水回用系统采用陶氏 DOW™ 超滤膜组件

中国最大规模的焦化废水回用系统采用陶氏 DOW™ 超滤膜组件，回用焦化废水

中国最大规模的造纸废水回用系统采用陶氏 DOW™ 超滤膜组件，回用造纸废水

中国第一套大型纺织印染废水回用双膜法处理工艺中，选用 DOW™ 超滤膜组件，回用处理复杂的织印染废水

中国最大规模的钢铁冶金废水回用系统采用陶氏 DOW™ 超滤膜组件，回用冶金废水

陶氏超滤膜不断为膜法水处理开辟使用的先河，为工业节水开创了新工艺、新技术，获得用户和市场的广泛认可。DOW™ Ultrafiltration 超滤膜组件在废水回用、海水淡化、反渗透预处理以及饮用水处理等方面有着广泛的应用，从循环水到炼油废水回用处理，从电子研磨废水到焦化废水回用处理，从市政污水到造纸废水回用处理，从工业废水回用到工业废水零排放处理，凭借优异的品质，DOW™ Ultrafiltration 超滤膜不断突破新的领域。如今，DOW™ Ultrafiltration超滤膜技术正在为全球越来越多的客户提供水资源解决方案。

DOW™ Ultrafiltration 超滤膜组件在全球35个国家和地区使用，广泛应用于废水回用、海水淡化以及饮用水净化等领域。截止2013年底，DOW™ Ultrafiltration 超滤膜组件成功应用于全球 800 多个水处理项目，日产水量超过 5,000,000 立方米。

如需要了解更多陶氏 DOW™超滤膜组件的详细资料，请联络陶氏水处理及过程解决方案业务部。

上海 0086-(0)21-3851 1000

北京 0086-(0)10-8527 9199

广州 0086-(0)20-3813 0600

台北 00886-(0)2-2771 8000

成都 0086-(0)28-8292 6688

www.dowwaterandprocess.com



Water
& Process
Solutions

DOW™ Ultrafiltration Modules

陶氏超滤膜组件

SFP-2660 及 SFD-2660 型号

特征

陶氏超滤 (UF) 膜组件采用高强度、中空纤维膜制造而成，具有如下优异特性和优点：

- 公称孔径 0.03 微米，可以有效滤除细菌、病毒以及胶体等微粒，以便保护反渗透等下游工序
- PVDF 聚合中空纤维强度高且耐化学物腐蚀性能好，可延长膜使用寿命
- 亲水改性 PVDF 纤维膜丝，便于清洗，可湿性好，有助于保持性能长期稳定
- 外压式设计允许较大粒径的固态物进入，可降低对预处理工艺的要求
- 采用 U-PVC 外壳，可避免使用成本较高的压力容器

该膜组件理想适用于容量为 50 m³/hr (220 gpm) 及以下的系统。与长度较大的膜组件相比，长 60 英寸的该膜组件能够更有效地处理各种进水。此外，该膜组件直径为 6 英寸，尺寸较小，可实现比较紧凑的设计，非常适用于空间受限的场合。

陶氏超滤组件广泛用于地表水、海水、工业废水以及二级污水回用等各种水处理应用。

产品规格

型号	产品编号	有效膜面积		膜组件容量		重量 (空载/满载)	
		平方米	平方英尺	升	加仑	公斤	磅
SFP-2660	280931	33	355	16	4.2	25/41	55/90
SFD-2660	324166	33	355	16	4.2	25/41	55/90

图 1

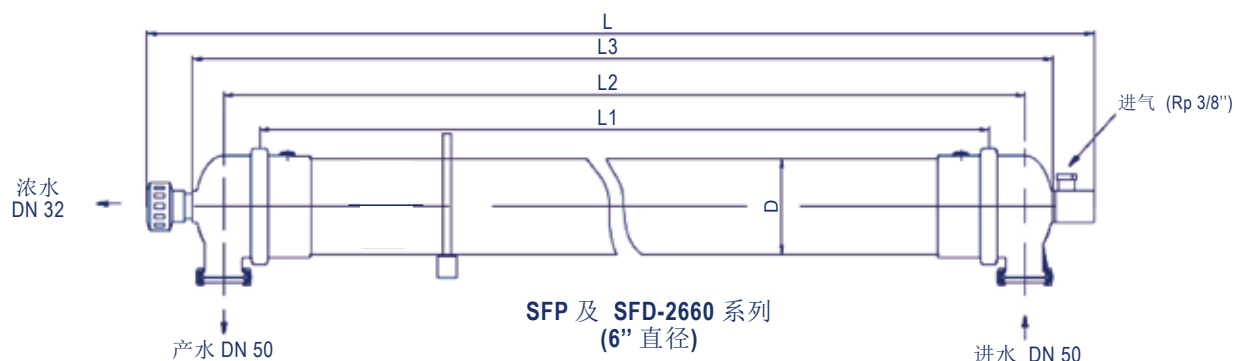
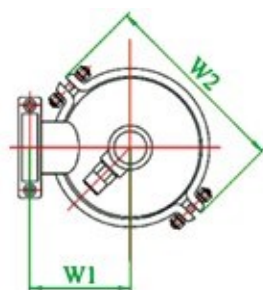


图 2



特性 单位	长度				直径 D	宽度	
	L	L1	L2	L3		W1	W2
SI (毫米)	1860	1500	1610	1710	165	125	250
US (英寸)	73.2	59.1	63.4	67.3	6.5	4.9	9.8

运行参数

	公制单位	美制单位
25°C 下过滤通量	40-120 l/m ² /hr	24-70 gfd
流量范围	1.3-4.0 m ³ /hr	5.9-17.3 gpm
运行时 pH 值	2-11	
温度	1-40°C	34-104°F
最大膜组件进水压力 (@ 20°C)	6.25 bar	93.75 psi
最大工作跨膜压差	2.1 bar	30 psi
最大反洗压力	2.5 bar	36 psi
最大 NaOCl 耐受浓度	2,000 mg/L	
最大悬浮固体耐受浓度	100 mg/L	
浊度 (最高耐受度)	300 NTU	
颗粒粒径	300 微米	
流向设置	外压式, 死端过滤	
预期过滤浊度	≤ 0.1 NTU	
预期过滤污泥密度指数 (SDI)	≤ 2.5	

重要提示

UF 系统的正常启动, 对确保膜正常工作以及防止膜损坏是非常重要的。按照正确的启动程序操作, 有助于确保系统运行参数符合设计规范, 从而达到系统水质及产水目标。在初始化系统启动程序之前, 应进行膜预处理、膜组件安装、设备调试及其它系统检测等工作。有关详情, 敬请参阅产品技术手册。

操作指南

在启动、关闭、清洗或其它操作过程中, 应避免压力骤变, 以防止可能的膜损坏。在启动之前, 应冲洗 UF 系统, 以清除运输保护液, 并排尽残留空气。初次运行时, 请手动启动该设备, 起始产水量控制为设计产水量的 60%。初次工作时的产水应直接排放掉, 具体视应用而定。

一般性提示

如不严格按照本文规定的操作限值和指南进行操作, 有限质保将无效。

在系统停运期间, 建议在膜组件中注入保护液, 以防止系统中微生物滋生。

如需获取更多有关 DOW™ Ultrafiltration 超滤膜组件的更多信息, 请拨打陶氏水处理及过程解决方案的电话:

中国大陆地区
 免费电话: +400 889-0789
 上海
 电话: (8621) 3851 1000
 传真: (8621) 5895 1818
 北京
 电话: (8610) 8527 9199
 传真: (8610) 8527 9299
 广州
 电话: (8620) 3813 0600
 传真: (8620) 3839 6551
 香港
 电话: (852) 2879 7333
 传真: (852) 2827 7860
 台湾
 电话: (886) 2 2771 8000
 传真: (886) 2 2776 5252

<http://www.dowwaterandprocess.com>

注意: 使用本产品本身并不能保证从水中有效去除孢囊和病原体。孢囊和病原体的有效去除取决于整个系统设计及系统运维。

注意: 任何人不得推定其在本文件下有使用陶氏和其他人所拥有的专利的自由。由于使用条件和适用法规可能因地因时而异, 顾客有责任确定本文件里的产品和产品信息是否适合其使用, 并确保自己的工作场地和处理产品的方式符合可适用的法律和其它政府法规。陶氏对本文件中的信息不承担任何义务或责任; 也未提供任何保证。所有关于产品的可售性或对某一特殊用途的可适用性的默示保证均在此明确地予以排除。



DOW™ Ultrafiltration 陶氏超滤膜组件
SFP-2860 及 SFD-2860

性能特点

DOW™ Ultrafiltration(UF) 膜组件由高强度的中空纤维膜组成，其膜丝具有如下特点与优势

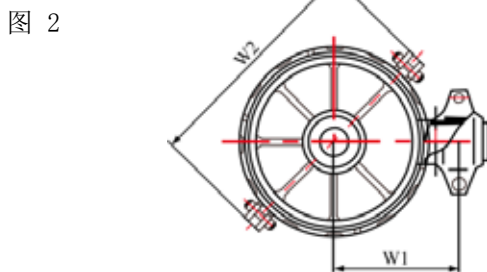
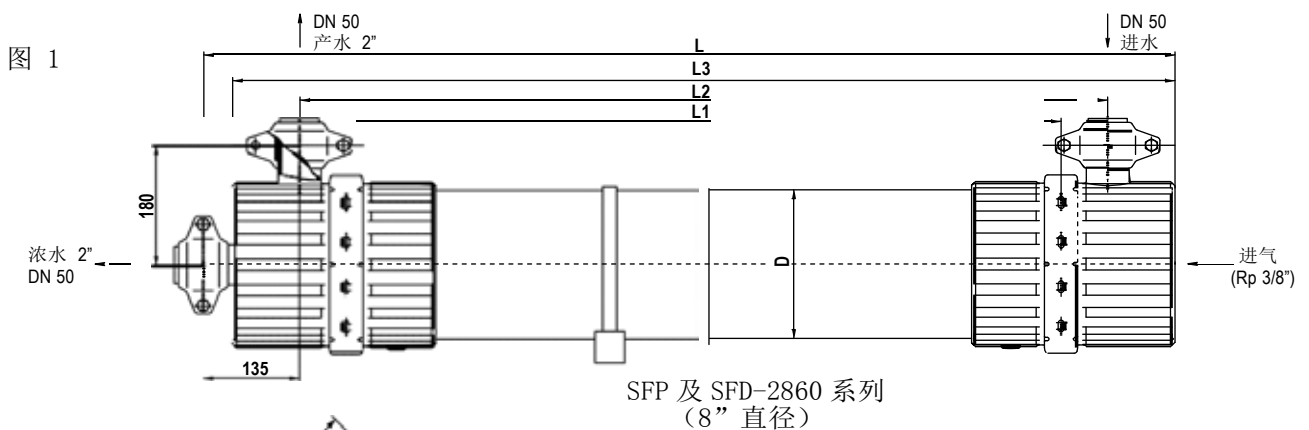
- 0.03 μm 的公称膜孔径可以去除细菌、病毒、颗粒物质包括胶体，以保护后续工艺设备如反渗透系统。
- 高强度、耐化学药品能力强的 PVDF 聚合中空纤维膜丝确保了膜组件更长的使用寿命。
- 亲水性的 PVDF 纤维膜丝易于清洗和润湿的特点使其能长期保持良好性能。
- 外压式结构能承受更高的进水悬浮物浓度，减少预处理工艺。
- 采用 U-PVC 材质的膜壳，可消除对昂贵的压力容器的需求。

SFP-2860 膜组件适用于容量大于 50m³/hr (220 gpm) 的系统。较大直径的膜组件(8 英寸) 具有 Dow™ Ultrafiltration 产品中最大的有效膜面积，能实现更经济的膜系统设计。相比较长的膜组件，较短的膜组件(60 英寸)提供较高的分离效率，能适应更宽广的进水水质范围。

Dow™ Ultrafiltration 膜组件能广泛应用于水处理的各种领域，比如地表水、海水、工业废水和二级生化出水等等。

产品规格

型号	类型	产品编号	有效膜面积		膜组件容量		重量	
			平方米	平方英尺	升	加仑	千克	磅
SFP-2860	预处理	280933	51	549	35	9.3	48/83	106/183
SFD-2860	NSF/ANSI 61 饮用水	324168	51	549	35	9.3	48/83	106/183



参数	长	直径	宽
单位	L	D	W1 W2
国际单位 (毫米)	1860	225	180 342
美制单位 (英寸)	73.2	8.9	7.1 13.5

运行参数

	国际单位	美制单位
过滤通量 @ 25°C	40 - 120 l/m ² /hr	24 - 70 gfd
流量范围	2.0 - 6.1 m ³ /hr	9.2 - 26.7 gpm
pH 范围, 运行	2 - 11	
温度	1 - 40°C	34 - 104°F
最大进水压力 (@ 20°C)	6.25 bar	93.75 psi
最大运行跨膜压差	2.1 bar	30 psi
最大运行空气冲洗流量	12 Nm ³ /hr	7.1 scfm
最大反洗压力	2.5 bar	36 psi
最大 NaOCl 耐受浓度	2,000 mg/L	
最大悬浮固体耐受浓度	100 mg/L	
浊度 (最大)	300 NTU	
颗粒粒径 (最大)	300 µm	
流向设置	外压式, 死端过滤	
预期产水浊度	≤ 0.1 NTU	
预期产水	≤ 2.5	



重要信息

在膜系统准备投入运行时, 为了防止膜损坏, 正确启动 UF 系统是十分必要的。遵循正确的启动顺序有助于确保系统运行参数符合设计规范, 从而使系统水质和水量达到既定的设计目标。在膜系统初次启动开机程序前, 应完成膜系统的预处理系统调试、膜元件的安装、仪表的标定及其他系统检查。如需获取更多信息, 请参考产品技术手册。

操作指南

在启动、停机、清洗或其他过程中, 为防止潜在的膜破坏, 应避免组件产生任何突然的压力。

在启动之前应清洗 UF 系统以去除运输用保护溶液以及系统中残留的空气。手动启动设备。首次运行时设置产水量为设计水量的 60%。根据产水用途, 膜组件首次投运时, 起始产水应该排放。

通用信息

如果用户没有严格遵循本规范设定的操作限值和导则, 有效质保将失效。

系统停机时, 为了防止微生物滋长, 建议将保护液注入膜组件中。

监管提示

NSF/ANSI 61 注册饮用水组件在生产饮用水之前要求特定的调试程序。请参考产品技术手册的冲洗部分。在一些国家, 饮用水组件可能受额外监管限制。请在使用和销售前核对当地监管指导和许可申请进展。

如需获取更多有关陶氏 Ultrafiltration 的更多信息, 请致电陶氏水处理及过程解决方案业务部:

注意: 使用本产品并不对从水中去除孢囊和病原体提供质保。孢囊和病原体的有效去除取决于整个系统的设计及系统的运行和维护。

中国大陆地区

免费电话: +400 889-0789
上海
电话: (8621) 3851 1000
传真: (8621) 5895 1818
北京
电话: (8610) 8527 9199
传真: (8610) 8527 9299
广州
电话: (8620) 3813 0600
传真: (8620) 3839 6551
香港
电话: (852) 2879 7333
传真: (852) 2827 7860
台湾
电话: (886) 2 2771 8000
传真: (886) 2 2776 5252

注意: 任何人不得推定其在本文件下有使用卖主或其他人所拥有的专利的自由。由于使用条件和适用法律可能因时因地而异, 顾客有责任确定本文件里的产品和产品信息是否适合顾客使用, 并确保自己的工作场地和处理产品的方式符合可适用的法律和其他政府法规。卖主对本文件中的信息不承担任何责任或义务; 也未提供任何保证。在本文件下关于产品的可售性或对其一特殊用途的可适用性的所有默示保证均在此明确地予以排除。

<http://www.dowwaterandprocess.com>



Water
& Process
Solutions

DOW™ Ultrafiltration 陶氏超滤膜组件 SFP-2880 及 SFD-2880

特征

DOW™ Ultrafiltration 超滤组件由高强度中空纤维膜构成，具有以下出色的特征及优点：

- 0.03 μm 的公称孔径，可有效去除细菌、病毒以及包括胶体在内的颗粒，以保护反渗透膜 (RO) 等下游工艺。
- PVDF 聚合物中空纤维具有高强度和良好的抗化学腐蚀能力，从而延长膜的使用寿命。
- 亲水性 PVDF 纤维易于清洗和湿润，有助于长期保持性能稳定。
- 超滤的外压式结构，可耐受更高的进水固体含量，从而减少预处理过程。
- 具有 U-PVC 外壳，无需昂贵的压力容器。

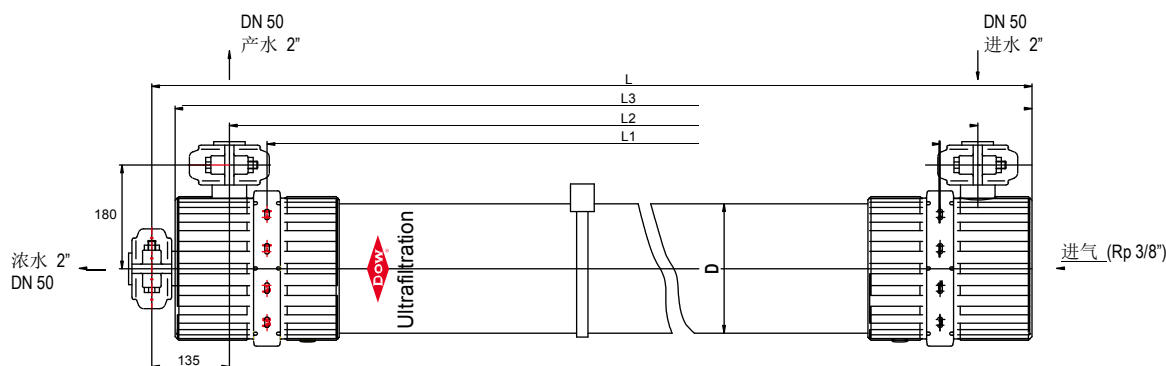
该型号组件适用于容量在 50 m³/hr (220 gpm) 以上的系统。更长的组件长度 (80 英寸)，更大的有效膜面积 (直径达 8 英寸)，以及更大的填充密度 (多达 10,000 根纤维)，使其成为 DOW™ 超滤组件中有效膜面积最高的组件。2880 系列超滤组件有助于实现更经济的膜系统设计。

DOW™ 超滤组件可广泛用于地表水、海水、工业废水以及二级生化出水等各种水处理应用。

产品规格

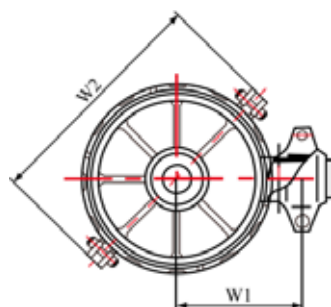
型号	类型	产品编号	有效膜面积		膜组件容积		重量 (空 / 注满水)	
			平方米	平方英尺	升	加仑	千克	磅
SFP-2880	预处理	280934	77	829	39	10.3	61/100	135/220
SFD-2880	NSF/ANSI 61 饮用水	324169	77	829	39	10.3	61/100	135/220

图 1



SFP 及 SFD-2880 系列
(8" 直径)

图 2



特性	长度				直径	宽度	
单位	L	L1	L2	L3	D	W1	W2
国际单位 (毫米)	2360	2000	2130	2320	225	180	342
美制单位 (英寸)	92.9	78.7	83.9	91.3	8.9	7.1	13.5

运行参数

	国际单位	美制单位
过滤通量 (25°C)	40 - 120 l/m ² /hr	24 - 70 gfd
流量范围	3.1 - 9.3 m ³ /hr	13.6 - 40.9 gpm
运行时的 pH 范围	2 - 11	
温度	1 - 40°C	34 - 104°F
最大进水组件压力 (20°C 时)	6.25 bar	93.75 psi
运行时最大跨膜压差	2.1 bar	30 psi
运行时最大气洗流量	12 Nm ³ /hr	7.1 scfm
最大反洗压力	2.5 bar	36 psi
最大 NaOCl 耐受浓度	2,000 mg/L	
最大悬浮固体耐受浓度	100 mg/L	
浊度 (最高)	300 NTU	
颗粒粒径 (最大)	300 μm	
流向设置	外压式结构、死端过滤	
预期产水浊度	≤ 0.1 NTU	
预期产水污泥密度指数 (SDI)	≤ 2.5	



重要说明

为保证膜的正常使用以及避免发生损坏，应正确启动 UF 系统。而且遵守正确的启动程序，可以保证系统运行参数符合设计规范，从而达到系统水质量和产量目标。在启动系统之前，应进行膜预处理、膜组件安装、仪表校准及其它系统检查。

操作指南

在启动、关闭、清洗或其它过程中应避免发生突然的压力变化，防止对膜造成损坏。在启动前应冲洗 UF 系统，去除运输保护液。在启动前应排除系统中残留的空气。应手动启动设备。在试运行过程中，将产水量设定为设计流量的 60%。初期运行获得的产水应视具体应用而考虑弃量不用，详情请参考产品技术手册。

通用信息

若不严格遵守本说明中有关操作的规定，则产品有限质保将无效。

在系统停运期间，建议在膜组件中注入保护液，以防止系统中微生物滋生。

监管提示

NSF / ANSI 61 注册饮用水组件在生产饮用水之前要求特定的调试程序。请参考产品技术手册的冲洗部分。在一些国家，饮用水组件可能受额外监管限制。请在使用和销售前核对当地监管指导和许可申请进展。

如需获取更多有关陶氏 Ultrafiltration 的更多信息，请致电陶氏水处理及过程解决方案业务部：

中国大陆地区

免费电话： +400 889-0789
 上海
 电话： (8621) 3851 1000
 传真： (8621) 5895 1818
 北京
 电话： (8610) 8527 9199
 传真： (8610) 8527 9299
 广州
 电话： (8620) 3813 0600
 传真： (8620) 3839 6551
 香港
 电话： (852) 2879 7333
 传真： (852) 2827 7860
 台湾
 电话： (886) 2 2771 8000
 传真： (886) 2 2776 5252

<http://www.dowwaterandprocess.com>

注意：使用本产品并不对从水中去除孢囊和病原体提供质保。孢囊和病原体的有效去除取决于整个系统的设计及系统的运行和维护。

注意：任何人不得推定其在本文件下有使用卖主或其他人所拥有的专利的自由。由于使用条件和适用法律可能因时因地而异，顾客有责任确定本文件里的产品和产品信息是否适合顾客使用，并确保自己的工作场地和处理产品的方式符合可适用的法律和其他政府法规。卖主对本文件中的信息不承担任何责任或义务；也未提供任何保证。在本文件下关于产品的可售性或对某一特殊用途的可适用性的所有默示保证均在此明确地予以排除。

陶氏 IntegraPac™ 超滤膜组件 IP-51, IP-77



陶氏 IntegraPac™ 超滤膜组件采用高强度的中空纤维膜制造而成，有利于减少设计和组装方面的要求，并具有以下的特性和优点：

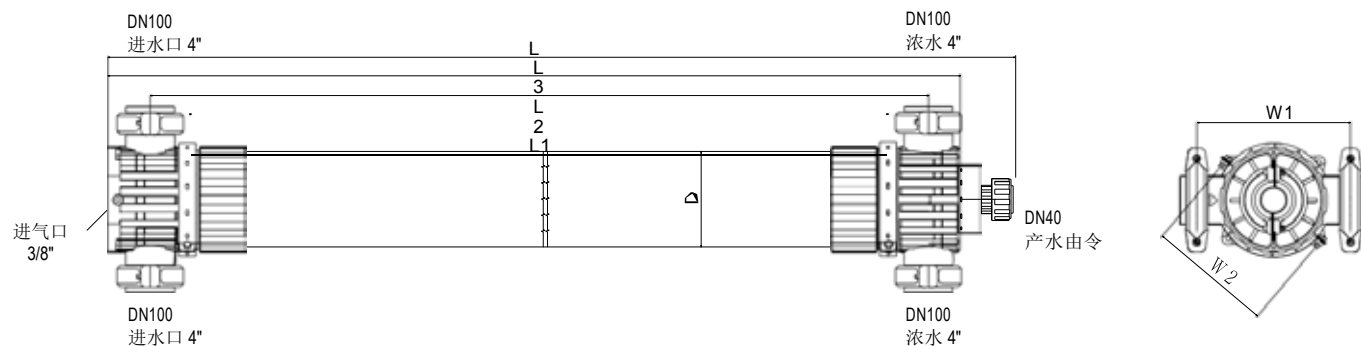
- 膜丝孔径为 0.03 微米，可以有效去除细菌、病毒和颗粒物质。对于细菌和病毒分别具有 6-log 和 2.5-log 的去除率，并且操作正确的情况下保证 SDI<2.5。
- PVDF 纤维具有高强度、耐化学品以及耐污染的特性，从而可以实现更长的膜组件使用寿命和稳定的长期性能表现。
- 外压式流向设计使得可以容许更高的进水 TSS，并在同时保持可靠的系统性能表现，并生产出高品质的产水。
- 创新性的端盖设计可以实现组件之间的直接对接，减少对管道的使用。

该组件特别适宜于那些需尽量减少占地面积的项目。IP-77 组件的有效膜面积较大，有助于实现更经济的系统设计。IP-51 组件相对矮小，更适用于那些空间高度上存在限制的场所。

陶氏的 IntegraPac™ 超滤膜组件可以应用于多种水处理应用领域，比如地下水、地表水、海水、工业废水以及市政废水的深度处理等。

陶氏 IntegraPac™ 超滤膜组件规格

型号	类型	产品编号	有效膜面积		重量 (空置 / 充水)		膜组件容积	
			m ²	ft ²	公斤	磅	升	加仑
IP-51	工业用	11007493	51	549	53/102	117/225	49	13
IP-77	工业用	11002186	77	829	66/119	146/262	53	14



型号	单位	长度				直径 D	宽度	
		L	L1	L2	L3		W1	W2
IP-51	国际单位 (mm)	1952	1500	1689	1864	225	360	342
	美制单位 (inch)	76.9	59.1	66.5	73.4	8.9	14.2	13.5
IP-77	国际单位 (mm)	2452	2000	2189	2364	225	360	342
	美制单位 (inch)	96.5	78.7	86.2	93.1	8.9	14.2	13.5



操作参数

	国际单位	美制单位
IP-51 产水通量 @25°C	50-115 l/m ² /hr	29-68 gfd
IP-77 产水通量 @25°C	60-140 l/m ² /hr	35-82 gfd
pH 值 (运行)	2-11	2-11
pH 值 (清洗)	2-12	2-12
温度	1-40°C	34-104°F
最大进水压力 (@20°C)	6.25 bar	93.75 psi
最高运行 TMP	2.1 bar	30 psi
最高运行气洗流量	12 Nm ³ /hr	7.1 scfm
最大反洗压力	2.5 bar	36 psi
NaOCl (最大值)	2000 mg/L	
TSS (最大值)	100 mg/L	
浊度 (最大值)	300 NTU	
进水颗粒大小 (最大值)	300 μm	
流向设置	外压式, 死端过滤	
预期产水浊度	≤ 0.1 NTU	
预期产水 SDI ₁₅	≤ 2.5	

重要信息

一套超滤系统的正确启用对于使超滤膜为运行做好准备以及防止超滤膜受到损害是非常重要的。遵循正确的启动次序亦有助于确保系统的运行参数符合设计要求, 从而确保实现系统的产水水质和生产效率目标。在开始系统的启动程序之前, 应该首先完成超滤膜的预处理、组件安装、仪表校正以及其他的系统检查工作。请参考产品技术手册。

运行指导

在启动、停机、清洗以及其他运行环节中避免出现突然的压力波动, 以防止对超滤膜造成损伤。在启用之前需要对超滤系统进行冲洗以清除保护液。在启动之前清除系统内残留的空气。启动时采用手动操作。在最初的运行阶段将产水的流量目标设定在设计能力的 60%。根据具体应用不同, 决定是否应废弃运行最初阶段所制备的产水。请参考产品技术手册。

一般信息

如果并未严格遵循本技术资料所给出的操作限值和运行指导, 则有限质保失效。

当系统需要长期停用时, 为防止微生物滋生, 建议向超滤膜组件中注入保护液。请参考产品技术手册。

法规事项

在使用和销售之前, 请查阅当地的法规指导原则和应用状况。

如欲了解有关陶氏 IntegraFlo™超滤膜组件的更多信息, 请致电陶氏水处理及过程解决方案业务部:

中国大陆地区

免费电话: +400 889-0789

上海

电话: (8621) 3851 1000

传真: (8621) 5895 1818

北京

电话: (8610) 8527 9199

传真: (8610) 8527 9299

广州

电话: (8620) 3813 0600

传真: (8620) 3839 6551

香港

电话: (852) 2879 7333

传真: (852) 2827 7860

台湾

电话: (886) 2 2771 8000

传真: (886) 2 2776 5252

<http://www.dowwaterandprocess.com>

警告: 本产品的使用并不一定保证清除水中的孢子孢囊和病原体。能否有效地减低孢子孢囊和病原体的水平取决于系统的整体设计以及系统的运行和维护。

请注意: 本文件中的内容不得推定为授予了可侵犯陶氏或其他方所拥有的任何专利权的许可 / 自由。由于使用条件和适用法律可能因地而异, 客户有责任确定文件中的产品和信息是否适合其本身使用, 并确保自己的工作场所以及处理规程符合所在管辖区的适用法律和其他政府现行法规的要求。本文件中所述的产品可能并非在陶氏开展业务的所有地区均有销售和 / 或提供。文中的产品说明可能并未获准在所有国家和地区使用。陶氏对文件中的资料不承担任何义务亦不负任何责任。陶氏不提供任何保证; 对于产品的可售性或某一特定用途的适用性, 陶氏不提供任何明示或暗示的保证。



Water
& Process
Solutions

陶氏 IntegraPac™ 超滤集成膜块 IP-51 系列

来自于陶氏水处理及过程解决方案业务部的陶氏 IntegraPac™ 集成膜块是一种预装配、标准化的设计，它由 DOW™ 超滤膜组件、辅助部件和管路所组成。这种集成膜块大幅度地简化了设计、组装和安装，使得集成膜块成本更低、减少工程设计费用、组装简易、占地面积更少，而且缩短了交付时间。其特点包括：



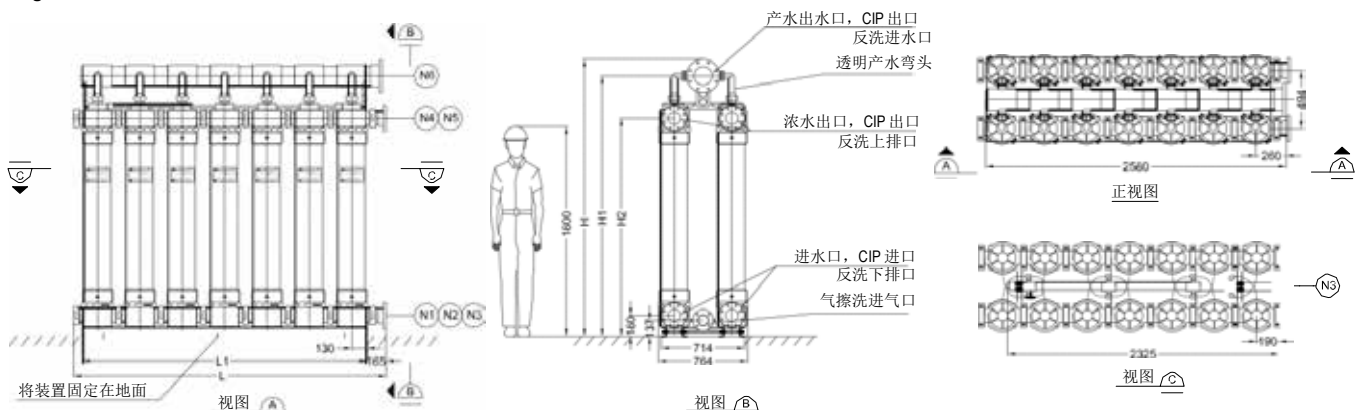
- 模块化，装置的膜数量可以模块化配置
- 装置材料具有防腐性能和化学品相容性
- 以未装配形式发货，以便降低运输费用，并防止在运送过程中发生损伤
- 端盖采用互连性使得各个组件之间可以直接连接，减少了对辅助管道和连接件的需求。
- 标准化的组件和零部件消除了现场测量、切割、粘接和焊接工作
- 紧凑型的设计节省了占地面积
- 易于进行检修或更换
- 透明的产水弯头设计便于进行完整性检测
- 较高的压力额定值，可帮助实现向反渗透水泵直接供水

配有 IP-51 组件的集成膜块配置

组件数目	IntegraPac™ 集成膜块	总膜面积		流速 @65 l/mh (38 gfd)		长度 (L)		宽度		高度 (H)		重量, 干态 (包括组件)		重量, 注满水 (包括组件)		总容积	
		m ²	ft ²	m ³ /hr	gpm	mm	ft.	mm	ft.	mm	ft.	kg	lbs.	kg	lbs.	m ³	US gal
6	IP- 51-06	306	3294	20	88	1241	4.1	764	2.51	2375	7.79	418	922	738	1627	0.29	77.7
8	IP- 51-08	408	4392	27	117	1604	5.3	764	2.51	2375	7.79	540	1190	966	2130	0.39	103.6
10	IP- 51-10	510	5490	33	146	1967	6.5	764	2.51	2375	7.79	661	1457	1194	2632	0.49	129.4
12	IP- 51-12	612	6588	40	175	2330	7.6	764	2.51	2375	7.79	783	1726	1422	3135	0.59	155.3
14	IP- 51-14	714	7686	46	204	2693	8.8	764	2.51	2375	7.79	909	2004	1655	3649	0.69	181.2
16	IP- 51-16	816	8784	53	234	3056	10.0	764	2.51	2375	7.79	1041	2295	1893	4173	0.78	207.1
18	IP- 51-18	918	9882	60	263	3419	11.2	764	2.51	2375	7.79	1167	2573	2126	4687	0.88	233.0
20	IP- 51-20	1020	10980	66	292	3782	12.4	764	2.51	2375	7.79	1294	2853	2359	5201	0.98	258.9
22	IP- 51-22	1122	12078	73	321	4145	13.6	764	2.51	2375	7.79	1420	3131	2592	5714	1.08	284.8

示例: 2 x 7

IntegraPac IP-51-14 的排布



运行参数

	国际单位	美制单位
产水通量 @25°C	50-115 l/m ² /hr	29-68 gfd
pH 值, 运行	2-11	2-11
pH 值, 清洗	2-12	2-12
温度	1-40°C	34-104°F
组件最大进水压力 (20°C)	6.25 bar	93.75 psi
最高运行 TMP	2.1 bar	30 psi
最大运行气洗流量	12 Nm ³ /hr	7.1 scfm
最大反洗压力	2.5 bar	36 psi
NaOCl (最大值)	2,000 mg/L	
TSS (最大值)	100 mg/L	
浊度 (最大值)	300 NTU	
进水颗粒大小 (最大值)	300 µm	
流向设置	外压式	
预期产水浊度	≤ 0.1 NTU	
预期产水 SDI	≤ 2.5	

重要信息

一套超滤系统的正确启用对于使超滤膜为运行做好准备以及防止超滤膜受到损害是非常重要的。遵循正确的启动次序亦有助于确保系统的运行参数符合设计要求,从而确保实现系统的产水水质和生产效率目标。在开始系统的启动程序之前,应该首先完成超滤膜的预处理、组件安装、仪表校正以及其他的系统检查工作。请参考产品技术手册。

运行指导

在启动、停机、清洗以及其他运行环节中避免出现突然的压力波动,以防止对超滤膜造成损伤。在启用之前需要对超滤系统进行冲洗以清除保护液。在启动之前清除系统内残留的空气。启动时采用手动操作。在最初的运行阶段将产水的流量目标设定在设计能力的 60%。根据具体应用不同,决定是否应废弃运行最初阶段所制备的产水。请参考产品技术手册。

如果并未严格遵循本技术资料所给出的操作限值和运行指导,则有限质保失效。

一般信息

当系统需要长期停用时,为防止微生物滋生,建议向超滤膜组件中注入保护液。请参考产品技术手册。

法规事项

在使用和销售之前,请查阅当地的法规指导原则和应用状况。

如欲了解有关陶氏 IntegraPac™超滤集成膜块产品的更多详情,请致电陶氏水处理及过程解决方案业务部

警告:本产品的使用并不一定保证清除水中的孢子孢囊和病原体。能否有效地减低孢子孢囊和病原体的水平取决于系统的整体设计以及系统的运行和维护。

中国大陆地区

免费电话: +400 889-0789

上海

电话: (8621) 3851 1000

传真: (8621) 5895 1818

北京

电话: (8610) 8527 9199

传真: (8610) 8527 9299

广州

电话: (8620) 3813 0600

传真: (8620) 3839 6551

香港

电话: (852) 2879 7333

传真: (852) 2827 7860

台湾

电话: (886) 2 2771 8000

传真: (886) 2 2776 5252

<http://www.dowwaterandprocess.com>

请注意:本文件中的内容不得推定为授予了可侵犯陶氏或其他方所拥有的任何专利权的许可 / 自由。由于使用条件和适用法律可能因地而异,客户有责任确定文件中的产品和信息是否适合其本身使用,并确保自己的工作场所以及处理规程符合所在管辖区的适用法律和其他政府现行法规的要求。本文件中所述的产品可能并非在陶氏开展业务的所有地区均有销售和 / 或提供。文中的产品说明可能并未获准在所有国家和地区使用。陶氏对文件中的资料不承担任何义务亦不负任何责任。陶氏不提供任何保证;对于产品的可售性或某一特定用途的适用性,陶氏不提供任何明示或暗示的保证。



Water
& Process
Solutions

陶氏 IntegraPac™ 超滤集成膜块 IP-77 系列

来自于陶氏水处理及过程解决方案业务部的陶氏 IntegraPac™ 集成膜块是一种预装配、标准化的设计，它由 DOW™ 超滤膜组件、辅助部件和管路所组成。这种集成膜块大幅度地简化了设计、组装和安装，使得集成膜块成本更低、减少工程设计费用、组装简易、占地面积更少，而且缩短了交付时间。其特点包括：

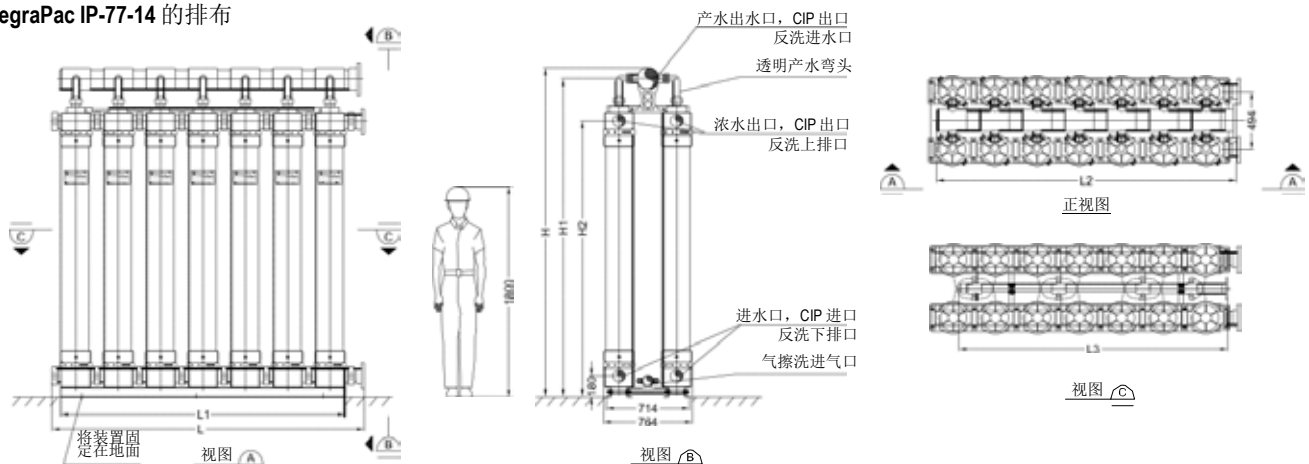


- 模块化，装置的膜数量可以模块化配置
- 装置材料具有防腐性能和化学品相容性
- 以未装配形式发货，以便降低运输费用，并防止在运送过程中发生损伤
- 端盖采用互连性使得各个组件之间可以直接连接，减少了对辅助管道和连接件的需求。
- 标准化的组件和零部件消除了现场测量、切割、粘接和焊接工作
- 紧凑型的设计节省了占地面积
- 易于进行检修或更换
- 透明的产水弯头设计便于进行完整性检测
- 较高的压力额定值，可帮助实现向反渗透进水泵直接供水

配有 IP-77 组件的集成膜块配置

组件数目	IntegraPac™ 集成膜块	总膜面积		流速 @65 l/mh (38 gfd)		长度 (L)		宽度		高度 (H)		重量, 干态 (包括组件)		重量, 注满水 (包括组件)		总容积	
		m ²	ft ²	m ³ /hr	gpm	mm	ft.	mm	ft.	mm	ft.	kg	lbs.	kg	lbs.	m ³	US gal
6	IP-77-06	462	4974	30	132	1241	4.1	764	2.51	2875	9.43	496	1093	840	1852	0.32	84.0
8	IP-77-08	616	6632	40	176	1604	5.3	764	2.51	2875	9.43	644	1420	1102	2429	0.42	112.0
10	IP-77-10	770	8290	50	220	1967	6.5	764	2.51	2875	9.43	791	1744	1364	3007	0.53	140.0
12	IP-77-12	924	9948	60	264	2330	7.6	764	2.51	2875	9.43	939	2070	1626	3585	0.64	168.0
14	IP-77-14	1078	11606	70	309	2693	8.8	764	2.51	2875	9.43	1091	2405	1893	4173	0.74	196.0
16	IP-77-16	1232	13264	80	353	3056	10.0	764	2.51	2875	9.43	1249	2754	2165	4773	0.85	224.0
18	IP-77-18	1386	14922	90	397	3419	11.2	764	2.51	2875	9.43	1401	3089	2432	5362	0.95	252.0
20	IP-77-20	1540	16580	100	441	3782	12.4	764	2.51	2875	9.43	1554	3426	2699	5950	1.06	280.0
22	IP-77-22	1694	18238	110	485	4145	13.6	764	2.51	2875	9.43	1706	3761	2966	6539	1.17	308.0

示例: 2 x 7 IntegraPac IP-77-14 的排布



运行参数

	国际单位	美制单位
产水通量 @25°C	60-140 l/m ² /hr	35-82 gfd
pH 值, 运行	2-11	2-11
pH 值, 清洗	2-12	2-12
温度	1- 40°C	34-104°F
组件最大进水压力 (20°C)	6.25 bar	93.75 psi
最高运行 TMP	2.1 bar	30 psi
最大运行气洗流量	12 Nm ³ /hr	7.1 scfm
最大反洗压力	2.5 bar	36 psi
NaOCl (最大值)	2,000 mg/L	
TSS (最大值)	100 mg/L	
浊度 (最大值)	300 NTU	
进水颗粒大小 (最大值)	300 µm	
流向设置	外压式	
预期产水浊度	≤ 0.1 NTU	
预期产水 SDI	≤ 2.5	

重要信息

一套超滤系统的正确启用对于使超滤膜为运行做好准备以及防止超滤膜受到损害是非常重要的。遵循正确的启动次序亦有助于确保系统的运行参数符合设计要求, 从而确保实现系统的产水水质和生产效率目标。在开始系统的启动程序之前, 应该首先完成超滤膜的预处理、组件安装、仪表校正以及其他的系统检查工作。请参考产品技术手册。

运行指导

在启动、停机、清洗以及其他运行环节中避免出现突然的压力波动, 以防止对超滤膜造成损伤。在启用之前需要对超滤系统进行冲洗以清除保护液。在启动之前清除系统内残留的空气。启动时采用手动操作。在最初的运行阶段将产水的流量目标设定在设计能力的 60%。根据具体应用不同, 决定是否应废弃运行最初阶段所制备的产水。请参考产品技术手册。

如果并未严格遵循本技术资料所给出的操作限值和运行指导, 则有限质保失效。

一般信息

当系统需要长期停用时, 为防止微生物滋生, 建议向超滤膜组件中注入保护液。请参考产品技术手册。

法规事项

在使用和销售之前, 请查阅当地的法规指导原则和应用状况。

如欲了解有关陶氏 IntegraPac™ 超滤集成膜块产品的更多详情, 请致电陶氏水处理及过程解决方案业务部

中国大陆地区

免费电话: +400 889-0789

上海
电话: (8621) 3851 1000
传真: (8621) 5895 1818

北京
电话: (8610) 8527 9199
传真: (8610) 8527 9299

广州
电话: (8620) 3813 0600
传真: (8620) 3839 6551

香港
电话: (852) 2879 7333
传真: (852) 2827 7860

台湾
电话: (886) 2 2771 8000
传真: (886) 2 2776 5252

<http://www.dowwaterandprocess.com>

警告: 本产品的使用并不一定保证清除水中的孢子孢囊和病原体。能否有效地减低孢子孢囊和病原体的水平取决于系统的整体设计以及系统的运行和维护。

请注意: 本文件中的内容不得推定为授予了可侵犯陶氏或其他方所拥有的任何专利权的许可 / 自由。由于使用条件和适用法律可能因地而异, 客户有责任确定文件中的产品和信息是否适合其本身使用, 并确保自己的工作场所以及处理规程符合所在管辖区的适用法律和其他政府现行法规的要求。本文件中所述的产品可能并非在陶氏开展业务的所有地区均有销售和 / 或提供。文中的产品说明可能并未获准在所有国家和地区使用。陶氏对文件中的资料不承担任何义务亦不负任何责任。陶氏不提供任何保证; 对于产品的可售性或某一特定用途的适用性, 陶氏不提供任何明示或暗示的保证。

陶氏 IntegraFlux™ 超滤膜组件

SFP-2860XP, SFD-2860XP, SFP-2880XP 及 SFD-2880XP

产品特点

陶氏 IntegraFlux™ 超滤膜组件由 XP 膜丝组成, 该膜丝为高透水率、高机械强度的 PVDF 中空纤维膜丝。IntegraFlux™ 超滤膜组件性能优异, 具有业内领先的膜面积、低能耗和低药耗, 并具有以下性能特点:

- 高于前代超滤膜组件 35% 的透水率, 极大提高运行效率和产量。
- 0.03 μ m 的公称孔径, 可有效去除细菌、病毒以及包括胶体在内的颗粒, 以保护反渗透 (RO) 等下游工艺。
- 高机械强度、高耐化学性的 PVDF 聚合物中空纤维膜丝, 保证膜丝的长使用寿命以及可靠稳定的运行性能。
- 外压式结构, 可耐受更高的进水总悬浮固体 (TSS) 含量, 相比于内压式结构, 可减少预处理过程并减少反洗用水量。

该型号组件适用于流量在 50m³/hr (220 gpm) 以上的系统。SFP-2860XP 以及 SFD-2860XP 超滤膜组件具有较短的组件长度, 非常适合应用于对系统高度有限制的情况。SFP-2880XP 以及 SFD-2880XP 超滤膜组件, 具有 8 英寸直径以及 80 英寸的组件长度, 拥有更大的有效膜面积和更高的产水量, 为目前最经济有效的膜系统。

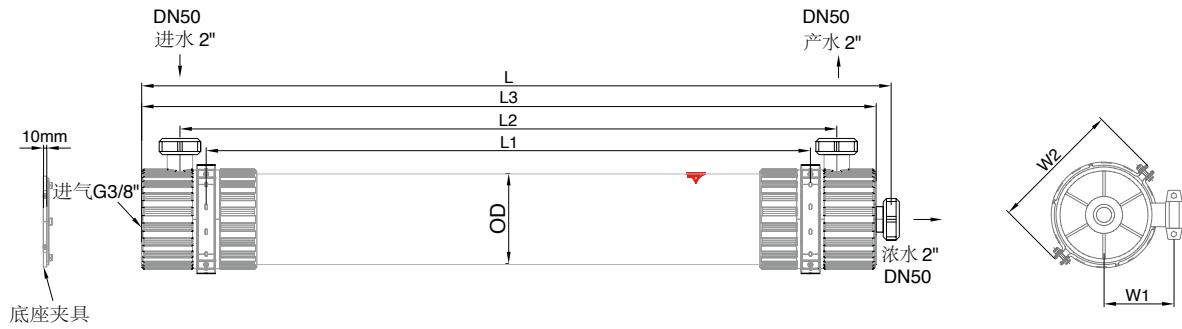
陶氏 IntegraFlux™ 超滤膜组件可应用于多种水处理应用领域, 包括地表水、海水、工业废水以及市政废水等。



产品规格

型号	类型	零件编号	有效膜面积		膜组件容量		膜组件重量 (空/注满水)	
			平方米	平方英尺	升	加仑	公斤	磅
SFP-2860XP	工业	11127351	51	549	35	9.3	48/83	106/183
SFD-2860XP	饮用水, 满足 NSF/ANSI 61	11127353	51	549	35	9.3	48/83	106/183
SFP-2880XP	工业	11127349	77	829	39	10.3	61/100	135/220
SFD-2880XP	饮用水, 满足 NSF/ANSI 61	11123432	77	829	39	10.3	61/100	135/220

图 1 SFP/SFD-2860XP 及 SFP/SFD-2880XP (8-英寸直径)



型号	单位	长度				直径	宽度	
		L	L1	L2	L3		W1	W2
SFP-2860XP、SFD-2860XP	SI (毫米)	1860±3	1500	1630±3	1820±3	225	180	342
	US (英寸)	73.2±0.1	59.1	64.2±0.1	71.7±0.1	8.9	7.1	13.5
SFP-2880XP、SFD-2880XP	SI (毫米)	2360±3	2000	2130±3	2320±3	225	180	342
	US (英寸)	92.9±0.1	78.7	83.9±0.1	91.3±0.1	8.9	7.1	13.5

运行参数

	公制单位	美制单位
产水通量 (25°C)	40 -110 l/m ² hr	24-65gfd
流量范围	3.1 - 8.5 m ³ /hr	13.6 – 37.4 gpm
温度	1-40°C	34°-104°F
最大膜组件进水压力 (@20°C)	6.25 bar	90.65 psi
最大工作跨膜压差	2.1 bar	30.5psi
最大气洗流量	12 Nm ³ /hr	7.1 scfm
最大反洗压力	2.5 bar	36 psi
运行时 pH 范围	2 -11	
最大NaOCl耐受浓度	2,000 mg/L	
最大进水颗粒粒径	300 μm	
流向设置	外压式	
预期产水浊度	≤0.1 NTU	
预期产水污泥密度指数(SDI ₁₅)	≤2.5	

重要信息

超滤膜系统的正确启动，对确保膜丝的正常工作和防止膜丝损坏至关重要。遵守正确的启动程序，亦可以保证系统运行参数符合设计规范，从而实现系统产水质量以及产量目标。

在启动系统之前，应完成对膜预处理、膜组件安装、仪表校准以及其他系统的检查。

请参考 DOW™ 超滤膜产品手册。

操作指南

在启动、关闭、清洗或者其他过程中，应避免发生突然的压力变化，以防止对膜丝造成可能的损坏。在启动之前应冲洗超滤膜系统，去除运输保护液。在启动之前应排除系统中残留的空气。应手动启动设备。运行初期获得的产水应视具体应用而考虑是否弃用。

请参考 DOW™ 超滤膜产品和技术手册。

常用信息

- 若不严格遵守本资料中规定的有关操作限值和运行指导进行操作，则产品有限质保将失效。详情请参考 DOW 超滤膜组件有限质保 (Form No. 795-00027-0411)。
- 在系统停运期间，建议在膜组件中注入保护液，以防止系统中微生物滋生。

请参考 DOW™ 超滤膜产品手册和技术服务资料。

监管注意

NSF/ANSI 61 和 419 注册饮用水组件在生产饮用水之前要求特定的调试程序。请参考产品技术手册特定程序中的冲洗部分。在一些国家，饮用水组件可能受到额外的监管限制。请在使用以及销售之前核查当地监管指南和应用情况。

产品管理

陶氏关心每一个制造、分销和使用其产品的人，并且关心我们赖以生存的环境。在此基础上，我们构造的产品管理理念为，评估我们产品的安全、健康和环境信息，然后采取适当的措施来保护员工和公众健康，以及保护我们的环境。我们产品管理理念的成功依赖于与陶氏产品相关的每一个人—每一个产品从最初的概念和研究，到生产、使用、销售、处理和回收。

客户需知

陶氏强烈鼓励其客户从人类健康和环境质量的角度来审查自己的制造工艺以及对陶氏产品的应用，以确保陶氏产品不被用于非产品指定应用范围或者未经测试的情况。陶氏员工会回答您的问题并提供合理的技术支持。在使用陶氏产品之前，应先翻阅包括安全数据表在内的陶氏产品资料。最近的安全数据表可从陶氏获得。

DOW™ 超滤

欲了解更多信息，请致电陶氏水处理及过程解决方案业务部：

上海： (8621) 3851 1000
北京： (8610) 8527 9199
广州： (8620) 3813 0600
成都： (8628) 8292 6688
香港： (852) 2879 7333
台湾： (886) 2 2771 8000

产品信息中心
免费电话：400 889 0789
付费电话：(8621) 3851 4988
<http://www.dowwaterandprocess.com>

注意：本产品的使用并不一定保证清除水中的孢子孢囊和病原体。能否有效地降低孢子孢囊和病原体的水平取决于系统的整体设计以及系统的运行和维护。

注意：本文件中的内容不得推定为授予了可侵犯陶氏或其他地方所拥有的任何专利权的许可/自由。由于使用条件和使用法律可能因地而异因时而异，客户有责任确认本文件中的产品和信息是否适合其本身使用，并且确保自己的工作场所以及处理规程符合所在管辖区的适用法律和其他政府现行法规的要求。本文件中所述的产品可能并非在陶氏开展业务的所有地区均有销售和/或提供。文中的产品说明可能并未获准在所有国家和地区使用。陶氏对本文件中的资料不承担任何义务亦不负任何责任。除非另有明文，引用“Dow”或“Company”是指陶氏法人向客户销售产品。陶氏不提供任何保证。对于产品的可售性或某一特定用途的适用性，陶氏明确不提供任何暗示的保证。

陶氏 IntegraPac™ 超滤膜组件

基于 IP-51XP, IPD-51XP, IP-77XP 及 IPD-77XP

产品特点

陶氏 IntegraPac™超滤膜组件 XP 膜丝组成，该膜丝为高透水率、高机械强度的 PVDF 中空纤维膜丝。该组件性能优异，具有业内领先的膜面积、低能耗和低药耗，并具有以下性能特点：

- 高于前代超滤膜组件 35% 的透水率，极大提高运行效率和产量。
- 0.03 μ m 的公称孔径，可有效去除细菌、病毒以及包括胶体在内的颗粒，以保护反渗透 (RO) 等下游工艺。
- 高机械强度、高耐化学性的 PVDF 聚合物中空纤维膜丝，保证膜丝的长使用寿命以及可靠稳定的运行性能。
- 外压式结构，可耐受更高的总进水悬浮固体 (TSS) 含量，相比于内压式结构，可减少预处理过程并减少反洗用水量。
- 创新性的端盖设计，实现组件间的直接对接，减少系统的歧管管路。

该型号组件适用于占地面积受限制的系统。IP-77XP 超滤膜组件拥有更大的有效膜面积和更高的产水量，为目前最经济有效的膜系统。

IP-51XP 超滤膜组件具有较短的组件长度，非常适合应用于对系统高度有限制的情况，可以实现产量和效率的最大化。

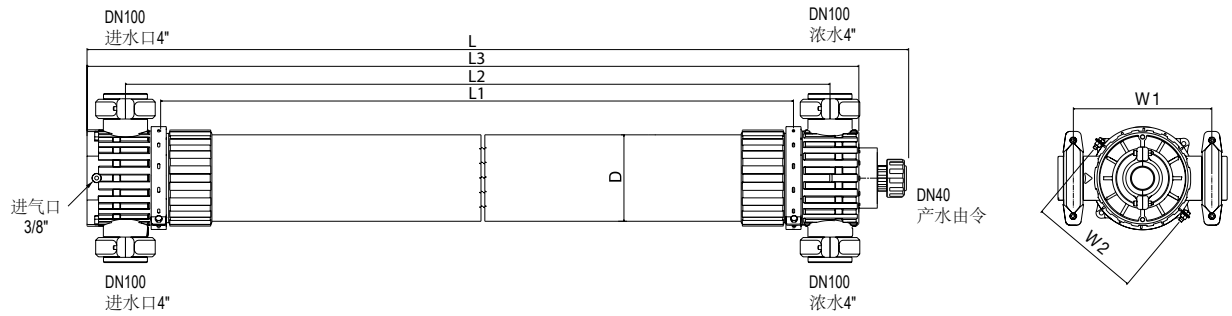
陶氏 IntegraPac™超滤膜组件可应用于多种水处理应用领域，包括地表水、海水、工业废水以及市政废水等。



产品规格

型号	类型	零件编号	有效膜面积		膜组件重量 (空/注满水)		膜组件容量	
			平方米	平方英尺	公斤	磅	升	加仑
IP-51XP	工业	11127359	51	549	53/102	117/225	49	13
IPD-51XP	饮用水, 满足 NSF/ANSI 61	11127380	51	549	53/102	117/225	49	13
IP-77XP	工业	11127381	77	829	66/119	146/262	53	14
IPD-77XP	饮用水, 满足 NSF/ANSI 61	11127382	77	829	66/119	146/262	53	14

图 1



型号	单位	长度				直径	宽度	
		L	L1	L2	L3		D	W1
IP-51XP 和 IPD-51XP	SI (毫米)	1988±3	1500	1689±3	1864±3	225	360	342
	US (英寸)	78.3±0.1	59.1	66.5±0.1	73.4±0.1	8.9	14.2	13.5
IP-77XP 和 IPD-77XP	SI (毫米)	2488±3	2000	2189±3	2364±3	225	360	342
	US (英寸)	98.0±0.1	78.7	86.2±0.1	93.1±0.1	8.9	14.2	13.5

运行参数

	公制单位	美制单位
产水通量 (25°C)	40 -110 l/m ² hr	24-65gfd
温度	1-40°C	34°-104°F
最大膜组件进水压力 (@20°C)	6.25 bar	90.65 psi
最大工作跨膜压差	2.1 bar	30.5psi
最大气洗流量	12 Nm ³ /hr	7.1 scfm
最大反洗压力	2.5 bar	36 psi
运行时 pH 范围	2 -11	
最大NaOCl耐受浓度	2,000 mg/L	
最大进水颗粒粒径	300 μm	
流向设置	外压式	
预期产水浊度	≤0.1 NTU	
预期产水污泥密度指数(SDI ₁₅)	≤2.5	

重要信息

超滤膜系统的正确启动，对确保膜丝的正常工作和防止膜丝损坏至关重要。遵守正确的启动程序，亦可以保证系统运行参数符合设计规范，从而实现系统产水质量以及产量目标。

在启动系统之前，应完成对膜预处理、膜组件安装、仪表校准以及其他系统的检查。

在启动系统之前，应完成对膜预处理、膜组件安装、仪表校准以及其他系统的检查。

请参考 DOW™ 超滤膜产品和技术手册。

操作指南 在启动、关闭、清洗或者其他过程中，应避免发生突然的压力变化，以防止对膜丝造成可能的损坏。在启动之前应冲洗超滤膜系统，去除运输保护液。在启动之前应排除系统中残留的空气。应手动启动设备。运行初期获得的产水应视具体应用而考虑是否弃用。

请参考 DOW™ 超滤膜产品和技术手册。

常用信息

- 若不严格遵守本资料中规定的有关操作限值和运行指导进行操作，则产品有限质保将失效。详情请参考DOW超滤膜组件有限质保 (Form No. 795-00027)。
- 在系统停运期间，建议在膜组件中注入保护液，以防止系统中微生物滋生。

监管注意 NSF/ANSI 61 和 419 注册饮用水组件在生产饮用水之前要求特定的调试程序。请参考产品技术手册特定程序中的冲洗部分。在一些国家，饮用水组件可能受到额外的监管限制。请在使用以及销售之前核查当地监管指南和应用情况。

产品管理 陶氏关心每一个制造、分销和使用其产品的人，并且关心我们赖以生存的环境。在此基础上，我们构造的产品管理理念为，评估我们产品的安全、健康和环境信息，然后采取适当的措施来保护员工和公众健康，以及保护我们的环境。我们产品管理理念的成功依赖于与陶氏产品相关的每一个人—每一个产品从最初的概念和研究，到生产、使用、销售、处理和回收。

客户需知 陶氏强烈鼓励其客户从人类健康和环境质量的角度来审查自己的制造工艺以及对陶氏产品的应用，以确保陶氏产品不被用于非产品指定应用范围或者未经测试的情况。陶氏员工会回答您的问题并提供合理的技术支持。在使用陶氏产品之前，应先翻阅包括安全数据表在内的陶氏产品资料。最近的安全数据表可从陶氏获得。

DOW™ 超滤
欲了解更多信息，请致电
陶氏水处理及过程解决方案
业务部：

上海： (8621) 3851 1000
北京： (8610) 8527 9199
广州： (8620) 3813 0600
成都： (8628) 8292 6688
香港： (852) 2879 7333
台湾： (886) 2 2771 8000

产品信息中心
免费电话：400 889 0789
付费电话：(8621) 3851 4988
<http://www.dowwaterandprocess.com>

注意：本产品的使用并不一定保证清除水中的孢子孢囊和病原体。能否有效地降低孢子孢囊和病原体的水平取决于系统的整体设计以及系统的运行和维护。

注意：本文件中的内容不得推定为授予了可侵犯陶氏或其他地方所拥有的任何专利权的许可/自由。由于使用条件和使用法律可能因地而异因时而异，客户有责任确认本文件中的产品和信息是否适合其本身使用，并且确保自己的工作场所以及处理规程符合所在管辖区的适用法律和其他政府现行法规的要求。本文件中所述的产品可能并非在陶氏开展业务的所有地区均有销售和/或提供。文中的产品说明可能并未获准在所有国家和地区使用。陶氏对本文件中的资料不承担任何义务亦不负任何责任。除非另有明文，引用“Dow”或“Company”是指陶氏法人向客户销售产品。陶氏不提供任何保证。对于产品的可售性或某一特定用途的适用性，陶氏明确不提供任何暗示的保证。

陶氏 IntegraPac™ 超滤集成模块 基于 IP-77XP 及 IPD-77XP

产品特点

来自于陶氏水处理及过程解决方案业务部的陶氏 IntegraPac™集成模块是一种预装配、标准化的模块设计。该模块由使用了（陶氏新一代）XP膜丝的陶氏 IntegraPac™超滤膜组件、辅助部件以及管路所组成。该模块大幅度地简化了设计、组装和安装，降低了模块成本、减少工程设计费用、简化组装过程、缩小占地面积，并且缩短了交付时间。其包括以下特征：



1. 模块化设计，装置规模灵活可变以满足不同的流速需求。
2. 使用 XP 膜丝，提高了 35% 的透水率，极大提高运行效率和产量。
3. 模块通过 NSF/ANSI 61 的认证，可应用于饮用水的制备。
4. 组件间可直接连接，无需辅助管路、歧管以及连接件减少成本和占地面积。
5. 装置材料具有防腐性和化学品相容性。
6. 以未装配形式发货，为客户降低运输成本，并防止在运送过程中发生损伤。
7. 标准化及预装配零部件，消除了现场测量、切割、粘和焊接工作。
8. 装配简单，便于检修或更换。
9. 透明产水弯头设计，便于进行完整性检测。
10. 较高的压力额定值，可帮助实现向反渗透进水泵直接供水。



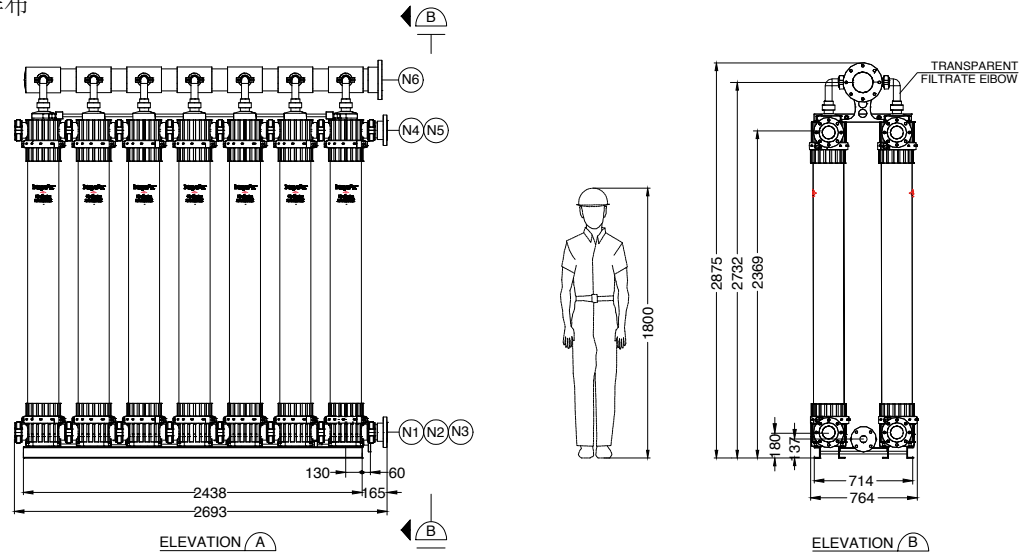
产品规格

组件数目	IntegraPac™ 集成模块	总膜面积		流速@65 l/mh (38 gfd)		长度 (L)		宽度 (W)		高度 (H)		重量, 干态 (包括组件)		重量, 注满水 (包括组件)		总容积	
		m ²	ft ²	m ³ /hr	gpm	mm	ft	mm	ft	mm	ft	kg	lbs	kg	lbs	m ³	US gal
6	IP & IPD- 77XP-06	462	4974	30	132	1241	4.1	764	2.51	2875	9.43	496	1093	840	1852	0.32	84.0
8	IP & IPD- 77XP-08	616	6632	40	176	1604	5.3	764	2.51	2875	9.43	644	1420	1102	2429	0.42	112.0
10	IP & IPD- 77XP-10	770	8290	50	220	1967	6.5	764	2.51	2875	9.43	791	1744	1364	3007	0.53	140.0
12	IP & IPD- 77XP-12	924	9948	60	264	2330	7.6	764	2.51	2875	9.43	939	2070	1626	3585	0.64	168.0
14	IP & IPD- 77XP-14	1078	11606	70	309	2693	8.8	764	2.51	2875	9.43	1091	2405	1893	4173	0.74	196.0
16	IP & IPD- 77XP-16	1232	13264	80	353	3056	10.0	764	2.51	2875	9.43	1249	2754	2165	4773	0.85	224.0
18	IP & IPD- 77XP-18	1386	14922	90	397	3419	11.2	764	2.51	2875	9.43	1401	3089	2432	5362	0.95	252.0
20	IP & IPD- 77XP-20	1540	16580	100	441	3782	12.4	764	2.51	2875	9.43	1554	3426	2699	5950	1.06	280.0
22	IP & IPD- 77XP-22	1694	18238	110	485	4145	13.6	764	2.51	2875	9.43	1706	3761	2966	6539	1.17	308.0

图 1

示例: 2 x 7

IntegraPac IPD-77XP-14 的排布



运行参数

	公制单位	美制单位
产水通量 (25°C)	40 -110 l/m ² hr	24-65gfd
温度	1-40°C	34°-104°F
最大膜组件进水压力 (@20°C)	6.25 bar	90.65 psi
最大工作跨膜压差	2.1 bar	30.5psi
最大气洗流量	12 Nm ³ /hr	7.1 scfm
最大反洗压力	2.5 bar	36 psi
最大NaOCl耐受浓度	2,000 mg/L	
最大进水颗粒粒径	300 μm	
流向设置	外压式	
预期产水浊度	≤0.1 NTU	
预期产水污泥密度指数 (SDI ₁₅)	≤2.5	

重要信息

超滤膜系统的正确启动，对确保膜丝的正常工作和防止膜丝损坏至关重要。遵守正确的启动程序，亦可以保证系统运行参数符合设计规范，从而实现系统产水质量以及产量目标。

在启动系统之前，应完成对膜预处理、膜组件安装、仪表校准以及其他系统的检查。

请参考 DOW™ 超滤膜产品手册。

操作指南

在启动、关闭、清洗或者其他过程中，应避免发生突然的压力变化，以防止对膜丝造成可能的损坏。在启动之前应冲洗超滤膜系统，去除运输保护液。在启动之前应排除系统中残留的空气。应手动启动设备。运行初期获得的产水应视具体应用而考虑是否弃用。

请参考 DOW™ 超滤膜产品和技术手册。

常用信息

- 若不严格遵守本资料中规定的有关操作限值和运行指导进行操作，则产品有限质保将失效。详情请参考 DOW 超滤膜组件有限质保 (Form No. 795-00027)。
- 在系统停运期间，建议在膜组件中注入保护液，以防止系统中微生物滋生。

监管注意

NSF/ANSI 61 和 419 注册饮用水组件在生产饮用水之前要求特定的调试程序。请参考产品技术手册特定程序中的冲洗部分。在一些国家，饮用水组件可能受到额外的监管限制。请在使用以及销售之前核查当地监管指南和应用情况。

产品管理

陶氏关心每一个制造、分销和使用其产品的人，并且关心我们赖以生存的环境。在此基础上，我们构造的产品管理理念为，评估我们产品的安全、健康和环境信息，然后采取适当的措施来保护员工和公众健康，以及保护我们的环境。我们产品管理理念的成功依赖于与陶氏产品相关的每一个人—每一个产品从最初的概念和研究，到生产、使用、销售、处理和回收。

客户需知

陶氏强烈鼓励其客户从人类健康和环境质量的角度来审查自己的制造工艺以及对陶氏产品的应用，以确保陶氏产品不被用于非产品指定应用范围或者未经测试的情况。陶氏员工会回答您的问题并提供合理的技术支持。在使用陶氏产品之前，应先翻阅包括安全数据表在内的陶氏产品资料。最近的安全数据表可从陶氏获得。

DOW™ 超滤

欲了解更多信息，请致电陶氏水处理及过程解决方案业务部：

上海： (8621) 3851 1000
北京： (8610) 8527 9199
广州： (8620) 3813 0600
成都： (8628) 8292 6688
香港： (852) 2879 7333
台湾： (886) 2 2771 8000

产品信息中心
免费电话：400 889 0789
付费电话：(8621) 3851 4988

<http://www.dowwaterandprocess.com>

注意：本产品的使用并不一定保证清除水中的孢子孢囊和病原体。能否有效地降低孢子孢囊和病原体的水平取决于系统的整体设计以及系统的运行和维护。

注意：本文件中的内容不得推定为授予了可侵犯陶氏或其他地方所拥有的任何专利权的许可/自由。由于使用条件和使用法律可能因地而异因时而异，客户有责任确认本文件中的产品和信息是否适合其本身使用，并且确保自己的工作场所以及处理规程符合所在管辖区的适用法律和其他政府现行法规的要求。本文件中所述的产品可能并非在陶氏开展业务的所有地区均有销售和/或提供。文中的产品说明可能并未获准在所有国家和地区使用。陶氏对本文件中的资料不承担任何义务亦不负任何责任。除非另有明文，引用“Dow”或“Company”是指陶氏法人向客户销售产品。陶氏不提供任何保证。对于产品的可售性或某一特定用途的适用性，陶氏明确不提供任何暗示的保证。

第 4 部分 水化学与预处理

4-1 水化学

如第 2 部分章节所述，超滤是一种以孔径大小为基础、以压力为推动的膜分离技术，以分离大分子与小分子为目的，即在一定的压力下使小分子溶质和溶剂穿过一定孔径的特制的薄膜，大分子溶质不能透过而留在膜的一侧，从而使大分子物质得到了部分的纯化，同时降低透过膜的溶剂或水样中的浊度。

绝大部分超滤的处理溶剂为各种水样，超滤的应用目的为水处理，即水的净化。超滤无法过滤拦截溶剂或水样中的溶解盐份，也无法过滤拦截溶剂或水样中的小分子物质。

为了全面了解超滤进水水质，以及评估进水中所含的部分化合物造成膜污堵的可能性，需要在超滤使用前以及使用过程中监测一些关键性参数，本节将对这些参数进行介绍。

【污堵】定义为有机物和胶体在膜面上的沉积。

表 4-1 汇总了这些关键性的参数及其相应的建议监测频率。

浊度：指水中的泥砂、粉尘、细微有机物、浮游生物等悬浮性物质及胶体物质等，都会导致水质变得浑浊而呈现出一定程度的浑浊度。通常这些悬浮性物质及胶体物质也会寄生细菌和病毒等。浊度一般采用通过穿过水样的光强度来进行测量，其单位一般以 NTU 表示，例如生活饮用水的浊度一般要求不得超过 1 NTU。DOW™ 超滤膜可提供浊度小于 0.1 NTU 且稳定一致的产品水。

TSS（总悬浮固体）：指水样通过孔径为 0.45μm 的滤膜，截留在滤膜上并于 103℃~105℃ 烘干至恒重的固体物质。总悬浮固体是衡量水体水质污染程度的重要指标之一，计量单位是 mg/L，该参数一般比浊度更加精确（浊度通常无法检测出极细微的颗粒）。

SDI（淤积密度指数）：是反渗透水处理系统的重要水质指标参数之一，SDI 值代表了水中颗粒、胶体和其他能阻塞各种水净化设备的物质含量，通常采用该参数来判断水中颗粒及胶体等物质阻塞各种水净化设备的可能性（见图 6）。

SDI 的测定是在直径为 47mm 孔径为 0.45μm 的微孔滤膜上连续加入一定压力（30PSI，相当于 2.1kg/cm）的被测定水，记录滤得 500ml 水所需的时间 T_i （秒）和连续过滤 15 分钟(T)后再次滤得 500ml 水所需的时间 T_f （秒），通过公式 1 计算 SDI 值：

$$SDI_T = \left(1 - \frac{t_i}{t_f}\right) \cdot \frac{100}{T} \quad (\text{公式 4-1})$$

公式中 T 一般为 15 分钟，即测量得到 SDI_{15} 。当水中的污染物质含量较高时，过滤水量可取 100ml、200ml 或 300ml 等，间隔时间也可 10 分钟或 5 分钟等，计算公式中的 T 也相应的调整为 10 或 5 等。



图 4-1. 测量前和测量后的 SDI_{15} 过滤膜片

TOC（总有机碳）：该参数最常用于测定水中的有机物含量，指水体中溶解性和悬浮性有机物含碳的总量，包括天然有机物（NOM）和合成有机物，常以“TOC”表示。总有机碳一般用来评估超滤进水中可能导致膜发生有机污堵和生物污堵的可能性和趋势，TOC 的单位为 mg/L。当超滤膜进水 TOC 大于 2 mg/L 时，则表示超滤膜表面发生生物污堵的可能性很高。

DOC (溶解有机碳): 总有机碳 (TOC) 中能溶解于水的部分, 一般指能通过孔径为 0.45 微米滤膜、并在分析过程中未蒸发失去的有机碳。除污水外, 大部分自然水体溶解有机碳 (DOC) 占总有机碳 (TOC) 的比例约为 80~95%。

COD (化学需氧量): 指水样中能被强氧化剂氧化的还原性物质的量, 即能被强氧化剂氧化的物质的氧当量。虽然水样中可能有部分无机离子如二价铁离子等也会被氧化, 但对大多数天然水和工业水而言, 被氧化的物质均为有机物。它是一个重要的而且能较快测定的有机物污染参数, 常以符号 COD 表示。

BOD (生物需氧量): 生化需氧量或生化耗氧量(一般指五日生化需氧量), 为水中有机物等需氧污染物含量的一个综合指标。说明水中有机物由于微生物的生化作用进行氧化分解, 使之无机化或气体化时所消耗水中溶解氧的总数量, 其单位用 ppm 或 mg/L 表示。为了使检测值具有可比性, 一般规定一个统一的时间周期, 在这段时间周期内在一定温度下水样培养微生物, 并测定水中溶解氧的消耗情况。一般采用五天时间, 称为五日生化需氧量, 记做 BOD5。BOD 数值越大证明水中含有的有机物越多, 污染也越严重。

UV254 吸光度: UV254 值是指水中一些有机物在 254nm 波长紫外光下的吸光度, 反映的是水中天然存在的腐殖质类大分子有机物, 以及含碳碳双键和碳氧双键的芳香族化合物的多少。单位是 cm^{-1} , 可作为 TOC 的一个替代参数。若超滤进水的 UV254 吸光度高于 0.5 cm^{-1} , 则表明超滤膜很可能会发生生物污堵。

SUVA (比紫外吸光度): 指 UV254 和 DOC 的比值; 如果 SUVA 大于 4, 则表明水中的有机物主要是腐殖质类有机物, 如果 SUVA 小于 2, 则水中有机物主要为藻类物质。

O&G (油脂, 碳氢化合物): 一种或多种液态的碳氢化合物组成。如果超滤进水中含有油脂, 即使含量极小 (如 $< 0.05 \text{ mg/L}$), 也会加快膜的污堵。

铁和锰: 铁和锰的氧化形态可以被超滤膜系统截留, 但同时也会造成膜的污堵。铁离子一般天然存在 (如地下水等)、或由上游管道或设备的腐蚀产生, 或上游处理凝聚过程的药剂残留造成等。

钙和镁: 水的硬度主要来自钙离子和镁离子。根据硬度的不同可将水分为软水 (以 CaCO_3 计最高不超过 60 mg/L)、硬水 (以 CaCO_3 计最高不超过 180 mg/L) 和极硬水 (以 CaCO_3 计超过 180 mg/L)。硬度对人体健康没有危害, 但水中硬度过高, 水处理过程中会导致管道、设备或膜表面结垢。

【结垢】定义为部分盐类的浓度超过其溶度积在管道、设备或膜面上的沉淀, 例如碳酸钙、硫酸钙、氟化钙和磷酸钙等。

电导率: 水的电导率与总溶解固体(TDS)呈线性关系, 表示水的导电能力, 单位为 $\mu\text{S/cm}$ 。

pH 值: 用于表示水的酸性或碱性。pH 值小于 7 的水为酸性, pH 值大于 7 的水为碱性。纯水的 pH 值是 7, 为中性。高 pH 值会导致水有苦味, 并容易导致水管和设备结垢, pH 值低的水会腐蚀或溶解金属和其它设备。

二氧化硅: 分为活性二氧化硅 (溶解硅) 或非活性二氧化硅 (胶体硅)。一般胶体硅会造成超滤膜的污堵。

表 4-1 水质检测参数及检测频率

参数	单位	建议的分析方法或仪器	频率	分析样本
推荐的检测参数:				
浊度	NTU	APHA 2130B	每周一次	进水+产水
总悬浮固体 (TSS)	mg/L	APHA 2540D / EPA 160.2	每周一次	进水+产水
总有机碳 (TOC)	mg/L	APHA 5310C	每周一次	进水+产水
溶解有机碳 (DOC)	mg/L	EPA 415.1	每周一次	进水+产水

总铁	mg/L	APHA 3120B / EPA 200.7	每周一次	进水
钙	mg/L	APHA 3120B / EPA 200.7	每周一次	进水
镁	mg/L	APHA 3120B / EPA 200.7	每周一次	进水

可增加的检测参数:

电导率	μS/cm	APHA 2510B / EPA 120.1	每周一次	进水
总溶解固体 (TDS)	mg/L	APHA 2540C	每周一次	进水
总挥发性悬浮固体 (TVSS)	mg/L	APHA 2540E	每周一次	进水
总碱度	以 CaCO ₃ 计, mg/L	APHA 2320B / EPA 310.1	每周一次	进水
总油	mg/L	APHA 5520C	每周一次	进水
二氧化硅	mg/L	ASTM D859 - 10	每周一次	进水
锰	mg/L	APHA 3125B / EPA 200.7	每周一次	进水
硫酸盐, SO ₄	mg/L	ASTM D516 / EPA 300	每周一次	进水
UV-254	Abs/cm	APHA 5910B	每周一次	进水
叶绿素-A	mg/m ³	APHA 10200H	每周一次	进水
大肠杆菌总量	u/100 mL	APHA 9215 & 9222	每周一次	进水+产水
总活菌数量(22C, 37C)	u/100 mL	APHA 9215 & 9222	每周一次	进水+产水
肠球菌/大肠杆菌	u/100 mL	APHA 9215 & 9222	每周一次	进水+产水
三磷酸腺苷(ATP)	mg/L	ASTM D4012 - 81	每周一次	进水+产水

在线监测或便携式仪器检测参数:

浊度	NTU	HACH 2100Q	每天一次	进水+产水
电导率	μS/cm	Ultrameter, Myron L Model 6P	每天一次	进水
pH 值	--	Ultrameter, Myron L Model 6P	每天一次	进水
温度	摄氏度	HACH 2100Q	每天一次	进水
淤泥密度指数 (SDI)	--	SDI 工具及增压泵	每天一次	进水+产水

超滤膜组件容许进水水质出现一定程度的波动，但建议不能超过推荐规定的最大容许量。如果进水水质不符合设计规定范围，则应通过试验来重新确认超滤膜的运行参数以及确认超滤前是否需要预处理；如果进水水质符合设计规定范围，但进水水质不稳定时，建议咨询陶氏水处理及过程解决方案业务部。

4-2 超滤预处理

由于需要采用超滤处理的各种水样中污染物的性质差异较大，评估及选择超滤前的预处理工艺，需要结合超滤工艺一起进行考虑。

超滤无法拦截去除水中的溶解性物质，因此如果需要利用超滤工艺对溶解态的污染物质进行拦截去除，则必须要在超滤的预处理工艺将其转化为悬浮形态或胶体形态。

如果水中的污染物质主要是微生物和颗粒性物质，则通常超滤前只需要很少的预处理措施，一般建议（见表 3）在超滤工艺的上游安装预过滤器(100 μm -300 μm)去除较大的颗粒物质等即可，比如采用自清洗过滤器、袋滤、滤芯或盘式过滤器等。

表 4-2 过滤器选择建议

设计水源	过滤精度 ¹⁾
井水/地下水	$\leq 300 \mu\text{m}$
市政自来水	$\leq 300 \mu\text{m}$
地表水	$\leq 300 \mu\text{m}$
海水	100-300 μm ²⁾
废水回用	$\leq 300 \mu\text{m}$

备注：

¹⁾ 实际项目的过滤精度根据具体水质条件和项目的具体要求确定；

²⁾ 海水处理应用，100-150 微米的过滤精度可以有效地防止管道和水箱产生生物繁殖污染。

根据原水类型或超滤进水水质的波动等情况，超滤前也可选用其它预处理技术，比如凝聚/絮凝、澄清/沉淀、气浮或颗粒介质过滤等。

凝聚/絮凝：通过在水中加入某些特定的溶解盐类，使水中的淤泥、粘土、胶体、悬浮物、微生物、NOM（通过吸附在其他颗粒中）等颗粒相互吸附结合形成颗粒聚集体（絮体），以便在后续工艺（如澄清、气浮或颗粒介质过滤等）中进行去除的一种物理和化学过程。在凝聚过程中，将铝盐或铁盐等化学品添加到水中，通过快速搅拌（“快速混合”）使添加药剂在水中快速扩散，以减少颗粒物之间的排斥力（脱稳作用），使颗粒彼此吸附聚合。相对应的是，絮凝过程属于低强度搅拌，以增加颗粒聚合的速度。

凝聚与絮凝可使用阳离子型、阴离子型或非离子型等药剂。

澄清/沉淀：设置澄清/沉淀工艺用于降低凝聚/絮凝工艺后的颗粒或胶体物质浓度，或去除浑水中的可沉固体。澄清/沉淀工艺不添加凝结剂。该预处理一般用于平均浊度 $>30 \text{ NTU}$ 或峰值浊度 $>50 \text{ NTU}$ 的进水，可得到浊度 $<2 \text{ NTU}$ 和 $\text{SDI} < 6$ 的澄清水。澄清/沉淀池的水力停留时间一般为 2-4 小时。该预处理的类型包括：

- **高效沉淀池（斜板沉淀池）：**在常规沉淀池中增加斜板以提供更大的沉淀面积，可更高效地沉淀去除水中的悬浮固体物质。一般采用 60° 倾角，采用 5cm 板间距的斜板设置，其沉淀速率更高，占地面积更小（通常比常规沉淀池的占地面积小 65-80%）。斜板沉淀池可适用于处理浊度 $>50 \text{ NTU}$ 的进水。
- **载体絮凝高密度沉淀池：**在混凝阶段投加高密度的不溶介质颗粒如细砂等，利用介质的重力沉降作用及载体的吸附作用加快絮体的“生长”及沉淀，属于一种快速沉淀技术。一般高密度沉淀池具有沉淀时间短、占地面积小以及能耐受较高的冲击负荷等优点。
- **溶气气浮法（DAF）：**通过使水中产水微气泡（ $\sim 50 \mu\text{m}$ ），并在微气泡缓慢上升过程中吸附在凝聚好的悬浮物上，使悬浮物密度下降而浮至水面，在净化器表面而非底部去除固体物质（即澄清后的水从底部而非顶部排出）。溶气气浮

占地面积一般要小于常规沉淀池，可适用于去除进水浊度 $<50\text{NTU}$ 且沉积较为缓慢的轻质颗粒（如凝聚的 NOM）、藻类或油脂等，一般可得到浊度 $<0.5\text{NTU}$ 的澄清水。

介质过滤：这是历史最为悠久（公元前 4000 年即有记载使用）且最常使用的预处理方法，通过使水流流过滤一层或多层的颗粒介质（如砂、浮石、无烟煤）来去除水中的颗粒、悬浮物和胶体，这是基于当水流流过滤介质的床层时，颗粒、悬浮物和胶体会附着在过滤介质的表面。颗粒介质过滤出水水质取决于杂质和过滤介质的大小、表面电荷和形状、原水组成和操作条件等，设计和操作合理的话，介质过滤一般能清除 90-99%的颗粒、悬浮物和胶体。颗粒介质过滤有以下几种不同的类型：

- **单介质过滤：**一般采用细砂，适用于浊度 $<2\text{NTU}$ ， $\text{TSS} < 3\text{mg/L}$ 的进水；
- **多介质过滤：**最常用的过滤介质是石英砂和无烟煤，细砂过滤器石英砂颗粒有效直径为 0.35~0.5mm，无烟煤过滤器颗粒有效直径为 0.7~0.8mm，当采用石英砂上填充无烟煤的双介质过滤器时，它允许悬浮物等杂质进入过滤层内部，产生更有效的深层过滤而延长清洗间隔。过滤介质的最小设计总床层深度为 0.8m，在双介质过滤器中，通常填充 0.5m 高的石英砂和 0.4m 高的无烟煤。
- **双级介质过滤（适用于进水浊度 $>20\text{NTU}$ 、 $\text{TOC} > 6\text{mg/L}$ 时）：**通常第一级是较粗的单介质或多介质过滤（可去除 60-80%的悬浮固体），第二级采用抛光双介质过滤器，可清除 99%的剩余细微悬浮固体。双级介质过滤对 TOC 的去除率较低，一般只有 20-30%，但如果在顶部安装活性炭层，则对 TOC 最高可达 50%左右的去除效果。双级介质过滤一般可得到浊度 $<0.1\text{NTU}$ 的产水。

此外介质过滤系统按不同的划分方式可分类为：

按驱动力：

- **重力过滤：**靠水流自身重量产生的静压进行过滤的装置。一般在过滤器底部适当高度处放置多孔板并铺上过滤介质即形成重力过滤器。由于静压比较低，仅适用于较易过滤的物料或者对过滤速率要求不高的操作过程。常用的类型还有袋滤器、砂滤器等。其操作多为间歇式。
- **压力过滤：**一般采用封闭钢制过滤容器，容器可耐压，能用较高的过滤床层、较精细的过滤介质粒径和较高的过滤滤速，设计过滤流速通常小于 10~20m/h，反洗流速 40~50m/h。。

按过滤速度：

- **慢速过滤：**以重力过滤为主，过滤速度一般 $<0.5\text{m/h}$ ，通常适用于浊度 $<5-10\text{NTU}$ 和 $\text{TOC} < 3\text{mg/L}$ 的进水，可得到浊度 $<1\text{NTU}$ 的过滤产水。
- **快速过滤：**可以是重力过滤，也可以是加压过滤。滤速最高可达 12 m/h，通常需要预凝聚，可得到浊度 $<1\text{NTU}$ 的过滤产水。
- **高速过滤：**加压过滤，滤速最高可达 30 m/h。在混凝剂和助凝剂的作用下，可得到浊度 $<0.5\text{NTU}$ 的过滤产水。

按流动方向：

- **下流过滤：**此种类型最为常用，水流自上而下经过滤层进行过滤。
- **上流过滤：**较少使用，水流自下而上通过滤层进行过滤。

第 5 部分 超滤系统设计

5-1 序 言

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洗、气擦洗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。

本章节主要讨论超滤膜装置本身，包括超滤膜组件、给超滤系统供水的进水泵、恢复超滤膜过滤性能的反洗泵和气擦洗压缩空气系统、自清洗过滤器、仪表、管道和阀门等。超滤系统设计还应包括设置就地化学清洗设备，对超滤膜进行定期化学清洗。

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，设计时选择的通量值越大，跨膜压差值就越大，则所需的进水压力就越高。

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。只有凭借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，越推荐进行中试试验。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。

根据下列表 5-1.1 及表 5-1.2，收集设计超滤系统所需要的设计基础资料是最好的做法，设计基础资料越全，最终为满足用户需求所设计的超滤系统就更优化。

5-1.1 超滤系统设计资料及原水分析报告

表 5-1.1: 所需系统设计资料如下:

方案序号: _____ 记录日期: _____	联系人: _____ 电子信箱: _____ 联系方式: 电话: _____ 传真: _____
工程所在地: _____ 工程公司: _____ 最终用户: _____ 地址: _____ 邮编: _____	
项目类型: <input type="checkbox"/> 新项目 <input type="checkbox"/> 改造项目 <input type="checkbox"/> 扩建项目 <input type="checkbox"/> 中试项目 <input type="checkbox"/> 其他 _____	
应用领域 <input type="checkbox"/> 电力行业 <input type="checkbox"/> 石化行业 <input type="checkbox"/> 冶金行业 <input type="checkbox"/> 电子行业 <input type="checkbox"/> 食品 & 饮料 <input type="checkbox"/> 医药行业 <input type="checkbox"/> 市政饮用水 <input type="checkbox"/> 废水回用处理	
设计产水量(m ³ /h): _____	
偏向膜组件: <input type="checkbox"/> SFP-2860 <input type="checkbox"/> SFP-2880 <input type="checkbox"/> IntegraPac IP-51 <input type="checkbox"/> IntegraPac IP-77 <input type="checkbox"/> IntegraFlux SFP-2860XP <input type="checkbox"/> IntegraFlux SFP-2880XP	
其它要求及说明:	

表 5-1.2: 水质分析报告如下:

水质分析单位: _____ 分析者: _____																																																																							
水源概况: _____ 日期: _____																																																																							
电导率: _____ pH 值: _____ 水样温度: _____ °C																																																																							
<p>水源类型:</p> <p> <input type="checkbox"/> 地下水/深井水 <input type="checkbox"/> 湖水/水库水 <input type="checkbox"/> 河水 <input type="checkbox"/> 海水 <input type="checkbox"/> 市政自来水 <input type="checkbox"/> 市政废水 <input type="checkbox"/> 工业废水 <input type="checkbox"/> 其他水源 </p>																																																																							
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;"></th> <th style="width: 20%;">设计</th> <th style="width: 20%;">最小</th> <th style="width: 20%;">最大</th> <th style="width: 35%;">备注</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>温度 (deg. C.)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>总溶解固体含量 TDS (mg/L)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>总悬浮固体含量 TSS (mg/L)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>浊度 (NTU)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>油 & 脂 (mg/L)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>化学需氧量 COD (mg/L)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>生物需氧量 BOD₅ (mg/L)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>总有机碳 TOC (mg/L)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DOC (mg/L)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>总铁 (mg/L)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>总锰 (mg/L)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>其他/备注:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		设计	最小	最大	备注	温度 (deg. C.)					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)					DOC (mg/L)					总铁 (mg/L)					总锰 (mg/L)					其他/备注:				
	设计	最小	最大	备注																																																																			
温度 (deg. C.)																																																																							
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)																																																																							
DOC (mg/L)																																																																							
总铁 (mg/L)																																																																							
总锰 (mg/L)																																																																							
其他/备注:																																																																							
<p>预处理工艺: _____</p> <p> 药剂投加: <input type="checkbox"/> 絮凝剂 <input type="checkbox"/> 助凝剂 <input type="checkbox"/> 杀菌剂 </p> <p> 预处理设备名称: _____ _____ _____ _____ </p> <p> 预处理综合情况: _____ _____ </p>																																																																							

备注: 如果有, 请提供原水水质分析报告。

5-2 陶氏超滤膜组件的操作条件

下表 5-2 是陶氏超滤膜组件推荐的最大限值和设计基准适用条件。

表 5-2: 陶氏超滤膜组件的操作条件:

参数	单位	设计基准 (1)	最大值 (2)
TSS	mg/L	<50	100
浊度	NTU	<50	300
TOC	mg/L	<10	40
进水颗粒最大粒径	μm	150	300 ^d
COD _{Mn}	mg/L	< 20	60
油脂	mg/L	0	< 2
pH 范围, 连续运行		6-9	2-11
pH 范围, 短期清洗		1-12	1-12
操作温度	°C	25	40 ^b
运行压力	bar	3	6
跨膜压差	bar	0.2 ^a	2.1
游离氯含量, 连续运行	mg/L	0.5 ^c	200
游离氯含量, 短期清洗	mg/L	2000	5000

备注:

- (1) 根据水源水质条件, 设计基准值可以是个范围;
 - (2) 在最大值水质条件下运行, 需要评估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;
 - (4) 不同水源类型的 COD 对系统性能会产生不同的影响。
- a: 初始运行跨膜压差值;
- b: 最高温度值为短期运行, 而非连续运行;
- c: 按照产水 0.5 mg/L 余氯值考虑, 以保证持续杀菌;
- d: 根据水源水质和实际项目情况可以优化选择。

5-3 陶氏超滤膜典型清洗工艺条件

下列表 5-3 是陶氏超滤膜典型清洗工艺条件。

表 5-3: 陶氏超滤膜典型清洗工艺条件:

反洗频率	每隔 20~60 分钟一次(视具体水源或试验定)
反洗时间	每次 0.5~2 分钟
反洗通量	100~150 L/m ² .h
最大反洗压力	2.5 bar
正洗	8"直径系列 1.8m ³ /h~4.0 m ³ /h
正洗时间	每次 20~60 秒
正洗频率	与运行及反洗结合进行
气	组件最大进气压力
	2.5 bar

擦洗条件	单支组件进气量	5~12N m ³ /h
	气洗时间	每次 20~60 秒
	气洗频率	依实际情况定, 建议与反洗同步
	气擦洗进口压力	≤ 1.0 bar
	气源要求	无油压缩空气
化学加强反洗	CEB 频率	可根据实验结果和实际运行情况进行优化
	浸泡时间	5-10 分钟, 视实际水源、污染程度和水温决定
	CEB 药剂	酸洗:0.1%HCl, pH2 (视具体水质情况可适当增减) 碱洗:0.05%NaOH+0.1%NaOCl, pH12 (视具体水质情况可适当增减)
化学清洗	清洗频率	标准化跨膜压差上升 1.0bar, 或者标准化产水量下降 25%, 且通过常规反洗或化学加强反洗仍不能恢复到理想效果时, 或者运行跨膜压差升至最大 2.1bar 时
	化学清洗时间	60~90 分钟 (污染严重时可适当延长)
	化学清洗药剂	酸洗: 1~2%的柠檬酸, 或 1~2%草酸或者 0.2%HCl (pH2) 碱洗: 0.1%NaOH+0.2%NaOCl (有效氯计) (pH12)
	清洗流量	8"直径系列 1.5-2.0 m ³ /h·每支组件
	清洗液温度	10~40℃(较高温度利于提高清洗效率) 酸洗推荐温度: 30~40度 (更高温度可能造成膜不可逆的损伤, 或者导致泄漏现象) 碱洗推荐温度: 30~35度 (更高温度可能造成膜不可逆的损伤, 或者导致泄漏现象)

5-4 陶氏超滤膜设计导则

表 5-4: DOW™ 超滤膜组件在水处理应用中的设计导则（参考，针对具体的项目，需要根据经验和中试试验结果进行优化。）

水源	浊度 (NTU) ⁽¹⁾	TSS (mg/L) ⁽¹⁾	最大推荐总通量 ⁽²⁾ (LMH)		反洗间隔 周期 (分钟)	反洗 通量 (LMH)	超滤系统 回收率 (%)	反洗 NaOCl 浓 度 (ppm)	CEB1 碱 频率, pH (估计投加量)	CEB1 NaOCl 频率 (投加量)	CEB2 酸 频率, pH (估计投加量)	CIP 化学清洗 周期 (天)
			SFP/D-2860 IP/D-51 IW-74	SFP/D-2880 IP/D-77 IW-102								
地下水	<0.5	<5	105	120	120	80	99	-	可选	可选	可选	90-120
	1-2	<5	105	120	90	80	99	-	可选	可选	可选	60-90
	<3	<5	105	120	90	80	99	-	-	-	-	60-90
自来水 (预处理后)	<1	<10	90	110	60	120	97	5	可选	可选	可选	60-90
	1-2	<10	85	100	45	120	95	5-10	可选	可选	可选	45-90
	2-5	<20	75	90	40	120	94	10-15	可选	可选	可选	45-60
	<5	<10	75	90	60	120	96	5-10	可选	可选	可选	60-90
	5-15	<20	60	70	40	120	92	10-15	可选	可选	可选	30-90
地表水	15-50	<30	55	65	30	120	90	-	每 24 小时, pH12 (700mg/L NaOH)	每 24 小时 (750mg/L)	每 72 小时, pH2 (550mg/L HCl)	30-60
	50-75	<50	50	60	30	120	88	-	每 12 小时, pH12 (700mg/L NaOH)	每 24 小时 (750mg/L)	每 36 小时, pH2 (550mg/L HCl)	30
	<5	<10	70	85	90	80	98	-	-	每 24 小时 (350mg/L)	每 72 小时, pH2 (500mg/L HCl)	60-90
	<10	<20	65	80	60	100	96	-	-	每 24 小时 (350mg/L)	每 72 小时, pH2 (500mg/L HCl)	45-90
	<20	<40	60	75	30	120	90	-	-	每 24 小时 (350mg/L)	每 72 小时, pH2 (500mg/L HCl)	30-60
海水 废水 (二级或三 级排放)	<5	<5	60	65	30	120	90	可选	每 12 小时, pH12 (650mg/L NaOH)	每 12 小时 (750mg/L)	每 36 小时, pH2 (400mg/L HCl)	30-60
	<5	<10	55	60	30	120	89	可选	每 12 小时, pH12 (650mg/L NaOH)	每 12 小时 (750mg/L)	每 36 小时, pH2 (400mg/L HCl)	30
	5-10	<20	50	55	30	120	88	可选	每 12 小时, pH12 (650mg/L NaOH)	每 12 小时 (750mg/L)	每 36 小时, pH2 (400mg/L HCl)	30
	10-20	<30	45	50	20	120	80	可选	每 12 小时, pH12 (650mg/L NaOH)	每 12 小时 (750mg/L)	每 36 小时, pH2 (400mg/L HCl)	30
	<30	<40	40	45	20	120	77	可选	每 12 小时, pH12 (650mg/L NaOH)	每 12 小时 (750mg/L)	每 36 小时, pH2 (400mg/L HCl)	30
	<5	<5	60	65	30	120	90	可选	每 12 小时, pH12 (650mg/L NaOH)	每 12 小时 (750mg/L)	每 36 小时, pH2 (400mg/L HCl)	30-60
	<5	<10	55	60	30	120	89	可选	每 12 小时, pH12 (650mg/L NaOH)	每 12 小时 (750mg/L)	每 36 小时, pH2 (400mg/L HCl)	30
	5-10	<20	50	55	30	120	88	可选	每 12 小时, pH12 (650mg/L NaOH)	每 12 小时 (750mg/L)	每 36 小时, pH2 (400mg/L HCl)	30
	10-20	<30	45	50	20	120	80	可选	每 12 小时, pH12 (650mg/L NaOH)	每 12 小时 (750mg/L)	每 36 小时, pH2 (400mg/L HCl)	30

备注:

(1) 基于 95% 的时间; (2) 总通量指在备用超滤装置离线和/或反洗状态下的 25°C 的标准化通量。

5-5 超滤产水量和进水温度的关系

由于液体的粘度会随温度发生变化，因此对于任何超滤膜组件，在任意工作压力下，其过滤流量或透膜压差都会随温度变化而呈较大幅度的变化。陶氏超滤膜通量和跨膜压差随温度变化的校正系数，请参阅 14-2 节的内容介绍，根据曲线可以查出对应的校正系数。

示例 1：根据设计导则以及结合实际水源水质情况，假设确定 25℃ 下的设计通量为 80LMH，实际运行中的液体水温为 14℃，要求计算压差不变的情况下 14℃ 下的通量。

计算：

查附录图得 14℃ 下超滤膜组件通量的温度校正系数为 0.776；

则 14℃ 下的通量 = 80 LMH × 0.776 = 62 LMH。

示例 2：超滤系统按 80 LMH 的恒定通量运行，经测试在 30℃ 下所需要的透膜压差为 0.5bar。系统运行最低水温为 15℃，计算最低水温下所需要的透膜压差。

计算：

查附录图得 30℃ 时 80 LMH 通量下的 TMP 校正系数为 0.92，15℃ 时 80 LMH 通量下的 TMP 校正系数为 1.25；

则 15℃ 运行时的透膜压差 = 0.5bar × 0.92 × 1.25 = 0.68bar。

5-6 超滤的反洗和清洗系统

为保证超滤系统的长期稳定运行，需配置辅助反洗系统、化学加强反洗加药系统（选用）、化学清洗系统及空气压缩系统。

一般情况下，反洗和空气压缩系统对于陶氏超滤是必需的；通常，还配备一个杀菌剂加药系统以控制微生物等繁殖对超滤膜的影响；而化学加强反洗系统则在水质较差时配备。

5-6.1 反洗系统

反洗系统包括反洗水箱、反洗水泵及次氯酸钠加药装置。

5-6.1.1 反洗水箱

超滤反洗用水一般采用超滤产水，可以不另设单独的反洗水箱，而采用超滤的产水箱。

5-6.1.2 反洗水泵

超滤系统需要定期进行反洗，故应单独设置反洗水泵。反洗水泵参数可以按以下选取：

- 1) 流量：膜组件反洗通量可以按 100~150 LMH，折合成膜组件流量后乘以单套装置组件数量即可；
- 2) 扬程：考虑管路损失，在满足流量的要求下，一般设计进超滤压力在 2.0bar
- 3) 泵的过流材质应为不锈钢。

5-6.1.3 次氯酸钠加药装置

为抑制膜组件内生物滋生，可以单独设置该加药装置。加药有两种方式：一种是在进水中连续加入 1~5ppmNaOCl 或冲击性加入 10~15ppmNaOCl，每次持续 30~60 分钟，每天一次。另一种是在反洗水中加入 10~15ppmNaOCl。次氯酸钠加药装置含以下设备：

- 1) 加药箱：一般按一昼夜以上的药品贮存量。加药箱配低液位开关，低液位报警并停计量泵；

- 2) 计量泵：按反洗水中加入次氯酸钠浓度 10~15 ppm 或按进水中加入 1~5ppm 浓度来确定计量泵的流量，压力大于投加点压力。

5-6.2 化学加强反洗系统

对于水质比较差的原水，建议在系统运行过程中增加化学分散清洗。根据水质情况选择酸或碱洗装置之一，或者二者均选用。

化学分散清洗系统设备由加药箱和计量泵组成。

5-6.2.1 化学加强反洗酸加药装置

超滤进水中可能含有铁、铝等高价金属的胶体或者悬浮物，也可能存在硬度等结垢倾向，这些杂质可能造成超滤膜的无机物污染。在此情况下，建议在反洗过程中加一定浓度的酸溶液进行化学加强反洗，所用的酸可根据具体原水水质情况选用盐酸、草酸或柠檬酸等。

化学加强反洗酸加药装置含以下设备：

- 1) 加药箱：应保证一昼夜以上的药品贮存量。加药箱配低液位开关，低液位报警并停计量泵；
- 2) 计量泵（或采用流量更大的磁力泵）：以在反洗水流量下达到一定浓度选型，使浸泡的化学药剂浓度达到（0.5~1%草酸，0.5~1%柠檬酸，或者 0.1%HCl 溶液），压力满足药液流量要求即可，在无机物特别严重的水源，建议适当增加酸液浓度，延长浸泡时间，浓度建议不超过化学清洗浓度。

5-6.2.2 化学加强反洗碱、杀菌剂加药装置

原水中的有机物是造成超滤膜污染的重要原因，为防止由有机物及活性生物引起的超滤膜组件的污染，建议在反洗水中加入一定浓度的碱溶液进行化学加强反洗，所用的碱溶液推荐采用浓度为 0.1% NaOCl + 0.05 % NaOH 溶液。

化学加强反洗碱加药装置含以下设备：

- 1) 加药箱：一般按一昼夜以上的药品贮存量。加药箱配低液位开关，低液位报警并停计量泵；
- 2) 计量泵（或采用流量更大的磁力泵）：以在反洗水流量下达到一定浓度选型，使浸泡的化学药剂浓度达到（0.1%NaOCl+0.05%NaOH），压力满足药液流量要求即可，在有机物污染特别严重的水源，可适当提高 NaOCl 浓度，延长浸泡时间，浓度建议不超过 0.2%。

当设置并使用化学加强反洗加药工艺后，微生物等对膜的污染可以得到控制。

5-6.3 化学清洗系统

标准化跨膜压差比初始运行压力上升了 1.0bar，或者标准化产水量下降了 25~35%，且通过常规反洗步骤反复多次或化学加强反洗后不能恢复到理想效果时，采用化学清洗彻底恢复超滤膜的性能。

清洗系统包括清洗溶液箱、清洗水泵及清洗过滤器，一般布置于一个机架上。该清洗一般为手动过程，也可以根据需要设计为自动过程，且需将待清洗装置停机后进行。

5-6.3.1 清洗溶液箱

配制贮存清洗液用。容积可以按以下选定：按超滤膜组件水容积量计算出单套超滤装置组件的清洗液量，加上清洗管道及清洗过滤器内清洗液的量，再适当放上一些余量。

5-6.3.2 清洗水泵

- 1) 流量：按每支膜组件 1-2m³/h 流量计，乘以单套装置膜组件数量即可；

- 2) 扬程：在保证清洗考虑清洗流量下，考虑管路损失，一般进口压力不超过 3bar；
- 3) 泵的过流材质应为不锈钢。

5-6.3.3 清洗过滤器

清洗过滤器流量可以按清洗水泵流量选取，材质为不锈钢或耐腐蚀性工程塑料。

5-6.4 空气压缩系统

外压式超滤膜通常采用气擦洗辅助反洗以增强反洗效果，通常采用空气压缩系统来制备压缩气源。空气压缩机是压缩气源装置中的主体，它是将原动机（通常是电动机）的机械能转换成气体压力能的装置，是压缩空气的气压发生装置。空气压缩机的种类很多，按工作原理可分为容积式压缩机和速度式压缩机，常用容积式压缩机。容积式压缩机的工作原理是压缩气体的体积，使单位体积内气体分子的密度增加以提高压缩空气的压力；常用的空气压缩机有活塞式空气压缩机和螺杆式空气压缩机。

空气压缩机产生的压缩空气是不纯净的。这是因为空气压缩机本身含有润滑油，在进行压缩工作时，必然有部分润滑油混入到压缩空气中；另外，自然界的空气本身含有一些固体颗粒及水份等，当在气动回路中直接使用这种未经净化处理的气体，会给气动回路带来一些故障，损坏气动元件，降低元件使用寿命，生产效率下降，甚至造成事故。因此，净化这些压缩气体以获得纯净的压缩气体是气压系统中必不可少的一个重要环节。

气擦洗时，超滤膜组件最大进气压力 1.5bar，单支膜组件气擦洗强度 5-12Nm³/h。

第 6 部分 超滤膜的安装

6-1 序言

本节介绍装卸陶氏 DOW™超滤（UF）膜组件的方法，当您组装或拆卸膜组件时，应该带上膜组件制造商提供的安装说明图纸和文件作为参考。

6-2 装卸准备

建议装卸膜组件前，应准备下列个人安全防护品和工具：

- | | | |
|---------|--------|---------|
| — 安全橡胶靴 | — 橡皮手套 | — 防护眼镜 |
| — 扳手 | — 橡胶榔头 | — 安全切割刀 |
| — 螺丝刀 | | |

- 1) 仔细检查超滤装置，设计和制作配管和膜组件的固定时，避免让膜组件承受其他的外力；
- 2) 仔细检查超滤装置和系统连接管路并从中除去所有的灰尘、研磨材料、油脂和金属碎屑等，以保证所有的异物均被有效除去；
- 3) 安装膜组件前，要保证预处理系统能正常运转，超滤系统辅助设备安装到位，和所需化学药剂齐全；
- 4) 建议仅当计划投运系统前才打开膜组件包装，安装膜组件，否则应在原包装内密封存放膜组件。

6-3 安装膜组件

- 1) 打开包装盒，小心取出膜组件，避免膜组件掉到地上或受到撞击受到的损坏，并检查配件是否齐全；
- 2) 膜组件出厂时灌注有保护液，三个进出口上有塑料堵头和卡箍夹紧，以防止保护液流出。在安装前，打开进出口堵头，将保护液排空并妥善处理；建议保留部分进出口卡箍堵头，以备将来拆卸膜组件密封管道和膜组件返厂检测密封使用；
- 3) 在装置支架上按照底座安装详图钻孔，用螺栓把膜组件底座固定在支架上；
- 4) 在装置支架上按照垫块安装详图钻孔，用橡皮榔头将垫块底脚敲入孔中完成固定安装；
- 5) 在装置支架上按照带箍安装详图钻孔，采用带箍自带螺栓固定带箍的一端，待膜组件安装后再固定另一端，以将膜组件牢固固定在支架上；
- 6) 将已经排空保护液的膜组件安装在底座上，并轴向调整膜组件确保膜组件与底座接触完好；
- 7) 用螺栓将带箍另一端固定，确保带箍全橡胶面贴紧膜组件，固紧螺栓，将膜组件牢固固定在支架上；
- 8) 将上端盖顶盖套在膜组件顶部，并嵌合在膜组件端盖（顶盖为可选安装配件，用以增加美观）；
- 9) 使用卡箍和卡箍密封圈将膜组件进出口与对应进水管卡箍接头连接，确保膜组件和管道安装正确，避免因安装不正确带来的扭力和拉力作用到膜组件进出口上。除去进气口堵头，使用组合垫圈将快插接头安装在膜组件底部进气口上，连接进气管道；
- 10) 重复以上步骤，完成所有膜组件和外部连接管路的安装。

超滤膜组件安装请参考附录安装指导说明图。

6-4 拆卸膜组件

当要从系统中拆卸膜组件时，应由两人按如下方法进行：

- 1) 首先拆掉膜组件进出口连接卡箍以及进气快插接头，然后松脱带箍，将膜组件从装置上拆下放好；
- 2) 如果需要的话，采用保留的进出口卡箍堵头将膜组件进出口和外部连接管道接口密封。

第 7 部分 超滤系统的运行与操作

7-1 序 言

正确的系统运行和操作是保证超滤膜系统长期高性能稳定运行的关键，它包括系统的首次投运、正确的运行步序和日常开停机操作，膜组件污堵、污染和结垢以及水力冲击破坏等的预防。这些方面不仅在设计时应该给予充分的考虑，而且在制造、安装调试、操作培训和日常运转管理时更应密切关注。必须保存运行记录并进行数据的标准化，以便及时掌握系统实际性能，必要时立即采取纠正措施。

7-2 超滤膜运行步序

陶氏超滤膜通常采用全流过滤模式，因此大大节约了运行能耗，运行采用保持产水量恒定即恒流的控制方式，因此，超滤膜跨膜压差（TMP）将随着过滤过程的进行不断升高，这就需要间隔一段时间，就进行气擦洗辅助反洗，来控制 TMP 的升高。在膜丝表面截留的固体颗粒，通过定期的气擦洗辅助反洗加以去除，这种反洗不必加入任何的化学清洗剂。固体污染物在定期的气擦洗辅助反洗中被除去，因此避免了其在膜丝表面的沉积。吸附在膜丝表面而不能被反洗去除的污染物，通过在线的化学加强反洗（CEB）去除。在化学加强反洗过程中，在反洗水加入少量的化学药剂，通过短时间的浸泡（通常为 5—10 分钟）后，将化学药剂排出，超滤膜可以恢复到接近初始状态。另外，还需要对超滤膜系统进行定期的就地化学清洗（CIP），以彻底去除污染物，恢复超滤膜性能，CIP 药剂可采用氢氧化钠、次氯酸钠、盐酸、柠檬酸等。

陶氏超滤膜系统运行包括以下主要步骤：

1. 过滤
2. 气擦洗
3. 底部排水
4. 上反洗
5. 下反洗
6. 正洗
7. 化学加强反洗（CEB）
8. 就地化学清洗（CIP）

7-2.1 过滤

超滤膜系统在启动时，建议进行 2-3 分钟的正洗来除去膜组件里残留的化学品及空气。正洗是进水从膜组件下部进水口进入膜组件，冲洗膜丝外表面，从膜组件顶部浓水口排出，这一步骤时间内将不过滤进水。在正洗完成后，系统可以转换到过滤运行状态。通常一个运行周期为 20-60 分钟，根据进水条件和清洗程序而变化。在正常的过滤状态下，100% 的进水被过滤即全流过滤。由于在过滤过程中截留污染物，跨膜压差(TMP)将会上升，在预先设定的运行步骤的结尾，会转入到气擦洗和反洗的清洗步骤。

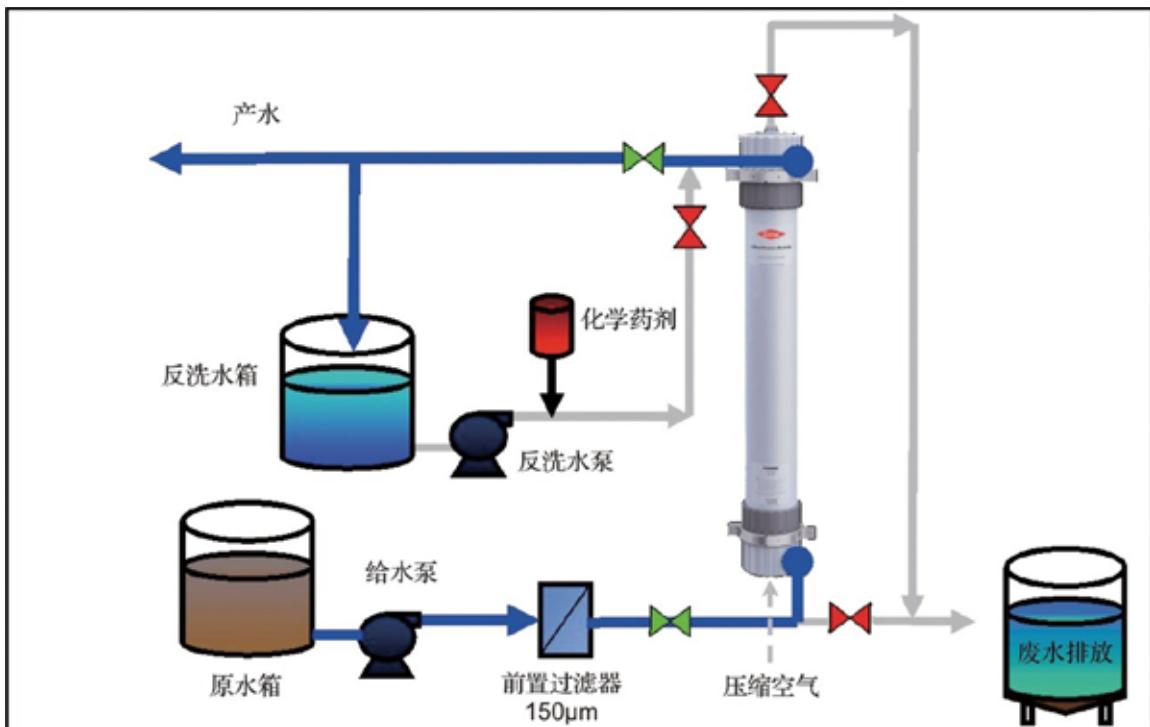


图 7-1 DOW™ 超滤的过滤步骤

7-2.2 气擦洗

超滤膜系统按照自动控制程序将转入气擦洗步骤，气擦洗是利用压缩空气产生的气泡松动膜丝外表面截留的污染物。压缩空气从膜组件底部进气口进入到膜丝外表面，从顶部浓水口排出。

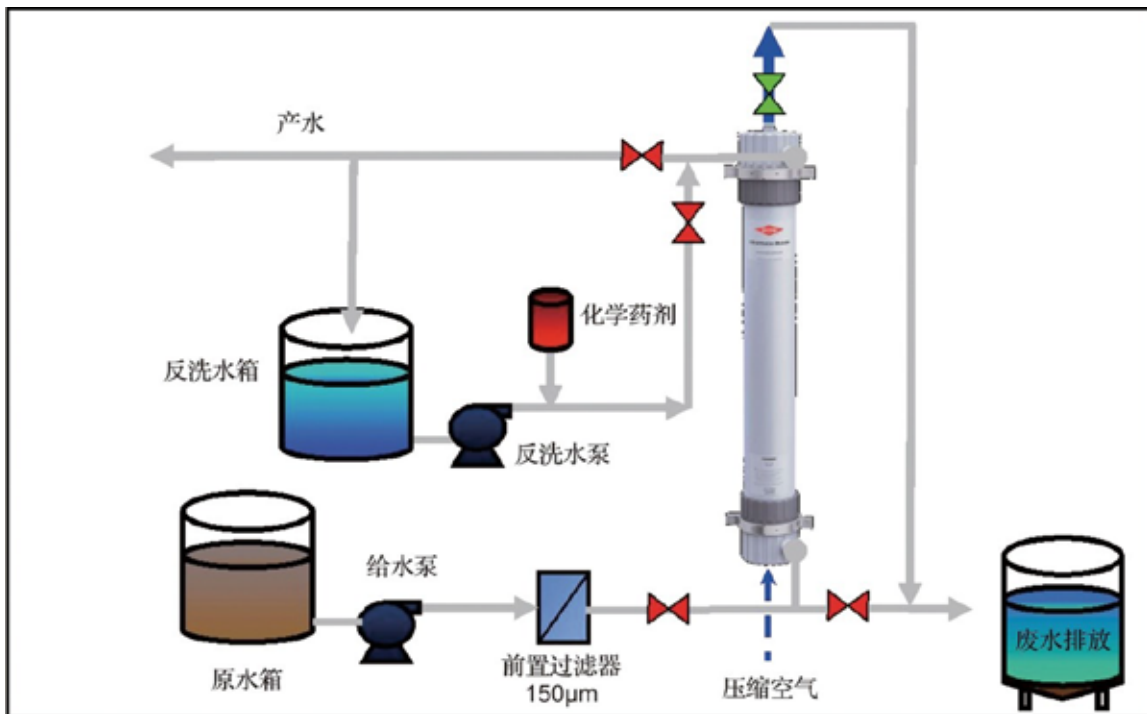


图 7-2 DOW™ 超滤的气擦洗步骤

7-2.3 底部排水

在气擦洗步骤后，停止进气，打开下排放阀，将膜组件重力排干，随排水带走松动的污染物。

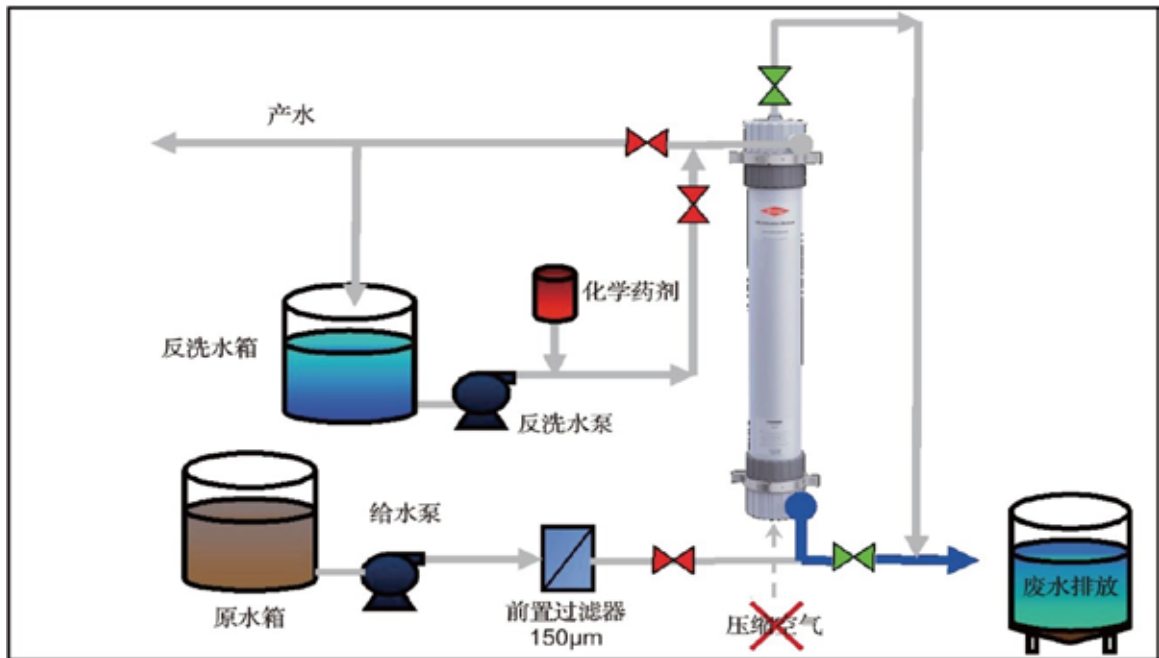


图 7-3 DOW™ 超滤的排水步骤

7-2.4 上反洗

排水完毕之后进行第一步反洗，即上反洗步骤。反洗水从膜组件上部产水口进入膜丝内部，从与运行产水相反的方向透过膜丝，反洗废水在膜丝外部汇集，打开反洗上排放阀，使反洗废水从膜组件顶部浓水口排出。上反洗步骤能首先清洗膜组件污染最严重的上端区域。

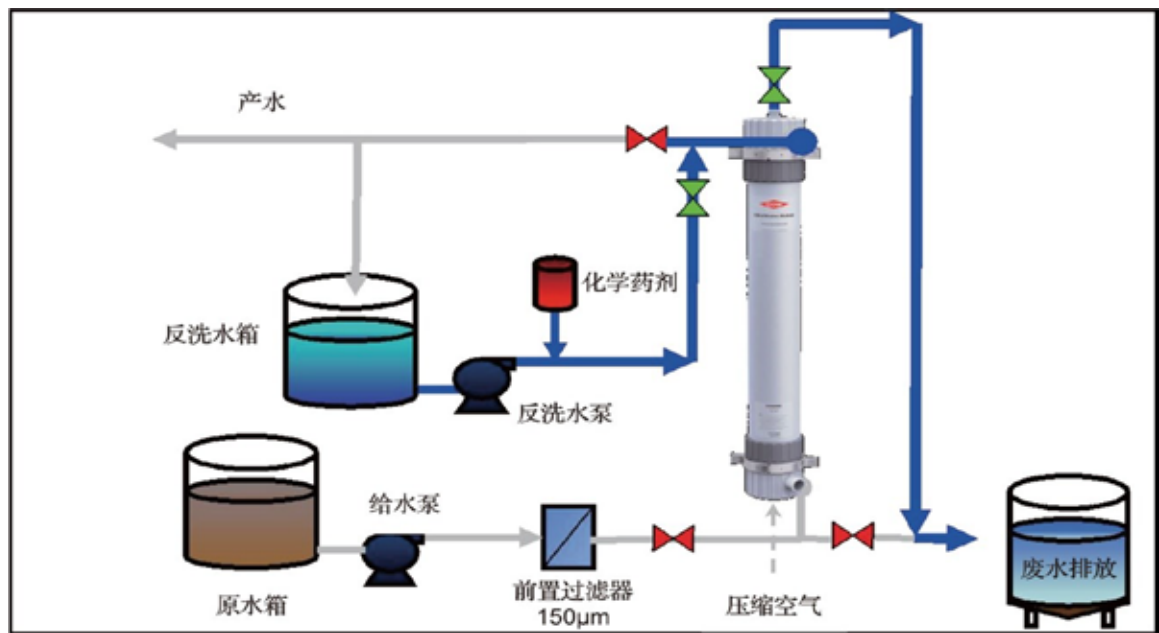


图 7-4 DOW™ 超滤的上反洗步骤

7-2.5 下反洗

第二步反洗，即下反洗步骤，去除膜组件下端区域的污染物。保持反洗水从膜组件上部产水口进入，打开反洗下排放阀，使反洗废水从膜组件下部进水口排出，可有效去除下端的污染物。

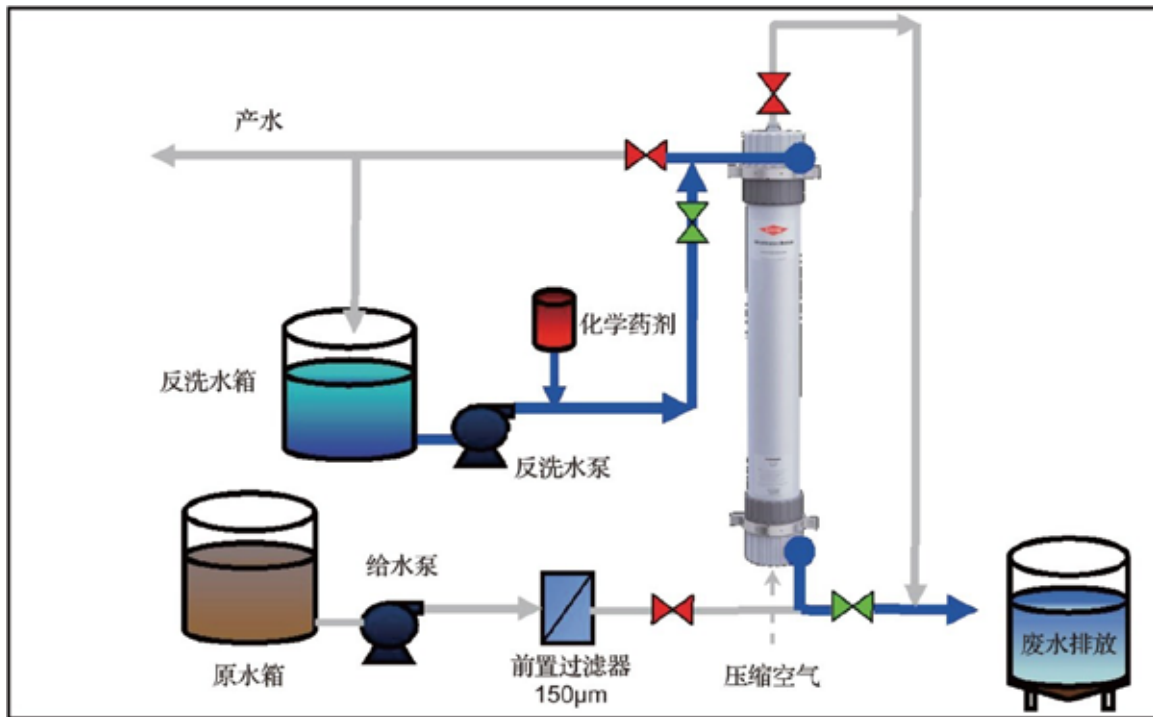


图 7-5 DOW™ 超滤的下反洗步骤

7-2.6 正洗

在反洗结束后，需进行正洗以去除任何残留的污染物和/或化学药品，并排除聚集在膜组件内部的空气。完成正洗后，超滤系统即可重新投入到过滤运行状态或者备用状态。

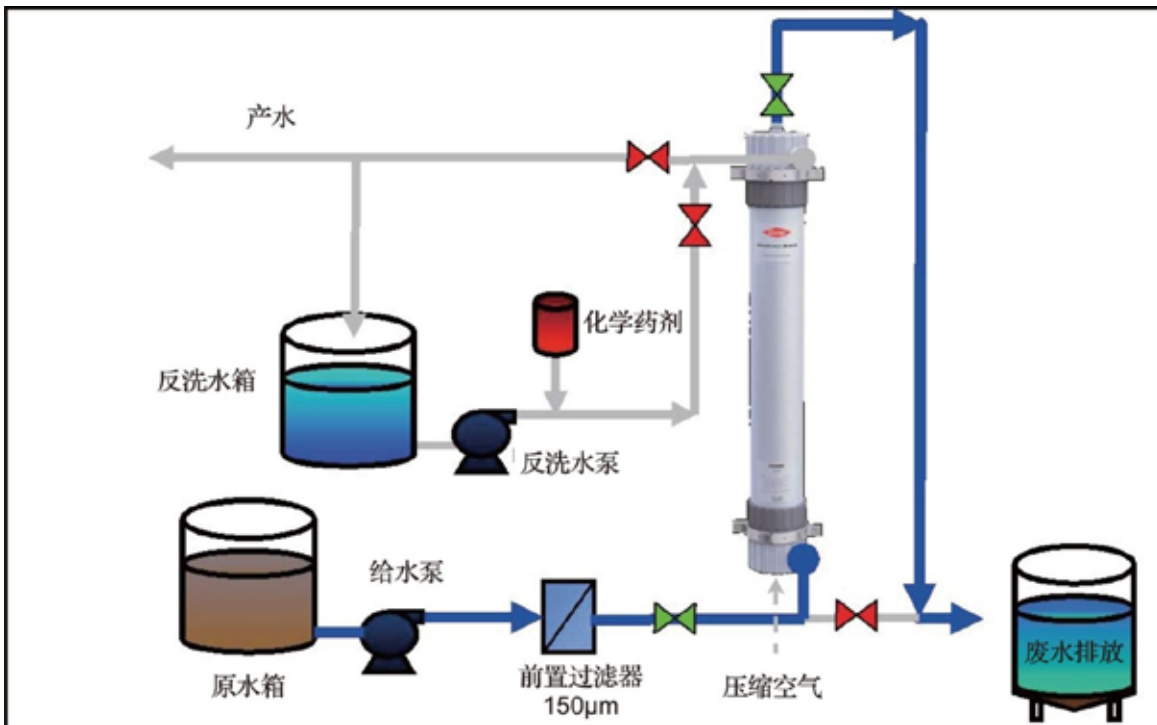


图 7-6 DOW™ 超滤的正洗步骤

7-3 化学加强反洗（CEB）

在通过常规气擦洗辅助反洗步骤无法除去所有污染物的情况下，通过在反洗时加入化学药剂可以加强反洗的效果，即化学加强反洗（CEB, Chemical Enhanced Backwash）。CEB 过程包括一个气擦洗过程、加入化学药剂反洗、浸泡和将污染物和化学药剂冲出的常规气擦洗辅助反洗过程。在 CEB 过程中，非常重要的一点是在加入化学药剂的反洗前，要保证将绝大部分的污染物通过常规反洗从膜组件中除去。这样，化学药剂才可以直接作用到那些难以除去的污染物上。同样重要的是要保证整个膜组件中充满合适浓度的化学药剂和合理的浸泡时间。通常浸泡可持续 5 至 10 分钟，有时为了使化学药剂与黏附在膜丝表面或进入膜丝孔通道内的污染物充分接触，也可延长浸泡时间。浸泡后，要保证将所有的化学药剂冲洗出整个系统。

CEB 所使用的化学药剂种类根据原水水质可能产生的污染物进行选择，CEB 频率根据产生的污染物频繁情况而定。一般使用的化学药剂为 NaOCl、NaOH 和 HCl 等。根据所使用的化学药剂的不同，CEB 一般分为针对由于原水中有有机物及生物引起的污染的碱 CEB，和针对由于原水中铁、铝的胶体或者硬度结垢引起的无机物污染的酸 CEB：

碱 CEB：0.1% NaOCl+0.05% NaOH(目标 pH 12)

酸 CEB：0.1% HCl 或 H₂SO₄(目标 pH 2)

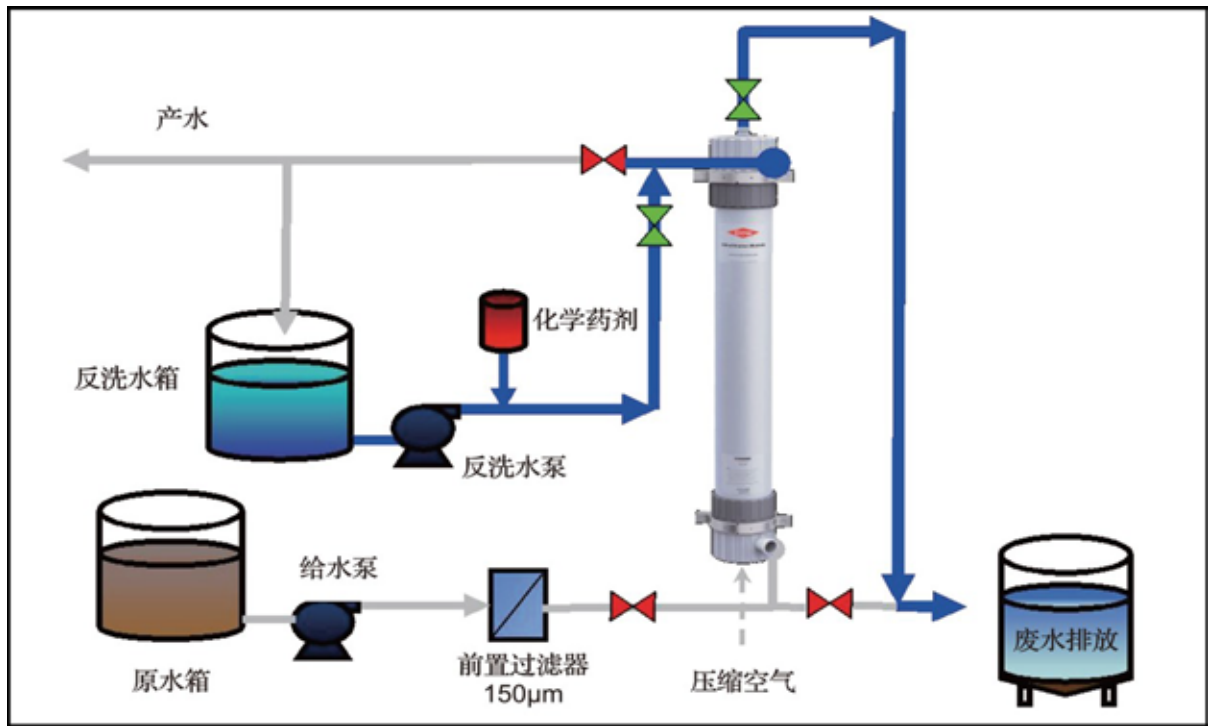


图 7-7 DOW™ 超滤的化学加强反洗（CEB）上反洗

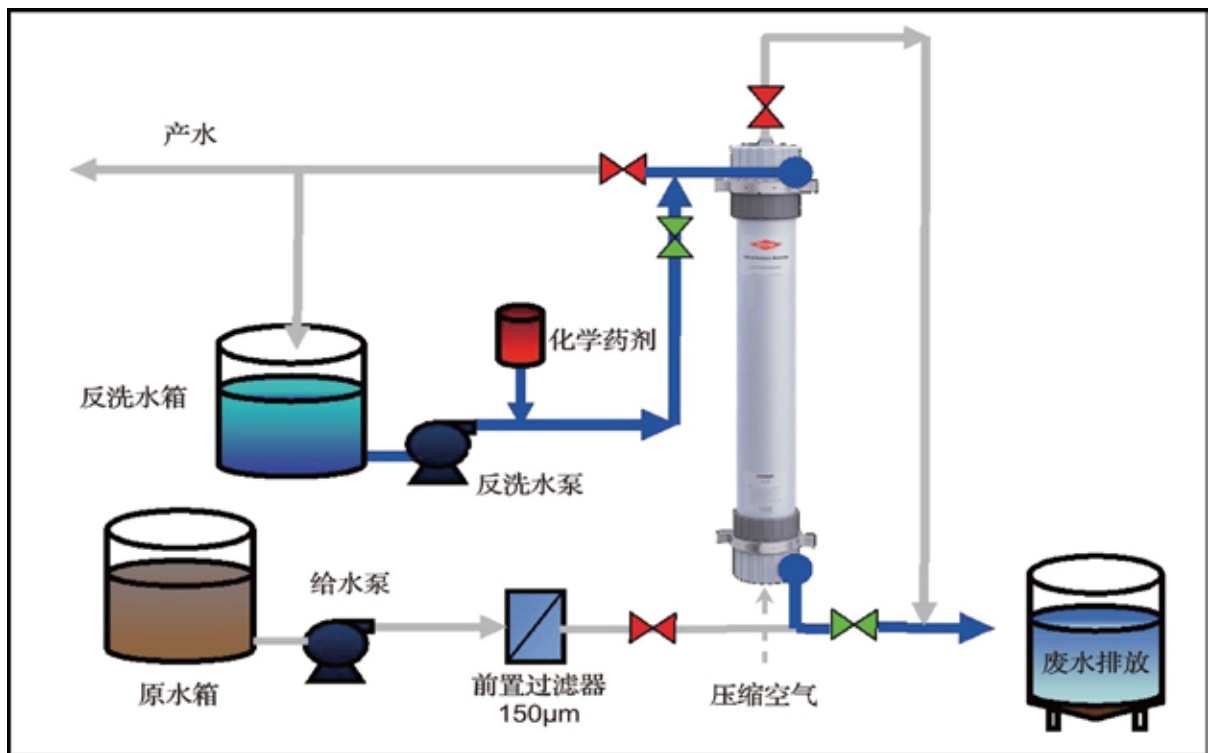


图 7-8 DOW™ 超滤的化学加强反洗（CEB）下反洗

7-4 就地化学清洗（CIP）

就地化学清洗（CIP）操作包括反洗和化学品循环清洗。CIP 是一个基于需求的操作。CIP 频率受到给水水质的影响，频率可以从 1 个月到 3 个月不等。CIP 前要执行一次的常规反洗，其步骤包括气擦洗、底部排放、上反洗和下反洗。反洗的步骤通常重复 3 到 8 次，以去除各种不需要的化学清洗即可去除的污染物。反洗步骤完成后，通过重力排水排掉膜组件中多余的水，防止后续 CIP 化学药品浓度被稀释。CIP 清洗液在膜组件和化学清洗水箱之间循环 30 分钟（CIP 药品从膜组件进水侧打入）。一部分 CIP 清洗液的滤液也被收集并循环回的化学清洗水箱。请注意，CIP 清洗液可以加热到 40°C，以提高去除膜组件中污染物的效率。循环清洗后可以浸泡 60 分钟或更长的时间，浸泡时间长短主要取决于膜组件的污染程度。浸泡步骤后，再次将 CIP 清洗液循环 30 分钟。循环清洗完成后再执行一次气擦洗和排水，以排掉膜组件中 CIP 清洗液。随后执行 2 步反洗（上反洗和下反洗）和正洗，以去除膜丝外部任何剩余的污染物。注意：经过 CIP 后，转入正常的操作运行步骤时，UF 膜丝产水侧残留有 CIP 化学品（特别是氧化剂），如后续工艺为反渗透，应该将 CIP 后第一次正常运行产水排放，以避免反渗透膜的氧化。上面描述的 CIP 步骤为一个单一的碱或酸的 CIP 清洗过程。如果酸和碱清洗都需要，CIP 的步骤是将碱 CIP 过程和酸 CIP 过程各执行一遍。

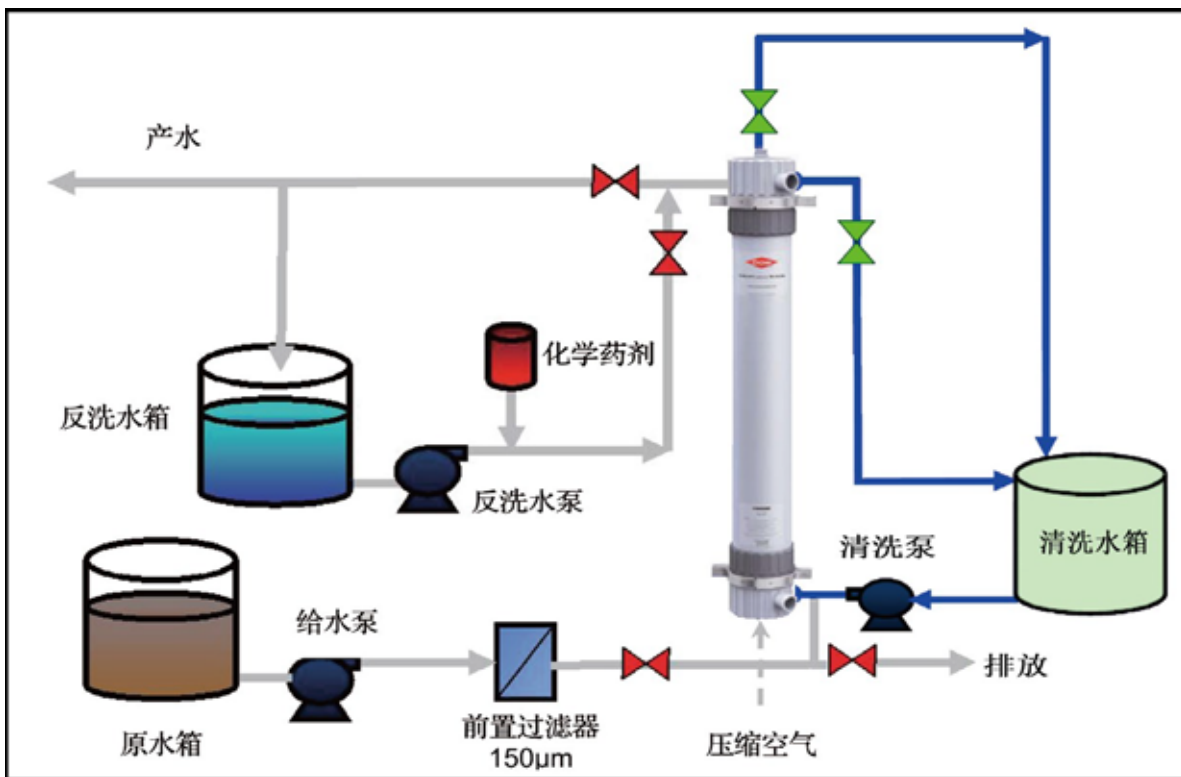


图 7-9 DOW™ 超滤的就地离线化学清洗（CIP）

7-5 程序控制步序表

由于超滤膜系统是频繁反洗的运行方式（每 20~60 分钟反洗一次），故一般采用自动控制运行。考虑到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，增加反洗、气擦洗以及化学加强反洗的频率。

7-6 首次启动

7-6.1 序言

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。

超滤系统启动的基本步骤如下：

- 1) 启动进水泵；
- 2) 正洗；
- 3) 启动反洗泵；
- 4) 设置和调整反洗压力；
- 5) 设置和调整进气压力；
- 6) 设置反洗间隔时间；
- 7) 设置气擦洗间隔时间；
- 8) 设置并联装置反洗顺序。

7-6.2 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。

7-7 启动程序

在启动前应进行以下核查：

- 1) 所有的阀门处于关闭状态；
- 2) 所有的泵处于关闭状态。

7-7.1 超滤膜组件的冲洗

具体阀门标识见表 6-1。

- 1) 打开装置的产水阀 V_P 和正洗排放阀 V_{CT} ；
- 2) 启动进水泵；
- 3) 缓慢调节超滤装置正洗手动阀门，维持较低的进水压力(低于 1.5bar)；
- 4) 连续冲洗至排放水无泡沫，至此超滤装置启动前准备完毕。

7-7.2 启动程序

根据进水水质和设计确定超滤装置的允许最大产水量、工作压力、反洗间隔时间：

1) 超滤膜组件进水压力应控制在跨膜压差 $\leq 2.1\text{bar}$

2) 流量和压力的调整程序如下：

A) 产水量的调整

打开产水阀 V_P ；

缓慢打开进水手动阀门（通常在每套超滤装置的进水管处或者在进水泵出口处）；

调整进水手动阀门开度，使产水流量达到要求水量；

如果同时有浓水排放，应同步调整。

B) 浓水量的调整（如果采用浓水排放或者错流过滤模式）

缓慢打开错流排放阀 V_{CH} ，调节至需要的排放量。

C) 反洗压力的调整

全开正洗排放阀 V_{CT} ；

启动反洗水泵；

缓慢打开手动反洗阀门（通常在反洗水泵出口处）；

调整手动反洗阀门至压力 $\leq 2\text{bar}$ 。

D) 气洗压力的调整

关闭进气阀，调整空气减压阀至进气压力为 1.0Bar 。

7-7.3 自动控制

当装置在手动控制状态下将所有的流量、压力设置完毕后，关闭装置，然后以自动控制的方式重新启动。

1) 关闭所有开关，将手动开关转为自动；

2) 启动超滤装置；

3) 调整产水压力保护开关，当产水压力高于设定值，正排阀 V_{CT} 自动开启。

7-8 停机程序

7-8.1 手动操作模式下的停机

1) 打开正排阀 V_{CT} ，冲洗 15 秒；

2) 缓慢关闭进水阀。

7-8.2 自动控制模式下的停机

装置在自动模式下运行，当如下的情况发生时，装置会自动关闭或不能投入自动运行：

1) 进水泵没接到运行指令，或者泵的手动开关没有置于自动状态；

2) 进水或产水出口压力过高。

7-8.3 系统长时间停机

当超滤系统需要停机时，必须考虑和采用周全的保护措施，可让系统高枕无忧。当系统必须停运 48 小时以上时，必须注意：

- 防止膜组件脱水变干，否则膜组件将会出现产水量的不可逆下降；
- 采用适宜的保护措施防止微生物滋生；
- 应避免系统受极端温度的影响。

超滤系统不作任何防止微生物生长保护措施的最长停运时间为 24 小时，如果无法做到每隔 24 小时运行一次或者反洗一次，但又必须停运 7 天以上时，必须采用化学药剂进行封存，以防止生物滋生导致的污染。

如果超滤系统需要短期停运（1-2 天），可每天运行 30-60 分钟或者进行一次单独的反洗。

如果超滤系统需要长期停用（7 天以上），停机前对超滤系统进行 3-8 次气擦洗，并进行完整的一次气擦洗辅助反洗步骤；如果膜组件污染比较严重，建议停机前进行一次完整的化学清洗并向膜系统内注入保护液（0.5-1.0% NaHSO₃ 溶液），关闭所有的进出口阀门。每月检查一次保护液的 pH 值，如果 pH<3 时应及时更换保护液。

超滤系统长时间停机后重新投入运行时，应将超滤装置进行连续冲洗至排放水无泡沫，把保护液冲洗干净。

在长时间停机期间，控制柜电源必须关闭。

7-9 操作指导

7-9.1 引言

为了保证超滤系统持续产出合格的产水，必须满足三个条件：合格的进水水质、合适的运行参数和及时的化学清洗。任一条件不满足，超滤系统将难以稳定产出合格的产水。

7-9.2 进水水质

进水水质要求已经在前部分内容详细给出，控制这些指标的目的，就是为了避免这些杂质含量过高而对膜组件造成严重的污染，影响系统产水量。

在过滤过程中，膜污染是一个经常遇到的问题。所谓污染是指被处理液体中的颗粒、胶体、有机物和微生物等与膜产生物理化学作用或机械作用而引起在膜表面或膜孔内吸附、沉淀使膜孔变小或堵塞，导致膜的透水性能或分离能力下降的现象。

7-9.2.1 膜污染形式

膜污染主要有膜表面覆盖污染物和膜孔内堵塞污染物两种形式。膜表面污染层大致呈双层结构，上层为较大颗粒的松散层，紧贴于膜面上的是小粒径的凝胶层。一般情况下，松散层尚不足以表现出对膜的性能产生大的影响，在水流剪切力的作用下可以冲洗掉，膜表面上的凝胶层则对膜性能正常发挥产生较大的影响。因为该污染层的存在，有大量的膜孔被覆盖，而且该层内的微粒及其他杂质之间长时间的相互作用极易形成滤饼，增加了透水阻力。

膜孔堵塞是指微细粒子进入膜孔内，或者膜孔内壁因吸附有机物等杂质形成沉淀而使膜孔变小或者完全堵塞，这种现象的产生，一般是不可逆过程。

7-9.2.2 污染物质

污染物因处理料液的不同而各异，无法一一列出，但大致可分下述几种类型：

a) **胶体污染**：胶体主要是存在于地表水中，特别是随着季节的变化，水中含有大量的悬浮物如粘土、淤泥等胶体，均布于水体中，它对滤膜的危害性极大。因为在过滤过程中，大量胶体微粒随透过膜的产水流涌至膜表面，随着连续运行，被膜截留下来的微粒容易形成凝胶层，更有甚者，一些与膜孔径大小相当及小于膜孔径的粒子会渗入膜孔内部堵塞流通道而产生不可逆的变化现象。另外，水中铁、锰以及在预处理工艺中加入铁或者铝系混凝剂形成的胶体，都有可能在膜表面形成凝胶层。

b) **有机物污染**：水中的有机物，有的是在水处理过程中人工加入的，如表面活性剂、清洁剂和高分子聚合物絮凝剂等，有的则是天然水中就存在的，如腐殖酸、丹宁酸等。这些物质也可以吸附于膜表面而损害膜的性能。

c) **微生物污染**：微生物污染对滤膜的长期安全运行也是一个危险因素。一些营养物质被膜截留而积聚于膜表面，细菌在这种环境中迅速繁殖，活的细菌连同其排泄物质，形成微生物粘液而紧紧粘附于膜表面，这些粘液与其他沉淀物相结合，构成了一个复杂的覆盖层，其结果不但影响到膜的透水量，也包括使膜产生不可逆的污堵。

7-9.3 合适的运行参数

7-9.3.1 流量

a) 产水流量

超滤膜组件工作时选用的运行通量，取决于进水水质，这是由于膜对不同的截留物有一个极限负荷，承受过大的负荷会造成膜通量的急剧下降。

b) 反洗流量

反洗流量越大，对膜组件的反洗效果就越好。但是反洗流量大，就需要在中空纤维膜丝内壁施以较大的水压，过大的水压会导致中空纤维膜丝的破裂，故反洗流量是通过反洗水压来控制的。

超滤反洗通量为 100~150L/m².h，反洗进水压力应控制小于 2.0bar。

c) 气擦洗进气量

对 DOW™超滤膜组件进行气擦洗的目的，就是利用压缩气体在膜组件内、中空纤维膜丝之间的水中形成气泡造成剧烈的震荡，使附着在膜丝外表面的污染物得以剥落，并被冲洗水带走，从而达到加强反洗效果和节约反洗耗水的目的。但过分强烈的气流会导致膜丝的断裂，造成产水水质的下降。

气擦洗进气量按每支膜组件 5~12Nm³/h，进气压力控制在 1.0bar 左右，最大不超过 2.5bar。

7-9.3.2 操作压力

a) 跨膜压差(TMP)

超滤膜最大跨膜压差是 2.1bar。

b) 进水压力

超滤膜组件最大进水压力是 6.0bar，根据不同操作温度，最大操作压力也有所不同。

c) 反洗压力

超滤膜组件反洗压力是 2.0bar，最大反洗压力是 2.5bar。

d) 气擦洗进气压力

超滤膜组件建议气擦洗压力是 1.0bar，最大进气压力是 2.5bar。

7-9.3.3 进水温度

膜组件的运行通量或跨膜压差与进水温度有显著的直接关系，不同进水温度条件下的产水量或跨膜压差可通过公式换算。

为了科学的表述温度与超滤膜的产水量和跨膜压差的关系，陶氏提供“DOW Ultrafiltration Normalization”标准化表格供客户纪录和分析数据。

7-9.3.4 反洗间隔时间

DOW™超滤通常采用全流过滤的运行模式，为了保证滤膜在此工作状态下的通量不发生大的衰减，DOW™超滤采用了频繁反洗技术，使膜表面截留的污染物在形成较厚的滤饼前被清除。

反洗的频率取决于进水中杂质含量和种类，一般需通过现场的调试来确定，并且在运行过程中根据进水的变化及时予以调整，一般为 20~60 分钟。

7-10 过程控制

7-10.1 引言

由于采用频繁的反洗技术，DOW™超滤一般设计为手动/自动控制模式。装置有三种运行工况，分别为待启动状态、工作状态和反洗状态。

1) 待启动状态

当装置被设置为待启动状态时，所有阀门均处于关闭状态。

2) 工作状态

工作状态就是超滤装置制取合格产水。

3) 反洗状态

反洗状态就是超滤装置每间隔一定的时间段，启动反洗泵，开启相应的阀门从滤膜的逆向和正向对膜面进行冲洗，以恢复膜因污染而产生的通量衰减。

当数台超滤装置并联工作时，每台进入反洗状态的时间均保持有一定的时间差，以保证系统外供水量的稳定。

7-10.2 手动控制模式

手动控制即装置的启动、停机、反洗均通过操作者手动完成。

7-10.3 自动控制模式

超滤装置自动控制功能由 PLC 完成。

超滤装置刚接通电源时，装置处于待启动状态。

装置一旦断电，供水泵和计量泵将停止，并且所有阀门均转入关闭状态；当电源重新接通时，装置将再一次处于待启动状态。

7-10.4 装置关闭条件

超滤装置自动关闭条件如下：

- 1) 现场的操作平台或远程 PLC 的要求;
- 2) 进水泵出现故障或者开关没有置于自动档;
- 3) 控制阀出现故障或者开关没有置于自动档;
- 4) 进水压力过高;
- 5) 产水背压过高;
- 6) 反洗压力过高。

7-10.5 建议装置联锁或者报警条件

装置仪表设置报警点，仪表输出开关信号或 4~20mA 给 PLC，通过 PLC 进行报警并使系统处于联锁状态。

表 7-2 超滤膜装置联锁报警设置（参考）

1	设置点	进水压力过高
	设定值	压力>正常进水+ 2.0bar (如和压差报警点冲突可适当扩大, 最大进水压力 6.0bar)
	联锁内容	激活报警, 装置转入待启动状态。
	联锁延时	延时 5 秒激活报警提示, 装置转入待启动状态。
2	设置点	产水压力过高
	设定值	压力> 正常出水压力+ 2.0bar
	联锁内容	激活报警, 装置转入待启动状态。
	联锁延时	延时 5 秒激活报警提示, 并打开正洗排放阀; 10 秒装置转入待启动状态。
3	设置点	跨膜压差(TMP)过高
	设定值	压力 > 初始 TMP+1.0bar 或 最大 TMP=2.1bar
	联锁内容	激活清洗报警
	联锁延时	延时 30 秒激活报警提示清洗。如不影响生产和工艺上要求, 建议该超滤转入待启动状态。
4	设置点	反洗压力过高 (可设定流量报警)
	设定值	压力> 最小反洗流量下的压力 (视反洗泵而定) 或最大压力=2.5bar
	联锁内容	激活报警
	联锁延时	延时 10 秒激活报警, 关停反洗泵。
5	设置点	加药箱液位过低
	设定值	根据实际情况确定
	联锁内容	激活报警, 关停计量泵; 操作者给加药箱中添加化学药剂。
	联锁期间	超滤装置处于工作状态
6	设置点	自动阀门反馈信号失败
	设定值	相应步骤中相应阀门无开关反馈信号; 在一个步骤中阀门突然失去开关反馈信号。
	联锁内容	激活报警, 装置转入待启动状态。
	联锁期间	延时 5~10 秒报警 (依靠阀门的响应速度快慢而定), 超滤装置处于待启动状态; 超滤装置处于待启动状态。
7	设置点	气擦洗压缩空气压力过高
	设定值	压力>调试压力+ 0.5bar 或压力=2.5bar
	联锁内容	激活报警, 跳气擦洗步骤
	联锁期间	延时 10 秒报警, 超滤装置处于工作状态
8	设置点	仪表阀门压缩空气压力
	设定值	压力< 5.0bar (参照气动阀门最小需要压力而定)
	联锁内容	激活报警, 超滤装置处于待启动状态
	联锁期间	延时 10 秒报警, 超滤装置处于待启动状态

7-11 运行记录

7-11.1 引言

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。

7-11.2 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而异，无法建议统一的记录表格，一般而言，需记录以下各项：

- 至少每周监测并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。

7-11.3 超滤系统运行参数记录

以下参数需监测并记录在合适的记录表上（下表所示），每班至少一次。

- 操作日期、时间及系统运转时数；
- 进水水温；
- 进水、产水与浓水流量；
- 进水、产水与浓水压力；
- 进水和产水的浊度值；
- 产水 SDI 值；
- 根据制造商建议的方法与周期作仪表的校正，每三个月至少一次；
- 任何不正常的事件，例如 SDI₁₅、浊度、压力的失常及停机；
- 启动时及其以后每星期对进水和产水作进水水质分析。

表 7-3 DOW™ 超滤运行数据记录表

客户名称:			
系统信息 (预处理工艺、加药种类和加药量等)			
超滤膜组件型号:	装置套数:	单套膜数量:	膜面积:
日期:	时间:	累积运行时间:	记录人:
参数	单位		备注
进水温度 (T)	°C		
前置过滤器进水压力	bar		
前置过滤器出水压力	bar		
超滤进水压力(P _f)	bar		
超滤产水压力(P _p)	bar		
超滤浓水压力(P _c)	bar		
超滤产水流量(Q _p)	m ³ /hr		
超滤浓水流量(Q _c)	m ³ /hr		
超滤反洗流量(Q _{bw})	m ³ /hr		
超滤正洗流量(Q _{ff})	m ³ /hr		
超滤反洗频率 (t _{bw})	minutes		
超滤气擦洗频率(t _{as})	minutes		
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 SDI ₁₅	---		

7-11.4 维修保养记录

- 记录例行维修情况。
- 记录机械故障和更换情况。
- 记录超滤膜组件的更换或增加。
- 记录所有仪表的校正操作。
- 记录预处理设备、仪器如多介质过滤器的更换，包括日期、厂牌及等级。
- 记录所有超滤膜组件的化学清洗操作，包括清洗日期、清洗持续时间，清洗剂及浓度，溶液 pH 值，清洗期间的温度，流量与压力（参见化学清洗程序介绍）

7-12 系统性能标准化

7-12.1.简介

进水的温度会影响超滤膜过滤系统的渗透性能。水的粘度会随着温度降低而增大（温度每降低 1℃，粘度会增加大约 3%）。在跨膜压差（TMP）恒定时，进水温度的降低会造成通过膜的阻力增加，进而导致膜通量降低；相应的，如要保持恒定的膜通量，就需要增加跨膜压差。因此在膜系统设计中应该考虑这种温度影响造成的粘度效应，以确保在所有水温条件下都有充分的产水能力，及确保预见相应的能源消耗。

“系统性能标准化”是一种对各种变化因素进行校正的行业惯例。这些因素变化可能会导致膜通量或跨膜压差发生变化，从而可能会造成用户对膜系统运行性能发生误解（如仅因水温下降而导致膜渗透率（即通量除以跨膜压差）的下降被误解为膜出现污堵）。ASTM D5090 为实现性能标准化提供了相应的技术依据，但膜供应商一般会对此技术依据结合膜系统自身的特点加以调整，以使其更加符合膜产品在纤维结构和现场运行中所体现出的特点。

系统性能标准化的目的是消除膜系统运行过程中温度对运行数据的影响，从而使膜性能能够在相同的操作条件（如相同的进水水质、相同的过滤时间以及相同的反冲洗和化学清洗频率等）下发生的任何偏离或变化等，均可与膜的污堵联系起来。

陶氏超滤采用 25℃ 作为数据标准化的基础温度。

7-12.2.陶氏超滤性能标准

采用国际水和水蒸气性质协会（IAPWS，www.iapws.org/relguide/LiquidWater.htm）最新的液态水粘度计算公式得出粘度-温度校正因子。

温度校正因子(TCF)的计算公式请参见公式 7-1:

$$TCF = \frac{890}{\left(280.68 \cdot \left(\frac{TK}{300}\right)^{-1.9}\right) + \left(511.45 \cdot \left(\frac{TK}{300}\right)^{-7.7}\right) + \left(61.131 \cdot \left(\frac{TK}{300}\right)^{-19.6}\right) + \left(0.45903 \cdot \left(\frac{TK}{300}\right)^{-40}\right)} \quad (\text{公式 7-1})$$

其中:

TCF: 温度校正因子，无量纲。

TK: 开氏温度（即：+ 273.15℃）。

计算公式 7-1 的分子是水在 25℃时的动态粘度（单位为μPa·s），分母是在实际运行温度下水的粘度。该公式计算得出 25℃时的 TCF 等于 1。

表 7-4 列出了根据上述公式 7-1 计算得出的 0℃ ~ 40℃ 范围内每增加 5℃时的不同 TCF 数值:

表 7-4. 温度与 TCF 的对应关系

温度(°C)	TCF
0	0.50
5	0.59
10	0.68
15	0.78
20	0.89
25	1.00
30	1.12
35	1.24
40	1.36

图 7-10 显示了 TCF 数值与温度的对应关系：

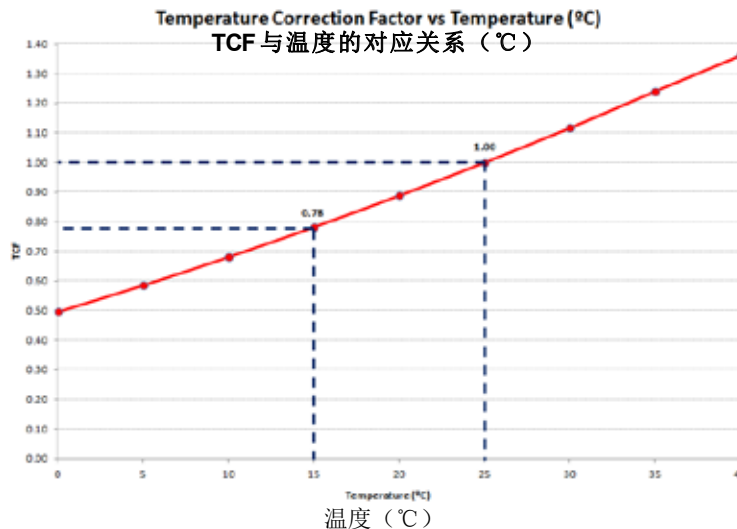


图 7-10. TCF 与温度的对应关系

公式 7-2 和公式 7-3 列出了用于计算标准化跨膜压差 (TMP) 和标准化渗透率的公式：

标准化 TMP (bar) = 实际 TMP x TCF (公式 7-2)

标准化渗透率 (LMH/bar) = 实际渗透率 x TCF (公式 7-3)

(渗透率为膜通量(L/m²·h)除以跨膜压差 (bar)，单位是 L/m² h·bar，也表示为 LMH/bar)。

为了说明数据标准化的重要性，以超滤设备的两个运行案例数据进行分析：

<p>案例 1: 冬季运行 运行通量: 65 LMH 温度: 15 °C 温度校正因子 (见上表和上图): 0.78 实际 (测量) 跨膜压差= 0.40 bar 实际渗透率 = 65 / 0.40 = 162.5 LMH/bar 标准化渗透率 (按照上述方程 3) = 162.5 / 0.78 = 208.3 LMH/bar</p>	<p>案例 2: 夏季运行 运行通量: 65 LMH 温度: 25 °C 温度校正因子 (见上表和上图): 1.00 实际 (测量) 跨膜压差= 0.35 bar 实际渗透率 = 65 / 0.35 = 185.7 LMH/bar 标准化渗透率 (按照上述方程 3) = 185.7 / 1.00 = 185.7 LMH/bar</p>
---	---

从该案例的分析中可以看出,若只看实际运行数据,则夏季时超滤的运行性能更为理想,夏季运行比冬季运行的跨膜压差更低(夏季 0.35bar,冬季 0.40bar),且夏季运行的膜渗透率更高(夏季 185.7 LMH/bar,冬季 162.5 LMH/bar)。

但若使用温度校正因子进行数据标准化,则夏季运行的标准化渗透率实际低于冬季(夏季 185.7 LMH/bar,冬季 208.3 LMH/bar),这实际上是超滤膜系统夏季运行出现了较为严重污堵的一个迹象,而这一点正是用户不进行运行数据温度校正时非常容易忽视的。

因此,数据标准化是一种非常重要的超滤性能评估工具,能够在不曲解温度效应的情况下评估超滤膜跨膜压差和膜渗透率的变化趋势。这样便可预测膜的污堵,以便调整操作参数进行运行优化或安排膜系统的清洗。

7-12.3.陶氏超滤标准化工具

DOW Ultrafiltration Normalization 超滤标准化工具是一种基于微软公司的 Excel 文件,设备操作员可在文件中输入超滤膜运行工艺参数,从而根据上述公式自动计算出标准化数值。超滤膜系统运行的一般信息是由设备操作员填写的数据,包括水温、超滤进水压力、超滤产水压力、产水流量、进水水质和产水水质等。该工具还可以模拟超滤膜系统有浓水排放的错流运行工况。

该标准化工具可计算温度校正因子以及相应的标准化跨膜压差 (TMP) 和标准化渗透率,并自动绘制以下图表:

- 标准化渗透率与运行日期的对应关系
- 标准化跨膜压差 (TMP) 与运行日期的对应关系
- 超滤进水\产水浊度与运行日期的对应关系
- 超滤进水\产水 SDI 与运行日期的对应关系

DOW Ultrafiltration Normalization 超滤标准化软件可以与陶氏当地技术销售代表联络取得。

第 8 部分 超滤系统的维护和故障排除

8-1 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，由于膜组件发生破损而带来产水水质变差是另一类典型的故障。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，可以通过气擦洗辅助反洗和化学加强反洗，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。

8-2 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泄漏情况，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进行。

8-3 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	解决方法
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
	膜丝断裂	查出膜丝断裂的膜组件，修补或者更换膜组件
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

陶氏化学公司提供一种称之为 SOS(System Optimization Services)的服务，它包括各种检查、诊断和试验项目，在陶氏水处理及过程解决方案网站上列有更详细的服务介绍。

第 9 部分 超滤膜完整性测试

9-1 完整性测试理论

泡点测试是表征膜最大孔径的一种简单方法和常用方法，这种方法主要是将空气吹过充满液体的膜所需要的压力。假设膜对液体介质是完全浸润的（即全部气孔均充满液体介质），液体使膜润湿，此时膜所有的孔都充满了液体。如果在膜的一侧通入空气，且压力逐渐增加，起先由于表面张力的作用，空气不会穿透膜，当压力达到某一临界点时，空气会从一个或多个气孔中溢出，这个临界压力称为泡点压力。其中存在着以下关系式：

$$P = \frac{4\cos(\theta)B\gamma}{d}$$

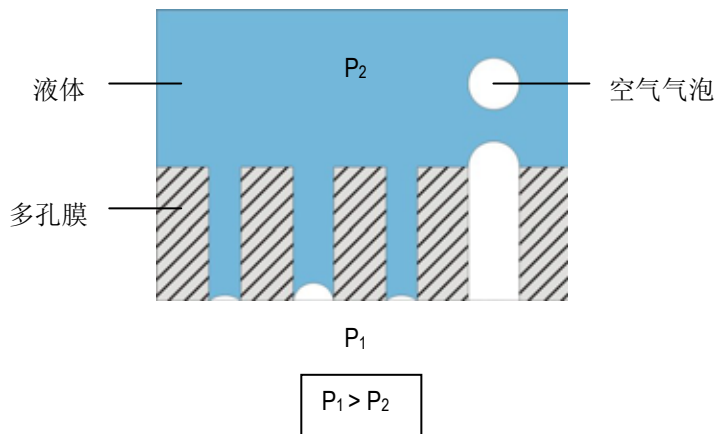
其中：P=泡点压力

θ =接触角

γ =润湿液体的表面张力

d=最大孔径

B=Bechold 毛细作用常数



对于给定的膜，这种方法只能测定最大的孔径，因此成为表征超滤膜的标准方法。

水和空气界面的表面张力比较高($72.3 \times 10^{-3} \text{N/m}$)，当孔较小时，尤其是针对超滤膜，需要较高的压力。然而可以用其他液体代替水，如醇（叔丁醇/空气界面的表面张力为 $20.7 \times 10^{-3} \text{N/m}$ ）。

常用的液体包括水、甲醇、乙醇、正丙醇、异丙醇等。

该原理可以用来测定膜的最大孔径，在工程应用中则可以用来进行针对膜丝及膜组件的完整性检测。将膜完全润湿后（所有气孔中都充满了液体介质），在膜丝的一侧加入压缩空气，当空气的压力低于泡点压力时，膜的气孔仍能保持湿润，除了扩散出来的极少量空气流外，没有明显的气流穿过润湿的膜孔；但如果膜存在缺陷比如纤维丝断裂，则在远低于泡点压力下空气就会从缺陷处溢出，观察在膜丝充满液体一侧出现的连续气泡，或者监测气体一侧压力的变化情况，可以判断膜丝及膜组件的完整性。

本节主要介绍气泡观察测试和压力衰减测试两种直接测试方法。

9-2 完整性测试方法

膜完整性测试方法分为直接测试和间接测试。直接测试方法主要有：气泡观察测试、压力衰减测试、扩散空气流测试和声敏测试等，其中前三种以压力为基础的测试方法在超滤膜的完整性监测方面应用最为广泛。间接测试方法主要有：浊度监测、颗粒监测、尖峰完整性监测和微生物挑战测试等，其中以浊度监测和颗粒计数监测应用最广。

9-2.1 气泡观察法

将膜组件中充满测试所用的液体，使膜丝完全浸润，膜丝所有的孔中都充满了液体。

在膜组件的进水侧缓慢通入无油压缩空气，且逐渐提高进气压力，同时通过观察产水侧是否有气泡连续溢出（产水阀门处于打开状态）。通常通入空气的压力从 0bar 开始，逐渐增大到 1.5bar。如果在 1.5bar 的条件下，有连续的气泡产生，表明膜组件存在缺陷。

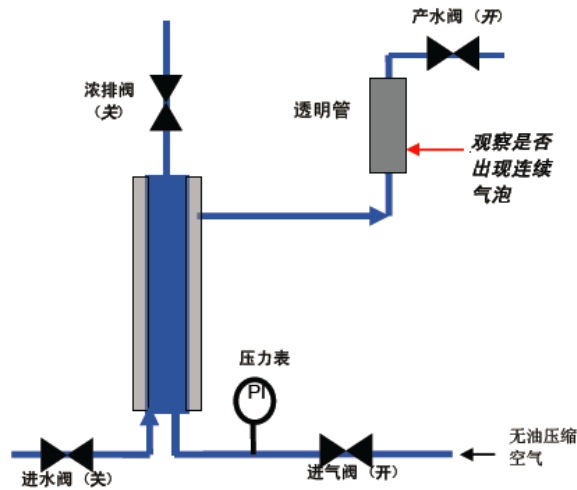


图 9-1 气泡观察完整性测试

9-2.2 压力衰减法

将膜组件中充满测试所用的液体，使膜丝完全浸润，膜丝所有的孔中都充满了液体。

在膜组件的进水侧缓慢通入无油压缩空气，且逐渐提高进气压力至设定值（产水阀门处于打开状态），对陶氏超滤膜组件，测试压力的设定值为 2.0bar。

最初时，进气侧的液体会在压力作用下透过膜丝进入产水侧，因此会有一些液体排出（大约会持续 2 分钟）。等待压力稳定在设定值时，停止进气（产水侧阀门处于打开状态），并密封进气侧保持测试压力，静止保持压力 10 分钟。

此时膜组件的进水侧充满带压的空气，并与外界隔绝；产水侧充满液体，且与大气相通。如果保持压力测试 10 分钟后进气侧压力降不大于 0.2bar，表明膜组件完整；如果压力降大于 0.2bar，则表明膜组件有缺陷（断丝或泄漏等）。

压力衰减测试即可以针对单个膜组件进行，也可以针对整套膜装置进行，是一种在现场简便易行的方法。

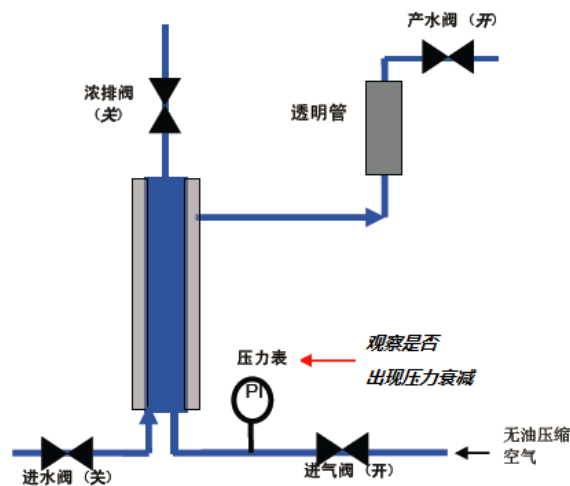


图 9-2 压力衰减完整性测试
复

9-3 陶氏超滤膜丝的修

9-3.1. 简介

造成超滤膜断丝的原因主要包括：

- 运输、搬运或安装过程中的振动过大；

- 粗糙的碾磨性物质（如：沙子）进入超滤系统；
- 运行透膜压差过高；
- 运行通量和/或进水水温高于规定值；
- 水锤冲击；
- 热冲击（如在离线化学清洗时局部过热）；
- 化学腐蚀（如用 pH 值过高的碱液清洗）。

出现断点的膜丝必须进行修复，以避免超滤膜进水通过膜丝断点直接进入到超滤产水中影响产水水质。

9-3.2. 断丝修复工具

断丝修复需要使用以下设备、工具或用品：

- DOW™超滤膜丝修复工具箱（陶氏可提供），箱内配有浓水管盲板、胶水和修复用修补针等；
- 洁净水源，至少达到超滤产水水质标准。
- 无油压缩空气（符合 ISO8573-1 中 1/3/1 等级对油/水/颗粒的要求）；
- 连接管（若不在撬架上进行修复时使用）；
- 个人安全防护装备（手套、安全眼镜等）。

9-3.3. 膜丝测试和修复程序

- 1) 将组件进水侧的水排空。
- 2) 卸下顶部端盖，底部端盖不动。
- 3) 关掉各个阀门，将其他开口密封，实现组件隔离，为修补做准备。
- 4) 将定位块、夹紧螺母和堵块依次放入浓水中心管中，最后拧上夹紧螺栓。定位块、夹紧螺母、堵块和夹紧螺栓都包含在检漏堵头组合件里。
- 5) 连接供气管路。
- 6) 将无油压缩空气通入组件，缓缓将组件压力升至 1.5 bar（或 21psi）。
- 7) 为了找到漏点，引水源冲淋膜丝的产水端面（见图 9-3）。



图 9-3. 用水源冲淋组件的产水端面

- 8) 随着压力升高，如有膜丝受损或断点，在有漏点的位置应该会出现连续的气泡。用修补针在漏点位置做标记，如图 9-4 所示。



图 9-4. 在出现连续气泡的地方标出发生泄漏的膜丝

- 9) 继续供气 and 供水，直至所有漏点被找到并标记。
- 10) 通过泄压阀给组件泄压。
- 11) 如漏点位于靠近检漏堵头的位置，将检漏堵头卸下，给补漏留出空间。
- 12) 另取一根修补针，在针头处蘸上胶水，（如下图 9-5 所示），并用它迅速替换之前用于标记的修补针，将修补针紧紧插入有漏点的膜丝中。



图 9-5. 修补针涂胶

- 13) 等待 5 至 10 分钟后，小心地用刀子或斜咀钳将修补针多余的突出部分去掉。并对所有漏点作类似处理。
- 14) 重复上述操作，直至所有漏点都被修补好。
- 15) 为组件泄压，取出检漏堵头，重新装上顶部端盖，卸下密封件，将阀门恢复至操作位置。
- 16) 按照压力衰减测试程序来确定所有膜丝都已妥善修复。

欲了解更多信息或观看视频演示，请查看膜丝修复工具箱附带的 DVD 或登录陶氏网站 www.dowwaterandprocess.com/products/uf/。

第 10 部分 化学清洗

10-1 序 言

超滤系统可能受到进水中存在各种杂质的污染，比如悬浮物、胶体、有机物、微生物和水合金属氧化物等。污染（fouling）就是指覆盖在膜表面上和吸附在膜孔道里的各种沉积物，包括水中的结垢物。

预处理的目的在于尽量减少导致膜污染的杂质物质，通过安装合适的预处理设备，如前置过滤器、混凝/澄清或者过滤设备，选择恰当的操作条件，就能达到这一目标。

超滤膜污染通常被认为是以下一种或者几种污染的组合：

- 无机物污染/结垢
- 微粒/胶体污染
- 微生物/生物污染
- 有机物污染

引起以上这些污染可能有以下因素：

- 预处理系统不完善
- 预处理运行不正常
- 进水组份或其它条件改变
- 操作控制不当
- 膜面长时间累积沉淀物
- 季节性的藻类繁殖污染
- 化学加药系统失灵
- 反洗和学学加强反洗不当
- 系统停机程序和保存措施不当
- 系统选材不合适（泵和管道等）

膜发生污染会导致系统性能的下降，如产水量和通量衰减、跨膜压差增高以及较高的化学药剂耗量和能耗。

由于陶氏 DOW™超滤膜采用具有极佳的物理性质和化学耐受性的亲水改性聚偏氟乙烯（H-PVDF）膜丝材料和独特膜组件结构设计，能够承受较高的氧化剂，pH 和温度条件，只要措施得当，就可以很有效地进行化学清洗，最大限度地恢复超滤系统的性能。清洗液浓度，清洗时间，温度和气擦洗频率都会影响清洗效果。但若拖延太久才进行清洗，可能会导致不可逆的结果并导致膜组件或附属设备潜在的物理性损坏，即清洗无法恢复膜的性能。重度污染的膜会变得很难清洗因为药剂很难渗透到膜表面并冲走污染物，因此，如果出现膜污染的情况，清洗频率应适当加强。

化学清洗是解决膜污染问题最有效的方法，针对特定的污染，只有采取相应的清洗方法，才能达到好的效果，若错误地选择清洗化学药品和方法，有时会使情况恶化。因此，在清洗之前需先确定膜表面的污垢物种类，通常有以下几种分析方法来确定：

- 分析系统性能数据，请参阅故障排除一节的详细介绍
- 分析进水组成，发生污染物的可能性或许经过分析原水水质报告，就能显而易见的发现
- 检查以往的清洗记录和效果
- 分析进水测定 SDI 值的滤纸上所截留的物质
- 检查超滤气擦洗和反洗排放的废水中污染物
- 检查膜组件的进水端的污染物，如为红棕色，则表示可能已发生铁的污染；泥状或胶状沉积物通常为微生物或有机物污染。

10-2 化学清洗条件

超滤系统常规运行过程中，超滤膜丝表面可能会被悬浮物颗粒、胶体颗粒、微生物或不溶性的有机物污染，持续积聚到

不能通过常规的反洗或化学加强反洗来恢复，导致标准化的产水量下降和跨膜压差升高。当下列情况出现时，需要清洗膜组件，以恢复系统性能：

- 标准化产水量下降 25%
- 标准化跨膜压差上升 1.0bar
- 运行跨膜压差上升到最大值 2.1bar
- 如果您没有标准化您的运行数据，请参考以上这些数据来决定是否进行化学清洗

日常操作时必须严格监控超滤系统的运行性能，包含运行压差和产水流量，随着超滤膜的污染，压差将升高，产水流量下降。需要注意的是，如果进水温度下降，超滤膜产水流量也会下降，这是正常现象并非膜污染所致，此时超滤膜可能并不需要清洗。陶氏化学公司开发了一个超滤膜标准化软件工具，用户可以借助此工具来分析系统运行性能，区分正常现象和由于污染造成的性能衰减并决定何时应该进行化学清洗。陶氏超滤膜标准化工具可以咨询您当地的陶氏水处理及过程解决方案业务部的技术服务人员提供。

10-3 化学清洗安全注意事项

1. 在下列各章节中，当使用任何清洗化学品时，必须遵循获得认可的安全操作规程。关于化学品安全性、使用方法和排放处置方面的细节请咨询该化学品制造商。
2. 当准备清洗液时，应确保在进入膜组件之前，所有的清洗化学品得到很好的溶解和混合。
3. 在清洗液循环期间，确认最大的温度和 pH 值限制，参考下表 10-1。

表 10-1. 化学清洗 pH 和温度限制

清洗种类	pH, Max/Min	温度, Max
碱性清洗	12, Max.	35°C (95°F)
酸性清洗	2, Min.	40°C (104°F)

10-4 化学清洗设备

化学清洗所需设备参见下面的化学清洗系统流程图，针对 DOW™膜组件的清洗液 pH 值范围可能在 2~12 之间，因此化学清洗系统设备应采用耐腐蚀材料建造。

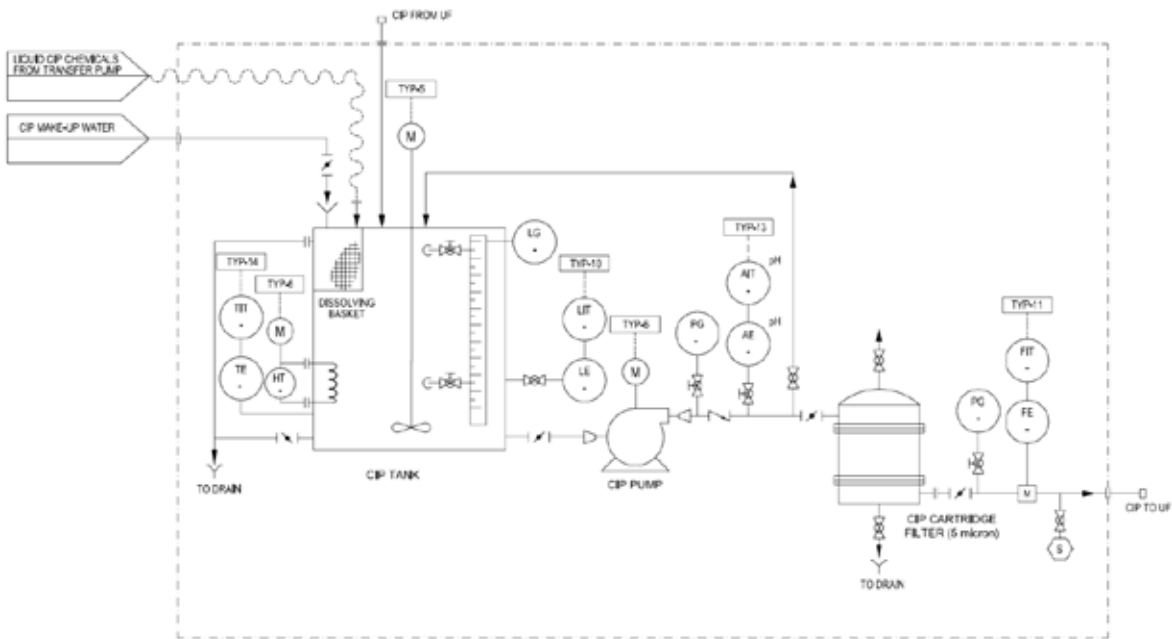


图 10-1. 化学清洗系统流程图

图中：

CIP Tank	化学清洗水箱	PE, PP 或者 FRP
CIP Pump	化学清洗泵	316SS, 或者非金属复合材料
CIP Cartridge Filter	化学清洗过滤器	PP,5 或者 10 微米, PVC, FRP, 或者 SS 外壳
HT	化学清洗水箱加热器(可选)	
TIT	温度传感器	
LIT	液位传感器	
LG	液位计	
PG	压力表	
FIT	流量传感器	
AIT	pH 分析仪	

1. **化学清洗水箱**作混合与循环用，材料可以是聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)，或玻璃钢 (FRP)。清洗水箱应设有可移动的盖子以及温度计，提高清洗温度有利于提高清洗效率，建议清洗过程中应按表 9-1 规定的清洗液 pH 值和温度限制。由于低温下清洗化学动力学极低，建议清洗液温度不应低于 15°C (59°F)，此外，在某些地区，清洗系统中则需要安装冷却部件，因此设计清洗系统时应考虑加热和冷却要求。确定化学清洗水箱大小的大致方法是膜组件的容积与清洗液循环管道的容积之和。例如清洗 10 支陶氏 SFP-2880 膜组件的系统时，下列计算可以做为参考：

膜组件的容积

$$V_m = 39 \text{ L}(10.3\text{gal}) / \text{SFP-2880}$$

$$V_{10} = 39 \times 10 = 390 \text{ L} = 0.39\text{m}^3 (103\text{gal})$$

管道的容积，假设循环管道 10m (32.8ft)长，DN50 PN10 (2.5inch SCH80) UPVC 管道

$$\begin{aligned}
 V_p &= \pi r^2 L \\
 &= 3.14 \times (0.025\text{m})^2 \times (10\text{m}) \\
 &= 0.020\text{m}^3 \text{ (5.2gal)}
 \end{aligned}$$

化学清洗水箱的容积

$$V_{ct} = V_{10} + V_p = 0.39 + 0.02 = 0.41\text{m}^3 \text{ (108.2gal)}$$

因此，所需配制的清洗液体积约为 0.41m³，由于清洗水箱完全装满可能产生溢流，一般应考虑 20%的富裕度，本例应选择体积为 0.50m³的耐腐蚀水箱作清洗水箱。下表 10-2 总结了 10 支陶氏膜组件系统需要的化学清洗水箱的容积，可以作为参考。

表 10-2. 10 支陶氏超滤膜 SFD / SFP-2660, -2860, -2880, ID/IP-51,-77, DW/IW-74,-102 系统

型号	V _膜		V _{10支膜}		V _{10支膜+10m管道}		V _{化学清洗水箱}	
	L	gal	m ³	gal	m ³	gal	m ³	gal
SFD / SFP-2660	16	4.2	0.16	42	0.02	5.2	0.22	58.1
SFD / SFP-2860(XP)	35	9.3	0.35	93	0.02	5.2	0.44	116.2
SFD / SFP-2880(XP)	39	10.3	0.39	103	0.02	5.2	0.50	132.0
ID / IP-51(XP)	49	13	0.49	130	0.02	5.2	0.51	135.2
ID / IP-77(XP)	53	14	0.53	140	0.02	5.2	0.55	145.2

2. 清洗泵的大小根据表 10-3 的流量和压力再加上管道和滤芯的压力损失来选择。

表 10-3. 陶氏超滤膜化学清洗流量推荐表

型号	进水流量		进水压力	
	m ³ /h	gpm	bar	psig
SFD / SFP - 2660	1.0	4.4	< 3.0	< 43.5
SFD / SFP -2860, -2880(XP)	1.5 - 2.0	6.6 - 8.8	< 3.0	< 43.5
ID / IP -51, -77(XP)	1.5 - 2.0	6.6 - 8.8	< 3.0	< 43.5

3. 清洗系统中应设有必要的阀门、流量计和压力表以控制清洗流量，管道可以是硬管也可以是软管，清洗管道流速应小于 3 米/秒（10 英尺/秒）。

10-5 化学清洗药剂

酸性和碱性清洗剂是广泛使用的清洗药剂，根据污染物的类型选择合适的清洗方案。酸性药剂用来去除无机污染物（例如，铁），碱性药剂去除有机污染物（例如，微生物）。特殊的化学清洗药剂可以在严重或特别的要求下使用。对于海水淡化来说，推荐采用反渗透产水作为化学清洗液水源；如果反渗透产水不可用，请咨询陶氏水处理及过程解决业务部来评估饮用水或超滤产水作为化学清洗水源的适用性。鉴于化学清洗水源可以是高度缓冲的（比如高碱度），需要投加额外的酸或基础药品来达到目标 pH 值——酸性溶液 pH2，碱性溶液 pH12。表 10-4 列出大部分情况下能恢复膜透水性的清洗药剂。

表 10-4. 超滤常用清洗药剂

清洗剂	清洗剂 1 0.2%(W)盐酸 [pH 2, 35°C(最大值)]	清洗剂 2 2%(W)柠檬酸[pH 2, 35°C(最大值)]	清洗剂 3 2% (W)草酸 [pH 2, 35°C (最大值)]	清洗剂 4 0.2% (W) NaOCl + 0.1% (W) NaOH, [pH 12, 35°C (最大值)]
污染物				
无机物	推荐	可选	可选	
胶体	推荐	可选	可选	推荐
微生物				推荐
有机物				推荐
金属和有机物混合物		步骤 1 推荐	步骤 1 可选	步骤 2 推荐

注释:

1. (W) 表示有效成分重量百分比。

2. 清洗剂 2 (柠檬酸) 在系统重新返回运行前应该彻底冲洗干净, 因为它可以作为微生物的养分, 引起生物污染。

注意:

- 1) 所有清洗剂都必须从进水侧进入超滤膜组件, 防止清洗剂中可能存在的杂质从致密过滤皮层的背面进入膜丝壁的内部。
- 2) 超滤装置进行化学清洗前都必须先进行反复多次气擦洗, 并进行彻底的反洗。
- 3) 超滤装置的整个化学清洗过程约需要 2-4 个小时; 如果污堵严重, 需要浸泡 12 小时以上。
- 4) 如果清洗后超滤装置停机时间超过三天, 必须按照长时间关闭的要求进行维护。
- 5) 清洗液必须使用超滤产水或者更优质的水配制。
- 6) 清洗剂在循环进膜组件前必须除去其中可能存在的污染物。
- 7) 清洗液温度一般可控制在 10°C~40°C, 提高清洗液温度能够提高清洗效率。
- 8) 必要时可采用多种清洗剂清洗, 但清洗剂和杀菌剂不能对膜和组件材料造成损伤。且每次清洗后, 应排尽清洗剂, 用超滤或反渗透产水将系统冲洗干净, 才可再用另一种清洗剂清洗。

10-6 化学清洗步骤

每一种化学清洗的清洗时间一般为 6 小时, 其取决于循环和浸泡时间和实际的准备药品和设备时间。应在线测量每种化学清洗前后的超滤膜的渗透性, 以评估清洗效果。超滤膜的透水性可以用陶氏超滤膜标准化工具, 或者近似的测量进水和产水的压力和流量。表 4 提供了一般的化学清洗操作步骤的阀门步序表, 每个步骤的介绍将会在这部分中依次介绍。

表10-5. 化学清洗操作步序表

No.	化学清洗步骤 ¹	超滤进水泵	超滤反洗泵	超滤正冲排放阀	化学清洗泵	化学清洗罐加热器	化学清洗进液阀 (超滤进水侧)	化学清洗浓水侧回流阀 (超滤浓水侧)	化学清洗产水侧回流阀 (超滤产水侧)	化学清洗循环阀
1	安装清洗过滤器滤芯	O	X	X	X	X	X	X	X	X
2	配制清洗液	O	X	X	O	O	X	X	X	O
3	常规反洗	X	O	X	O	O	X	X	X	O
4	停机	X	X	X	O	O	X	X	X	O
5	排水	X	X	X	O	O	X	X	X	O
6	低流量输入清洗液	X	X	X	O	O	O	O	O	O
7	循环	X	X	X	O	O	O	O	O	O
8	浸泡 ²	X	X	O ³	X	X	X	X	X	X
9	循环	X	X	X	O	O	O	O	O	O
10	冲洗	X	X	X	O	X	O	O	O	O
11	常规反洗	X	O	X	X	X	X	X	X	X
12	返回运行或备用	O	X	X	X	X	X	X	X	X

注释:

X- 阀门关闭或设备关闭, O- 阀门打开或设备打开

¹ 阀位或设备状态取决于之前步骤的顺序。

² 如果在长时间浸泡过程中采用低流量循环, 阀门顺序会发生变化。参照第6章, 化学清洗贴士。

³ 如果在浸泡步骤采用间隙气擦洗工艺, 打开正洗排放阀来排出膜组件中的空气。

- 1) **安装清洗过滤器滤芯** (5 或 10µm)。
- 2) **配制清洗液:** 预加热清洗液到理想温度, 同时打开化学清洗循环阀来充分搅拌清洗液。当海水淡化应用时, 应该考虑将反渗透产水优先作为超滤化学清洗液配制水源; 但是, 如果没有其他水源, 饮用水或超滤产水也可以使用。
- 3) **常规反洗:** 在化学清洗前应进行常规反洗来去除容易去除的污染物。
- 4) **停机:** 按照常规停机步骤关闭超滤系统, 确保手动和自动阀门在正确的位置。
- 5) **排水:** 超滤系统中残留的水会稀释清洗溶剂的浓度。因此, 打开正洗和反洗排水阀门排出残留水, 并且在排空后关闭。
- 6) **低流量输入清洗液:** 在超滤系统排空水后, 慢慢的打开化学清洗进液阀、浓水侧回流阀和产水侧回流阀。启动化学清洗泵并缓慢关闭化学清洗循环阀来调整化学清洗进液流量。预加热的清洗液在进水侧以低流量和低压力来代替膜组件中残留的水, 用足够的压力来补偿跨膜压降。低压力可以避免污染物在膜表面再次沉淀。
- 7) **循环:** 缓慢打开化学清洗循环阀来调整清洗液流量至表 10-3 所示。至温度稳定后, 测量 pH 值并调整 pH 值 (如果需要,

例如 pH 比目标值下降或上升 1)。如果使用 NaOCl 作为清洗药剂，则需要测量余氯值，如果测量值低于目标值 75%，需重新补充 NaOCl。循环过程一般为 1 小时，循环时间取决于污染程度。

- 8) **浸泡：**关闭化学清洗泵和化学清洗水箱加热器，关闭化学清洗进液阀，浓水侧和产水侧回流阀。浸泡过程一般为 2 小时，取决于污染程度，比如严重污染时，浸泡过夜有助于清洗恢复。在比较长时间的浸泡过程中，为了维持较高的温度来提高清洗效率，可以采用较低流量的循环（表 10-3 所列值的 10%）。我们建议采用每 30 分钟进行一次 5 分钟间歇性气擦洗来增强清洗效果；采用气擦洗时，打开正洗排放阀来排出膜组件中的空气。
- 9) **循环：**浸泡完成后，再次以相同循环（第 7 步）流量情况下循环 30 分钟。
- 10) **冲洗：**在浸泡之后，排空化学清洗水箱，并注入反渗透产水、饮用水或者超滤产水来准备冲洗步骤。冲洗步骤是重复低流量输入（第 6 步），循环（第 7 步）持续 10 分钟，将残余的化学清洗液彻底除去。
- 11) **常规反洗：**化学清洗后，在系统重新投入运行前进行常规反洗。
- 12) **返回运行或备用。**

第 11 部分 包装，运输与贮存

11-1 序 言

本章介绍了有关 DOW™超滤膜组件包、运输和贮存的一般信息。本章信息适用于 DOW™ 超滤产品，包括 SFD / SFP-2660、-2860 和-2880、IntegraPac™ IP/ IPD-77、-51(XP)和 IntegraFlux™ SFP/D -2860/80XP。

使用 DOW™超滤膜组件必须采取恰当的处理与保存方法防止膜组件在长期保存、运输或系统停运期间微生物的滋生和膜性能的变化。膜组件最好保存在出厂时的原始包装内，仅在系统投运前安装使用。有些客户更愿意在系统投运很早之前就将超滤膜组件拆封并安装到机架上，本章内容也为这些情况提供了保存指导意见。但若超滤膜组件长时间暴露于空气中，膜组件可能会变干，并可能会发生不可逆的损伤，因此必须确保使超滤膜始终保持润湿状态。陶氏水处理及过程解决方案（DW&PS）业务部建议，DOW™ 超滤膜在需要长期保存系统长时间停运时，应与 DW&PS 技术服务部门联系获取指导意见，并建议安排对超滤膜组件的操作人员和工程人员进行相应的培训，以确保组件达到理想的保存效果。

当使用保护液保存膜组件时，应遵循相关规定的安全操作规程，必须配戴眼镜，并参阅相关化学品供应商的材料安全参数表。

11-2 膜组件

11-2.1 包装与运输

1. 膜组件出厂时均进行独立包装，膜组件外采用塑料薄膜袋，封口后放入防震和固定措施的硬质纸板箱内，装卸时注意避免剧烈撞击与抛掷；
2. 膜组件出厂时，保存在含 1%(wt)食品级焦亚硫酸钠的标准保护液中，它能在膜组件的贮运期间起到防止微生物滋生和防止膜丝脱水变干的作用，在开封使用前，必须保证包装密封完好；
3. 膜组件运输过程中，应平放在运输载体上，SFP-2860(XP)，SFD-2860(XP)膜组件最大允许叠放层数为 4 层；SFP-2880(XP)，SFD-2880(XP)膜组件最大允许叠放层数为 3 层，同时须遮阳避雨，防曝晒及冰冻，运输环境温度高于 0℃。如果存在可能引起结冻的低温环境，请与陶氏销售代表咨询。



图 11-1. 待运的膜组件托盘

11-2.2 贮存

请遵循以下的规定保存 DOW™ 超滤膜组件：

- 暂不安装使用的膜组件，应堆放在远离冷、热源室内的平整、清洁的地面，周围环境无腐蚀与污染物。贮存环境温度控制在 5~40℃ 范围之间，推荐最佳贮存环境温度为 20~35℃；
- 将膜组件尽可能一直保存在原始的包装内，在满足以上贮存条件下，未开封的新膜组件保存时间可到 1 年。

11-3 超滤膜系统

在 7-7.3 节中介绍了停运超滤系统，当停运系统时，必须采取适当的处理措施，以防止膜组件脱水变干和微生物滋生：

1. 如果超滤系统需要短期停运（1-2 天），可每天运行 30-60 分钟或者进行一次单独的反洗；
2. 如果超滤系统需要停运（2-7 天），进行彻底的气擦洗和反洗后，关闭进出口阀门保存；每天可运行 30-60 分钟，或者，彻底的气擦洗和反洗后，灌注保护液，关闭进出口阀门保存；
3. 如果超滤系统需要长期停用（7 天以上），停机前进行 3-8 次气擦洗，并进行完整的一次反洗步骤；如果膜组件污染比较严重，建议气擦洗和反洗进行一次完整的化学清洗并注入保护液（0.5-1.0% NaHSO₃ 溶液），关闭进出口阀门保存。每月检查一次保护液的 pH 值，如果 pH<3 时应及时更换保护液；
4. 超滤系统长时间停机后重新投入运行时，应将超滤装置进行连续冲洗至排放水无泡沫，把保护液冲洗干净。

在停运期间，必须防止膜系统结冰，温度不可超过 40℃，满足上述条件时，保存环境温度越低越好。

在任何时候，都确保膜组件在充满水的状态下保存，避免膜组件脱水变干，否则，将会产生膜通量不可逆衰减。

11-4 超滤膜组件的防冻保护

必须防止超滤膜组件在保存期间受冻，膜组件保存期间的温度限值最低为 1℃ (33.8 °F)。如果将膜组件置于低于该限值的温度环境下，则可能对膜丝造成不可逆的损伤，并导致超滤膜组件损坏。

如果预计膜组件会面临过冷环境，保存时应在保护液中添加甘油，用于短期或长期关机防冻保存。如果预计膜组件会受冻并已告知 DW&PS，DW&PS 会在超滤膜组件包装前在工厂中向保护液中添加甘油，以便能在冷冻环境中运输和储存。如果客户要进行重新保存，应在保护液中使用食品级甘油，详细的甘油添加比例请见表 11-1。

表 11-1. 甘油防冻添加比例

甘油 (Wt %)	粘度 (cP)	冰点以下 (°C)	冰点以下 (°F)
0.5	1.011	0.07	0.126
3.0	1.074	0.63	1.134
5.0	1.127	1.08	1.944
9.0	1.256	2.06	3.708
12.0	1.365	2.88	5.184
14.0	1.445	3.47	6.246
16.0	1.533	4.09	7.362
20.0	1.737	5.46	9.828
24.0	1.988	7.01	12.62
28.0	2.279	8.77	15.79
32.0	2.637	10.74	19.33
36.0	3.088	12.96	23.33
40.0	3.653	15.50	27.90
44.0	4.443	17.73	31.91
48.0	5.413	20.39	36.70
52.0	6.666	23.22	41.80
56.0	8.349	26.23	47.21
60.0	10.681	29.41	52.94

11-5 超滤膜组件变干后的再湿润

若膜组件因运输、储存和保存不当而导致变干，可能对超滤膜的透水性能造成不可逆的损失。原则上可选用以下其中的一种方法对膜组件重新润湿来尽可能的恢复超滤膜的性能：

- 1) 将超滤膜组件膜丝浸入到 50%/50%的乙醇/水溶液或丙醇/水溶液中浸泡 15 分钟。
- 2) 将超滤膜组件安装到机架上时执行该程序：用超滤进水泵将膜组件加压至 4.75bar(68.9 psi)的目标压力，其中超滤进水泵应具有在低流量条件时达到目标压力的能力。在加压过程中，缓慢关闭产水端阀门直至达到目标压力。之后，彻底关闭进水端和产水端阀门，以目标压力保持 30 分钟。注意在进水压力泄压时，必须缓慢地重新打开产水端，以确保跨膜压差(TMP)（膜的进水侧到产水侧的压降）始终不超过 2.1bar(30.5 psi)。
- 3) 将超滤膜组件膜丝浸入到 1% HCl 或 4% HNO₃ 溶液中浸泡 24 小时，在膜组件浸泡期间，确保膜组件处于竖直位置，以便夹带的空气能够排出。

说明：关于超滤膜组件变干后的再润湿，即使采用上述三种方法中的任何一种，都不能完全确保超滤膜性能能够完全恢复。同时，由于在现场直接采用 50%乙醇，或采用 1% HCl 或 4% HNO₃ 等，都需要严格的安全防护措施。

第 12 部分 成功案例

12-1 大唐公司北京高井发电厂



图 12-1. 系统中超滤膜装置

工程概况

大唐北京高井发电厂将现有 6 台 100MW 凝汽发电机组改造为热电联合机组，机组及热网补给水处理系统需进行增容改造。水处理改造总工程项目计划分三期进行。第一期工程建设一座出力为 $50\text{m}^3/\text{h}$ 的一级除盐水处理车间。除盐水处理系统预处理采用“盘滤+超滤+反渗透”，除盐采用“阳床+除碳器+阴床”处理系统，处理水源为循环排污水。

工艺流程

循环排污水 → 盘滤 → 超滤 → 反渗透 → 阳床 → 除碳器 → 阴床

运行情况

- 1) 超滤进水水源和水质：永定河河水
循环水系统浓缩 3 倍后作为超滤进水，其 COD_{Mn} 约 10mg/L 。
- 2) 超滤产水水质： $\text{SDI} < 3$
- 3) 超滤产水水量： $3 \times 22.5\text{m}^3/\text{h}$
- 4) 超滤过滤形式：全流过滤
- 5) 投运时间：2003 年 11 月 11 日
- 6) 运行情况：该工程中超滤自投用以来，出水水质符合要求，运行情况良好，为后续反渗透设备的稳定运行提供了保证。

注：该项目为中国电力系统第一套投运的用于处理循环排污水的超滤系统

二期工程概况

- 1) 工艺流程
循环排污水 → 多介质过滤器 → 超滤 → 反渗透 → 电除盐 (EDI)
- 2) 超滤进水水质：同一期
- 3) 超滤产水水质： $\text{SDI} \leq 2$
- 4) 超滤产水水量： $4 \times 65\text{m}^3/\text{h}$
- 5) 超滤过滤形式：全流过滤
- 6) 投运时间：2005 年 3 月

12-2 DOW™ UF膜组件和FILMTEC™ RO膜元件 超滤（UF）和反渗透（RO）深度处理回用钢铁厂综合废水



照片来源：宝钢集团新疆八一钢铁有限公司

项目信息

项目名称：宝钢集团新疆八一钢铁有限公司工业废水深度处理工程
地 址：新疆乌鲁木齐八一钢铁
启动日期：2012年6月
产水用途：锅炉补给水原水，软化用水，绿化喷洒水
进水水源：生产及生活综合废水
UF产水流量：1,440m³/h (34,560m³/d)
RO产水流量：1,250m³/h (30,000m³/d)

项目目的

新疆八一钢铁有限公司是新疆最大的钢铁企业，年产800万吨钢的生产能力；每天产生生产污水和生活污水约60,000m³；集中污水处理是收集全厂的生产、生活污水集中处理及部分深度回用，既减少了环境污染，又节约大量新鲜水；集中污水处理站主要包括生产废水预处理系统、生产废水深度处理系统、污泥处理系统。

生产废水预处理系统主要处理各生产工序净循环水系统、浊循环系统的排污水等，废水中主要污染物是悬浮物、油类、COD、盐类等。本项目预处理包括格栅、旋流沉砂池、隔油调节池、高效沉淀池（带石灰、碳酸钠软化系统）、MBBR、滤池及污泥处理系统。

深度回用处理采用超滤+反渗透+钠离子交换器工艺，其中反渗透+钠离子交换器产水供给软水用户。反渗透浓水采用浓水反渗透进一步处理，浓水反渗透产水进入回用水池和超滤水池，剩余浓水外供冲渣。

废水处理回用面临的困难：有机物含量高、悬浮物含量高、钙离子/氟离子含量高、含盐量较高。

在这个项目中，陶氏超滤预处理为后续反渗透系统提供了优质的进水，典型超滤产水浊度<0.1NTU和SDI₁₅<2.5。常规反渗透系统和浓水处理反渗透系统的组合使得最大化的提高回收率成为可能。

工艺流程

整体回用工艺:

生产废水 -> 格栅 -> 旋流沉淀池 -> 曝气除油池 -> 调节池 -> 高效沉淀池 -> pH调节池 -> MBBR池 -> TGV高速滤池 -> 中间水池 -> **深度处理**

深度处理工艺:

预处理来水 -> 自清洗过滤器 -> 超滤 -> 超滤水池 -> 保安过滤器 -> 一级反渗透 -> 反渗透产水池 -> 钠离子交换器 -> 外供
一级反渗透浓水 -> 浓水收集池 -> 浓水反渗透保安过滤器 -> 浓水反渗透 -> 反渗透产水池

超滤及反渗透系统概况

进水设计基础:

参数	单位	设计进水指标
温度	°C	10 - 35
pH	-	8.0 - 10.0
浊度	NTU	200
总悬浮物 (TSS)	mg/L	500
化学耗氧量 (COD _{Cr})	mg/L	120
生物耗氧量 (BOD ₅)	mg/L	20
氯化物 (Cl)	mg/L	300
氟化物(F)	mg/l	10
钙硬度	mg/l(以CaCO ₃ 计)	400
镁硬度	mg/l(以CaCO ₃ 计)	100
总硬度	mg/l(以CaCO ₃ 计)	500
碱度	mg/l(以CaCO ₃ 计)	250
暂时硬度	mg/l(以CaCO ₃ 计)	250
总磷	mg/l	5
氨氮	mg/l	5
油类	mg/l	20
总溶解固体含量 (TDS)	mg/l	2500
电导率	μS/cm	3500

超滤系统概况:

超滤装置套数	8
膜组件数量/套	42
超滤膜组件型号	DOW™ SFP-2880
单支膜组件有效面积	77m ²
安装的总膜面积	25,870m ²
设计通量	45.8 LMH
设计回收率	90%



图12-2. 超滤(UF)系统

反渗透系统概况:

	一级反渗透	浓水反渗透
反渗透装置套数	6	4
单套装置产水量	168 m ³ /h	60 m ³ /h
反渗透膜元件型号	BW30-400/34i	BW30FR-400/34i
压力容器排列	28:14	14+7
每支压力容器装膜元件数	6	6
设计通量	18 LMH	13 LMH
设计回收率	70%	55%



图12-3. 反渗透(RO)系统

12-3 陶氏IntegraPac™ UF超滤膜组件 帮助西班牙某占地受限水厂成功扩容



图12-4. IntegraPac™ IP-77超滤系统

项目介绍

因为用水量增加，西班牙该海水淡化工厂需要扩大产水容量，同时由于现有取水源不能满足供水量，只能考虑建造新的取水设施。

预处理系统考虑采用传统工艺的话，将需要两级压力式过滤器，则面临挑战：

- 严重的占地限制；
- 更高的土建成本；
- 更低的回收率；
- 对水源水质波动的耐受性差。

陶氏IntegraPac™ IP-77超滤膜组件最终作为最优化的解决方案被客户所接受：

- 紧凑的设计大大减少对占地的需求；
- 预装配的IntegraPac™ IP-77系统减少了工程设计的工作量；
- 即插即用的IntegraPac™ IP-77超滤膜组件减少现场施工工作量；
- 集成的IntegraPac™ IP-77超滤膜组件大大减轻对工程公司装置集成能力的要求。

项目信息

项目地址：西班牙加那群岛

工程公司：Elmasa

项目目的：海水淡化水厂反渗透预处理

进水水源：海水，敞开式取水

超滤产水流量：1,345m³/h（32,280m³/d）净产水

启动日期：2013年4月

系统概况

超滤系统概况：

超滤装置套数	5
膜组件数量/套	48
超滤膜组件型号	IntegraPac™ IP-77
单支膜组件有效面积	77m ²
安装的总膜面积	18,480m ²

12-4 陶氏DOW™ UF膜组件和FILMTEC™ RO膜元件

帮助澳大利亚穆兰巴天然气项目实现废水再利用，降低对河水的需求



照片来源：箭牌能源私人有限公司

项目信息

项目名称：穆兰巴天然气项目
地址：澳大利亚昆士兰博文盆地地区
工程公司：Aquatec-Maxcon
启动日期：2012年6月
产水用途：灌溉和浇洒用水
进水水源：煤层天然气废水
UF进水流量：2,400m³/d
RO进水流量：2,000m³/d

项目目的

煤层天然气(CSG)是指被水和地层压力困在地下煤层的自然形成的气体。水在上层岩石压力之下把天然气保持在原位——当水压减少时，气体即被释放出来。在煤层天然气开采过程中，当钻到井中的煤层时，水压减少，水逐渐从煤层中抽出。井中的天然气流向表面。产生的天然气是一个重要的能量来源，而处理煤层气废水是一项单独的挑战。

煤层气废水通常在地下的固体岩石层之间存在很长时间，几乎没有淡水渗入。因此，水已逐步具备周围环境的化学属性。CSG水域的特点是重碳酸盐、高钠、低钙、低镁、硫酸浓度极低。跟据煤层的性质，氯化物浓度也可能很高。在溶解于水的盐分中，钠是最普遍的。为节约水资源，煤层气废水可以实现再利用成为农业灌溉用水。但是，废水中高含量的钠会影响排水、损坏土壤结构，并有可能增加土壤侵蚀的敏感性。

陶氏超滤预处理为后续反渗透系统提供了优质的进水。典型超滤产水浊度<0.1NTU和SDI₁₅<2.5。在这个项目中，反渗透系统设置三段以最大化回收进水。在一、二、三段中分别使用不同型号的反渗透膜元件，有助于平衡系统内部水力分布和段间增压要求。

超滤及反渗透系统概况

超滤进水设计基础：

参数	单位	超滤进水水质	反渗透产水水质要求
温度	°C	15 - 35	
pH	-	8.6 - 9.3	6.5 - 8.5
浊度	NTU	15	-
总悬浮物 (TSS)	mg/L	30	-
总有机碳 (TOC)	mg/L	30	-
总溶解性固体 (TDS)	mg/L	5,000 - 6,450	400
氯化物 (Cl)	mg/L	1,500 - 4,280	-
可溶解硅 (SiO ₂)	mg/L	10-17.6	-
重碳酸钠碱度	mg/L (以CaCO ₃ 计)	838 - 2,540	-

超滤系统概况：

超滤装置套数	1
膜组件数量/套	36
超滤膜组件型号	DOW™ SFP-2880
单支膜组件有效面积	77m ²
安装的总膜面积	2,772m ²
设计通量	40.8lmh
设计回收率	84.1%



图12-5. 超滤(UF)系统

反渗透系统概况:

段	压力容器数量	膜元件数量/压力容器	膜元件型号	膜元件总数
第一段	8	6	SW30HRLE-440i	48
第二段	4	6	SW30XLE-440i	24
第三段	2	6	SW30ULE-440i	12



图12-6. 反渗透(RO)系统

12-5 DOW™ UF膜组件和FILMTEC™ RO膜元件 海水淡化脱盐装置将钢铁厂对河水的依赖度降低了25%

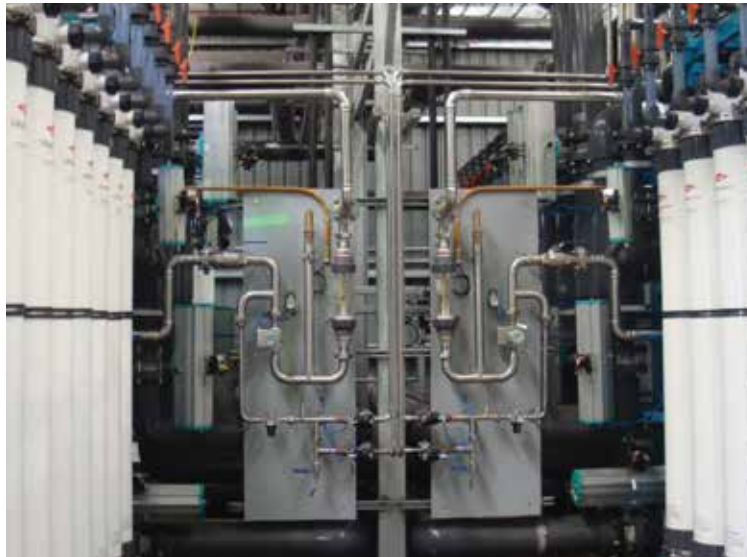


图12-7. 超滤系统

项目介绍

陶氏超滤和陶氏FILMTEC反渗透膜是海水淡化装置的一个重要组成部分，海水淡化装置将一家澳大利亚钢铁公司对墨累河河水的依赖性降低了25%。随着铁矿石生产和出口的增长，该脱盐装置将满足该钢铁公司日益增长的用水需求。在对集成膜水处理装置进行调试之前，该钢铁公司一直依靠从距离379公里的墨累河中抽出的河水。

项目信息

业 主：澳大利亚钢铁公司
地 址：南澳大利亚州怀阿拉
工程公司：Osmoflo私人有限公司
项目目的：为了满足生产增长所带来的日益增长的用水需求并减少对墨累河的依赖性
进水水源：斯宾塞海湾海水
超滤产水流量：560m³/h
反渗透进水流量：225m³/h
启动日期：2011年12月

超滤及反渗透 系统概况

超滤进水设计基础：

参数	单位	超滤进水水质	反渗透产水水质要求
温度	℃	11 – 26	-
pH	-	7.4	-
浊度	NTU	1- 4.9	-
总悬浮物 (TSS)	mg/L	14- 25	-
总有机碳 (TOC)	mg/L	30	-
总溶解性固体 (TDS)	mg/L	40,700 – 43,100	400
硬度	mg/L (以CaCO ₃ 计)	6,890 – 8,440	-
硅 (SiO ₂)	mg/L	9.6 – 12.1	-
重碳酸钠碱度	mg/L (以CaCO ₃ 计)	<145	-

超滤系统概况:

超滤装置套数	2
膜组件数量/套	70
超滤膜组件型号	DOW™ SFP-2880
单支膜组件有效面积	77m ²
安装的总膜面积	10,780m ²
设计通量	63.9lmh
设计回收率	91.6%

反渗透系统概况:

反渗透装置套数	2
压力容器数量/套	30
每支压力容器内膜元件数量	7
反渗透膜元件型号	SW30HRLE-400
反渗透膜元件总数量	420

12-6 DOW™ UF膜组件和FILMTEC™ RO膜元件以及DOWEX树脂
陶氏水处理集成方案采用尼罗河水为埃及发电厂生产高纯水



项目介绍

安装陶氏超滤膜组件、陶氏FILMTEC反渗透膜元件以及DOWEX离子交换树脂，为杜姆亚特发电厂生产超过3,000 m³/d的高纯水。

业 主：杜姆亚特发电厂

国 家：埃及

工程公司：PROTECNO Srl（意大利）和EMIT SpA（意大利）

项目目的：为NO_x去除系统以及蒸汽冷却器系统给水

进水水源：尼罗河河水

反渗透产水量：3,710 + 1,8550m³/d

混床产水流量：3,120 + 1,560m³/d

启动日期：2011年7月

系统信息

原水水质及产水水质要求：

参数	单位	原水水质	产水水质要求
温度	°C	20 – 30	20 – 30
电导率	µs/cm	476	<0.1
硅 (SiO ₂)	mg/L	4	<0.01
钠	mg/L	79	<0.05
总悬浮物 (TSS)	mg/L	<40*	-
浊度	NTU	<15*	-
参数	单位	原水水质	产水水质要求

*高负载峰值（季节性），实际值可能比表中所示值更高



图12-8. UF + RO + MB系统3D效果图

超滤和反渗透系统概况:

系统	运行通量 (lmh)	回收率 (%)	装置套数	安装的产品型号	膜组件总数
UF	40 ^a	85 ^b	2+1 (备用)	DOW™ SFP-2860	138
RO	23.5	75	2+1 (备用)	FILMTEC™ BW30HR-440i	252

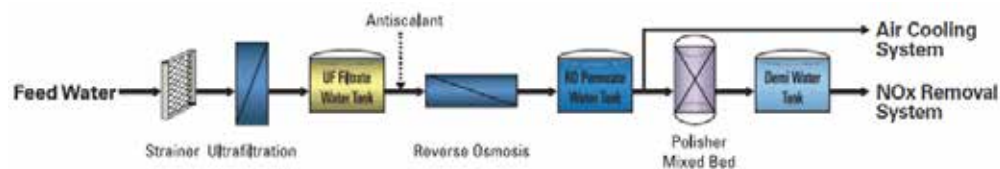
^a工作中三套UF装置运行通量: 瞬时产水量 (l/h) /总有效膜面积 (m²)

^b工作中三套UF系统回收率 (与UF给水有关): UF净产水量 /UF给水流量 *100

混床系统概况:

系统	装置套数	安装的产品型号	再生剂	总体积 (L)
混床	2+1 (备用)	DOWEX MARATHON™ C	H ₂ SO ₄	3,750 (H ⁺ 型)
		DOWEX MARATHON™ A	NaOH	7,200 (OH ⁻ 型)

系统工艺流程示意图:



- Feed Water: 进水
- Strainer: 前置过滤器
- Ultrafiltration: 超滤
- UF Filtrate Water Tank: 超滤产水箱
- Antiscalant: 阻垢剂
- Reverse Osmosis: 反渗透
- RO Permeate Water Tank: 反渗透产水箱
- Polisher Mixed Bed: 混床
- Demi Water Tank: 除盐水箱
- Air Cooling System: 空气冷却系统
- NOx Removal System: NOx去除系统

12-7 DOW™ UF膜组件和FILMTEC™ RO膜元件以及DOWEX树脂 陶氏水处理集成方案为埃及发电厂生产高纯水



安装陶氏超滤膜组件、陶氏FILMTEC反渗透膜元件以及DOWEX离子交换树脂，为El Shabab发电厂生产超过6,000m³/d的高纯水。

项目介绍

业 主：El Shabab发电厂
 国 家：埃及
 工程公司：PROTECNO Srl（意大利）和EMIT SpA（意大利）
 项目目的：为NO_x去除系统以及蒸汽冷却器系统给水
 进水水源：井水
 反渗透产水量：7,500 + 3,750m³/d
 混床产水流量：6,200 + 3,100m³/d
 启动日期：2011年7月

系统信息

原水水质及产水水质要求：

参数	单位	原水水质	产水水质要求
温度	°C	18 – 25	218 – 25
电导率	µs/cm	3,800	<0.1
硅 (SiO ₂)	mg/L	25	<0.01
钠	mg/L	998	<0.05
总悬浮物 (TSS)	mg/L	<25	-
浊度	NTU	<15	-
参数	单位	原水水质	产水水质要求



图12-9. UF + RO + MB系统3D效果图

超滤和反渗透系统概况:

系统	运行通量 (lmh)	回收率 (%)	装置套数	安装的产品型号	膜组件总数
UF	47 ^a	91 ^b	3+1 (备用)	DOW™ SFP-2880	192
一级 RO	24	75	2+1 (备用)	FILMTEC™ BW30HR-440i FILMTEC™ HRLE-440i	360 180
二级 RO	30.5	89	2+1 (备用)	FILMTEC™ XLE-440i	378

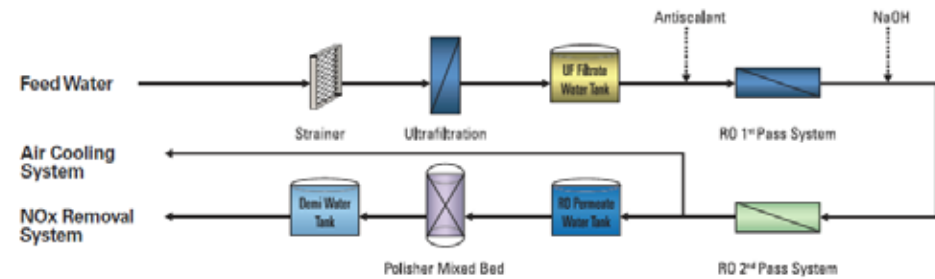
^a工作中三套UF装置运行通量: 瞬时产水量 (l/h) /总有效膜面积 (m²)

^b工作中三套UF系统回收率 (与UF给水有关): UF净产水量 / UF给水流量 *100

混床系统概况:

系统	装置套数	安装的产品型号	再生剂	总体积 (L)
混床	2+1 (备用)	DOWEX MARATHON™ C DOWEX MARATHON™ A	H ₂ SO ₄ NaOH	6,000 (H ⁺ 型) 10,800 (OH ⁻ 型)

工艺流程示意图:



- Feed Water: 进水
- Strainer: 前置过滤器
- Ultrafiltration: 超滤
- UF Filtrate Water Tank: 超滤产水箱
- Antiscalant: 阻垢剂
- RO 1st Pass System: 一级反渗透
- RO 2nd Pass System: 二级反渗透
- NaOH: 氢氧化钠
- RO Permeate Water Tank: 反渗透产水箱
- Polisher Mixed Bed: 混床
- Demi Water Tank: 除盐水箱
- Air Cooling System: 空气冷却系统
- NOx Removal System: NOx去除系统

12-8 DOW™ UF膜组件和FILMTEC™ RO膜元件 为食品添加剂行业生产锅炉用水和工艺用水



图12-10. 超滤系统

项目介绍

西班牙一家食品添加剂工厂安装了DOW™超滤（UF）膜组件和陶氏FILMTEC™反渗透（RO）膜元件的水处理系统来处理含铁量较高的井水。这家工厂水处理系统的特别之处在于未安装CEB^a系统，只需要定期CIP^b进行清洗维护。DOW™超滤产水通过陶氏FILMTEC™反渗透膜元件处理后，最终的反渗透产水作为锅炉进水及一些其他工艺用水。采用DOW™超滤膜技术替代该工厂原有传统砂过滤预处理工艺之后，反渗透膜元件的清洗频率显著下降。系统自2009年2月投用之后，该工厂一直运行稳定。

项目信息

终端用户：某食品添加剂工厂
地 址：西班牙
原水水源：含铁较高的井水
产水水质：SDI<1.0（超滤）
温度范围：20-23℃
启动日期：2009年2月

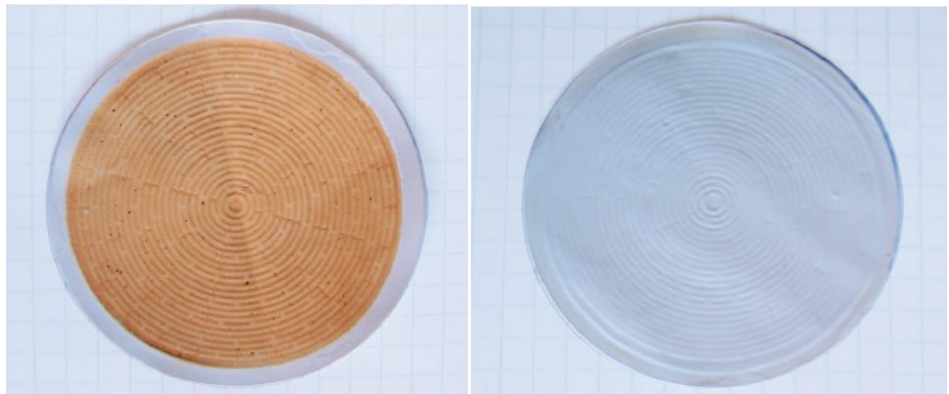


图12-11. 超滤进水和产水SDI测试膜片

**运行性能
(超滤)**

过滤周期: 60分钟
 运行通量: 60-70 L/m².h
 20°C的跨膜压力 (TMP): 0.5-0.6 bar
 无需化学加强反洗 (CEB)

**超滤及反渗透
系统概况**

超滤和反渗透系统概况:

膜产品型号	DOW™ SFP-2860	FILMTEC™ LE-440i & BW30LE-440
膜元件数量	60+20 (备用)	180
处理能力	200-220 m ³ /h	2x100 m ³ /h
回收率	>95%	75%
设计通量	70 L/m ² .h	27 L/m ² .h

超滤运行步序

参数	频率	时长	化学品
过滤	-	60分	无
气洗	每 60 分钟一次	40 秒	无
反洗	每 60 分钟一次	60 秒	0.5 ppm NaOCl
正洗	每 60 分钟一次	100 秒	无
CEB ^a	无	无	无
CIP ^b	需要时, 一般情况为每 4-6 个月一次。	3 小时	2% 柠檬酸或草酸 0.1% NaOH + 500 ppmNaOCl

a化学加强反洗

b就地化学清洗

12-9 DOW™ UF超滤膜组件 助力哥斯达黎加ETH乙醇和生物质能源工厂生产



图12-12. 超滤和反渗透系统

项目介绍

凭借73亿巴西雷亚尔的总投资规模，ETH的目标是到2012年成为生物质能界的领导者，生产乙醇30亿升，利用甘蔗的发电量达到2700GWh/a。

分别在2011和2012年获得甘蔗全国大丰收之后，ETH启用了两个新的乙醇和生物质能源工厂：即位于南马托格罗索州哥斯达黎加市的哥斯达黎加工厂和位于戈亚斯州的帕洛兰迪亚市的Água Emendada工厂。

进水水质：地表水，浊度10NTU，铁1.2mg/L
启动日期：2011年10月

处理工艺

地表水->超滤（UF）+ 反渗透（RO）+ 混床（MB）

超滤系统概况

超滤和反渗透系统概况：

装置套数	4
单套膜组件数量	36
膜产品型号	DOW™ SFP-2860
处理能力	400 m ³ /h

12-10 DOW™ IntegraFlux™ 超滤膜组件净化泉水生产瓶装矿泉水



图12-13. 超滤系统

项目介绍

作为泉水净化中最重要的净化环节，超滤系统降低了原水中的颗粒性物质和胶体物质，大大延长了后续过滤器的更换周期，增加超滤处理工艺也极大的提升了处理水的水质稳定性。超滤在拦截泉水中颗粒性和胶体物质的同时，对水中的天然偏硅酸没有截留作用，保留了泉水中最重要的有效矿物成分。

- 截留颗粒性物质：超滤进水SDI₁₅平均为2.5，超滤产水SDI₁₅平均为0.3；
- 延长后续筒式过滤器滤芯使用寿命：安装超滤前，每周更换一次；增加超滤工艺后，每八周更换一次；
- 增强产水水质的稳定性：通过加热浓缩实验将瓶装水由500ml浓缩至200ml，未采用超滤工艺的加热水样出现明显的沉淀物，而采用超滤工艺的水样无沉淀物出现。增加超滤处理工艺，降低了瓶装水长时间仓储过程中出现颗粒沉淀的风险；
- 保留泉水有效矿物成分：经检测原水中偏硅酸浓度为40.75ppm，经超滤过滤后偏硅酸浓度为40.31ppm，有效矿物成分基本没有损失，且远高于矿泉水偏硅酸25ppm的矿物成分要求。

项目地址：中国吉林省白山市靖宇县

进水水质：泉水

启动日期：2015年1月

处理工艺

泉水→ 双介质过滤 + 活性炭 + 5μm筒式过滤器 + 紫外杀菌灯 + 5μm筒式过滤器 + 1μm筒式过滤器 + IntegraFlux™ 超滤 + 紫外杀菌灯 + 0.2μm 筒式过滤器 + 臭氧 + 钛滤 → 灌装线

超滤系统概况

超滤系统概况：

装置套数	5
单套膜组件数量	20
膜产品型号	IntegraFlux™ SFD-2880XP

12-11 DOW™ 超滤膜组件和FILMTEC™ 反渗透膜元件 将超滤产水直供反渗透进水海水淡化生产工业用水



图12-14. 超滤系统

项目介绍

浦项制铁公司为扩大其在韩国安阳钢铁厂的产能，需要通过海水淡化的方式制备工业用水。该海水淡化项目于2014年投入运行，是当地第一个商业化海水淡化项目。海水淡化系统仅采用了溶气气浮、超滤和反渗透工艺，并充分利用陶氏超滤膜元件能耐受较高进水压力的优势，省略了中间缓冲水箱，整体工艺简洁，自动化程度高。

超滤预处理为后续海水淡化反渗透系统提供了优质的进水，超滤产水浊度 ≤ 0.1 NTU和SDI₁₅ ≤ 2.5 ，保证了后续海水淡化反渗透的稳定运行。

项目地址：韩国安阳市浦项制铁厂
进水水源：海水
启动日期：2014年

处理工艺

泉水→溶气气浮(DAF) + DOW™ 超滤 + FILMTEC™海水反渗透 → 工业用水

设计要点

- 1) 溶气气浮作为预处理工艺，气浮出水供给超滤进行处理；
- 2) 未设置超滤产水中间缓冲水箱，超滤产水带压直接供至反渗透高压泵；
- 3) 通过闭路循环控制自动调整工艺系统的流量和压力等参数，保证系统不间断稳定运行。

系统特点

- 1) DOW™超滤膜组件能耐受较高的进水压力，从而能确保超滤产水带压直供反渗透高压泵，实现无中间缓冲水箱的工艺设计；
- 2) 无超滤产水中间缓冲水箱的设计，降低了超滤产水受到二次污染的风险；同时减少了反渗透前保安过滤器等工艺环节，降低了工程系统投资和系统占地。

超滤系统概况

超滤系统概况：

膜产品型号	DOW™ SFP-2880
处理能力	2,792 m ³ /h (67,000 m ³ /d)
膜组件数量	658
回收率	94%-96%
超滤产水水质	产水浊度 ≤ 0.1 NTU, SDI ₁₅ ≤ 2.5

12-12 DOW™ 超滤膜组件和FILMTEC™ 反渗透膜元件 海水淡化脱盐装置为缺水地区提供优质淡水资源



图12-15. 超滤和反渗透系统

项目介绍

西班牙大加那利岛的淡水资源非常紧张，1986年该岛上就建设了以电渗析工艺为主的马斯帕洛马斯海水淡化厂，为当地旅游区提供淡水资源。2006年将电渗析工艺替换成以多介质过滤器为预处理的反渗透海水淡化工艺，并于2013年采用DOW超滤全面替换多介质过滤器作为海水淡化反渗透膜的预处理工艺。目前该项目向当地市政供水14,500m³/d（604m³/h）的优质淡水，已成为该地区最大的海水淡化市政供水项目。

启动日期：2013年4月

处理工艺

海水→沉砂池→原水箱→100μm自清洗过滤器→DOW™超滤→超滤产水水箱→1μm保安过滤器→海水淡化反渗透→再矿化处理→产品水箱→外供用户

项目要点

溶气气浮作为预处理工艺，气浮出水供给超滤进行处理；2013年海水淡化厂采用DOW超滤替换多介质过滤器作为海水淡化预处理的原因：

- 1) 多介质过滤器需要更大的占地面积（经测算该项目超滤占地节省35%~40%）；
- 2) 多介质过滤器建造周期长，且运输成本高（海岛上建设尤其突出）；
- 3) 超滤对水质波动的抗冲击能力更强，尤其该项目原水受潮汐影响水质波动比较频繁和剧烈；
- 4) 超滤产水水质更优良和稳定，能为海水淡化反渗透提供更好的保护。

超滤进水水质

参数	单位	超滤进水水质
温度	°C	20~25
pH	/	7.5~8.1
电导率	mS/cm	50~65
TOC	mg/L	<1
浊度	NTU	<10
TSS	mg/L	<20

系统概况

超滤系统:



	超滤系统
膜产品型号	IntegraPac™ IP-77
处理能力	32,250 m³/d (1,344m³/h)
装置套数	5
单套膜数量	48

反渗透系统:

	反渗透系统
处理能力	14,500 m³/d (604m³/h)
装置套数及排列	2套: 5支压力容器 (7支 SW30HRLE-400i/压力容器) 2套: 68 (2支SW30XHR-440i + 5支 SW30HRLE-400i/压力容器)

超滤运行性能

运行模式	死端过滤
运行通量	65~80LMH (随用水需求调整)
反洗周期	60分钟
酸CEB频率	48h~72h一次 (pH=2.0~2.2)
碱CEB频率	24h~48h一次 (次氯酸钠200ppm)
回收率	>95%
运行透膜压差(TMP)	0.55~0.80bar
产水SDI ₁₅	平均1.73, ≤2.30 (90%以上时间)
化学清洗周期	投入运行一年, 未进行化学清洗

12-13 DOW™ 超滤膜组件

替代原有微滤膜处理市政中水提升产水水质及扩充一倍产能



图12-17. 超滤系统

项目介绍

美国亚利桑那州喷泉山市水资源紧张，当地严重依赖废水回用来回注补充地下水以保持足够的地下水水位。该地区各个居民或工业用水点通过市政水井抽取含水层中的地下水，来保证当地的饮用水及工业用水等。当地通过废水集中处理、回注地下水以及分散抽取地下水的模式，使废水资源得到充分的再利用。

该中水回用项目采用微滤膜或超滤膜处理市政废水三级处理出水，超滤产水经过紫外线消毒后回注到当地含水层作为地下水补给水。

项目地址：美国亚利桑那州喷泉山地区

进水水源：市政废水三级处理出水

启动日期：2013年9月

处理工艺

市政废水→格栅→沉砂池→曝气池→沉淀池→三级深度处理→滤网→DOW™ 超滤→紫外消毒→含水层排放

项目要点

该中水回用项目之前采用的是膜面积为50m²某品牌的微滤膜，微滤系统产水量为每天250万加仑，折合为9,460m³/d，即394m³/h。用户2013年9月通过将原有微滤膜替换成77m²的DOW™ SFD-2880超滤膜。更大膜面积以及更高处理效率的超滤膜组件将原有系统的产水量提升到了每天495万加仑，折合为18,738 m³/d，即782m³/h。

通过用DOW超滤膜组件替换原有微滤膜组件，在原有装置基础上直接替换的同时还减少了部分膜组件数量。同时，通过提升DOW超滤膜运行通量至36GFD即61.2LMH，最终将系统的处理能力提升了一倍。

经测算，工程上通过膜组件的替换来扩充产能的方式，其造价要低于增加一套补充不足产能的超滤系统，且不增加占地，工程实施也更为简单。另外采用公称孔径为0.03μm的DOW超滤膜组件来替代原有公称孔径为0.1μm的微滤膜，系统极大的提升了对原中水中细菌和病毒的去除率，减少了后续消毒工艺中氯的投加量，在降低运行费用的同时也降低了产水中如三卤甲烷类消毒副产物的产生，使产水更安全。

超滤系统概况

膜组件型号	DOW™ SFD-2880
膜组件数量	162
系统出力	782 m ³ /h
运行通量	61.2LMH
反洗周期	40分钟
CEB频率	24小时一次（1000ppm NaOCl）
回收率	94.3%
产水浊度	<0.1NTU
化学清洗周期	>30天

第 13 部分 应用技术文献

13-1 采用 DOW™ 超滤作为预处理，解决高浊度问题

摘要

超滤的孔径为0.01~0.1 μm, 对于水中悬浮物、胶体和微生物具有很高的去除率, 与传统过滤工艺相比,能够显著提高过滤水水质。本文介绍了某热电厂以浊度、铁离子浓度和悬浮固体均高的地下水作为原水, 采用PVDF材质、外压式中空纤维超滤作为预处理, 反渗透和离子交换树脂为除盐工艺, 产水完全满足锅炉补给水水质要求, 提供了一种经济可靠的除盐水处理方法。

关键词

热电厂 锅炉补给水 高铁 地下水 超滤



观音山热电厂采用DOW™ 超滤 SFP-2860 膜组件 (照片由南通观音山镇环保热电有限公司提供)

项目信息

地点: 中国江苏
产能: 360 m³/h
用途: 反渗透预处理
投运时间: 自2007年8月
性能: 浊度≤0.2NTU; SDI ≤ 3

介绍

观音山热电厂位于中国江苏省，为观音山市各主要行业供热供电。由于能源需求增长，经营方（南通观音山镇环保热电有限公司）投资兴建二期项目，增加发电能力 1.2 万千瓦，使总发电能力达到 4.0 万千瓦，为满足用电需求提供了可靠稳定的保障。

观音山热电厂采用高浊度、高铁含量、高悬浮物的地下水作为锅炉给水设计水源，这给反渗透 (RO) 膜系统带来了挑战。采用 DOW™ 超滤膜组件预处理后，使反渗透系统性能更加稳定，产水平均浊度小于 0.12 NTU，污染密度指数 (SDI) 低于 3。

DOW™ 超滤

SFP-2860 超滤膜组件是产能大于 50 m³/h (220 gpm) 系统的理想选择。这种直径 8 英寸超滤膜组件，有效膜面积大，使膜系统设计更加经济。其长度 60 英寸，能在各种给水条件下进行高效水处理。

DOW™ 超滤膜组件采用高强度中空纤维膜制造，具有下列优异的特性和优点：

- 0.03 μm 公称孔径，可有效去除悬浮物、胶体、细菌和病毒，从而保护反渗透等下游工艺
- 聚偏氟乙烯 (PVDF) 聚合物中空纤维膜丝强度高、具有良好的耐化学性，从而确保膜组件更长的使用寿命
- 亲水性 PVDF 中空纤维膜丝耐污染且易于清洗和湿润的特点使其能长期保持稳定
- 外压式结构设计，可容许高进水悬浮物，减少预处理的需求
- 采用 U-PVC 材质的膜外壳，可消除使用昂贵压力容器的需求

处理工艺

表 1 是原水水质分析。高浊度（11.1 NTU）、高铁含量（0.22 mg/L）和高悬浮固体（31.8 mg/L）给水处理带来了难题。

表 1. 原水分析

参数	单位	值
温度	°C	25
浊度	NTU	11.1
pH 值	—	7.92
总 SiO ₂	mg/L	11.3
NH ₃	mg/L	0.46
Fe	mg/L	0.22
化学需氧量 (COD)	mg/L	7.44
总悬浮固体 (TSS)	mg/L	31.8

图 1 为水处理工艺流程图。首先在给水中投加 2–5 ppm 的次氯酸钠 (NaOCl)，以氧化铁并控制生物污染。然后采用自清洗过滤器 (100 μm) 将可能损坏超滤膜的大颗粒物去除掉，并使用加热器调节给水温度，以减轻温度变化对超滤和反渗透系统流量和压力的影响。

在超滤系统后加入 2–4 ppm 亚硫酸氢钠 (NaHSO₃)，以去除超滤产水中残留的 NaOCl。另外，还加入阻垢剂 (4–5 ppm) 以防止反渗透膜结垢，加入 HCl 以降低 pH 值。在反渗透系统前安装 5 μm 筒式保安过滤器，以防止在发生维护或运行事故时出现颗粒污堵。

阴、阳离子交换床可进一步减少水中的离子，并使用脱碳器脱除水中的 CO₂。混床可对反渗透水进行精处理，满足锅炉补给水水质要求。加入 1–2 ppm 氨 (NH₃)，以将 pH 值调节至锅炉补给水要求的范围内。

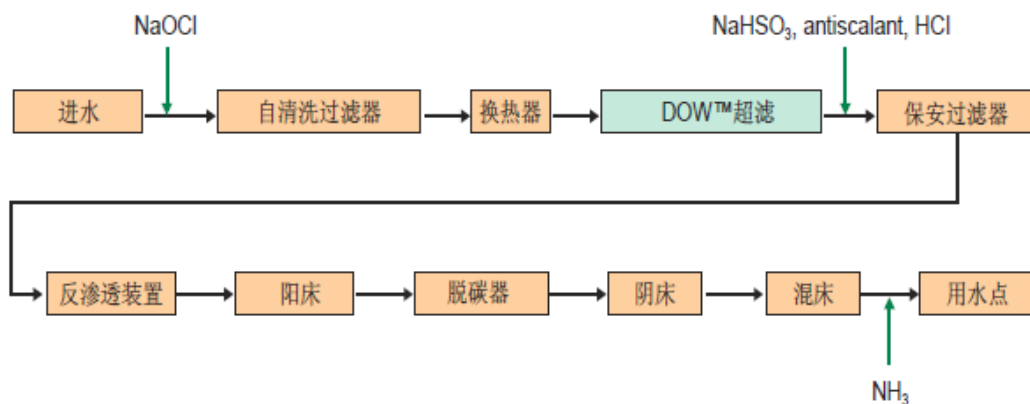


图 1. 水处理流程图

表 2 给出了超滤、反渗透和混床装置的运行参数，表 3 进一步描述了超滤工艺。

表 2. 各装置的运行参数

参数	单位	超滤	反渗透	混床
组件	—	SFP-2860	FILMTEC™ BW30-400	—
产能	m³/h	360	270	120
设备列数	—	3	3	—
每列设备的组件数	—	40	—	—
组件总数	—	120	—	—
每列设备的产能	m³/h	120	90	—
回收率	%	90	—	—
通量	LMH	52.4	—	—

表 3. 超滤运行步序

参数	频率	持续时间	化学消耗
过滤	—	56 分	—
气擦洗	56分钟	30 秒	—
反洗	56分钟	40 秒	10-15 ppm NaOCl
正冲洗	56分钟	60 秒	—
CEB ^a	无	无	—
CIP ^b	—	—	碱: 0.05% NaOH, 0.2% NaOCl 酸: 2% 柠檬酸

^a 化学加强反洗

^b 就地离线清洗

超滤系统性能

如图 2 所示，通过 DOW™ 超滤后，浊度从 11.1 NTU 急剧下降到平均 0.12 NTU。图中浊度曲线出现的峰值是系统维护所致。但是，所有峰值均不超过 0.2 NTU。

图 3 显示了清洗间隔期间跨膜压差 (TMP) 预期上升值。就地离线清洗 (CIP) 分别于 2007 年 11 月和 2008 年 1 月进行，显示为跨膜压差陡然下降。其它跨膜压差峰值是由于系统维护和原水源变化所致。实施就地离线清洗后，运行跨膜压差得以恢复。给水中的铁并未对超滤膜性能造成影响，也未发现结垢现象。

超滤系统性能
(续)

图 2. 产水浊度随时间变化情况

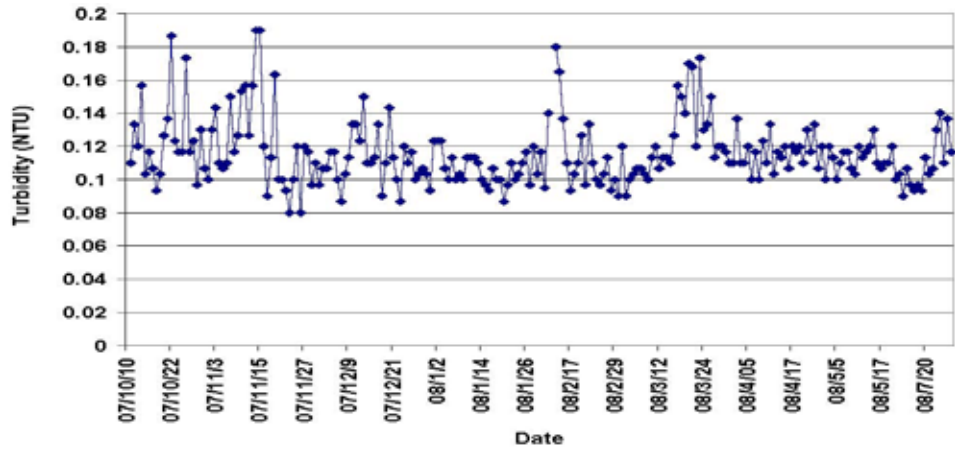
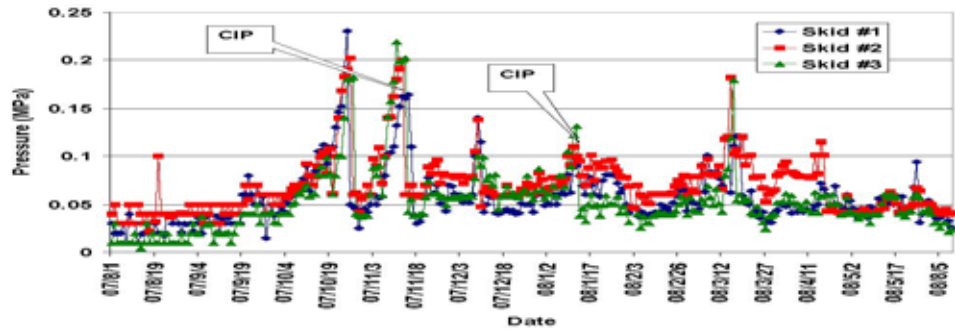
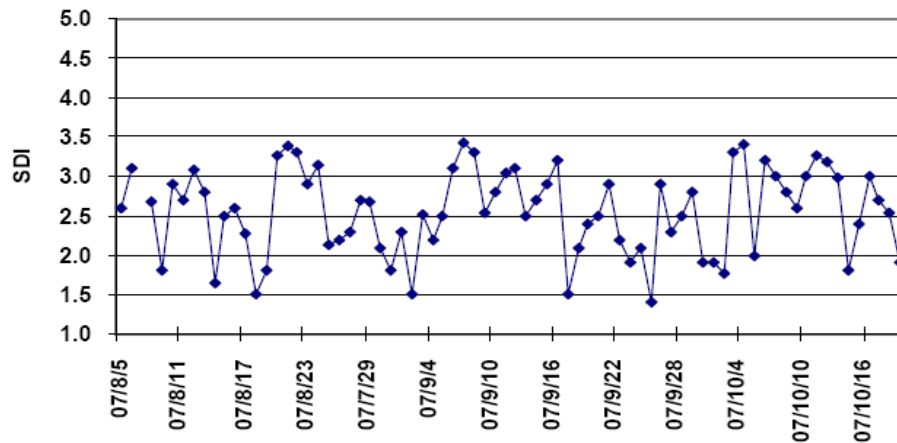


图 3. 超滤跨膜压差随时间变化情况



超滤产水 SDI 平均值为 2.6，满足最佳反渗透给水 SDI 小于 3 的要求。图 4 中，SDI 值升高是由于其它水处理装置停机和维修所致。

图 4. 超滤产水 SDI 值随时间变化情况



小结

尽管采用浊度、铁离子浓度和悬浮固体均高的地下水作为原水，但观音山水处理厂仍成功地生产出符合要求的反渗透给水。在没有采取其它预处理工艺的条件下，DOW™ 超滤膜成功地对该种原水进行了处理。超滤产水平均浊度为 0.12 NTU，SDI 小于 3。DOW™ 超滤膜为这种地下水水源提供了一种经济可靠的处理方法。

13-2 可移动海水淡化系统 为塞浦路斯居民提供每天20,000吨的饮用水



图1. 从控制室内拍摄海水淡化装置的照片
Subsea基础设施有限公司提供

自 2008 年 12 月，塞浦路斯莫尼移动式海水淡化系统通过使用陶氏超滤膜和陶氏 FILMTEC 反渗透膜的膜集成系统，每天产出超过 20,000 立方米的饮用水。Subsea 基础设施有限公司拥有该装置，并与 Nirosoft 工业有限公司在 8 个月内完成该装置的组建；该装置是现今执行最快的一个大型淡化装置；与塞浦路斯政府签订的合约是三年的建造、运行和拆除。该装置是可移动式，可在 2011 年 12 月拆除、运输，然后三个月内在另一个新地方重新组装。

项目介绍

地 址：塞浦路斯利马索尔
工程公司：Nirosoft 工业有限公司和 Subsea 基础设施有限公司
项目目的：供应饮用水
设计能力：20,000m³/d
运行日期：2008 年12月

塞浦路斯是一个发达地区，遭受水短缺的严重影响。在过去的二十年内，为解决水短缺问题，已应用海水反渗透淡化技术改善该地区的淡水供应。莫尼海淡厂借助陶氏水处理及过程解决方案海水淡化技术为该地区提供淡水。

莫尼海水淡化厂采用陶氏反渗透技术对海水进行淡化，以陶氏超滤作为预处理，给利马索尔市居民、游客以及附近社区提供饮用水。该海淡厂采用陶氏超滤作为陶氏 FILMTEC 反渗透的预处理，同时提供了一种化学品消耗极低的海水淡化方案。

项目特点

- 莫尼海淡厂在 8 个月内建成，是至今执行最快的一个大型海水淡化项目；
- 莫尼海淡厂装置为可移动式设计，可以在指定的地点进行拆除、运输和重新组装；
- 采用陶氏超滤和陶氏反渗透集成膜系统的海水淡化工艺；
- 该产品水作为饮用水，硼浓度低于 1mg/L。

系统信息

工艺流程示意图:

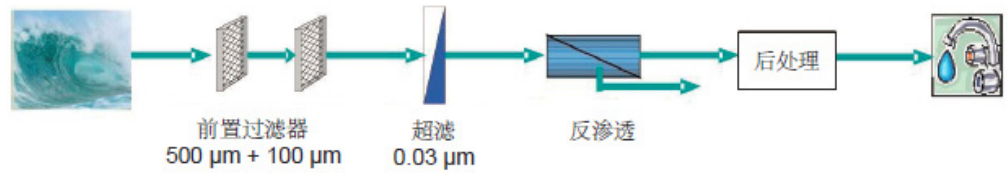


图2. 工艺流程图

原水来源和水质

原水来源是位于海滩1,000米处、海平面以下22m深的敞开式取水。

表1.原水水质

参数	单位	原水水质
温度	°C	16-28
pH		8.2
浊度	NTU	0.4-10 (平均1.8)
超滤进水SDI ₁₅		2.7-6.2 (平均5.3)
反渗透进水电导率	μS/cm	62,000
反渗透进水TDS	mg/l	44,100
反渗透进水中硼	mg/l	5.2

超滤和反渗透系统概况:

系统	运行通量 (lmh)	回收率 (%)	装置套数	安装的产品型号	膜组件总数
超滤	60	90	12	DOW™ SFP-2860	792
反渗透	12	44	3	FILMTEC™ SW30HRLE-400 (5) FILMTEC™ SW30ULE-440i (2)	1953

超滤系统包括12套装置，每套66支DOW™SFP-2860超滤膜组件，总共792支；运行通量为60LMH。每套超滤装置放置在一个40英尺集装箱内，超滤产水收集在水箱内，作为反渗透系统供水。

反渗透系统分成3套独立并联的装置，每套装置配置一个泵集装箱和三个膜集装箱，泵集装箱包括给水泵、能量回收装置、增压泵和高压进水阀，高压泵独立安装在集装箱外。每个膜集装箱有31支7芯装压力容器，采用陶氏专利技术内部分段设计（ISD），每支压力容器进水段安装5支陶氏FILMTEC SW30HRLE-400元件和浓水端安装2支陶氏FILMTEC SW30ULE-440i元件。反渗透系统总共安装1,953支膜元件。



图3. 超滤集装箱照片
(Subsea基础设施有限公司提供)



图4. 反渗透膜集装箱照片

系统性能

超滤系统:

经过优化运行方案后，超滤标准化跨膜压力(TMP)稳定在约0.8bar，系统的平均标准化渗透通量在83 lmh/bar。当前的标准化跨膜压力非常接近于设计的初始跨膜压力0.6-0.7bar，这表明反洗与化学强化反洗(CEB)运行工艺能有效去除污染物和恢复超滤膜组件的性能。同时，超滤系统的运行化学消耗量很低。

超滤反洗频率75分钟，200秒反洗（反洗通量120LMH）、80秒气擦洗和50秒正洗（正洗流量3.06m³/h每支膜组件）；目前每隔七天进行一次化学强化反洗（CEB），不需要进行就地化学清洗（CIP）。超滤系统回收率是92%，净产水通量大约50.5LMH。即使进水水质波动，超滤系统产水水质仍然可靠、稳定。反渗透进水SDI₁₅平均值<1.2；水质分析中发现透明胞外聚合颗粒物（t-TEP）去除率61%。

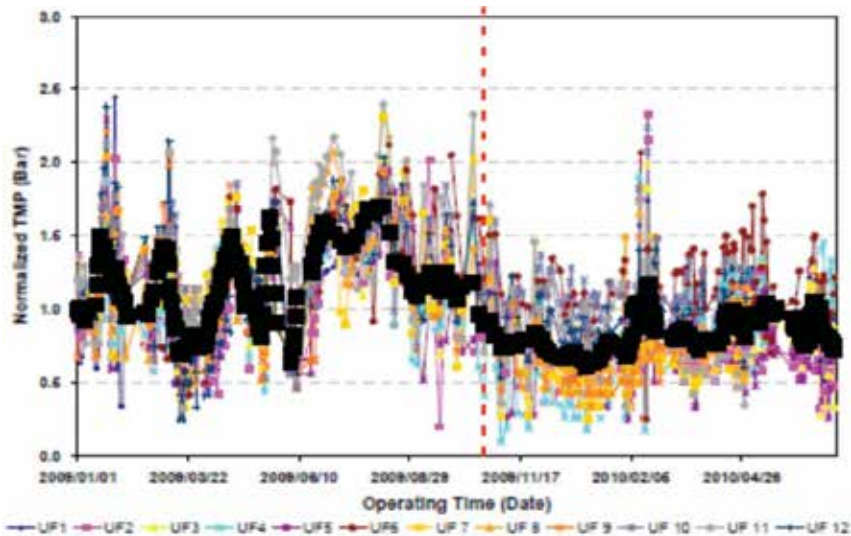


图5. 超滤性能: 标准化跨膜压差 (TMP) 变化

反渗透系统:

在运行期间，反渗透系统的产水流量在设计产水流量附近波动，能够可靠地满足该海淡厂对产水量的要求。反渗透脱盐率一直高于设计值（下图图6中橙色虚线表示设计脱盐率），反渗透产水电导率中间值在350 μ s/cm。按照要求，反渗透产水硼小于1mg/l，实际运行结果硼中间值0.6mg/l。标准化运行压降(Δ p)平均值是0.91bar，低于预期计算值。标准化运行压降在头一年半运行时间内一直稳定在较低的水平，这表明反渗透膜上没有发生颗粒或生物污染，这主要由于采用超滤作为预处理工艺的原因。

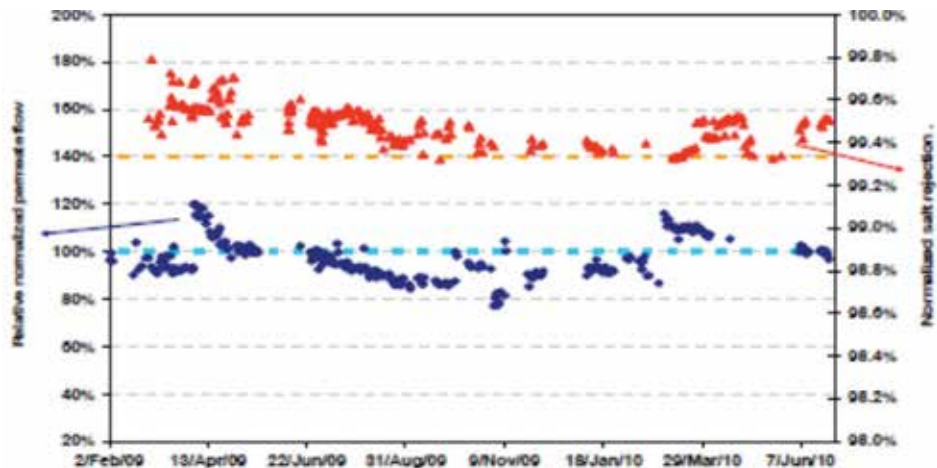


图6. 反渗透性能: 标准化产水量和标准化脱盐率

系统性能 (续)

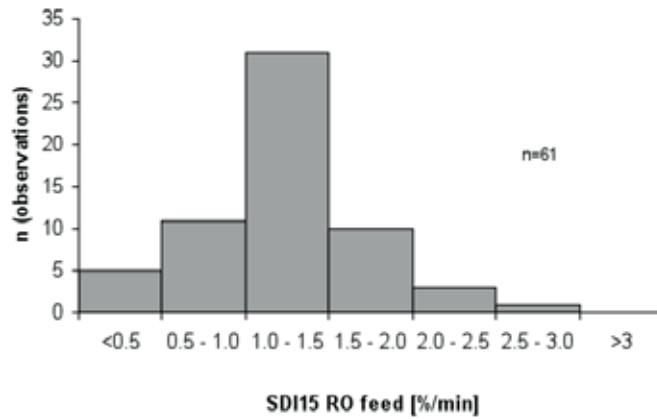


图7. 反渗透进水SDI

结论

自2008年12月起，莫尼海水淡化厂为塞浦路斯利马索尔人口持续提供可靠的20,000 m³/天的饮用水。即使进水水质发生变化，超滤系统产水水质一直保持可靠、稳定。反渗透系统始终能可靠保证所要求的产水水质（硼低于1mg/l）。自启动起，反渗透系统标准化运行压降一直稳定在较低水平，这表明反渗透膜上没有发生颗粒或生物污染，这主要由于采用超滤作为预处理工艺的原因。此外，超滤系统化学清洗频率低，化学药剂耗用量少，这降低了对环境的影响。

文献

Gasia-Bruch, Eduard; Sehn, Peter, García-Molina, Verónica; Busch, Markus; Raize, Ofer; Negrin, Mino, 塞浦路斯20,000 m³/天的集成膜海水淡化装置的现场经验，欧洲淡化协会（EDS）马赛会议，以色列，2010年10月

13-3 陶氏超滤膜 SFP-2880 在大唐托克托发电厂 循环冷却排污水处理中的应用

摘要：DOW™ SFP-2880 超滤膜元件具有单支膜面积大，产水水量大，产水水质好，使用寿命长，运行费用低等特点。本文针对在大唐托克托电厂锅炉循环排污水处理扩容项目中最新投运的日产 7500 吨的 SFP-2880 系统进行了介绍。系统使用 SFP-2880 进行设计，节省了 35% 的超滤膜，30% 的管道连接，占地面积和化学清洗药剂。从投运初期四个月的运行情况看，虽然进水温度和浊度波动较为剧烈，但 SFP-2880 超滤系统运行跨膜压差和标准化透水系数都较为稳定，产水浊度较低，大于 90% 保持在 0.1NTU 之下。由于前置超滤的保护，后续一段反渗透污染增速减慢，脱盐率优于设计要求，产水量也能够达到设计要求。

关键词：超滤 反渗透 跨膜压差 循环冷却排污水

1. 项目背景

大唐电力托克托电厂位于内蒙古自治区呼和浩特市托克托县内。通过四期工程建设，现已投产发电 8×600MW，2×300MW(自备)，托克托电厂是中国最大的火力发电基地。目前，托克托发电厂正在筹建五期两台 600MW 机组，建成后托电装机总容量将达到 6600MW，成为亚洲最大的火力发电基地。托克托电厂化学制水系统总制水量为 625 m³/h，仅能满足现在全厂 10 台机组的正常供水。无法提供高铝粉煤灰循环利用项目所要求的除盐水的供水要求。因此，为了保证电厂的正常供水，托电化学制水系统必须进行扩容，系统设计增加净出力为 200m³/h 的除盐水处理设备，产水水质达到除盐水标准。

2. 处理水源及水质

电厂发电机组循环水排污水进行处理后回用作为化学水扩容工程的进水水源，该水源水量的不足部分由经过澄清、过滤处理的黄河水进行补充。表1为进水水质情况。其中，循环排污水的特点是高盐分，高碱度，总溶解性固体大约为 3000mg/L；黄河水含有较多的泥沙，悬浮物含量比较高，达到 650mg/L，总溶解性固体在 1000mg/L 左右。扩容系统的产水水质目标是二氧化硅(SiO₂) ≤20 μg/L，电导率(25℃) ≤0.2 μS/cm。

表1 进水水质

	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ³⁺	Ba ²⁺	Si ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	硬度	碱度	pH	总硅	TSS
排污水	461	236	130.5	0.15	0.36	3.03	596	870	24	610	10	10	9	9	/
黄河水	153.7	78.7	43.49	0.05	0.12	1.01	198.6	215.3	8.01	273	4.48	4.48	7.11	3.44	648.5
单位	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mmol/L	mmol/L		mg/L	mg/L

3. 处理流程

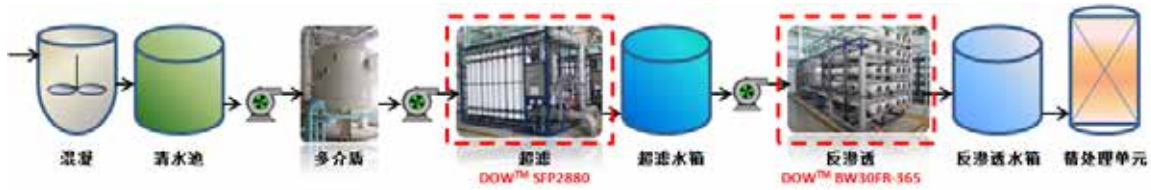


图 1 扩容项目水处理流程

扩容项目流程如图 1 所示，其中预处理采用传统的混凝沉淀加多介质过滤，核心系统采用双膜法（超滤加反渗透），反渗透的出水进入后续单元进行精处理。超滤选用陶氏新型的 SFP-2880 超滤组件，反渗透选用 FILMTEC™ BW30FR-365 抗污染反渗透元件。

混凝沉淀加多介质过滤主要去除原水中的大颗粒物质，胶体及部分有机物。超滤在反渗透之前去除绝大多数的颗粒、胶体、细菌、病毒，能够有效地保护反渗透。反渗透去除绝大多数的有机物和溶解性物质，脱除 99% 以上的盐分。后续单元采用离子交换技术对反渗透产水进行精处理，最终达到出水水质要求。

4. SFP-2880 及超滤系统设计

4.1 SFP-2880 超滤组件

SFP-2880 是陶氏化学新型的超滤膜组件，使用聚偏氟乙烯材质，采用外压式过滤方式，主要特点有单支膜面积大，产水水量大，产水水质好，使用寿命长，运行费用低。

表 2 列出了 SFP-2880 的详细产品信息。

表 2 SFP-2880 产品信息

膜形式	外压式中空纤维
膜材质	偏聚氟乙烯 (PVI)
外壳材质	硬质聚氯乙烯 (UPV)
过滤孔径	0.03μm
膜内/外径	0.7/1.3mm
膜面积	77m ²
纯水透水性 (25℃)	≥160L/ (m ² .h.ba)
最大进水压力	6.0bar
产水 SDI	≤2.5

4.2 大唐托克托电厂扩容系统超滤设计信息

表 3 为超滤系统的设计信息。设计通量为 64LMH，回收率大于 90%。超滤系统共使用 78 支 SFP-2880 超滤组件，分成两个撬架，单套 38 支。

表 3 SFP-2880 超滤系统设计信息

设计产水量	7500 吨/天
设计通量	62.2LMH
设计回收率	≥90%
膜型号	SFP-2880
装置套数	2
单套组件数	38 支

4.3 系统运行参数

表 4 托克托电厂 SFP-2880 超滤系统运行参数

项目	名称	频率	备注
运行	过滤		运行通量: 58LMH
	物理清洗	40分钟 / 次	反洗通量: 120LMH
维护	化学加强反洗	10天 / 次	浸泡20分钟
	酸浸泡	10天 / 次	浸泡20分钟
	化学离线清洗		自运行起没有进行过化学离线清洗

由于实际运行过程中收到温度变化的影响，系统的过滤通量为 58LMH。超滤系统通过物理和化学清洗的方式维护系统的稳定运行。其中每 40 分钟进行一次物理清洗，主要步骤包括气擦洗、反冲洗、正冲洗；每 10 天使用酸、碱、氧化剂进行一次反学加强反洗，药剂在超滤中浸泡 20 分钟以达到对污染物的溶解洗出。化学离线清洗是不定期的一种清洗方式，在超滤污堵加重，物理和化学加强反洗都不能很好地使超滤的性能得到恢复的情况下，此时就必须通过高化学浓度高清洗液温度的化学离线清洗方式来恢复性能。在初期投运的 4 个月内，超滤系统运行稳定，没有进行化学离线清洗，定期的物理和化学加强反洗清洗就可以使过滤性能得到很好的的恢复。

4.4 新产品新设计的优势

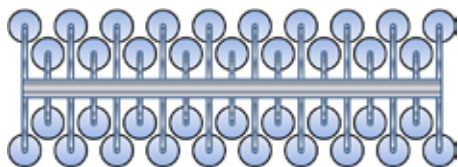


图 2 SFP-2880 设计

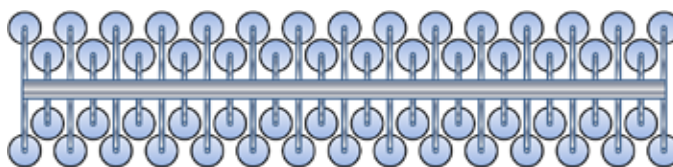


图 3 SFP-2860 设计

图 2、图 3 为使用不同产品的设计方案。其中，图 2 为使用 SFP-2880 的设计方案，图 3 为使用 SFP-2860 的设计方案。在设计条件不变的情况下，使用 SFP-2880 来进行设计，单套装置只需 38 支膜元件，如使用 SFP-2860，单套组件数要增加到 58 支。对比发现，使用 SFP-2880 进行设计膜数量可以节省 35%，同时管道连接和占地面积减少 30%。对比表 5 中的数据，使用 SFP-2880 可使单套超滤装置组件内水容积减少 27%，进一步计算，得出整个机架内的水容积可以减少 30%左右，这就意味着在化学清洗中，组件内的化学药剂使用量可以减少 30%。

表 5 SFP2860 和 SFP-2880 单套超滤装置组件内水容积对比

	单支组件水容积 (L)	单套组件支数 (支)	单套组件水容积之和 (L)
SFP2860	35	58	2030
SFP2880	39	38	1482

5. 系统运行情况

自系统 10 年底开始运行以来，已运行了 4 个月。

5.1 进水温度

循环排污水经过冷却后的温度一般保持在 30 °C 左右，变化范围小；但是由于混入了河水，且比例变化较大，导致了进水温度的产生比较大的波动。由图 4 可以看出，进水的温度的波动范围为 7.4~35.3 °C，平均温度为 21.6 度。

进水温度对超滤膜的透水性有很大的影响。影响参数叫做温度校正系数，以 25℃作为基准值，此时的温度校正系数为 1。温度升高，膜的透水性增强；温度降低，膜的透水性降低。在 4 个月的运行期内，温度校正系数在 0.65~1.2 之间波动。



图 4 超滤系统进水温度

5.2 超滤跨膜压差

跨膜压差表示水透过膜所需要的驱动力。如果使用相同的进水水源，在单位膜面积单位产水量的条件下，跨膜压差值越小，表明膜的透水性越好，所需驱动力越小，消耗越小。跨膜压差的升高意味着膜污染的加重和消耗能量的增大。

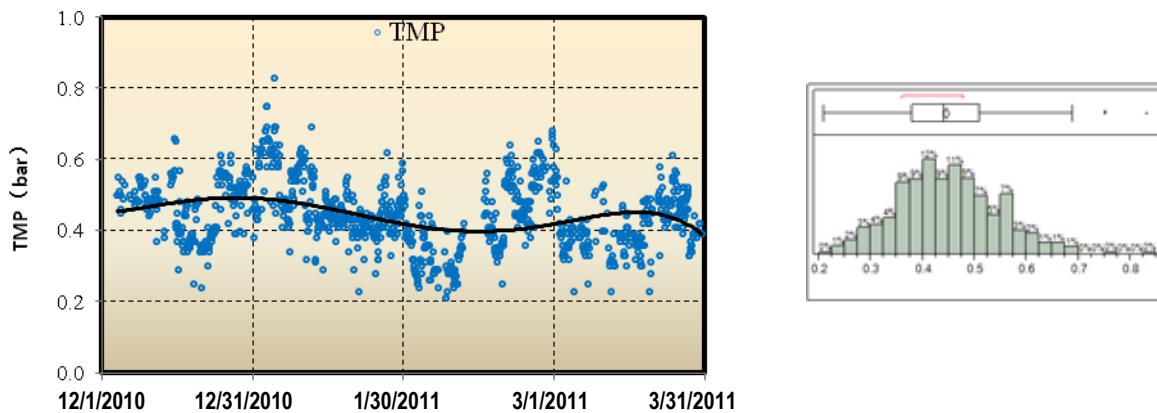


图 5 SFP-2880 超滤系统运行跨膜压差

由图 5 可以看出，超滤系统自运行以来，在波动较大的进水水质条件下，跨膜压差一直保持较低的范围，集中在 0.3-0.6bar 之间，平均值为 0.44bar。其中，1 月初和 2 月末跨膜压差上升显著，2 月初跨膜压差下降较为明显。对比图 4，导致出现这种现象主要是因为进水温度的波动。在恒流量运行条件下，跨膜压差受进水温度的影响较大，进水温度升高时，跨膜压差降低；进水温度降低时，跨膜压差升高。

5.3 超滤运行通量和标准化透水系数

运行通量表示单位面积单位时间内超滤膜的产水性能。但实际运行中，运行通量还受到跨膜压差和水温的影响。本超滤系统采用恒通量过滤方式。图 6 表明，投运初期的四个月内，由于供水量需求的变化，实际运行平均通量为 58LMH。

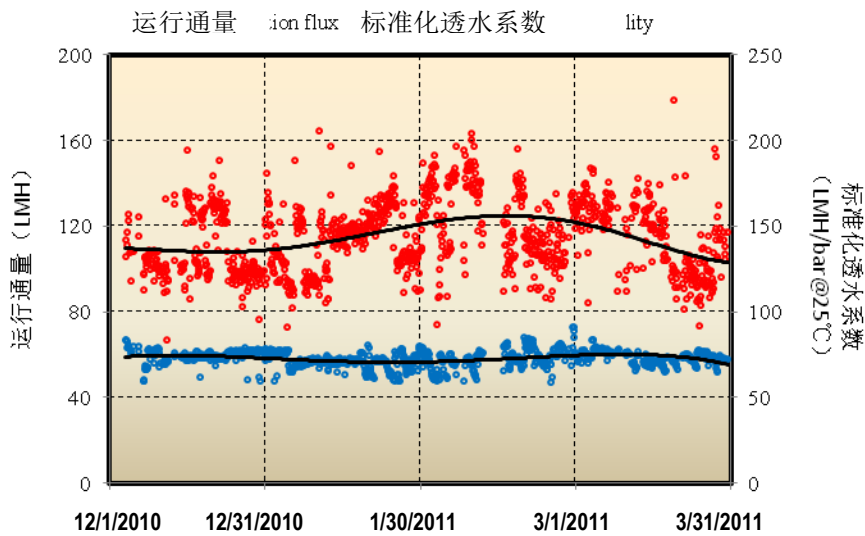


图 6 SFP-2880 超滤系统运行通量及标准透水率

根据跨膜压差和温度校正参数，得出标准化透水率。标准化透水系数就是在单位跨膜压差和标准温度下的运行通量，更能体现超滤膜的实际运行性能。四个月的平均标准化透水率为 143LMH/ bar@25°C。虽然由于温度的影响造成标准化透水系数的波动，但总体趋势相对平缓，没有发生明显的衰减，这说明大部分污染是可逆的，没有明显的不可逆污染发生，也说明在此种水质下，当前的设计通量和清洗方法比较适合。

5.3 超滤浊度去除情况

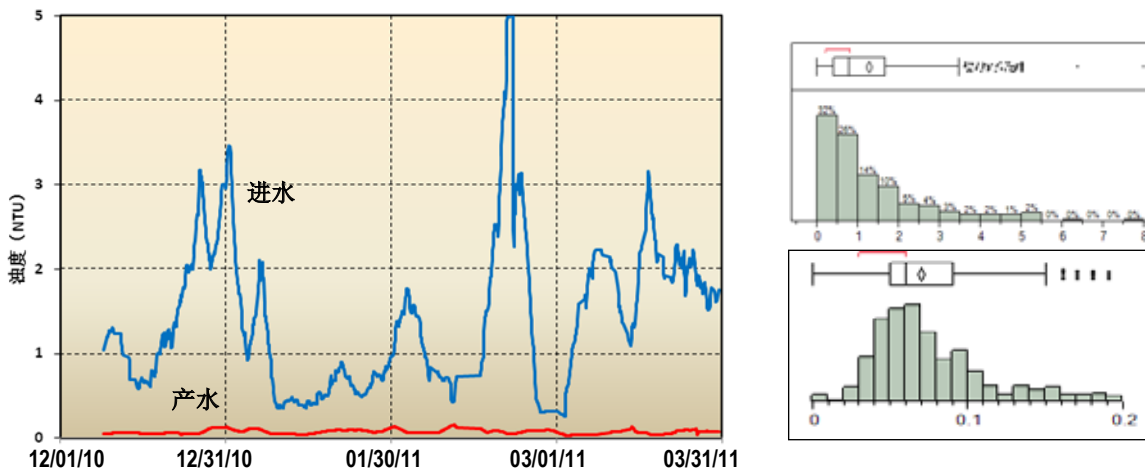


图 7 SFP-2880 超滤系统浊度去除

超滤系统进水为多介质过滤的出水，图 7 表明，其浊度值较高且波动幅度大，最高接近 8NTU，平均值为 1.25NTU。经过超滤过滤后，产水浊度得到改善，平均出水浊度为 0.08NTU；波动幅度小，其中大于 90% 的产水浊度能低于 0.1NTU。

5.4 超滤对后续反渗透运行的影响

图 8 表明，由于前置 SFP-2880 超滤系统稳定高效运行，为后置反渗透提供了运行保证。反渗透系统在 4 个月的运行时间内，标准化通量和脱盐率都比较稳定，其中标准化通量平均值为 20.42 LMH，基本达到了设计要求；标准化脱盐率达到 99.2%，优于 99% 的设计值。在反渗透系统中，进水中的微粒，胶体及微生物对一段的污染风险相对更大，所以一般情况下一段的压降增速要大于二段。但从图 9 中可以看出，在运行期间一段压降保持稳定，压降增速甚至比二段更慢，这说明前端超滤起到了充分的保护作用，微粒，胶体及微生物都得到有效的去除。

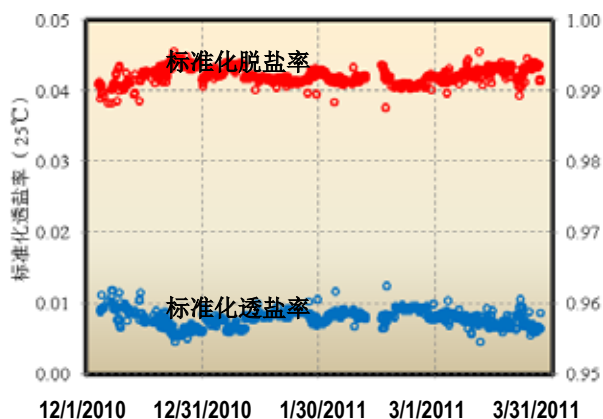


图 8 反渗透系统运行通量及标准化脱盐率

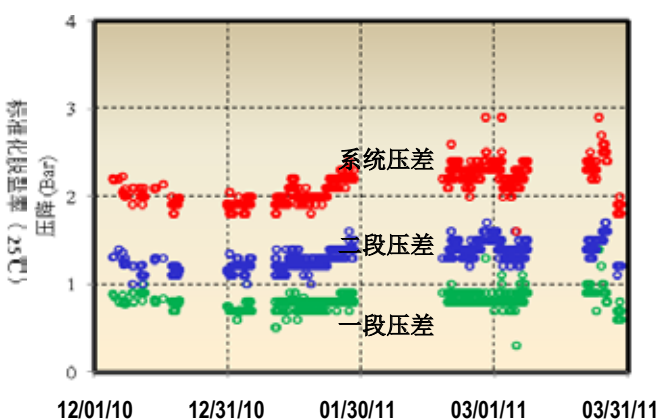


图 9 反渗透系统压降

6. 总结

本文介绍了 DOW™SFP-2880 超滤膜在国内最大的火力发电基地大唐托克托电厂锅炉循环排污水处理扩容项目中的应用情况。该项目日超滤产水量为 7500 吨，10 年底开始投运。

SFP-2880 超滤膜的有效膜面积达到 77 平方米，在同样的设计条件下，使用 SFP-2880 进行系统设计，相比 SFP-2860，可以节省 35% 的超滤膜使用量，30% 的管道连接和占地面积，化学清洗药剂。

从超滤的运行效果看，在投运初期四个月内，进水温度和浊度波动都比较剧烈，但运行跨膜压差比较稳定，平均值只有 0.44bar；透水性稳定，没有发生明显的不可逆污染，标准化平均通量为 143LMH/bar@25°C；浊度的去除稳定且效率高，产水浊度大于 90% 低于 0.1NTU；超滤系统的稳定运行，说明当前 60LMH 的设计通量和清洗方法比较合理。由于前置超滤的保护，后续一段反渗透污染增速减慢，运行水量达到设计要求，脱盐率优于设计要求。

13-4 DOW™ UF 膜组件和 FILMTEC™ RO 膜元件

使用陶氏超滤（UF）和反渗透（RO）技术为东欧饮料工业生产优质用水



图 1. 普通软饮料（来源：iStockphoto）

自 2009 年 8 月，使用陶氏超滤和反渗透膜的集成膜系统为东欧的饮料工业生产 2160m³/d 的优质水。

介绍

饮料工业亟需优质水，优质水水质经常超过饮用水质量标准。装瓶公司通常使用几种过滤技术和其他处理技术去除杂质，标准化生产水用于制作软饮料。反渗透(RO)系统是饮料工业中应用的一种流行技术。反渗透预处理的当今趋势是从传统过滤(通常是多介质过滤器)，转变为膜过滤，如超滤(UF)。更好的过滤水质和环境友好方面的问题，如减少化学品消耗和污泥数量的能力，是采用 UF 技术作为 RO 预处理的主要驱动力。此外，UF 预处理越来越具有成本竞争力。

本文描述的工厂是上述应用中的一个案例。工厂位于东欧，使用钻取的原水。水处理过程包括使用陶氏超滤和陶氏 FILMTEC 反渗透膜的集成膜系统。使用非氧化抗菌剂，DBNPA（2,2-双溴代-3-次氨基-丙酰胺）对 RO 系统进行间歇性杀菌消毒。产品水用于生产软饮料。



图 2. 两套 UF 装置的照片。来源：VWS Deutschland GmbH - BERKEFELD

项目信息

地 址：东欧
项目用途：为软饮料生产提供优质水
设计能力：RO 产水量：2,160m³/d
启动时间：2009 年 8 月

系统主要信息

- 原水为井水
- 处理工艺为采用陶氏超滤和反渗透膜集成系统
- 使用非氧化杀菌剂 DBNPA 对 RO 系统进行间歇性杀菌消毒
- RO 产水中溴含量低于 0.1mg/L

性能

- 自 2009 年 8 月份启用以来，超滤和反渗透的流量及截留率性能符合预期并一直保持稳定。
- 整个操作时间内的反渗透维持低压降，稳定的标准化产水量。
- 对系统进行间歇性杀菌消毒以及优质的超滤产水使得反渗透系统远离微粒污染和生物污染。
- 可靠地实现按要求去除盐分和溴化物。

工厂介绍

水处理工艺流程如图 3 所示。使用钻井流出的原水为水源，平均进水水质如表 1 所示。进水通过脱气器处理，去除水中的硫化氢(H₂S)。原水然后进入 250μm 的自清洗过滤器去除大颗粒，保护下游超滤纤维免受机械损坏。

超滤系统分为 4 套装置，每套装置包括 18 支陶氏超滤膜组件。使用的陶氏超滤膜组件型号是 DOW™ SFP-2860 膜组件，有效面积为 51m²。运行通量为 86LMH，平均回收率为 92%。超滤系统清洗方案如表 2 所示。超滤系统可以应对可能发生的高混浊度事件。超滤处理之后，使用两个水箱存储超滤产水。

使用超滤产水供给反渗透系统，进水涵盖在本文案例以及其他现有处理工艺过程。添加阻垢剂并在反渗透装置的前面安装 5 微米过滤精度筒式保安过滤器，为高压泵和反渗透膜提供额外的保护。

本项目反渗透系统分为 4 套装置，每套包括 7 个压力容器，以 4:2:1 排列。每个压力容器内装填 4 支 FILMTEC™ SW30XLE-400i 膜元件。在此应用中使用海水膜最大程度去除盐分，并安全去除进水中的溴含量直至低于 0.1mg/L。反渗透系统以 22 LMH 的平均通量运行，回收率为 80%。

反渗透产水被输送到另一个脱碳器去除 CO₂。此外，进行 pH 调节。最后，产水在用于最终产品之前，通过活性炭过滤器、1 微米过滤器、紫外消毒系统 (UV) 处理。



图 3. 工厂工艺流程图

表 1 原水水质

参数	单位	原水水质范围
温度	°C	10 - 18
电导率	μs/cm	5000 - 7000
酸碱度		7.585
总硬度	meq/l	15
浊度	FNU	1 - 25
溴化物	mg/L	7.1 - 8.5
硅 (SiO ₂)	mg/L	17.2

表 2 超滤系统清洗方案

	反洗	CEB, 酸洗	CIP
频率	根据进水水质确定: 浊度: <5NTU: 120 分钟 浊度: 5-10NTU: 72 分钟 浊度: 10-20NTU: 43 分钟 浊度: 20-30NTU: 33 分钟	72 小时	自运行以来没有进行过
化学品	每次反洗: 10ppm NaOCl	HCl: 600ppm	

CEB: 加强反洗; CIP: 就地化学清洗

表 3 超滤及反渗透系统小结

系统	产水量 (m ³ /h)	运行通量 (lmh)	回收率 (%)	装置套数/ 段数	安装的产品型号	膜组件总数
超滤	316 ^a	86	96 ^b	4	DOW™ SFP-2860	72
反渗透	90	22	80	4/3	FILMTEC™ SW30XLE-400i	112

^aUF总产水流量, 只有部分UF产水量(112.5 m³/h)进入本文所述的下游RO系统

^b三列UF系统回收率(与UF给水有关), 为UF净产水量 / UF给水流量 *100

工厂性能

在运行的前八个月期间, 超滤膜 DOW™ SFP-2860 以 86l/h/m² 的设计通量运行。在图 5 中为 2009 年 11 月至 2010 年 3 月的时间范围内标准化 TMP 以及标准渗透率, 在这期间, 渗透通量有一些波动, 波动值高达 160l/h/m²。在 2010 年 2 月至 3 月, 标准渗透性能相对稳定, 高达 118l/h/m²。设计的初始跨膜压差 (TMP) 为 0.5bar, 经过八个月的操作后, TMP 稳定在 0.7-0.8bar。既定的反洗以及 CEB 程序对保持稳定的 TMP 以及较高的渗透性能非常有效。在前八个月操作期间, 没有进行就地化学清洗 (CIP)。

此外, 超滤产水水质稳定, 水质很好, 产水浊度值低于 0.1NTU。

反渗透膜在前八个月运行期内不需要就地化学清洗, 依靠采用非氧化杀菌剂 DBNPA 每天进行冲洗, 以防止膜表面发生生物滋生。

反渗透标准化产水量 (图 6) 约 23m³/h, 如设计所预期。产水水质一直保持良好的, 稳定。标准化盐透过率符合预期的约 0.89% (图 6)。此外, 产水的溴浓度一直保持约 0.05mg/l, 远小于安全极限值 0.10 mg/l 以下。三段系统的标准化压差在运行期内一直保持稳定的低值, 约 1.5bar (图 7)。这表明, RO 膜上没有微粒或生物污染。主要原由于预处理超滤膜提供了优质进水、良好的操作实践以及操作人员采取的预防生物污染的措施。



图 4. 反渗透系统照片。来源: VWS Deutschland GmbH - BERKEFELD

工厂性能
(续)

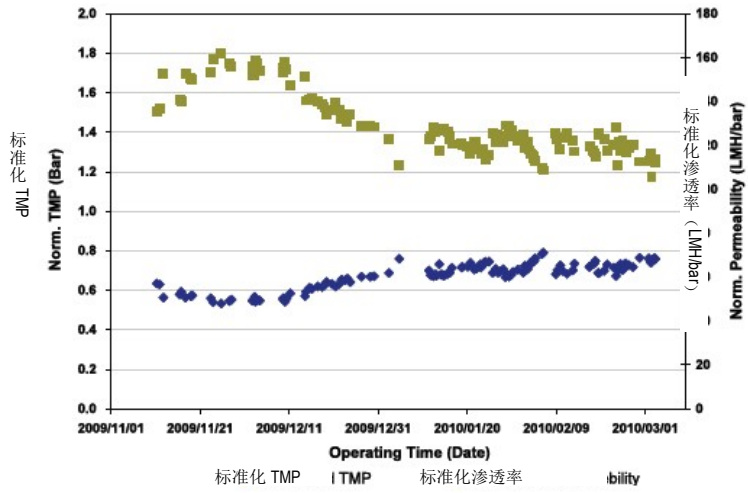


图 5. 超滤系统性能：标准化 TMP 以及标准化渗透率

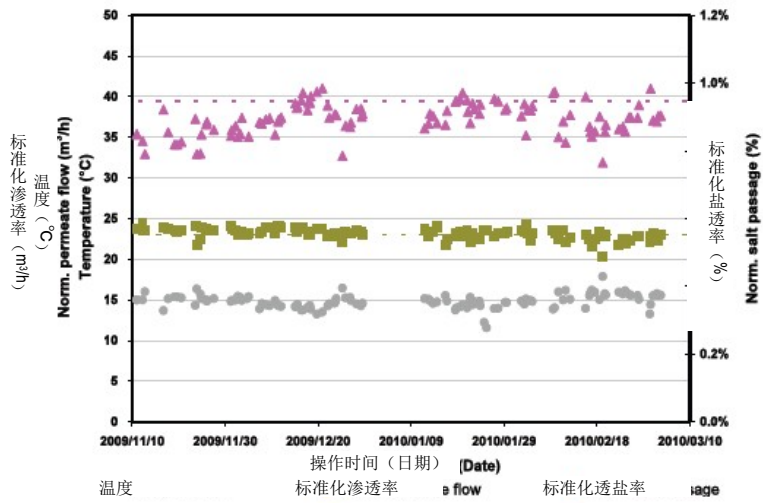


图 6. 反渗透系统性能：标准化渗透率及透盐率

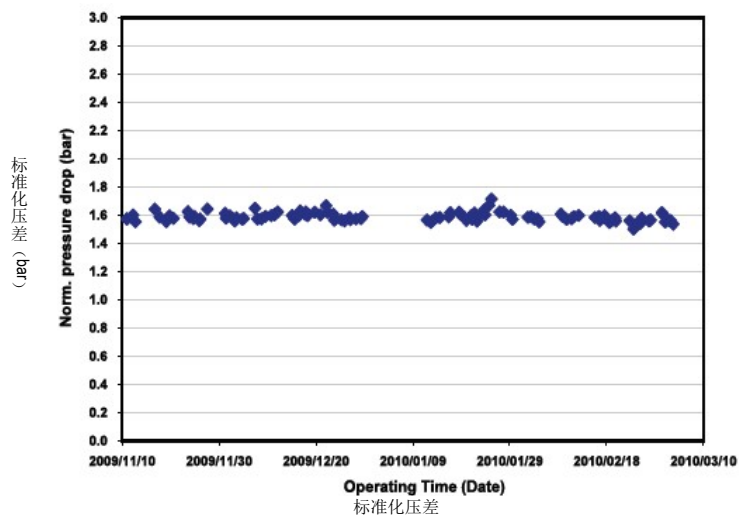


图 7. 反渗透系统性能：三段系统标准化压差

结论

自 2009 年 8 月以来，工厂对软饮料生产厂家提供可靠的优质水为 2,160m³/d。该系统使用含有 DOW™ SFP-2860 膜组件和陶氏 FILMTEC™ SW30XLE-400i 反渗透膜元件的集成膜系统。使用海水膜元件保证盐去除率的最大化并安全去除水中的溴。超滤和反渗透的产水量和截留性能从启动到目前，一直按照预期保持稳定。此外，良好的超滤产水水质以及使用 DBNPA 对系统进行间歇性杀菌消毒能够保持反渗透系统远离微粒及生物。这可以通过操作时间内反渗透系统低的压降维持以及标准化产水量来证明。

13-5 DOW™ UF 膜组件和 FILMTEC™ RO 膜元件

采用陶氏超滤（UF）和反渗透（RO）技术解决高 COD 和油含量炼油废水回用处理难题



图 1. 燕山石化现场超滤和反渗透系统

介 绍

北京燕山石化公司隶属于中国石化集团，位于北京西南部的房山区，是我国建厂最早、规模最大的现代石油化工联合企业之一。目前，原油加工能力超过 1000 万吨/年，乙烯生产能力超过 80 万吨/年，是我国最大的合成橡胶、合成树脂、苯酚丙酮和高品质成品油生产基地之一。燕山石化坚持走“资源节约型、环境友好型、科技创新型、本质安全型”的发展道路，为了满足北京更多更严格的环保需要，燕山石化安装了多套 DOW™ 超滤和 FILMTEC™ 反渗透系统回收石化废水。

炼油工艺废水首先进入生物预处理系统，然后通过 DOW™ 超滤预处理过滤，然后进入后续 FILMTEC™ 反渗透和离子交换系统进行除盐处理，提供锅炉补给水。超滤进水的 COD 及含油量高，对于超滤膜的运行性能提出了挑战。

项目特点

- 原水为石化炼油废水
- 处理工艺为采用陶氏超滤和反渗透膜集成系统

项目信息

地 址：中国北京
产水用途：提供锅炉补给水
设计能力：
UF 产水量：560m³/h
RO 产水量：410m³/h
启动时间：2004 年 11 月

性 能

- 自 2004 年 11 月份投运至今，经过 8 年的运行，超滤和反渗透的流量及截留率性能符合设计要求并保持稳定。
- 超滤系统产水水质 SDI≤2.5,浊度≤0.2NTU,COD<25mg/L。
- 反渗透系统脱盐率≥98%，回收率≥75%。

工厂介绍

超滤进水水质如表 1 所示，由高含量的 COD 和油组成。

表 1 原水水质

参数	单位	原水水质范围
总溶解固体含量(TDS)	mg/L	900 - 1400
总悬浮固体含量(TSS)	mg/L	≤5
化学耗氧量(COD _{Cr})	mg/L	20 - 50
pH		7.0-8.4
Ca ²⁺	mg/L	200 - 360
Fe ²⁺	mg/L	0.2 - 0.5
总硬	mg/L CaCO ₃	300 - 500
碱度	mg/L CaCO ₃	50 -150
电导率	μs/cm	1400 - 1900
浊度	NTU	1 - 6
温度	°C	25 - 38
油	mg/L	≤2
NH ₃ -N	mg/L	0 - 10
总硅 (SiO ₂)	mg/L	8 - 11

处理工艺流程如图 2 所示。

燕山石化炼油厂排放废水主体为炼油废水，包括含油废水、含盐废水、含硫废水、含醛废水以及酸碱废水等的混合废水，是高含油和高 COD 浓度的工业废水。该废水经过生化处理后，达到国家二级排放标准，并经过深度处理后达到一定的水质标准，回用至炼油厂锅炉补给水系统，实现真正意义的回用。

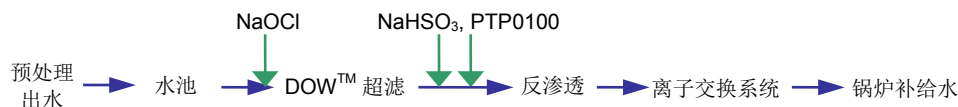


图 2. 工厂处理工艺流程图

超滤系统分为 10 套装置，设计产水量为 560m³/h，选用陶氏化学 SFP-2660 超滤膜组件。系统采用全自动化控制，10 套装置根据需要可以同时，也可以单独运行。超滤系统清洗方案如表 2 所示。

反渗透系统分为 4 套装置，每套产水流量为 103m³/h，回收率 75%。选用陶氏化学 BW30FR-365 抗污染反渗透膜元件。

反渗透产水被输送到炼油厂离子交换系统作进一步除盐，作为锅炉补给水。

表 2. 超滤运行步序

参数	频率	持续时间	化学消耗
过滤	—	30 分	2 ppm NaOCl
气擦洗	120分钟	30 秒	—
反洗	30分钟	50 秒	20 ppm NaOCl
正冲洗	30分钟	70 秒	—
CEB ^a	无	无	—
CIP ^b	2-5月	8小时	碱: 0.1% NaOH, 0.2% NaOCl 酸: 2% 草酸

^a 化学加强反洗

^b 就地化学清洗

表 3 超滤及反渗透系统配置

系统	产水量 (m ³ /h)	运行通量 (lmh)	回收率 (%)	装置套数/ 段数排列	安装的产品型号	膜组件 总数
超滤	560	37.2	95	10(8+2)	DOW™ SFP-2660	600
反渗透	412	22	75	4/15:8	FILMTEC™ BW30FR-365	552

系统性能

自 2004 年 11 月投运至今，经过 8 年的运行，超滤系统运行稳定，出水水质正常。从图 3 可以看出，在某段短时间内标准化透水系数会有规律地上下小幅度波动，说明在此运行过程中超滤受到了轻微的污堵而致使产水能力下降，但通过常规的化学清洗后基本能得到恢复。从总体趋势即多个清洗周期看标准化透水系数基本处于平稳状态，没有出现明显的下降。平时的监控数据表明，超滤化学清洗的周期一般为 2-5 个月，每次经过化学清洗后，超滤膜的污堵情况基本能够消除，对于水质较差的炼油废水来说，清洗周期和效果比较令人满意。超滤运行期间内监测超滤系统总出水的 SDI 值变化情况表明，超滤产水 SDI 均小于 2.5 且比较稳定，表明超滤系统在去除悬浮性物质及胶体等方面一直比较稳定，为后续反渗透系统能长期稳定运行提供了坚实的基础。

从监测的数据看，反渗透系统在投运后其透水能力逐步衰减，表明炼油废水中的杂质在膜表面造成一定的吸附和污堵，且一段反渗透受到的污染比二段严重，推断其主要为微生物和有机物污染，通过化学清洗反渗透的透水能力能得到比较完全的恢复。从长时间运行的总体趋势看，反渗透产水能力能维持一种动态稳定，通过常规化学清洗能有效地使污堵达到一个平衡，系统无进一步恶化的现象。反渗透系统在高 COD 进水条件下，实际运行工况是比较令人满意的。反渗透进水电导率为 1400-1900 μs/cm，产水电导率为 10-25 μs/cm，系统脱盐率≥98%。

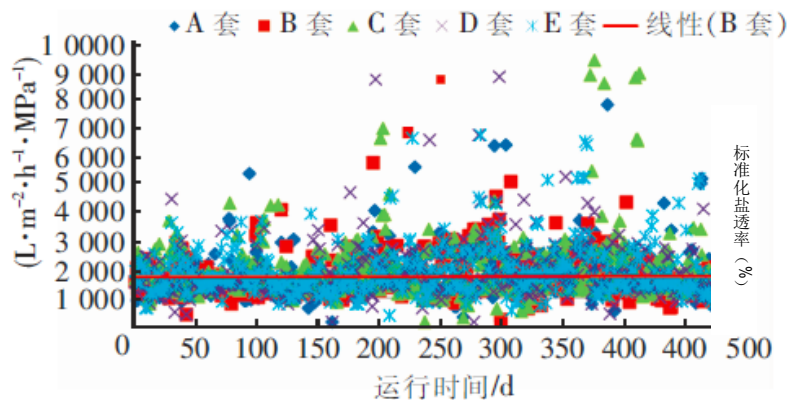


图 3.超滤系统性能：标准化透水系数

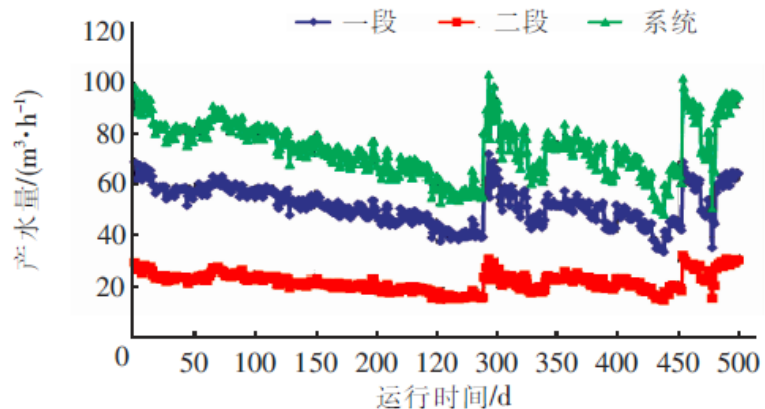


图 4.反渗透系统性能：标准化产水流量

结论

自 2004 年 11 月投运以来，尽管进水 COD 和油很高，DOW™ 超滤膜产水的浊度低，COD 明显减少。超滤产水在大部分时间内达到 SDI 小于 2.5，浊度小于 0.4。高品质的超滤产水可以让后续反渗透系统无故障的稳定运行。

根据多年的实践，综合使用超滤（UF）和反渗透（RO）技术可以满足当前燕山石化炼油污水的回用需求，产水水质能够满足锅炉补水的要求。陶氏化学 DOW™ 超滤和 FILMTEC™ 反渗透可以负担石化废水处理的工作强度并为这种高要求市场提供一个优秀的解决方案。

文献

- 1.张利，杨万万 超滤+反渗透工艺在炼油废水回用工程中的应用经验总结
- 2.童晓岚 综合运用超滤和反渗透技术实现燕山石化炼油污水回用

第 14 部分 附录

14-1 超滤水处理应用术语

不对称膜 Asymmetric Membrane	人工合成聚合中空纤维，由一层均匀致密的、很薄的外皮层及起支撑作用的海绵状内层结构构成，这层均匀、致密的外皮层起真正截留污染物的作用。
原水 Feed	进入超滤系统的水
产水 Filtrate	透过超滤膜的水，基本上无悬浮颗粒、胶体和微生物等
通量 Flux	产水透过超滤膜的流率，通常表达为单位时间内单位膜面积的产水量，单位为 LMH
跨膜压差 Trans-membrane Pressure	简称 TMP，即产水侧和进水侧压力的差异，即膜两侧压力差；如为错流过滤，为产水侧和进水进出口压力平均值的差异
气擦洗 Air Scour	让无油压缩空气通过中空纤维膜丝的进水侧表面，通过压缩空气与水的混合振荡作用，松动并冲走过滤过程中膜表面截留的污染物
反洗 Backwash	把等同于产水品质的水从中空纤维膜丝的产水侧反向输向进水侧，松动并冲走膜表面的污染物
正洗 Forward Flush	利用超滤进水泵把进水从中空纤维膜的进水侧进入，从浓水侧排出，进一步冲洗膜表面的污染物
化学加强反洗 Chemical Enhanced Backwash	在反洗水中加入具有一定浓度和特殊效果的化学药剂，通过浸泡、气擦洗等方式，将膜表面的污染物清洗下来的方式
化学清洗 Cleaning In Place	简称 CIP，即用配置好的酸、碱或杀菌剂化学药剂从进水侧进入中空纤维膜，从浓水侧和产水侧循环回流到清洗水箱进行清洗的方式，将膜表面的污染物有效去除
回收率 Recovery	产水占原水的百分比
浓水排放过滤 Concentrate Bleed	将膜截留的物质从膜组件浓水口排放掉，防止被截留的物质在膜进水侧发生积累
错流过滤 Cross Flow	进水沿平行于膜面方向流动，有助于冲刷膜表面的污染物

14-2 陶氏超滤膜温度校正系数

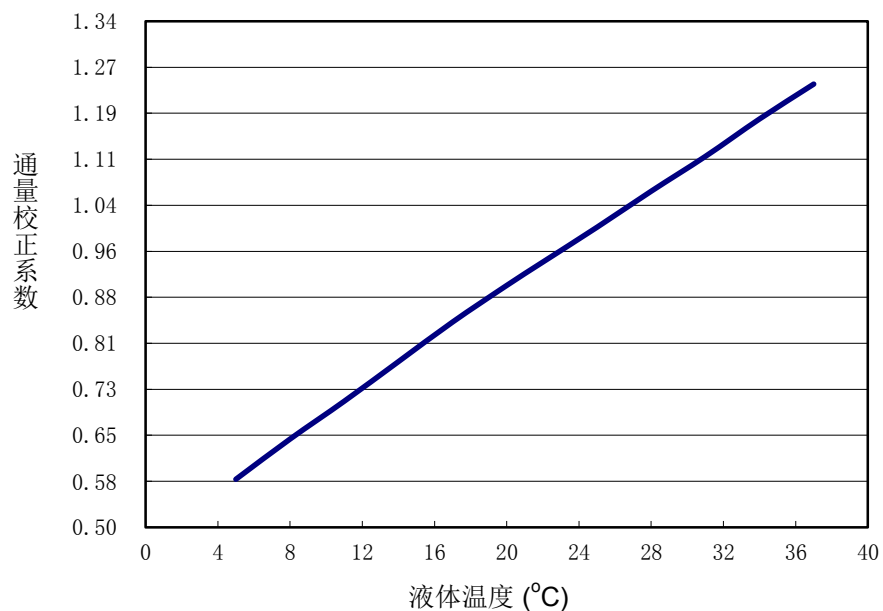


图 14-1 DOW™ 超滤膜通量随温度的变化曲线

备注：图中以液体温度为 25°C 为基准设定校正系数为 1，按实际温度从表中读出校正系数，那么此时
标准化通量 = 此温度下的通量 / 校正系数

14-3 陶氏超滤膜组件膜丝修补程序说明

工具

您将需要具备以下工具和条件来完成补漏：

- 检漏堵头*
- 供气装置*
- 无油压缩空气（推荐压力等级：3.0 bar，或 44 psi）
- Loctite 406 胶水*
- 修补针*
- 个人防护装置（手套、安全眼睛等）
- 刀子或斜咀钳

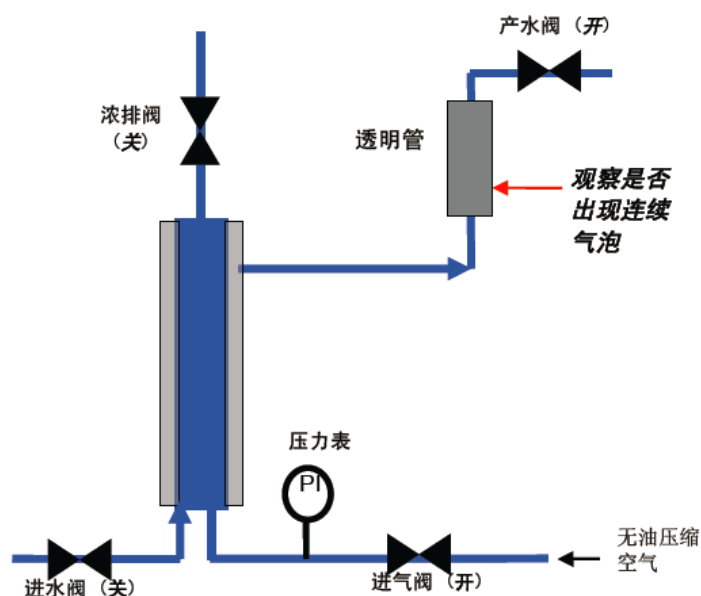
* 陶氏提供的 DOW™ Ultrafiltration 膜丝修补工具包含有这些工具

第一步：完整性测试 (见图-1)

请按照您的工程公司认为合适的方法找到和确认出现漏点的膜组件。比如，可以在装置上采用保压试验加上透明管的方法找出出现漏点的膜组件。本说明以采用透明管的气泡测试法为例加以说明。

1. 将膜组件调至非过滤状态。
2. 将膜组件进水端的水排空。
3. 关闭进水侧、浓水侧排水阀门，保持产水侧的透明管排水畅通。测试过程需注意将被测试装置与处于工作状态的其他装置隔离。
4. 从进气口通入无油压缩空气，给膜组件水已排空的一侧加压，将压力缓缓增至 1.5 bar（21 psi）。少量之前未排空的水会从产水侧流出。
5. 如果透明管中出现大的、连续的气泡，则该膜组件内有漏点。较小的、偶尔出现的气泡则是气体透过超滤膜膜丝孔扩散的结果。如果确定膜组件有漏点，请进入第二步。

图 14-1. 完整性测试



第二步：膜丝修补

请参照膜丝修补工具包中的演示录像。

在这一步中，检漏堵头、修补针和胶水被用来对漏点作定位和修补。

1. 将膜组件进水端的水排空。
2. 卸下顶部端盖，底部端盖不动。
3. 关掉各个阀门，将其他开口密封，实现膜组件隔离，为修补做准备。
4. 将定位块、夹紧螺母和堵块依次放入浓水中心管中，最后拧上夹紧螺栓。[定位块、夹紧螺母、堵块和夹紧螺栓都包含在检漏堵头组合件里。]
5. 连接供气管路。
6. 将无油压缩空气通入膜组件，缓缓将膜组件压力升至 1.5 bar（或 21psi）。
7. 为了找到漏点，引水源冲淋膜丝的产水端面。
8. 随着压力升高，在有漏点的位置应该会出现连续的气泡。用修补针在漏点位置做标记。
9. 继续供气和供水，直至所有漏点被找到并标出。
10. 通过泄压阀给膜组件泄压。
11. 如漏点位于靠近检漏堵头的位置，将检漏堵头卸下，给补漏留出空间。
12. 另取一根修补针，在针头处蘸上胶水，并用它迅速替换之前用于标记的修补针。将修补针紧紧插入有漏点的膜丝中。等 5 分钟，然后用刀子或斜咀钳将多余部分去掉。对所有漏点作类似处理。
13. 重复第二步中的 4 - 8，直至所有漏点都被补好。
14. 作为收尾工作，为膜组件泄压，取出检漏堵头，重新装上顶部端盖，卸下密封件，将阀门恢复至操作位置。现在，您已经将 DOW™ Ultrafiltration 膜组件成功地修补好了！

注释 - 检漏堵头

检漏堵头的安装和操作会影响该工具的使用效果，并有可能导致有限质保条款失效。请在放置各部件时特别小心放平，确保不出现斜放的情况。放置歪斜可能导致工具不必要的损耗。不要在压力大于 1.5 bar（或 21 psi）的情况下操作该工具。如果不按照本文件中确定的操作规程来安装和操作检漏堵头，检漏堵头有可能因此出故障、给操作工人带来危险或在过高的压力下弹出而损坏膜组件。

有限质保

如果有关 DOW™ Ultrafiltration 膜组件的各种限制条件和使用指南等未被严格遵守，有限质保条款可能因此失效。详情请参见 DOW™ Ultrafiltration 膜组件有限质保条款。

14-4 常见问题解答

1. 如何区分预处理超滤膜组件和饮用水超滤膜组件？

SFX 的 X 代表不同用途的超滤膜组件，P 表示预处理；D 表示饮用水处理。

比如：SFP-2860 表示预处理超滤膜组件；SFD-2860 表示饮用水处理超滤膜组件。

2. 陶氏化学超滤可以去除多少浊度？

在推荐的设计和操作条件下，超滤产水可以期望达到浊度 $<0.1\text{NTU}$ （95%时间），和 $\text{SDI}<2.5$ （90%时间）。

3. 陶氏化学超滤膜组件使用寿命多长？

超滤膜组件使用寿命和进水水源、预处理、清洗频率、系统设计以及操作条件相关。正常使用寿命 3-5 年。

4. 陶氏化学超滤膜丝是什么材料？

亲水改性 PVDF 材料，具有优异的化学稳定性，其氧化性化学药品耐受性是 PES 和 PS 的 10 倍。

经过亲水改性的材料具有更高的水渗透性能和更佳的抗有机物污染，更容易清洗和恢复。

5. 陶氏化学超滤膜组件外壳是什么材料？

UPVC 材料

6. 陶氏化学超滤膜组件使用什么膜丝？

陶氏化学超滤膜组件由高强度中空纤维膜构成，具有以下出色的特征及优点：

- $0.03\ \mu\text{m}$ 的公称孔径，可有效去除细菌、病毒以及包括胶体在内的颗粒，以保护下游反渗透膜
- PVDF 中空纤维具有高强度和良好的抗化学腐蚀能力，从而延长膜的使用寿命
- 亲水改性 PVDF 纤维易于清洗和湿润，有助于长期保持性能稳定
- 外压式结构，容许更宽泛的进水悬浮固体含量，从而减少预处理工艺
- U-PVC 外壳, 无需昂贵的压力容器

陶氏化学超滤中空纤维膜丝规格为 1.3mm 外径 $\times 0.7\text{mm}$ 内径，具有高的机械强度和化学稳定性，耐受最高温度 40 摄氏度。

陶氏化学超滤膜 $0.03\ \mu\text{m}$ 过滤孔径，确保实现高过滤精度和渗透性能，高精度的过滤孔径同时确保长期稳定的过滤性能。

7. 陶氏化学超滤膜组件是否获得国际饮用水标准认证（美国 NSF61）？

以下陶氏超滤膜组件已获得美国 NSF61 认证

膜组件型号	膜组件编号
SFD-2660	324166
SFD-2680	324167

SFD-2860	324168
SFD-2880	324169

8. 陶氏化学超滤膜推荐何运行工艺？

陶氏化学超滤膜运行工艺敬请参阅技术手册相关章节，其运行工艺包括：

启动

- 启动前检查
- 启动
- 正洗

完整性检测

- 气泡法
- 压力保持法

停机

- 手动停机
- 自动停机
- 长期停机

运行和清洗记录

9. 陶氏化学超滤膜推荐进水水质？

陶氏化学超滤膜的设计是基于如下表中所示的合格进水条件。超滤膜可以短时间内承受最大允许进水水质。如果进水水质超出推荐的设计基准范围之外，建议进行中试试验以确认运行性能，或考虑适当的预处理。如果设计和运行的进水水质在推荐范围之内，但不能保持稳定，请与我们联系。

参数	单位	设计基准	最大容许
浊度	NTU	<50	300
TOC	mg/l	<10	40
颗粒尺寸	µm	<150	300
COD _{Mn}	mg/l	<20	60
油脂	mg/l	0	< 2
pH 范围		6-9	2-11
温度	°C	25	40
进水压力	bar	3	6

跨膜压差 TMP	bar	0.2	2.1
Cl ₂ 连续投加	mg/l	0.5	200
TSS	mg/l	50	100

推荐考虑 150 微米或者更精密的超滤前置保安过滤器，自清洗网式过滤器、袋式、筒式或叠片式过滤器都可以使用。根据不同的水源和水质情况，推荐考虑合适的预处理工艺，比如氧化、混凝、沉淀和介质过滤等。

10. 如何进行陶氏化学超滤膜清洗？

超滤膜推荐清洗操作参数如下表

反洗频率		每 20 - 60 分钟（根据水源或中试结果确定）
反洗持续时间		40 - 120 秒
反洗通量		100 - 150 l/m ² ·h (60 - 90 gfd)
气擦洗	最大进气压力	2.5 bar (36 psi)
	气擦洗强度	5 - 12 Nm ³ /h (3 - 7 scfm)每支膜
	气擦洗时间	每次 20 - 60 秒
	气擦洗进气压力	≤ 1.0 bar (14 psi)
	气源要求	无油压缩空气
化学加强反洗 CEB	频率	一般按每 24 小时 1 次，根据试验结果确定
	持续时间	5 - 20 分钟，根据具体水源确定
	药剂	酸洗：0.1% 盐酸, 2% 柠檬酸, 2% 草酸 (pH 2) 碱洗：0.1% NaOCl, 0.05% NaOH (pH 12)
化学清洗 CIP	频率	初始跨膜压差 TMP 升高 1.0bar（相同温度下），或者标准化产水流量降低 20-30%
	持续时间	120 分钟，根据污染情况确定
	药剂	酸洗：0.2% 盐酸, 2% 柠檬酸, 2% 草酸 (pH 2) 碱洗：0.1%NaOH +0.2% NaOCl (pH 12)
	清洗流量	1.0 - 2.0 m ³ /h (6.6 - 8.8 gpm)每支膜
	清洗液温度	10 - 40 °C (34 - 104 °F)

污染

常见的超滤污染有颗粒、生物、无机和有机污染四种：

颗粒污染由悬浮固体，胶体和浊度引起，可以通过混凝、沉淀、澄清和介质过滤降低。常见的颗粒污染清洗方法是空气擦洗和水反洗。

生物污染由微生物滋生引起，可以通过使用在线投加氯或者杀菌剂，或者通过使用粉末和颗粒活性炭或混凝来去除微生物所需的营养素的方法来减少。常见的生物污染清洗方法是采用氧化剂或杀菌剂（氯气，过氧化氢，SBS）进行化学加强反洗（CEB）。

无机污染由在超滤膜形成的无机垢引起，可以通过预处理来去除，比如氧化、沉淀和过滤，或者在某些情况下，使用低硬水进行碱式化学加强反洗。常见的无机污染清洗方法是在 pH 2 下进行化学加强反洗（盐酸，硫酸，柠檬酸，草酸）。

有机污染有超滤膜吸附有机物引起，比如淤泥、有机酸和腐殖质等，可以通过使用粉末和颗粒活性炭或混凝来减少。常见的有机污染清洗方法是在 pH 12 下进行化学加强反洗（NaOH）。

11. 陶氏化学超滤膜组件保存期多长？

1 年，未开封的新膜组件在推荐的存放条件下。

12. 陶氏化学超滤膜组件压力和温度等级？

温度 (°C)	最大压力 (bar)
<20.0	6.3
<25.0	6.0
<30.0	5.8
<35.0	5.3
<40.0	4.8

14-5 陶氏超滤膜组件SFP-2860(XP)和SFP-2880(XP)安装指导说明图

Ultrafiltration

FILE NAME: INSTALLATION DRAWING / GEC-AS-UF-0003

图1, 安装图

安装说明:

- 安装底座 (1); 在机架上依照图 2 钻直径 10mm 孔四个, 使用 M8 的螺栓 (2) (客户提供) 固定在机架 (3) (客户提供) 上, 螺栓长度取决于机架钢管设计。
- 安装垫块 (4); 在机架上依照图 3 钻直径 7mm 的孔两个, 用橡皮榔头将组件垫块底部敲入孔中完成安装。
- 安装带箍 (5); 依照图 3 在机架上打直径 10mm 孔两个, 采用带箍自带螺栓 (6) (M8, 长度 90mm DOW 提供) 固定带箍的一端, 待安装完成后固定另一端。
- 在出口 1、2 和 3 处, 去除卡箱堵头 (7), 竖直接置组件, 使组件内保护液排空; 保存卡箱堵头以备将来使用。
- 将膜组件 (8) 安装在底座上, 轴向旋转膜组件以确定组件与底座接触完好。
- 安装顶盖 (9); 顶盖套在组件顶部, 并契合在组件封头; 该配件为可选配件, 用以增加美观。
- 在出口 1、2 和 3 处, 使用组件卡箱 (10) 及卡箱密封圈 (11) 将组件与安装在管路上的卡箱接头 (12) (客户提供) 连接; 抱箍螺栓固定扭矩 5-10N.m; 卡箱接头长度取决于管路设计。
- 在出口 4 处, 去除堵头 (13), 使用组合垫圈 (14) 将快插接头 (15) 安装在组件底部, 参考图 5; 保存堵头以备将来使用。
- 保持带箍全橡胶面贴于组件, 紧固带箍, 安装完成。

注意:

- 超滤在运输过程及投运之前需要妥善保存; 如果发现保护液泄露请参照 UF DOW™ 超滤手册补充或更换保护液。
- 安装调试超滤组件之前应冲洗前端系统及管路。
- 组件保护液主要成分为 1% 的焦亚硫酸钠, 请根据化学品安全说明书 (MSDS) 要求对安装工人及环境进行必要防护。

图2, 底座安装详图

图3, 垫块及带箍安装详图

图4, 卡箍短管详图

图5, 下封头底部视图

装箱单

序号	名称	数量	单位	代码
1	DOW™超滤	1	支	--
2	快插接头	1	个	SFP.069
3	垫块	1	个	SFP.293
4	带箍	1	个	SFP.117
5	顶盖	1	个	CPY.296
6	底座	1	个	SFP.295
7	带箍螺栓	2	个	CPY.244

辅件清单 (不在供应范围)

序号	名称	数量	单位	型号
1	卡箱短管	3	个	--
2	螺栓	4	个	M8
3	螺母	4	个	M8

TECHNOLOGY PROVIDER: Water & Process Solutions
No. 839 Zhangheng Road
Zhangjiang Hi-Tech Park
Shanghai 201203, P.R.C.
Tel: +86-21-3851-1000

PROJECT TITLE: GENERAL
DRAWING TITLE: SFX-2860,-2880
INSTALLATION DRAWING

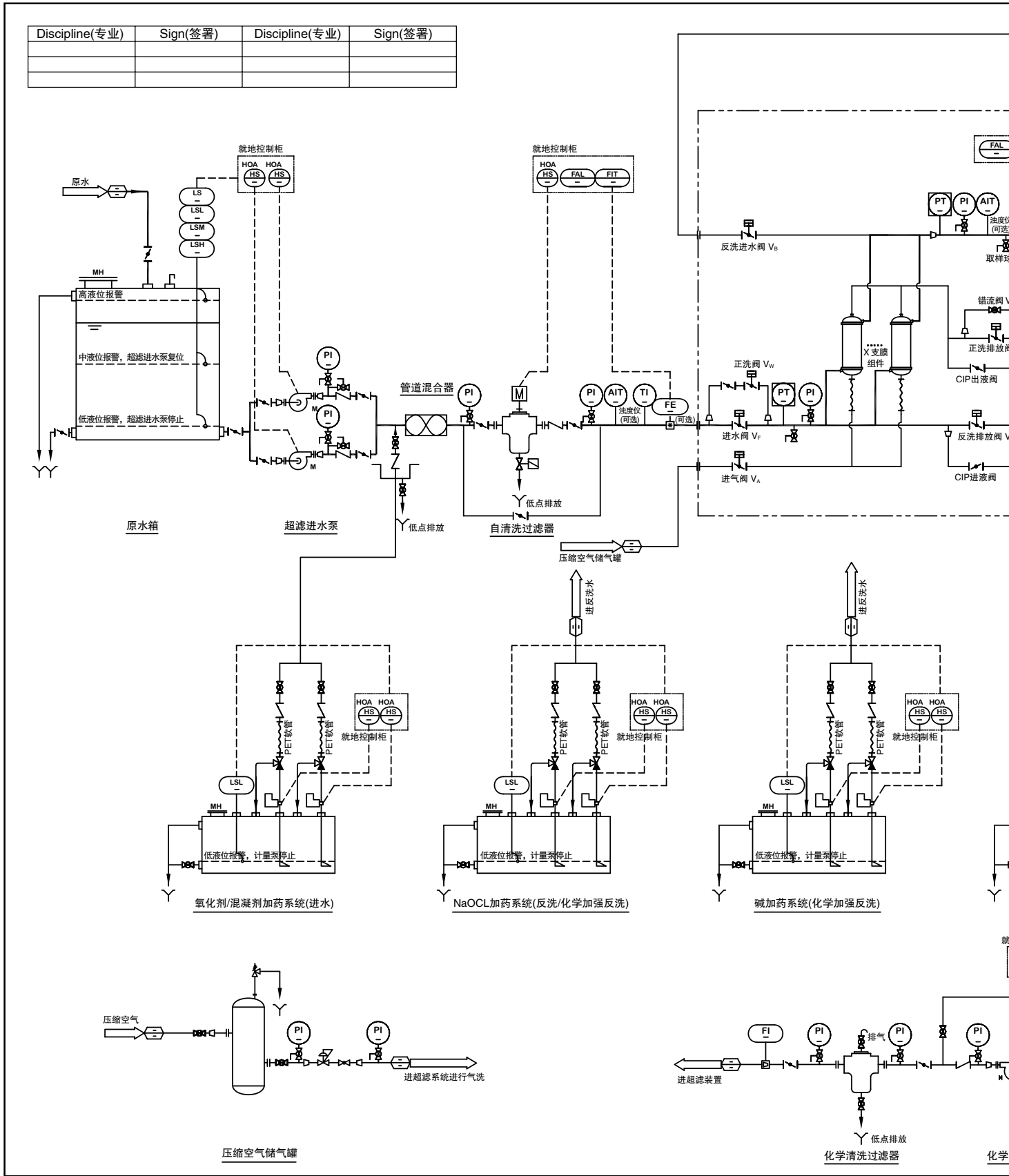
SCALE: N.T.S.

APPROVED BY:	FYW				
CHECKED BY:	TD				
DESIGNED BY:	BW			B	FYW
DRAWING BY:	JC			A	FYW
DRAWING NO.:	GEC-AS-UF-0003	SHEET NO.:	1	REV. NO.:	0
		REV	APPR. BY	DATE	DESCRIPTION

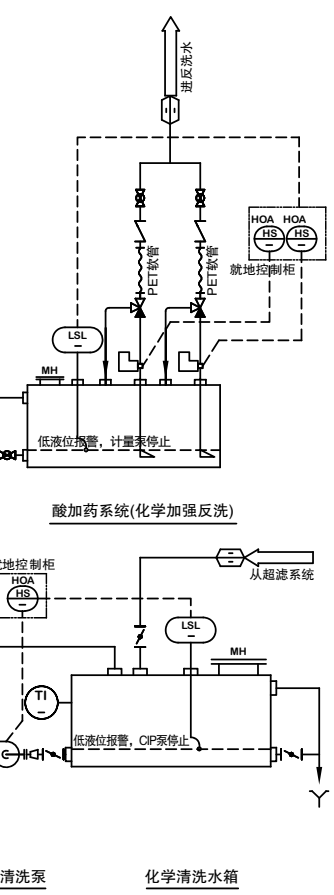
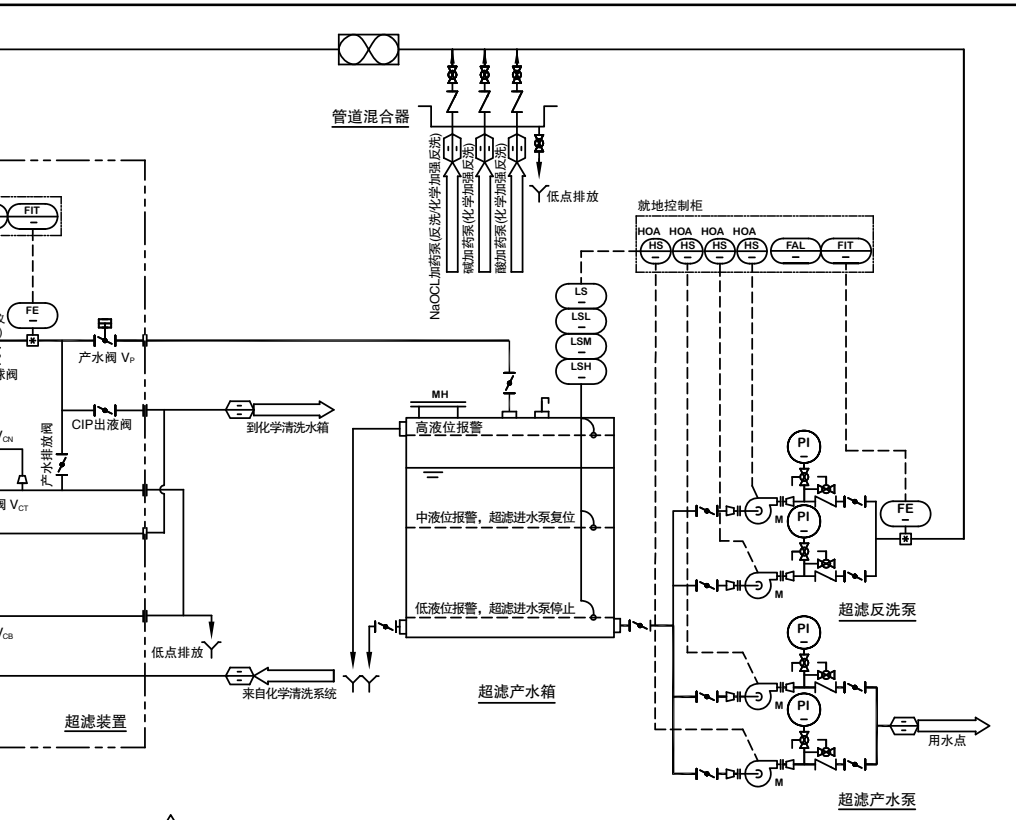
THIS DRAWING IS COPYRIGHT

REUSE OF DOCUMENTS, THIS DOCUMENT, AND THE IDEAS AND DESIGNS INCORPORATED HEREIN, AS AN INSTRUMENT OF PROFESSIONAL SERVICE, IS THE PROPERTY OF DOW WATER & PROCESS SOLUTIONS AND IS NOT TO BE USED, IN WHOLE OR IN PART, FOR ANY OTHER PROJECT WITHOUT THE WRITTEN AUTHORIZATION OF DOW WATER & PROCESS SOLUTIONS.

13-6 陶氏超滤系统通用 P&IDs 图



仅供参考



5	
4	2008-7-30 FOURTH VERSION
3	2008-7-22 THIRD VERSION
2	2008-7-11 SECOND VERSION
1	2008-6-4 FIRST VERSION
Date	Issued For
BUILDING OWNER/DEVELOPER	

CONTRACTOR:



Water & Process Solutions

符号表	
符号	名称
	主管路
	辅助管路
	软管
	电信号
	设备
	离心泵
	计量泵
	止回阀
	球阀
	碟阀
	截止阀
	减压阀
	安全阀
	气动碟阀
	三向止回阀
	转子型流量表
	浮子型流量表
LS	液位开关
PI	压力表
PT	压力变送器
FE	流量元件
FI	流量指示
FIT	流量变送器
TI	温度计
AIT	分析仪

Project Title	
Project No:	
Project Manager	项目经理
Chief Designer	总设计师
Project Arch/Engr	项目建筑工程师
Designed	设计
Drawn	制图
Checked	校核
Approved	批准
Scale	比例
图纸名称	陶氏超滤膜系统通用 P&IDs 图
Sheet Title	DOW™ UF System General P&ID
Drawing Number 图号	



工程现场超滤集成装置照片



如需获取有关 Ultrafiltration 超滤膜产品的
更多信息，请联系陶氏水处理及过程解决
方案业务部：
产品信息中心：
免费咨询电话：800-77767776（英文）
400-889-0789（仅限中国地区）
付费咨询电话：(8621) 38514988

上海

电话：(8621) 3851 1000
传真：(8621) 5895 1818

香港

电话：(852) 2879 7333
传真：(852) 2827 7860

北京

电话：(8610) 8527 9199
传真：(8610) 8527 9299

台湾

电话：(8862) 2771 8000
传真：(8862) 2776 5252

广州

电话：(8610) 3813 0600
传真：(8610) 3839 6551

成都

电话：(8628) 8292 6688
传真：(8628) 6511 2720

www.dowwaterandprocess.com

注意：任何人不得推定其在本文件下有使用陶氏和其他人所拥有的专利的自由。由于使用条件和适用法规可能因地因时而异，顾客有责任确定本文件里的产品和产品信息是否适合其使用，并确保自己的工作场地和处理产品的方式符合可适用的法律和其它政府法规。陶氏对本文件中的信息不承担任何义务或责任；也未提供任何保证。所有关于产品的可售性或对某一特殊用途的可适用性的默示保证均在此明确地予以排除。

2016年5月

©™陶氏化学公司或其关联公司的商标

© 2014陶氏化学公司版权所有，保留所有权利