

江阴小湾水厂深度处理改建工程

可行性研究报告

项目编号：2013GS088-025



哈尔滨工业大学建筑设计研究院

2014年04月

江阴小湾水厂深度处理改建工程

可行性研究报告

项目编号：2013GS088-025

项目负责人：	赫俊国	教授/博导（市政）
参加人员：	姜洪滨	教授/博导（结构）
	李 建	教授/博导（机电）
	李天龙	副教授/硕导（市政）
	江 涛	讲师/博士后（市政）
	刘 剑	博士研究生（市政）
	庞鹤亮	硕士研究生（市政）
审 核：	袁一星	教授/博导（市政）
联 系 人：	赫俊国	教授/博导（市政）
电子邮件：	junguohe@263.net	
电 话：	13903615836, 0451-86289099	

哈尔滨工业大学建筑设计研究院

2014年4月

目 录

第一章 概 述	1
1.1 项目背景	1
1.2 编制依据	2
1.3 编制范围	5
1.4 编制原则	5
第二章 城 市 概 况	7
2.1 城市性质	7
2.2 社会经济发展水平	7
2.3 城市供水现状及存在问题	7
2.4 城市总体规划及供水专项规划概况	13
第三章 需水量预测及供需水量平衡	15
3.1 需水量预测	15
3.2 供需平衡	16
第四章 项目建设必要性	19
4.1 项目建设是生活饮用水水质标准提高的要求	19
4.2 项目建设是江阴市供水安全的保障	19
4.3 项目建设可以实现水厂自动化，确保供水安全	20
第五章 现有工艺的保留使用调研分析	21
5.1 取水泵站	21
5.2 加氯间	22
5.3 投药间	23
5.4 滤池反冲洗泵房	24

5.5 二次加压泵站	25
第六章 工程设计标准	26
6.1 工程范围	26
6.2 水质目标	26
6.3 排泥水处理目标	30
第七章 改造工程方案论证	31
7.1 原水水质	31
7.2 厂址概况	33
7.3 常规水处理工艺选择	34
7.4 深度水处理工艺选择	40
7.5 针对臭氧活性炭深度处理工艺的调研	47
7.6 关于臭氧——活性炭关键技术的选定	61
7.7 水厂处理工艺	70
7.8 排泥水处理方式选择	70
7.9 东区实际产水规模论证	71
第八章 推荐方案工程内容	73
8.1 工程规模及流程	73
8.2 厂址选择	74
8.3 常规处理工艺设计	74
8.4 深度水处理工艺设计	79
8.5 排泥水处理工艺设计	81
8.6 新建其他工程	83
8.7 建筑设计	84
8.8 结构设计	86

8.9 电气设计	90
8.10 自动化系统、在线仪表、CCTV 安防系统设计	92
第九章 主要设备清单	96
9.1 工艺设备	96
9.2 电气自控仪表设备	100
第十章 管理机构、人员编制及建设进度安排	109
10.1 管理机构	109
10.2 人员编制	109
10.3 建设进度安排	109
第十一章 工程用地及土地利用	110
第十二章 环境保护	111
12.1 环境保护	111
12.2 总体评价结论	115
第十三章 节能措施	116
13.1 节能规范	116
13.2 城市供水系统能耗概况	117
13.3 节能措施及效果分析	119
第十四章 消防	123
14.1 消防等级确定	123
14.2 消防措施	123
14.3 防震措施	124
第十五章 安全生产专篇	125

15.1 不安全因素分析.....	125
15.2 主要防范措施.....	125
15.3 劳动保护和安全规章制度.....	126
第十六章 卫生专篇.....	127
16.1 改建工程对现有工艺的影响.....	127
16.2 臭氧副产物的控制及消除措施.....	127
16.3 活性炭滤池微生物的防泄漏措施.....	128
第十七章 投资估算和资金筹措.....	129
17.1 投资估算编制说明.....	129
17.2 资金筹措及用款计划.....	130
17.3 工程投资.....	130
第十八章 经济评价和效益分析.....	132
18.1 财务评价.....	133
18.2 成本费用预测.....	134
18.3 财务分析报表和财务评价指标.....	136
18.4 财务评价主要指标.....	136
18.5 敏感性分析.....	137
18.6 盈亏平衡分析.....	138
18.7 工程效益分析.....	139
第十九章 结论和建议.....	140
19.1 结论.....	140
19.2 建议.....	140

附件：

附件一：江阴小湾水厂深度处理改建工程负荷计算表

附件二：江阴小湾水厂深度处理改建工程投资估算表

附图：

附图一：江阴小湾水厂深度处理改建工程平面布置图

附图二：江阴小湾水厂深度处理改建工程工艺流程图

第一章 概 述

1.1 项目背景

江阴市位于长江三角洲太湖平原北缘，长江喇叭形入海口咽喉部，北滨长江，素有“锁航要塞，南北咽喉”之称。

从宋代开始，江阴就是重要的港埠，市肆繁荣的商业中心。1978年—2011年，江阴地区生产总值由4.3亿元上升到2335.9亿元，年均增长21%；人均地区生产总值由263美元上升到2.3万美元，年均增长14.5%；财政收入由8836万元上升到445亿元，年均增长20.4%。2011年，一般预算收入达153.4亿元，在中国县域经济基本竞争力排名中连续9年位列第一。

随着社会经济的高速发展和人民生活水平的提高，社会对供水水质的要求越来越高。1985年制定的国家水质标准(GB5749-85)当时只规定了35项水质标准。2006年国家颁布了《生活饮用水卫生标准》(GB5749—2006)，对106项水质指标进行了规定，但该标准是对我国城市供水水厂出水水质的最低要求，江阴作为我国经济发达地区，对城市的供水安全性及水质理应提出更高的要求。

2013年江阴市最大日供水量约80万 m^3/d ，其中70%为工业用水，30%为生活用水，而这30%的生活用水主要由小湾水厂供给。由于该水厂建设年代较早，现在也存在着处理工艺落后，设备陈旧，运行复杂等诸多问题。为了尽快提高城市居民生活用水水质，急需对小湾水厂进行改建。

2013年12月，受江南水务股份有限公司委托，哈尔滨工业

大学建筑设计研究院进行了现场调研，在与水司进行了讨论、沟通后，编制了本工程方案设计报告。

1、小湾水厂深度处理改建工程可行性研究报告论证的主要内容
包括：

- (1) 城市供水现状及存在问题；
- (2) 通过需水量及供需平衡分析确定小湾水厂深度处理改建后的规模；
- (3) 小湾水厂深度处理改建工程建设的必要性；
- (4) 工程方案论证；
- (5) 推荐方案主要工程内容；
- (6) 工程投资估算。

2、经过分析比较，推荐方案主要工程内容为：

- (1) 改建常规处理工艺，规模为 $15.0 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ （包括混合、反应、沉淀及过滤）；
- (2) 新建深度处理工艺，规模为 $30.0 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ；
- (3) 新建排泥水处理工艺，规模与水厂水量匹配。

本工程需征地 3448 平米用于污泥处理。

1.2 编制依据

1.2.1 基础资料

- (1) 项目委托合同；
- (2) 江阴市城市总体规划（2011~2030）；
- (3) 江阴市城市区域供水工程规划；
- (4) 江阴小湾水厂工程原有图纸；
- (5) 江阴小湾水厂工程地质勘察报告书；
- (6) 现场试验资料；

(7) 建设方提供的其他资料。

1.2.2 主要设计规范

(1) 城市给水工程规划规范 GB50282-98

(2) 室外给水设计规范 GB50013-2006

(3) 建筑给水排水设计规范 GB50015-2003 (2009 年版)

(4) 地表水环境质量标准 GB3838-2002

(5) 生活饮用水卫生标准 GB5749-2006

(6) 室外排水设计规范 GB50014-2006 (2011 年版)

(7) 建设项目经济评价/方法与评价 国家计划委员会建设部

(8) 中华人民共和国建设部市政工程可行性研究投资估算编制办法 (试行)

(9) 过程检测和控制系統用文字代号和图形符号 HG/T20505-2000

(10) 控制室设计规定 HG/T20508-2000

(11) 仪表供电设计规定 HG/T20509-2000

(12) 仪表配管、配线设计规定 HG/T20512-2000

(13) 仪表系统接地设计规定 HG/T20513-2000

(14) 供配电系统设计规范 GB50052-2009

(15) 通用用电设备配电设计规范 GB50055-2011

(16) 电力装置的继电保护和自动装置设计规范 GB50062-2008

(17) 低压配电设计规范 GB50054-2011

(18) 建筑物防雷设计规范 GB50057-2010

(19) 电力工程电缆设计规范 GB50217-2007

(20) 建筑照明设计标准 GB50034-2004

- (21) 3~110kV 高压配电装置设计规范 GB50060-2008
- (22) 建筑结构荷载规范 GB50009-2001 (2006 版)
- (23) 建筑地基基础设计规范 GB50007-2001
- (24) 建筑地基处理技术规范 JGJ79-2002
- (25) 混凝土结构设计规范 GB50010-2002
- (26) 砌体结构设计规范 GB50003-2001
- (27) 钢结构设计规范 GB50017-2003
- (28) 给水排水工程构筑物结构设计规范 GB50069-2002
- (29) 民用建筑设计通则 GB50352-2005
- (30) 建筑设计防火规范 GB50016-2006
- (31) 建筑内部装修设计防火规范 GB50222-95(2001 年版)
- (32) 公共建筑节能设计标准 GB50189-2005
- (33) 建筑可靠度设计统一标准 GB50068-2001
- (34) 建筑抗震设计规范 GB50011-2001 (2008 年版)
- (35) 建筑工程抗震设防分类标准 GB50223-2004
- (36) 给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规范
CECS138:2002
- (37) 砌体结构设计规范 GB50003-2001
- (38) 给水排水工程管道结构设计规范 GB 50332-2002
- (39) 给水排水工程埋地钢管管道结构设计规程 CECS
141:2002
- (40) 建筑桩基技术规范 JGJ94-2008
- (41) 给水排水工程钢筋混凝土沉井结构设计规程
CECS137:2002
- (42) 混凝土多孔砖建筑技术规程 DBJ/CT009-2001
- (43) 室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范

GB50032-2003

- (44) 地下工程防水技术规范 GB50108-2001
- (45) 混凝土外加剂应用技术规范 GBJ50119-2003
- (46) 其它有关国家规范及行业规程、标准

1.3 编制范围

1.3.1 工程范围

本工程范围包括：

- (1) 城市供水现状及存在问题；
- (2) 通过需水量及供需平衡分析确定小湾水厂深度处理改建后的规模；
- (3) 小湾水厂深度处理改建工程建设的必要性；
- (4) 工程方案论证；
- (5) 推荐方案主要工程内容；
- (6) 工程投资估算。

1.3.2 工程规模

- (1) 改建常规处理工艺，规模为 $15.0 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ （包括混合、反应、沉淀及过滤）；
- (2) 新建深度处理工艺，规模为 $30.0 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ；
- (3) 新建排泥水处理工艺，规模与水厂水量匹配。

1.4 编制原则

(1) 以国家的有关法令、法规和标准为准则，在城市总体规划的指导下进行文件的编写工作，使工程建设与城市的发展相互协调，最大限度地发挥出工程的社会、经济和环境效益；

(2) 在江苏省江阴小湾水厂所确定的工程建设规模基础上，合理确定工程水质标准，最终使工程出水水质优于《生活饮用水

卫生标准》(GB5749-2006);

(3) 选择满足进、出水水质要求并适合原场地条件、管理简单、运行可靠、节约能耗、运行费用合理的处理工艺;

(4) 选择设备力求经济、实用、高效。对于关键性设备,选用国内的先进产品,以达到运行安全可靠,操作方便简单的目的;

(5) 考虑到投资运营管理方便,便于系统考核监督。

第二章 城市概况

2.1 城市性质

江阴市位于长江三角洲太湖平原的北部，东西长约 58.5km，南北宽约 31km，总面积 987.53km²。陆地面积 811.7km²，水域面积 175.8km²，其中长江水面 56.7km²。中心城区规划范围西至泰常高速公路，南至规划江阴大道（西段）——京沪高速公路——常合高速公路（东段），东至新桥西边界，北至江阴市界，总面积约 417km²。

长江三角洲是我国经济实力最强、产业规模最大的地区，江阴地处其核心。根据《江阴市城市总体规划（2011~2030）》，江阴市将发展成长江下游滨江新兴中心城市，历史文化名城。

2.2 社会经济发展水平

规模经济、规模效益是江阴经济的一大特色，重点骨干企业支撑江阴全市经济发展大局，一大批民营企业脱颖而出，在上市公司中形成独特的“江阴板块”。

江阴市城市总体规划（2011~2030）提出的江阴市总体发展目标为至 2015 年，总体赶上中等收入发达国家和地区当前发展水平，在全省率先基本实现现代化；至 2020 年，主要发展指标达到高收入发达国家或地区当前发展水平；至 2030 年，总体赶上高收入发达国家或地区当前发展水平。将江阴建成人民生活幸福、社会和谐稳定、经济充满活力、城乡协调发展、文化特色鲜明、生态环境优美、民主法治健全的国际化滨江花园城市。

2.3 城市供水现状及存在问题

2.3.1 水资源概况

江阴市地表水系十分发达，河流纵横，水网密布，主要河流

有东横港、锡澄运河、白屈河、应天河等，相互交织成网，北通长江。锡澄运河是市域主干河道，平均水位 3.44m（黄海高程，下同），最高水位 5.04m，最低水位 2.62m。河网水系受边界条件影响较大，尤其是长江潮位影响。

长江流经江阴市内岸线 35km，江面宽 1.5~4km，水深 30~40m，多年径流量 9730 亿 m^3 ，年平均高潮位 4.04m，低潮位 2.40m。

江阴市地下水主要有松散岩类孔隙水、碳酸盐岩类裂隙溶洞水及碎屑岩类裂隙水，地下水天然补给量 2.48 亿 m^3 /年，平均补给模数为 30 万 $m^3/km^2 \cdot 年$ ，地下水蕴藏量不丰富，为贫水区。

江阴市在全省率先实现深层地下水禁采目标，截至 2005 年底，共封闭深井 465 眼，地下水开采量从 2001 年 2945 万 m^3 下降到 2005 年底的零开采。2005 年，地下水水位降落漏斗区面积比 2000 年减少 127 km^2 ，下降了 23.9%。

（1）长江

长江江阴段水域是从上游与常州武进区交界处到下游与苏州张家港市交界处共 36.5km 的江段，为东西向，平均河宽度 3500m 左右。水域内水下地形比较复杂，30m 深的主槽贴近南岸，在离北岸约 500m 处为 20m 深的副深槽，主、副槽之间为过渡段，深槽与河滩间的梯度较大，在南岸附近有深潭，最深处可达 60m。

长江江阴段属感潮河段，一般而言，枯水期潮流界上溯到江阴上游，该河段内呈现双向流态；洪水期，潮流界位于江阴下游，该河段则呈现单向流态。通常情况下，潮流界以下的落潮流量均大于潮区界以上下泄的径流量。

径流年内分配不均，5~9 月（即汛期）五个月径流量占全年总量的 61.1%，据大通站实测资料统计：

多年平均径流量	9057 亿 m ³
多年平均流量	28700m ³ /s
最大年平均流量	43100m ³ /s
最小年平均流量	21400m ³ /s
历史最大洪峰流量	92600m ³ /s (1954 年 8 月 1 日)
历史最小枯水流量	4620m ³ /s (1979 年 1 月 31 日)

受潮汐影响，江阴江段为非正规半日型浅海潮，一天有二涨二落，潮波特征为浅波陡，后波缓，落潮历时约为涨潮历时的 2.5 倍。一天中的二潮，日潮和夜潮明显不等，高潮不等尤为明显，低潮位因受径流控制，两潮相差不大。下游江阴肖山站历年高低潮位如下：

- 历年最高潮位：7.22m
- 历年最低潮位：0.80m
- 历年最大潮差：3.62m
- 历年最小潮差：0.00m
- 历年平均潮差：1.67m

长江江阴段的泥沙主要由上游径流夹带而来，含沙量年内变化趋势为汛期大，枯期小，汛期（5 月~10 月）一般为 500~800mg/L，枯期为 100~300mg/L。沙径一般在主槽中较粗，水浅流缓处较细，河床质中值粒径较多在 0.10~0.15mm，悬移质中值粒径大多变化在 0.02~0.03mm 之间。

(2) 内河

江阴市境内有大小河流 1188 条，其中市级河道 22 条，镇级河道 167 条，村级河道 1001 条。境内纵向河道大都为通江河道，青祝河以南河道，一般南流入无锡市区；以北河道北流入长江，

当长江低潮位和太湖高水位时则全部北泄入江。

江阴通过河道包括新桃花港、芦埠港、申港、新沟河、新夏港、锡澄运河、白屈港等，一般各河道在入江口均有水利工程控制，南面通过西横河、东横河等河道相互连通。

沿江水闸、泵站的调度原则：(a) 汛期，利用长江低潮时开启沿江节制闸向长江排水，当长江潮位高于内河水位时，则关闸挡潮。当长江潮位高，而沿江水闸不能自排时，启动新夏港抽水站和白屈港抽水站向长江抽排涝水。(b) 干旱期间和农业灌溉集中期间，沿江水闸开闸引长江水，补充内河水量，抬高内河水位。

2.3.2 供水设施现状

江阴目前有江阴澄西水厂、江阴肖山水厂和江阴澄小湾水厂三座市属水厂，取水水源均为长江水源。其中，江阴澄西水厂土建 20 万 m^3/d ，设备安装 10 万 m^3/d ；江阴肖山水厂，现状供水规模 60 万 m^3/d ；江阴小湾水厂，制水能力 25.5 万 m^3/d ，最大供水能力 30 万 m^3/d 。

2.3.2.1 江阴澄西水厂简介

澄西水厂始建于 2010 年，设计总规模 20 万 m^3/d ，建设有常规处理和排泥水处理，并预留深度处理用地。水厂分期建设，近期建设规模：土建 20 万 m^3/d ，设备安装 10 万 m^3/d 。

2.3.2.2 江阴肖山水厂简介

肖山水厂始建于 2000 年，主要制水流程为折板反应平流沉淀池+V 型滤池，经分期分阶段建设，目前已达供水规模 60 万 m^3/d 。肖山水厂现状最高日供水量为 58 万 m^3/d 。

2.3.2.3 江阴小湾水厂简介

小湾水厂始建于 1979 年，经多次扩建后，厂区内已形成相

对独立的東西两个制水区域，两区制水流程 I 为机械加速澄清池+虹吸滤池，制水能力为 9 万 m^3/d ，于 1982 年陆续投入使用；制水流程 II 为网格栅条反应斜管沉淀池+虹吸滤池，制水能力为 2.5 万 m^3/d ，于 1989 年投入使用。东区制水流程为折板反应平流沉淀池+V 型滤池，制水能力为 14 万 m^3/d ，于 1993 年陆续投入使用。

小湾水厂从供源水起步，历经多次扩建改造，现已形成设计供水能力 25.5 万 m^3/d ，实际高峰供水能力达到 30 万 m^3/d 。

2.3.3 主要存在问题

饮用水水质关系到人体的健康，随着社会经济的高速发展和人民生活水平的提高，社会对供水安全及水质的要求越来越高。虽然现状供水水质已经满足了国家颁布的《生活饮用水卫生标准》（GB5749—2006）的全部要求，但是江阴作为我国经济发达地区，在城市的供水安全及水质方面，理应提出更高的要求。

为了尽快提高江阴市的供水安全及水质，急需对现有水厂分批进行深度处理改造。而在现有的三座水厂中，小湾水厂不仅建设年代最早，还以主城区居民生活用水为主要供水对象，是最急需进行改建的。通过现场调研，我们认为江阴小湾水厂存在以下问题。

（一）、现有处理工艺繁多，单体构筑物处理水量小

由于小湾水厂是伴随着供水需求增大而逐步扩建发展，不但水厂内相同处理功能包含多种不同形式的处理工艺，而且单体构筑物处理水量小，最小的处理构筑物处理规模仅为 $1.25 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。多而杂的处理工艺，不仅使各处理工艺之间的连接管道复杂，运行管理难度增大，还会增加制水成本，并对水厂处理效果产生影响。

原水厂处理工艺繁多，相同处理功能包含多种不同形式的处理工艺。仅反应沉淀工艺就包含下面三种工艺：(a)、6座机械澄清池；(b)、1座反应池+斜管沉淀池；(c)、3座反应池+平流沉淀池。过滤工艺也分为2种，分别是：3座虹吸滤池和2座V型滤池。

单体构筑物处理水量小。原水厂处理规模为 $26.5 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，而机械澄清池处理规模仅为 $1.25 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 和 $2 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，平流沉淀池处理规模也只有 $5 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ；3座虹吸滤池的处理规模仅为 $2.5 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 和 $3.75 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。

工艺繁多，单体构筑物处理水量小，必然会导致单体之间的连接管道复杂，运行管理困难。

(二)、小湾水厂西区处理工艺陈旧、落后

小湾水厂西区处理工艺采用的是机械加速澄清池+虹吸滤池。

1、小湾水厂的机械澄清池存在以下问题：

(1)、虽然机械澄清池具有处理效率高，单位面积产水量较大的优点，但是小湾水厂的机械澄清池始建于上世纪70年代，单体规模较小，已经失去了自身的优点。

(2)、机械澄清池利用机械设备搅拌，维护较麻烦。

(3)、机械澄清池对原水水量、水质、水温、混凝剂等因素的变化影响比较明显，抗干扰能力较弱，出水水质难以保持稳定。

2、小湾水厂的虹吸滤池存在以下问题：

(1)、虹吸滤池采用小阻力配水系统，单元滤池的面积不宜过大，一般适用于中小型给水处理(一般在 $4000 \text{m}^3/\text{d} \sim 5000 \text{m}^3/\text{d}$)，相对于小湾水厂现在30万 m^3/d 的供水规模，已经明显不匹配。

(2)、由于虹吸滤池反冲洗水头受池深的限制，最大在1.3

米左右，没有富余的水头调节，经常发生反冲洗水头不足，膨胀率不够，冲洗不净的现象。

(3)、虹吸滤池采用的是变水位等速过滤，在过滤后期其出水水质不如降速过滤。

(三)、原工艺存在结构隐患

由于虹吸滤池等工艺土建结构复杂，经过长期的运行，部分构筑物墙体破碎，外表皮脱落，甚至出现渗水的现象，结构隐患严重。

2.4 城市总体规划及供水专项规划概况

2.4.1 《江阴市城市总体规划（2011~2030）》简介

2011 年编制江苏省城市规划设计研究院编制的《江阴市城市总体规划》规定，市域总人口近期控制在 212 万人以内，中期控制在 245 万人以内，远期控制在 310 万人以内。积极引导人口向中心城区集聚，人口规模如下：

近期：130 万人，其中城市人口 122 万人；

中期：160 万人，其中城市人口 154 万人；

远期：202 万人，其中城市人口 200 万人；

各镇人口如下表所示：

江阴市各城镇人口规模预测表（单位：万人）

城镇	近期（2015 年）		近中期（2020 年）		远期（2030 年）	
	总人口	城镇人口	总人口	城镇人口	总人口	城镇人口
利港	7.7	7.5	8	8	9	9
璜土	8.8	8.5	9	9	10	10
青阳	11.3	8	12.7	9.5	22	20
徐霞客	14.6	11	15	11.5	14	12
月城	6.7	4	7.1	4.5	10	8

长泾	8.4	4.9	8.5	5	12	9
新桥	5.4	4.5	5.5	4.7	11.5	11
祝塘	11	9.4	11	9.5	11	10
顾山	8.1	4.2	8.2	4.3	8.5	6
合计	82	62	85	66	108	95

农村人口近期 28 万人，中期 25 万人，远期 15 万人。

《江阴市城市总体规划》对江阴市的需水量进行了预测，结果为：至 2030 年末，人均综合用水量按照 420~480L/人.d 计算，需水量约为 135~150 万 m³/d。供水设施建设规模按 150 万 m³/d 标准测算。

对供水设施的规划为：至 2030 年末，实现总供水规模 130 万 m³/d，预控发展规模 170 万 m³/d。小湾水厂保持 30 万 m³/d 规模；肖山水厂保持 60 万 m³/d 规模，用地按照发展规模 100 万 m³/d 预留；新建澄西水厂，规模为 40 万 m³/d，预控其用地。

2.4.2 《江阴市城市区域供水工程规划》简介

2008 年编制《江阴市城市区域供水工程规划》时，江阴城镇体系已整合为 15 个建制镇，2010 年和 2020 年江阴市总人口与总体规划相同，但其中 2010 年规划中心城区、镇区及农村的人口比例作了调整。水厂建设规划见下表。

水厂建设规划表（万 m³/d）

	2010 年	2020 年
小湾水厂	30	30
肖山水厂	60	70~90
利港水厂（澄西水厂）	10	20
合计	100	120~140

第三章 需水量预测及供需水量平衡

3.1 需水量预测

3.1.1 规划人口

2011年编制江苏省城市规划设计研究院编制的《江阴市城市总体规划》规定，规化市域总人口近期控制在212万人以内，中期控制在245万人以内，远期控制在310万人以内。江阴市域规划人口详见下表。

江阴市域规划人口统计表

	城区(万人)	镇区(万人)	农村(万人)	合计(万人)
2015年	122	62	28	212
2020年	154	66	25	245
2030年	200	95	15	310

3.1.2 综合用水量定额

《城市给水工程规划规范》(GB50282-98)规定人均综合用水量指标为400—800L/人.d;

江阴周边城市人均综合用水量指标：张家港为420L/人.d、常熟为500L/人.d;

《江阴市城市总体规划(2011~2030)》规定人均综合用水量指标按照420~480L/人.d计算;

江南水务有限责任公司对江阴市2009年~2012年最高日用水量进行了统计，结果如下：

2009~2012年江阴市最高日用水量统计表

年份	最高日用水量 (万m ³ /d)	用水人口 (万人)	用水量指标 (L/人·d)
2009年	77.5574	200	387.8
2010年	84.7022	200	423.5
2011年	82.138	200	410.70
2012年	79.9605	200	399.8

从 2009~2012 年江阴市最高日用水量统计结果可以看出，过去几年江阴市的综合用水量指标为 387.8~423.5 L/人·d。考虑到江阴规划 2030 年将达到发达国家水平，未来几年随着人们生活水平的提高，用水量指标将会逐步增长，参考周边城市的用水量指标及《城市给水工程规划规范》中的用水定额，确定江阴市的人均综合用水量指标为：

近期 2015 年 420L/人.d； 中期 2020 年 450L/人.d；
 远期 2030 年 480L/人.d；

3.1.3 需水量预测

根据上述规划人口及对综合用水量定额，分别对江阴市 2015~2030 年最高日用水量进行了预测，得出各规划期需水量预测结果为：

2015~2030 年江阴市最高日需水量预测表

年份	用水量指标 (L/人·d)	用水人口 (万人)	最高日用水量 (万 m ³ /d)
2014 年	420	200	84
近期 2015 年	420	212	89.04
中期 2020 年	450	245	110.25
远期 2030 年	480	310	148.8

从上表可以看出 2030 年预测水量为 148.8 万 m³/d，与《江阴市城市总体规划（2011~2030）》中，至 2030 年末，需水量约为 135~150 万 m³/d 基本吻合，符合江阴市的总体规划。

3.2 供需平衡

3.2.1 水厂建设规模

《江阴市城市总体规划（2011~2030）》及《江阴市城市区域供水工程规划》均对江阴市各水厂未来的供水量做了规定，详

见下表。

江阴市各水厂规划规模对照表

	总体规划 (万 m ³ /d)	给水规划 (万 m ³ /d)
小湾水厂	30	30
肖山水厂	60 (按 100 万 m ³ /d 预留控制用地)	60 (控制发展规模 90 万 m ³ /d)
澄西水厂	40 (按 40 万 m ³ /d 预留控制用地)	20 (现状规模 10 万 m ³ /d)
合计	130 (预控发展规模 170 万 m ³ /d)	100~140

从上表可以看出，无论是总体规划，还是江阴市城市区域供水工程规划，均规定小湾水厂未来供水规模控制在 30 万 m³/d。为此，小湾水厂深度处理改建后将维持 30 万 m³/d 的规模。

3.2.2 小湾水厂深度处理改建期间江阴市供水量平衡

根据需水量预测结果，近期 2015 年江阴市最高日需水量为 89.04 万 m³/d，中期 2020 年为 110.25 万 m³/d，远期 2030 年为 148.8 万 m³/d。小湾水厂深度处理改建工程预计将于 2015 年启动，2016 年底完工，采用内插法计算江阴市 2016 年最高日需水量为 93.28 万 m³/d，2017 年最高日需水量为 97.52 万 m³/d。

小湾水厂始建于 1979 年，经多次扩建后，厂区内已形成相对独立的两个制水区域。西区制水流程 I 为机械加速澄清池+虹吸滤池，制水能力为 9 万 m³/d，于 1982 年陆续投入使用；制水流程 II 为网格栅条反应斜管沉淀池+虹吸滤池，制水能力为 2.5 万 m³/d，于 1989 年投入使用。东区制水流程为折板反应平流沉淀池+V 型滤池，制水能力为 14 万 m³/d，于 1993 年陆续投入使用。

考虑到东区处理设施建设年代相对较晚，且运行稳定，本工

程不对其进行改造，予以保留，但在建设深度处理设施后，其制水能力提高到 15 万 m³/d。西区工艺建设年代较早，相对落后，且单个处理构筑物产水量小，给运行管理带来不便，本工程考虑将其拆除，新建 15 万 m³/d 常规处理设施和 30 万 m³/d 深度处理设施。

江阴市现有设施供水能力为 100.0 万 m³/d，小湾水厂深度处理改建期间将减少 16 万 m³/d，剩余供水能力为 84 万 m³/d。为确保江阴市的供水，小湾水厂深度处理改建前应安装澄西水厂预留的 10 万 m³/d 供水设备，使其供水能力达到 20 万 m³/d。小湾水厂深度处理改建期间江阴市供水水量平衡如下表所示。

小湾水厂深度处理改建期间江阴市供水平衡表

序号	项 目	水量(万 m ³ /d)			备 注
		2014 年	2015~2016 年	2017 年	
一	最高日需水量	84.0	89.04~93.28	97.52	17 年为内插法确定
二	供水能力	100	94	100	现状及规划
1	小湾水厂	30.00	14.00	30.00	
	东区现有系统	14	14	15	17 年增加深度处理
	西区改造系统	16 (现状)	0 (改造期间)	15 (改造后)	17 年改造并 新增深度处理
2	肖山水厂	60	60	60	
3	澄西水厂	10	20	10	

3.2.3 取水工程建设规模

本工程为小湾水厂深度处理改建工程，主要为提高供水水质，并不增加供水能力。现有取水设施已满足要求，不需新增取水设施。

第四章 项目建设必要性

4.1 项目建设是生活饮用水水质标准提高的要求

饮用水水质直接关系到人体的健康，对社会的稳定和发展具有重要意义。

我国自建国以来，生活饮用水水质标准就在不断提高，1985年制定的国家水质标准（GB5749-85）当时只规定了 35 项水质标准。目前国家已颁布了生活饮用水卫生标准（GB5749—2006），该标准与 GB5749-85 相比水质指标增加了 71 项，修订了 8 项。该项目的建设能进一步提高供水水质，不断适应未来水质标准提高的要求。

2013 年江阴市最大日供水量约 80 万 m^3/d ，其中 70% 为工业用水，30% 为生活用水。分别由澄西水厂、肖山水厂和小湾水厂供给，而 30% 生活用水主要由小湾水厂供给。由于该水厂建设年代较早，现在也存在着处理工艺落后，设备陈旧，运行复杂等诸多问题。

为了尽快提高城市居民生活用水水质，急需对小湾水厂进行改建。

4.2 项目建设是江阴市供水安全的保障

小湾水厂的取水口位于我国航运繁忙的长江水道上，原水水质在部分指标上存在不确定性，经调查，同样以长江为水源的常州、上海、南京等城市给水厂均已建设了深度处理设施，确保供水安全。

为了确保江阴市的供水安全，提高供水水质，应积极推进江阴小湾水厂改建工程，尽快实施深度处理工艺。

4.3 项目建设可以实现水厂自动化，确保供水安全

小湾水厂处理工艺繁多，相同处理功能包含多种不同形式的处理工艺。仅反应沉淀工艺就包含下面三种工艺：(a)、6座机械澄清池；(b)、1座反应池+斜管沉淀池；(c)、3座反应池+平流沉淀池。过滤工艺也分为2种，分别是：3座虹吸滤池和2座V型滤池。

过多的处理工艺使得各构筑物之间的连接管道繁琐，阀门数量较多，难以实现自动化。同时，由于相同处理功能包含多种不同形式的处理工艺，机械设备复杂，给运行管理造成不便，难以实现自动化控制。

小湾水厂改建工程实施后，可以对现有设施进行整合、改造，实现水厂自动控制，确保供水水质稳定。

第五章 现有工艺的保留使用调研分析

小湾水厂地处山明水秀的黄山小湾山麓，北临长江，南近黄山湖公园，东靠江阴长江大桥，西接鹅鼻嘴公园，厂区环境优美，景色怡人。2013年06月，为编制小湾水厂深度处理改建工程可行性研究报告，我们对小湾水厂进行了实地踏勘，以下为现场踏勘的情况的介绍。

5.1 取水泵站

小湾水厂取水泵站位于长江边，共有2座取水泵房，分别设置取水口。

西一取水泵房设有4台水泵。2台32SAP-19A水泵，单台流量 $5000\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=26\text{m}$ ；1台24SAP-18F水泵，流量 $3000\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=26.5\text{m}$ ；1台SLWP40-700水泵，流量 $5300\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=26\text{m}$ ，最高取水能力约 $13000\text{m}^3/\text{h}$ 。

东一取水泵房设有4台水泵。1台32SAP-19A水泵，单台流量 $5000\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=26\text{m}$ ；2台24SH-19A水泵，流量 $2880\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=27\text{m}$ ；1台SLWP40-700水泵，流量 $5300\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=26\text{m}$ ，最高取水能力约 $11060\text{m}^3/\text{h}$ 。

经核算，现有取水泵房可以满足小湾水厂 $30\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ 供水规模的需求，不需对取水泵房进行改造。



取水泵房外景



西一取水泵房取水口



东一取水泵房取水口



西一取水泵房设备间



东一取水泵房设备间

5.2 加氯间

小湾水厂加氯系统由加氯间和氯库组成。加氯间设有复合环路加氯机 8 台,单台投加量为 0—225kg/d。氯库设有氯瓶 20 个,单瓶储量为 1000kg。现有小湾水厂深度处理改建后处理规模为 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,设计平均投加量为 2mg/L,最大投加量为 3 mg/L。经核算,现有设备可以满足小湾水厂深度处理改建后加氯消毒的需求。



氯 库



加 氯 间

5.3 投药间

小湾水厂投药间是 2013 年刚刚完成改建，内部设有三套投药系统，分别是粉末活性炭投加系统、聚合氯化铝投加系统和高锰酸钾投加系统。其中粉末活性炭投加系统和高锰酸钾投加系统是水厂的应急系统。

1、 粉末活性炭投加系统



粉末活性炭投加设备间 1



粉末活性炭投加设备间 2

粉末活性炭投加系统设计规模为 30 万 m^3/d ，设有投加凸轮泵 3 台，2 用 1 备。单泵流量为 $Q=5 \text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程为 $H=30\text{m}$ ，功率为 $N=2.2\text{kW}$ 。最大投加量为 $2\text{mg}/\text{l}$ ，投加浓度为 5%。

2、 聚合氯化铝投加系统



聚合氯化铝投加设备间 1



聚合氯化铝投加设备间 2

聚合氯化铝投加系统设有投加隔膜计量泵 4 台，2 用 2 备。单泵流量为 $Q=1200\text{L/h}$ ，扬程为 $H=3\text{bar}$ ，功率为 $N=1.5\text{kW}$ 。设计最大投加量为 35mg/l ，平均投加量为 25mg/l ，投加浓度为 20%。

3、 高锰酸钾投加间



高锰酸盐投加间

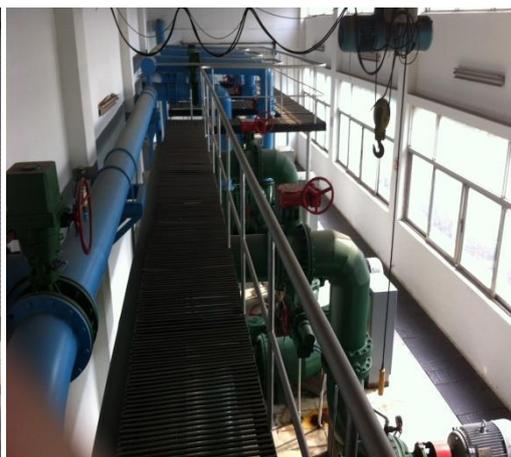
高锰酸钾投加系统设有投加隔膜计量泵 4 台，3 用 1 备。单泵流量为 $Q=600\text{L/h}$ ，扬程为 $H=4\text{bar}$ ，功率为 $N=1.5\text{kW}$ 。设计投加量为 2mg/l ，投加浓度为 2%。

5.4 滤池反冲洗泵房

目前，滤池反冲洗泵房设有 3 台 800S-12 反冲洗水泵，单台流量 $790\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=12\text{m}$ ； 2 台离心鼓风机 C40-1.5-1，单台流量 $40\text{m}^3/\text{min}$ ，压力 0.147Mpa 。本次改造新建滤池将配套建设反冲洗泵房，现有反冲洗泵房仅负责东区 V 型滤池的反洗，可以保障在设计工作周期时，满足反冲洗水水量、水压和气量、气压要求。



滤池反冲洗泵房图 1



滤池反冲洗泵房-气泵图 2

5.5 二次加压泵站

二次加压泵站位于厂区的南侧，最大供水能力为 $42.7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，可以满足改造后的供水需求，本工程不做改造。

泵房内设卧式双吸离心泵 5 台，分别是：

流量 $7300 \text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=23\text{m}$ ， SFWP40-800 CD 水泵 2 台；

流量 $4700 \text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=23\text{m}$ ， SFWP60-700 CD 水泵 1 台；

流量 $3500 \text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=22\text{m}$ ， SFWP50-600 CD 水泵 1 台；

流量 $2200 \text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=22\text{m}$ ， SFWP50-500 CD 水泵 1 台。



二次供水泵站设备间图

第六章 工程设计标准

6.1 工程范围

本工程主要包括以下几部分内容：

- (1) 改建常规处理工艺，规模为 $15.0 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ （包括混合、反应、沉淀及过滤）；
- (2) 新建深度处理工艺，规模为 $30.0 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ；
- (3) 新建排泥水处理工艺，规模与水厂水量匹配。

6.2 水质目标

供水水质符合且部分水质指标优于国家卫生部新颁布的《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）。

水质常规指标及限值

指 标	限 值
1、微生物指标①	
总大肠菌群（MPN/100mL 或 CFU/100mL）	不得检出
耐热大肠菌群（MPN/100mL 或 CFU/100mL）	不得检出
大肠埃希氏菌（MPN/100mL 或 CFU/100mL）	不得检出
菌落总数（CFU/mL）	100
2、毒理指标	
砷（mg/L）	0.01
镉（mg/L）	0.005
铬（六价，mg/L）	0.05
铅（mg/L）	0.01
汞（mg/L）	0.001
硒（mg/L）	0.01
氰化物（mg/L）	0.05
氟化物（mg/L）	1.0
硝酸盐（以 N 计，mg/L）	10 地下水限制时为 20
三氯甲烷（mg/L）	0.06

指 标	限 值
四氯化碳 (mg/L)	0.002
溴酸盐 (使用臭氧时, mg/L)	0.01
甲醛 (使用臭氧时, mg/L)	0.9
亚氯酸盐 (使用二氧化氯消毒时, mg/L)	0.7
氯酸盐 (使用复合二氧化氯消毒时, mg/L)	0.7
3、感官性状和一般化学指标	
色度 (铂钴色度单位)	15
浑浊度 (NTU-散射浊度单位)	1 水源与净水技术条件限制时为 3
臭和味	无异臭、异味
肉眼可见物	无
pH (pH 单位)	不小于 6.5 且不大于 8.5
铝 (mg/L)	0.2
铁 (mg/L)	0.3
锰 (mg/L)	0.1
铜 (mg/L)	1.0
锌 (mg/L)	1.0
氯化物 (mg/L)	250
硫酸盐 (mg/L)	250
溶解性总固体 (mg/L)	1000
总硬度(以 CaCO ₃ 计, mg/L)	450
耗氧量 (CODMn 法, 以 O ₂ 计, mg/L)	3 水源限制, 原水耗氧量 > 6mg/L 时为 5
挥发酚类 (以苯酚计, mg/L)	0.002
阴离子合成洗涤剂 (mg/L)	0.3
4、放射性指标②	
总 α 放射性 (Bq/L)	0.5
总 β 放射性 (Bq/L)	1
① MPN 表示最可能数; CFU 表示菌落形成单位。当水样检出总大肠菌群时, 应进一步检验大肠埃希氏菌或耐热大肠菌群; 水样未检出总大肠菌群, 不必检验大肠埃希氏菌或耐热大肠菌群。	
② 放射性指标超过指导值, 应进行核素分析和评价, 判定能否饮用。	

饮用水中消毒剂常规指标及要求

消毒剂名称	与水接触时间	出厂水中限值	出厂水中余量	管网末梢水中余量
氯气及游离氯制剂（游离氯,mg/L）	至少 30min	4	≥0.3	≥0.05
一氯胺（总氯， mg/L）	至少 120min	3	≥0.5	≥0.05
臭氧（O ₃ ， mg/L）	至少 12min	0.3		0.02 如加氯， 总氯≥0.05
二氧化氯（ClO ₂ ， mg/L）	至少 30min	0.8	≥0.1	≥0.02

水质非常规指标及限值

指 标	限 值
1、微生物指标	
贾第鞭毛虫（个/10L）	<1
隐孢子虫（个/10L）	<1
2、毒理指标	
锑（mg/L）	0.005
钡（mg/L）	0.7
铍（mg/L）	0.002
硼（mg/L）	0.5
钼（mg/L）	0.07
镍（mg/L）	0.02
银（mg/L）	0.05
铊（mg/L）	0.0001
氯化氰（以 CN ⁻ 计， mg/L）	0.07
一氯二溴甲烷（mg/L）	0.1
二氯一溴甲烷（mg/L）	0.06
二氯乙酸（mg/L）	0.05
1,2-二氯乙烷（mg/L）	0.03
二氯甲烷（mg/L）	0.02
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
1,1,1-三氯乙烷（mg/L）	2
三氯乙酸（mg/L）	0.1
三氯乙醛（mg/L）	0.01

指 标	限 值
2,4,6-三氯酚 (mg/L)	0.2
三溴甲烷 (mg/L)	0.1
七氯 (mg/L)	0.0004
马拉硫磷 (mg/L)	0.25
五氯酚 (mg/L)	0.009
六六六 (总量, mg/L)	0.005
六氯苯 (mg/L)	0.001
乐果 (mg/L)	0.08
对硫磷 (mg/L)	0.003
灭草松 (mg/L)	0.3
甲基对硫磷 (mg/L)	0.02
百菌清 (mg/L)	0.01
呋喃丹 (mg/L)	0.007
林丹 (mg/L)	0.002
毒死蜱 (mg/L)	0.03
草甘膦 (mg/L)	0.7
敌敌畏 (mg/L)	0.001
莠去津 (mg/L)	0.002
溴氰菊酯 (mg/L)	0.02
2,4-滴 (mg/L)	0.03
滴滴涕 (mg/L)	0.001
乙苯 (mg/L)	0.3
二甲苯 (mg/L)	0.5
1,1-二氯乙烯 (mg/L)	0.03
1,2-二氯乙烯 (mg/L)	0.05
1,2-二氯苯 (mg/L)	1
1,4-二氯苯 (mg/L)	0.3
三氯乙烯 (mg/L)	0.07
三氯苯 (总量, mg/L)	0.02
六氯丁二烯 (mg/L)	0.0006
丙烯酰胺 (mg/L)	0.0005
四氯乙烯 (mg/L)	0.04

指 标	限 值
甲苯 (mg/L)	0.7
邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (mg/L)	0.008
环氧氯丙烷 (mg/L)	0.0004
苯 (mg/L)	0.01
苯乙烯 (mg/L)	0.02
苯并(a)芘 (mg/L)	0.00001
氯乙烯 (mg/L)	0.005
氯苯 (mg/L)	0.3
微囊藻毒素-LR (mg/L)	0.001
3、感官性状和一般化学指标	
氨氮 (以 N 计, mg/L)	0.5
硫化物 (mg/L)	0.02
钠 (mg/L)	200

6.3 排泥水处理目标

排泥水经浓缩处理后，上清液 $SS \leq 70\text{mg/L}$ ，达到国家标准《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中一级标准，达标排放。浓缩污泥经脱水后泥饼含固率达到 35%~40%，泥饼外运填埋。

第七章 改造方案论证

7.1 原水水质

7.1.1 原水水质统计表

根据江南水务有限责任公司近两年的监测结果分析表明，江阴段的长江水体水质指标达到国家地表水 I 类水质标准项目的达标率为 77%（平、丰）~85%（枯），达到 II 类水质标准项目的达标率为 88%（平、丰）~89%（枯），达到 III 类水质标准项目的达标率为 92%，超过 III 类水质标准项目的超标率为 8%（平、丰）~6%（枯）。该区段长江近岸源水中所检测的毒理学指标均符合《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）和《生活饮用水水质卫生规范》的相关指标限值要求；大部分感官性状和一般化学指标能够达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中 II 类水质标准，仅石油类、BOD₅、总氮、总磷和粪大肠菌群等个别指标在部分时段有超标现象。而这些指标中，总磷可以通过常规处理工艺中的混凝沉淀方法去除，粪大肠菌群可以通过消毒解决，石油类、BOD₅、总氮是常规处理工艺所不能够去除的，需要增加深度处理设施。

2013 年长江江阴段水质监测成果统计表

编号	检测项目	单位	GB3838-2002	平均	最高	最低	超标率
			II类				%
1	水温	℃		20.40	32.4	7	/
2	pH 值（无量纲）		6~9	7.939	8.10	7.82	0
3	溶解氧	mg/L	≥6	8.14	11.03	6.42	0
4	高锰酸盐指数	mg/L	4	2.13	2.6	1.7	0
5	化学需氧量（COD）	mg/L	15	4.89	10.4	<5	0
6	五日生化需氧量（BOD ₅ ）	mg/L	3	0.93	2.7	0.05	0
7	氨氮(NH ₃ -N)	mg/L	0.5	0.178	0.48	0.02	0
8	总磷（以 P 计）	mg/L	0.1	0.133	0.17	0.09	94.4
9	总氮（以 N 计）	mg/L	0.5	1.786	2.74	1.48	100
10	铜	mg/L	1	0.00373	0.011	0.0017	0

编号	检测项目	单位	GB3838-2002	平均	最高	最低	超标率
			Ⅱ类				%
11	锌	mg/L	1	0.01	<0.02	<0.02	0
12	氟化物(以 F ⁻ 计)	mg/L	1	0.256	0.31	0.21	0
13	硒	mg/L	0.01	0.00029	0.0006	<0.0005	0
14	砷	mg/L	0.05	0.0023	0.003	0.0018	0
15	镉	mg/L	0.005	0.000025	<0.00005	<0.00005	0
16	铬(六价)	mg/L	0.05	0.0062	0.012	<0.004	0
17	铅	mg/L	0.01	0.00047	0.0008	<0.0005	0
18	氰化物	mg/L	0.05	0.001	<0.002	<0.002	0
19	挥发酚	mg/L	0.002	0.001	<0.002	<0.002	0
20	石油类	mg/L	0.05	0.005	<0.01	<0.01	0
21	阴离子表面活性剂	mg/L	0.2	0.025	<0.05	<0.05	0
22	硫化物	mg/L	0.1	0.01	<0.020	<0.020	0
23	粪大肠菌群	MPN/100mL	200	326.4	920	70	69.4
24	硫酸盐(以 S ₀ 计)	mg/L	250	34.06	40.3	28.6	0
25	氯化物(以 Cl ⁻ 计)	mg/L	250	12.97	17.5	9.5	0
26	硝酸盐(以 N 计)	mg/L	10	1.813	2.84	1.53	0
27	铁	mg/L	0.3	0.147	0.28	0.056	0
28	锰	mg/L	0.1	0.0220	0.077	<0.02	0
29	浑浊度 (NTU-散射 浊度单位)	NTU		101.2	624	27.7	/

7.1.2 主要超标污染物指标分析

(1) 石油类

石油类物质进入人体后,会影响人体多种器官的正常功能,引发多种疾病。据相关研究证明,经常受到石油类污染的孩子患急性白血病的风险要高出平均水平 4 倍,患急性非淋巴细胞白血病的几率是普通孩子的 7 倍。石油类污染物污染的附近区域,儿童皮肤抵抗力明显减弱、白细胞下降、贫血率上升、肺功能受到影响,一般人的肝肿概率显著高于对照区居民,恶性肿瘤尤其是消化系统恶性肿瘤标化死亡率明显高于对照区。石油的浓度是考察其毒性的关键因子,不同组分的石油其毒性效果也不一样,随着石油浓度的升高和暴露时间的延长,其毒性增强。

(2) 有机物

进入水体的污染物有许多种,但最普遍、危害最大的要数有

机物。水体中有机物主要包括天然水体中存在的腐植酸类有机物及工农业生产和人类生活活动排入的各种有机物,后者经过一定时间,通过化学、生化等作用,绝大部分最终形成腐植酸类有机物。在城市给水方面,水中很大一部分有机物与氯消毒剂反应形成氯代烃,这已是公认的潜在致癌物,会严重危害饮用者的健康。

(3) 总氮

总氮包括溶液中所有含氮化合物,即亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、无机盐氮、溶解态氮及大部分有机含氮化合物中的氮的总和。

氨氮是水体中的营养素,可导致水富营养化产生,是水体中的主要耗氧污染物,对鱼类及某些水生生物有毒害。饮用水中氨氮浓度过高可能造成亚硝酸盐浓度过高,亚硝酸盐可使人体正常的低铁血红蛋白氧化成高铁血红蛋白,失去血红蛋白在体内输送氧的能力,出现组织缺氧的症状。亚硝酸盐可与仲胺类反应生成具有致癌性的亚硝胺类物质,尤其是在低 pH 值下,有利于亚硝胺类的形成。

7.2 厂址概况

小湾水厂地处山明水秀的黄山小湾山麓,北临长江,南近黄山湖公园,东靠江阴长江大桥,西接鹅鼻嘴公园,周围均为建成区。已经基本没有可以扩展的空间,本次改造,需要拆除水厂内西侧早期的工艺,在该场地内新建一座 15 万 m^3/d 的强化常规处理工艺和 30 万 m^3/d 的深度处理工艺。

为了保护长江水体,基本实现污水的“零排放”,达到节能减排的目的,本次改建新增排泥水处理工艺。需在小湾水厂的西侧新征一块长约 75m、宽约 47m,面积约 3448 平方米的土地。该区域内现有 2 栋小楼,工程实施时需对其进行拆迁。

7.3 常规水处理工艺选择

本次改建在工艺流程的选择中注重安全可靠、运行稳定、管理方便、易于自动化控制的方式。拟采用的常规处理工艺流程为：混合+絮凝+沉淀+过滤+消毒。

7.3.1 混合工艺

混合是将药剂迅速均匀的扩散到水中，混合效果的好坏直接关系到后序的絮凝沉淀效果。近年来，随着水处理技术的提高，混合设备的选用得到了普遍的重视。

目前采用的混合形式有：水泵混合、跌水式消能池混合、机械搅拌混合和栅条式混合。

1) 水泵混合：适应于一级泵站距净化构筑物较近的情况，一般应用于水量较小的工程。

2) 跌水式消能池混合：主要依靠水流在跌水消能池中本身消耗能量来产生大的紊流，以达到混合目的。虽然此种混合形式不需机械设备，但对流量变化适应性稍差，能耗大，增大了后续构筑物的埋深。

3) 机械搅拌混合：依靠外部机械供给能量，使水流产生紊流。它具有水力高程损失小，适应流量变化，药剂扩散性好的优点。但是由于增加了机械设备，需消耗电能，同时也增加了机械设备的维修及保养工作。

4) 栅条式混合：主要包括混合器和扩散器，它具有混合快速，水头损失小，安装、维护简单，造价低，节省占地的优点。

本次改建工程采用栅条式混合。

7.3.2 絮凝工艺

絮凝是水处理中最为重要的环节。絮凝效果的好坏，直接影

响到水厂出水水质。因此，选择节能、高效、稳定的反应方式就显得尤为重要。

目前，我国大多数净水厂采用的絮凝工艺有：折板絮凝池、机械絮凝池、网格絮凝池。

(1) 折板絮凝池：在垂直方向上放置折板，水流通过时，不断形成过水断面的收缩与放大，形成了比较好的絮凝条件。该工艺比较反应时间较短，反应效果较好。但是由于其忽略了亚微观传质，阻碍了絮凝效率与效果的进一步提高，在低温低浊或高浊期难以达到理想的处理效果。

(2) 机械絮凝池：絮凝可调性好，水头损失小，处理效果稳定，但由于增加了机械设备，也增加了维护管理的工作量和复杂性，同时运行费用较高。

(3) 可调式一体化格网反应池：主要有格网与支架设备组成，是我国近十年来应用紊流理论发展起来的新池型。该絮凝设备对原水水量和水质变化的适应性较强，絮凝效果稳定。絮凝时间短，构筑物占地小，构造简单。

因此，本次改建絮凝工艺采用可调式一体化网格絮凝池。

7.3.3 沉淀工艺

目前我国广泛采用的沉淀池型式有：平流沉淀池、斜管沉淀池、低脉动斜板沉淀池。

1、平流沉淀池：江阴市澄西水厂采用的就是平流沉淀池。该工艺施工方便，水力条件好，适应性强，操作管理简单,但其占地面积大。针对本工程用地紧张的情况，该工艺不适合。

2、斜管沉淀池：占地面积小，沉淀效率高。由于排泥面积只占其沉淀面积的一半，在特殊时期，如高浊期、低温低浊期，

由于斜面上滑落下来的污泥的数量大于排走数量，造成了污泥堆积，这样就使斜管过水断面减少，造成排泥不畅。

3、低脉动斜板沉淀池：低脉动斜板沉淀池依据浅池理论设计，提高了沉淀效率。该设备不但可以抑制矾花在沉降中的脉动干扰，而且沉淀面积与排泥面积相等，无侧向约束、不积泥。同时，由于低脉动斜板间阻力增大，可以使配水更加均匀，避免短流。实际应用表明，采用低脉动斜板技术，也可以增强水厂的抗冲击负荷能力。

根据上述比较，本次改建工程采用低脉动斜板沉淀池。

7.3.4 过滤工艺

原水通过混凝、沉淀工艺后，水的浊度大大降低，但通过集水槽流入水池中的沉淀水仍然残留一些细小的杂质。为使水的浊度进一步降低，通常采用滤池进行过滤。目前采用较多的滤池形式有：V型滤池和“翻板”滤池。

（一）、V型滤池

V型滤池是快滤池的一种形式，因为其进水槽形状呈V字形而得名，也叫均粒滤料滤池（其滤料采用均质滤料，即均粒径滤料），六阀滤池（各种管路上有六主要阀门）。它是我国于20世纪80年代末从法国得利满公司引进的技术。

（1）、滤池的工作工程分为过滤过程和反冲洗过程。

（a）、过滤过程

待滤水由进水总渠经进水阀和方孔后，溢过堰口再经侧孔进入V型槽，分别经槽底均布的配水孔和槽顶进入滤池。被均粒滤料滤层过滤的滤后水经长柄滤头流入底部空间，由配水方孔汇入气水分配管渠，再经管廊中的封井、出水堰、清水区流入清

水池。

(b)、反冲洗过程

关闭进水阀，但有一部分进水仍从两侧常开的方孔流入滤池，由 V 型槽一侧流向排水渠一侧，形成表面冲洗。而后开启排水阀将池面水从排水槽中排出直至滤池水面与 V 型槽顶相平。反冲洗过程常采用“气冲—气水同时反冲—水冲”三步。

(2)、V 型滤池具有以下特点：

(a)、出水阀可随池内水位的变化调整开启度，可实现恒水位等速过滤，避免滤料层出现负压。

(b)、采用均质粗粒滤料且厚度较大，截污量较大，过滤周期长，出水水质好。

(c)、滤池长宽比较大，可以达到 (2.5~4): 1，进水槽和排水渠沿长边布置，较大滤床面积时布水配水均匀。

(d)、单个滤床面积较大，最大可达 210m²，适用于大型水处理工程。

(e)、采用小阻力配水系统，承托层较薄。

(f)、采用小阻力配水系统，气水联合反冲洗加表面扫洗，因此冲洗效果好。

(g)、冲洗时滤料层膨胀率低，不会出现跑砂。水冲洗强度低，冲洗水耗省。

(二)、“翻板”滤池

如何把握水冲洗强度将滤料冲洗干净，始终是滤池设计、运行需要面对的问题。适当加大水冲洗强度，有利于将滤料冲洗干净，但也可能导致滤料流失。气水联合冲洗虽然有效的改善了冲洗效果，但在水冲洗阶段仍然存在冲洗强度和滤料流失的矛盾。

近年来，为了应对水源污染，活性炭吸附过滤的应用越来越多。活性炭滤料密度小，冲洗强度与滤料流失的矛盾尤其突出。

为了进一步提高滤料冲洗效果，防止滤料流失，节约冲洗耗水，瑞士苏尔寿（Sulzer）公司研发了翻板滤池。所谓“翻板”，是因为该型滤池的反冲洗排水阀（板）工作过程是在 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 之间来回翻转而得名。

翻板滤池的工作原理与其他类型小阻力气水反冲洗滤池基本相同，所不同的是滤池的反冲洗方式和过程。翻板滤池没有其他滤池溢流堰式排水槽，而是在紧邻排水渠的池壁高出滤料层 $0.15 \sim 0.20\text{m}$ 处开设排水孔，并装设翻板式排水阀。反冲洗进水时，排水阀并不打开，池内水位上升，冲洗废水暂存在池内。当池内水位达到设定高度时，停止反冲洗进水并静止一段时间（ $20 \sim 30\text{s}$ ），膨胀的滤料迅速回落，而冲起的泥渣因其密度远小于滤料应处于悬浮状态。此时逐步开启翻板阀，池内冲洗废水排出池外，如此反复 $2 \sim 3$ 次，滤料得以冲洗干净。

翻板滤池的配水配气系统，由设在池底板下方的配水配气渠和池底板上方的配水配气支管组成，支管与配水配气渠通过垂直列管相连。垂直列管设有配气管和配气孔，支管成马蹄形，顶部设有配气孔，底部设有配水孔。反冲洗时，配水配气渠和配水配气支管上部形成两个气垫层，可使配水配气更加均匀。

翻板滤池具有以下特点：

（1）、由于排水时并不进水，滤料层不膨胀，所以水冲洗强度较大也不会产生滤料流失，因此滤料选择十分灵活。可以选择单层均质滤料、双层或多层滤料，可以选择石英砂、陶粒、无烟煤、颗粒活性炭等多种滤料。滤料选择的灵活性增加了对滤前水

质的适应能力。

(2)、较大的水冲洗强度可以保证滤料冲洗更加干净，因此过滤周期长，冲洗耗水低的特点十分突出。一般经两次水冲洗过程滤料中泥渣遗留量少于 $0.1\text{kg}/\text{m}^3$ ，滤料的载污能力达 $2.5\text{kg}/\text{m}^3$ ，反冲洗周期达 40~70h，冲洗耗水率不足 1%。

(3)、冲洗后更加干净的滤料可以保证出水水质好于一般低强度水冲洗滤池。工程实践经验表明，当进入滤池的浊度小于 5NTU 时，双层滤料翻板滤池出水浊度小于 0.5NTU 时的保证率可达 100%，小于 0.2 NTU 时的保证率可达 95%。

(4)、翻板滤池在配气配水渠和配气配水支管形成两个均匀的气垫层，从而保证布水、布气均匀，避免气水分配出现脉冲现象，影响反冲洗的效果。

(5)、翻板滤池对滤池底板施工平整度的要求较宽，布气布水管水平误差 $\leq 10\text{mm}$ 即可，这样可降低施工难度、缩短施工周期，较明显的减少施工费用。

总体而言，由于翻板滤池利用翻板阀单侧排水，路线较长，会造成排水不均。虽然在活性炭滤池已获得较广的应用，但在砂滤池中，V 型滤池比翻板滤池应用更为广泛。因此，本次改建工程中砂滤池推荐采用 V 型滤池。

7.3.5 消毒工艺

水的微生物大多数黏附在悬浮颗粒上，经过混凝、沉淀、过滤处理后可以大量去除水中细菌和病毒。但为保证饮用水细菌学指标，消毒过程必不可少。

水的消毒处理过程一般是生活饮用水处理过程中的最后一道工序。消毒的目的在于杀灭水中的致病微生物（病菌、病毒及

原生动动物胞囊等), 防止水质传染病的危害。

目前, 水处理中常用的消毒剂有液氯、二氧化氯、臭氧、紫外线消毒等。

小湾水厂内现有液氯消毒设施, 且可以满足改建后的要求。为节约工程造价, 本次改建后, 仍采用液氯消毒。

7.4 深度水处理工艺选择

微污染水源水是指受到较低程度污染, 原水水质指标有所降低, 但仍可作为饮用水水源的水。其特征是原水中的有机物、氨氮、磷及有毒污染物指标有所升高。

因微污染水源水中污染物浓度低, 自来水厂原有的混凝、沉淀、过滤、消毒的传统工艺不能有效去除水中的污染物, 尤其是致癌物的前体物。这些前体物经加氯处理后产生卤代烃三氯甲烷和二氯乙酸等“三致物”, 而氨氮过高不仅使水厂消毒加氯量提高, 还会导致管网中亚硝酸盐滋生, 残留的有机物会引起管道中异养菌生长, 危害人体健康。

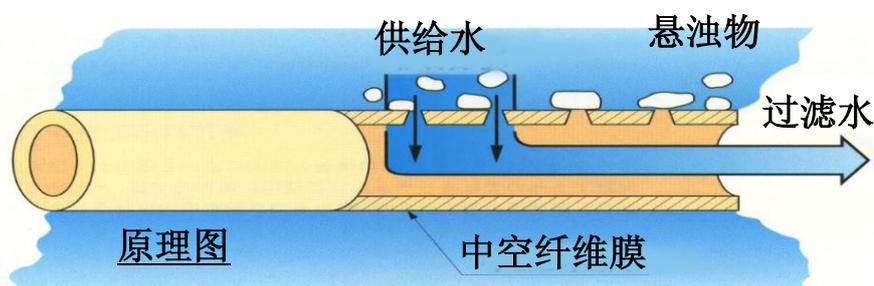
深度处理通常是指在常规处理工艺之后, 采用适当的处理方法, 将常规处理工艺不能去除的污染物或消毒副产物的前体物加以去除, 提高和保证饮用水水质。常用的深度处理技术有超滤膜工艺和臭氧—活性炭工艺, 为了最大可能地选取适合小湾水厂的深度处理技术, 我们采用了上述两种工艺进行了中试, 并针对实验结果进行了比选。

7.4.1 超滤膜工艺

膜技术是一门新兴的分离技术, 也是一门多学科交叉的科学技术。近年来, 膜技术已广泛应用于水处理领域。其中, 微滤和超滤膜用于自来水生产发展特别迅速。随着膜价格的下降, 它可望

取代混凝、沉淀、砂滤的常规的自来水生产工艺,成为水处理领域里最重要的技术革新之一。超滤过程是比微滤膜孔径更小的膜操作过程,它的出水水质好,操作压力不高,所以正受到越来越多的关注。

超滤膜组件是一种中空纤维内压式超滤膜组件,超滤膜中空丝内径为 1.0mm,超滤膜平均截留分子量为 100,000 道尔顿。超滤膜的原理如下:



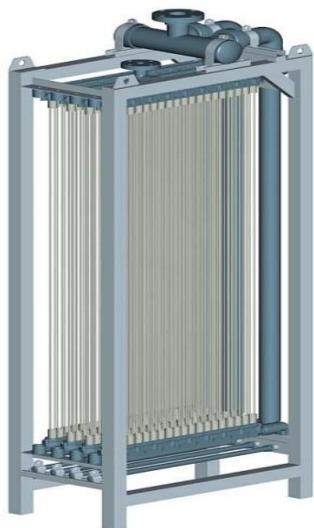
由于超滤膜上的微孔很小,可以有效去除水中各种悬浮颗粒、胶体、细菌和大分子有机物等,这些截留物质会在膜的内表面集聚,从而降低膜通量。为了恢复超滤膜起始运行通量,需对膜单元进行清洗。常用的清洗方式有物理清洗和化学清洗。

物理清洗就是用水进行冲洗,分为正洗、反洗、气水混合清洗、空气辅助清洗等多种方式。但超滤膜运行到一定程度,会引起超滤膜深层污染,当膜运行通量下降到 90% 以下,物理性清洗不能使膜恢复到起始通量时,则需进行化学清洗。

化学清洗过程为:碱洗→酸洗→次氯酸钠清洗→清水清洗。碱洗时用 0.5% 的 NaOH 溶液浸泡超滤膜 1~4h,酸洗时用 0.5% 的 HCl 或者用 1% 的柠檬酸溶液浸泡超滤膜 1~6h,次氯酸钠清洗是用含 0.001% 的有效氯的次氯酸钠溶液浸泡 1~6h。该过程产生的废液需要进行无害化处理。

7.4.1.1 超滤膜中试设备

超滤膜中试设备如下：



帘式超滤膜组件



现场超滤膜中试装置图

7.4.1.2 中试设备参数

本次实验采用的是 LGJ1E-2000-A 型膜组件，该设备的尺寸为 $L \times B \times H$ (mm) = $470 \times 855 \times 2670$ ，含有膜组件 4 帘，总过滤面积为 140m^2 。本装置设有两台卧式离心泵，分为抽吸泵和反洗泵。抽吸泵流量 $Q=4\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=15\text{m}$ ，功率 $N=0.55\text{kW}$ ；反洗泵流量 $Q=8\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=17\text{m}$ ，功率 $N=0.75\text{kW}$ 。

7.4.2 臭氧—活性炭工艺

臭氧—生物活性炭联用处理微污染源水，处理工艺效率高，出水水质好，发达国家的水处理工程采用较多。近年来，我国的一些水厂也相继采用这一工艺进行微污染源水的深度处理。

在生物处理之前投加臭氧，不仅可以依靠臭氧极强的氧化能力，部分氧化水中有机物，尤其是生物氧化不能去除的有机物，还能使水中的有机物分子量减小，提高水中的有机物的可生化性。另外，臭氧分解使水中的溶解氧的含量增加，供后续生物活性炭

滤池进行生化反应时所需的氧量。后续的生物活性炭处理单元在活性炭吸附、炭粒表面生长的生物膜的生物吸附和生物氧化降解作用下使水中有机物含量进一步降低。臭氧—生物活性炭联和处理工艺显著提高活性炭除污能力，延长活性炭使用周期。

7.4.2.1 臭氧—活性炭中试设备

臭氧—活性炭中试设备如下：



现场生物活性炭中试装置图



现场臭氧中试装置图

7.4.2.2 中试设备参数

本次实验采用的是直径为 480mm 的活性炭滤柱。其中，碳柱高 2.0m，设计滤速 $v_L=10.0\text{m/h}$ 。臭氧投加量为 1.0~2mg/L,接触时间为 13min。

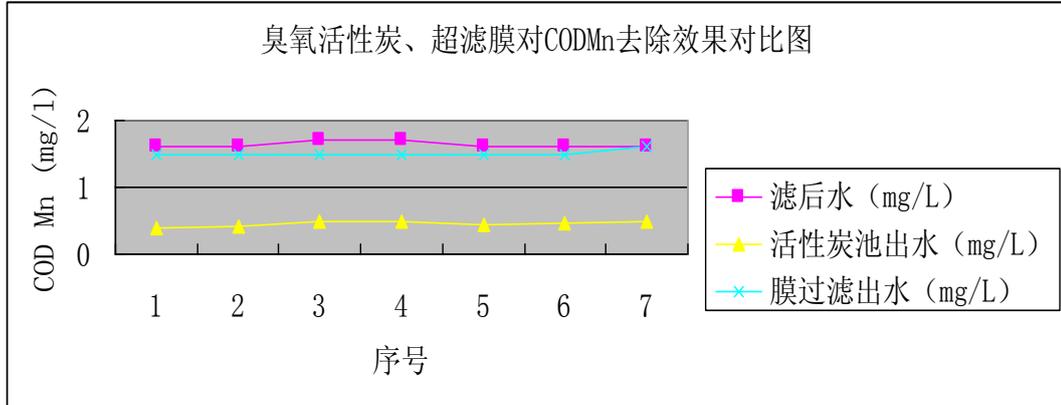
7.4.3 实验数据

经过实验，我们对小湾水厂滤后水、臭氧活性炭中试出水及超滤膜工艺出水中的 COD_{Mn} 、总有机碳、氨氮、UV254、溴酸盐等水质指标进行了全面检测。根据检测数据 溴酸盐在全程中并无变化，其数值均 $<0.002\text{mg/L}$ 。其余数据截取如下：

1、 COD_{Mn}

出水 COD_{Mn} 含量检测表

序号	1	2	3	4	5	6	7
滤后水 (mg/L)	1.6	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6
活性炭池出水 (mg/L)	0.4	0.42	0.5	0.48	0.43	0.46	0.48
膜过滤出水 (mg/L)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6

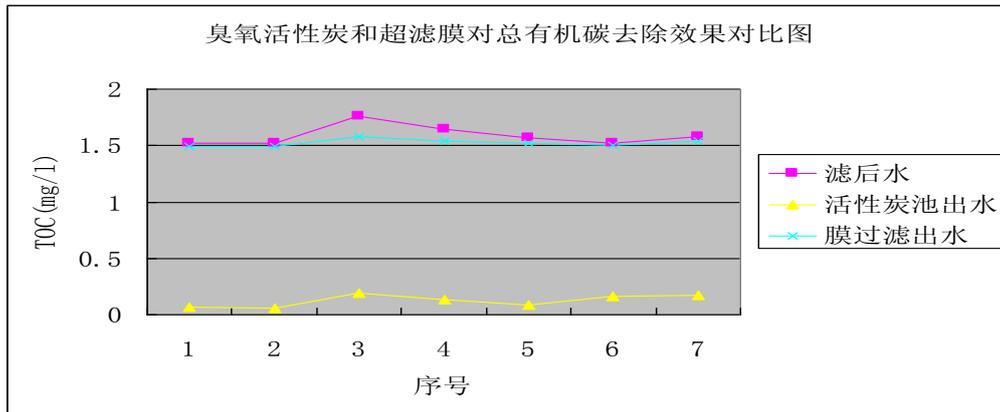


从上图我们可以看出臭氧活性炭工艺能够有效去除对小湾水厂出厂水中的 COD_{Mn}，能够使出水 COD_{Mn} 稳定在 0.5 mg/L 以下。

2、TOC (总有机碳)

出水 TOC (总有机碳) 含量检测表

序号	1	2	3	4	5	6	7
滤后水 (mg/L)	1.52	1.52	1.76	1.65	1.57	1.52	1.58
活性炭池出水 (mg/L)	0.07	0.06	0.19	0.13	0.09	0.16	0.17
膜过滤出水 (mg/L)	1.49	1.49	1.58	1.54	1.52	1.5	1.54

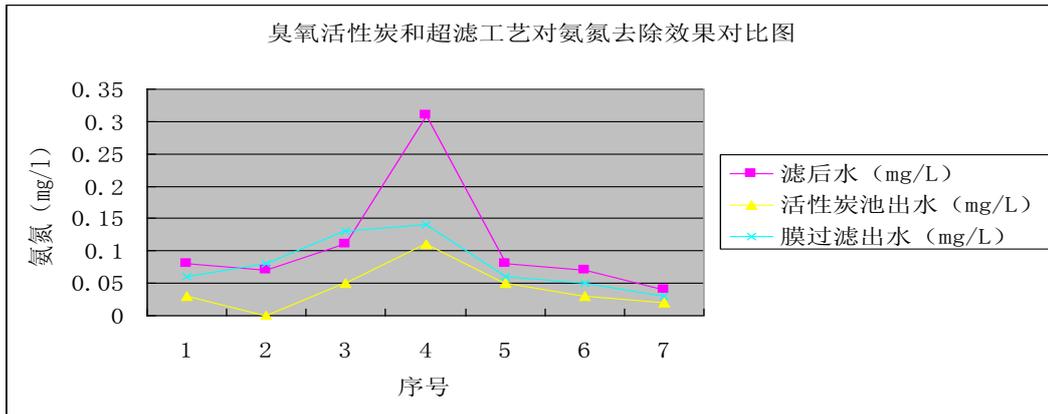


从上图我们可以看出臭氧活性炭工艺能够有效去除对小湾水厂出厂水中的 TOC(总有机碳)，能够使出水 TOC(总有机碳) 稳定在 0.2 mg/L 以下。

3、氨氮

出水氨氮含量检测表

序号	1	2	3	4	5	6	7
滤后水 (mg/L)	0.08	0.07	0.11	0.31	0.08	0.07	0.04
活性炭池出水 (mg/L)	0.03	<0.02	0.05	0.11	0.05	0.03	0.02
膜过滤出水 (mg/L)	0.06	0.08	0.13	0.14	0.06	0.05	0.03

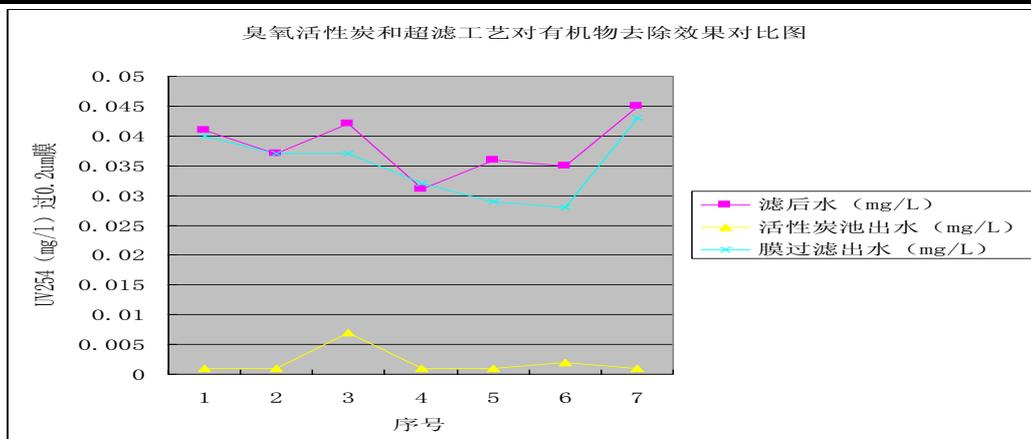


从上图我们可以看出臭氧活性炭工艺能够有效去除对小湾水厂出厂水中的氨氮，能够使出水氨氮稳定在 0.11 mg/L 以下。

4、UV254 (过 0.20 μm 膜)

出水有机物含量检测表 (UV254 过 0.20 μm 膜)

序号	1	2	3	4	5	6	7
滤后水 (mg/L)	0.051	0.047	0.051	0.042	0.045	0.046	0.054
活性炭池出水 (mg/L)	0.01	0.009	0.011	0.006	0.006	0.009	0.008
膜过滤出水 (mg/L)	0.051	0.048	0.043	0.045	0.039	0.041	0.052



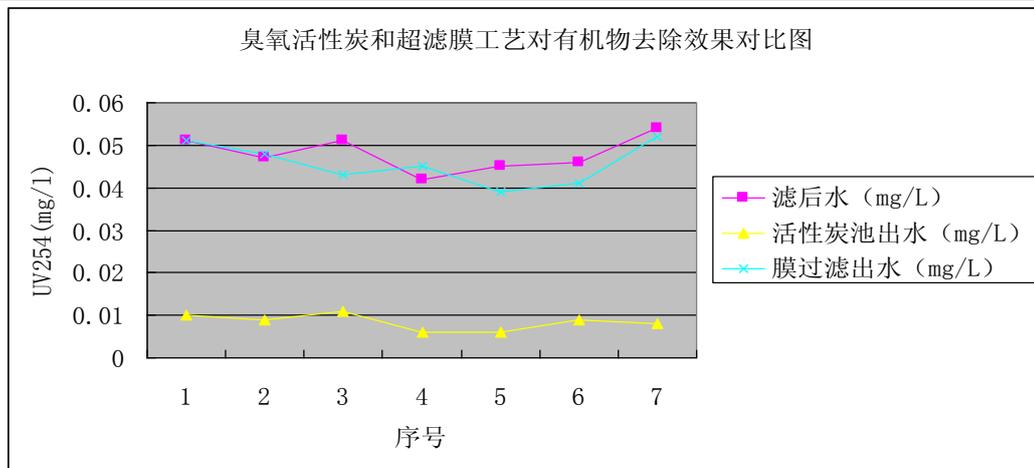
从上图我们可以看出臭氧活性炭工艺能够有效去除对小湾

水厂出厂水中的 UV254 (过 0.20 μm 膜), 能够使出水 UV254 (过 0.20 μm 膜) 稳定在 0.01 mg/L 左右。

5、UV254 (未过 0.20 μm 膜)

出水有机物含量检测表 (UV254 未过 0.20 μm 膜)

序号	1	2	3	4	5	6	7
滤后水 (mg/L)	0.051	0.047	0.051	0.042	0.045	0.046	0.054
活性炭池出水 (mg/L)	0.01	0.009	0.011	0.006	0.006	0.009	0.008
膜过滤出水 (mg/L)	0.051	0.048	0.043	0.045	0.039	0.041	0.052



从上图我们可以看出臭氧活性炭工艺能够有效去除对小湾水厂出厂水中的 UV254 (未过 0.20 μm 膜), 能够使出水 UV254 (未过 0.20 μm 膜) 稳定在 0.01 mg/L 左右。

7.4.4 实验结论

综合上述分析可以看出, 臭氧活性炭工艺对小湾水厂出厂水中的 COD_{Mn} 、总有机碳、氨氮、UV254、溴酸盐等水质指标均有较高的去除率, 并能够承受一定的冲击负荷, 可以满足本次改建提高供水水质的要求, 适合本工程。

7.5 针对臭氧活性炭深度处理工艺的调研

2006 年，针对国家即将实施新的水质标准，我们曾经赴深圳、广州、上海、嘉兴等地，先后对深圳梅林水厂、笔架山水厂、广州南洲水厂、上海杨树浦水厂、嘉兴市石臼漾水厂进行了实地现场考察。通过考察，确定了深度处理炭滤池池型及臭氧设备选择、以及该工艺的设计参数，并了解了国内现有水厂深度处理工艺系统的实际运行情况以及存在的问题。

7.5.1 深圳梅林水厂

深圳市水务(集团)有限公司梅林水厂是目前深圳市供水规模最大、工艺较先进的一座自来水厂，日供水能力达到 60 万 m^3/d 。原水取自东江，包括东深原水和东部原水。2003



年 8 月，水厂增建臭氧、生物活性炭深度处理工艺，于 2005 年初投产，投产后运转良好，实现了出厂水直接饮用。水厂化验室每天三次对原水和出厂水进行 10 个项目的日常检测，每周对 25 个水质项目进行检测分析，每个月由公司水质检测中心进行 117 项水质全分析。

梅林水厂其主要处理工艺为：

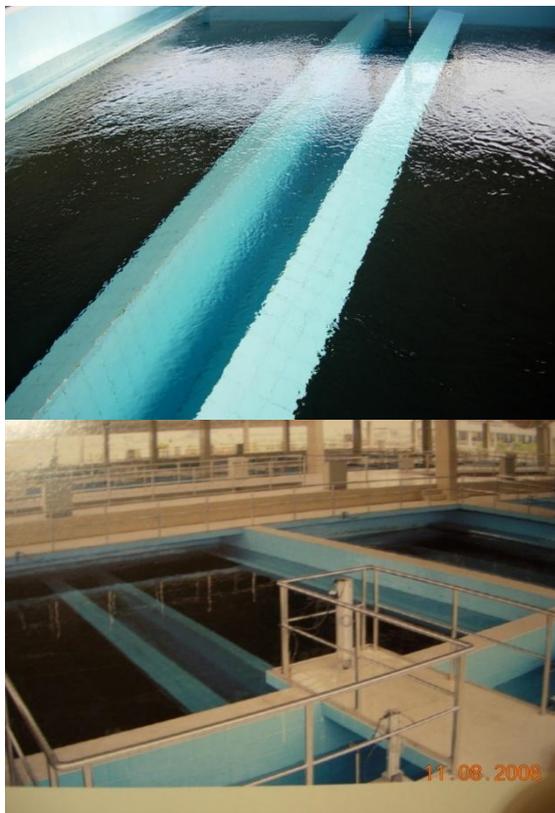
原水→预臭氧→常规处理（机械混合+折板絮凝反应+平流沉淀+“V”型滤池）→中间提升泵房→主臭氧→活性炭滤池→消毒→出厂

深度处理系统主要参数如下：

1) 预臭氧接触池：投加采用射流曝气，臭氧投加量为 0.5~1.5 毫克/升，接触时间 4 分钟。池中的剩余臭氧被破坏器分解为氧气后排放。

2) 主臭氧接触池：主臭氧投加采用陶瓷微孔盘曝气。臭氧投加量最大为 2.5 毫克/升，接触时间 10.6 分钟，接触池出水剩余臭氧浓度控制在 0.3~0.4 毫克/升。

3) 活性炭滤池：活性炭池型采用“V”型滤池，共 24 座，单格过滤面积为 96 平方米，接触时间 11.3 分钟，滤速 10.9 米/小时。滤料为煤质颗粒活性炭，炭层厚 1.85 米，下设 0.05 米厚的卵石承托层（2-4 毫米）。在活性炭的选用上，其中 20 座滤池采用柱状炭（直径 1.5 毫米，长度 2-3 毫米），另外 4 座滤池采用破碎炭（8×30 目）。活性



活性炭滤池



活性炭滤池反冲洗场景

炭层顶部距滤池反冲洗排水槽顶高度 0.8 米，活性炭层以上

设计水深为 1.6 米，活性炭反冲洗膨胀率约为 26%。

滤池平均反冲洗周期为 48 小时，反冲洗方式为三段式气水联合反冲洗，反冲洗强度为：气洗强度 49.6m/h，水洗强度 28.8m/h。

反冲洗时间分为 3 段，即：单独气冲洗（历时 4 分钟）+气水联合冲洗（历时 1 分钟）+单独水冲洗（历时 6 分钟）。

由于活性炭滤池出水有微生物带出，故在滤池出水渠道上设有微生物拦阻网（200 目），如下图所示：



活性炭滤池出水防虫网

同时借鉴广州南洲水厂的经验，在部分活性炭滤池的配水槽内安装了消能板，但效果并不明显。

4) 臭氧发生系统：臭氧发生系统包括臭氧发生器、气源和扩散系统，臭氧发生器选择德国威德高公司的卧管式臭氧发生器，共 3 台，单机臭氧产生量 45 千克/小时，臭氧浓度 10%wt。臭



梅林水厂臭氧发生器

氧的投加量按流量和接触池的余臭氧进行控制。

由于臭氧系统需氧量较大，臭氧发生器气源为现场空气制氧，选用美国进口的 VPSA 设备，系统运行安全可靠，同时以液氧系统作为备用，液氧系统由液氧储罐和氧气蒸发器组成。



梅林水厂制氧站

7.5.2 深圳笔架山水厂



笔架山水厂处理规模为 52 万 m^3/d ，原水取自东江，其中采用深度处理的水处理规模为 26 万 m^3/d 。深度处理采用臭氧—生物活性炭深度处理工艺，于 2006 年 3 月试

运行，经过近半年的调试，目前已基本正常运转。

笔架山水厂其主要处理工艺为：

原水→预臭氧→常规处理→中间提升泵房→主臭氧→活性炭滤池→消毒→出厂

深度处理系统主要参数如下：

1) 预臭氧接触池：投加采用文丘里射流曝气，臭氧最大投加量为 2.5 毫克/升。接触池出水余臭氧浓度控制在 0.05~0.1 毫克/升。

2) 主臭氧接触池：主臭氧投加采用陶瓷微孔盘曝气。臭氧投加量在 1.8~2.0 毫克/升，接触池出水剩余臭氧浓度实际控制在 0.3~0.4 毫克/升。

3) 活性炭滤池：活性炭池型采用翻板滤池，共 8 座，单格过滤面积为 140 平方米，设计滤速 8 米/小时。炭层厚 2.0 米，下设 0.3 米厚（有效粒径 0.6~1.2 毫米）的均质石英砂层，最底部是 0.45 米厚的卵石承托层。

在活性炭的选用上，滤池采用破碎炭（有效粒径 0.9~1.1 毫米）。

翻板滤池的翻板阀是其核心设备，采用瑞士瓦巴格公司的进口设备，如右图所示：



翻板滤池全景



翻板滤池破碎活性炭



翻板滤池翻板阀

滤池反冲洗周期为 72 小时，反冲洗方式为二段式气水反冲洗，反冲洗时间分为 3 段，即：单独气冲洗（历时 2~3 分钟）+单水冲洗（历时 2~3 分钟）+静沉（历时 1~2 分钟）+打开翻板阀排水。反冲洗强度为：气洗强度 55~57m/h，水洗强度 25~29m/h，配水系统采用常规小阻力配水配气系统。



翻板滤池空气反冲洗



翻板滤池水冲洗



翻板滤池反冲洗排水前静沉



翻板滤池打开翻板阀排水

4) 臭氧发生系统：笔架山水厂臭氧发生系统包括臭氧发生器、气源和扩散系统，臭氧发生器为进口的瑞士奥宗尼亚产品，卧管式臭氧发生器，共 3 台，单机臭氧产生量为 31.34 千克/小时，臭氧浓度 11.5%wt。臭氧的投加量按流量和接触池的余臭氧进行控制。



笔架山水厂臭氧发生器

臭氧发生器以液氧作为气源，液氧系统由液氧储罐和氧气蒸发器组成，如右图所示：



笔架山水厂液氧系统

7.5.3 广州南洲水厂



广州市南洲水厂是目前国内规模最大的深度处理水厂，日处理规模 100 万 m^3/d ，原水取自顺德水道，深度处理采用臭氧—生物活性炭深度处理工艺，于

2004 年 9 月正式投入运行，运行近 2 年来，深度处理系统运行效

果良好，积累了不少深度处理运行经验。

南洲水厂其主要处理工艺为：

原水→预臭氧→常规处理（机械混合+折板絮凝反应+平流沉淀+“V”型滤池）→中间提升泵房→主臭氧→活性炭滤池→消毒→出厂

深度处理系统主要参数如下：

1) 预臭氧接触池：投加采用射流曝气，臭氧投加量为 0.5~1.5 毫克/升，接触时间大于 4 分钟。池中的剩余臭氧经破坏器分解为氧气后排放。



活性炭滤池外景

2) 主臭氧接触池：主臭氧投加采用陶瓷微孔盘曝气。臭氧投加率为 2.5 毫克/升，接触时间大于 10 分钟，接触池出水剩余臭氧浓度控制在 0.2~0.4 毫克/升。

3) 活性炭滤池：活性炭池型采用“V”型滤池，共 48 座，单格过滤面积为 91 平方米，接触时间 12 分钟，滤速 10.5 米/小时。滤料为煤质颗粒活性炭，炭层厚



活性炭滤池正常过滤中

2.0 米，下设 0.3 米厚（有效粒径 0.95~1.35 毫米）的均质石英砂层，最底部是 0.06 米厚的卵石承托层（2-4 毫米）。

在活性炭的选用上，采用煤质柱状活性炭（直径 1.5 毫米，长度 2-3 毫米）。活性炭层顶部距滤池反冲洗排水槽顶高度 0.7~0.8 米，活性炭层以上设计水深为 1.6 米。

滤池平均反冲洗周期为 3~5 天，反冲洗方式为气水反冲洗，反冲洗时间分为 3 段，即：单独气冲洗（历时 3 分钟）+小水洗（历时 1 分钟）+大水洗（历时 3.5 分钟）+小水洗（历时 1 分钟）。

反冲洗强度为：气洗强度 45~50m/h，小水洗强度 14.4~18m/h，大水洗强度 21.6~25.2m/h。

为提高滤池“V”型槽配水的均匀性，在“V”型内设置了可调节的消能板，以解决进水跑炭现象，消能板的角度、高度均可调。具体如下图所示：



活性炭滤池进水槽消能板

由于在南洲水厂的实际运行中发现活性炭滤池出水有微生物带出，故在滤池出水渠道上设有微生物拦阻网（200 目），形式与梅林水厂相同。

4) 臭氧发生系统: 臭氧发生系统包括臭氧发生器、气源和扩散系统, 臭氧发生器选择瑞士奥宗尼亚公司的卧管式臭氧发生器, 共 4 台, 单机臭氧产生量 47.2 千克/小时, 臭氧浓度 10%wt。臭氧的投加量按流量和接触池的余臭氧进行控制。



南洲水厂臭氧发生器

南洲水厂臭氧系统的臭氧发生器气源设计为现场空气制氧, 同时设计以液氧系统作为备用, 液氧系统由液氧储罐和氧气蒸发器组成。



南洲水厂液氧系统

目前南洲水厂的现场空气制氧设备维修量大, 故臭氧发生器在实际运行中采用液氧作为气源。

7.5.4 上海杨树浦水厂

上海杨树浦水厂是上海市市北自来水公司下属的自来水厂, 该厂目前日处理规模 148 万 m^3/d , 原水取自黄浦江及长江。目前, 该厂正在利用法国政府贷款, 建设水处理规模为 36 万 m^3/d 深度处理净水系统。

该系统包括常规处理和



深度处理，深度处理采用臭氧—生物活性炭深度处理工艺，新系统由法国德利满公司与上海市政工程设计研究院联合进行设计，法国德利满公司提供主要工艺设备。目前工程正在进行土建施工和设备安装阶段。

杨树浦水厂新系统主要处理流程为：

原水→预臭氧→常规处理（机械混合+高密度澄清池+“V”型滤池）→中间提升泵房→主臭氧→活性炭滤池→消毒→出厂

深度处理系统主要参数如下：

1) 预臭氧接触池：投加采用射流曝气，臭氧投加量为 1.5 毫克/升，接触时间 3 分钟。

2) 主臭氧接触池：主臭氧投加采用陶瓷微孔盘曝气。臭氧投加量 2.5 毫克/升，接



活性炭滤池顶部

触时间 12 分钟，接触池设计按 3 段设计，每段接触时间均为 4 分钟。

3) 活性炭滤池：活性炭池型为普通快滤池，设计滤速 9.9 米/小时。活性炭滤料选用破碎炭，炭层设计厚度 2 米，有效粒径 0.65~0.75 毫米，活性炭底



部无承托层。在活性炭的选用上，安装 3 种破碎炭进行试验，即：压块破碎炭、直接破碎炭、柱状破碎炭。活性炭层顶部距滤池反冲洗排（进）水槽堰顶高度 1.0 米。

滤池设计反冲洗周期为 24 小时，反冲洗方式为二段式气水反冲洗，即：先气洗，再水洗。反冲洗强度为：气洗强度 55m/h，水洗强度 25m/h。

4) 臭氧发生系统：臭氧发生系统包括臭氧发生器、气源和扩散系统，臭氧发生器为瑞士奥宗尼亚公司产品，目前产品已到货，在安装阶段。臭氧发生器气源设计为：近期液氧，远期现场制氧。

活性炭滤池内部

7.5.5 嘉兴石臼漾水厂



嘉兴市石臼漾水厂是嘉兴市目前最大的自来水厂，原水取自京杭大运河。该厂原有常规处理规模为 17 万 m^3/d ，经过深度处理改造及新系统扩建后目前总处理能力 25 万 m^3/d 。

该水厂包括新、旧两个系统，老系统设计日处理能力 17 万 m^3/d ，2003 年 8 月份开始深度处理改造工程，于 2004 年 1 月 16 日通水，目前满负荷运行。新系统设计日处理能力 8 万 m^3/d ，于 2005 年 7 月份建成通水，目前实际处理量为设计能力的 50%。

由于原水水质较差，为应对原水水质对深度处理带来的冲击负荷，水厂增设了粉末活性炭投加系统。当进水 CODMn 值高于 8mg/L 时，粉末活性炭的应急投加能有效控制出水有机物，并显

著改善色度及臭、味等感官指标。

●石臼漾水厂老系统主要处理流程为：

原水→生物接触氧化→预臭氧→常规处理(机械混合+折板絮凝+快滤池)→中间提升泵房→主臭氧→活性炭滤池→消毒→出厂

深度处理系统主要参数如下：

1) 预臭氧：预臭氧投加采用射流泵。

2) 主臭氧接触池：主臭氧投加采用陶瓷微孔盘曝气。臭氧投加量为 2.5 毫克/升，接触时间 10 分钟。

3) 活性炭滤池：活性炭池型采用“V”型滤池，共 7 座，单格过滤面积为 98 平方米，接触时间 11 分钟，滤速 10.3 米/小时。滤料为破碎活性



老系统活性炭滤池

炭，选用了两种颗粒活性炭，分别为 8×30 目煤质破碎炭和 8×12 目柱状破碎炭。炭层厚 2.0 米，底部是 0.1 米厚的卵石承托层(2-4 毫米)。

活性炭层顶部距滤池反冲洗排水槽顶高度 0.5~0.6 米。滤池平均反冲洗周期为 7~10 天，反冲洗方式为气水反冲洗，反冲洗时间分为 2 段，即：单独气冲洗（历时 4~6 分钟）+水洗（历时 6 分钟）。

反冲洗强度为：气洗强度 50m/h，水洗强度 20~25m/h。

4) 臭氧发生系统：臭氧发生系统包括臭氧发生器、气源和扩散系统，臭氧发生器选择瑞士奥宗尼亚公司的卧管式臭氧发生器，共 3 台，单机臭氧产生量 10 千克/小时，臭氧浓度 10%wt。



液氧罐及蒸发器

臭氧发生器气源设计为液氧。

● 石臼漾水厂新系统主要处理流程为：

原水—预处理（预臭氧+粉末活性炭投加）—常规处理（中置式斜管高效沉淀池+双层滤料（800 毫米厚活性炭+700 毫米厚石英砂）翻板滤池）—中间提升泵房—主臭氧—活性炭滤池—消毒—出厂

石臼漾水厂新系统在设计、建设中采用了许多新工艺、新设备。如中置式斜管高效沉淀池，该沉淀池结合了机械加速澄清池和高密度沉淀池的优点，具有占地小、反应沉淀时间短、减少矾耗、布水均匀、水流流势合理等特点；砂滤池采用了石英砂和活性炭双层滤料的翻板滤池。

深度处理系统主要参数如下：

1) 预臭氧：预臭氧投加采用射流泵。

2) 主臭氧接触池：主臭氧投加采用陶瓷微孔盘曝气。臭氧投加量为 2.5 毫克/升，接触时间 10 分钟。主臭氧接触池体除了在布气区布置曝气盘外，在反应区还增加了 3 道催化氧化反应填料，可以提高臭氧在水中的溶解效率，使臭氧反应更加彻底。

3) 活性炭滤池：新系统的砂滤池与活性炭滤池采用合建的方法，东侧 4 个滤池为砂滤池，西侧 4 个为炭滤池，中间为出水、气冲、水冲管廊。砂滤池和炭滤池均采用了翻板滤池池型，布水布气系统采用形似面包的布水布气管道（俗称面包管），直接固定于底板，中间为布水布气管廊。单格活性炭池过滤面积为 96 平方米。



翻板活性炭滤池

活性炭池滤料为煤质破碎活性炭(8×30目)，炭层厚 2.0 米，下设 0.3 米厚的均质石英砂层，最底部是 0.45 米厚的卵石承托层。反冲洗方式为气水反冲洗。

4) 臭氧发生系统：臭氧发生系统包括臭氧发生器、气源和扩散系统，臭氧发生器选择日本三菱公司的卧管式臭氧发生器，共 2 台，单机臭氧产生量 10 千克/小时，臭氧浓度 10%wt。



臭氧发生器

臭氧发生器气源设计为液氧。

7.6 关于臭氧——活性炭关键技术的选定

臭氧活性炭工艺设备及材料的选择，主要包括活性炭滤池池型的选择、活性炭的选择、臭氧气源的选择，臭氧发生器配置选择等。

7.6.1 关于活性炭滤池池型选择

从上次考察结果来看，各地的深度处理活性炭滤池各有特点，广州南洲、深圳梅林、嘉兴水厂老系统采用了“V”型滤池池型，深圳笔架山、嘉兴水厂新系统采用了翻板滤池池型，杨树浦水厂采用了改良的快滤池池型。

在炭滤池的应用上，国内外存在两大流派，一种是“V”型滤池，另外一种为翻板滤池，两者作为目前世界上比较先进的滤池池型，各有其优缺点。

“V”型滤池开发较早，在国内外运用较多，工艺比较成熟，实际运行过程中，效果均较好。其主要缺点是反冲洗耗水量大，构筑物结构比翻板滤池复杂。

翻板滤池作为一种较新的池型，表现出了构筑物简单，反冲洗水量小，滤料不易流失等优点。其主要缺点表现为翻板阀安装、操作均十分严格，由于滤池单侧进出水，排水路线长。

鉴于活性炭滤池中炭滤料密度小，冲洗强度与滤料流失的矛盾尤其突出。我们认为：小湾水厂深度处理改建工程深度处理工艺中的炭滤池采用翻板滤池是比较适合的。

7.6.2 活性炭的选择

活性炭是一种优良吸附剂，具有发达的内部孔隙结构和巨大的比表面积，是给水深度处理的主要净水材料。

目前我国生产的饮用水净化处理用煤质活性炭有以下几种类型

a、 $\Phi 1.5\text{mm}$ 的圆柱状活性炭：我们建议尽量不采用。因为这种活性炭的基本原料为无烟煤，因其外表面光滑，不利于微生物附着繁衍，同时其孔分布范围较窄，对水中较大分子污染物的

去除不太有利。

b、原煤破碎：活化无烟煤和烟煤活性炭。

活化无烟煤：无烟煤经过破碎后，直接活化即得。为了将其和活性炭分开，我们特称其为活化无烟煤，这种产品吸附性能较低，碘值通常 $\leq 900\text{mg/g}$ ，这种产品孔隙分布狭窄，基本是原煤的结构。

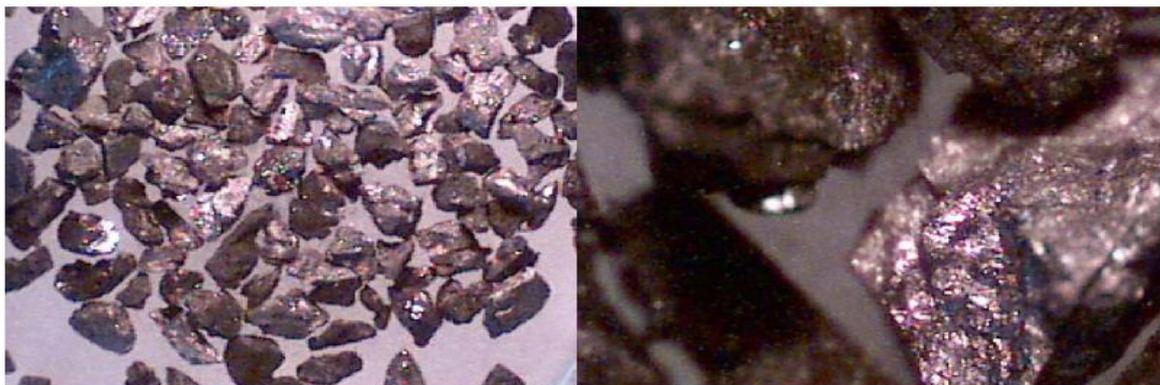
烟煤活性炭：它是烟煤经破碎后，经炭化、活化而得。这种炭的吸附性能较高，碘值可达 1000mg/g 以上，亚甲蓝脱色力也可达到 200mg/g ，但这种产品的孔隙分布仍有原煤结构的局限性。

此外，这两种产品还具有共同的缺点：水中的漂浮率较高，再生的得率较低。

c、压块（片）破碎炭及圆柱破碎炭：这两种类型的产品的共同点是：它不是单一煤种的制品，而是用配煤（将孔隙结构不同的煤种按一定比例混合，乃至加一些改变孔隙分布的药剂）经磨粉、成型、炭化、活化而成。这种产品的孔隙分布比较合理，更适宜于饮用水净化用。

以下是直接活化活性炭、柱状破碎活性炭以及压块破碎活性炭在 10 倍与 60 倍放大镜下的照片。从照片可以看出，压块破碎活性炭具有发达的内部孔隙结构和巨大的比表面积，具有极强的吸附性能和生物附载能力。

10 倍与 60 倍 放大镜下的直接活性炭



直接活性炭有较光滑的表面及尖锐棱角

直接活化活性炭

10 倍与 60 倍 放大镜下的圆柱破碎炭



圆柱破碎炭具有圆柱形表面及尖锐棱角

柱状破碎活性炭

10 倍与 60 倍 放大镜下的压块活性炭



压块活性炭有均匀粗糙的表面，无尖角

压块破碎活性炭

选炭时，不仅需要关注炭种的吸附性能和生物附载能力，还需关注活性炭的耐磨性、强度等。以下列表就压块活性炭、直接活化炭以及柱状破碎炭的各种性能进行了比选：

压块活性炭与直接活化炭各种性能对照表

名称	压块活性炭	直接活化炭
1	颗粒内外均匀活化	活化不均匀，颗粒中心部分未活化或活化不均匀，颗粒中心易产生硬核
2	广泛的吸附孔径分部，吸附效率高	单一的吸附孔径，吸附效果差
3	活性炭灰分漂浮率低（2%以下）	活性炭灰分漂浮物高（5-10%左右）
4	耐磨值高，通常大于 90，反冲洗损耗低	耐磨值低，通常在 75 左右，反冲洗损耗大
5	灰分低，通常低于 2%	灰分大，通常在 15-18%
6	含水量低，通常在 2%以下	水份含量高，通常在 5-8%
7	表面粗糙，易于微生物成长，易形成生物活性炭（BAC）	表面光滑，不易微生物生长，难生成生物活性炭
8	动态吸附功能强，对于进水的污染物吸附的调节功能好，不易吸附饱和	基本无动态吸附功能，容易饱和，活性炭的吸附调节功能差

压块活性炭与柱状破碎炭各种性能对照表

名称	压块活性炭	柱状破碎炭
1	原料高压结块，黏合剂添加极少，有效炭含量高	低压挤压，需要大量的黏合剂，炭的有效含量低
2	单个颗粒含炭比例高，吸附能力强	单个颗粒炭含量低，吸附能力弱
3	活化比例高，活性炭性能稳定	由于黏合剂含量高，所以会导致过度活化或是活化程度不够，影响吸附能力
4	耐磨值高，通常大于 90，反冲洗损耗低	耐磨值低，通常在 75 左右，反冲洗损耗大
5	4000kg 高压结块，物理性能稳定，耐磨性能好	10kg 挤压成型，物理性能不稳定，反冲洗后损耗大
6	再生效果好，再生损耗低	由于大量添加黏合剂，再生效果差，损耗量大
7	动态吸附功能强，对于进水的污染物吸附的调节功能好，不易吸附饱和	基本无动态吸附功能，容易饱和，活性炭的吸附调节功能差

此外，活性炭作为可再生利用的自然资源，活性炭的再生利用非常重要。以下表格就几种活性炭的再生进行了比对。

活性炭再生性能对照表

炭型	新炭补充率	再生后的灰分	性能使用的耐久性	再生次数
压块活性炭	5-10%	10-15%	非常好	8-10 次再生
直接活性炭	30-40%	15-25%	差	1-2 次再生
柱状破碎炭	20-30%	10-15%	较好	2-3 次再生

从上述比较可以看出，不同工艺生产的活性炭具有不同的特性，压块活化工艺生产的活性炭是吸附活性在颗粒中分布好和粒径/形状颗粒表面粗糙，在过滤吸附器中有较好的装填密度的最佳组合，因而在净水处理中效果最好。

因此，小湾水厂深度处理改建工程活性炭选用压块活性炭。

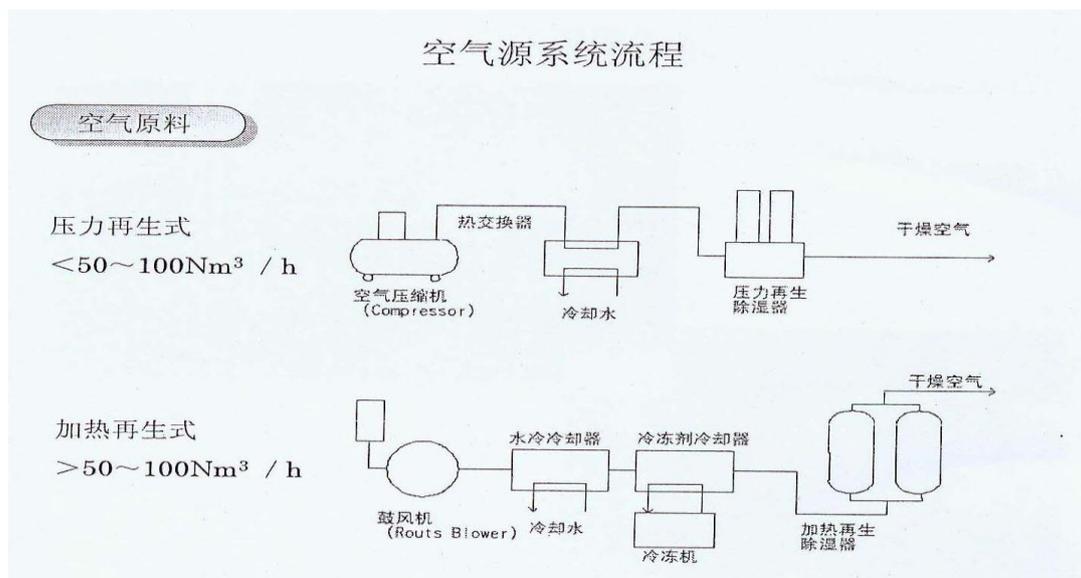
7.6.3 臭氧气源方案选择

臭氧发生器采用的气源一般可分为空气气源和氧气气源两大类。

7.6.3.1 空气气源组成及特点

采用空气作为臭氧发生器的气源，空气质量需满足无尘、无油、无水、无有机物及其他气体污染。因此，在空气进入发生器以前必须进行除尘、除油、除湿及除去其污染物的处理。与此同时，为了满足空气处理流程和水处理流程正常工作的需要，对空气还应进行加压压缩、消除压缩机对臭氧发生器及臭氧化气的油污染。

空气气源系统按其干燥剂再生方式不同，可分为压力再生式和加热再生式两种，其流程见下图，其特点比较见下表。



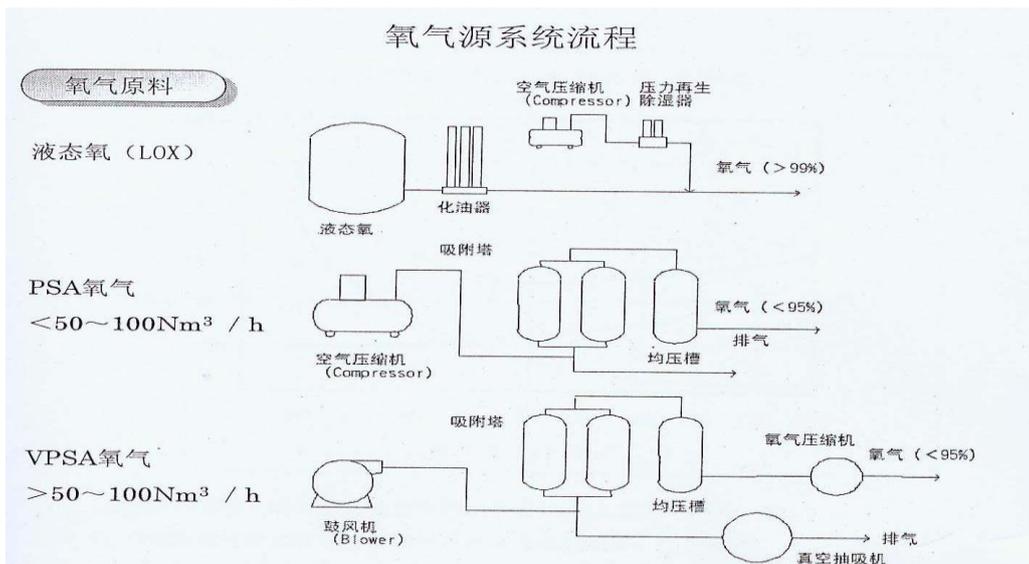
不同再生系统性能和比较

再生系统	性能及优缺点	适用情况
加热再生系统	<ol style="list-style-type: none"> 1. 操作压力低，为 $0.1 \sim 0.25 \text{MPa}$ 2. 操作较复杂 3. 占地面积大，一次性投资高 4. 空气净化电耗小，约 $11 \sim 13 \text{kW} \cdot \text{h} / \text{kgO}_3$ 5. 日常维修小 6. 空气露点可达 -60°C 7. 固体吸附剂不易破损 	适用于大型空气干燥装置
变压吸附再生系统	<ol style="list-style-type: none"> 1. 操作压力高：为 $0.4 \sim 0.8 \text{MPa}$ 的变压吸附干燥 2. 操作管理方便，易自动化 3. 占地省，一次性投资低 4. 空气净化电耗大约 $15 \text{kW} \cdot \text{h} / \text{kgO}_3$ 5. 日常维修多(空气压缩机，电磁阀等) 6. 空气露点可达 -40°C，最高达 $-50 \sim -60^\circ\text{C}$ 7. 固体吸附剂易破损 	适用于中小型空气干燥装置

采用空气作为气源，其最大优点是空气源易获得，但其缺点也很明显，主要表现在发生器的臭氧浓度(重量比)较低，一般仅为 $1\% \sim 2\%$ ；能耗高，电耗达到 $15 \sim 25 \text{kW} \cdot \text{h} / \text{kgO}_3$ 。

7.6.3.2 氧气气源组成及特点

采用氧气作为气源，可以在现场用空气制取（V-GOX），或采购高纯度液态氧（LOX）现场贮存、经蒸发向发生器供氧气。其中现场制氧又可分为变压或变真空吸附（PSA/VSA）两种。上述三种氧气气源系统流程见下图。



当由液态氧 LOX 蒸发供氧时，纯度高达 >99% O₂。

变压或变真空吸附（PSA/VSA）来分离空气，是使空气通过具有高选择吸附性能的固体分子筛吸附剂的吸附床，以不同的压力对空气中氧和氮的不同吸附能力，氮气被优先吸附以实现氧气的富集。该方法不产生液态氧，每产生 1Nm³ 氧气约耗电 0.2~0.3kW·h。通常在常压下（100~150kPa）制取 90%~93% 氧气，输出压力也接近常压，可通过增压泵增至所需要的压力，直接供给氧气发生器。

当采用氧气代替空气作为生产臭氧的原料气时，可使发生器的臭氧产率提高，其浓度可达 6%~10%。同时，产生单位臭氧的发生器耗电量明显降低，仅 8~10 kW·h/kgO₃。

7.6.3.3 气源方案比较

一般来讲，气源选择主要考虑设备投资和运行成本两个因素，空气气源需购买鼓风机、冷却和过滤等装置，不但投资大，而且产生臭氧浓度低、能耗高。因此用于大规模发生臭氧时，用空气作原料不经济。

不同水量规模的液氧购买与现场制氧经济性比较

供水规模 (万 m ³ /d)	20	30	40
平均氧气使用量 kg/h	125	187.5	250
1) 购买液氧成本 (元/m ³)	1.13	1.07	1.04
2) 使用 VPSA 成本 (元/m ³)	5.10	3.40	2.55
采用 VPSA 比液氧节省元/月	-253238	-223034	-192830
节省百分率	-349%	-217%	-145%

注：O₃ 投加量 1.5mg/L，VPSA 考虑租用。

从近年多个工程实践来看，深圳笔架山水厂、上海杨树浦水厂和嘉兴石臼漾水厂均直接采用液氧为气源。这种方式具有系统简单，维护量小的优点。

根据调查，江阴就有液氧供应商，商家每天均可运送液氧。因此，本工程考虑采用液氧作为氧气气源。

7.6.4 臭氧发生器配置方案

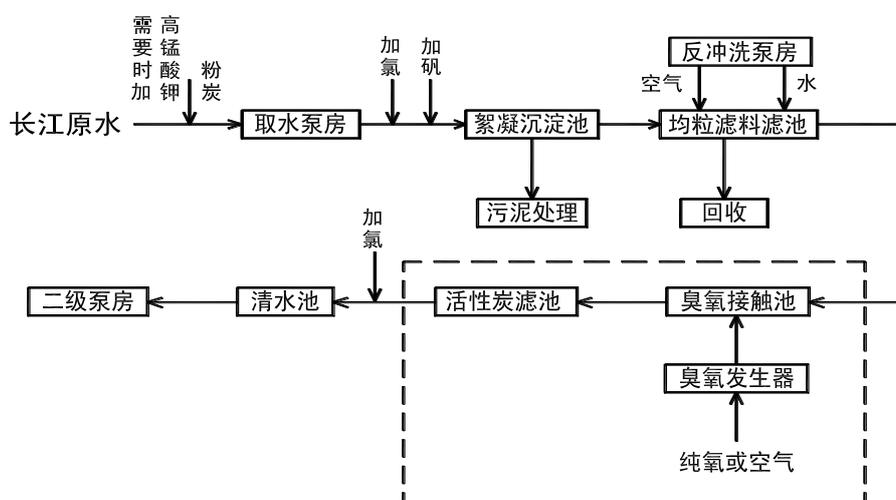
本工程采用氧气制得的臭氧气体中的臭氧浓度一般为 6%~14%，且臭氧浓度调节非常容易。当某台臭氧发生器发生故障时，通过调整无故障发生器的产气浓度来维持产量的不变。虽然在一段时间内会使装置正常工作时产气浓度不处于最佳状态，且消耗的氧气将增加，但是考虑到臭氧发生器较贵，本工程采用软备用方式。

小湾水厂深度处理改建工程规模为 30 万 m³/d，臭氧平均投

加量为 1.5mg/L (水), 最大投加量为 2mg/L。当臭氧发生器发生浓度 10% 时, 对应 2mg/L 最大投加量, 26.25kg/h(自用水率 5%), 开启 3 台, 单台臭氧发生量 8.75kg/h; 对应 1.5mg/L 平均投加量, 开启 2 台, 单台臭氧发生量 9.84kg/h。考虑长江水质较优, 以低投加量为主, 单台臭氧发生量 10.0kg/h。

7.7 水厂处理工艺

结合上述分析, 确定小湾水厂净水工艺流程布置如下:



7.8 排泥水处理方式选择

本工程中的废水主要来源于沉淀池排泥水、滤池反洗废水以及深度处理中活性炭滤池反冲洗废水, 三种排泥水的含固率差别较大。沉淀池排泥水的含固率一般较高, 在进行一定时间的浓缩后, 可将浓缩污泥浓度控制在 3% 左右, 而滤池和深度处理反冲洗废水的平均浓度较低, 一般平均含固率在 0.03% 以下, 经过长时间的浓缩压密也很难超过 2%。

在实际工程中, 对这三部分排泥水可以采取不同的处理方式。

方式 1: 沉淀池排泥水浓缩处理, 滤池反冲洗废水直接回用。

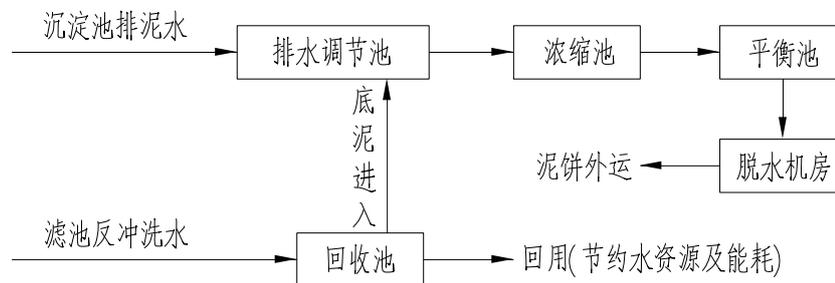
方式 2: 滤池反冲洗废水先经预浓缩, 上清液回用或排放, 底部泥水与沉淀池排泥水混合一起进行浓缩处理。

方式 3：沉淀池排泥水、滤池反冲洗废水经调节池混合后，一起进行浓缩处理。

对于方式 3 沉淀池排泥水和滤池反冲洗废水经调节池混合后一起进行浓缩处理需慎重，应对不同的原水水质作试验，因为滤池反冲洗废水与沉淀池排泥水混在一起反而稀释了沉淀池排泥水，加重了浓缩间负担。而方式 2 相对于长江原水来说，一般不采用。采用长江原水的滤池反冲洗废水进入回收池回用，实际运行下来情况良好，因长江原水水质较好，滤池反冲洗水可回收利用，节约能耗。

综上所述，本工程推荐采用方式 1：沉淀池排泥水浓缩处理，滤池反冲洗水回收利用。

排泥水处理工艺流程如下：



7.9 东区实际产水规模论证

小湾水厂东区现有沉淀池产水规模为 14 万 m^3/d ，滤池设计产水量为 17.5 万 m^3/d 。为明确东区实际产水能力，2014 年 3 月对小湾水厂东区现有设施进行了产水能力测试。根据测试结果，小湾水厂在处理规模为 15 万 m^3/d 时，沉淀池出水水质可以稳定维持在 5.0NTU 以下，符合滤池进水水质标准。滤池出水水质可以维持在 1.0NTU 以下，符合《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006) 的相关要求。

小湾水厂深度处理改建工程实施后将在常规处理工艺后增加臭氧活性炭深度处理设施，届时小湾水厂出水水质将得到进一步提高。因此，确定小湾水厂深度处理改建后东区现有常规处理设施规模为15万 m³/d。

小湾水厂东区 15 万 m³/d 运行情况表（2014）

日期	时间	6#出水 (NTU)	7#出水 (NTU)	8#出水 (NTU)	滤池出水 水质 (NTU)	东区水量 (m ³ /h)	矾耗
3.13	8:20	2.33	2.34	2.26	0.61	6800	27
	9:30	2.76	2.81	3.28	0.34	6700	27
	10:20	2.67	2.57	3.14	0.32	6700	27
	11:30	2.65	2.31	3.36	0.39	6900	27
	12:45	2.69	2.44	3.17	0.25	7000	27
	13:45	2.65	2.37	3.50	0.42	7100	27
	14:35	2.70	2.42	3.72	0.52	7100	27
	15:35	3.16	2.41	3.69	0.44	7100	27
3.14	8:20	3.04	2.90	3.24	0.4	6600	27
	9:30	2.73	2.63	3.14	0.45	6600	27
	10:25	3.02	2.72	2.75	0.38	6500	27
	11:25	3.55	3.03	3.04	0.34	6600	27
	12:20	3.31	2.92	3.40	0.31	6800	27
	13:20	3.52	2.90	3.65	0.31	6800	27
	14:20	4.02	3.48	4.05	0.71	6900	27
	15:20	4.55	3.93	4.44	0.51	6900	27
3.18	8:10	1.84	2.27	2.35	0.49	6900	27
	9:10	2.39	2.55	3.23	0.51	6800	27
	10:10	2.93	2.72	3.89	0.68	6700	27
	11:10	2.82	2.74	3.32	0.44	6600	27
	12:10	3.25	2.69	3.48	0.55	6500	27
	13:15	2.87	2.77	3.34	0.34	6400	27
	14:15	2.98	2.86	3.52	0.58	6400	27
	15:15	2.97	2.76	3.68	0.59	6400	27

第八章 推荐方案工程内容

小湾水厂深度处理改建工程改建常规处理工艺 $15 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，利用原有东区的 $15 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 常规处理工艺，与新建的 $30 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 的深度处理工艺，共同组成 $30 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 的净水工艺。

8.1 工程规模及流程

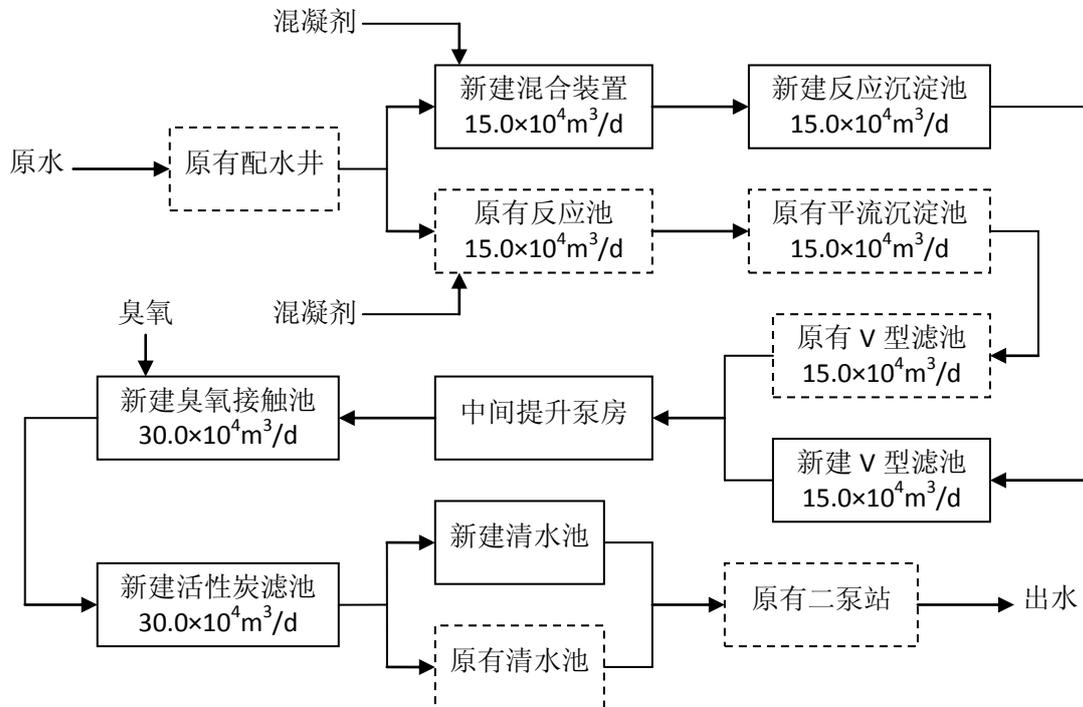
8.1.1 工程规模

经过分析比较，本工程推荐方案内容为：

- (1) 常规工艺处理规模： $15 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ （混合、反应、沉淀及过滤）；
- (2) 深度处理工艺处理规模： $30 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ；
- (3) 排泥水工艺处理规模：与水厂水量匹配。

8.1.2 工艺流程

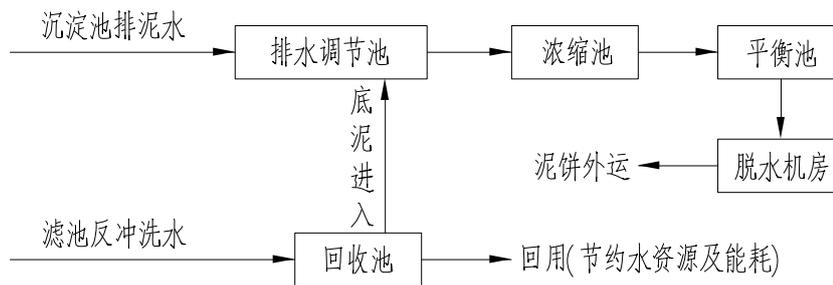
(a) 通过方案比选，确定的水处理工艺流程如下：



注：实线部分代表新建工艺，虚线部分代表原有工艺。

改造工艺工艺流程图

(b) 通过方案比选，确定的排泥水处理工艺流程如下：



8.2 厂址选择

本次改建工程位于小湾水厂院内，不仅涉及到原有工艺的改造，还受周围环境制约。

8.2.1 拆除工程

本项目实施工程中涉及到拆除工程包括：

(1) 管线系统

拆除的管道系统包括：进水总管至左侧配水井之间的进水管道路系统，左侧配水井至机械澄清池、机械澄清池至虹吸滤池、虹吸滤池至左侧三个清水池、清水池与左侧二泵站之间的管道系统；机械澄清池、虹吸滤池、清水池、二泵站之间的排水系统。

(2) 构筑物

拆除水厂左侧原有配水井、左侧 6 座机械澄清池、左侧 3 座虹吸滤池、左侧 3 座清水池、左侧 1 座二级泵站。

8.2.2 保留工程

本次改建后小湾水厂保留的建构筑物主要有：取水泵站、右侧配水井、取水泵站到配水井之间的管道、东区常规处理系统(包括 3 座反应池、3 座平流沉淀池、3 座清水池、2 座 V 型滤池)、东区二级加压供水泵站、加药间及加氯间等。

8.3 常规处理工艺设计

新建常规处理工程主要包括：混合工艺、反应工艺、沉淀工

艺及过滤工艺。

8.3.1 混合工艺

本工程采用栅条式混合装置作为混合设备，该设备是高效的混合设备，可以有效的控制水体流态来增进传质速率，较传统工艺设备节省药剂，降低能耗。

(1) 设备形式

栅条式混合装置为圆管形式，采用法兰连接，安装方便。长度 2~4.0m，直径可选。停留时间 3~5s，水头损失 0.3~0.7m，流速 0.8~1.0m/s，较常规工艺节约药耗 10%~30% 以上。

(2) 设计参数

1) 组数：3 组；

2) 单组设计参数。

① 设计水量： $5.25 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d} = 0.61 \text{m}^3/\text{s}$ ；

② 规格：DN900，L=4.0m；

③ 材质：普通碳钢；

④ 管内实际流速：0.96m/s；

⑤ 混合时间：4.4s；

⑥ 水头损失：0.7m。

8.3.2 絮凝工艺

本次改建工程中常规处理工艺的絮凝设备采用可调式一体化网箱。该设备由于网格的作用，使水流由大涡旋变成小涡旋，小涡旋变成更小的涡旋，从而增加有效碰撞次数，在絮凝池中控制矾花颗粒的合理长大。

(1) 设备形式

该设备为一体化网箱的形式，在反应池竖井中设置支撑即可

安装。

(2) 设计参数

1) 组数：3组；

2) 单组设计参数。

① 设计规模： $5.25 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d} = 0.61 \text{m}^3/\text{s}$ ；

② 有效水深：4.0m；

③ 反应池高度：污泥区高度 0.7m，超高 0.6m，反应池总高度 5.3m；

④ 设计反应时间：13.94min (16.00min)；

⑤ 絮凝反应分为三级，各级竖井流速为：

I 级： $v_1 = 0.116 \text{m/s}$ ；

II 级： $v_2 = 0.098 \text{m/s}$ ；

III 级： $v_3 = 0.080 \text{m/s}$ ；

⑥ 设计总水头损失： $\delta h = 0.3 \text{m}$ ；

⑦ 每组反应池每级竖井个数：I 级 6 个；II 级 6 个；III 级 12 个；

⑧ 各级竖井尺寸：

I 级：1900×2000mm；

II 级：1900×3050mm；

III 级：1900×4050mm。

(3) 过渡段设计

过渡段平面尺寸为 12.4×1.35 m，过渡区流速为：0.03m/s。

过渡段总高度与反应池一致，即过渡段总高度为 5.3m。

(4) 排泥系统。

为有效的排出反应池中的集泥，在反应池中设置穿孔排泥管

进行排泥，排泥管管径为 DN300mm，一组反应工艺设置排泥管 10 根。排泥管末端设置手动、自动控制阀门。

(5) 反应池尺寸

单个反应池(包括过渡段)尺寸为： $L \times B \times H = 12.4 \times 15.3 \times 5.3\text{m}$ 。

8.3.3 沉淀工艺

本次改建工程中沉淀工艺采用可低脉动斜板沉淀池。该工艺是在新建的混凝土沉淀池中添加低脉动斜板。

(1) 设备形式。

低脉动斜板为单片斜板采用热融的方式连接在一起，形成一个整体。

(2) 设计参数。

1) 组数：3 组；

2) 单组设计参数。

① 设计水量： $5.25 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d} = 0.61 \text{m}^3/\text{s}$ ；

② 表面负荷：2.41mm/s；

③ 平面面积及平面尺寸：315.64m²，12.40m×20.30m；

④ 材质：乙丙共聚；

⑤ 斜板长度：1200mm；敷设角度：60°；

⑥ 斜板间距：30mm；

⑦ 沉淀池高度：污泥区高度为 0.86m，超高 0.90m，清水区高 1.20m，斜板区高 1.04m，配水区高 1.30m，沉淀池总高度为 5.30m。

8.3.4 过滤工艺

本次改建工程中砂滤采用 V 型滤池结构。新建的 V 型滤池分为 2 各系列，每个系列分 4 组，每组分 2 格。V 型滤池西侧配

套反冲洗泵房，总占地面积约为 2066.4 m²。

(1) 单组设计参数。

① 设计水量：1.97×10⁴ m³/d；

② 设计滤速：7.81m/h；

③ 单格滤池面积：52.5m²；

④ 单组滤池平面尺寸：19.3m×9.0m；

⑤ 滤料形式：均质石英砂滤料；

⑥ 滤料级配：石英砂粒径为 0.9~1.2mm，不均匀系数为 1.2~1.4；

⑦ 滤池高度：气水室高度 0.90m，滤板厚度 0.10m，承托层高度 0.10m，滤料层高度 1.50m，滤料层上水深 1.50m，进水系统跌水差 0.30m，超高 0.60m，滤池总高度为 5.00m。

(3) 反冲洗系统。

滤池反冲洗方式为气水反冲加表面扫洗。采用先气洗，再气水同时冲洗，最后水冲洗。

1) 设计参数：

①反冲洗周期：24h；

②反冲洗强度：空气冲洗强度为 55m³/h·m²，时间 2min；气水同时冲洗时，水冲洗强度为 9m³/h·m²，时间 4min；单水冲洗时，水反冲洗强度为 17m³/h m²，时间 6min；表面扫洗强度为 8m³/h·m²。

2) 反冲洗设备

砂滤池一侧新建反冲洗泵房 1 座，同时负责砂滤池和活性炭滤池的反冲洗。泵房内设 Q=790m³/h，H=9m，P=30kw 反冲洗水泵 3 台，2 用 1 备。设 Q=5000m³/h，H=5m，P=110kw 冲洗鼓风机

机 2 台，1 用 1 备。

8.4 深度水处理工艺设计

新建深度处理工程主要包括：中间提升泵房、臭氧接触池、臭氧制备间和活性炭滤池。

8.4.1 集水池及中间提升泵房

本次改建工程新建集水池及中间提升泵房一座，将砂滤池过滤后的水提升至臭氧接触池，臭氧接触池出水经活性炭滤池处理后，重力流至清水池。

集水池为半地下式现浇钢筋混凝土结构。有效尺寸为：
 $L \times B \times H = 45.0 \times 10.0 \times 6.30\text{m}$ ；

中间提升泵房设有卧式双吸离心泵 6 台，4 用 2 备。单泵性能 $Q=3300\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=8\text{m}$ ， $N=110\text{kW}$ 。水泵出口设有手动蝶阀和止回阀。

8.4.2 臭氧接触池

本次改建新建臭氧接触池 1 座，设计参数如下：

- ① 结构形式：采用密封式矩形钢筋混凝土池，内设导流墙；
- ② 布气方式：采用曝气盘布气方式；
- ③ 设计水量： $31.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d} = 13125 \text{ m}^3/\text{h} = 3.65 \text{ m}^3/\text{s}$ ；
- ④ 接触时间：12.3min；
- ⑤ 臭氧接触池体积：2700 m^3 ；
- ⑥ 臭氧接触池尺寸： $L \times B \times H = 45.00 \times 10.00 \times 6.30\text{m}$ （有效水深 6.0m）；
- ⑦ 臭氧投加量：1~2.0mg/L；
- ⑧ 设备：接触池内设置曝气设备 1 套。顶部安装尾气破坏设备，通过设接触池顶部的尾气收集管收集尾气，在尾气破坏设

备内通过加热分解为氧气，然后排放到大气中。

8.4.3 臭氧制备间

臭氧发生器系统应包括臭氧发生器、气源、供电及控制设备、仪表以及臭氧和氧气泄漏探测及报警设备。

在臭氧发生器规格的选择上，按照臭氧平均投加量为 1.5 mg/L，需 O₃ 量为 19.69 Kg/h，按最大投加量为 2.0mg/L 计算，需 O₃ 量为 26.25Kg/h。

考虑长江水质较优，以低投加量为主，设计选用 3 台以液氧为气源的臭氧发生器，单台制备能力为 10kg/h(臭氧浓度 10%)，发生器形式为卧管式臭氧发生器。

臭氧发生器配套 2 个有效容积为 20m³ 的液氧储罐和 2 套液氧蒸发器（含自控系统）。

新建臭氧制备间位于臭氧接触池之上，尺寸为：L×B×H=45.0×10.0×6.9m。

8.4.4 活性炭工艺

鉴于活性炭滤池中炭滤料密度小，冲洗强度与滤料流失的矛盾尤其突出，小湾水厂深度处理改建工程深度处理工艺中的炭滤池采用翻板滤池。

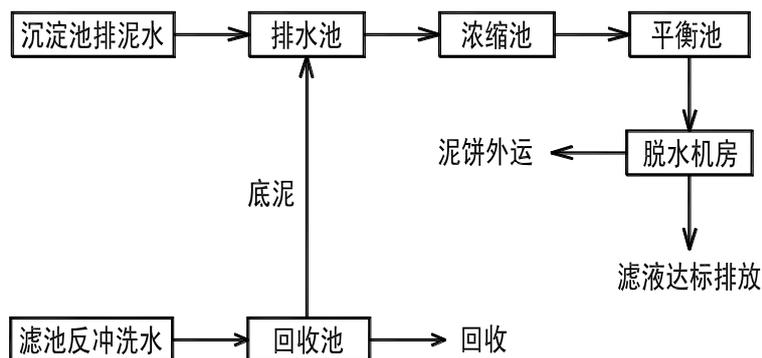
受场地限制新建活性炭滤池采用单侧布置，共分 10 格滤池。设计滤速为 10.25m/h，强制滤速 11.39m/h，滤池采用气水冲洗，气洗强度 30m³/h.m²，水洗强度 50m³/h.m²，冲洗时间 20min，设计冲洗周期 96 小时。水冲洗和气冲洗均采用变频控制。

本工程充分借鉴以前的工程经验，滤料采用压块活性炭，滤料厚 2.5m，活性炭层下部设有 500mm 厚均质石英砂(0.6~0.8mm)层，底部 100mm 承托层（4~8mm），滤料上水深 1.95m。

活性炭滤池的出水自流到炭滤池下面的清水池及现有清水池内。

8.5 排泥水处理工艺设计

排泥水处理工艺参考江阴市在建的和江苏省内已建的水厂污泥处理经验，初步考虑以下流程：



8.5.1 干泥量确定（按 30 万 m³/d 考虑）

（1）参数

加药：小湾水厂加药投加聚合氯化铝，液体商品平均投加量为 15mg/L，最大投加量为 25mg/L。

浊度：根据业主提供的无锡小湾原水厂 2011 年至 2013 年全年原水浊度资料，考虑长江水原水水质的特性，其浊度较高时集中出现在几个月内，在 6 月、7 月、8 月、9 月四个月内集中出现浊度较高，因此，考虑此四个月内 75% 出现频率和全年 90% 出现频率取设计值：117NTU；最大值：250NTU；SS 与浊度比值考虑 1：1。

（2）干泥量确定

设计干泥量：

$$S=bT+0.2C+0.23A1$$

其中：

S-干污泥量，mg/L

T-去除的原水浊度，NTU

b-SS 与浊度 T 的相关系数,0.7~2.2。设计采用 1.15

C-去除的原水色度，忽略不计

Al-铝盐混凝剂投加率(以 Al_2O_3 计)，mg/L

通过计算得出：

最大干泥量：106.34t/d

平均干泥量：53.35t/d。

8.5.2 排泥池

排泥池用于收集、调节沉淀池排泥水，使浓缩机的进水均匀，减小浓缩机的冲击负荷。

设排泥池 1 座，容量为 $2520m^3$ ，分为二格，有效水深 3.0m，排泥池内设潜水排污泵 4 台，2 用 2 备，单泵流量 $270m^3/h$ ，扬程 12m，配电功率 18.5kW。并设水下推流搅拌机 4 台，每套配电功率 7.5kW。

8.5.3 污泥机械浓缩间

浓缩间采用机械浓缩方式，24 小时连续运行，共安装机械浓缩脱水机 4 台，单台处理量为 $140m^3/h$ ，功率为 $2 \times 1.5KW$ 。排泥水处理后含固率可达 3% 以上。浓缩后污泥由重力排至污泥平衡池。上清液，以重力流方式达标排放或回用至沉淀池前。

8.5.4 平衡池

污泥平衡池接纳浓缩污泥，可使污泥脱水设备均衡工作，同时也可在原水浊度高，污泥量超过设计值时，起到储存和调节作用。

平衡池容积按存储 99% 出现概率时的泥量全部由脱水机连续运行 24h 后，剩余 0.71 天污泥体积计。设平衡池 1 座，容量采用 1260m^3 ，分为二格，有效水深 3.5m，每池内设置 2 台液下搅拌机，共 4 台，单台功率 10kW，以保持污泥均匀。

8.5.5 脱水机车间和污泥堆场

污泥脱水机房及脱水辅助间为地面式，上下两层，平面尺寸为 $30\text{m}\times 18\text{m}$ ，高约 12m，下部污泥堆棚，约 90m^2 ，以便在无法及时运输时，暂时存放脱水泥饼。

污泥脱水机房及脱水辅助间，共安装离心脱水机 4 台，单台处理量为 $27\text{m}^3/\text{h}$ ，功率为 $37+18.5\text{KW}$ 。

配设螺杆输送泵，螺旋输送器和挤压泵等辅助设备。

药剂采用阴离子型的固体粒状 PAM 高分子聚合物，最大投加量为 $2.5\text{kg}/\text{t}$ 干泥，PAM 投配浓度为 0.2~0.3%，在线稀释浓度为 0.01%。系统配备 PAM 投配系统 1 套，PAM 投加采用加注泵 2 台，

8.6 新建其他工程

8.6.1 回用池

滤池反冲洗水考虑回用，回用水量按 3% 计。

设 1500m^3 回用池一座，底部设浓缩机，内设 2 套泵，1 套泵考虑回用至沉淀池，另 1 套泵考虑将底泥送至排泥池。

采用回用泵 3 台，2 用 1 备，单泵流量 $130\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程 15m，功率 11.8kW。

采用排泥泵 3 台，2 用 1 备，单泵流量 $80\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程 12m，功率 7.5kW。

8.6.2 清水池

新建清水池位于深度处理活性炭滤池下。平面尺寸为：86.0×25.0m，有效水深 6.0m，超高 0.3m，总高度为 6.3m。清水池内设导流墙，池顶设通气帽。每格设溢流，溢流量 100%。设超声波液位计 2 台。

在新清水池建设工程中，原有右侧容积 18000m³清水池仍旧正常工作，待新清水池建成后，两座同时工作。届时总容积超过改造前，达到 30900 m³。

8.7 建筑设计

8.7.1 建筑设计指导原则

江阴小湾水厂深度处理改建工程建筑专业设计首先满足工艺流程和控制要求，合理组织各建筑单体及生产构筑物，使建筑群体布局更合理完善。建筑设计力求经济、实用、美观，注重整体环境的创造及与周围环境相协调，提高水厂环境质量，减少对周围生态环境的影响。建筑物与前期工程建筑和谐融为一体。为城市远景规划奠定良好的基础。

8.7.2 平面布置

江阴小湾水厂深度处理改建工程在小湾水厂院内建设。东区现有设施予以保留，但对其外立面进行重新整修；西区所有构筑物及建筑物全部重新规划，包括道路系统的完整设计。

总平面布置根据工艺要求，充分利用现场地形、地貌、主导风向及前期工程布局情况进行总体布置。水厂入口位于水厂南部，靠近城市规划道路及厂区主入口，工作与生活区紧靠，方便使用及管理。水厂各区域用绿化带及道路分隔，总平面布置紧凑、合理，洁、污，动、静分开，功能分区明确合理，方便使用和管理。

厂区设有 2 个出入口，位于生产区。厂区道路呈环状路网布置、道路宽度满足运输、消防要求。整个道路系统顺畅。人、车流路线清晰合理。

厂区标高的确定因素为：满足工艺流程要求、节省土石方量及工程造价、满足外部道路规划设计高程和保证厂内道路适宜的坡度。

8.7.3 建筑单体设计

厂区附属建筑面积严格按照国家《城市给水工程项目建设标准》确定。本工程新建的建（构）筑物有：可调式一体化格栅反应池 1 座，低脉动斜板沉淀池 1 座，均质滤料滤池 1 座、活性炭滤池 1 座、清水池 1 座、臭氧接触池 1 座、臭氧发生器间 1 座、中间提升泵房 1 座、回收池及排泥池各 1 座、浓缩间 1 座、污泥平衡池 1 座、综合楼各 1 座、改造变电所 1 座。

在满足其它专业的基础上，依照单体在总图中的位置所有单体建筑设计最大限度的做到平面布局合理，重视了工作人员房间朝向、面积及生活配套设施的建设，为工作人员创造安全、卫生、便利、舒适的室内工作环境。厂区内所有建筑设计造型采用了中国园林风格，整体协调统一。

所有建筑物外门为彩色复合钢板门或塑钢门，内门为实木门，窗采用平开塑钢窗，透明玻璃。。

8.7.4 厂区环境和绿化设计

水厂的环境景观、绿化设计应与建筑风格相谐调，亦与前期及自然环境有机结合，做到布局科学、结构合理、物种多样、景观优美、生态良好，为改善城市生态环境起楷模作用。

设计中坚持“以人为本”、“适地适树”的原则，力求注重自然

和生态景观，烘托周边建筑的环境氛围，达到花开满院、绿树成荫的效果，创造出整齐优美、简洁明朗的工作、休闲环境。

绿化布置点、线、面结合，重点部位进行重点绿化，建、构筑物四周大量栽植绿化，使建、构筑物掩映期间。其余绿化见缝插针，草坪、乔灌木、花卉合理布置，分出重点与层次。绿化场地内选用优质美观、适宜当地气候的树种。采用多种手段（平面、垂直）结合建、构筑物广为种植，对暂不建设的预留用地亦全面绿化。

主干道两侧植行道树，生产区、生活区间通过主干道及绿化带，形成自然的分隔。厂区车行道两侧尽可能布置绿地，在增大绿化面积的同时有效地划分厂区内各组团。厂区周围布置连贯的绿化防护隔离带，选择降噪声抗污染的树种，有效净化空气，隔绝噪声。

8.8 结构设计

8.8.1 工程概述

本工程新建的建（构）筑物有：可调式一体化格栅反应池、低脉动斜板沉淀池、均质滤料滤池、活性炭滤池、清水池、臭氧接触池、臭氧发生器间、中间提升泵房、回收池及排泥池、浓缩间、污泥平衡池、变电所改造。

8.8.2 场地条件及工程地质

小湾水厂地处山明水秀的黄山小湾山麓，北临长江，南近黄山湖公园，东靠江阴长江大桥，西接鹅鼻嘴公园。拟建场区位于黄山西麓，其地貌类型属剥蚀~堆积地形。按高程属长江一级阶地（标高 20m 左右），区内地势起伏较大，地面标高大约在吴淞高程 15.10~28.39 之间，最大相对高差可达 12m。

目前尚无本工程的地质勘探资料，暂以 1992 年 1 月小湾水厂 10 万吨流程扩建的地质勘探报告作为设计依据。

8.8.2.1 参考地质土层描述

场地 40m 深度范围内地层可划分为 4 个主要层次，分别是耕（表）土、亚粉土可塑、亚粉土硬塑、强风化带组成，其特征描述如下：

1、耕（表）土：黄灰色，亚粘土成分、湿、松软、夹杂植物根茎，局部之上有素填土，力学性能差；

2、亚粘土可塑：灰黄色，湿、可塑、较致密，具有少量铁锰质结核，容许承载力特征值 $25T/m^2$ ，压缩模量 $45Kg/cm^2$ ；

3、亚粘土硬塑：棕黄灰黄色，稍湿，较致密，硬塑，其大量铁锰质结核，容许承载力特征值 $25T/m^2$ ，压缩模量 $100Kg/cm^2$ ；

4、强风化带：棕黄、灰黄夹紫红色、稍湿、较密实，呈砂砾状，无磨圆度，母岩为 D3W 石英砂岩，容许承载力特征值 $40T/m^2$ 。

8.8.2.2 土层物理性质参数指标表

场地各土层物理力学性质指标平均值见下表：

各土层物理力学性质指标平均值

土层代号及名称	W (%)	重度 (KN/m ³)	e ₀	I _p	I _L	E _s Mpa	C Kpa	fak Kpa
1 耕土	24.84	1.99	0.707	95.2	0.230	10.0	0.077	250
2 亚粘土	29.04	1.97	0.784	99.5	0.693	6.5	0.054	150
3 亚粘土硬塑						11.5		270
4 强风化带								400

8.8.2.3 地质构造地震

拟建场地地区地震水平，无论从强度和频率上来看，地震活动属中等偏下，为基本稳定地区。

根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2001)和《建筑抗震设计规范》(GB50011-2001)2008版的附录A,江阴市抗震设防烈度为6度,设计基本加速度值为0.05g,设计地震分组为第一组。

8.8.3 设计技术标准及相关参数

8.8.3.1 安全等级

本工程建(构)筑物结构安全等级为二级,结构重要性系数 $r_0=1.0$ 。输水管线重要性系数: $r_0=1.1$ 。结构构件设计使用年限为50年。

8.8.3.2 抗震设防

本工程建筑属于抗震乙类建筑。根据国家地震局编制的全国地震烈度区划资料、建筑抗震设计规范(GB50011-2001)2008版,江阴地区属抗震设防烈度6度区,设计基本地震加速度值为0.05g,重要构(建)筑物按7度采取抗震措施。

8.8.3.3 设计主要控制标准

- (1) 构筑物的变形缝宽度为30mm;
- (2) 构筑物环境类别为二a类,地下水最高取至设计地面以下50cm;
- (3) 水池取控制裂缝宽度0.20~0.25mm进行验算;
- (4) 主体结构进行沉降验算,控制水池地基的最大沉降量不大于250mm,控制相邻水池的相对沉降量不大于50mm。
- (5) 结构稳定性标准: 抗浮: $k \geq 1.05$, 管道抗浮 ≥ 1.10
抗滑: $k \geq 1.30$, 抗倾: $k \geq 1.50$

8.8.3.4 防水抗渗标准:

贮液池及需抗渗的地下构筑物防水等级二级,采用二道防水

措施，防水混凝土抗渗等级 S6。

8.8.3.5 主要结构材料标准

水泥：普通硅酸盐水泥等级不低于 42.5MPa。

混凝土等级： C30, S6: 用于水池结构；C30: 用于预制板；
C15: 用于地坪结构、管槽、构筑物的基础垫层及内部填充用。

钢筋：钢筋直径 $d \leq 8\text{mm}$ ，为 HPB235 热轧钢筋，强度标准值 $f_{yk} = 235\text{N/mm}^2$ ；钢筋直径 $d \geq 10\text{mm}$ ，为 HRB335 热轧钢筋，强度标准值 $f_{yk} = 335\text{N/mm}^2$ 。

砌体：地下部分采用 240 厚 MU15 混凝土实心砖，Mb10 水泥砂浆砌筑。地上部分采用 240 厚 MU10 混凝土多孔砖，Mb7.5 混合砂浆砌筑。

铁件用 Q235，作防腐处理。

粉刷材料：一般储水构筑物在其迎水面做渗透结晶型防水涂料（食品级）；外壁地面以下部分用氰凝涂料二度；外壁以上部分用 1:2 水泥砂浆厚 20mm。

混凝土外加剂：可采用低碱微膨胀剂等。

8.8.4 结构设计及施工

可调式一体化格网反应池、低脉动斜板沉淀池、均质滤料滤池、臭氧接触池、活性炭滤池、中间提升泵房、清水池、吸水井、回收池及排泥池、浓缩间、污泥平衡池均为钢筋混凝土现浇整体结构。

臭氧发生器间、变电所采用框架结构，空心砖砌体填充墙，柱下条形基础。

8.8.5 地基处理

本阶段并未进行地勘作业，仅参考了 92 年的地勘报告。在

后阶段设计中，将根据实地岩土工程详勘报告对厂区建（构）筑物地基处理作进一步的分析比较。并参考岩土工程勘察报告及工艺平剖面布置图，对构建筑物基底荷载和沉降进行估算、分析。

8.9 电气设计

江阴小湾水厂总建设规模为 30 万 m^3/d ，包括新建 15 万 m^3/d 常规处理，30 万 m^3/d 深度处理工程和泥处理工程的全部中低压配电、照明、防雷接地等电位联接等的全部电器气容。

8.9.1 供电电源

根据水厂的最终规模及重要性，本水厂的电力负荷为二级负荷。

经向江阴供电部门征询，水厂由二路 35kV 电源供电，35kV 供电电源经架空线敷设至水厂围墙处，再以电缆引入 35kV 变电所。要求二路电源同时运行，互为备用，当一路电源因故停运时，另一路电源应能承担全部电气设备的用电。按照现在的计算结果，中途提升泵房：403.86 kW、臭氧接触池及臭氧发生间：571.07 kW、排泥水处理间：284.06 kW，两座滤池间：10 kW，反冲洗泵房：85.80 kW，总计 1354.79 kW，同时系数按照 0.9 计算，则为 1219.311 kW，原有 35/6kV 的 3150kVA 变压器两台，更换为 5000kVA 两台，一用一备。

同时为预留综合楼考虑 90 kW。

8.9.2 用电负荷

详见负荷计算表。

8.9.3 主变压器选择

5000kVA 两台，一用一备。。

8.9.4 变配电系统

原设计在水厂内设独立的户内型 35/6.3kV 变电所一座，供二级泵房及水厂内各 6/0.4kV 低配中心用电。

35 kV 系统采用原有系统接线不变，6 kV 系统联络柜两侧各增设 1 台配电柜，分别为新增的两台变压器馈出电源，经低压侧馈出至中途提升泵房、臭氧接触池及臭氧发生间、排泥水处理间等的用电负荷。

原有二级泵房等处的配电系统不变。

8.9.5 主要设备选型

6kV 开关柜选用与原有设备相同的产品为宜，各低压配中心和重要生产构筑物内 0.4kV 系统采用抽屉式开关柜，节约占地面积。

8.9.6 电动机起动方式和控制

大容量工频电机采用软起动方式，部分电机采用变频调速装置。

所有生产建筑物内主要用电设备均采用手动和自动两种方式控制，手动方式时可在就地控制，自动方式时由 PLC 自动监控。

8.9.7 继电保护

新增 6kV 设备继电保护均采用与原有微机型保护继电器一致的模式，将主要的电气参数、断路器状态、故障等信号通过通讯接口传送至监控系统，该继电器安装在 6kV 开关柜上。

6kV 馈线设电流速断、过电流、单相接地保护。

8.9.8 计量及功率因数补偿

在 0.4kV 新增低配中心处设电力电容器集中自动补偿，补偿

后使电源侧功率因数达到 0.95 以上（以当地电业主管部门的意见为准）。

8.9.9 接地保护与防雷保护

新增 0.4kV 系统接地型式为 TN—C—S 制，各 6/0.4kV 低配中心及厂用变低压侧中性点直接接地。

水厂内主要生产建筑物按二类防雷建筑物设计。

建筑防雷主要采用避雷带作接闪装置。

防雷接地与保护接地、工作接地共用接地网，利用建筑物基础钢筋作接地装置，并在室内作等电位联结，接地电阻不大于 1 欧姆。

8.10 自动化系统、在线仪表、CCTV 安防系统设计

8.10.1 设计范围

本章节内容为水厂新建部分及原有部分所需的自动化控制系统、在线检测仪表、电话系统、CCTV 系统及安防门禁系统。

8.10.2 自动化系统

8.10.2.1 概述

水厂的自动化系统为以 PLC 控制为基础的集散型控制系统。设备的软硬件及系统配置按现场无人值守，水厂监控中心集中管理运行的标准设计。全厂自控系统分为 3 层结构：信息层，控制层，设备层。

水厂设备的控制模式设三级控制：就地、现场 PLC 控制站、中心控制室。

8.10.2.2 中心控制室

原有中心控制室改造，内设置操作计算机，工程师计算机，数据服务器，局域网交换机，DLP 大屏系统，UPS 电源，操作

台等设备。

监控软件采用与上级主管部门给排水公司系统相配合的统一软件平台，其中包括控制、可视化、信息管理功能，并具有模块化以及标准软件产品套件的特性，能与公司调度系统无缝连接。

8.10.2.3 PLC 系统

根据水厂工艺构筑物的平面布置、电气设备的设置地点以及设备监控的需要，分别在新增的工艺单体设置 PLC 控制主站及终端子站；并对原有工艺单体增设自控仪表部分内容。各控制站不考虑就地值班操作人员设置，经设置的现场 PLC 连入相关的 PLC 主站中。

各 PLC 主站及子站的监控内容如下：

(1) 中途提升泵房 PLC 分控站

设置在泵房控制室内，对泵房内包括水泵、阀门等设备进行监控，对液位，水泵前后压力，总管压力、流量等数据检测。所有监控数据通过冗余的光纤通讯线路送至水厂的工业以太环网内。

(2) 臭氧接触池及臭氧发生间 PLC 分控站

设置在臭氧发生间内，负责水厂臭氧接触池及臭氧发生间等有关设备及工艺水质参数的监控及检测。所有数据通过光纤环网送至水厂的监控操作中心。

(3) 排泥水处理间 PLC 分控站

设置在排泥水处理间控制室内，负责脱水机等部分有关设备及工艺水质参数的监控及检测，并远程调度工艺配套的控制设备。所有数据通过光纤环网送至水厂的监控中心，接受其远程监控。

(4) 原有取水泵房、送水泵房、净化系统 PLC 分控站

泵房分控站设置在泵房控制室内，对泵房内包括水泵、阀门等设备进行监控，对液位，水泵前后压力，总管压力、流量等数据检测。所有监控数据通过冗余的光纤通讯线路送至水厂的控制层工业以太环网内。

净化系统分控站设在滤池控制室，并负责单格滤池的现场子站间的的联络通讯及与中心控制室的衔接。保证反冲洗等功能的实施及水质分析仪表参数的采集等技术监控管理职能。

(5) 原有投药间、加氯间 PLC 分控站与中心控制室的衔接

8.10.2.4 电源及防雷

所有 PLC 主站采用就地在线式 UPS 供电。

所有有防雷或过电压保护需求的回路，包括供电线路、信号线路、通讯线路等均采用避雷器保护。

8.10.3 净水厂在线检测仪表

8.10.3.1 仪表配置原则

- (1) 满足工艺参数检测的需要；
- (2) 满足控制的需要；
- (3) 以可靠性、适用性为原则，选择性能可靠、价格合理，在国内有良好业绩、符合中国国情的国、内外产品；
- (4) 仪表系统处于国际领先水平，为智能型仪表，仪表具有现场显示、校正功能、自诊断功能、信号保护功能以及故障报警功能，仪表使用方便。

8.10.3.2 在线仪表配置

根据工艺流程及运行管理的需要配置流量、压力、液位、温度、水质等在线检测仪表。

(1) 在各池体根据工艺及设备保护的需要分别设置超声波

液位仪

(2) 在各主要水泵处出口及压力管道、出水管道设置压力变送器

(3) 污泥处理部分设置污泥浓度、泥位、悬浮固体等检测。

(4) 根据主要净水流程的控制及效果检测的需要分别设置水质检测仪表，包括原处理后出水浊度、余氯等检测。

根据加药与供水计量的需要分别设置电磁流量计。

8.10.4 CCTV 及安防系统

全厂设置 CCTV 监视系统。监视中心设置在水厂增设的中心控制室内，负责全厂监控系统所有图像监视。在水厂主要构筑物内关键设备处设置室内监视点，在水厂主要室外构筑物设置室外快球监视点，另在净水厂平面，厂前区，大门等交通要道处设置室外快球监视点。

在水厂的围墙等处设置边界防护报警设备，可与 CCTV 系统联动。

8.10.5 净水厂电话系统

水厂电话程控交换系统设置在综合楼内。系统设置 48 门的数字程控交换机及相应的电脑话务机。

水厂内其余各建筑物分别配置分线箱。

8.10.6 与公司通讯系统

水厂中心控制室内的局域网交换机通过防火墙与公司提供的宽带公网连接。防火墙预留 2 个 RJ45 接口。

第九章 主要设备清单

9.1 工艺设备

主要工艺设备一览表

序号	名称	规格	单位	数量	备注
A	厂区平面				
1	双法兰电动蝶阀	DN900 PN1.0MPa	台	6	
2	双法兰电动蝶阀	DN1600 PN1.0MPa	台	5	
3	电磁流量计	DN900 PN1.0MPa	个	3	
4	电磁流量计	DN1600 PN1.0MPa	个	2	
5	双法兰限位伸缩接头	DN900 PN1.0MPa	个	9	
6	双法兰限位伸缩接头	DN1600 PN1.0MPa	个	7	
7	增压泵(立式离心泵)	Q=15m ³ /h, H=50m, N=7.5kW	台	1	
8	栅条混合器	DN900 PN1.0MPa	台	3	
B	絮凝池				
1	A型一体化网箱	1900×2000x4000	组	18	
2	B型一体化网箱	1900×3050x4000	组	18	
3	电动排泥阀	DN300 PN1.0MPa	个	30	
4	双法兰手动闸阀	DN300 PN1.0MPa	个	30	
5	取样泵	Q=1.8m ³ /h, H=16m, N=0.75kW	台	3	
C	沉淀池				
1	双钢丝绳牵引刮泥机		套	3	
2	不锈钢出水槽	L=3500mm 360×500mm	根	22	
3	低脉动斜板	12.40m×20.30m×1.2m	套	3	
D	滤池				
1	电动蝶阀	DN300	个	8	
2	电动可调蝶阀	DN350	个	8	
3	电动蝶阀	DN600	个	8	

4	手动蝶阀	DN1600	个	1	
5	伸缩节	DN300	个	8	
6	伸缩节	DN350	个	8	
7	伸缩节	DN600	个	8	
8	伸缩节	DN1600	个	1	
9	进水闸板	200X200	块	8	
10	进水闸板	400X400	块	8	
11	反冲洗排水闸板	500X500	块	8	
12	渠道闸板	1200X1200	块	2	
13	手电两用启闭机	T=1.5t N=0.55kW	台	2	
14	手动启闭机	T=1.0t	台	8	
15	石英砂滤料		m ³	1260	
16	卵石承托层		m ³	84	
17	滤板		m ²	840	
18	长柄滤头		个	45500	
19	反冲洗水泵				
20	离心泵	Q=790m ³ /h, H=9m, P=30kw	台	3	2用1备
21	罗茨鼓风机	Q=5000m ³ /h, H=5m, P=110kw	台	2	
22	手动蝶阀	DN400	只	3	
23	止回阀	DN400	只	3	
24	安全阀	DN400	只	2	
25	电动单梁悬挂起重机	起重量 1T	套	1	
26	电动单梁悬挂起重机	起重量 3T	套	1	
E	集水池及中途提升泵站				
1	卧式双吸离心清水泵	Q=3300m ³ /h, H=8m, N=110 kW	台	6	4用2备
2	多功能水泵控制阀	DN900, P =1.0MPa	个	6	
3	手动蝶阀	DN300, P =1.0MPa	个	2	
4	手动蝶阀	DN900, P =1.0MPa	个	6	
5	手动蝶阀	DN1600, P =1.0MPa	个	2	

6	电动蝶阀	DN1000	台	6	
7	电动蝶阀	DN1600	台	2	
8	伸缩节	DN300, P =1.0MPa	个	2	
9	伸缩节	DN900, P =1.0MPa	个	6	
10	伸缩节	DN1000	台	6	
11	伸缩节	DN1600	台	4	
12	自控自吸泵	Q=12m ³ /h, H=12m, N=1.5 kW	套	1	
13	电动单梁悬挂起重机	起重量1T	套	1	
F	臭氧制备间				
1	臭氧发生器	Q=10kg/h N=120kW	套	3	配套设备
2	液氧罐	20m ³	套	2	
3	液氧蒸发器	N=75kW	台	2	
4	轴流风机	Q=3000m ³ /h	个	10	
5	电动单梁悬挂起重机	起重量 3T	套	1	
H	活性炭滤池				
1	电动可调蝶阀	DN350	个	10	
2	电动蝶阀	DN600	个	10	
3	电动蝶阀	DN300	个	10	
4	手动蝶阀	DN200	个	10	
5	进水闸板	500X500	块	8	
6	翻板阀		套	10	
7	渠道闸板	1500X1500	块	1	
8	手电两用启闭机	T=1.5t N=0.55 kW	台	8	
9	手电两用启闭机	T=2.0t N=0.75 kW	台	1	
10	电动葫芦	T=1.0t N=0.37 kW	台	2	
11	伸缩节	DN350	个	10	
12	伸缩节	DN600	个	10	
13	伸缩节	DN300	个	10	

14	伸缩节	DN200	个	10	
15	活性炭滤料		m ³	3100	
16	石英砂滤料		m ³	620	
17	卵石承托层		m ³	125	
18	滤板		m ²	1240	
19	滤头		个	62000	
20	电动单梁悬挂起重机	起重量 3T	套	1	
E	排泥水处理系统				
1	潜水排污泵	Q=270m ³ /h, H=12m, N=18.5 kW	台	4	2用2备
2	潜水搅拌机	7.5kW	台	4	
3	转鼓浓缩机	Q=140m ³ /h, N=3.0 kW	台	4	
4	潜水搅拌机	10kW	台	4	
5	污泥脱水机	Q=27m ³ /h, N=60 kW	台	4	3用1备
6	进泥螺杆泵	Q=27m ³ /h, H=30m, N=10.5 kW	台	4	
7	污泥切割机	Q=27m ³ /h, N=4.0kW	台	4	
8	水平螺旋输送机		台	1	
9	投药系统	V=2X4.2m ³ , N=4.5 kW	台	2	
10	潜水排污泵	Q=10m ³ /h, H=10m, N=1.1kW	台	2	
11	增压水泵	Q=20m ³ /h, H=20m, N=4.0kW	台	2	
12	电动吊车	T=5t	台	1	

9.2 电气自控仪表设备

净水厂电气主要工程量

序号	名称	规格	单位	数量	备注
A	电气外线				
1	原有电力外线	35kV	项	1	以电业局意见为准
2	负荷开关	35kV 户外	套	2	
3	电力变压器	35kV/6kV 5000kVA; D, yn11	台	2	变压器更换
4	电缆	YJV22-6-3×120	km	0.5	两路电源
B	单体建筑物				
1	6kV 开关柜	中置式, 内含综保	台	2	原有配电间内
2	电力变压器及负荷开关	6kV/0.4kV 1600kVA; D, yn11	台	2	
3	吊车负荷开关		套	8	
4	0.38kV 变频器柜	120kW 电机	套	2	
5	0.38kV 软启动器器柜	120kW 电机	套	6	
6	低压配电柜	抽屉式	台	21	
7	就地控制箱		台	25	
8	就地电控箱		台	4	轴流风机
9	电力电缆		项	1	
10	控制电缆		项	1	
11	防雷接地等电位		项	1	
12	照明工程		项	1	

控制、仪表及通讯主要工程量

序号	名称	规格	单位	数量	备注
一	自控系统				
A	原有综合楼中心控制室（调度中心）改造				
1	数据服务器		套	2	
2	GPRS 服务器	新旧系统水源、水厂及上级管理部门各一套	套	5	
3	工控机	工业控制级 19 寸液晶显示器	套	5	
4	网络打印机	彩色、激光、A3	台	1	
5	网络打印机	黑白、激光、A4	台	1	
6	光纤以太网交换机	单模	台	3	
7	以太网交换机		台	2	
8	网络机柜	配线架 2000x800x800	台	1	
9	大屏幕系统	DLP 大屏幕 4×2 拼接	套	1	
10	大屏幕计算机		台	1	
11	打印机服务器		台	1	
12	中心控制室操作台及附属设施		套	1	
13	软件包		项	1	
14	UPS 电源	Un=~220V Sn=5kVA	台	1	
15	光缆	四芯；铠装 单模	米	2000	
16	防雷过电压保护器		套	2	

序号	名称	规格	单位	数量	备注
B	分控站、子站等（新建及原有系统增设）				
1	PLC 系统	CPU 模块×2 电源模块×2 通信接口模块 X2 DI 模块：16 点、DC 24V×3 DO 模块：16 点、晶闸管输出 DC24V×2 AI 模块：8 点、4~20mA ×2 AO 模块：4 点、4~20mA ×1 触摸式操作盘（HMI）×1 光纤以太网交换机×1 金属机柜 浪涌保护器 X1 UPS 电源 3kVAX1	套	1	中途 泵房 分控站
2	PLC 系统	CPU 模块×2 电源模块×2 通信接口模块 X3 DI 模块：16 点、DC 24V ×11 DO 模块：16 点、晶闸管输出 DC24V×8 AI 模块：8 点、4~20mA ×3 AO 模块：4 点、4~20mA ×1 触摸式操作盘（HMI）×1 光纤以太网交换机×1 金属机柜 浪涌保护器 X1 工控机 X1 UPS 电源 3kVAX1	套	1	滤池 分控站
3	PLC 系统	CPU 模块×2 电源模块×2 通信接口模块 X3 DI 模块：16 点、DC 24V ×5 DO 模块：16 点、晶闸管输出 DC24V×2 AI 模块：8 点、4~20mA ×2 AO 模块：4 点、4~20mA ×1 触摸式操作盘（HMI）×1 光纤以太网交换机×1 金属机柜 浪涌保护器×1 工控机×1 UPS 电源 3kVAX1	套	1	泥处理 分控站
4	通讯总线	现场总线专用电缆	米	2500	

5	PLC 系统	CPU 模块×1(内带电源模块,40 点 I/O) AI 模块: 8 点、4~20mA ×2 AO 模块: 8 点、4~20mA ×1 触摸式操作盘 (HMI) ×1 金属机柜 浪涌保护器×1 UPS 电源 1kVAX1	套	1	臭氧接 触池远 程终端
6	PLC 系统	CPU 模块×1(内带电源模块,40 点 I/O) AI 模块: 8 点、4~20mA ×2 AO 模块: 8 点、4~20mA ×1 触摸式操作盘 (HMI) ×1 金属机柜 浪涌保护器×1 UPS 电源 1kVAX1	套	1	排泥浓 缩间远 程终端、
7	PLC 系统	CPU 模块×2 电源模块×2 通信接口模块 X3 DI 模块: 16 点、DC 24V ×11 DO 模块: 16 点、晶闸管输出 DC24V×8 AI 模块: 8 点、4~20mA ×3 AO 模块: 4 点、4~20mA ×1 触摸式操作盘 (HMI) ×1 光纤以太网交换机×1 金属机柜 浪涌保护器×1 工控机×1 UPS 电源 3kVAX1	套	1	深度水 处理间 分控站
8	PLC 系统	CPU 模块×1(内带电源模块,40 点 I/O) AI 模块: 4 点、4~20mA ×1 AO 模块: 4 点、4~20mA ×1 触摸式操作盘 (HMI) ×1 金属机柜 浪涌保护器×1 UPS 电源 1kVAX1	套	12	净化间 12 格滤 池子站
9	PLC 系统	CPU 模块×1(内带电源模块,40 点 I/O) AI 模块: 8 点、4~20mA ×2 AO 模块: 8 点、4~20mA ×1 触摸式操作盘 (HMI) ×1 金属机柜 浪涌保护器×1 UPS 电源 1kVAX1	套	1	臭氧发 生器远 程
10	PLC 系统	CPU 模块×1(内带电源模块,40 点 I/O) AI 模块: 4 点、4~20mA ×1 AO 模块: 4 点、4~20mA ×1 触摸式操作盘 (HMI) ×1 金属机柜 浪涌保护器×1 UPS 电源 1kVAX1	套	20	深度水 处理间 20 格滤 池子站

11	PLC 系统	CPU 模块×2 电源模块×2 通信接口模块 X2 DI 模块：16 点、DC 24V×3 DO 模块：16 点、晶闸管输出 DC24V×2 AI 模块：8 点、4~20mA ×2 AO 模块：4 点、4~20mA ×1 触摸式操作盘（HMI）×1 光纤以太网交换机×1 金属机柜 浪涌保护器×1 UPS 电源 3kVAX1	套	3	原有两座取水泵房及一座送水泵房新增分控站
12	PLC 系统	CPU 模块×2 电源模块×2 通信接口模块 X3 DI 模块：16 点、DC 24V ×11 DO 模块：16 点、晶闸管输出 DC24V×8 AI 模块：8 点、4~20mA ×3 AO 模块：4 点、4~20mA ×1 触摸式操作盘（HMI）×1 光纤以太网交换机×1 金属机柜 浪涌保护器 x10 工控机×1 UPS 电源 3kVAX1	套	1	原有净车间分控站
13	PLC 系统	CPU 模块×1(内带电源模块, 40 点 I/O) AI 模块：4 点、4~20mA ×1 AO 模块：4 点、4~20mA ×1 触摸式操作盘（HMI）×1 金属机柜 浪涌保护器×1 UPS 电源 1kVAX1	套	14	原有净化间共计 14 格滤池子站
14	PLC 系统	网络通讯模板	套	1	原有加药间
15	PLC 系统	网络通讯模板	套	1	原有加氯间

序号	名称	规格	单位	数量	备注
二	仪表系统(新建部分)				
1	余氯分析仪	分体型	套	2	
2	超声波液位计	分体型	套	3	反应池
3	超声波液位计	分体型	套	12	滤池
4	超声波液位计	分体型	套	2	清水池
5	超声波液位计	分体型	套	2	泵房
6	超声波液位计	分体型	套	2	排泥池
7	超声波液位计	分体型	套	2	泥水平衡池
8	超声波液位计	分体型	套	2	脱水间
9	超声波液位计	分体型	套	2	浓缩间
10	超声波液位计	分体型	套	20	深度处理
11	差压变送器	一体型	套	32	净水系统
12	压力变送器		套	8	提升泵站
13	压力变送器		套	6	水反冲洗
14	压力变送器		套	6	气反冲洗
15	压力变送器		套	6	送水泵房
16	电磁流量计	分体型 DN1600	套	2	厂区
17	电磁流量计	分体型 DN1200	套	2	厂区
18	电磁流量计	分体型 DN400	套	1	厂区
19	电磁流量计	分体型 DN200	套	1	厂区
20	电磁流量计	分体型 DN1200	套	2	清水池
21	电磁流量计	分体型 DN600	套	2	滤池
22	热质流量计	分体型 DN400	套	2	滤池
23	电磁流量计	分体型 DN200	套	1	排泥水浓缩间
24	电磁流量计	分体型 DN1600	套	1	提升泵站
25	电磁流量计	一体型 DN25	套	2	脱水间
26	电磁流量计	一体型 DN25	套	2	脱水间

序号	名称	规格	单位	数量	备注
27	电磁流量计	一体型 DN80	套	2	脱水间
28	电磁流量计	一体型 DN25	套	2	脱水间
29	污泥浓度计	分体型	套	2	排泥水浓缩间
30	浊度仪	分体型	套	2	净化间沉淀池
31	浊度仪	分体型	套	2	滤池出水总渠
32	浊度仪	分体型	套	4	滤池出水渠
33	浊度仪	分体型	套	1	清水池
34	余氯分析仪	分体型	套	1
35	pH 分析仪	分体型	套	1
36	pH 分析仪	分体型	套	2	滤池出水渠
37	移动电流检测仪	一体型	套	2	沉淀池
38	仪表保温箱		套	10	
39	污泥浓度计		套	2	脱水间
40	悬浮物		套	2	脱水间
41	泥位计		套	2	脱水间
42	溴离子检测仪		套	2	活性炭/臭氧接触池出水
三	仪表系统(原有改造部分)				
1	余氯分析仪	分体型	套	2	
2	超声波液位计	分体型	套	4	反应池
3	超声波液位计	分体型	套	14	滤池
4	超声波液位计	分体型	套	2	清水池
5	超声波液位计	分体型	套	2	泵房
6	超声波液位计	分体型	套	2	排泥池
7	超声波液位计	分体型	套	2	泥水平衡池
8	超声波液位计	分体型	套	2	脱水间
9	超声波液位计	分体型	套	2	浓缩间
10	仪表保温箱		套	10	

序号	名称	规格	单位	数量	备注
11	差压变送器	一体型	套	14	滤池
12	压力变送器		套	8	提升泵站
13	压力变送器		套	6	水反冲洗
14	压力变送器		套	6	气反冲洗
15	压力变送器		套	6	送水泵房
16	电磁流量计	分体型 DN1600	套	2	厂区
17	电磁流量计	分体型 DN1200	套	2	厂区
18	电磁流量计	分体型 DN400	套	1	厂区
19	电磁流量计	分体型 DN200	套	1	厂区
20	电磁流量计	分体型 DN1200	套	2	清水池
21	电磁流量计	分体型 DN600	套	2	滤池
22	热质流量计	分体型 DN400	套	2	滤池
23	电磁流量计	分体型 DN200	套	1	排泥水浓缩间
24	电磁流量计	分体型 DN1600	套	1	提升泵站
25	电磁流量计	一体型 DN25	套	2	脱水间
26	电磁流量计	一体型 DN25	套	2	脱水间
27	电磁流量计	一体型 DN80	套	2	脱水间
28	电磁流量计	一体型 DN25	套	2	脱水间
29	污泥浓度计	分体型	套	2	排泥水浓缩间
30	浊度仪	分体型	套	2	净化间沉淀池
31	浊度仪	分体型	套	2	滤池出水总渠
32	浊度仪	分体型	套	4	滤池出水渠
33	浊度仪	分体型	套	1	清水池
34	余氯分析仪	分体型	套	1	
35	pH 分析仪	分体型	套	1	
36	pH 分析仪	分体型	套	4	滤池出水渠
37	移动电流检测仪	一体型	套	2	沉淀池

序号	名称	规格	单位	数量	备注
四	通讯及视频监控系统				
A	通讯设备				
1	数字程控交换机	48 门	台	1	
2	电话机		台	50	
3	通讯电缆		项	1	
4	综合楼综合布线系统		项	1	
B	保安监视系统				
1	红外线探测系统		项	1	
2	视频系统		项	1	
3	SPD 浪涌防护器		项	1	
4	电缆工程		项	1	
5	门禁系统		项	1	
C	工业监视系统				
1	视频系统		项	1	
2	SPD 浪涌防护器		项	1	
3	电缆工程		项	1	
五	办公自动化设备一览表				
1	台式微型电子计算机		台	10	
2	微型电子计算机		台	2	
3	打印机	单色激光 A3	台	1	
4	打印机	彩色喷墨 A4	台	1	
5	复印机	静电 A3	台	1	
6					

第十章 管理机构、人员编制及建设进度安排

10.1 管理机构

新建小湾水厂深度处理改建工程属于江苏江南水务股份有限公司负责筹建和运行管理。

10.2 人员编制

小湾水厂劳动定员暂定为 50 人。

10.3 建设进度安排

- (1) 2014 年 4 月完成可行性研究报告和项目申请报告
- (2) 2014 年 5 月完成项目申请报告评审和批复
- (3) 2014 年 6 月~2014 年 8 月完成初步设计及其评审
- (4) 2014 年 9 月~2014 年 12 月完成施工图设计
- (5) 2015 年 1 月~2016 年 11 月施工期
- (6) 2016 年 12 月调试投产运行

第十一章 工程用地及土地利用

小湾水厂深度处理改建工程主要在现有的小湾水厂内进行改造，因增加排泥水处理工艺，需新增加征地面积 3448 平米，整个水厂布置功能分区明确，分为厂前区和生活区，厂前区包括管理区和生活活动区，生产区内又分为净水工艺区域、污泥处理区域、辅助生产区域。在场地布置紧凑，合理利用了土地。

第十二章 环境保护

12.1 环境保护

12.1.1 生产废水

本工程生产废水主要来源于沉淀池排泥水、滤池反冲洗排水，主要物质为原水中的悬浮固体和处理过程中投加了少量的混凝剂、助凝剂外，无其它有害物质加入。本工程原水取自长江水源，原水水质较好。本工程对滤池反冲洗水进行回收，充分利用水深源，节能消耗，对沉淀池排泥水进行污泥处理，上清液排放，污泥外运填埋。

12.1.2 生活污水

生活污水采用地埋式污水处理装置处理后排入市政污水管网。

12.1.3 项目实施过程中的环境影响及对策

在施工期间，应采取有效措施尽可能减小对周围居民的影响，使工地和全部工作区的环境保护和卫生符合有关的规范，并接受有关部门监督。

根据本工程特点，采取以下环境保护措施：

（1）废水的处理

应对工地中排出的全部废水采取适当处理措施，处理方法应得到当地有关管理部门的同意，获准后方可将工地中所有水排入现有的下水管内，禁止将泥浆排入下水管内或附近沟河内。

（2）尘土的控制

施工过程中，应采取有效的控制尘土的措施：（1）控制开挖管槽、基坑的尘土飞扬，特别是路边的管道，必要时应做截灰防护设施；（2）管道喷砂除锈应有防尘设施，确保操作人员的健康。

(3) 噪音控制

施工过程中的主要噪声源是施工机械。主要噪声源源强见表 12-1。

施工期间主要噪声源强度值 **表 12-1**

序号	声源名称	噪声级 dB (A)	备注
1	挖掘机	67-77	距声源 15m
2	混凝土搅拌机	78-89	距声源 1m
3	打桩机	85-105	距声源 15m
4	振捣机	93	距声源 1m
5	电锯	103	距声源 1m
6	发电机组噪声	80-90	距声源 1m

主要对策如下：

1) 严格执行有关环境保护条例中夜间严禁使用高噪声施工机械作业的规定，合理安排高噪声施工作业的时间，每天 22 点至次日晨 6 点禁止打桩机、推土机、装载机、混凝土灌浆机、空压机、电锯等高噪声机械作业，尽可能减少对邻近居民生活环境的影响。

2) 执行《建筑施工场界噪声限值 (GB12523-90)》对施工阶段的噪声要求，合理安排施工，夜间严禁进行高噪声施工作业，如果必须进行夜间连续施工，则应认真执行夜间施工的有关规定，施工单位要向当地环保局提出书面申请，经批复同意后，才能施工。

3) 工地周围设立围护屏障，同时也可在高噪声设备附近加设可移动的简易隔声屏，尽可能减少设备噪声对环境的影响。

4) 将施工现场使用的固定噪声源相对集中，以减小噪声干扰范围，并充分利用地形、地物等自然条件，选择环境要求低的位置安放强噪声设备，以减小噪声对周围环境的影响。

5) 施工车辆，特别是重型运载车辆的运行线路和时间，应尽量避免噪声敏感区域和噪声敏感时段。

(4) 固体废物

建设期产生的固体废物，主要来源于建筑垃圾和生活垃圾。建筑垃圾主要为水泥、砖瓦、石灰、砂石等。

产生建筑垃圾、工程渣土的建设或施工单位，应在工程开工前五日向当地渣土管理所申报建筑垃圾、工程渣土排放处置计划；并与其签订环境卫生责任书。如果建设或施工单位自行安排建筑垃圾，应在申报排放处置计划时，提交受纳场地管理单位的上级行政管理部门同意受纳的证明。建设或施工单位应持渣土管理部门核发的处置证向运输单位办理建筑垃圾、工程渣土的托运手续。

运输车辆运输建筑垃圾、工程渣土时应随车携带处置证，接受渣土管理部门的检查。运输路线由渣土管理部门会同公安交通管理部门规定。除此之外，在各类建设工程竣工后，施工单位应在一个月内将工地的剩余建筑垃圾、工程渣土处理干净。建设单位负责督促。

12.1.4 项目建成后的环境影响及对策

(1) 生产废水处理

水厂中的排泥水主要来源于沉淀池及滤池。本工程设计将沉淀池排泥水和滤池反冲洗废水排入污泥池，浓缩减量后再进行机械脱水，浓缩间上清液可达标排放，脱水后污泥运送至厂外进行污泥处置。

(2) 生活污水处理

本工程会产生一定量的生活污水。生活污水排入市政管网污水管道。

(3) 有害气体的处理措施

根据《环境空气质量标准 (GB3095-1996)》和《大气污染物综合排放标准 (GB16297-1996)》中的分类标准, 本项目所在地为环境空气质量标准一类区, 拟执行二级标准。

水厂中的有害气体主要为氯气。其不慎泄漏后不仅对厂内环境产生危害, 对厂外的环境也将有一定影响。现有的加氯发生和使用设备设置泄漏报警系统, 制订严格的检查和操作制度。

(4) 噪声控制

水厂的噪声主要来源于厂内水泵电机、鼓风机等设备工作时发出的噪声, 还有来自车辆等的间歇噪声。为减少噪声影响, 本工程拟采取以下措施:

1) 泵房和鼓风机房尽量与人员较集中的地方保持一定距离, 并周围种植绿化。

2) 水泵选用低转速泵, 鼓风机选用进、排气消声器并设隔声罩, 基础安装隔震措施减噪。

(5) 固体废弃物

水厂运行过程中, 产生的固体废弃物主要是生产废水经污泥处理后产生的脱水污泥, 以及水厂管理人员产生的生活垃圾。

目前脱水后污泥处理有几种方案:(a)渣土管理所调运处置;(b)垃圾填埋场作覆土;(c)资源化利用。无锡市自来水总公司已与无锡市锡山柳庄砖瓦厂签订协议, 将所有脱水污泥用于制砖, 实现资源利用, 因此建议本工程可采用同样的处置方式。

净水厂职工总数 50 人, 生活垃圾按 1.0kg/d 人计, 职工生活垃圾产生量为 5.0kg/d, 可由环卫部门负责定期清运。

水厂中固废堆放应有专用的贮存设施、场所, 建立完善的管

理措施，对堆放的固废应及时外运，尽量减少堆放周期。

12.2 总体评价结论

本项目属于市政基础设施建设，与国家所确立的发展方向与目标相容，项目的建设具有迫切的必要性。项目在运行时将对项目建设地周边地表水、声环境将产生一定的影响，但其影响较小，在可以接受的范围内。因此，从环境保护的角度出发，只要项目单位加强管理，切实做好环保工作，本项目是可行的。

第十三章 节能措施

13.1 节能规范

13.1.1 用能标准

- (1) 中华人民共和国节约能源法（国家主席令[2007]第 77 号）
- (2) 节能中长期专项规划（发改环资[2004]2505 号）
- (3) 国务院关于加强节能工作的决定（国发[2006]28 号）
- (4) 国务院关于印发节能减排综合性工作方案的通知（国发[2007]15 号）
- (5) 产业结构调整指导目录（2005 年本）（国家发改委令[2005]年 40 号）
- (6) 资源综合利用目录（2003 年修订）（发改环资[2004]73 号）
- (7) 国家鼓励发展的资源节约综合利用和环境保护技术（国家发改委公告[2005]第 65 号）
- (8) 中国节能技术政策大纲（2006）（发改环资[2007]199 号）
- (9) 中国节水技术政策大纲（国家发改委公告 2005 年第 17 号）
- (10) 关于印发“十一五”十大重点节能工程实施意见的通知（发改资环[2006]1457 号）

13.1.2 节能规范

- (1) 节水型产品技术条件与管理通则 GB/T18870-2002
- (2) 照明设备合理用电导则 DB/T178-2002
- (3) 节能技术监督导则 DL/1052-2007
- (4) 清水离心泵能效限定值及节能评价值 GB/T19762-2005
- (5) 中小型三相异步电动机能效限定值及节能评价值 GB/T18613-2006
- (6) 三相配电变压器能效限定值及节能评价值

GB/T20052-2006

- (7) 民用建筑热工设计规范 GB50176-1993
- (8) 民用建筑节能设计标准 JGJ26-1995
- (9) 夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准 JGJ134-2001
- (10) 采暖通风与空气调节设计规范 GB50019-2003
- (11) 建筑照明设计标准 GB50034-2004
- (12) 公共建筑节能设计标准 GB50189-2005
- (13) 外墙外保温工程技术规程 JGJ144-2005
- (14) 绿色建筑评价标准 GB/T50378-2006
- (15) 外墙外保温专用砂浆技术要求 DB31/T366-2006

13.2 城市供水系统能耗概况

在过去 20 年里我国能源消费量已翻了一番，目前已是世界第二大能源消费国。到 2015 年我国能源消费量将达到 21.7 亿吨标准煤，是现在能源消费量的 1.3 倍；因此，中国未来能源供需的缺口将越来越大，在采用先进技术、推进节能、加速可再生能源开发利用以及依靠市场力量优化资源配置的条件下，2010 年仍然缺能约 8%，到 2040 年将缺 24% 左右。国民经济的发展和人民生活水平的提高都只能走高效利用能源的节能之路。

我国节能潜力巨大。一是产品能耗高。中国主要用能产品的单位产品能耗比发达国家高 25%~90%，二是产值能耗高。中国产值能耗是世界上最高的国家之一。产值能耗高即单位能耗创产值低，根据 2001 年的数据表明，我国创造每万美元 GDP 所消耗的能源为 7.24t 标准油，韩国为 5.44t 标准油。经测算，通过产业结构调整、产品结构调整、降低高能耗行业的比重、增加高附加值产品的比重以及居民生活用能优化等措施，近期国民经济产值

能耗节能潜力达 3 亿吨标准煤左右。因此我国“十五”期间总的节能潜力约为 4 亿标准煤，2015 年我国节能潜力约为 9 亿吨标准煤。

供水系统是城市的耗能大户，在整个给水工程的用电量中，90%以上的电量是用来维持水泵的运转。就一般的城市水厂而言，泵站消耗的电量常占自来水成本的 40%~70%；就全国水泵机组的电能消耗而言，它占全国电能总消耗的 20%以上。在美国每年生产的电约有 7%被给水厂消耗掉。

下表为国内部分供水企业 2006 年供水总量、单位电耗等参数指标统计。

企业名称	北京	重庆	秦皇岛	石家庄	太原	抚顺	鞍山	吉林	杭州
供水总量 (万 m ³)	72168.00	27788.00	9537.400	14658.00	16999.31	10877.00	12373.00	11093.00	41737.76
供水单位电耗 (kWh/k m ³)	328.00	886.00	226.00	301.00	446.00	683.00	405.00	297.00	277.09
配水单位电耗 (kWh/k m ³ ·Mpa)	375.00	暂无	418.00	415.00	499.76	470.00	398.00	496.00	387.00
企业名称	济南	淄博	郑州	昆明	兰州	珠海	深证	广州	合肥
供水总量 (万 m ³)	22432.0	7449.67	21599.16	25937.76	22421.64	27215.00	49071.00	132258.46	23791.40
供水单位电耗 (kWh/k m ³)	255.32	456.73	290.24	276.84	318.33	168.06	227.60	309.96	249.40
配水单位电耗 (kWh/k m ³ ·Mpa)	460.66	442.49	395.68	587.25	444.60	415.97	358.69	371.13	386.30

表中所列 18 家自来水公司供水单位电耗最高为重庆 886.00kWh/km³，最低为秦皇岛 226.00kWh/km³。

由于自来水行业的特殊性，我国各城市的原水采集方式、制水工艺、供水要求都具有其各自的地方性和独特性，不一定完全具备可比性，因此，上述的横向比较，仅供借鉴和参考。

根据相关国内供水行业现状确定相关供水工程的供水综合单位电耗建议值为：

(1) 2015 年供水综合单位电耗： $G_{10}=380\text{kWh}/(\text{km}^3 \cdot \text{MPa})$

(2) 2020 年供水综合单位电耗： $G_{20}=350\text{kWh}/(\text{km}^3 \cdot \text{MPa})$

13.3 节能措施及效果分析

13.3.1 节能措施

(一) 工艺节能措施

本工程采用节能措施有：

(1) 在满足水处理要求的条件下，选择节能构筑物，采用栅条混合网格絮凝低脉动斜板沉淀池，混合絮凝效果好，水力损失小，矾耗低。

(2) 采用均粒滤料滤池节约冲洗量，本设计采用均粒滤料滤池，滤池较粗，延长了过滤周期，且采用气水反冲，降低水冲洗强度，节约能耗。

(3) 水厂流程布置紧凑，减少水力跌落，沉淀池与滤池之间采用渠道连接方式减小水头损失。

(4) 选用高效率和高效率区范围宽广的水泵，一、二级泵房均采用变频调速电机。

(5) 反冲洗水进行回收利用。

(二) 电气节能措施

(1) 合理设置变电所，使变电所设置尽量靠近负荷中心，尽可能减少配电线路，减少损耗，节省投资。

根据水厂内高、低压负荷分布情况，水厂内设 35/6.3kV 变电所一座，由该变电所向水厂的取水泵房、二级泵房、各低配中心分别提供二路 6kV 电源。各变电所供电范围经济合理，满足了电能分配又减少配电线路长度、提高供电质量、降低线路损耗，节省投资及经常运行费用。

(2) 采用先进技术设备

对大容量电机采用软启动，以降低启动压降幅度，减少对变压器和设备本身的冲击，延长设备使用寿命。

(3) 采用单机补偿与低压集中补偿相结合，使水厂 35kV 进线侧的功率因数达到 0.95 以上，减少线路的损耗。

(4) 选用节能型的电气设备

水厂变配电设备选型以安全可靠，技术先进，节能经济和维修方便为原则。

(a) 水厂主要用电设备为取水泵房、二级泵房的水泵，合理选择水泵配用电动机，以确保电动机高效运行，减少电动机的损耗。

(b) 水厂电机采用变频调速装置。虽然变频调速装置的初期投资很高，但能起到高效调速而又节能的效果，每年可节约电费。采用新型的变频调速装置，不仅能有效消除高次谐波，限制并消除对电网的不利影响，还能在调速范围其功率因数均可高达 0.9~0.95 以上，无需电容补偿，减少设备和电缆，节约投资。

(c) 变压器选用高效率、低损耗变压器，其体积小、占地面积小，铜损、铁损小等优点。

(5) 电线电缆截面的选择在满足载流量、压降等技术条件下充分考虑经济条件，严格按照 IEC287-3-2/1995 “电力电缆截

面的经济最佳化”选择和确定各类电缆规格截面，尽可能降低线路损耗，节约运行成本。控制总线损率及受电端电压在允许电压的偏差范围内。

(6) 变配电设备配置相应的测量和计量仪表。功率在 50kW 及以上的电动机单独配置电流表、有功电度表等计量仪表，监测与计量电动机的运行参数。

(7) 按《建筑物照明设计标准》(GB50034-2004)合理选择各种场所的照度标准，合理选用高效、节能型照明灯具，合理选用照明方式，合理设计照明线路与控制方式，以及充分利用天然采光等多种方法，来提高水厂整个照明系统的效率，达到照明节能，实行绿色照明。

(三) 建筑节能措施

根据建筑节能要求本工程中建筑主要节能措施如下：

- (1) 本工程外墙墙体材料为 240 厚混凝土多孔砖。
- (2) 外墙采用外保温构造措施，外保温建筑构造的保温层选用 30 厚胶粉聚苯颗粒保温浆料。
- (3) 地面设置加气混凝土垫层，并满足热阻数据需要。
- (4) 架空楼板和外挑楼板板面或板底设置 30 厚挤塑板。
- (5) 铝合金窗选用断热铝型材，玻璃选用中空玻璃，选用遮阳系数符合建筑窗墙比的玻璃。
- (6) 透明外门的型材和玻璃要求与外墙相同，不透明外门采用保温门，内设 15 厚的保温棉。
- (7) 屋面保温层采用 ≥ 40 厚挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板(XPS 板)，以满足屋面的传热系数要求。
- (8) 热桥部位处理：采用外墙外保温，保温层贴至女儿墙

顶。

13.3.2 节能效果分析

本工程根据工程特点及建设要求，科学、合理并且有效控制了各方面能耗，并采用一系列措施：如在工艺方案中考虑能耗的节省，对电气设备耗能的控制，对建筑热能的保护和消散，符合本类工程能耗准入的要求。

在满足水处理要求的条件下，选择节能构筑物，水力损失小，采用 V 型滤池节约冲洗量，节约能耗，同时，一、二级泵房均采用变频调速电机，减少能耗，并对反冲洗废水进行回收利用。达到了节能效果。

第十四章 消防

14.1 消防等级确定

本工程各建筑物的耐火等级为：

(1) 配电室、电容器室和非燃（或难燃）介质的电力变压器室、臭氧发生器间的耐火等级为二级。

(2) 厂内其他建筑物的耐火等级为三级。

14.2 消防措施

(1) 总图布置

在净水厂总平面布置上、按生产性质、工艺要求及火灾危险性的大小等划分出各个相对独立的小区，并在各小区之间采用道路相隔。

厂内道路呈环形布置，保证消防通道畅通，厂内主干道宽 6.0m，次干道宽 4.0m，净水厂设 2 个出入口，均与厂外道路相连，均满足消防车对道路的要求。

在火灾危险性较大的场所设置安全标志及信号装置，在设计中对各类介质管道应涂以相应的识别色。

(2) 建筑

根据《建筑设计防火规范》进行建构筑物的防火设计，在爆炸危险的厂房采用钢筋混凝土框架或排架结构，利用门、窗洞作为泄压面积，或局部采用轻质屋盖作为泄压面积，泄压面积的设置应避开人员集中的场所和主要交通道路，并靠近容易发生爆炸的部位。其泄压系数为 0.05~0.22。

(3) 电气

建、构筑物的设计均根据其不同的防雷级别按防雷规范设置相应的避雷装置，防止雷击引起的火灾。

在爆炸和火灾危险场所严格按照环境的危险类别或区域配置相应的防爆型电器设备和灯具，避免电气火花引起的火灾。

电气系统具备短路、过负荷、接地漏电等完备保护系统，防止电气火灾的发生。

(4) 消防给水及消防设施

净水厂需建立完善的消防给水系统和消防设施，以保证消防的安全性和可靠。

a、消防水源

DN100 的给水管，经水表计量后，在站内连接成环，消防给水与生活给水合用。

b、室外消防

室外设置由室外消火栓组成的消防系统。采用低压给水系统，最不利点的消火栓水压满足不低于 10m，并满足最大消防用水量 15L/s。室外沿道路布置室外消火栓，消火栓间距不大于 120m。

c、变配电所、加压泵房、值班室内设置干粉灭火器。

采用工程措施，增加防护减少噪音和有害气体对人员的伤害，采用机械通风等防暑降温措施。按照有关要求，设置安装栏杆及配备救生圈和救生衣。

14.3 防震措施

依据《中国地震基本烈度区划图》和《建筑抗震设计规程》，本工程按地震烈度为 6 度设计，建筑物采取 7 度抗震措施。

第十五章 安全生产专篇

15.1 不安全因素分析

本工程主要的不安全因素主要包括：水厂环境潮湿，电气设备易受雷电袭击。

15.2 主要防范措施

本工程中涉及的劳动安全安全卫生问题及相应措施作如下考虑：

(1) 在水厂内设中控室，根据工艺流程、生产管理要求，配置在线检测仪表、计算机监控系统、电视监控系统和调度指挥系统，对取水泵站和水厂各主要工艺设备运行状态、工艺参数等，实施多层次监测并进行集中控制。

(2) 为增加水厂的安全性和防范能力，重点岗位设闭路电视监视点，在各建筑物制高点和重要位置设置摄像机，实现实时监视。

(3) 相关建筑物的建筑设计满足防爆要求，相应电气设备采用防爆电机和开关。

(4) 为防止由于室外安装的仪表、现场控制单元和中控室监控设备电源遭雷击或过电压引起设备故障，在上述自控设备电源入口处设置电源防雷过电压保护装置。

(5) 0.4kV 低压系统接地形式采用 TN-C-S 制，工作接地电阻不大于 1 欧姆。

(6) 对泵房等产生噪声声源的地方，与值班室隔开设置。水泵选用低转速泵。

(7) 厂站中的热源主要是泵房，按《工业企业设计卫生标准》中对泵房作业区的夏季空气温度规定，将值班控制室与热源

隔离，并在值班室安装空调，泵房操作采用集中按钮操作，减少操作人员同热源接触时间，泵房内采用机械通风等防暑降温措施。

(8) 厂站内各敞开式水池上均安装栏杆及配备救生圈和救生衣。操作人员进行操作、维护、调节、检查的工作位置，距坠落基准面高度超过 1.1m 时，设置供站立的平台和防坠落的栏杆。

15.3 劳动保护和安全规章制度

为了避免重大事故发生，保障职工在生产过程中的安全健康，工程建设时采用相应的劳动安全卫生对策措施，工程设计、施工过程中严格执行国家颁布的有关规范、规程和标准，工程投产后职工严格按照各工作岗位规章制度和操作规程，便可避免事故发生。

第十六章 卫生专篇

16.1 改建工程对现有工艺的影响

小湾水厂建设年代较早，现在存在着处理工艺落后，设备陈旧，运行复杂等诸多问题。改建工程实施后，可以对现有设施进行整合、改造，实现水厂自动控制，确保供水水质稳定。进一步提高江阴市居民生活用水水质。

16.2 臭氧副产物的控制及消除措施

当原水中存在溴离子时，用臭氧氧化就可能生成溴酸盐。溴酸盐被国际癌症研究机构定为 2B 级潜在致癌物，许多国家在制定水质标准中规定溴酸盐的最高允许浓度为 $10\mu\text{g/L}$ ，期望值是不检出；欧盟规定为 $3\mu\text{g/L}$ 。我国现行的《饮用天然矿泉水》国家标准亦将溴酸盐的含量限定为 $10\mu\text{g/L}$ 。根据小湾水厂中试成果，臭氧氧化后的出水中溴酸盐均小于 $2\mu\text{g/L}$ 或未检出，符合国际标准。为确保供水安全，本次改建在活性炭滤池间设有溴离子检测仪，对溴酸盐指标进行实时监测。

臭氧投加量对 BrO_3^- 的形成起着关键性的作用，增加臭氧的投加量， BrO_3^- 的生成量也增加，直到所有 Br^- 都被氧化成 BrO_3^- 。有实验研究表明，臭氧浓度低于 1mg/L 时不会生成 BrO_3^- 。在臭氧投加量相同时，增加臭氧投加点的数量可以大大降低 BrO_3^- 的生成量，其原因是缩短了臭氧的平均接触时间和降低了水中剩余臭氧的平均浓度。以单点瞬时投加臭氧的情况为基准，采用 2 个投加点可使 BrO_3^- 生成量降低 33.3%，采用 3 个投加点可使 BrO_3^- 生成量降低 40%，但继续增加投加点的数量则 BrO_3^- 生成量降低程度减小。因此，控制溴酸盐的生成，本工程设置了 3 个臭氧投加点。

16.3 活性炭滤池微生物的防泄漏措施

活性炭滤池可以去除水中可降解的有机物、氨氮和亚硝酸盐氮，以及提高水的生物稳定性，而在运行过程中，脱落的生物膜会影响出水水质，甚至出现浊度和细菌总数比砂滤池上升的情况。由于生物活性炭工艺在发挥生物作用和去除浊度等方面往往难以兼顾，因此需要对其采取措施进行补充和屏蔽。

根据国内工程经验，在炭层下铺设 0.5m 的石英砂滤层，活性炭出水浊度降低幅度在 0.02NTU 左右，细菌总数未见增加。因此，在生物活性炭滤池底部增加石英砂垫层，不仅可以保障活性炭出水水质，还可以对屏障生物活性炭微生物。

本次改建充分借鉴以往国内工程经验，采取在炭滤池下铺设 0.5m 的石英砂滤层。

第十七章 投资估算和资金筹措

17.1 投资估算编制说明

17.1.1 工程内容概述：

江阴小湾水厂深度处理改建工程，处理规模 30 万吨/日。

工程内容包括：原有建构筑物拆除，新建絮凝沉淀池、V 型滤池、深度处理部分及配套污泥处理设施等。

工程总投资：38653.09 万元。

详见工艺论述及《总投资估算表》。

17.1.2 编制依据：

1. 建设部市政工程投资估算编制办法 (2007 年)
2. 建设部市政工程投资估算指标 (2007 年)
3. 材料价格按《江阴市建设工程材料市场信息指导价》(2014 年 3 月)，及江阴市有关文件
4. 江苏省建筑与装饰工程计价表 2004 年
5. 江苏省安装工程计价表 2004 年
6. 江苏省市政工程计价表 2004 年
7. 江苏省现行有关规定
8. 类似工程技术经济资料

17.1.3 编制方法

1. 构筑物工程参照《市政工程投资估算指标》进行估算。
2. 附属工程参照类似工程技术经济资料。
3. 材料价格按江阴市建设工程材料价格计算。

17.1.4 其它费用

1. 建设场地准备费中的三通一平按建安费用的 2% 计算，征地费按 600 元/m² 计列。

2. 建设单位管理费按财政部财建[2002]394号规定进行计算。
3. 生产职工培训费：2000元/人计算。
4. 办公及生活家具购置费按设计定员每人估列2000元计算。
5. 工器具及生产家具购置费：按第一部分费用中设备费总值的2%计算。
6. 联合试车费：按第一部分费用中的设备费总值的1%计算。
7. 设计前期费按国家计委计价格[1999]1283号文的收费暂行规定计算。
8. 设计费按国家发展计划委员会、建设部颁发的“工程设计收费标准”(2002年修定本)计算。
9. 勘察费：按第一部分费用的1.1%计算
10. 工程建设监理费按国家发改委、建设部发改价格[2007]670号文件进行计算。
12. 施工图预算编制费：按设计费的10%计列。
13. 竣工图编制费：按设计费的8%计列。
14. 环境影响咨询服务费：按国家计委、国家环保总局计价[2002]125号计列。
15. 招标代理服务费等按国家计价格[2002]1980号文进行计算。
16. 工程保险费按中国人民保险公司的有关规定进行计算。
17. 本工程供电外线改造费暂按1000万元估列，今后根据实施后按实计列。
18. 工程因素预备费：按第一、二部分费用的8%计算。

17.2 资金筹措及用款计划

本工程建设资金全部按企业自筹考虑。

17.3 工程投资

项目总投资估算汇总表

序号	费用名称	投资额		占项目投入总资金的比例(%)	其他说明
		合计	其中：外汇		
1	建设投资	38338.16		99.19%	
1.1	建筑工程费用	14042.03		36.33%	
1.2	设备及工器具购置费用	12200.55		31.56%	
1.3	安装工程费用	3400.87		8.80%	
1.4	工程建设其他费用	5854.85		15.15%	
1.5	基本预备费用	2839.86		7.35%	
2	动态费用	314.93		0.81%	
2.1	建设期贷款利息	0.00		0.00%	
2.2	铺底流动资金	314.93		0.81%	
3	建设项目总投资 (1+2)	38653.09		100.00%	

第十八章 经济评价和效益分析

建设项目经济评价是项目可行性研究的有机组成部分和重要内容,是项目决策科学化的重要手段。经济评价的目的是根据国民经济发展战略和城市发展规划的要求,在工程技术研究的基础上,计算项目的效益和费用,对拟建项目的财务可行性和经济合理性进行分析论证,作出全面的经济评价,为项目的科学决策提供依据。

进行本工程项目经济评价的主要依据是:

1. 国家发展改革委、建设部 2006 年发布的《建设项目经济评价方法与参数》第三版、国家住房和城乡建设部 2008 年 9 月发布的《市政公用设施建设项目经济评价方法与参数》(以下简称“经济评价”)、《市政项目方法与参数》;

2. 水利电力部以(94)水科教第 103 号文颁发试行的《水利建设项目经济规范》(SL72-94);

3. 本工程项目的技术研究和投资估算。

根据“评价方法”的规定,经济评价应分为财务评价和国民经济评价的两个层次,鉴于本工程系城市基础设施,其国民经济效益主要表现为社会效益和环境效益很难用货币量化,工程项目的经济效益则主要体现为促进本地区工农业经济的发展减免国民经济损失,提高城市综合经济实力,而其净贡献也难以确切地定量计算。因此,本工程项目的国民经济评价着重于工程的效益计算,未进行各项国民经济评价指标的具体计算。

本工程项目经济评价包括如下组成内容:

1. 计算原则和评价参数;
2. 成本费用预测;

3. 财务分析报表和财务评价指标；
4. 敏感性分析；
5. 工程效益分析。

18.1 财务评价

1. 项目计算期

基于本工程初期投资较大，财务收入较低，使用年限较长等特点，项目计算期按 22 年计算，其中建设期 2 年，生产经营期为 20 年。

2. 借款利息的计算

在财务评价中，对国内借款，均简化按年计息，并假定借款发生在当年均在年中支用，按半年计息，其后年份按全年计息；还款当年按年末偿还，按全年计息。

3. 物价水平的变动因素

财务评价均采用现行价格体系为基础的预测价格。为简化计算，建设期内各年均采用时价(即考虑建设期内相对价格变化，又考虑物价总水平上涨因素)，生产经营期内各年均以建设期末(生产期初)物价总水平为基础。

3. 税金及附加

根据现行会计制度，从营运收入中直接扣除的税金及附加有增值税、城市维护建设税和教育费附加。从利润中扣除的有所得税。

4. 评价参数

财务评价参数，如综合折旧率、基准收益率等，均遵照国家计划委员会和建设部组织测定、发布的参数执行；行业的评价参数原则上采用“评价细则”测算确定如下：

(1) 固定资产综合折旧率

根据国家规定的固定资产分类折旧年限、投资构成比例和给排水行业分析统计资料，参照“评价细则”测算的数据，结合本工程实际情况取定：

固定资产综合折旧率为： 4.85%；

(2) 无形资产和其他资产推销年限

按照“评价细则”，无形资产和其他资产从投产之年起，平均按 5 年的期限分期推销，即年推销率为 20%。

(3) 流动资金周转天数和自有流动资金率

根据近年来行业统计分析资料，流动资金周转天数取定为 90 天，自有流动资金按流动资金的 100% 估算。

(4) 盈余公积金的提取比例

盈余公积金(包括法定盈余公积金和任意盈余公积金)的提取比例，按税后利润(扣除弥补亏损)的 10% 提取。

(5) 财务基准收益率和基准投资回收期

财务基准收益率和基准投资回收期是建设项目评价财务内部收益率和投资回收期指标的基准判据。按照“评价细则”，根据近几年给排水行业的统计数据，并考虑到国家资金的有效利用、行业技术进步和价格结构等因素，取定税前财务基准收益率(不含通货膨胀率)为 6%；基准投资回收期(自建设开始年算起)为 15 年。

18.2 成本费用预测

总成本费用是建设项目投产运行后一年内的生产营运而花费的全部成本和费用包括外购原材料、燃料和动力、职工薪酬、大修费、推销费。利息支出以及其他费用。

经营成本是项目总成本扣除固定资产折旧费、无形及其他摊销费和利息支出以后的全部费用。

生产成本按其产量变化的关系分为可变成本与固定成本。在总成本费用中，随水量增减而成比例地增减的费用部分，为可变成本，如外购原材料。动力费等属可变成本；与水量的多少无关的费用部分为固定成本。

成本费用预测的基本数据和各项费用支出见表。

供水成本计算（投产第一年）

序号	费用名称	单位	万元
1	直接材料费	万元/年	505.89
2	直接燃料及动力费	万元/年	1218.58
3	直接工资及福利费	万元/年	64.80
5	折旧费	万元/年	1849.08
6	无形及递延资产摊销费	万元/年	21.89
7	修理费	万元/年	953.13
8	其它费用	万元/年	219.39
9	长期贷款利息支出	万元	0.00
10	流动资金利息支出	万元/年	0.00
11	成本费用小计	万元/年	4832.76
12	其中：经营成本	万元/年	2961.79
13	规模	万 m ³ /年	10950.00
14	单位成本	元/m ³ ·年	0.44
15	其中：单位经营成本	元/m ³ ·年	0.27

收费标准单价是在总成本的基础上增计增值税、城市维护建设税及教育费附加等项费用，并考虑适当的利润率等因素进行测算，供主管部门科学决策之参考。

18.3 财务分析报表和财务评价指标

本工程财务评价所编制的财务分析报表包括项目投资现金流量表、利润与利润分配表、财务计划现金流量表、资产负债表、借款还本付息计划表。

1. 项目投资现金流量表

项目投资现金流量表反映项目在整个计算期（包括建设期和生产经营期）内各年的现金流入和流出，藉以进行项目财务盈利能力分析。通过计算投资财务内部收益率、财务净现值及投资回收期等评价指标，评价项目本身的财务效果。

2. 利润与利润分配表

利润与利润分配表反映了项目计算期内各年的利润总额、所得税及税后利润的分配情况。

3. 财务计划现金流量表

财务计划现金流量表反映项目计算期内各年的资金盈余或短缺情况，藉以选择资金筹措方案，制定适宜的借款及偿还计划。

4. 资产负债表

资产负债表综合反映项目计算期内各年年末资产、负债、所有者权益的增减变化，据此进行清偿能力分析。

5. 借款还本付息计划表

借款还本付息计划表综合反映项目计算期内各年借款和还款计划。

18.4 财务评价主要指标

财务评价成果表

序号	指标名称	单位	全部投资		自有资金
			所得税前	所得税后	所得税后
1	财务内部收益率	%	10.57%	8.32%	8.32%
2	财务净现值 (Ic=6%)	万元	16629.78	8125.96	
3	投资回收期	年	9.87	11.33	
4	投资利润率	%	7.99%		
5	资本金利润率	%	5.99%		

18.5 敏感性分析

由于自来水是一个特殊的商品，它有别于其他商品，故本工程只计算上述所列财务指标，不再计算流动比率及速动比率。

根据本工程项目的特点，设定敏感性分析中可能发生变化的主要因素是工程投资和收费价格，考虑可能变化幅度为 $\pm 10\%$ 和 $\pm 20\%$ 。年营运费用的变化对本工程财务状况的影响较小。故在敏感性分析中未列入主要变量来考虑。

工程投资发生变化时对财务内部收益率的影响示于。

工程投资变化对财务指标的影响

工程投资	+10%	+5%	基本情况	-5%	-10%
全部投资内部收益率	7.27%	7.58%	8.32%	8.24%	8.59%

售水价格变动时对财务内部收益率的影响如。

售水价格变动对财务指标的影响

售水价格	+10%	+5%	基本情况	-5%	-10%
全部投资内部收益率	10.41%	9.18%	8.32%	6.55%	5.13%

经营成本变动时对财务内部收益率的影响如。

经营成本变动对财务指标的影响

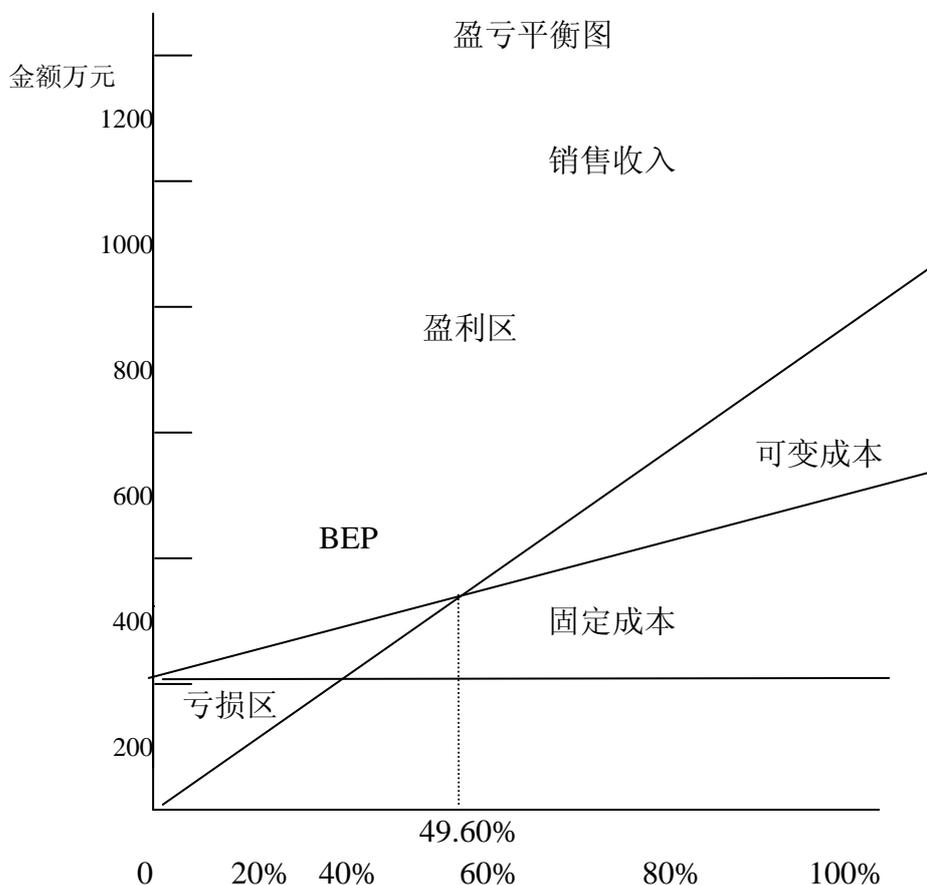
经营成本	+10%	+5%	基本情况	-5%	-10%
全部投资内部收益率	6.97%	7.44%	8.32%	8.35%	8.8%

18.6 盈亏平衡分析

盈亏平衡分析是通过盈亏平衡点(BEP)分析拟建项目对市场需求变化的适应能力。本工程盈亏平衡点计算如下：

$$\begin{aligned}
 \text{BEP} &= \frac{\text{年固定总成本}}{\text{年销售收入} - \text{年可变成本} - \text{年销售税金及附加}} \times 100\% \\
 &= 49.60\%
 \end{aligned}$$

计算结果表明，本项目达到设计生产能力的 49.60%，也就是年生产能力达到 4.960 万吨/日，企业就可以保本。



从上述财务评价看，财务内部收益率高于行业基准收益率，投资回收期低于行业基准投资回收期，从敏感性分析看，项目具有一定的抗风险能力，因此本项目从财务上讲是可行的。

18.7 工程效益分析

由于本工程项目为城市基础设施，以服务于社会为主要目的，它既是生产部门必不可少的生产条件，又是居民生活的必要条件，对国民经济的贡献主要表现为外部效果，所产生的效益除部分经济效益可以定量计算外，大部分则表现为难以用货币量化的社会效益，因此，本工程的效益应从系统观点出发，与人民生活水准的提高和健康条件的改善与工农业生产的加速发展等宏观效益结合在一起评价。

本工程的国民经济效益主要可表现为以下方面：

1. 随着工业生产的发展，城市供水量的增长仍然跟不上发展的需要，因此，本工程项目对改善地区的水质及缓解供水矛盾、促进工业生产的发展有着重要影响。

2. 建立良好的投资环境，供水是先决条件。工程建成后，可增加江阴市对国内外投资者的吸引力。

3. 工程的建成后，改善了水质，有益于居民的身体健

康。综合财务评价和国民经济效益两项分析，在企业财务方面，如果收费价格定为 0.70 元/吨，则企业在财务上保本；如按测算价格 0.8 元/吨定价，则企业在财务上可获利 8125.96 万元。由于日常运行费用较大，制水成本较高，结合当地实际情况合理调整水费。

第十九章 结论和建议

19.1 结论

(1) 为了适应社会经济的发展，进一步提高供水水质，对小湾水厂进行改建，是必要和可行的。

(2) 按照“江阴市城市总体规划”“江阴市城市区域供水规划”，结合小湾水厂实际情况，建设 15 万 m³/d 常规处理工艺和 30 万 m³/d 深度处理工艺是可行的。

(3) 江阴小湾水厂深度处理改建工程实施后，可以进一步提高江阴主城区用水水质。

(4) 推荐的工程方案和工艺流程具有运行稳定、性能可靠、经验成熟等特点，符合国情和小湾水厂的实际情况。

(5) 本工程按近期工程内容投资估算为 38653.09 万元，其中工程建设费用 29643.45 万元。

综上所述，小湾水厂深度处理改建工程的建设方案，在经济上是合理的，在技术上是可行的。

19.2 建议

(1) 本工程征地范围内有民房拆迁，需及时开展拆迁等前期工作。

(2) 对净水厂用地进行测量和钻探。

(3) 继续进行臭氧活性炭工艺中试，为下一步设计提供参数。

(4) 尽快启动肖山、澄西水厂深度处理工程，确保同网同水。

(5) 建议进行水厂、管网优化调度，使现有的三个水厂协调供水，管网优化运行。