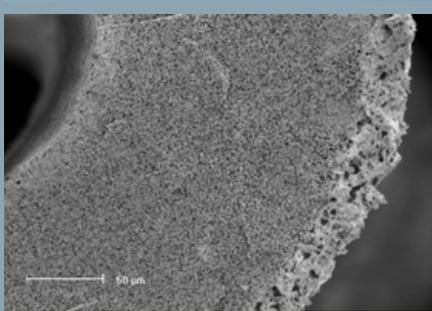
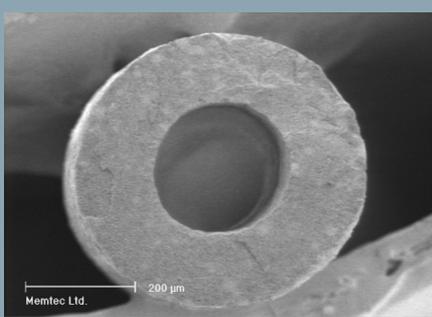


# 西门子压力式超滤膜

技术手册





第一章	西门子 Memcor 子公司概况 .....	1
	前言 .....	1
	Memcor 公司的历史发展 .....	2
	Memcor 的全球制造中心 .....	3
	人员概况 .....	3
	Memcor 的产品及服务 .....	4
第二章	西门子 Memcor 压力式膜系统常用术语表 .....	5
第三章	西门子 Memcor 压力式膜产品分类及命名规则 .....	7
	3.1 压力式膜的分类 .....	7
	3.2 膜系统命名规则 .....	8
第四章	西门子 Memcor 膜产品的技术规范 .....	9
第五章	西门子 Memcor 膜产品的设计通量选择导则 .....	11
第六章	压力式超滤 (CP) 系统的典型组成、基本工艺 .....	13
	6.1 CP 膜系统的典型组成 .....	14
	6.2 CP 膜系统的基本工艺 .....	18
	6.3 CP 膜系统的专利反洗工艺 .....	23
第七章	压力式超滤 (CP) 系统的关键设计参数 .....	27
第八章	压力式超滤 (CP) 系统的特点和优势 .....	29
	8.1 L20V 膜材料的特点及优势 .....	29
	8.2 L20V 膜组件设计的特点 .....	30
	8.3 完整的膜堆设计理念 .....	31
	8.4 CP 膜系统工艺的优化 .....	32
第九章	压力式超滤 (CP) 系统的设计 .....	33
	9.1 客户需提供的资料 .....	33
	9.2 选择设计通量 .....	35
	9.3 计算方案的阅读 .....	35
	9.4 辅助设备的计算 .....	40
	9.5 项目设计和实施所需的关键辅助资料 .....	42
第十章	压力式超滤 (CP) 系统的调试和运行 .....	45
第十一章	压力式超滤 (CP) 系统的安装、拆卸、维护及常用工具 .....	47
第十二章	压力式超滤 (CP) 膜堆的装卸、运输和贮存 .....	49
第十三章	附件 .....	51
	附件一项目基本信息表 .....	52
	附件二 常见英语缩写含义 .....	54
	附件三 CP36L20V-CP120L20V 单端连接膜堆尺寸图 .....	55

关于本手册的声明：本手册提供的信息只是作为膜系统设计人员的辅助参考之用。西门子公司对使用本手册内部的信息得到的结果或引起的损坏不承担任何责任。此处所附的所有数据不包含任何明示或暗示的质保。



# 第一章 西门子 Memcor 子公司概况

## 前言

Memcor 公司是西门子水技术公司的一部分。近 30 年来，一直致压于超滤膜技术和膜工艺在饮用水处理、工业工艺用水、废水回用以及海水淡化等方面的开发及应用。

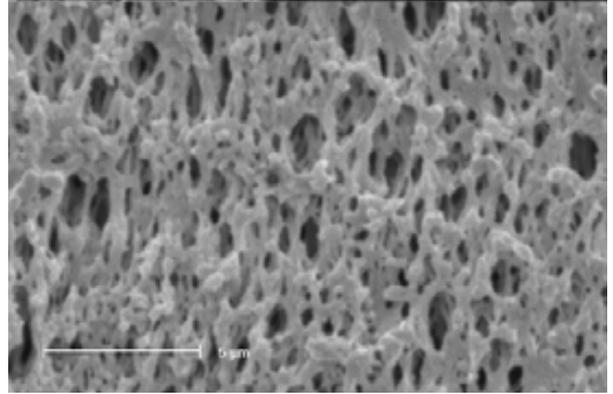
Memcor 在全球安装的膜设备处理能压高达 450 万吨 / 天，大量的应用业绩充分证明了 Memcor 超滤膜的长期可靠性。Memcor 凭借其在工程和研发方面的领先地位，再加上其在全球膜市场方面的广泛经验，能够确保将项目执行所有环节的风险降到最小。Memcor 与公用事业公司、工程公司及施工集团的长期合作也证明了这一点。

Memcor 的经验和能压通过其执行过的项目总容量，可得到充分证明。其在各关键应用方面的统计如下：

- 水处理方面的运行总容量 >4,000 ML/day
- 三级废水处理方面的运行总容量 >1,000 ML/day
- 已安装的压力式膜系统 >2,500 ML/day
- 已安装的浸没式膜系统 ( 包括 MBR ) >2,000 ML/day
- 订单总容量 >800 ML/day

## Memcor 公司的历史发展

- Memcor 原名 Memtec。Memtec 有限公司最早创立于 1984 年，是 Baxter Travenol Laboratories 美国公司的股东。公司的核心技术是在 20 世纪 70 年代来自澳大利亚新南威尔士大学的膜研究中心。
- 1983 年 10 月，Memtec 有限公司收购了 Baxter Travenol 的膜技术。Memtec 公司组建后，由资深经理人和科学家（主要来自美国医疗服务公司）组成的团队，对膜技术展开了广泛的研发工作。
- 随之 Memtec 开发出了独特的自清洗中空纤维微滤技术（即著名的连续微滤技术，也叫 CMF）。与过去的膜过滤工艺相比，该 CMF 技术更适合于工业应用。Memtec 从此正式成立。
- 1984 年 Memtec 在澳大利亚股票交易所上市，紧接着在三个关键市场（纯净水、食品净化和废水处理）上快速建立了中试系统。通过澳大利亚的客户应用证明了技术可行之后，Memtec 进入了北美和欧洲市场。在注入启动资金后，建立起了联合公司，Memtec 美国分公司和 Memtec 欧洲分公司。这些分公司能够提供需要的制造、营销及供货渠道服务，快速建立北美及欧洲的市场份额。
- 1987 年 10 月，Memtec 在股东支持下，完成剩余股份的收购。这使得 Memtec 能够兼并北美和欧洲的销售体系，更有利于业务的发展。
- 1997 年，Memtec 被 US Filter 收购。公司从此更名为 Memcor。2000 年，US Filter 被 Vivendi 集团（即现在著名的 Veolia 环境公司）收购。
- 2004 年，US Filter 被 Siemens 公司全资收购。2005 年，US Filter 技术公司并入西门子水技术公司。



## Memcor 的全球制造中心

Memcor 集制造、研发、工程设计于一体的全球中心位于澳大利亚悉尼市郊的温莎。温莎工厂占地约 3 公顷，由两栋主建筑组成。一栋 9700 平米，主要用于膜丝及膜元件的制造。另一栋 3300 平米，主要用于滑架及辅助设备的组装。自 1989 年以来，Memcor 公司就通过了 ISO9001 质量认证。最近再次通过了最新的 ISO9001-2000 质量保证体系的认证。



## 人员概况

Memcor（澳大利亚）在温莎工厂总共拥有约 200 位员工。其中，40 多位是直接参与 Memcor 膜和系统研发的科学家或研究员，100 多位集中在膜及系统制造方面，其他人员则负责工程设计、客户支持和服务。

研发中心专注于开发新型膜和组件、削减现有系统的成本，同时也可为内、外客户提供技术支持。项目设计执行的过程中，研发小组负责协调工艺、机械及电气工程师的工作。

### 总雇员数量：

西门子水技术公司全球 – 6,200 人

Memcor 公司全球 – 500 人

Memcor 澳大利亚 – 200 人

### 全球市场划分：

北美 / 拉丁美洲市场

亚洲太平洋市场

英国 / 欧洲 / 中东市场

## Memcor 的产品及服务

Memcor 是中空纤维膜过滤系统设计及制造方面的先驱。膜过滤作为一种分离工艺，能够提供绝对的物理屏障，去除比膜孔大的污染物。膜过滤允许清水透过膜面，膜面则去除污染物。Memcor 的膜系统作为全球最先进的技术，广泛用于世界各地的饮用水过滤、工业用水的处理、废水回用等方面。

Memcor 是世界上唯一能够提供 PP（聚丙烯）和 PVDF（聚偏氟乙烯）两种膜材料的膜制造商，也是最早能够提供压力式、浸没式和膜生物反应器的膜供应商，既能生产超滤，又能生产微滤。

### 膜过滤系统：

- 压力式：XP & CP
- 浸没式：XS & CS
- 膜生物反应器：MBR

### 适合的应用市场：

- 市政水处理
- 废水回用
- RO 的预处理
- 工业废水处理
- 工业补给水处理

由于 Memcor 的膜技术在饮用水、废水回用、RO 预处理、工艺用水、海水淡化方面创造了广泛的全球业绩，积累了宝贵的经验，所以选择 MEMCOR 的膜技术和产品，总能为您找到理想的解决方案。



## 第二章 西门子 Memcor 压力式膜系统 常用术语表

中文	英文	解释说明
给水	Feed	送到膜过滤装置入口的进水。
产水 / 滤出液	Filtrate	过滤工艺出来的最后产品，即从膜元件产水口出来的液体。
进水侧	Shell Side	膜装置内给水接触的这一侧，包括膜丝外侧及进水管道的。
产水侧	Filtrate Side	膜系统内，产品水接触的部分，包括膜丝内腔和产水管道。
膜丝产水侧	Lumen	外压式中空纤维膜丝内侧的空腔。
通量	Flux	单位时间内在单位膜面积上的产水量，典型地表示为 L/m <sup>2</sup> /h (缩写 LMH)。
透膜压差	TMP = Transmembrane Pressure	膜系统进水侧和产水侧横跨膜的压力差称为透膜压差。它反映了水透过滤膜及膜面累积污染物的阻力。阻力增大时，透膜压差相应地增大。
透水率	Permeability	膜系统在单位 TMP、单位时间、单位膜面积上的产水量，典型地表示为 L/m <sup>2</sup> /h/Bar (缩写 LMH/Bar)。
回收率	Recovery	膜过滤系统中，产水量与总进水量的百分比。
滤饼	Filter Cake	膜面上累积的污染物。
反洗	Backwash	膜过滤工艺过程中，去掉膜面累积污染物的一种方法，通常与制水方向相反。
反洗曝气	Aeration / Air Scour	低压空气擦洗工艺，用于将膜丝进水侧的附着污染物剥离下来。
维护性清洗	Maintenance Wash(MW)	是一种简单、短时的清洗方法。该方法采用低浓度的化学药品进行清洗，即可增强膜系统的性能。
就地化学清洗	CIP= Clean-In-Place	是一种全面彻底的恢复性化学清洗，这种方法无需拆卸整个系统就能将膜元件和管道洗干净。
泡点	Bubble Point	是膜的一种特性。定义为膜丝内外两侧的一种临界空气压差。即在该压差下，压缩空气刚好能克服膜面张力，透过膜孔，到达另一侧。
孔径	Pore Size	通常是指膜断面结构内任意通道的最小部分的等效直径。
膜孔	Pores	膜功能层内允许液体穿过的微细通道。
封胶	Pot	中空纤维膜元件上下两头的密封口，用于将给水和产水分隔开来。
完整性测试	Integrity Test	用于衡量膜系统对颗粒物去除效率的方法。典型的测试系统包括膜元件、密封、阀门及管道等。
压力衰减试验	PDT=Pressure Decay Test	基于泡点原理的完整性测试。这个试验通过测量膜系统产水侧的气压衰减速率，可测量膜去除颗粒物的能力。有时也叫压力保持试验。
泄漏试验	Leak Test	一种类似于 PDT (压力衰减试验) 测试的完整性试验。主要通过观察气泡出现，定位完整性有疑点的地方。比如：阀门泄漏、密封疲劳、膜丝破损等。

中文	英文	解释说明
声纳测试	Sonic Test	一种和 PDT 相似的完整性测试。主要通过探测膜装置内的气泡声音，定位完整性有疑点的地方。比如：检查阀门泄漏、密封疲劳、膜丝破损等。
针补	Pin Repair	Memcor 提供的一种在专用测试容器内测试和修补膜元件的方法。尼龙针可用于封堵密封胶部位单根膜丝的开口。
辅助设备	Ancillaries	膜工艺需要的除了膜装置以外的其他相关设备的总称。辅助设备典型地包括：给水系统、产水系统、反洗系统、压缩空气供应系统、清洗系统、废液处理系统等等。
预过滤	Pre-Screen	置于膜系统上游的一种粗孔径过滤器，用于截留可能堵塞或破坏膜的杂质。
筛网	Screen	Memcor 膜元件外部，包含并支撑内部中空纤维丝的一张塑料保护网。保护网的两端通过密封胶固定。
CP 装置	CP Unit	一种外压式膜过滤装置，是 Memcor 生产的。通常由 1-3 个膜堆组成 1 列，不含给水泵。
膜元件	Module	是膜过滤系统的核心过滤部件，由数千至上万根膜丝封装而成，也是可更换的最小单元。
膜壳	Module Housing	用于装填单支膜元件的压力容器叫膜壳。膜壳是可拆卸的，以方便进入内部检修。
中心套管	Centretube	Memcor 专用的尼龙部件，是压力式外壳中部容纳膜元件的一段管子。
膜壳袖套	Outer Sleeve	Memcor 专用的尼龙部件，通过螺纹将外壳和膜端头固定在一起。
膜排	Module Bank	6 支膜组件连成一排就组成一个膜排。
膜堆	Module Array	多个膜排通过两端管道连接起来就组成了膜堆。可见膜堆是由膜元件、膜壳、端盖及密封部件等组成的完整的阵列。该阵列带进气口、进水口、出水口及悬挂钩等。
膜列	Train	两个或多个膜堆并联组成的可共享辅助设备的系统称为一个膜列。
端盖	End Manifold	Memcor 专用的尼龙部件，组装在每个压力式膜排的两端。通过端盖，可将膜排连接成膜堆。根据内部连接口的不同，端盖可分为进水端盖和产水端盖。
空气母管	Air Manifold	用于向膜堆供曝气空气的总管，通常含有多个支管接口。
曝气软管	Aeration Hose	用于向压力式膜堆提供曝气空气的柔性软管。
产水夹子	Filtrate Clip	Memcor 专用的尼龙部件，在外压式膜系统的膜壳内，用于支持产水盖帽，起均匀布水布气作用。
产水盖帽	Filtrate Cup	Memcor 专用的尼龙部件，装在压力式膜元件两端，用于收集膜元件的产水，并将其送到端盖的产水口。
产水总母管	Filtrate Header	压力式膜系统中，各支膜的产品水最后汇集的输送管道。
产水隔离阀	Filtrate Isolation Valve	压力式膜系统具有的内置阀门，用于产水不合格的情况下，将其与产水母管切断，避免发生污染。

# 第三章 西门子 Memcor 压力式膜产品分类及命名规则

本章将介绍有关西门子 Memcor 压力式膜产品分类、命名。

## 3.1 压力式膜的分类

西门子压力式超滤膜系统按照供货方式及膜元件数量的不同，可分为 CP、XP、XPE 三大类。如下图所示。



每一类外压式膜系统可装填膜元件的数量及类型，参考下表。其中，CP 是我们目前在中国市场的主打产品之一，以完整的膜堆型式供货，不带辅助设备。XP 是小型成套设备，带有控制系统和部分辅助设备；XP-E 是经济型的小型成套设备，带有简单的控制系统和辅助设备，相对 XP 而言比较经济。

产品分类	膜元件数量，支	膜元件类型
CP960	960	L20V
CP240	126-240	L20V
CP120	36-120	L20V
XP	3-24	L10V
XP-E	4-12	L10V

CP 系列超滤膜堆是以 6-20 排不等数量的膜排组成的，每个膜排由 6 支标准的 L20V 膜元件及外壳组成，如右图所示。



CP 标准膜堆的有关参数如下表所示。

膜堆型号	膜元件数量, 支	膜排数量, 排	运输重量, kg	运行重量, kg	外形尺寸, mm (长 X 宽 X 高)	安装挂点数量, 个
CP36	36	6	1080	2040	1300X1747X2523	5 X 2
CP42	42	7	1260	2380	1484X1747X2523	6 X 2
CP48	48	8	1440	2720	1668X1747X2523	7 X 2
CP54	54	9	1620	3060	1852X1747X2523	8 X 2
CP60	60	10	1800	3400	2036X1747X2523	9 X 2
CP66	66	11	1980	3740	2220X1747X2523	10 X 2
CP72	72	12	2160	4080	2404X1747X2523	11 X 2
CP78	78	13	2340	4420	2588X1747X2523	12 X 2
CP84	84	14	2520	4760	2772X1747X2523	13 X 2
CP90	90	15	2700	5100	2956X1747X2523	14 X 2
CP96	96	16	2880	5440	3140X1747X2523	15 X 2
CP102	102	17	3060	5780	3324X1747X2523	16 X 2
CP108	108	18	3240	6120	3508X1747X2523	17 X 2
CP114	114	19	3420	6460	3692X1747X2523	18 X 2
CP120	120	20	3600	6800	3876X1747X2523	19 X 2

### 通用信息

所有 CP 装置具备下述共同特点：

膜元件类型	=	L20V
元件数量 / 膜排	=	6 支
进水口数量	=	2 个 / 膜堆
产水口数量	=	2 个 / 膜堆
给水 / 产水口尺寸	=	150mm
反洗曝气口	=	1 个 / 膜排
膜堆安装方式	=	框架悬挂吊装

## 3.2 膜系统命名规则

压力式的膜组成的大系统有时也叫膜堆。下面解释一下压力式膜堆的习惯命名规则，以 CP120L20V 为例：

**CP 120 L20V**

- 膜元件的型号：L10V、L20V 等。
- 膜元件数量：可能为 36、42、48、...、960。
- 膜元件的类型：CP – 压力式。

# 第四章 西门子 Memcor 膜产品技术规范

## MEMCOR® L20V 膜元件技术规范

### 组件技术规范

参数	单位 (SI)	数值
膜元件运行方式		压力式
典型应用		通用
膜类型		中空纤维
过滤方向		外压式
反洗方压		空气擦洗 + 液体反洗
膜材料		PVDF (聚偏二氟乙烯)
膜元件上的其他材料		聚亚胺酯、聚乙烯、聚酯胺、EPDM
标称膜孔径	μm	0.04
标称有效膜面积	m <sup>2</sup>	38.1
标称元件长度 (全部)	mm	1800
标称元件直径	mm	119
元件湿重	kg	9.0

### 运行技术规范

参数	单位 (SI)	数值
运行温度范围	°C	0 - 40
运行 pH 范围		2 - 10
过滤时典型的最大透膜压差	kPa	150
膜壳最高耐压	kPa	500
最高耐氯浓度	ppm Cl <sub>2</sub>	1000
清洗最大耐氯量	ppm•h	1,000,000 *

\* 连续耐受氯 / 氯胺的残余量，请参考西门子的建议。



# 第五章 西门子 Memcor 膜产品的设计通量选择导则

西门子 L20V 压力式超滤通量选择导则 (20°C) 如下表所示。

Feedwater type 进水类型	Turbidity 浊度	SS 悬浮固体	L20V Design Flux (lmh) L20V 的推荐设计通量		Maximum Recommended TMP 推荐最大 TMP	BW Int. 反洗间隔	CIP Int. 化学清洗周期	MW Int. 维护清洗周期
			Min./ 最小	Max./ 最大				
Unit 单位	NTU	mg/L			kPa	min / 分钟	days / 天	days / 天
Secondary Sewage 二级废水	1-10	1-50	45	50	100	22	30	1
Chlorinated Sewage 带氯二级废水	1-10	1-50	50	60	100	25	30	1
Ultraclear Surface Water 超清地表水	<0.5	<0.2	75	110	150	45	30	2
Clear Surface Water 清澈地表水	0.5-10	1	70	90	150	35	30	2
Turbid Surface Water 浑浊地表水	10 - 100	<100	55	70	120	25	30	1
Clarified Surface Water 澄清地表水	<5	<5	75	105	150	30	30	1
Sea Water 海水	1-40	1-30	55	85	120	30	30	2
Clear Groundwater 清澈地下水	0.1	0.1	75	110	150	30	30	2
Contaminated Groundwater 污染地下水	1-100	0.1-50	75	105	120	30	30	2
Chlorinated Municipal Water 加氯自来水	<1	0.1	105	125	150	30	30	2

注 1: 本导则是基于下述假定提出来的, 即: 膜系统的进水不含 PAM 之类的聚合物、油脂、不兼容的溶剂等危险污染物。否则, 有关通量请咨询西门子公司。

注 2: 上面提供的所有信息只是帮助膜系统设计人员。西门子公司及 Memcor 子公司对使用这些信息所得结果或引起的不良后果不负任何责任。本文件所含数据, 没有任何明示或暗示的质保。

注 3: 西门子公司保留更新、修改本文件的权利, 恕不另行通知。

注 4: 如果进水水质超出上表所列范围, 请咨询西门子公司。



# 第六章 压力式超滤 (CP) 系统的 典型组成、基本工艺

本章将着重介绍西门子外压式超滤的细节情况。众所周知，在膜过滤和膜制造方面，Memcor 凭借其无与伦比的研究经验，持续地开发出技术领先的膜过滤系统，行销世界各地。

MEMCOR® CP 低压膜过滤系统是一种可根据明确的项目要求而进行工程设计、灵活组装的系统。这些装置不仅能提供高质、高效、可靠的给水过滤，而且占地面积小、运行经济。其系统大小可根据项目的容量要求灵活定制。

MEMCOR® CP 低压膜过滤系统典型的部件包括：

- 中空纤维膜过滤元件：典型的是 L20V 型 PVDF 均相超滤膜；
- 膜外壳：是铸模成型的尼龙组件，组装起来后就成为膜过滤元件的压力外壳；
- 膜堆：是由一排或多排相互联结的膜壳组装而成，带有给水、产水和曝气空气的工艺接口；
- 复合端盖：是铸模成型的尼龙组件，可允许成排的膜壳轻松地接入。复合端盖在大型膜堆上非常典型（见后图所示）。
- 给水泵：是从水源抽取给水，并送入膜堆的动力装置。在给水管带压时，则可能不需要给水泵；
- 阀门、仪器仪表和控制系统；
- 框架或滑架，用于安装核心设备。

每一个中空纤维膜过滤组件内含有数千根膜纤维，纤维外环绕塑料筛网加以保护，上下两端用聚亚胺脂封装。封头允许产品水通过所有膜纤维的中空内腔，到达膜堆上下的复合端盖，引导出来。带进气口的复合端盖装配在每排膜壳的底部，可将低压工艺空气送入每支膜元件的底部，反洗时可用于擦洗膜纤维丝的外表面。每支膜元件都是可拆装的过滤单元，可轻松地由装置上拆卸下来，便于维修或更换。

右图照片是带剖面的演示模型，展示了 Memcor 中空纤维膜组件、外壳、产品水截止阀及其他部件的细节。

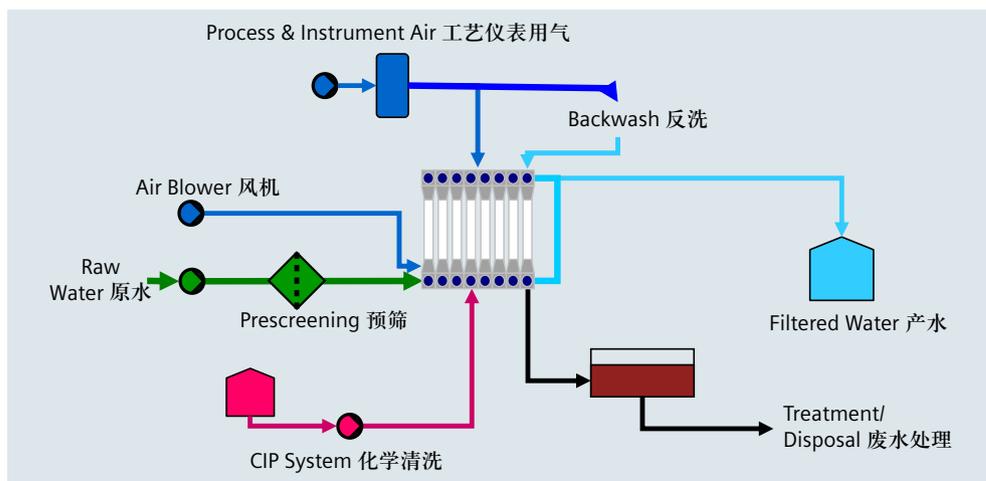
本章主要叙述 CP 系统的组成和运行工艺。有关设计和设备选型的细节参数请参考第 8 章。



## 6.1 CP 膜系统的典型组成

MEMCOR® CP 低压膜过滤装置是膜系统所必备的核心设备。膜装置一旦安装就位，其外部设备就可通过适当的端口与之相联接。

下图所示是一个典型的低压膜过滤系统的组成结构图。系统的每一部分将在后续章节加以说明。



典型的 MEMCOR® CP 膜过滤系统的组成结构图

### 6.1.1 进水系统

原水进入膜装置前必须通过预过滤去除大的固体。膜装置的进水系统通常包括一种或多种原水预处理措施，诸如投加絮凝剂、pH 调节、混凝、澄清、多介质过滤、粗筛等。

典型的做法是，将原水先贮存在给水箱中，而后用泵、或者通过重力作用，将原水送入膜装置。给水箱的液位可用液位开关或者液位变送器进行监控。

典型的进水水质要求包括给水温度大于 0°C (不结冰) 小于 35°C，悬浮固体参考第 5 章的有关限制，pH 值控制 5.5-8.5 之间。其他的有关膜或应用的限制要求也可能适用。进一步的细节请咨询西门子公司。

### 6.1.2 产水系统

产水的流量可以通过给水泵的变频驱动、或者通过管道上的调节阀或柔性流量孔板来加以控制。

MEMCOR® CP 膜过滤装置的产水通常送到就地的产水箱或者直接送到下游设备的给水管道。

反洗时，产水在短时间内反向透过膜丝，将截留的固体从膜组件内冲洗出去。与其他供应商不同的是，为实现反洗目的，MEMCOR® CP 装置在设计时只利用膜装置内产水侧（膜丝内腔、产水端头及产水管道）的存水，而不需要利用外部产水箱贮存的产水。

### 6.1.3 压缩空气系统

气动阀的操作、膜堆在不同工艺阶段的加压或排空都需要使用干净、干燥的压缩空气。进入膜组件的工艺空气必须无油。

典型的压缩空气系统由空气压缩机、冷凝过滤器、压缩空气储罐、减压阀、安全阀、排污阀、管道及阀门等组成。细节可参考 PID 图。

一般推荐使用优质压缩空气过滤器，典型的是弹筒压过滤 / 冷凝器。在大型系统上，推荐使用冷冻空气干燥器。空气润滑器不一定需要。空气贮罐应配备自动排污阀，以便去除凝结水。

在小型 MEMCOR® XP 膜装置上，可以用压缩空气为反洗曝气工艺供气。大型膜系统，则采用单独的风机作为曝气来源，可能更稳定、更经济。

### 6.1.4 风机系统

反洗工艺中，通过膜堆底部的接口系统将低压反洗空气送入膜堆，并均匀分配到每支膜壳内，空气向上流过每支膜元件的纤维束，从而擦洗膜丝。这就是反洗工艺的曝气步骤。

对风机系统要求：一是能够达到设计的空气流量；二是输送压力要达到能克服膜堆内的水静压，将水从配气支管中赶出去，以便空气能顺利进入膜元件底部的目的。

典型地，用于反洗的低压空气都是由一台（单套小型系统）或多台风机提供的（典型的是回转式无油容积鼓风机）。通常当安装了多台风机时，每台风机应该做到能为单次反洗提供足够的空气流量。而且，每次反洗后，下次使用下一台风机，如此轮流使用。

风机系统应该配备必要的空气入口过滤器、出口安全阀、出口手动球阀、进膜自动阀，还有流量计、压力表等仪器仪表。务必注意：流量计量仪器（流量计和 / 或流量变送器）和压力计量仪器（压力表和 / 或压力变送器）一定要装在同一管段上，确保测量的是同一种状态的气体！这样即使风压风量与要求有偏差时，还可以通过计算来调节。出口手动球阀可以起到调节流量的作用，进膜自动阀则用于自动控制，出口安全阀则可以防止憋压。风机系统的细节可参考 P&ID 图。

风机宜采用变频驱动装置，以便启动缓和，减少冲击。并且可以调节风量，降低运行成本。

### 6.1.5 反洗废液处理系统

当反洗程序的产水反洗和曝气步骤执行完后，从膜丝表面剥离下来的固体悬浮物需要从膜的进水侧排放掉。这种“高固体”的反洗废水可通过重力作用或者压缩空气的辅助作用排放到膜堆近旁的低位水池中。排放步骤应该越短越好，因为排放时间越长，系统离线停机时间就越长。根据客户当地的要求，反洗废水可能在排放前或回收前需要进行进一步处理。如果没有明确要求，则可以直接排放地沟，送往综合污水处理站。

### 6.1.6 清洗系统

清洗系统一般由清洗箱、清洗泵、Y型过滤器、溶药搅拌装置、加热器、清洗管道、计量泵、浓药储罐、温度计/流量计等仪器仪表组成，选材要重点考虑防腐需要。特别注意，进、出膜系统的清洗管道及清洗箱要设置取样阀。清洗系统的细节可参考 P&ID 图。

在使用清洗设备之前，操作人员应该配备必要的安全设备，并得到相应的使用培训。具体包括诸如防护服、防护围裙、防护手套、防护面罩、防护眼镜等个人防护设备。化学品处理区域还应包括洗眼器、安全淋浴器等设施。所有化学品的材料安全数据表 (MSDS) 应放在就近位置，方便查阅。

西门子 MEMCOR® CP 膜系统建议配备单独（尽量不要与 RO 共用，避免危险药品对 RO 的潜在伤害）的清洗箱，当系统进入清洗环节时，用于贮存循环的清洗溶液。清洗箱底部设置排污阀。

在小型系统上，清洗过程中，清洗用的浓药品可能通过操作人员手动计量并加入清洗箱中。

在大型系统上，清洗系统应包括药品贮罐、计量泵，以实现浓药液的自动投加。贮罐容积及计量泵的规格取决于每种药品输送量的多少。每台计量泵应该具有标定方式或流量测量仪器，以确保准确地控制清洗液浓度。如果清洗液浓度太低，清洗效果可能不好；如果清洗液浓度太高，既造成药品浪费，又可能损坏设备。大型清洗系统可能需要包括专门的药品卸载区域，或专门为运输设备到贮罐设立的药品输送区。

清洗过程中，一般通过计量泵从贮罐抽取需要的药品量，注入进膜的清洗循环管道上或清洗箱中，并由清洗泵打循环，送入膜系统内部。

有的系统在产水侧清洗循环管道上配备了相应的仪器，可以监测循环清洗液的浓度，检查药品浓度是否在所需的范围内。

西门子 MEMCOR® CP 膜装置的清洗方法建议：清洗液一般只使用一次。这可以防止重复使用清洗液引起的污染物在清洗液中的累积，确保清洗效果。

### 6.1.7 清洗废液处理系统

MEMCOR® CP 膜过滤系统结束清洗后，典型的做法是把用过的清洗液从膜装置及清洗箱中排放到废液处理系统。很多情况下，清洗废液处理系统就是收集反洗废水的同一个系统。有的系统则要求单独的清洗废液处理系统，比如：如果清洗废液要送到上游生化系统去回用，那么清洗废液一定要先行中和，尽量减少对生化系统的危害。

典型的清洗废液处理系统是在进一步处理或排放前中和清洗废液，主要包括中和池、中和泵、阀门及管道、浓药品投加设备、液位信号/pH/余氯仪等检测仪器。因此，可能有必要增加化学药品贮罐的容量和输送设备。为了控制和监测中和工艺，通常也需要配备适当的仪器。中和系统的细节可参考 P&ID 图。

根据客户当地的要求，清洗废液可能在排放前或回收前需要进行进一步处理。如果没有明确要求，则可以直接排放地沟，送往综合污水处理站处理。

### 6.1.8 热水系统

人们发现清洗液加热后可以大幅度提高 MEMCOR® CP 膜系统的清洗效率。

当清洗液温度可能远低于 20°C 时，推荐采用热水系统。热水系统通常是一个带有加热器的热水箱，既可贮存、又可加热清水，用于膜过滤装置的清洗工艺。清洗箱和管道的隔热保温层可以减少这些系统的能量消耗。

热水系统可以单独设置，也可以与清洗系统合二为一。两种方式各有优劣。采用单独设置时，除了清洗外，漂洗也有足够的热水源；与清洗系统合并时，节省空间和箱体设备，但需加强加热器的防腐，漂洗将没有足够的热水源。

加热方法包括浸没式电加热器；或者清洗液循环时对隔热循环管道采用在线跟踪加热，热源可以是电，也可以是蒸汽。需要注意的是蒸汽加热一定要采用面式加热器，混合加热可能引起水质发生二次污染。

热水系统使用的水，最好使用反渗透的产品水。如果不存在二次污染，也可以使用超滤膜系统本身的产品水或者自来水。清洗水源的选择很关键，重要的是避免二次污染。

热水系统应该配备适当的仪器、仪表及控制系统，调节加热，防止高温水与膜过滤组件接触，避免高温破坏。

### 6.1.9 仪器仪表及控制系统

标准的 MEMCOR® CP 膜系统应配备压力变送器、压力表、流量变送器、流量计、温度变送器、温度计、液位开关、在线进水 / 出水水质监测仪器（诸如：浊度计、pH 计、余氯计）等仪器仪表，用于随时监控膜装置的运行。

可编程控制器 (PLC) 可以控制膜过滤系统的所有功能，并能为典型的外部系统提供有限的控制。控制盘和 / 或操作员界面为操作人员提供了监测、控制系统的平台。

膜过滤装置的 PLC 和操作员界面（如果配备了）的操作软件，需要在设备安装就位后，对系统的配置及参数进行进一步优化和调试，而后就能很好运行。

设计的系统控制软件应该通过工艺工程师的检查确认，确保膜装置运行在推荐的限制范围内。如果装置运行超出正常范围，就应该发出报警信号；如果装置运行严重超出极限，则应该紧急停机，同时发出报警信号。将系统紧急停机，能减少损坏膜系统的风险。

### 6.1.10 膜组件维护设备

MEMCOR® CP 膜系统建议配备完整性检测程序。如果进水水质不是太差，预处理也足够充分，预计膜丝的完整性在相当长的时间内不是一个问题，断丝检查频率很低时，则完整性检测程序可以设计成手动操作。如果预计断丝风险高，检查频率高时，则完整性检测程序可以设计成自动操作。

如果系统检测到完整性出现了问题，那么单独的膜壳可以从膜堆里卸下来，并允许膜壳内部的膜元件拆下来进一步检查和测试。从膜堆拆下来的元件也可以在 Memcor 提供的测试容器上进行完整性测试和修补断丝。

Memcor 能够提供膜组件维护所必要的标准工具，包括膜元件气动拆装工具（典型地用于大型系统）、专用扳手及其他便于从膜堆拆卸组件的设备。

有关推荐的膜元件维护设备（诸如标准工具、测试容器、钉补套装等）的详情，请咨询西门子水技术公司。

## 6.2 CP 膜系统的基本工艺

西门子 MEMCOR® CP 膜系统能够自动运行，生产高质量的产品水；同时反洗排水除去固体后可以进一步回用或排放。系统的主要运行状态或程序说明如下。

### 6.2.1 停机

停机是装置的正常失电状态，也是装置停运、报警清除后进入的状态。在停机状态时，装置可随时启动。

### 6.2.2 启动

当装置从停机开始启动时，给水箱高液位、产水箱没有高液位、工艺空气源、风机等应先准备就绪；而后启动给水泵，将筛网预处理的给水送入膜堆的底部。一旦膜堆的给水侧满水，膜堆顶部的给水排气阀将关闭。接着膜堆进一步升压，给水通过膜丝，进入膜系统的产水侧，当产水侧满水后，关闭产水排气阀。系统接下来可以打开产水阀，进入过滤制水状态；也可以停止给水泵、关闭给水阀，进入备用状态。在大型 MEMCOR® CP 装置上，为了省水，可在给水排气阀和产水排气阀前分别设置高液位开关监测膜堆两侧的液位；当然也可用时间控制满水过程。

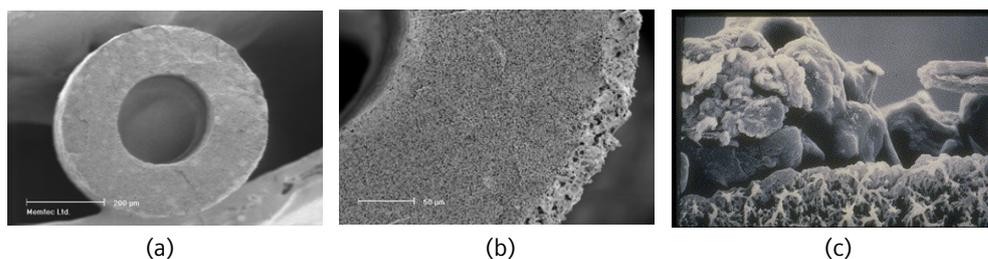
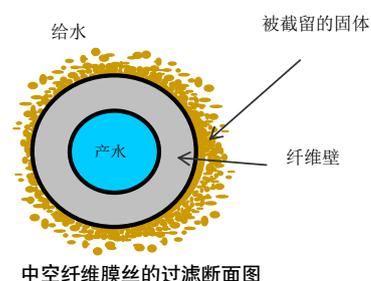
### 6.2.3 过滤

一旦启动程序完成，装置满水，给水泵会继续运行，促使水穿过中空纤维膜丝，并按照工作所需的流量产水。产水流速通常用装置上的流量计或流量变送器测量。

在大型装置上，系统过滤状况可以通过控制系统加以监测，反洗往往根据经验和现场摸索的结果，采用时间加以控制。控制系统用仪器仪表计算透膜压差 (TMP)。基于这些计算，系统程序会自动触发化学清洗 (CIP) 请求。

在小型装置上，仪器仪表和控制可以加以简化。反洗和清洗程序通常基于时间控制或者操作员的监控。

右图所示是膜丝污染的示意图，  
下图所示是膜丝污染后的放大照片。



Memcor 中空纤维膜的典型电子显微照片：(a) 放大 200 倍的膜丝断面图，(b) 带有可见外污染层的膜断面特写，(c) 膜和污染层之间的放大界面。

## 6.2.4 待机

如果给水箱低液位，或者产水箱高液位，膜系统将自动进入待机状态。在备用状态，装置等待提供给水或产水箱液位降低。一旦条件具备，备用装置通常可以直接返回过滤状态，而无需运行启动程序。

## 6.2.5 反洗

当给水通过膜的皮层时，会在膜面上累积形成滤饼，从而增加水流阻力。Memcor 低压膜装置高效运行的关键是其专利反洗工艺，细节参考后面的章节。该工艺第一步采用低压压缩空气将给水侧的液位降到反洗液位（用反洗液位开关控制），如果不追求极高的系统回收率，也可将此步改为放水到反洗液位；而后采用低压空气曝气，从下而上擦洗中空纤维膜丝，同时结合短时的产水反洗，将截留的固体从膜纤维束上去除。液体反洗的废水，接下来被彻底排空。膜系统的进水侧和产水侧接下来按照与启动类似的方法重新满水排气，装置重新投入过滤制水状态。

反洗排水多数情况下采用时间控制。在大型 MEMCOR® CP 膜系统上，也可以用低液位开关监视排放液位。这个方法可用于确认反洗步骤的排空是否进行彻底，及满水是否正确执行。

控制系统典型地每过 20-45 分钟（时间长短取决于进水水质）启动自动反洗程序。反洗过程的反洗及曝气需要大约 1 分钟，全部耗时 2-3 分钟。该专利反洗工艺的细节可参考后面的章节。

### 6.2.6 维护性清洗 (MW)

MEMCOR® CP 装置的反洗工艺能非常高效地保持膜元件的清洁。但是，取决于原水质量，少量无机和有机残余污染物会在膜面上堆积起来，随时间推移逐渐增加过滤阻力。

通过 Memcor 短时间的维护性清洗工艺（也叫 MW 工艺）可以有效降低污染物在膜面上堆积的速率。在该工艺中，低浓度的清洗溶液和膜元件进行短时间的接触。这样可以减少水流的透膜阻力，降低运行能耗，大大延长化学清洗的周期。

与其他公司推荐的化学增强反洗（CEBW）工艺不同的是，维护性清洗（MW）主张将化学药品加在膜丝的给水侧，这样药品能够最大限度地接触污染物，提高药品的利用效率，同时可以避免对膜丝产水侧造成污染。

维护性清洗（MW）通常是在系统运行设定时间或者设定的反洗周期后自动启动。维护性清洗的有关参数可参考第 7 章。

维护性清洗（MW）的频率可参考第 5 章的推荐值，并结合现场的实际需要。具体频率根据 TMP 增长的快慢确定。

维护性清洗（MW）和化学清洗（CIP）的异同点综述如下：

项目	MW	CIP
次氯酸钠洗浓度	低	高
清洗温度	室温或升温到最佳值	升温到最佳值
酸洗浓度	相同	相同
清洗时间	短	长
清洗方式	循环或浸泡	循环 + 浸泡
提高清洗效果的原则	如果药品快速消耗，则有必要适当提高药品浓度，确保清洗的有效性。	如果药品快速消耗，则有必要提高药品浓度或二次补药，确保清洗的彻底性。

为了确保清洗的有效性和彻底性，切忌死套供应商的推荐方案，而不考虑实际的清洗效果。

### 6.2.7 化学清洗 (CIP)

当污染物在膜组件上的堆积量导致水流阻力大到不可接受时，就需要进行化学清洗。化学清洗工艺允许系统不用拆卸设备就进行清洗。

化学清洗 (CIP) 周期的确定有两原则：

- 1、制水或反洗环节因透膜阻力过大而发生超压、超 TMP，导致保护性停机时，立即进行化学清洗；
- 2、如果 TMP 增长缓慢，则应维持数月清洗一次膜系统，确保污染物不发生累积，并抑制微生物的滋长。

MEMCOR® CP 膜系统配备 PVDF 标准膜元件 (通常是 L20V), 通常推荐两种标准的清洗方案:

- A、次氯酸钠清洗。清洗浓度、温度、pH 值等请参考第 8 章。取决于药品消耗情况, 必要时补加药品。需要提醒的是: 切忌将 NaClO 和酸性药剂混到一块使用, 否则可能产生淡黄色的氯气, 导致中毒等危险!
- B、酸洗。酸的类型可选择柠檬酸、盐酸、硫酸。清洗浓度、温度、pH 值等请参考第 8 章。选用盐酸时, 一定要注意整个清洗回路的选材, 务必满足防止点蚀的要求; 选用硫酸时, 重点考虑是否有生成硫酸钙、硫酸钡、硫酸锶沉淀的可能性; 选用柠檬酸时, 碰到铁污染, 注意酸浓度不宜过高, 温度不宜过低, 否则有生成柠檬酸铁沉淀的可能。

氯洗和酸洗的先后顺序并非固定不变, 而是取决于膜面污染物是微生物 / 有机物为主, 还是无机物为主。微生物 / 藻类有机物等污堵, 一般氯洗的效果较好; 碳酸钙 / 氧化物 / 粘土颗粒等无机污堵, 一般酸洗的效果较好; 氧化铁 / 氧化锰类污堵, 一般用亚硫酸氢钠就能取得很好的效果; 地表水腐殖酸铁类的污堵, 盐酸会比柠檬酸有更好的效果, 反应也快得多。

根据我们的一般经验, 有时氯洗和酸洗交替进行能取得更好的效果。这主要是由于污染物经常是微生物 / 有机物 / 无机物 / 粘土颗粒等多种成分的多层混合体, 每一种药品每次只能洗掉表层的对症的一种或一类污染物, 交替清洗起到一层一层剥离污染物的作用。交替清洗是一个相对较为繁琐的过程, 为了避免这种情况发生, 最好的办法是及时清洗系统, 避免污染物的长时间累积, 避免堵死进水、进药通道。一旦交替清洗发生, 意味着制水周期、MW 周期、CIP 周期可能需要缩短, 或者预处理的加药浓度、消毒效果、工艺合理性等需要调节。

另外, 需要清楚地指出, 清洗的目的是去掉膜面上的污染物, 因此清洗第一步最为要紧的是选取对症的清洗药品。为此, 事先作一些烧杯试验, 以摸索各种药品的有效性, 有时是十分必要的。上述标准清洗方案, 在必要且可行的时候是可以合理调整的。务必记住的是: 非常规清洗药品, 必须事先确认与膜的兼容性。不到万不得已, 请轻易别选择非常规药品。

清洗加药方式可以加入清洗箱, 也可以加在管道上。加入清洗箱, 则需要混匀; 加在管道上, 则需设置管道混合器, 确保进膜药液混合均匀。清洗药品的加入必须达到目标清洗浓度, 确保清洗效果。

根据系统配置的设备和就地条件, CIP 化学清洗程序可以手动或自动操作。

详细的化学清洗 (CIP) 顺序可参考 Memcor 的控制步序表 (CST)。该文件在收到设备订单后可提供给客户的设计人员。下面是关于清洗步序的简要说明, 主要是帮助理解清洗的主要步骤。需要注意的是, 本节提到的时间仅仅是参考性的, 调试时必须优化以适应现场及设备规模的需要。

典型的 CIP 化学清洗过程可按照下列步序进行:

- 第 1 步: 往清洗箱注清洗水。用清水将清洗箱注水至设定水位, 必要时提前加热至设定温度。
- 第 2 步: 膜系统反洗。进入正式的清洗之前, 应先进行曝气反洗, 以除去膜面堆积的固体, 这样可以减少清洗药品的消耗。

第 3 步：清洗药品的加入。清洗系统准备药品有下表所示两种方法。

方法 1 - 清洗箱加药	方法 2 - 管道加药
第 3a 步：清洗箱内药品的混合。初次清洗，必须检查清洗液的 pH 值和药品浓度，确保其合格。	第 3a 步：膜装置先充满清洗溶液。
第 3b 步：膜系统进药排气。排气分两步：一是给水侧排气，二是产水侧排气。	第 3b 步：启泵，一边循环，一边加药，直到达到目标浓度。

第 4 步：产水循环清洗。这个过程类似超滤的产水过程，让清洗液从膜丝的给水侧透过膜丝到达产水侧，循环返回到清洗箱。

第 5 步：清洗液浸泡。关闭清洗泵，让膜装置在清洗液中浸泡一段时间。必要时，可考虑延长浸泡时间。

第 6 步：给水侧循环清洗。本步根据现场情况选用或不用。浸泡结束后，让清洗液经膜丝给水侧循环返回到清洗箱，这一步可以将膜面上松动的污染物带出去。

第 7 步：重复循环和浸泡。为了增强清洗效果，重复上述第 4/5/6 步数次。重复次数取决于现场清洗效果。

第 8 步：清洗废液放空。膜系统内，用过的清洗废液接下来应该放空。有两种处理方式：

- a. 先排放到清洗液贮存罐，而后送到废液处理池，进一步处理或排放；
- b. 有时客户选择清洗废液排放地沟，送综合污水处理站集中处理。

第 9 步：进水排气及正洗漂洗。漂洗的目的是去掉残余的清洗药剂。漂洗效果与药品性质、管道设计、时间等因素有关。

第 10 步：膜系统反洗漂洗（已包括满水步骤）。必要时，重复反洗漂洗数次。

第 11 步：进水漂洗至产水合格。本步根据现场需要选用或不用。

第 12 步：返回制水模式。

清洗结束后，装置可以返回正常制水模式。取决于系统配备的设备和就地要求，返回制水模式可以设置成自动操作或者手动操作。如果系统要求手动重启，则清洗结束后装置进入停机模式。如果系统要求自动重启，则清洗结束后装置自动进入制水模式，恢复过滤。

整个清洗周期大概需要进行数小时。清洗方案以现场摸索的经验最为合理，头 1-3 次清洗请务必注意摸索各种清洗方案的有效性，从而筛选出最为合理的方案。

## 6.2.8 完整性测试

完整性测试主要用于检测膜的完整性，确保产水水质始终如一，使 MEMCOR® CP 膜过滤装置的投运率达到最大化。

建议所有 MEMCOR® CP 装置的客户都在其控制程序内设置完整性测试子程序，也叫压力衰减试验 (PDT)。该子程序通常设置为当系统运行某设定周期后自动启动，当然也可以手动启动。压力衰减试验期间，系统需要保持离线大约 10min，而后自动返回制水模式。

进行压力衰减试验时，先打开膜堆给水侧排气阀，使给水侧通大气；而后，在系统的产水侧用低压（压力参考第 7 章）压缩空气将膜元件内残存的产水挤到给水侧去，待压力稳定后，关掉气源。接下来，通过自动控制系统（如果膜系统产水侧配置了精度足够的压力变送器的话）或者就地压力表，监测产水侧气压随时间衰减的速率。试验过程中，系统的完整性和所测得的气压衰减速率是紧密相关的。

如果测量得到的压力衰减速率比正常值大，可进一步用声纳试验检查任何不完整有缺陷的位置。声纳试验是手动的，主要采用西门子生产的声纳分析仪过滤并放大膜装置内气泡的声音，从而帮助定位有问题的膜元件、泄漏的密封 / 阀门 / 管道及配件等。如果必要，每支被怀疑泄漏的膜元件均可用膜壳上下两端配置的产水截止阀单独隔离。完整性提高之后，系统可重新投入运行。含有损坏或泄漏元件的组件运行一段时间后，可在方便时卸下来检查，并进一步测试和补丝。

西门子 MEMCOR® CP 膜系统的压力衰减试验 (PDT) 具有如下重要特征：

- 该试验对 LRV(对数去除值) > 4 的颗粒去除率仍然非常敏感；
- 该试验能评价实际的过滤效果，这对控制耐氯的病原体十分重要；
- 该试验与进水水质（包括给水颗粒数量或浊度等）无关；
- 该试验提供了一种比产水颗粒计数法更灵敏的完整性监测方法。该试验与颗粒计数法相结合，则可为系统提供冗余测试；
- 该试验的高效率和准确性大大减少了运行人员的干预需要，使膜寿命达到最大化。

## 6.3 CP 膜系统的专利反洗工艺

本节将介绍西门子 MEMCOR® CP 膜系统在反洗方面的先进工艺——曝气 + 气辅助液体反洗 (Air-Scour, Air-Assisted Liquid Backwash)。该工艺是最新的第 3 代反洗工艺，其突破是革命性的。通过将先进的膜技术、高效水反洗及低压曝气工艺三者结合在一起，能将超滤系统的回收率提高到史无前例的水平，显著减少给水取水量和废水产生量；而且不需要反洗泵、反洗水箱，减少了用于反洗的能耗。该技术在中国已经申请专利，专利号：95194986.1。目前，西门子 Memcor 生产的外压式超滤系统已在全球范围内全面采用第三代反洗技术，现场反馈良好，节水效果显著，经济效益突出。

### 6.3.1 西门子 Memcor 开发的反洗新工艺

新开发的反洗工艺采用低压空气曝气和空气辅助液体反洗，本节后面简称“新工艺”。二者结合，不仅减少了废水产生量，而且不需要反洗泵、反洗水箱，减少了用于反洗的能耗。这种工艺适用于外压式（即产水方向是纤维外面向纤维内部流动）中空纤维膜系统。

新工艺去除膜面上累积的固体是通过两种方法完成的。一方面，从中空纤维外侧引入的低压空气，有效地擦洗膜面、松动并剥离堆积固体；另一方面，膜丝内部和产水管道内留存的产水，在低压压缩空气作用下（而不是反洗泵）反向推动穿过膜丝内壁。这个液体反洗也有助于进

一步冲击松动膜孔内的堆积固体。一旦固体从膜孔内释放出来，就会通过排放步骤从膜系统内除掉。

CP 反洗新工艺是高效的，能实现下述高回收率。

Memcor CP	95-98%
其他品牌的膜过滤技术	83-90%

反洗新工艺步骤总结如下表所示。

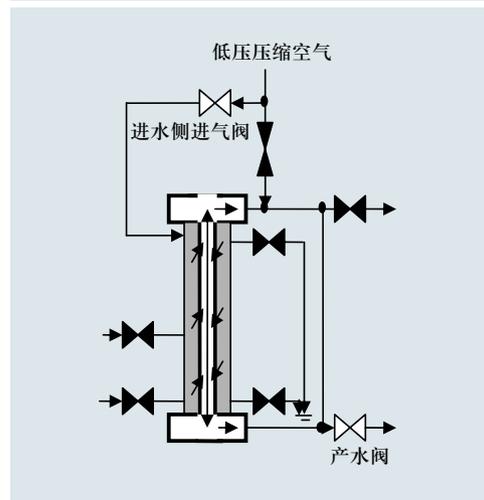
反洗新工艺的步骤

步序号	步序名称	目的
1	过滤到反洗水位	减少进水侧水量，提高回收率 将进水侧水位降低，从而减小曝气压力
2	曝气	松动并剥离膜面上的固体 进水侧底部进低压空气
3	曝气 & 反洗	进一步松动剥离膜面上的固体污染物 将污染物从膜面上去掉 产水侧加压反洗，给水侧低压曝气
4	放空	将冲刷下来的污染物从元件内释放掉 通过压缩空气将废水赶出膜堆，也可通过重力作用
5	进水侧满水	将膜堆进水侧的空气排出 从底部注入给水
6	产水侧满水	将膜丝产水侧的空气排出

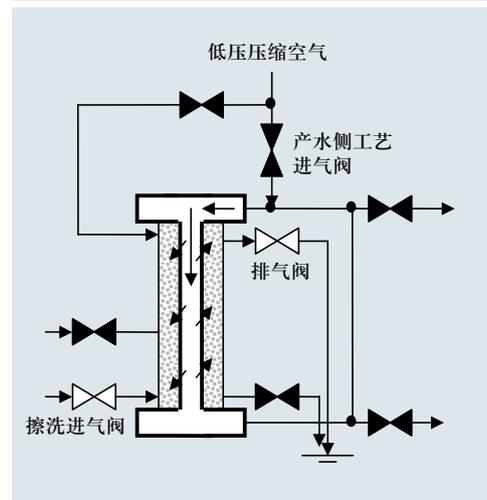
详细的反洗 (CIP) 顺序可参考 Memcor 的控制步序表 (CST)。该文件在收到设备订单后可提供给客户的设计人员。下面是关于反洗步序的简要说明，主要是帮助理解反洗的主要过程。具体的反洗设计参数请参考第 7 章。

新型曝气、气辅助液体反洗工艺的各步操作示意图如下所示。白色填充的阀门为打开，黑色填充的阀门为关闭。

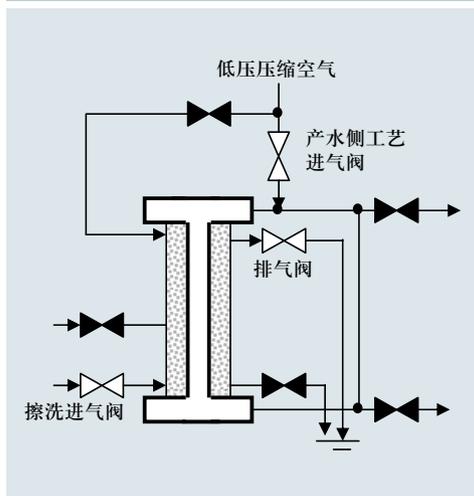
第一步，过滤到反洗水位。打开顶部进水侧进气阀，在进水侧施加低压压缩空气，打开产水阀，过滤到设定液位，产水送到产水箱。



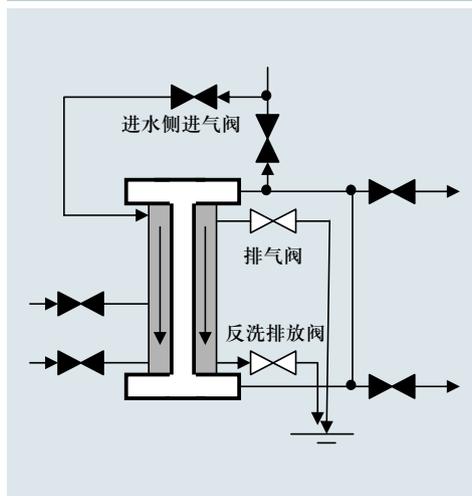
第二步，曝气。先打开进水侧排气阀，卸压。接着起动风机，打开擦洗进气阀，建立起曝气过程。



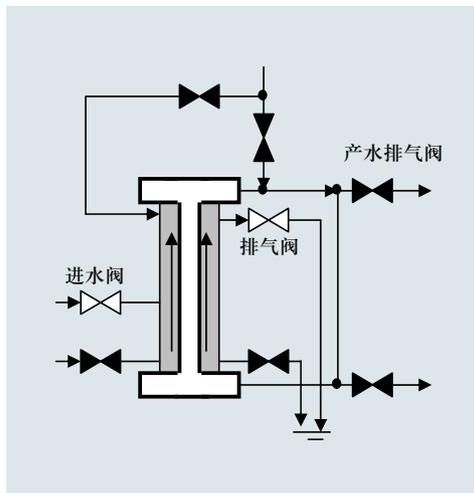
第三步，曝气 + 反洗。打开产水侧工艺进气阀，进行反洗；同时维持曝气参数不变，继续曝气。



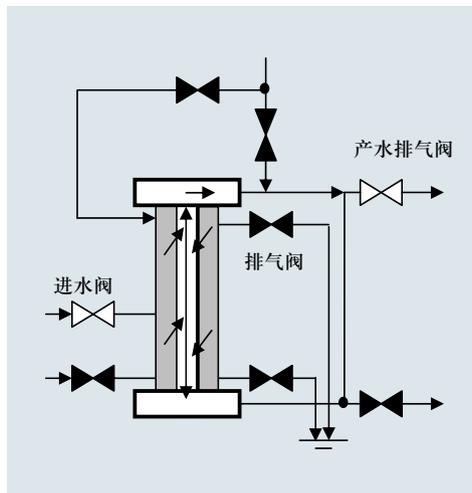
第四步，放空。曝气结束后，需要将剥离下来的污染物排放出去，这个过程叫放空。放空的方式主要推荐重力放空。如果想采用加压放空则请咨询西门子。下图所示为重力放空。



第五步，进水侧满水。打开进水阀和给水排气阀，将进水侧的空气赶出系统。为了将残余空气彻底赶出系统，排气阀的安装位置是很讲究的。进水的方式及流量选择也有技巧。



第六步，产水侧满水。打开进水阀和产水排气阀，将产水侧的空气赶出系统。空气赶出系统之后，根据现场条件，系统的下一步状态可有几种选择：直接投运，继续产水；备用等待；停机。



### 6.3.2 真实的更换案例

大量的应用业绩表明新型反洗工艺完全达到或者超过预期设计目标。下面是一个用新工艺更换旧工艺（指 PP 膜的 6Bar 压缩空气反吹工艺）的真实案例，为我们提供了非常有益的比较。2004 年春，这种新型反洗工艺第一次被用于美国俄克拉荷马州 Pottawatomie 县改造一个旧系统。结果表明新反洗工艺超过设计要求。新工艺甚至能够保证当给水浊度高达 100NTU 时，仍然满足水量要求。下表所示是新、旧反洗工艺在原水取水量、产水量和废水产生量方面的细节。很明显，新反洗工艺显著提高了系统回收率。

水量平衡细节

每日水量	旧反洗工艺	新反洗工艺
A. 原水取水量 (m <sup>3</sup> )	1248	1183
B. 净产水量 (m <sup>3</sup> )	1134	1134
C. 废水产生量 (m <sup>3</sup> )	114	49
D. 回收率 [B / A]	91%	96%

# 第七章 压力式超滤 (CP) 系统的关键设计参数

本章总结了 CP 系统运行和辅助设备选择所需的所有主要设计参数。有关设计通量、制水周期、MW/CIP 的间隔、制水最大 TMP 等请参考第 5 章。

通用设计参数及有关极限值参考下表。

参数	单位	推荐值	备注
预筛尺寸	μm	100-500	根据预处理调整预筛孔径
CP 膜堆入口的反洗曝气压力	kPa	25	CP 膜堆入口连接点的压力
风机出口压力	kPa	35-40	风机压力的选择取决于去膜堆曝气管道的布置。风机压力必需确保进膜气量、气压足够。
CP 膜堆入口的反洗曝气流量	m <sup>3</sup> /h/ 支膜	8	允许 ±10% 的误差
反洗工艺气压 (最大)	kPa	150	
反洗工艺用气安全阀	kPa	200	设置定值
产水反洗时间	sec	10-20	调试时优化
给水侧排放时间	sec	35-60	与膜堆的大小有关
给水侧满水时间	sec	40-60	与膜堆的大小有关
产水侧满水时间	sec	10-20	与膜堆的大小有关
反洗总耗时	sec	120-210	与膜堆的大小有关
最高清洗温度 -CIP/MW	°C	35	最好控制 30 °C 以下
CIP 循环流量	m <sup>3</sup> /hr/ 支膜	1.2	
CIP 循环时的 TMP	kPa	100	指 9.4.2 节的 “TMP2”
CP 制水最大 TMP	kPa		参考第 5 章的设计导则
每支 L20V 膜组件的水容积	L	28	计算清洗箱时应留些余量
完整性检测气压	kPa	100	保压时间 10 分钟

## 化学清洗参数

清洗类型	药品类型	清洗时间 *	清洗温度	药品浓度 *
维护性清洗 MW	次氯酸钠	30-45mins	25-30	200ppm Cl <sub>2</sub>
维护性清洗 MW	柠檬酸 /HCl	15-30 mins	25-30	pH 2-2.5
化学清洗 CIP	次氯酸钠	60-180mins	25-30	500ppm Cl <sub>2</sub>
化学清洗 CIP	柠檬酸 /HCl	60-180mins	25-30	pH 2-2.5

\* 调试时优化，以适应现场需要。



# 第八章 压力式超滤 (CP) 系统的特点和优势

西门子外压式超滤 CP 系统与其他内压式、外压式的超滤系统有着比较大的差别，其优势非常突出。本节将从下述几个方面介绍一下 CP 系统的特点和优势。

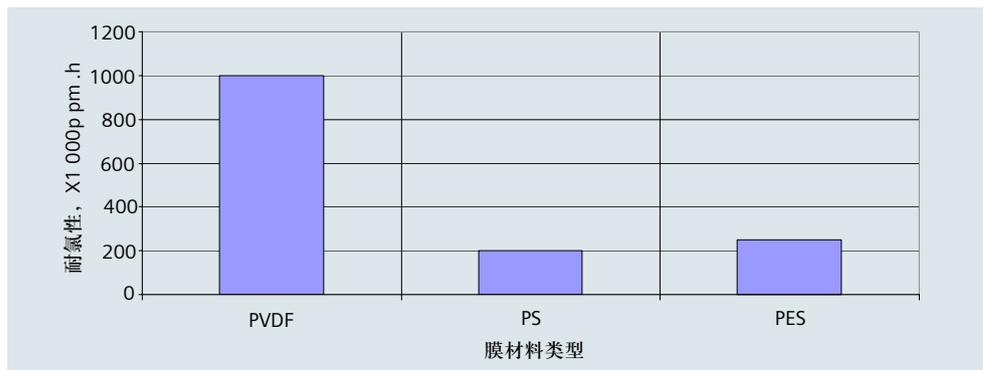
- 膜材料的特点及优势
- 膜组件设计的特点及优势
- 完整的膜堆设计理念
- 系统工艺优化
- 成本节省

## 8.1 L20V 膜材料的特点及优势

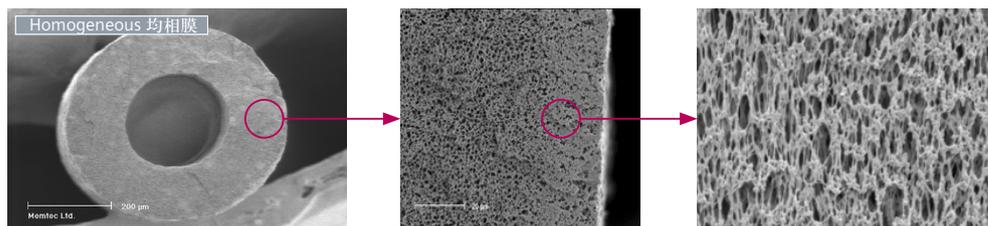
西门子 L20V 膜元件采用改性 PVDF（聚偏氟乙烯）材料，不仅具有优良的亲水性，而且有着极好的耐氯能力和优异的机械强度。

下表是各种常见的超滤膜的耐氯性的总结，由于表中数据都是从各家膜供应商公开发行的资料上摘录的，所以能够真正代表各家膜的真实耐氯性。可见 PVDF 材料的超滤膜的耐氯性能够达到 PES（聚醚砜）、PS（聚砜）材料的 4-5 倍。在余氯含量较高的废水回用系统、污染较重需要连续消毒的地表水系统、需要频繁清洗的系统、微生物活性强的系统上，PVDF 的超强耐氯性都是一个巨大的天然优势。

膜材料类型	PVDF	PS	PES
耐氯性 * (ppm.h)	1,000,000	200,000	250,000



西门子 L20V 膜元件的膜丝采用对称的多孔均相支撑结构，断面如下图所示。



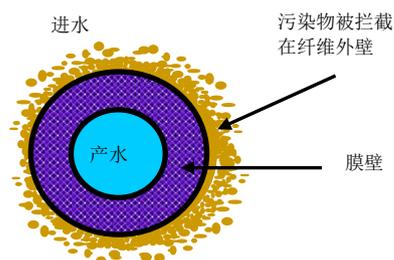
L20V 膜丝均相结构的机械强度远远优于内压式不对称结构，能耐受很高的应力和进水压力；而优良的亲水性则保证了运行时的低压力。所以 L20V 膜元件的膜丝实现了高强度和低压力的有机统一。

L20V 的高强度使得其尤其适合于废水回用及其他进水水质恶劣的应用，也适合采用曝气等反洗工艺。

## 8.2 L20V 膜组件设计的特点

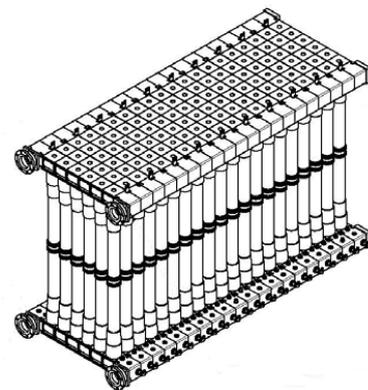
西门子 L20V 超滤组件设计时充分采用了一些先进合理的理念，使其特别适合于长期稳定运行的现实需要。其先进设计理念分述如下。

- A. 采用外压式进水方式。外压式超滤的纳污空间大概是内压式超滤的 4-5 倍，所以外压式超滤能承受的进水悬浮物可允许比内压式的高 4-5 倍。可见外压式超滤的抗污染性毫无疑问优于内压式超滤。
- B. 采用立式结构。由于众所周知的经验，超滤膜丝的抗拉强度明显优于剪切强度，大多数超滤膜制造商都采用立式结构，这样可以最大限度保护膜丝。
- C. 每支膜元件可单独隔离。在膜元件的上下两端头内部，我们已经分别内置一个截止阀，客户采购我们的膜堆后不需要另外增设截止阀。被隔离的膜元件可等到系统允许停机时检修。



### 8.3 完整的膜堆设计理念

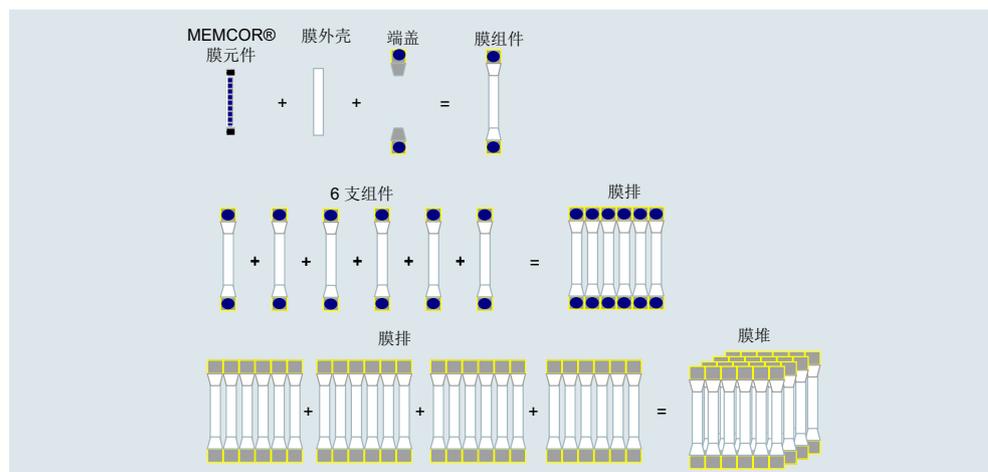
直到目前，绝大多数超滤供应商向市场提供的都是单支膜元件，而后由工程公司购买辅助配件组装成超滤系统。对工程公司来说，辅助配件、组装时间、人工费用等都是一笔不菲的成本，而且安装质量也可能良莠不齐。为了方便用户能用上更简单、品质更可靠的超滤系统，西门子 Memcor 开发了全新的外压式超滤膜堆，将进出水连接管道、曝气管道、产水截止阀、膜壳、端盖等所有主要辅助配件集于一体，形成一个完整的膜堆。用户只需将膜堆悬挂在固定框架上，接好进、出水接口（如右图所示）及曝气接口，系统即可投入使用。



这种膜堆概念具备如下优势：

- 设计、安装极为简易方便；
- 安装时间大为缩短；
- 安装成本大为节省；
- 占地面积缩小 30% 以上；
- 扩建、维护、更换非常容易；
- 安装质量始终如一；
- 适合于小型到超大型各种系统。

每个膜堆都可以进一步分解成若干膜排，每个膜排则是由 6 支膜组件和进出水端头组成，每支膜组件则是由膜元件、膜壳、端头及 O 型圈等组成。这种真正意义上的模块化设计，使得系统设计、组装和更换非常方便。参考如下示意图。



特别具有创新意义的是，Memcor 的膜元件和膜壳是可分离的，这能够为最终用户将来显著节省元件的更换成本，因为高强度的尼龙膜壳是不需要更换的，只需更换膜元件即可。产水截止阀内置在元件端盖内。如右图所示。



## 8.4 CP 膜系统工艺的优化

根据前面所述，西门子 Memcor 的外压式超滤 CP 系统，采用第三代（曝气 + 空气辅助）反洗工艺后，其系统回收率能够非常轻易地达到 95-98%。众所周知，其他品牌采用第一代反洗技术的超滤系统回收率一般只能达到 88-90% 左右，进废水时甚至只能达到 80%-83%。

高回收率能给用户带来如下优势：

- 给水取水量大幅减少，买水成本也随之降低；
- 废水排放大幅减少，处理成本及排放成本也随之降低；
- 预处理设备容量可降低，这一点在大型、超大型系统中的优势尤其明显，可直接减少预处理设备的数量；
- 由于给水取水量降低，所以用于预处理的化学药品用量也随之降低。

# 第九章 压力式超滤 (CP) 系统的设计

本章将阐述 CP 系统的详细设计方法，包括客户必须提供的基础设计资料、怎么合理选择设计通量、计算方案的阅读、辅助设备的计算方法、项目设计和实施所需的其他关键辅助资料等。

## 9.1 客户需提供的资料

在客户要求提供设计方案之前，一般需要填写一张详细的表格（RFQ），表格样式如附件一所示。对系统设计的要求和细节了解越详细，越有利于合理地选择足够有效的预处理措施，越有利于选择合理的通量，从而提供最为经济且切实可行的方案。填写内容主要包括下述各项：

- 项目地点。

项目地点信息有利于判断水温高低，也有利于判断水质地域性的差别。比如，如果项目在广东深圳，我们就能判断一年四季水温一般不低于 10°C，不需加热设备；如果在哈尔滨，那么冬季水温肯定低于 0°C，需要加热设备。项目在长江以南，由于雨水丰富，地表水的碱度和硬度往往很低，所以不用担心结垢；项目在华北，由于干旱缺水，地下水往往高碱度、高硬度，有时高硅高铁，因此要慎重采取防垢措施；沿海地区则有海水倒灌的问题。

- 原水类型及取水地点。

原水类型不同，所含污染物不同，需要采取的预处理措施也相应地不同。原水类型决定了超滤系统的通量选择。比如：井水往往污染物主要是粘土；地表水则除了粘土、有机污染物，可能还含有藻类、胶体污染物；表面海水则有受赤潮污染的危险；废水回用时常含有较高浓度的简单有机物及残余絮凝剂，及较强的微生物活性。因此，针对不同的水源，超滤需要采用不同的合适的通量。

取水地点不同，所含污染物也是不同的，从而预处理的要求也可能不同。比如：深井水往往含有机物和微生物很少，主要为粘土颗粒物；浅井水则有时受地表污染，除了粘土污染物，还有严重的有机污染。海滩取水则比海面取水水质稳定得多。

- 原水水质分析报告。

完整的原水水质分析报告包括两层意思：一是报告本身的各项指标必须完整，以利于分析判断；二是报告必须具有真实的代表性，采样时间必须是最近的，井水必须每个季度有一份分析报告，地表水必须每月有一份分析报告，废水必须有高低限峰值及平均情况的报告。设计将依据原水水质分析报告，同时参考一些特殊情况。如果设计水质和实际水质发生较大偏差，则说明设计水质没有代表性，应该根据实际水质重新计算。

- 产水用途及产水水质要求。

产水用途有利于判断上游工艺会对下游工艺造成什么影响，从而考虑合适的措施。比如：超滤系统 NaClO 清洗的残余氯，就会对下游的 RO 系统造成氧化破坏，因此，必须加强还原剂的及时投加，以保护 RO 系统。

产水水质要求包括产水悬浮物 (SS)、浊度、SDI 等。
- 产水量大小 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )。

产水量的大小是一个最基本的参数，产水量和通量一旦确定，超滤系统的大小基本就定了。
- 系统回收率要求。

系统回收率是净产水量与总进水量的百分比。一般要求 88-90% 左右。西门子 Memcor 的 CP 超滤一般能达到 95-98% 的回收率。
- 超滤系统数量。

超滤系统的数量包括运行数量和备用数量。多数情况下，考虑到成本问题，超滤一般不设备用。运行数量会直接影响单套超滤的大小、阀门数量、仪器仪表数量、辅助设备数量等多种参数。
- 详细的预处理流程。

详细的预处理流程图有利于判断预处理措施是否有效合理、是否长期可靠，从而直接影响通量的选取。
- 后处理流程。

后处理流程有利于判断上游设备对下游设备的影响。也有利于判断是否有合适的 RO 产水或除盐水用于超滤的化学清洗。
- 预处理环节的加药情况。

预处理环节的加药包括絮凝剂、助凝剂、消毒剂等。絮凝剂、助凝剂经常是影响膜污堵的重要因素，消毒剂则往往影响膜运行的稳定性。需要指出的是高分子聚合物 PAM 等助凝剂是导致膜发生严重污堵的关键因素。
- 原水的加药情况。

地表水有时会受到农田排水的污染，而含有农药、杀虫剂等化学药品；循环冷却水则有时含有季铵盐等杀菌灭藻物质；废水系统的二沉池排水有时含有较多的残余絮凝剂和高分子助凝剂。这些药剂均对膜系统的稳定运行有一定危险性。
- 本系统有关废水处理或回用要求。

在中国国内，反洗废水和清洗废水一般直接排地沟，送到厂区综合污水处理站处理。但是，有时客户可能要求超滤反洗废水必须回用到给水系统中，这时需要设置专门的回用管路；有时客户则要求超滤清洗废液必须先中和，而后回用到上游污水生化处理厂，这时就需要专门的中和回路和排放回路。这些特殊的要求除了会使硬件系统发生变化之外，也会导致程控发生变化。
- 其他客户认为重要、且有必要陈述的异常信息。

异常情况经常存在，及时反馈，有时对整个系统的长期稳定性至关重要。比如，循环冷却排污水经石灰软化之后，pH 可能超过 10 以上，这时就必须先调节 pH 值至 8.5 以下，才是合理的。

## 9.2 选择设计通量

设计通量的选择，需要参考水源类型、预处理步骤、污染物、水温等多种要素。其中水源类型及预处理往往是第一要素，污染物、水温等是重要的参考要素。不同类型原水的典型水质可参考第 5 章。

设计通量的选择，请参考前面章节的论述。需要指出的是该导则中的推荐值，主要是基于国外发达国家的水源，进行大量中试和现场经验得到的。根据我们在国内的经验，中国的水源由于污染更严重，而往往比国外的水质更差。比如：近海海水的污染和赤潮频发，太湖、滇池等地表水源的蓝藻爆发，多数污水处理厂二级出水指标不合格等，地下水位持续下降导致污染等，都是水源污染的明证。因此，在作国内的方案设计时，我们往往遵循比国外还要严格一些的标准，保证给客户最为安全可靠的方案，而不是死套导则的推荐值。

选择通量的基本方法可分成如下几步：

- A、根据水源类型确定大概的通量范围（最小值→最大值）
- B、在选定的范围内根据预处理的情况选取通量。一般预处理较充分且合理时，可选取靠近最大值的通量；反之，则选取靠近最小值的通量。
- C、考虑特殊污染物的影响，对选择的通量加以调整。比如：是否含油脂、是否含残余絮凝剂、是否加助凝剂、是否加消毒剂，都可能影响通量选择。可见最后选定的通量并不一定总大于导则推荐的最小值，这一点请客户充分注意。
- D、过去，在类似的水源上得到的经验有时超过导则推荐值的价值。应该说，超滤通量的选择是一个非常依靠经验的工作。
- E、采用同一水源的其他超滤系统的现有运行性能是最宝贵的参考信息。如果性能稳定，则可维持相同或接近的通量；否则，应吸取现有系统上的经验教训，除了查找原因之外，还应针对预处理、工艺等进行必要的改进或优化。毫无疑问，对新超滤系统的通量进行适当调整也可能是十分必要的。
- F、水温严重偏低 ( $<5^{\circ}\text{C}$ ) 的情况下，除了可以适当提高 TMP 补偿外，还可以维持 TMP 不变而降低一些设计通量来解决产水量下降的问题。
- G、考虑到冲击负荷的存在，有时需要设计低一些的运行通量，满足抵抗冲击负荷的需要。
- H、特别需要指出的是，如果某一具体水源已经经过中试试验，那么其摸索出来的通量值应该比导则推荐值的可靠性高。

## 9.3 计算方案的阅读

目前各超滤供应商采用的办法都是对超滤的计算过程严把质量关，而不建议用户自行设计。这主要是为了降低风险。考虑到超滤进水经常复杂多变，工艺的变化也往往较大，因而让用户自行设计风险大为增加。只要用户向西子公司膜产品技术部提供足够的设计资料，那么他们就能在很短的时间内得到一份如后面所示的计算方案（共 3 页）。下面介绍一下怎么阅读该方案的内容。

计算方案包括下述六部分内容，内容非常详细丰富。

(一)、项目基本信息。

项目基本信息包括项目名称、客户名称、设计人员名称、设计日期等，这些都是区别一个项目的必要信息。

(二)、设计基本条件。

设计基本条件包括 3 部分信息：原水类型及水质分析、超滤进水类型及水质资料、超滤上游的主要预处理工艺。原水类型及关键水质指标等与预处理的选择紧密相关，超滤的进水水质及关键污染物的含量则直接影响其通量的选择，超滤的预处理工艺则直接影响超滤进水水质的好坏。可见，这三者是互相关联，相互影响的，是设计人员事先必需充分搞清楚的最基础资料。其中是否含油、是否含有 PAM 等高聚物、水质是否严重过饱和、是否含带电的有机物等，都是需要重点关注的问题。

(三)、UF 膜堆配置。

通过该部分信息，客户可以很容易搞清楚膜系统的基本配置参数，诸如：膜系统的元件型号、膜堆型号、运行装置的数量、备用装置的数量、每个膜堆的膜排和膜元件数量、扩展膜元件数量、整个系统膜元件总数等。这些数据对系统程控、平面布置、辅助设备数量、控制点数量等参数的确定至关重要。

(四)、UF 系统的工艺参数。

该部分提供了膜系统运行、维护、清洗的细致参数，有些参数不允许随便修改，有些参数则应该因地制宜地合理修改。有关产水量、运行通量、工艺空气压力等需要较为严格地遵循，不是特别有把握，不允许随便修改。而反洗间隔、反洗总时间、MW 的间隔和时间、MW 的药品种类和浓度、CIP 的间隔和时间、CIP 的药品种类和浓度等和现场条件密切相关的参数，强烈建议调试时依据现场条件合理调节。需要特别提醒的是，酸洗时 pH 始终控制不低于 2.0，氯洗时 pH 始终不超过 10.0。任何调节必须由实验数据作依据，必须是谨慎稳妥的原则。没有把握时，请务必咨询工程公司或膜公司的技术人员，确认调节操作是否合理，是否有风险。

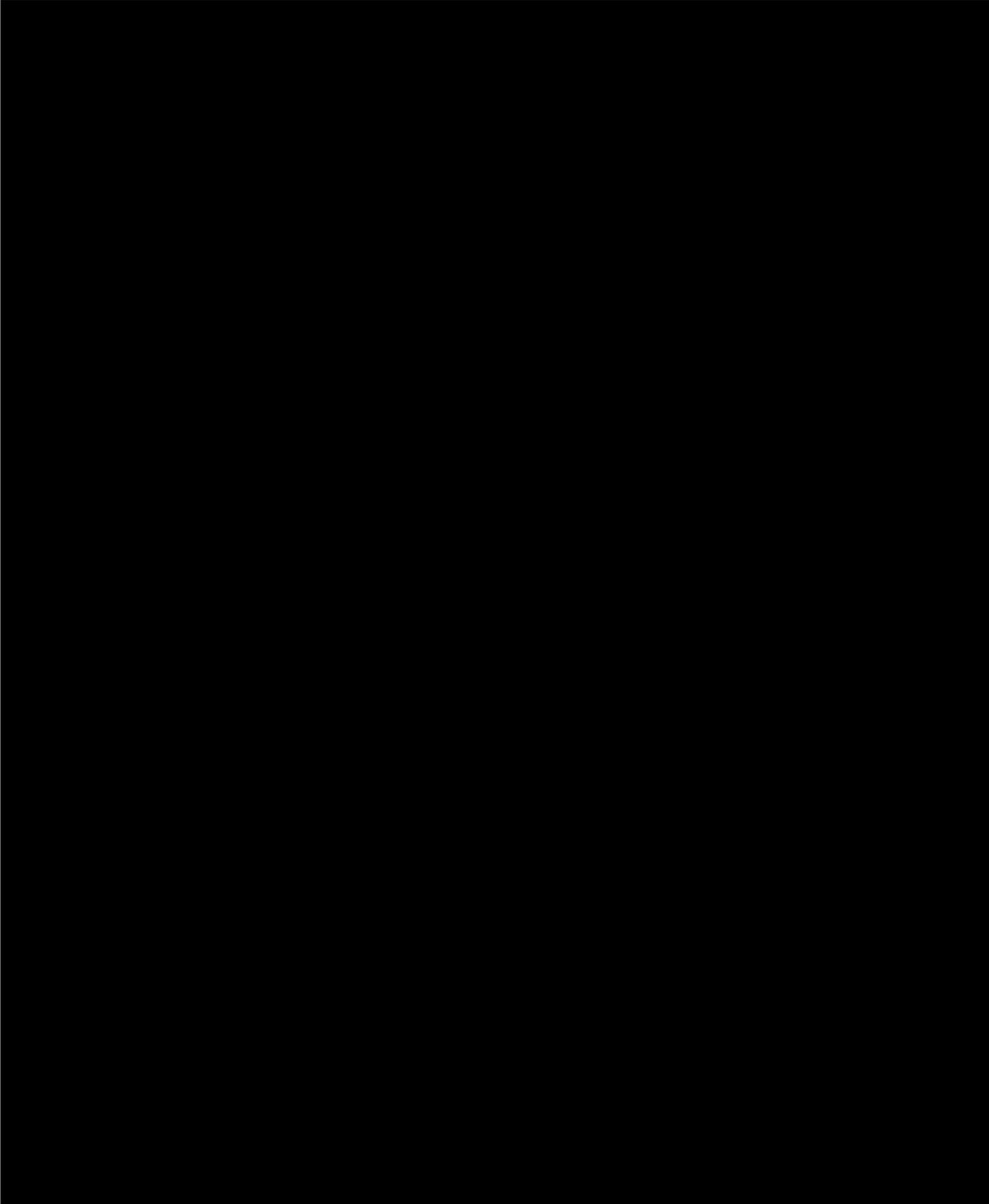
(五)、UF 的辅助设备。

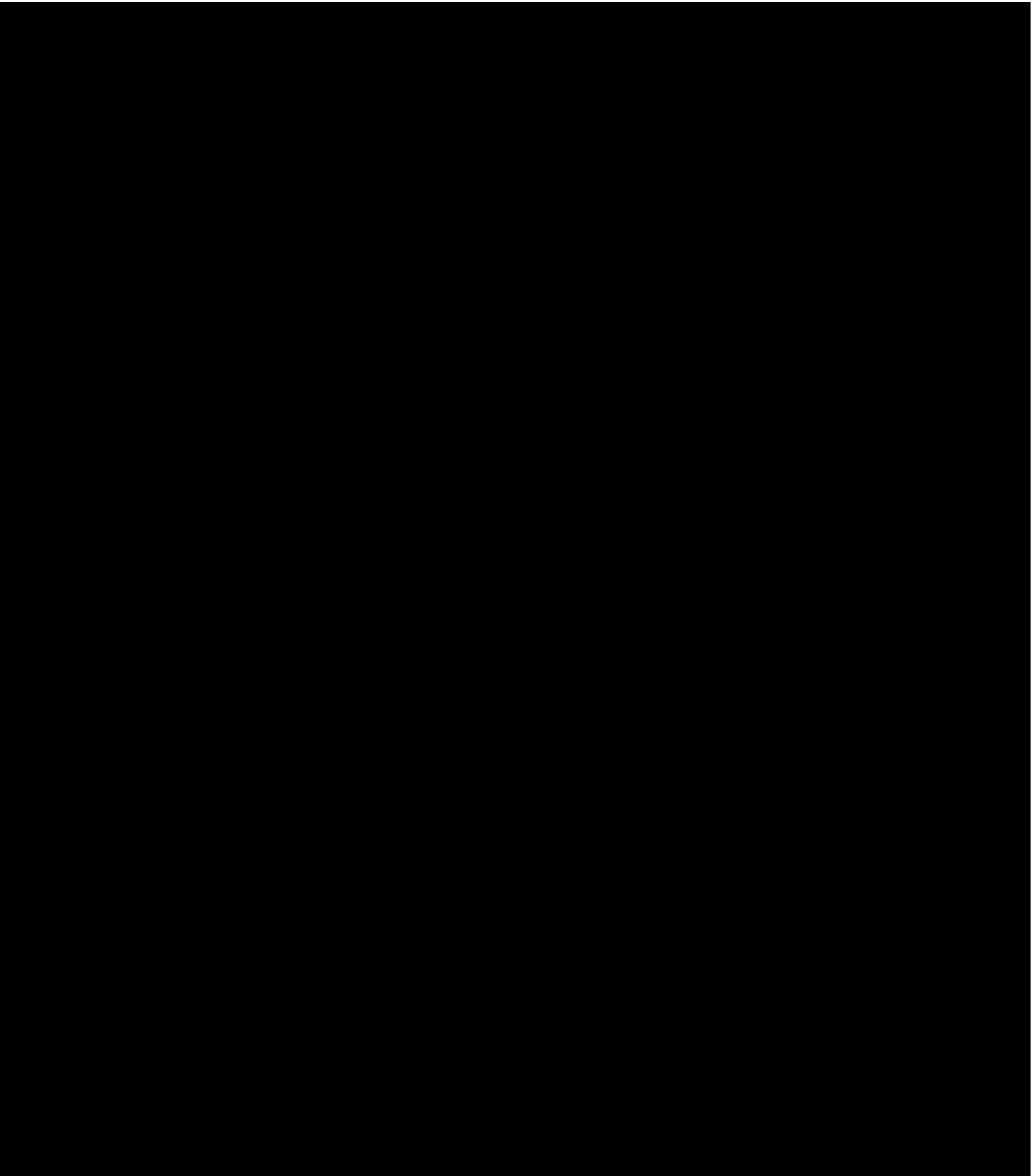
UF 的辅助设备包括给水泵、清洗泵、风机、清洗箱、中和泵等。给水泵和风机建议变频控制，分别减小膜系统启动时的冲击和反洗曝气可能造成的冲击。中和泵取决于用户是否要求单独中和处理清洗废液。像国内的电厂常有综合污水处理站来专门处理清洗废水，这时就不需要设置膜系统的独立中和系统。有关辅助设备参数的计算方法可参考下一节。

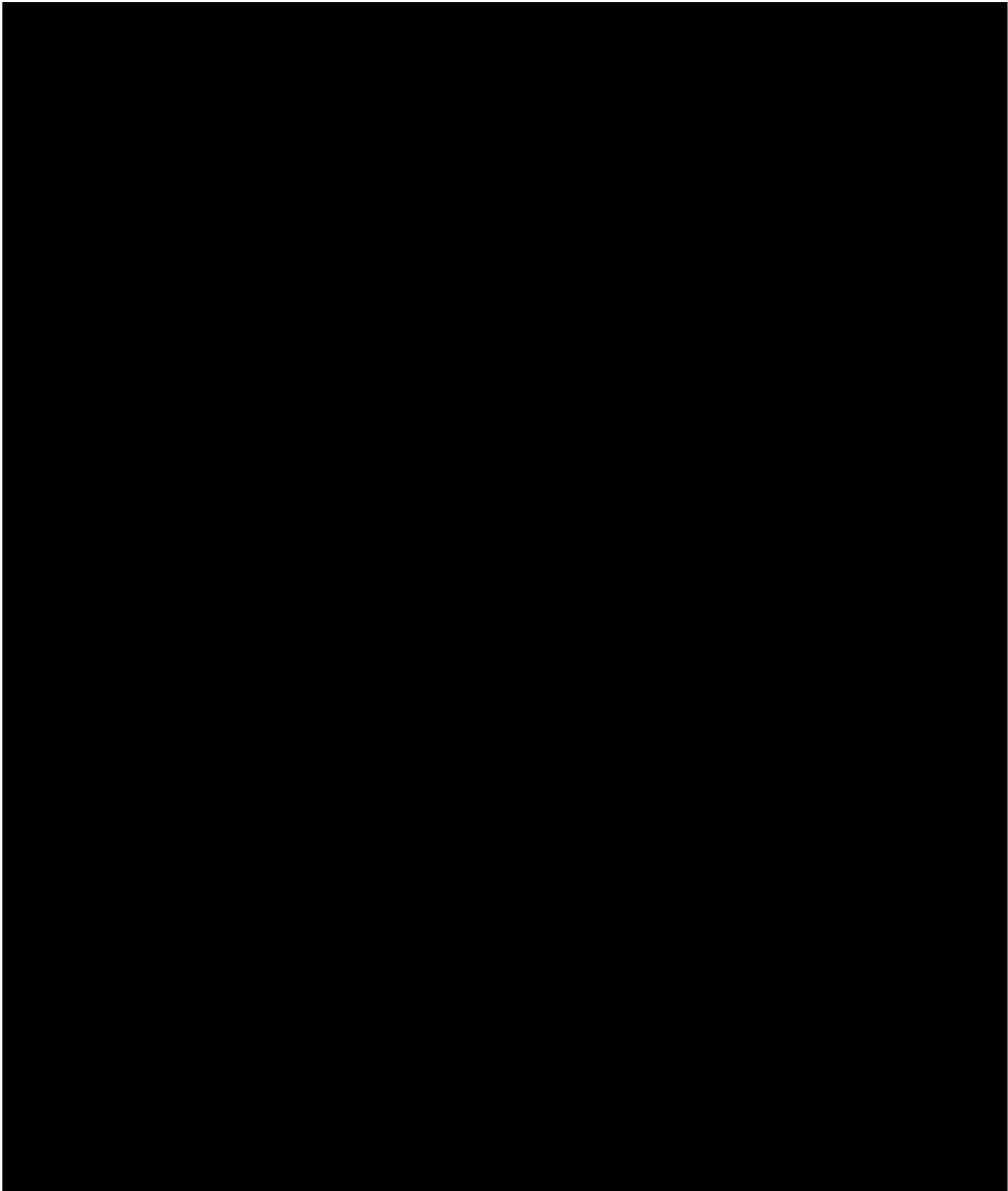
(六)、其他技术建议。

这一部分就通用的技术建议作了一下阐述，有疑问可以与我们联系探讨。包括下面几部分内容。

- 对超滤给水来说，残余的高分子聚合物、油脂、危险溶剂有必要控制到接近于零的水平。
- 如果超滤的给水是冷却水、反渗透或其他来源的浓水，pH 调节、石灰软化等阻垢措施是很必要的。
- 如果给水有很高的微生物滋长趋势，对给水进行充分消毒是十分必要的。
- 如果原水含有较高浓度的带电污染物，诸如腐殖酸、有机酸、氨基酸类化合物等，建议采用混凝 / 澄清作为预处理步骤之一。
- 维护性清洗和化学清洗的间隔及时间可以根据现场的实际情况进行合理调整。
- 地下水、较好的地表水如果处理得很恰当，即完全没有残余絮凝剂、助凝剂和带电性污染物质，那么维护性清洗可考虑取消。
- 任何不确定的技术问题，请咨询西门子水技术公司。







## 9.4 辅助设备的计算

辅助设备包括超滤给水泵、清洗泵、中和泵、曝气风机、清洗箱等。下面细述这些辅助设备的计算方法，合理的选择辅助设备是膜系统安全运行的必要环节。

### 9.4.1 给水泵的计算

虽然超滤系统进水有母管制和单元制之分，但二者在给水泵的计算方法上没有本质区别。在超滤方案书中，总有一个参数：整个超滤系统瞬时进水量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )，这里用 A 表示，该参数正是刨去反洗、维护性清洗 (MW) 等时间后实际运行时的流量值，因此可以用来计算单台给水泵的流量；另外，超滤的运行给水泵数量 (N) 是可以根据设计要求确定的 (单元制系统，N=超滤的套数；母管制系统，N 是根据需要选定的，一般小于超滤的套数)；根据一般设计经验，还会设置备用水泵 (M)。因此，超滤的给水泵参数可以计算如下：

- 单台给水泵的产水量 =  $A / N$ ；
- 给水泵的数量 =  $N + M$ 。
- 给水泵的扬程 =  $X + Y + \text{TMP1}$ ；其中 X = 给水箱低液位至产水箱高液位的静压提升，Y = 管道 / 阀门 / 过滤器的水头损失，TMP1 = 透膜压差 (不同进水类型允许的最大透膜压差可参考第 5 章)。
- 给水泵的类型：耐氯、耐腐蚀的离心泵。
- 给水泵的控制方式：变频控制。变频是为了避免对膜系统造成冲击，并省电。

### 9.4.2 清洗泵的计算

一般来说，西门子 Memcor 外压式超滤的清洗要求是：根据第 8 章选择清洗循环流量。选择清洗泵时，往往考虑到扩展需要，因此：

- 清洗泵的流量 = 扩展后的单套膜堆的膜数量  $\times$  清洗循环流量。
- 清洗泵的数量 = 1 台。
- 清洗泵的扬程 =  $X + Y + \text{TMP2}$ ；其中 X = 清水箱低液位至清洗回路最高点的静压提升，Y = 管道 / 阀门 / 过滤器的水头损失，TMP2 = 透膜压差 (参考第 7 章)。
- 清洗泵的类型：耐酸、耐氯、耐高盐腐蚀的离心泵。如果采用 HCl 时，尤其要考虑盐酸的点蚀问题。
- 清洗泵的控制方式：如果在推荐的小流量下，可以工频控制；如果采用大流量，则推荐变频控制，以避免对膜系统造成冲击。

### 9.4.3 中和泵的计算

在不设计单独的中和系统时，此泵不需要。如果一定要设独立的中和系统，那么其计算如下：

- 中和泵的流量 = 中和池池容 ( $\text{m}^3$ ) / 0.5h；假定半小时内将中和池排空。中和池的容积是假定刚好盛满 1 套超滤作 1 次 CIP 清洗的全部废液。

- 中和泵的数量 = 1 台。
- 中和泵的扬程 = 足够将废水从中和池提升起来打循环，并足够将中和后的废液提升起来排放掉，一般 10m 足够。输送距离远时，适当增加扬程。
- 中和泵的类型：耐酸、耐碱、耐氯、耐高盐腐蚀的潜水泵。
- 中和泵的控制方式：工频控制。

#### 9.4.4 曝气风机的计算

西门子 Memcor 外压式超滤推荐的反洗曝气风量可参考第 8 章。考虑到扩展需要，风机的参数计算如下：

- 风机的吸风量 = 扩展后的单套膜堆的膜数量 × 单支元件的反洗曝气量；单位  $\text{m}^3/\text{hFAD}$ 。  
FAD = Free Air Delivery, 风机入口温度、压力、湿度下的空气。
- 风机的数量 = 2 台，1 用 1 备。因为只是每次反洗时曝气 1min，所以多台超滤可共享这两台风机，需变频提高风机的安全性。
- 风机的扬程 = 进膜扬程 2.4m+ 风机出口至膜入口的流道阻压损失。一般 3.5-4m 左右即可。
- 风机的类型 = 罗茨风机。
- 风机的控制方式：变频控制。变频是为了保护风机。

#### 9.4.5 清洗箱的计算

清洗箱的大小对于有效清洗来说很关键，过大是一种浪费，过小则意味着清洗没法进行下去。计算如下：

- 清洗箱容积 =  $X + Y + Z$ ；  
其中 X 是清洗循环过程中，清洗箱中溶液必须达到的最小容积  
Y 是清洗系统管道回路的容积  
Z 是单个 CP 膜堆的水容积 ( $\text{m}^3$ )。  
如果考虑采用表面活性剂清洗，则在此基础上再增加 20-30% 余量，以应对可能产生的泡沫是非常合理的设计。
- 清洗箱类型：地上立式圆柱体。需要指出的是，清洗箱的直径不宜选得过大，这样浪费的清洗液比较多。
- 清洗箱的选材：一定要考虑防腐的需要。
- 单个 CP 膜堆容积 = 扩展后单个膜堆的膜数量 × 单支膜组件的水容积 / 支膜。

## 9.5 项目设计和实施所需的关键辅助资料

下面详细列出了项目设计所需的关键辅助资料,以供工程公司参考。这些资料包括膜堆尺寸图、管道阀门配置示意图、P&ID 系统图、控制步序表 (CST)、仪器仪表列表、膜堆框架尺寸、膜堆接口细节等。

### 9.5.1 膜堆的尺寸图

针对 36-120 支膜的单端连接的膜堆,西门子 Memcor 为客户提供了详细的尺寸图,参考附件 3。不同大小的膜堆只是长度不同而已,因为膜排数量不一样;膜堆前后的宽度、上下的高度等都是是一样的。

### 9.5.2 控制步序表 (CST)

控制步序表是专门供给已购买产品的客户作参考的,请购买产品的客户从西门子索取。考虑到系统大小都不一样,因此其中某些参数的时间需要根据每个系统现场的实际情况,合理调节。下面几条是有关系统控制的要点,请用户特别予以注意:

- 西门子的 CP 外压式超滤推荐采用恒流控制运行。为实现恒流控制,需要给水变频控制,控制信号为产水流量变送器的数字信号。流量信号宜采用电磁流量计测量,较为稳定。转子流量计因为采集的信号不稳定,一般不推荐用于超滤系统。
- 给水加变频控制,是一个强烈建议的工艺要求。这不仅省电,而且使系统启停平顺,提高运行安全性。
- 反洗曝气加变频控制。对大系统或有多套超滤共享风机时,强烈建议变频控制风机;小型系统不需要变频。
- 曝气 + 气辅助液体反洗的反洗工艺 (BW) 是西门子外压式超滤 CP 的技术核心,不建议客户改变其核心的思想,即低压压缩空气压缩产水侧存液反洗,反洗废液放空等。曝气时间、反洗时间、反洗废水排放方式等允许合理调节。
- 维护性清洗 (MW) 工艺也是西门子外压式超滤 CP 的技术核心,不建议客户改变其核心的思想,即药品一定加在给水侧,这样不会污染产水侧;清洗配药溶液首选 RO 产水,等等。浸泡还是循环、药品浓度、清洗时间、不同药品的清洗先后顺序、废液排放方式可根据现场情况合理调节。
- 化学清洗 (CIP) 工艺也是西门子外压式超滤 CP 的技术核心,不建议客户改变其核心思想,即药品一定加在给水侧,这样不会污染产水侧;循环一段时间或者循环 + 浸泡一段时间,清洗配药溶液首选 RO 产水,等等。药品浓度、清洗时间、循环次数、不同药品清洗的先后顺序、废液排放方式、增加浸泡与否可根据现场情况合理调节。

### 9.5.3 仪器仪表列表

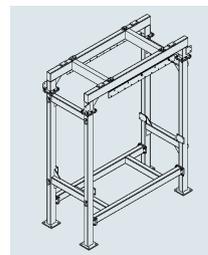
超滤膜系统需要的必要及可供选择的仪表如下表所示,请特别注意仪表精度要满足要求,否则读数可能失去反应系统真实性能的意义。另外,要求仪表一定要适应各种清洗药品的腐蚀性。需要指出,这些推荐值只是根据我们的经验提出的,其目的是方便客户参考,不具有质保意义,

请客户根据自己的实际需要随时校核或灵活修正这些参考值。

编号	仪器名称	数量	安装位置	精度要求	备注
1	给水压力变送器	1 个 / 膜堆	膜堆给水侧	精度 0.01Bar 量程 0-4Bar	必装
2	给水压力表	1 个 / 膜堆	膜堆给水侧	精度 0.05Bar 量程 0-4Bar	必装
3	产水压力变送器	1 个 / 膜堆	膜堆产水侧	精度 0.01Bar 量程 0-4Bar	必装
4	产水压力表	1 个 / 膜堆	膜堆产水侧	精度 0.05Bar 量程 0-4Bar	必装
5	产水流量变送器 (电磁流量计)	1 个 / 膜堆	每个膜堆的给水母管或产水母管上	精度 0.1m <sup>3</sup> /h 量程根据水量大小选择	必装
6	进水温度变送器	1 个 / 膜堆	膜堆给水母管	精度 0.1 °C 量程 0-100 °C	必装
7	进水温度表	1 个 / 膜堆	膜堆给水母管	精度 1.0 °C 量程 0-100 °C	选装
8	液位开关 LS1	1 个 / 膜堆	给水上下连通管上, 膜组件的垂直中点向上偏移约 700-800mm 的位置。	选材要防腐蚀响应时间应 <0.1 秒	选装
9	进水浊度计	1 个 / 项目	总进水母管上	精度 0.01NTU 量程 0-100NTU	必装
10	产水浊度计	1 个 / 膜堆	每个膜堆的产水母管上	精度 0.001NTU 量程 0-10NTU	必装
11	反洗曝气流量变送器	1 个 / 膜堆	反洗曝气母管上	精度 0.5m <sup>3</sup> /h 量程根据气量确定	选装
12	反洗曝气流量计	1 个 / 膜堆	反洗曝气母管上	精度 0.5m <sup>3</sup> /h 量程根据气量确定	必装
13	反洗曝气压力表	1 个 / 膜堆	反洗曝气母管上	精度 0.01Bar 量程 0-1Bar	必装
14	pH 变送器	1 个 / 清洗	安装于清洗母管上	精度 0.01 量程 0-14	必装
15	pH 变送器	1 个 / 中和池装置	安装于中和泵出口	精度 0.01 量程 0-14	选装
16	清洗箱温度变送器	1 个 / 清洗箱	清洗箱壁的中下部	精度 0.1 °C 量程 0-100 °C	必装
17	清洗箱温度表	1 个 / 清洗箱	清洗箱壁的中下部	精度 1.0 °C 量程 0-100 °C	必装
18	清洗流量变送器	1 个 / 清洗装置	安装于清洗母管上	精度 0.1m <sup>3</sup> /h 量程根据水量大小选择	选装
19	清洗流量计	1 个 / 清洗装置	安装于清洗母管上	精度 0.5m <sup>3</sup> /h 量程根据水量大小选择	必装
20	在线余氯表	1 个 / 膜堆	安装于进水或产水母管上	精度 0.01ppm 量程 0-5ppm	选装

### 9.5.4 膜堆框架尺寸

膜堆框架的尺寸一般根据单套膜堆扩展后的大小来确定。与膜堆尺寸类似, 不同大小膜堆的框架主要是长度方向有变化, 其前后宽度、上下高度都是一样的。每个膜堆都是通过前后两条挂片以吊装的方式悬挂在框架顶梁的下面, 具有左右和上下伸缩的能力, 尽可能地消除了内应力的存在。右图是一个膜堆框架的立体示意图, 仅供参考。



适合于 CP36L20V-CP120L20V 膜堆的框架尺寸可参考下表所示，如果考虑地脚固定的宽度，那么在下表值的基础上，前后宽度增加 90mm，左右长度增加 100mm，高度保持不变。凡是购买了膜堆设备的客户，请与西门子技术支持联系，以获取膜堆框架的细节尺寸及图纸信息支持。需要明确指出的是：膜堆的框架不包含在膜堆的供货范围之内。

膜堆大小	膜堆框架大小, mm (长 × 宽 × 高)	膜堆大小	膜堆框架大小, mm (长 × 宽 × 高)
CP36L20V	1744 × 1120 × 3595	CP84L20V	3216 × 1120 × 3595
CP42L20V	1928 × 1120 × 3595	CP90L20V	3400 × 1120 × 3595
CP48L20V	2112 × 1120 × 3595	CP96L20V	3584 × 1120 × 3595
CP54L20V	2296 × 1120 × 3595	CP102L20V	3768 × 1120 × 3595
CP60L20V	2480 × 1120 × 3595	CP108L20V	3952 × 1120 × 3595
CP66L20V	2664 × 1120 × 3595	CP114L20V	4136 × 1120 × 3595
CP72L20V	2848 × 1120 × 3595	CP120L20V	4320 × 1120 × 3595
CP78L20V	3032 × 1120 × 3595		

### 9.5.5 膜堆接口细节图

膜堆与其他设备的接口主要有三方面：

- A、膜堆顶部吊钩与膜架的连接；
- B、膜堆与进水、产水管道相连的柔性接口；
- C、膜堆前侧面下部的反洗曝气支管接口。购买了膜堆设备的客户，请与西门子公司联系，以获取这些接口的细节尺寸及图纸信息支持。

# 第十章 压力式超滤 (CP) 系统的调试和运行

为了让设计的膜系统能够顺畅地运行，调试环节是极为重要的。因为只有通过合理的调试，才能找出最优运行方案。作为 CP 系统，可遵循下述基本的调试步骤：

- A、检查管道、阀门系统、采样点的位置安装是否正确、管径是否正确。  
管道、阀门安装的方向和位置有时对实现工艺要求十分关键。合理的管道、阀门布置应该有利于排水、排气，而不会存水、存气，或者尽可能减少存水存气，尤其是不能形成死区，导致漂洗时间过长。
- B、检查仪器仪表安装是否正确、量程和精度是否满足要求、数量是否足够。  
作为新系统，有关仪器仪表的量程、精度及数量请参考上一章有关仪器仪表要求的论述。如果是改造系统，请注意检查原有仪器仪表的量程、精度是否能满足改造后的需要，否则可能需要采购新仪器。
- C、整个超滤系统的管道、容器、辅助设备（阀门、泵）过水界面的选材是否正确。  
超滤的管道系统包括正常进出水管道、排放及排气管道、清洗回路管道、工艺压缩空气管道、反洗曝气管道等；容器包括产水箱、清洗箱、保安过滤器等；辅助设备包括给水泵、清洗泵、中和泵及所有自动、手动阀门等。根据接触介质的不同，选择管道、容器、辅助设备的材料时，要充分考虑防腐问题。
- D、膜系统是否受到合理保护。  
膜堆从出厂开始到运输过程一直有保护膜保护，一方面维持湿度，避免膜元件因干燥失水而性能下降；另一方面，防止细菌滋长。
- E、检查、冲洗上游全部辅助系统及整个膜堆。  
作为调试必要的一环，在系统进水之前，必须检查所有管道、阀门、箱体、容器内部，务必清理掉残余焊渣、边角料、手套、工具、包装纸、包装袋、抹布等可能堵塞管道阀门的杂物。清理完杂物，进入冲洗阶段。要注意，一定要先将上游系统彻底冲洗干净，才进入膜堆的冲洗。
- F、先确保上游系统调试完毕。  
上游有稳定的来水是膜系统调试的必要条件。因此，上游必须调试完毕，并且确保水质合格。
- G、上游系统的出水是否合格。  
上游来水水质合格是下游膜系统调试的必要条件。作为超滤系统来讲，首先要确定，实际来水水质与设计水质是否一致。如果一致，则顺利进入下一步调试环节；如果不一致，则需要慎重研究实际水质后，才能决定下一步调试怎么进行。
- H、先用干净水源调试膜系统的程控。  
常见干净水源包括自来水、井水等。干净水源的特点是有有机污染物低、悬浮物低、浊度低、残余絮凝剂少，不会对膜系统形成快速的污堵，这样为理顺程控步序，提供了足够的时间。

I、检查控制线路是否正确。

控制线路包括发送给就地设备的主控制信号线和就地设备的反馈信号线以及自动仪器仪表的检测信号线。控制线路接错，在现场经常发生，请予重视。

J、标定在线仪器仪表。

在线自动仪器仪表在投入运行前，必须进行标定，确保准确。

K、检查控制逻辑是否正确。

控制逻辑应依照控制步序表 (CST) 逐一检查，确保符合工艺需要。

L、检查控制设定的时间是否符合现场需要。

控制步序表中，每一步的设定时间并不能满足所有系统。对于具体的系统，以满足本工程的实际工艺需要为准，而不应该古板地死套步序表的推荐值。

M、检查报警是否正确。

报警信号是反应系统内在问题很重要的一环。

N、检查各种保护是否正确。

- 超温保护。
- 超压保护。
- 超 pH 值保护。

O、进真正的原水进行调试。

- 只有用干净水源调试膜系统的程控结束并认为合格后，才能向超滤系统进真正的水源调试。这时，如果水源水质不好，尤其是水源为废水时，一定要遵循谨慎原则。

P、运行参数的优化和调整。

由于系统大小的差异、进水水质的差异、设计思路的差异，一个推荐的控制步序表是不可能完全满足所有系统实际情况的，所以，对运行参数进行必要的优化和调整就变得十分必要。

Q、运行数据记录、监督及处理。

系统调试前就必需制定好完善的记录报表，并确保准确的数据记录和操作记录。

R、运行故障的诊断。

运行故障的出现，与现场操作、水质变化等密切相关。

故障诊断的第一步是确认：所谓的“故障”是否是真正的故障。

故障诊断大体可分为信息收集、数据处理及曲线图、逻辑推理、分析报告、结论和建议等主要工作。

信息收集包括广泛采集项目基本信息、客户信息、水质信息、等等诸多有用信息。基础信息越多、越准确、越真实，则越有利于下面的逻辑分析。

# 第十一章 压力式超滤 (CP) 系统的安装、拆卸、维护及常用工具

## 11.1 CP 超滤系统的安装和拆卸

CP 系统的安装和拆卸可理解为两部分工作,一是膜堆的安装和拆卸,二是膜元件的安装和拆卸。

### 一、膜堆的安装很简单,主要分为三步完成:

第一步、膜堆与框架的吊装。

第二步、进水口、出水口柔性接口法兰的连接。

第三步、反洗曝气支管与曝气母管的连接。

膜堆的拆卸也很简单,主要是上述三部分工作的反过程。关于膜堆安装和拆卸的细节说明,下了订单的客户可向西门子索取。

### 二、关于膜元件的拆卸和安装。

整个膜堆的组装是在西门子工厂完成的,用户不涉及这部分工作。用户在现场主要涉及为更换或维护目的进行的元件拆卸或安装。给西门子下了设备订单的客户,可向西门子索取有关膜壳及元件拆卸和安装的详细说明。

## 11.2 CP 超滤系统的维护

CP 系统的日常维护工作包括维护性清洗、化学清洗、完整性检测、声纳测试、元件的拆卸和安装、断丝修补、寿命到期的元件更换、膜系统性能的定期评估和分析、仪器仪表的定期校核,等等。每种维护的具体方法请参考相应章节的内容。

## 11.3 CP 超滤系统的维护专用工具

CP 超滤系统的维护专用工具包括 L20V 元件的常用工具套装、L20V 元件的膜丝修补工具套装、声纳检测仪等。下了设备订单的客户,可向西门子索取有关详细说明。

### 一、L20V 元件的常用工具套装。

该套装主要用于拆卸和组装膜元件,便于完成对膜元件的检修。具体包括 C 型扳手、产水截止阀专用工具、元件拆卸 U 型工具、橡胶软锤、O 型圈拆卸工具。

#### 二、L20V 元件的膜丝修补工具套装

单支超滤膜元件由上万根膜丝组成，一套超滤系统则由数十至上千支膜元件组成，所以超滤系统运行一段时间后，个别膜丝发生断裂或裂纹，是很正常的。西门子为修补断丝开发了专用的补丝工具。

#### 三、声纳检测仪。

声纳检测一般是与膜系统的完整性检测协同进行的。其原理是通过过滤并放大膜丝、密封件及阀门等有缺陷处泄漏气泡的声音，从而帮助用户鉴别完整性有疑点的地方。

#### 四、膜组件安装平台

膜组件的安装平台是一个方便用户安装和拆卸膜元件的选装工具，配备了带锁定装置的轮子、梯子、平台和护栏等必要部件。由于这不是一个必装工具，用户如果预算不充足，完全可以通过搭脚手架、垫木板，协同系统现场配备的梯子等，完成维护工作，只是稍麻烦一点。

# 第十二章 压力式超滤 (CP) 膜堆的 装卸、运输和贮存

下面简述一下有关细节，方便客户理解整个要求。下了订单以后，西门子将提供详细的关于装卸、运输和贮存的说明。



## 警告

- 当遇到可能结冰的情况时，绝对禁止操作、贮存或运输 CP 膜装置。膜装置的进料液温度的推荐范围 0-35°C，放空的膜堆贮存温度推荐范围 0-35°C。
- CP 装置内的液体如果存在冰冻风险时，膜堆及其管道系统都必须完全放空。冰冻可能会严重破坏膜堆、膜元件及其他部件，这种破坏通常导致质保无效。

## CP 膜堆的装卸

膜堆的装卸涉及出厂装运、到货卸运、就地转运等环节。请参照西门子的技术要求进行装卸操作。

## CP 膜堆的运输

CP 装置运到现场的过程中可以装好膜元件，也可以不装。如果 CP 装置装好膜元件后运输，膜元件一定要保持湿润。在这种情况下，膜堆的曝气接口通常在工厂用塑料盖子密封好，进水口、出水口用堵板堵住。

## 安装前的贮存

西门子的 CP 装置要求保湿贮存。保护液充满膜丝的给水侧为宜。膜堆应置于阴凉有遮蔽的地方，避免阳光和紫外线直射。在防冻的同时，也要避免离暖气片太近，避免高温烤干膜堆内的元件及其他部件。

## 调试前的贮存

西门子的 CP 装置要求保湿贮存。保护液充满膜丝的给水侧为宜。膜堆应置于阴凉有遮蔽的地方，避免阳光和紫外线直射。在防冻的同时，也要避免离暖气片太近，避免高温烤干膜堆内的元件及其他部件。

### 调试后的贮存

如果膜堆已经安装膜元件，膜堆必须根据贮存说明灌满稀的保护液，防止膜元件性能下降。贮存过程应该在设备运到现场 7 天之内完成。在中国北方气候干燥，如果系统打开密封后，应该确保 1-2 小时内，完成保护液填充，并重新密封。

### 短期贮存 (<7 天)

在正常自动操作时，PLC 主程序会安排多套 CP 装置轮流运行，确保装置运行时间的平衡。并且装置离线停运时间不宜太长。

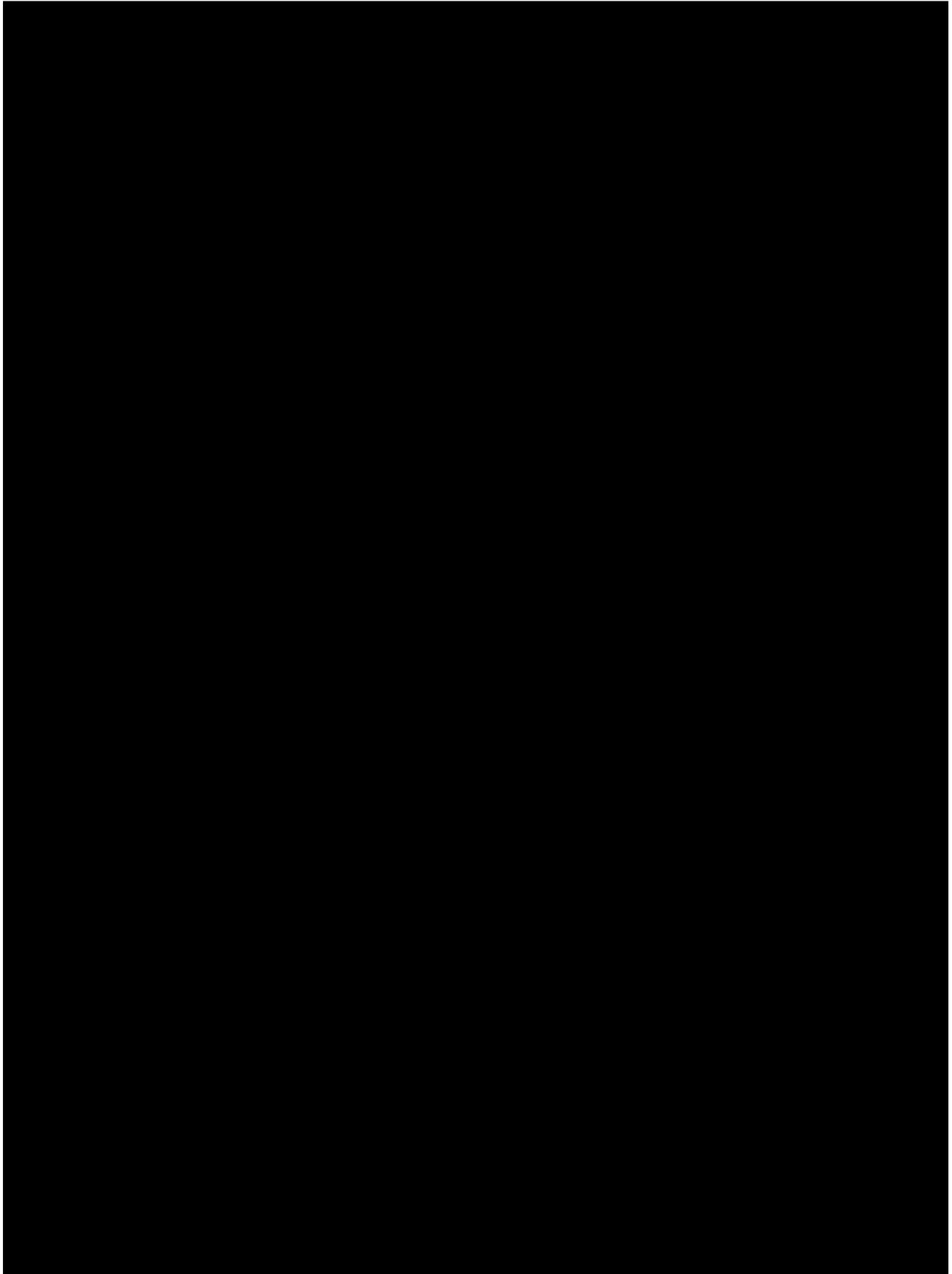
如果装置每周运行时间只有数小时，而不得长时间停运，那么如果可能的话，至少保证 24-48 小时内系统启动 1 次。

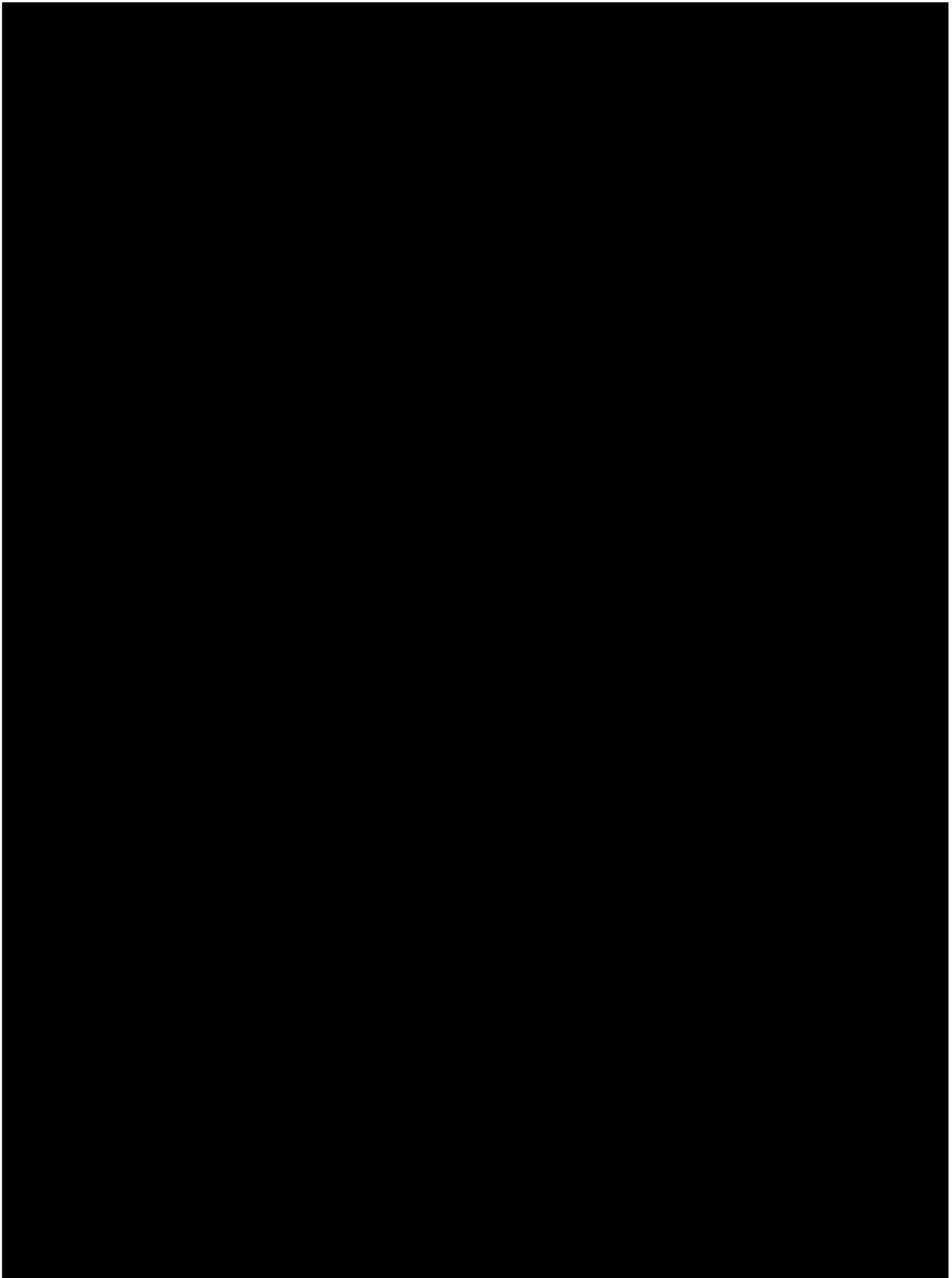
### 长期贮存 (>7 天)

如果系统停运超过 7 天，建议先将膜系统彻底清洗干净后，贮存在弱氯（5-10ppm 游离氯）保护液中。

# 第十三章 附件

附件一项目基本信息表

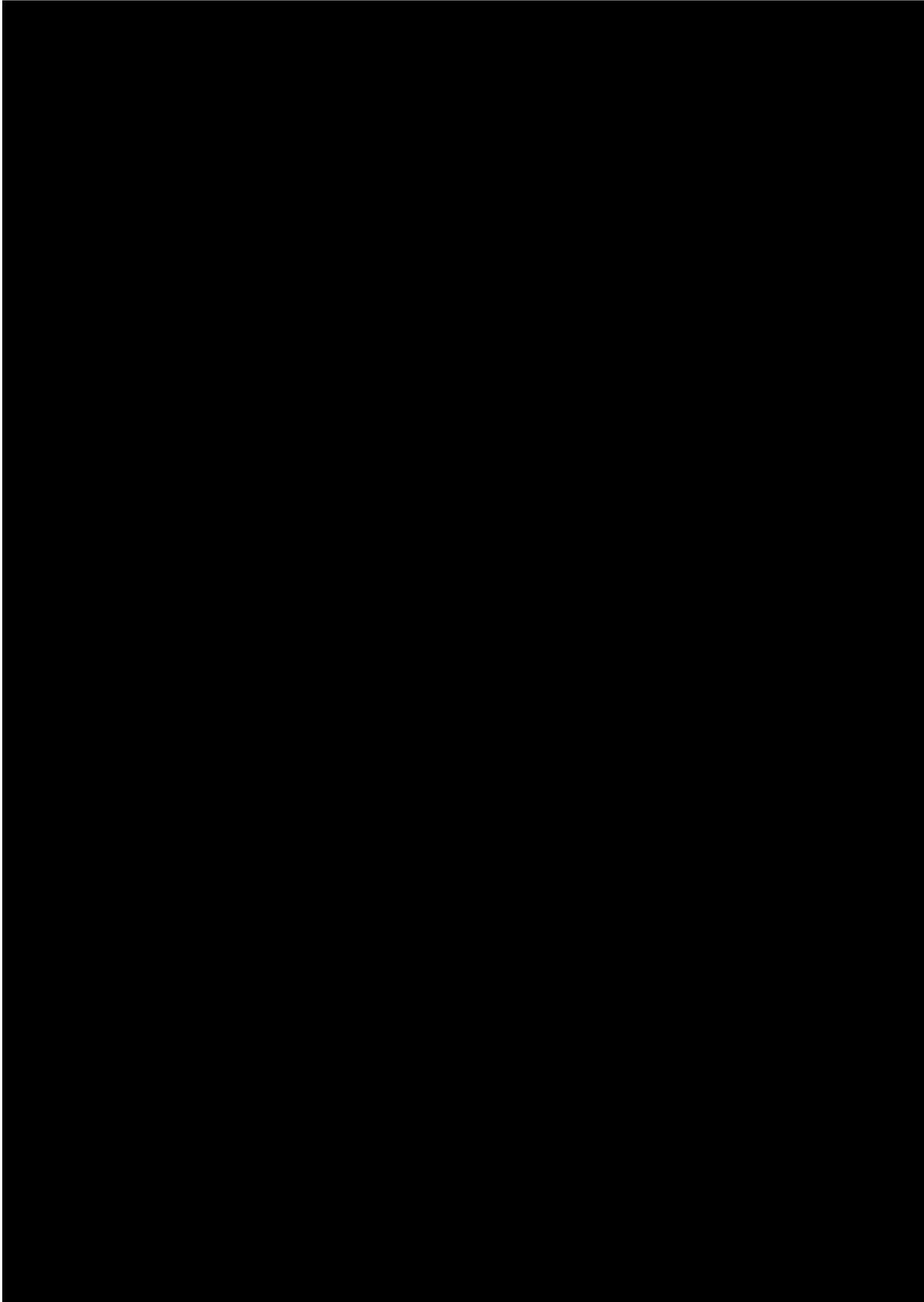




## 附件二 常见英语缩写含义

CMF	=	Continuous Membrane Filtration	连续膜过滤
UF	=	Ultrafiltration	超滤
RO	=	Reverse Osmosis	反渗透
CP	=	Component Pressurized	压力式膜系统
BW	=	Backwash	反洗
MW	=	Maintenance Wash	维护性清洗
CEBW	=	Chemically Enhanced Backwash	化学增强反洗
CIP	=	Clean-In-Place	就地化学清洗
PDT	=	Pressure Decay Test	压力衰减试验
CST	=	Control Sequence Table	控制步序表
PID	=	Process & Instrumentation Diagram	工艺仪表图
O&M	=	Operation & Maintenance	运行 & 维护
TMP	=	Trans-membrane Pressure	透膜压差
LMH	=	L/m <sup>2</sup> .h	升 / 平米 . 小时
FAD	=	Free Air Delivery	自由空气输送量
ML/d	=	10 <sup>6</sup> -liter per day	兆升 / 天
SDI	=	Silt Density Index	污泥密度指数
SS	=	Suspended Solid	悬浮固体
PAM	=	Polyacrylamide	聚丙烯酰胺
PAC	=	Poly Aluminium Chloride	聚合氯化铝
ACH	=	Aluminum Chlorhydrate	碱压氯化铝
LRV	=	Log Reduction Value	对数去除单位
PVDF	=	Polyvinylidene Fluoride	聚偏氟乙烯
PP	=	Polypropylene	聚丙烯
PS	=	Polysulphone	聚砜
PES	=	Polyether Sulphone	聚醚砜
SS	=	Stainless Steel	不锈钢
HDPE	=	High Density Polyethylene	高密度聚乙烯
LS	=	Level Switch	液位开关
TP	=	Terminal Point	端点
FCV	=	Flow Control Valve	流量控制阀
VSD	=	Variable Speed Device	变频器
SCADA	=	Supervising Control And Data Acquisition	监控数采系统
HMI	=	Human Machine Interface	人机界面
PLC	=	Programmable Logic Controller	可编程控制器
WW	=	Waste Water	废水
WWTP	=	Waste Water Treatment Plant	废水处理厂
WTP	=	Water Treatment Plant	水处理厂
SLC	=	Siemens Limited China	西门子(中国)有限公司
SWT	=	Siemens Water Technology	西门子水技术公司

附件三 CP36L20V- CP120L20V 单端连接膜堆尺寸图



西门子（中国）有限公司  
水处理技术部  
北京市朝阳区望京中环南路7号  
邮政编码：100102  
电话：010-6476 6326  
传真：010-6476 4715

MEMCOR® 是西门子公司的注册商标

© 澳大利亚Memcor有限公司 2012