

大型浸没式超滤膜水厂设计及运行值得注意的几个问题

——东营市南郊超滤水厂经验总结

纪洪杰

2013年06月21日·武汉

内 容 提 要

- 一、前言
- 二、南郊水厂概况
- 三、设计、运行中需要注意的问题
- 四、总结
- 五、今后的几点打算

一、前言

- ❖ 东营市南郊水厂**2009**年投产的超滤车间是国内首条**10万m³/d**级的**浸没式超滤净水系统**，是常规处理工艺老水厂应对微污染原水升级达标的范例，为我国市政水厂建设有中国特色的大型浸没式超滤系统做了一个很好的**示范**。**2012**年实施的扩容工程将建设一座**10万m³/d**规模、全新的以超滤为核心组合高密度生物接触氧化，应对低温低浊、高藻、微污染原水的深度处理水厂，体现了绿色环保、经济高效的**时代精神**。借此机会我简要介绍一下南郊水厂改（扩）建工程实施中，在**设计、施工、调试及运行**等方面相关的一些**经验与做法**，希望能为类似水厂的建设提供借鉴。

二、南郊水厂概况

东营市南郊水厂位于东营市东南，是东城区范围内的主供水厂，供水范围包括东营市东城区及东营市经济开发区。南郊水厂始建于1993年3月，设计规模为10万m³/d，分两期建设。一期5万m³/d，于1998年5月建成投产运行；2005年6月完成了二期工程，能力达到10万m³/d，水厂以引黄水库水为原水，黄河水经过沉砂处理后进入南郊水库，水厂直接从水库取水，采用二氧化氯、液氯混合预氧化、混凝沉淀、砂滤、氯消毒常规处理工艺。出厂水水质能够达到原国家《生活饮用水卫生标准》（GB5749-85）的35项指标要求。

- ❖ **2009年5月南郊水厂开始实施水质提标改造工程**，根据设计在原有工艺上增加**高锰酸钾**预氧化系统、**粉末活性炭**投加系统和**浸没式超滤车间**，确保原水受到微污染的情况下，出厂水水质达新颁国家《生活饮用水卫生标准》（**GB5749-2006**）**106**项指标要求。
- ❖ **2012年5月南郊水厂开工建设规模10万m³/d的扩容工程**，建设一个全新的超滤组合工艺水厂，预计**2013年10月底投产**。届时南郊水厂总规模将达**20万m³/d**。

表1 2009年-2012年原水水质参数表

年 份	值 域	浊度 (NTU)	氨氮 (mg/L)	耗氧量 (mg/L)
2009	最大值	21.3	0.95	4.45
	最小值	2.18	0.1	2.81
	均 值	8.73	0.27	3.5
2010	最大值	28.4	0.72	4
	最小值	1.17	0.1	2.12
	均 值	11.57	0.41	3.3
2011	最大值	25.4	0.54	5.25
	最小值	2.02	0.14	2.3
	均 值	9.36	0.327	3.44
2012	最大值	24.3	0.61	3.25
	最小值	1.8	0.14	2.1
	均 值	8.63	0.304	2.96
地表水质标准GB3838-2002	Ⅲ类标准	/	≤1.0	≤6.0

❖ 南郊水厂原水具有典型的黄河下游水库水的特性，水厂提升工艺主要解决冬季**低温、低浊**，夏季**高藻、臭味、微污染**的问题，并注意溴化物（**Br-**）转化溴酸盐的风险。

2.1、改造工程的任务、目标及内容

- ❖ **任务：**南郊水厂一期提标改造工程是国家“十一五”水专项黄河项目“引黄水库水超滤膜处理集成技术与示范”课题的示范工程，以解决低温低浊、高温高藻、微污染和臭味等问题。最初设计单位推荐的处理工艺为高密度生物粉末活性炭+超滤。
- ❖ **目标：**在完成南郊水厂水质达标的同时，利用国内技术设计和建设、运行第一座大型超滤膜系统的示范工程。
- ❖ **改造内容：**采用高锰酸钾预氧化+粉炭吸附+混凝沉淀+砂滤+超滤把关的组合工艺。工程实施过程中，保留了原有的预氧化系统，只增加了粉末活性炭投加系统和浸没式超滤膜过滤系统。

2.2、扩容工程的任务、目标及内容

- ❖ **任务：**根据“**十二五**”水专项和“南水北调”山东受水区对膜处理工艺需求，优选适于山东受水区的膜处理组合工艺，为“十二五”膜工艺示范工程和依托工程提供**技术支持**。集成水专项相关研究成果，为类似水厂的建设和运行**提供经验**。
- ❖ **目标：**针对**南水北调**通水后东营市多水源供水系统存在的**安全问题**，配合对东营的水源、水厂和管网进行专项调研，集成水专项研究成果进行工程**示范**，建成处理规模**10万m³/d**的东营南郊水厂二期工程，出水水质符合《生活饮用水卫生标准》（**GB5749-2006**），进一步提升东营市饮用水**安全保障**水平。
- ❖ **内容：**采用高锰酸盐预氧化+**高密度生物粉末活性炭接触氧化**+混凝沉淀+超滤膜的组合工艺，与现有的净水工艺相比，新建工艺缩短了沉淀池**长度**，实现了高浓度活性含炭污泥的回流，去掉了**V**滤池，超滤膜池直接设置在沉淀池末端，组成了一体池。

2.3、超滤膜的特点

膜技术被誉为“21世界的水处理技术”，从1987年世界上第一座膜分离水厂在美国的科罗拉多州的Keystone建成投产，处理能力为 $105\text{m}^3/\text{d}$ ，现在世界上采用膜分离技术的小型水厂已无法统计，国内已经运行和在建的超滤水厂总装膜容量超过了200万 m^3/d 。

❖ **特性：**超滤膜的公称孔径小于0.01微米，可以完全截留两虫、藻类、细菌及水生生物并可去除绝大部分的病毒。

1) 能够有效去除隐孢子虫、贾第鞭毛虫、细菌等微生物以及绝大部分病毒，显著提高了饮用水的微生物安全性；

2) 可以去除全部藻类；

3) 水处理过程中不产生副产物；

4) 膜过滤处理单元体积小，技术操作简单。

但超滤膜对于溶解性有机物的去除能力较弱，为克服这一缺点，一般与活性炭联用形成组合工艺。

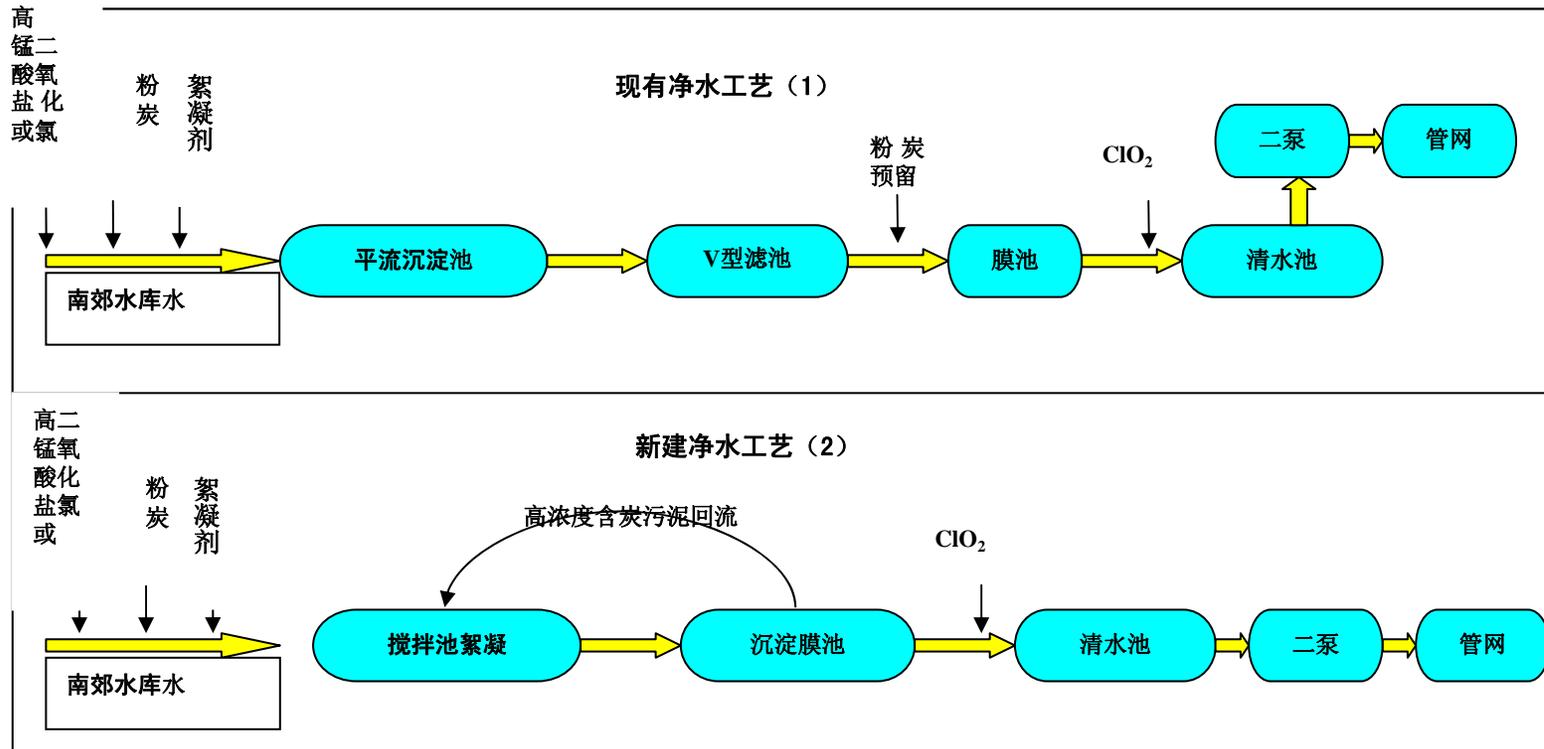
2.4、超滤膜与深度处理的关系

常规处理、深度处理与混凝、沉淀、过滤、超滤等等是两类不同的**概念**。前者是指处理**效果**，后者是指处理工艺即处理**手段**。

目前业内有一种观点认为，**超滤膜**只是常规处理环节中砂滤的**强化**，不应包括在水深度处理的范畴内。我在这里需要强调的是**超滤技术**和**超滤膜**是两类不同的概念，前者是指超滤膜组合工艺技术，后者是指处理过程中的一个环节。超滤组合工艺可以明显降低出水**浊度**，仅为砂滤的几分之一，可以完全去除水中藻类、两虫、细菌及病毒，超滤膜后**2~5 μm**颗粒数一般控制在**50个/L**以下，而常规工艺甚至臭氧-活性炭深度处理工艺即使在运行状况十分良好的情况下也难以达到。南郊水厂采用超滤组合工艺改造后，出厂水的**COD_{Mn}**消减量同比常规工艺提高**10%**左右，管网水消毒副产物生成水平同比下降**90%**。完全达到甚至许多指标优于新国标要求，也是常规工艺不能达到的。因此，我们认为东营水厂超滤组合工艺应属于深度处理**工艺范畴**。

工艺特点

东营市南郊水厂示范工程及扩容工程工艺流程示意图：



改造工程的工艺流程见图1（1），其核心为常规工艺后增加了粉碳投加及超滤膜工艺，后消毒由液氯改为二氧化氯。该工艺主要解决了老旧水厂水质提标达标问题。截至到现在，超滤膜系统安全运行了三年零七个月，出水水质稳定，符合国家标准要求的**106**项要求。为国内同类水源微污染水质的老水厂改造提供了一定的借鉴。

扩容工程的工艺流程见图1（2），该工艺采用高锰酸盐预氧化+粉末活性炭投加+混凝沉淀+超滤膜的组合工艺。该工艺构筑物少，管理简单，运行费用低，能够实现高浓度的含炭污泥回流，提升了絮凝效果，使活性炭充分利用，降低制水成本，体现了超滤膜组合工艺的优点。

扩容工程设计时有以下三种处理工艺可以选择：

工艺一——常规处理（含气浮）+H₂O₂+臭氧活性炭工艺，能够保证处理水质达标。

工艺二——混凝沉淀+H₂O₂+臭氧活性炭工艺+膜处理工艺，臭氧活性炭工艺后设膜池，较组合工艺一是进一步的提升出水水质，保证出水水质在0.1NTU以下，无微生物泄漏，生物安全性优，在能够控制溴酸盐产生的前提下，出水水质将最好。

工艺三——混凝沉淀+浓缩污泥回流（投加粉末活性炭）+膜处理工艺，本方案具有较好适应性。原水低温低浊，浓缩污泥回流改善了絮凝和沉淀；不投加臭氧，避免了溴酸盐和其它臭氧副产物问题；由于原水浊度较低，少量粉末活性炭投加能得到高倍浓缩，获得去污染能力很好的活性污泥和生物粉末活性炭；该方案依靠超滤膜的绿色分离对藻类和微生物可以完全去除。生物粉



末活性炭和膜，并结合高密度沉淀工艺，通过分工合作，将大中小等各种分子量的有机物对应去除，同时应用于饮用水处理时既不引入，也不改变水中物质的性质，主要表现为自然的物理方式，绿色方式。因此该**工艺三**是最为安全有效的藻类和微量有机物的去除方式，并规避了化学副产物和微生物风险。

改造工程运行效果

- ❖ 目前，南郊水厂超滤膜车间已安全运行43个月，出水水质稳定，全部达到国家标准的106项要求。这是今年六月份，在水厂满负荷运行情况下，委托青岛普尼检测中心检测的水质报告。

检测结果

(Test Results)

报告编号(Report ID): H05171005205D

第 2 页, 共 5 页 (page 2 of 5)

样品名称和编号 (Sample Description and Number)	检测项目 (Test Items)	限值 (Limit)	检测结果 (Test Result)
H05171005205D 南郊水厂出厂水	总大肠菌群, MPN/100mL	不得检出	未检出
	耐热大肠菌群, MPN/100mL	不得检出	未检出
	大肠埃希氏菌, MPN/100mL	不得检出	未检出
	菌落总数, CFU/mL	100	未检出
	砷, mg/L	0.01	未检出(<0.0001)
	镉, mg/L	0.005	未检出(<0.0001)
	铬(六价), mg/L	0.05	未检出(<0.004)
	铅, mg/L	0.01	未检出(<0.001)
	汞, mg/L	0.001	未检出(<0.0001)
	硒, mg/L	0.01	未检出(<0.0001)
	氯化物, mg/L	0.05	未检出(<0.002)
	氟化物, mg/L	1.0	0.56
	硝酸盐(以 N 计), mg/L	10, 地下水限制时为 20	2.96
	三氯甲烷, mg/L	0.06	0.00411
	四氯化碳, mg/L	0.002	未检出(<0.00021)
	溴酸盐, mg/L	0.01	未检出(<0.005)
	甲醛, mg/L	0.9	未检出(<0.05)
	亚硝酸盐, mg/L	0.7	0.0995
	氯酸盐, mg/L	0.7	0.0293
	色度, 度	15	<5
	浊度, NTU	1, 水源保护技术条件限制时为 3	<0.5
	臭和味	无异臭、异味	无异臭、异味
	肉眼可见物	无	无
	pH	不小于 6.5 且不大于 8.5	7.80
	铝, mg/L	0.2	未检出(<0.040)
	铁, mg/L	0.3	0.015
	锰, mg/L	0.1	未检出(<0.0005)
	铜, mg/L	1.0	未检出(<0.009)
	锌, mg/L	1.0	未检出(<0.001)
	氯化物, mg/L	250	123
	硫酸盐, mg/L	250	165
	溶解性总固体, mg/L	1000	635

检测结果

(Test Results)

报告编号(Report ID): H05171005205D

第 3 页, 共 5 页 (page 3 of 5)

样品名称和编号 (Sample Description and Number)	检测项目 (Test Items)	限值 (Limit)	检测结果 (Test Result)
H05171005205D 南郊水厂出厂水	总硬度(以 CaCO ₃ 计), mg/L	450	280
	耗氧量 (COD _{Mn} 法, 以 O ₂ 计), mg/L	3, 水源限制, 顺水耗氧量 >6 mg/L 时为 5	1.38
	挥发酚类(以苯酚计), mg/L	0.002	未检出(<0.002)
	阴离子合成洗涤剂, mg/L	0.3	未检出(<0.050)
	氟气及游离氯制剂(游离氯), mg/L	与水接触时间≥30min, 出厂水中限值 4, 出厂水中余量≥0.3, 管网末梢水中余量≥0.05	0.30
	一氯胺(总氯), mg/L	与水接触时间≥120min, 出厂水中限值 3, 出厂水中余量≥0.5, 管网末梢水中余量≥0.05	0.50
	臭氧(O ₃), mg/L	与水接触时间≥12min, 出厂水中限值 0.3, 管网末梢水中余量 0.02, 加氯量≥0.05	未检出(<0.01)
	二氧化氯(ClO ₂), mg/L	与水接触时间≥30min, 出厂水中限值 0.8, 出厂水中余量≥0.1, 管网末梢水中余量≥0.02	0.15
	贾第鞭毛虫, 个/10L	<1	0
	隐孢子虫, 个/10L	<1	0
	镉, mg/L	0.005	未检出(<0.005)
	钴, mg/L	0.7	0.12
	钡, mg/L	0.002	未检出(<0.0002)
	硼, mg/L	0.5	0.23
	钼, mg/L	0.07	未检出(<0.008)
	镍, mg/L	0.02	未检出(<0.006)
	铈, mg/L	0.05	未检出(<0.0001)
	铉, mg/L	0.0001	未检出(<0.0001)
	氯化氮(以 CN 计), mg/L	0.07	未检出(<0.01)
	一氯二溴甲烷, mg/L	0.1	0.0112
	二氯一溴甲烷, mg/L	0.06	0.00837
	二氯乙酸, mg/L	0.05	未检出(<0.0020)
	1,2-二氯乙烷, mg/L	0.03	未检出(<0.00006)
	二氯甲烷, mg/L	0.02	0.00022

检测结果 (Test Results)

报告编号(Report ID): H05171005205D

第 4 页, 共 5 页 (page 4 of 5)

样品名称和编号 (Sample Description and Number)	检测项目 (Test Item)	限值 (Limit)	检测结果 (Test Result)
H05171005205D 南郊水厂出厂水	三卤甲烷(三氯甲烷, 一氯二溴甲烷, 二氯一溴甲烷, 三溴甲烷的总和)	该类化合物中各种化合物的实测浓度与其各自限值的比 值之和不超过 1	0.393
	1,1,1-三氯乙烯, mg/L	2	未检出(<0.00008)
	三氯乙酸, mg/L	0.1	未检出(<0.0010)
	三氯乙烯, mg/L	0.01	未检出(<0.00010)
	2,4,6-三氯酚, mg/L	0.2	未检出(<0.00004)
	三溴甲烷, mg/L	0.1	0.00726
	七氯, mg/L	0.0004	未检出(<0.0002)
	马拉硫磷, mg/L	0.25	未检出(<0.0001)
	五氯酚, mg/L	0.009	未检出(<0.00003)
	六六六(总量), mg/L	0.005	未检出(<0.00001)
	总 α 放射性, Bq/L	0.5	0.016
	总 β 放射性, Bq/L	1	0.071
	六氯苯, mg/L	0.001	未检出(<0.00002)
	乐果, mg/L	0.08	未检出(<0.0001)
	对硫磷, mg/L	0.003	未检出(<0.0001)
	灭草松, mg/L	0.3	未检出(<0.00020)
	甲基对硫磷, mg/L	0.02	未检出(<0.0001)
	百菌清, mg/L	0.01	未检出(<0.0004)
	吡啶, mg/L	0.007	未检出(<0.000125)
	林丹, mg/L	0.002	未检出(<0.00001)
	毒死蜱, mg/L	0.03	未检出(<0.002)
	草甘膦, mg/L	0.7	未检出(<0.025)
	敌敌畏, mg/L	0.001	未检出(<0.00005)
	莠去津, mg/L	0.002	未检出(<0.0005)
	溴氰菊酯, mg/L	0.02	未检出(<0.00020)
	2,4-滴, mg/L	0.03	未检出(<0.00005)
	滴滴涕, mg/L	0.001	未检出(<0.00002)
乙苯, mg/L	0.3	0.00020	
二甲苯(总量), mg/L	0.5	0.00082	

检测结果 (Test Results)

报告编号(Report ID): H05171005205D

第 5 页, 共 5 页 (page 5 of 5)

样品名称和编号 (Sample Description and Number)	检测项目 (Test Item)	限值 (Limit)	检测结果 (Test Result)	
H05171005205D 南郊水厂出厂水	1,1-二氯乙烯, mg/L	0.03	未检出(<0.00012)	
	1,2-二氯乙烯, mg/L	0.05	未检出(<0.00012)	
	1,2-二氯苯, mg/L	1	0.00110	
	1,4-二氯苯, mg/L	0.3	未检出(<0.00003)	
	三氯乙烯, mg/L	0.07	未检出(<0.00019)	
	三氯苯(总量), mg/L	0.02	0.00004	
	六氯丁二烯, mg/L	0.0006	未检出(<0.0001)	
	丙烯腈, mg/L	0.0005	未检出(<0.00005)	
	四氯乙烯, mg/L	0.04	未检出(<0.00014)	
	甲苯, mg/L	0.7	0.00173	
	邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯, mg/L	0.008	未检出(<0.002)	
	环氧氯丙烷, mg/L	0.0004	未检出(<0.0004)	
	苯, mg/L	0.01	0.00054	
	苯乙烯, mg/L	0.02	未检出(<0.00004)	
	苯并(a)芘, mg/L	0.00001	未检出(<0.0000014)	
	氯乙烯, mg/L	0.005	未检出(<0.001)	
	氯苯, mg/L	0.3	未检出(<0.00004)	
	微囊藻毒素-LR, mg/L	0.001	未检出(<0.00006)	
	氨氮(以 N 计), mg/L	0.5	未检出(<0.02)	
	硫化物, mg/L	0.02	未检出(<0.02)	
	铜, mg/L	200	103	
	以下空白 (End of Report)	以下空白 (End of Report)	以下空白 (End of Report)	以下空白 (End of Report)

❖ 水质改善工程中的超滤膜车间



❖ 扩容工程的建设中的超滤膜车间



关于断丝问题的探讨

◆
新膜



◆
新膜



◆ 目前膜池中膜的现状

❖ 通过图片可以看出，超滤系统运行**43**个月之后，膜组在外观方面发生了比较明显的变化：膜丝表面附着一层黄色的膜，中间膜丝由于受反冲应力，出现松弛现象。一个膜组件膜丝数一般在**22.8**万根，抽检了两个膜池的**4**组膜，发现每个膜组件的短丝数都不超过**5**根，断丝率较低在**0.002-0.003%**之间。所以超滤膜在其使用初期，除机械损坏之外，工艺对其断丝率基本没有影响。

三、设计、运行中需要注意的问题

1、设计方面

❖ 构筑物布局及工艺整合

在老水厂工艺改造过程中，新增生产构筑物的布置是影响项目成败的一个重要因素。在工艺提升的同时，尽量做到厂区总体平面布局合理，使原有构筑物及设备充分利用，保持厂区布局的美观性、完整性，并适当考虑水厂今后发展的预留场地。

❖ 适当确定膜的设计通量

膜的设计通量的不是越大越好，就像管道有一个经济流速，膜也应该有一个经济通量。设计通量偏大单位电耗就高，也会缩短膜污染周期甚至影响膜的寿命；反之膜的设计通量太小就会增加膜的数量和投资成本。对于已经达到设计能力的老水厂改造而言，建议膜组面积一次性满足生产需求并留有余量；对新建的膜水厂宜在满足当前供水需求的条件下，逐步增加模组数量。一期设有12个膜池，每个膜池12600m²，设有6个膜组，每组2100m²膜组，采用离线化学清洗，对产水量影响小。扩容工程膜组采用了在线化学清洗，膜池设置数量比一期多了4个膜池作为备份，可保障膜组进行离线清洗时，满足产水需求。

❖ 优化膜池进水

膜池初运行或排水后，水位较低，水力冲击进入对膜丝的冲击较大，甚至造成断丝；膜池连续运行，进水口完全被淹没，靠联通作用，水流进入平稳。改造工程为了解决进水对膜丝的冲击作用，工程中采用了在进水口前面位置安装**1200mm×1600mm**的不锈钢消能板的方法，大大减小了膜池进水口处侧向进水对膜丝的冲击影响。扩建工程采用了新型自带防护的膜组件，彻底解决了这方面的问题。



膜池盖板

对于大型的浸没式膜池，为减少曝气时余氯的散发，膜池应作适当密封处理。可覆盖密封性较好的轻质盖板，盖板上设观察窗，工程中盖板材料宜采用塑料板、玻璃钢（较贵），不锈钢及钢格板等材料易锈蚀而不宜采用。同时考虑到膜丝对光线的敏感性，以及给水厂中水的清澈性，应采取一定的遮光措施，避免阳光等光线对膜丝的长期直射，透明的盖板材料也不适合采用。

❖ 水质预警系统的建立

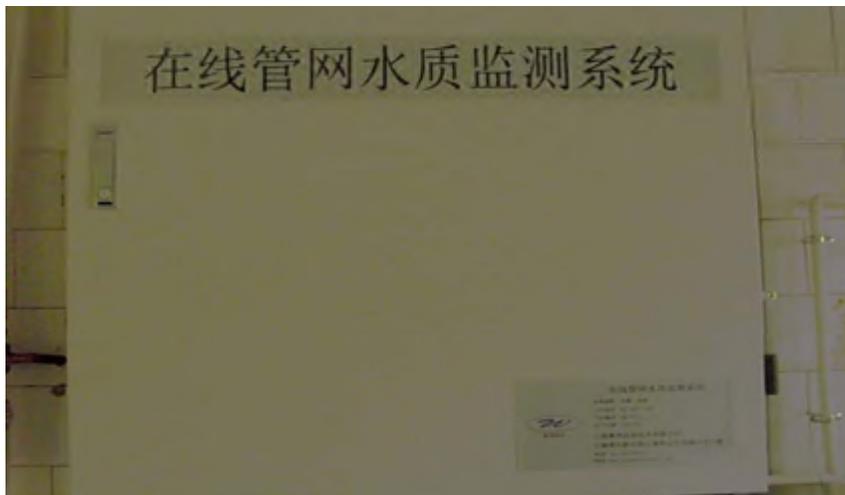
水质预警系统主要由采配水单元、预处理单元、在线监测单元、控制单元、数据采集传输单元、远程监控单元六部分构成。利用计算机技术、网络通信技术以及环境监测技术将环境管理、水质实时在线监测科学集成一体，可同步对水质的污染因子进行实时在线监测，实时测控污染物质总量，当污染物浓度超标时产生预警并通过程序设置实现自动控制下一步操作。南郊水厂于**2011年9月**完成水质预警系统的建设，建成了包括**1个水源水**、**1个出厂水**、**2个管网水**水质在线监测站点，实现了从水源至用户水质的实时监测，为东营城市饮用水安全提供了有力的技术支持。

规五参数、叶绿素/蓝绿藻在线监测仪



CO₂分析仪

在线管网水质监测系统



生物(鱼)预警在线监测仪



❖ 膜池水质在线监测系统（颗粒计数器）的配置

超滤膜组合工艺的出水水质的主要监测设备为颗粒计数器，主要监测水中的颗粒物的多少来判定水质是否合格。一期改造工程中，设计在每个膜池都设置了一台颗粒计数器，工程实施中，我们使用**2台颗粒计数器**分别对**6个膜池**进行周期巡检亦能满足生产监测要求。扩建工程中，我们仍然在每个膜池中设置了一台颗粒计数器，主要原因为南郊水厂作为大型超滤膜水厂的一个示范，不仅要保障膜后出水检测要求，还要满足科研的需要。所以我们认为在不承担科研任务的水厂在膜池中设置颗粒计数器的巡检就能满足生产要求，从而大大节约工程造价。



❖ 颗粒计数器

反冲洗水的再利用

膜滤系统周期反冲洗后，生产废水需要进行定期排放。一个10万 m^3/d 的膜池，其一天的冲洗需排水量约为800~1200 m^3/d 。改造工程由于在膜系统前我们拥有很好的预处理系统，所以进入膜池的污染物较少，实际膜池每次排水仅是设计排水量的1/4，这就大大缩短了排水时间，也提高了膜系统的产水率。

❖ 预氧化剂的选择

预臭氧：臭氧的强氧化作用会产生溴-消毒副产物，而黄河水库水恰恰溴离子含量偏高，所以使用臭氧预氧化会增加生成消毒副产物的风险，况且超滤膜对有机物的截留能力有限，故南郊水厂也没有选用预臭氧作为预处理工艺。

高锰酸盐复合药剂：近年来研制出高锰酸盐复合药剂，其在氧化过程中产生的中间态和新生态成分可以强化去除水体中的微量有机污染物，新生态的二氧化锰对水体中微量有机物和无机污染物有吸附作用，可提高预氧化对水体中的重金属去除效果

二氧化氯预氧化：二氧化氯对芳香烃类化合物有比较好的去除效果，尤其在控制消毒副产物，减少总有机卤的生有很好的效果，此外二氧化氯对水体中的藻类有较高的去除效果。并且二氧化氯无毒副作用，投加量少，具有较好的推广前景。故经过测试，二氧化氯在南郊水厂制水过程中已得到的使用。

❖ 粉炭投加点及方式的选择

粉炭投加方式有湿式和干式两种，投加泵有螺杆泵和凸轮泵。改造工程中使用的是螺杆投加泵干式投加方式，在使用过程中发现效果不是很好，干式投加在投加过程中粉炭容易飘散，操作人员在操作过程中容易吸入粉炭颗粒，对身体健康有不小的危害，飘散的粉炭对环境卫生污染比较严重，打扫起来还比较困难。此外，螺杆泵在长时间运行后，其定子部分极易磨损，造成故障，其在使用的持久性能方面不如凸轮泵，所以水厂拟将螺杆泵改为凸轮泵。扩建工程中在粉炭投加的选择方面做了改进，投加方式采用湿式水射器投加，以降低粉炭颗粒对周边环境的影响。



❖ 水质改善工程的粉炭投加车间

❖ 膜池总进水阀门的控制

超滤膜车间皆为全自动控制，设定参数后自行运行。在老水厂改造中，膜池的自动化基本都可以实现，但膜池总进水阀门往往被忽略。设计者一般认为设置阀门主要为检修使用，当膜池的进水量大于其产水量时，多余的水能够溢流。但实际使用过程中，膜前的阀门还应担负着调节进水流量的作用，作为大型超滤水厂，如果产生溢流，那么造成的水资源浪费是巨大的，所以在设计时自动控制系统应能够使膜池前的阀门的开启度与膜池的水位相关。使用阀门的微调实现膜池生产时的恒水位，以减少膜池的溢流，保障膜池的安全运行。

2、系统运行方面

❖ 适时调整反冲洗周期

膜的冲洗系统分两部分，一是通过曝气利用气泡的剪切作用对膜丝进行擦洗，另一部分是采用清水进行反冲洗。冲洗强度：气冲强度以膜池面积计**60m³/(m²·h)**；水反冲强度是以膜面积计**60L/(m²·h)**，改造每格膜池反洗时间**120s**，其中先曝气**90s**后曝气与水反冲**30s**。根据季节和水温调整反冲洗周期，本工程初期反冲洗周期在冬、春季为**5 h**，夏、秋季采用**8 h**，尽管系统已经运行**43**个月，反冲洗周期在冬、春季为**5 h**，夏、秋季采用**6h**，冲洗周期没有明显变化。扩建模组自带了曝气系统，设计上保留了池底的曝气系统，主要是强化排水的效果。

❖ 合理确定化学清洗周期

化学清洗分为在线和离线清洗。当膜组进行维护性清洗后还不能使跨膜压差恢复到正常水平时则需进行化学清洗，超滤膜的化学清洗周期设计为**4~6**个月，化学药剂种类为柠檬酸（或盐酸），氢氧化钠和次氯酸钠等。

❖ 化学清洗池尺寸（长×宽×高，m）

:5.75×1.4×2.70

❖ 化学清洗池容积=**21.70m³**

❖ 每次化学清洗所需的药液如下表：

清洗药液名称		清洗药液原药液浓度	清洗时药液浓度	所需要原药液量
碱洗	次氯酸钠	10%	1000ppm(0.10%)	217L
	氢氧化钠	固体	0.50%	108.5kg
酸洗	柠檬酸	固体	0.50%	108.5kg
	盐酸	31%液体	调节pH, 0.1%	72L

作为国内首个大型超滤膜水厂，各种清洗方式实际的清洗效果及清洗特点需在实践中摸索和总结，每年我们都选择特定的膜组进行化学清洗试验。**2013年1月7日**我们选择第七号、八号膜池进行在线化学清洗试验，通过试验发现，经历**34**个月的连续运行，膜组的跨膜压差平均增加到**0.05~0.06MPa**之间，每次自动反洗完成后，跨膜压差会降低至**0.03~0.04 Mpa**水平；在线化学清洗后，膜组的跨膜压差降低至**0.04~0.05 MPa**之间，自动反洗完成后，跨膜压差会降低至**0.025~0.035**之间。但持续运行**30**天左右后，跨膜压差逐渐恢复至其他没有进行清洗的膜组水平，但经过化学清洗膜组电机的电流值均低于没有进行化学清洗的膜组，说明经历长时间运行后，膜组的不可逆污染趋于稳定，进行在线化学清洗可适当消除膜污染，但很快又会恢复至清洗前水平，不过可以降低抽吸泵的电流强度，节能降耗作用明显。因此，周期性的进行化学清洗也是必要的。

消毒工艺的改进

超滤膜工艺中，有观点认为在沉淀池出水进入超滤膜池前投加一定的消毒剂，对减缓膜污染，延长膜寿命有非常明显的作用，但通过我们的生产表明，膜池前投加消毒剂对整个膜系统的影响不是很明显。主要原因有二：其一，为应对藻类的影响，我们在工艺前端投加了液氯和二氧化氯进行灭茵除藻，所以沉淀池出水中颗粒物、藻类等对超滤膜产生影响的物质含量处于较低水平了；其二，前端投加消毒剂都为过量投加，沉淀池出水中已经含一定量的消毒剂，所以膜池前投加消毒剂所产生的作用不明显。

为减少氯代副产物，降低臭味物质的产生，进一步改善居民用水口感，提高供水水质，水厂于**2012年9月**完全采用二氧化氯替代液氯对管网水进行消毒。经过长时间监测发现使用二氧化氯消毒生成的**THMs**要比使用液氯消毒生成的**THMs**低**10**倍。使用二氧化氯消毒出厂水及管网水，比使用传统的液氯消毒更能保障饮用水的安全，其中对耗氧量

COD_{Mn}的控制，二氧化氯和液氯效果差不多，二氧化氯稍优于液氯，但对氨氮的控制，二氧化氯优势明显，使用二氧化氯后水中的氨氮要比使用液氯低**50%**以上。对**THMs**的控制，二氧化氯优势明显，使用二氧化氯后水中的氨氮要比使用液氯低一个数量级。随着社会经济的发展，人们生活水平的逐步提高，饮用水的生产、输送质量都应该适应大环境的发展，进行有效的提高，来满足人们生活质量的要求，所以使用二氧化氯是水厂后消毒下一步发展的趋势。

四、总结

超滤水厂是一个复杂的系统工程，设计中除要求投资省、技术先进外还要充分考虑施工安装、生产管理等诸多方面，因此难免出现一些问题或考虑不周的地方，这就要求我们对每一个水厂的每一个环节认真研究，并深入现场不断总结经验，尽量减少失误，使工程更趋完美。东营超滤水厂四年来的安全稳定运行，充分说明超滤组合工艺处理引黄高藻水是成功的，为黄河中下游地区以及水源水质类似地区的老水厂改造提供了一定的借鉴意义。新建的扩容工程的运行效果尚待进一步验证，毋庸置疑，也将为超滤水厂的设计施工提供宝贵的经验。

五、今后几点打算

- ❖ **1、** 逐步研究超滤膜组合工艺对黄河、长江不同水质的稳定性和适应性。
- ❖ **2、** 继续跟踪研究超滤膜实际生产中的膜污染状况及其极限使用寿命。
- ❖ **3、** 通过不断完善的基础设施建设及工艺的不断改进，十二五期间将实现管网末梢水的达标。

谢谢！