

微污染原水处理工艺设计及运行效果分析

舒玉芬



中国市政工程华北设计研究总院



1 目前国内部分地表水源水质现状

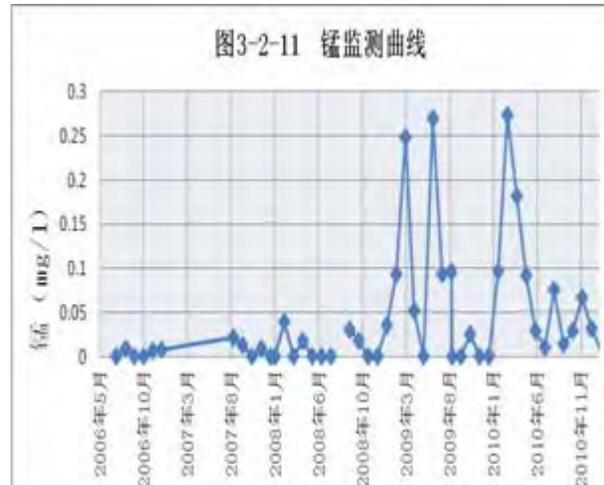
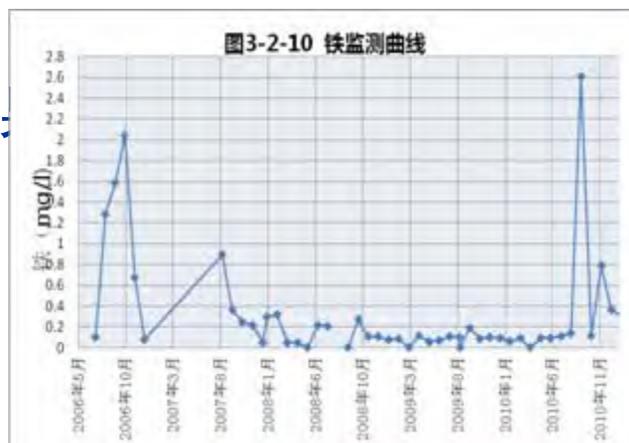
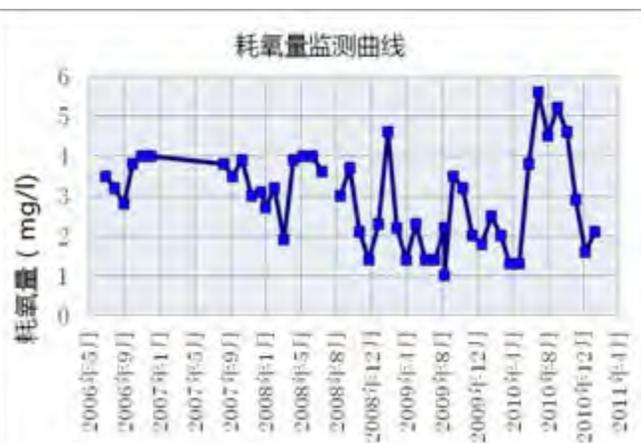
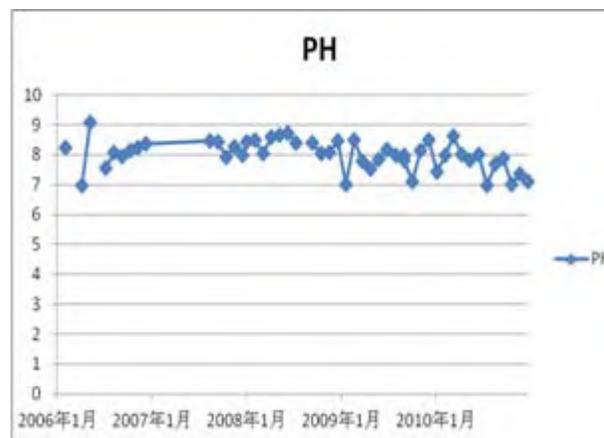
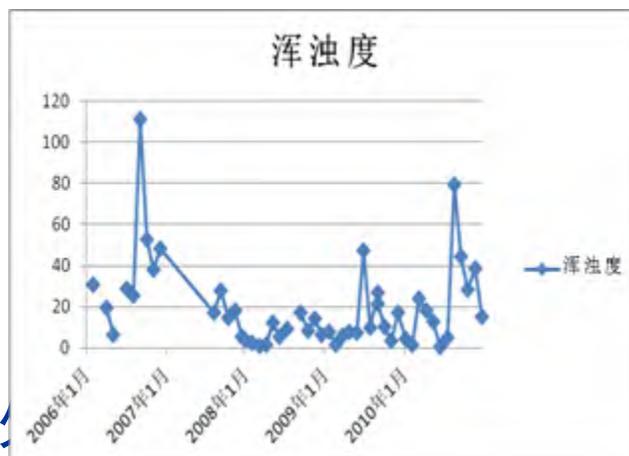
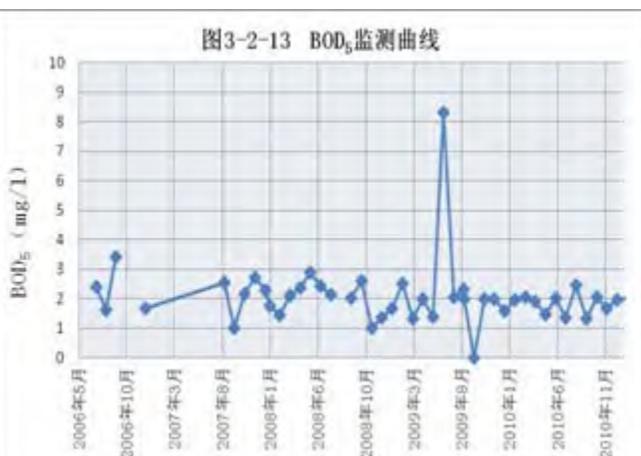
2 微污染原水处理工艺设计

3 实际运行效果分析

4 结论及建议

一、目前国内部分地表水源水质现状

(1) 东北某城市采用水库水的水质现状

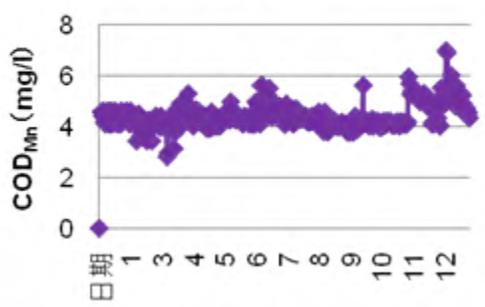


浊度变化幅度较大，低温低浊期很长；PH值较高，全年大部分时间大于8；耗氧量、铁、锰时有超标。

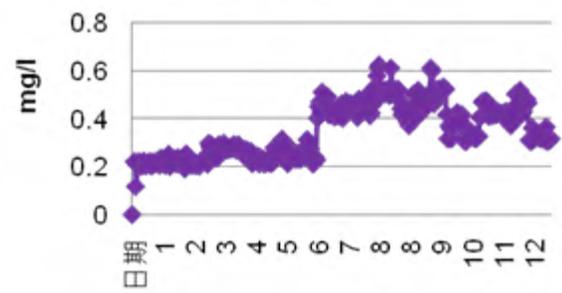
一、目前国内部分地表水源水质现状

(2) 华北某城市采用水库水的水质现状

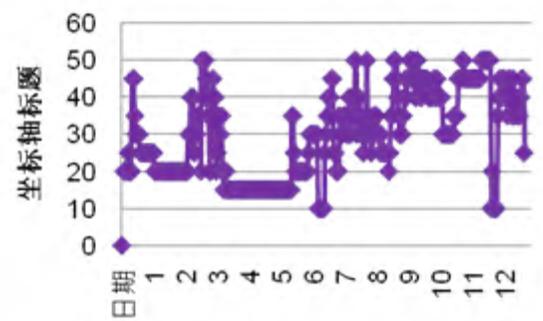
耗氧量



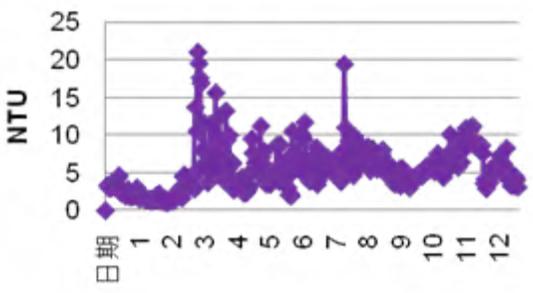
氨氮



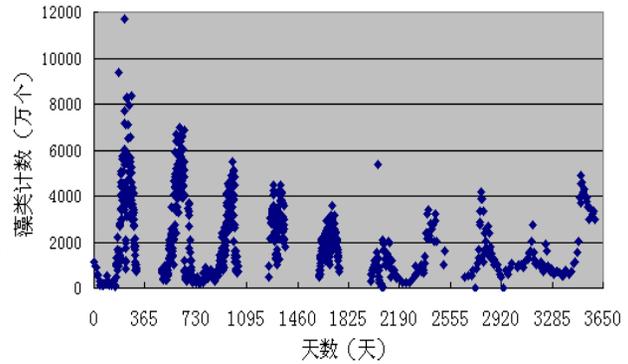
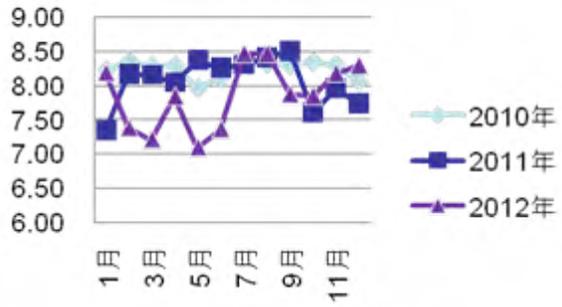
色度



浊度



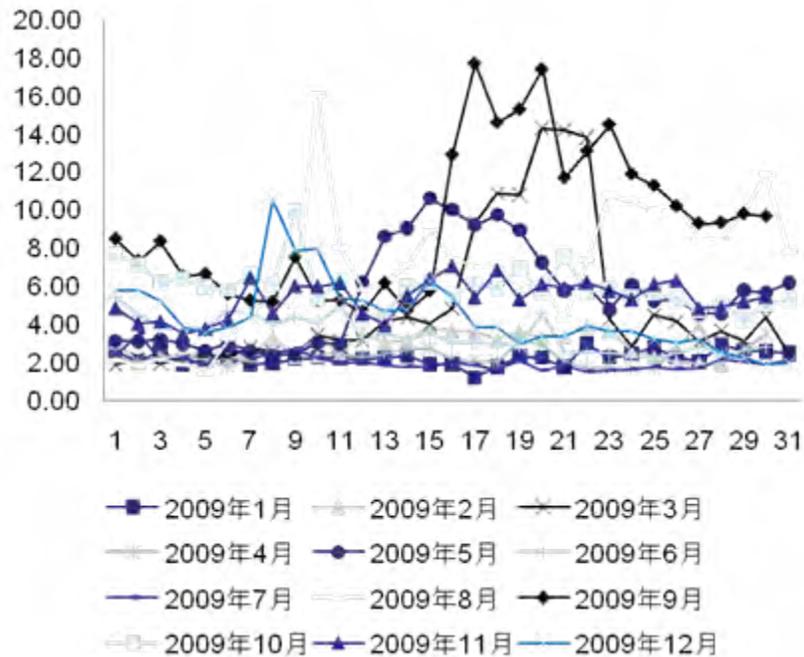
PH



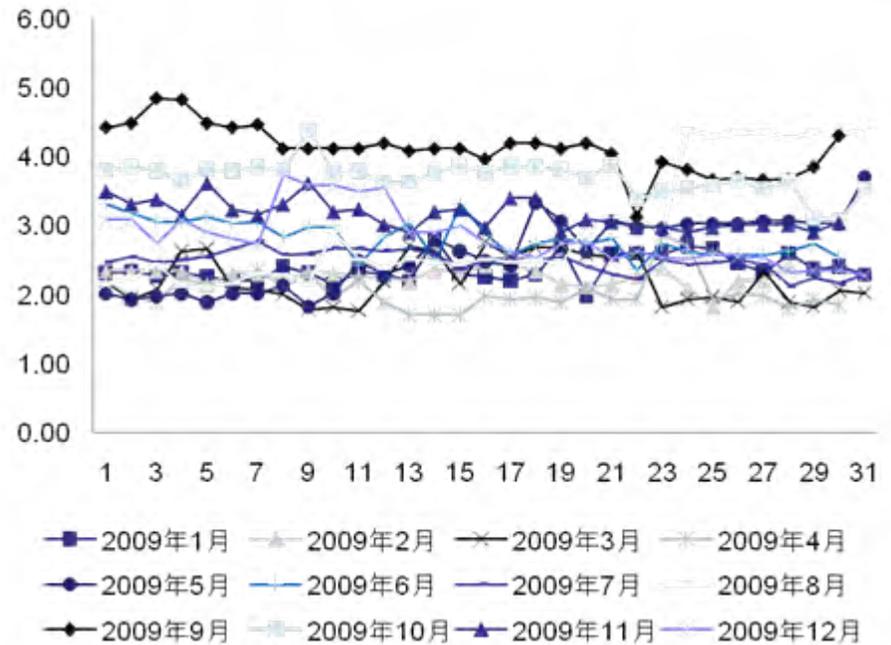
浊度不是很高，平均小于10NTU，低温低浊期很长；PH值较高，全年大部分时间大于8；氨氮较低；耗氧量时有超标，色度高，每年均发生藻类上千万个的高藻期。

一、目前国内部分地表水源水质现状

(3) 西北某城市采用水库水的水质现状



浊度

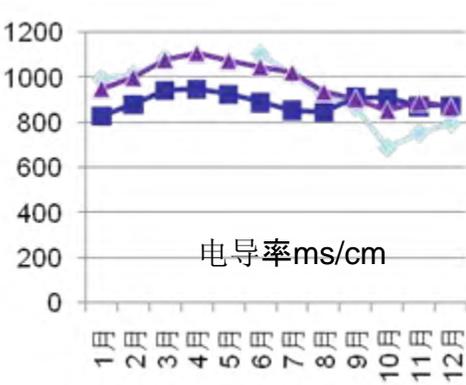
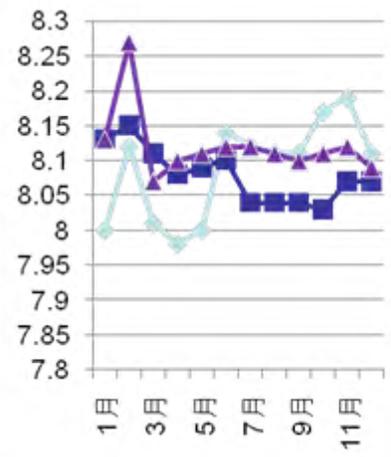
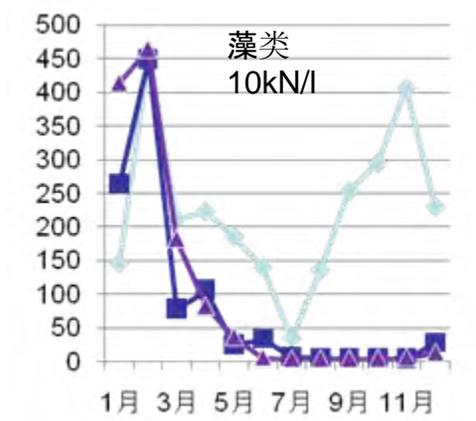
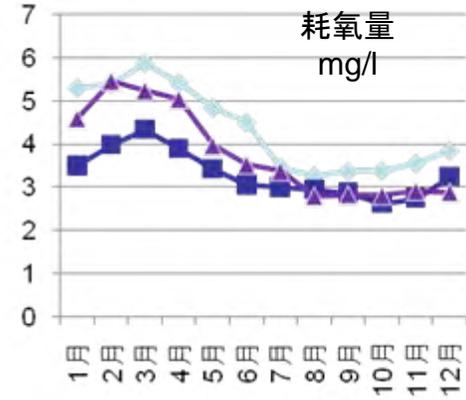
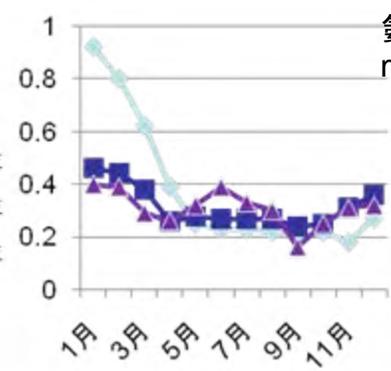
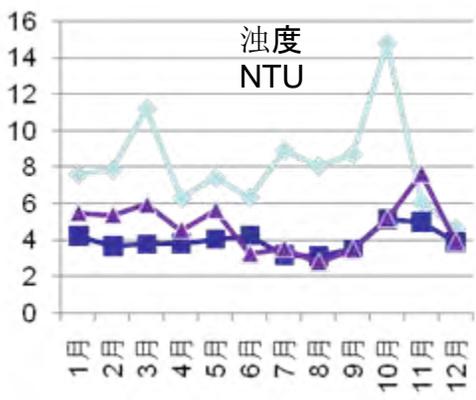


耗氧量

浊度不是很高，全年大部分时间低于10ntu，低温低浊期很长；氨氮、耗氧量等均不超标，水质较好。

一、目前国内部分地表水源水质现状

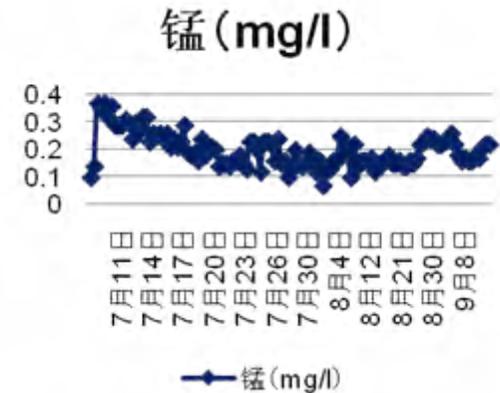
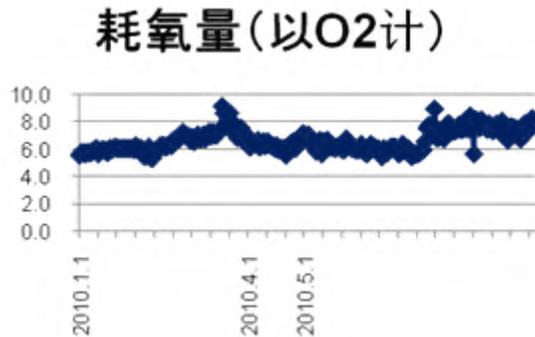
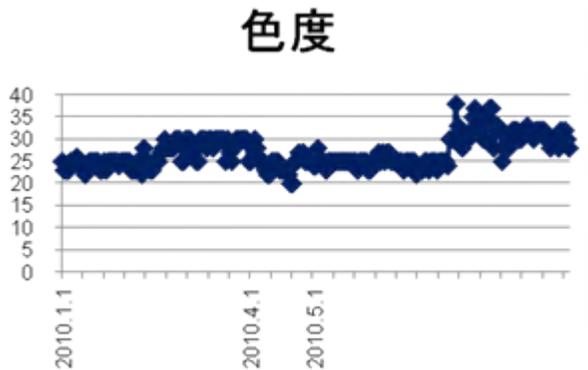
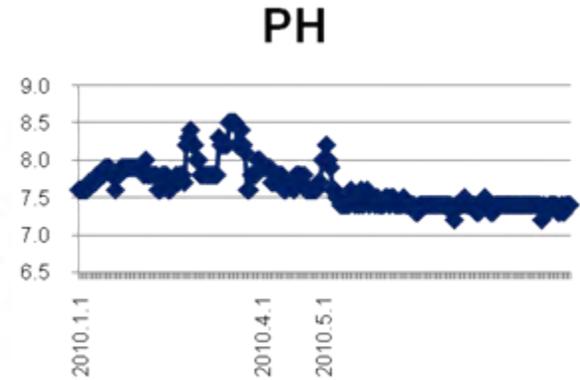
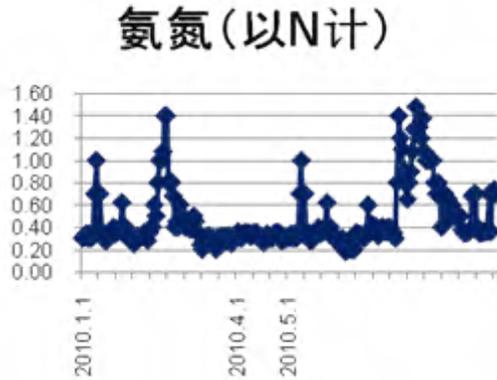
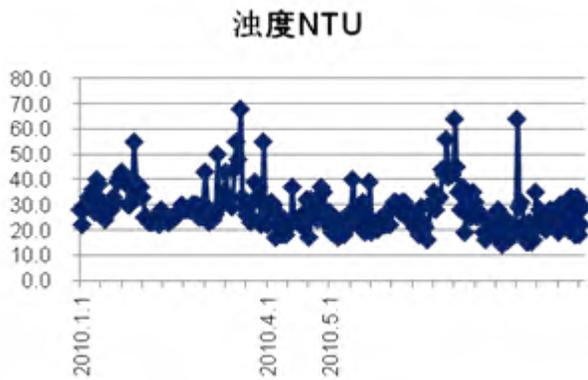
(4) 河南某城市采用黄河水预沉后的水质现状



浊度不是很高，平均小于10NTU，低温低浊期很长；PH值较高，全年大部分时间大于8；氨氮、耗氧量、电导率时有超标，每年均发生藻类几百万个的高藻期。

一、目前国内部分地表水源水质现状

(5) 江苏某城市采用内河水的水质现状



浊度较高, 平均大于30NTU; PH值变化较大, 全年大部分时间低于7.5; 氨氮超标几率较高; 耗氧量超标, 锰季节性超标, 色度高。

一、目前国内部分地表水源水质现状

小结：



1

不同地域地表水源水质差异很大



2

目前绝大部分地表水源存在有机微污染现象

二、微污染原水处理工艺设计

原水水质



项目	2003年			2004年		
	最大	最小	平均	最大	最小	平均
PH	7.4	6.9	7.1	7.4	7.0	7.1
色度	30	11	17	35	13	22
浊度 (NTU)	102.6	20.00	51.60	171.1	3.35	49.45
COD _{Mn} (mg/l)	8.62	4.02	5.49	7.29	1.88	5.27
氨氮(mg/l)	3.80	0.08	1.40	4.05	0.59	1.47
总铁(mg/l)	3.00	1.00	1.60	2.40	0.61	1.31
锰(mg/l)	0.330	0.184	0.280	0.296	0.175	0.228

进水设计值

氨氮3mg/l

保证率>95% (0~1mg/l占39.2%, 1~2mg/l占45.9%, 2~3mg/l占11.7%, 3mg/l以上占3.2%)

二、微污染原水处理工艺设计

工程的主要技术需求、难点或重点

有机污染

原水氨氮、耗氧量等水质指标不符合地表水Ⅲ类水体标准，也不符合集中式供水水源水质标准

突发性污染

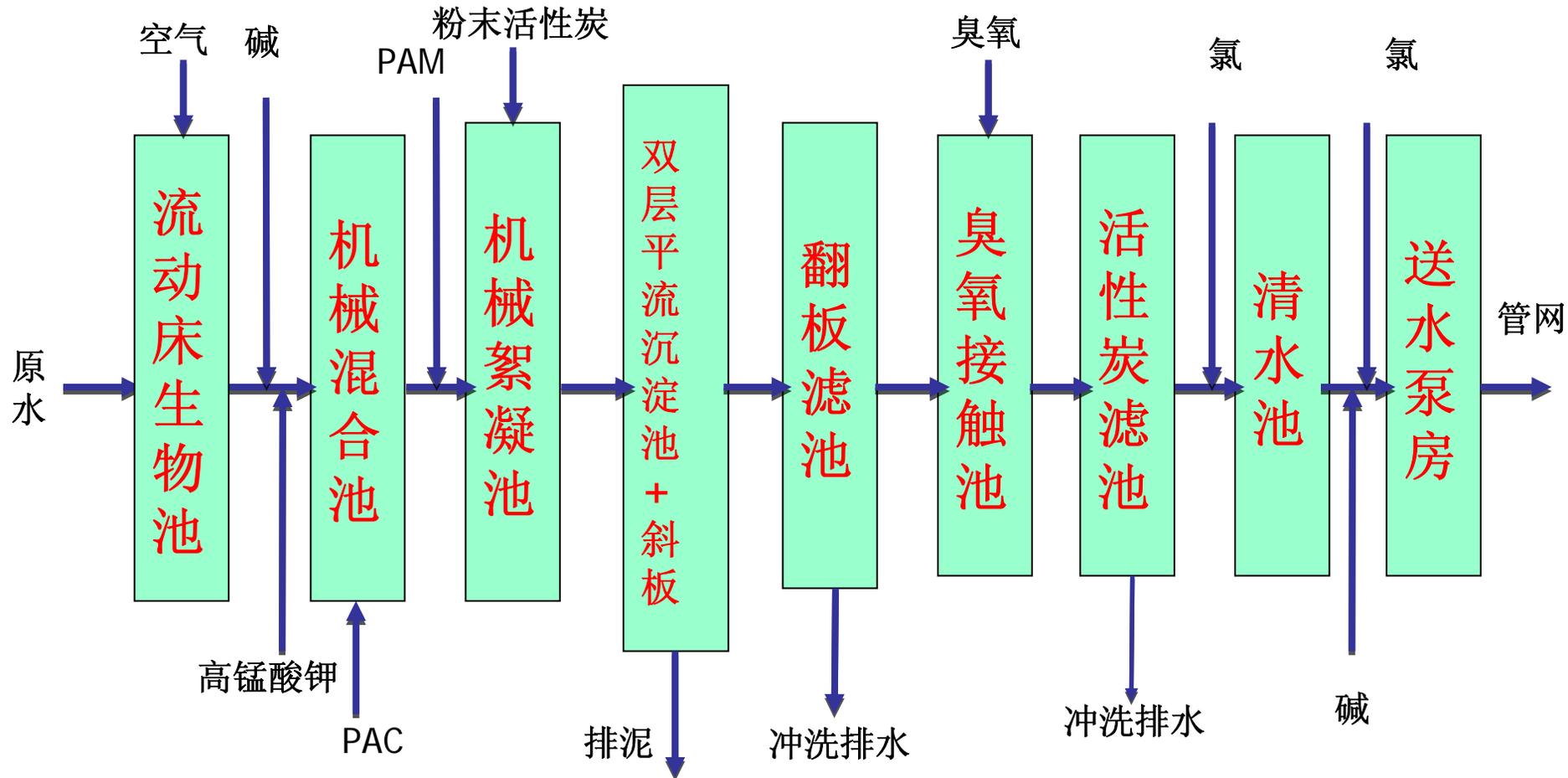
大运河还存在突发性运输事故导致的水质污染等问题

出水标准高

满足《生活饮用水卫生标准》GB5749-2006，同时还要满足浙江省现代化水厂的水质要求。

二、微污染原水处理工艺设计

运河水厂净水工艺流程



二、微污染原水处理工艺设计

工艺选择的主要技术特点

生物预处理

为降低氨氮增加生物预处理工艺。采用MBBR生物接触氧化预处理工艺，该工艺池子构造简单，无复杂的设备和安装框架，填料随反应器中的水团在整个反应器中流动（或悬浮），利用水流的剪力可以使填料表面老化的生物膜自动脱落，不需进行冲洗，同时反应器内不会发生积泥，故不需设置排泥设施，运行操作非常简便。

强化常规处理

- 1、选用机械搅拌混合絮凝池，在配上无级变速传动装置后可以根据原水情况调整搅拌转数，使絮凝达到最佳状态。
- 2、采用双层平流式沉淀池，并在池末端加设波纹斜板，利用浅池理论，在保证水力停留时间的基础上缩短池长。同时由于双层池的池深较高，为后续的深度处理留出了必须的水头，不用中间提升
- 3、砂滤池按翻板滤池池型设计，采用双层均粒滤料，上层为陶粒，下层为均粒石英砂。
- 4、加药间设置多种助、混凝剂等药剂的投加功能，可视原水水质灵活投加，并设粉炭投加装置等应急措施。

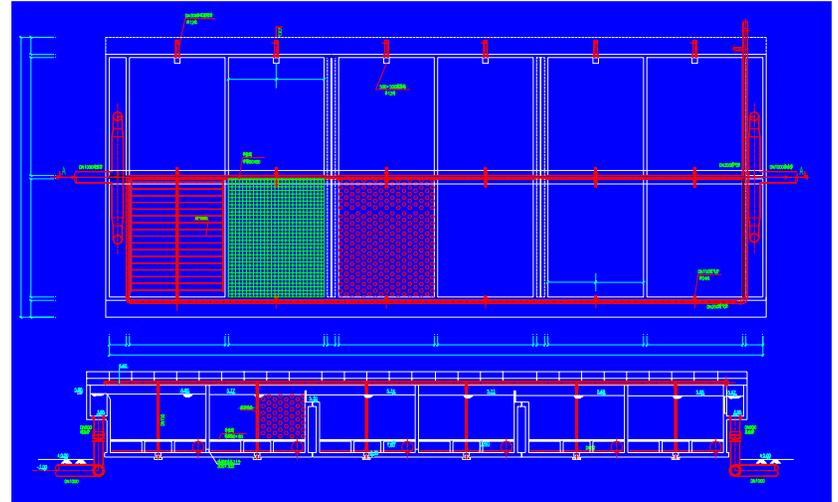
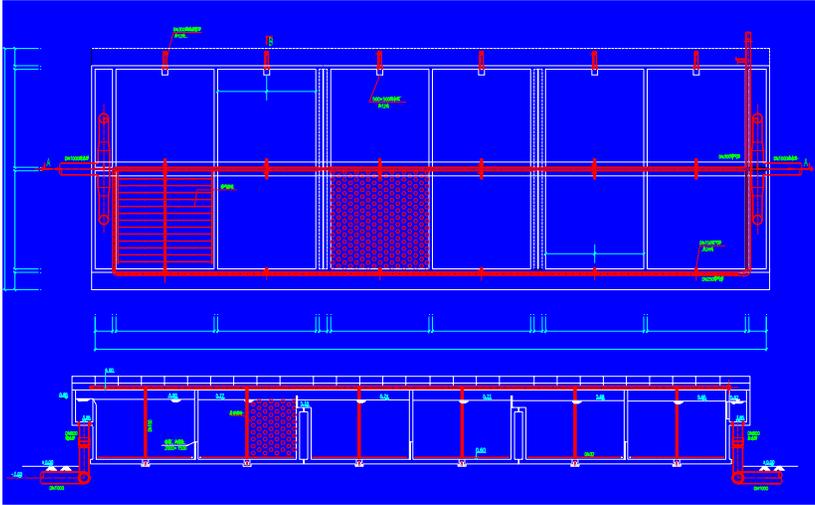
深度处理

采用臭氧—生物活性炭法并针对以往活性炭池运行中跑炭现象，和微生物泄漏问题在深度处理工艺选择时，采用翻板滤池池型，利用其反冲洗的间歇式，减少跑炭现象，在炭层下增加了0.3m厚的细石英砂层。

二、微污染原水处理工艺设计

生物预处理设计

流动床生物池方案比较图



二、微污染原水处理工艺设计

项目	方案	方案一	方案二	方案三
检修层		无	有	无
排泥设施		无	无	无
单格有效平面尺寸 (m)		8.5×51	10.5×51	8.5×34
池总深 (m)		5.20	5.20	5.20
有效水深 (m)		5.0	4.0	5.0
水力停留时间 (h)		1.37	1.46	0.92
填料直径 / 比表面积		100/100	100 / 100	25 / 500
处理效率		66.7%	66.7%	>80%
水下曝气器形式		不锈钢穿孔管	塑料穿孔管	鸭咀曝气器
鼓风机风压 / 功率		6m / 132kw·台	6m / 132kw·台	6m / 90kw·台

二、微污染原水处理工艺设计

生物预处理设计

池型选择:

采用MBBR生物接触氧化工艺, 该工艺池子构造简单, 无复杂的设备和安装框架, 填料随反应器中的水团在整个反应器中流动(或悬浮), 利用水流的剪力可以使填料表面老化的生物膜自动脱落, 不需进行冲洗, 同时反应器内不会发生积泥, 故不需设置排泥设施, 运行操作非常简便。

方案比较:

方案一、
悬浮填料采用直径 100mm球形
不设检修层;
方案二、
悬浮填料采用直径 100mm球形
设检修层;
方案三、
悬浮填料采用直径 25mm柱形
不设检修层;

主要设计参数:

设计进水氨氮	3 mg/L
设计出水氨氮	<1mg/L
去除效率	80%
设计水温	10 °C
硝化速率为	0.56 g/m ² d
停留时间为	50min
填料直径	25mm 柱形填料
填料比表面积	500 m ² /m ³
填料填充率	50%
气水比	1~0.5:1

二、微污染原水处理工艺设计



常规处理工艺设计

主要设计参数:

机械混合池:混合时间50s;设搅拌器2套,混合均匀度>90%。

机械絮凝池:共2座,每座分为6格,单格尺寸为5.95 m×5.95 m×5.4 m(H)。

絮凝时间 $T=20$ min,分三档,一区 $G=50\sim60\text{ s}^{-1}$;二区 $G=25\sim35\text{ s}^{-1}$;三区 $G=12\sim15\text{ s}^{-1}$ 。

沉淀池:共设两池,沉淀池平面尺寸 $L\times B=64\text{ m}\times 16.25\text{ m}$ 。前段平流部分为并联双层设置,平流段沉淀时间 $T=1\text{ h}$,水平流速 $v=12.4\text{ m m/s}$,上、下层有效水深均为2.5 m;在后段出水端增设异向流波纹斜板,斜板倾斜角度为 60° ,板水平间距40 mm,斜板区的水力停留时间为6 min。

翻板滤池:共10池。单格过滤面积为 90 m^2 ,滤速:设计滤速 7.29 m/h ,

冲洗强度:气冲洗强度 $60\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,水冲洗强度 $57\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

滤料上层为陶粒,粒径 $1.6\sim 2.5\text{ mm}$,厚度0.7m;

下层为均粒石英砂,粒径 $0.7\sim 1.2\text{ mm}$,厚度0.8m。

二、微污染原水处理工艺设计

深度处理工艺设计



主要设计参数:

臭氧接触池:接触时间 $t=18\text{min}$;投加量 $2\sim 3\text{ mg/L}$,各段投加比例 $2:1:1$ 。

以液氧为气源,近期设置2台产量为 10 kg/h (10 Wt\%)的臭氧发生器。

活性炭吸附池:采用 8×20 目破碎活性炭、碳层厚度为 1.7 m 、接触时间 14min ;

翻板池型,设计滤速 7.29m/h ,单格过滤面积为 90m^2 , (平面尺寸 $12\text{m}\times 7.5\text{m}$)。

下层为均粒石英砂,粒径 $0.6\sim 1.0\text{mm}$,厚度 0.3m 。

运行周期约 $4\sim 6\text{d}$;气冲洗强度 $60\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,水冲洗强度 $37\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

三、实际运行分析

主要内容：



1 水厂全年进厂原水水质变化情况

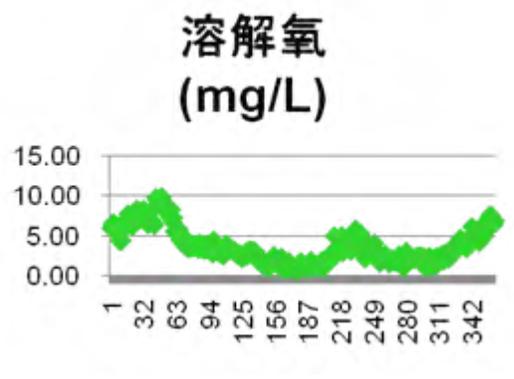
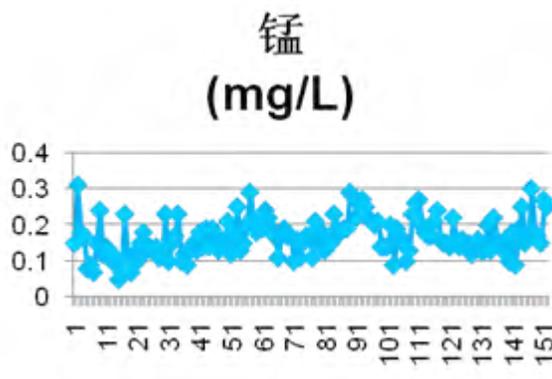
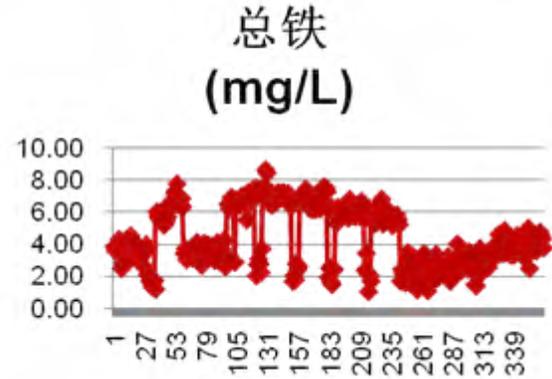
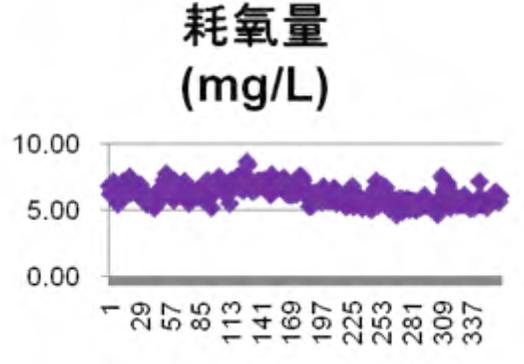
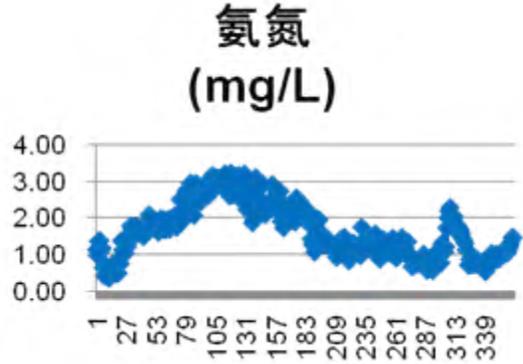
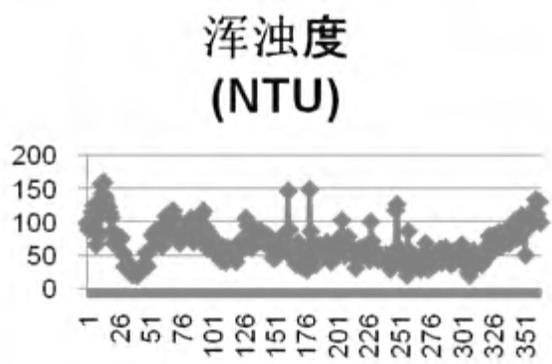
2 生物预处理效果分析

3 常规处理对有机污染物的去除效果分析

4 深度处理效果分析

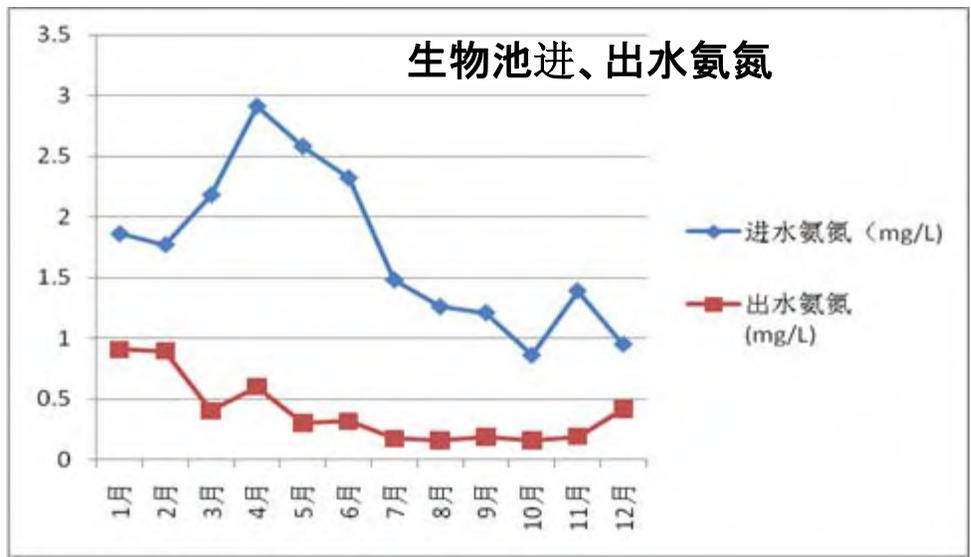
5 水厂进出水部分水质指标对比

三、实际运行分析（1、水厂全年进厂原水水质变化情况）



项目	PH	温度(°C)	浊度 (NTU)	氨氮 (mg/L)	耗氧量 (mg/L)	总铁 (mg/L)	锰 (mg/L)	溶解氧 (mg/L)	色度 (度)
平均值	7.31		66.25	1.65	6.19	4.41	0.24	3.59	25
最大值	7.63	33.5	160	3.24	8.65	8.65	0.64	9.76	27
最小值	7	2	20	0.36	4.64	1	0.05	0.54	20

三、实际运行分析（2、生物预处理效果分析）



实际运行参数:

生物池分为三格推流式，
单格为完全混合式。
填料直径 25mm 柱形填料
填料比表面积 <400 m2/m3
填料填充率 35%
气水比 ~ 1:1

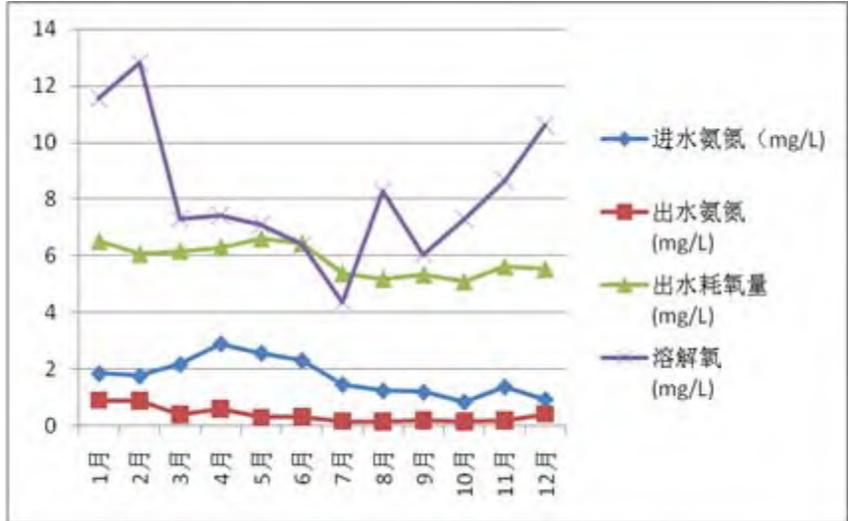
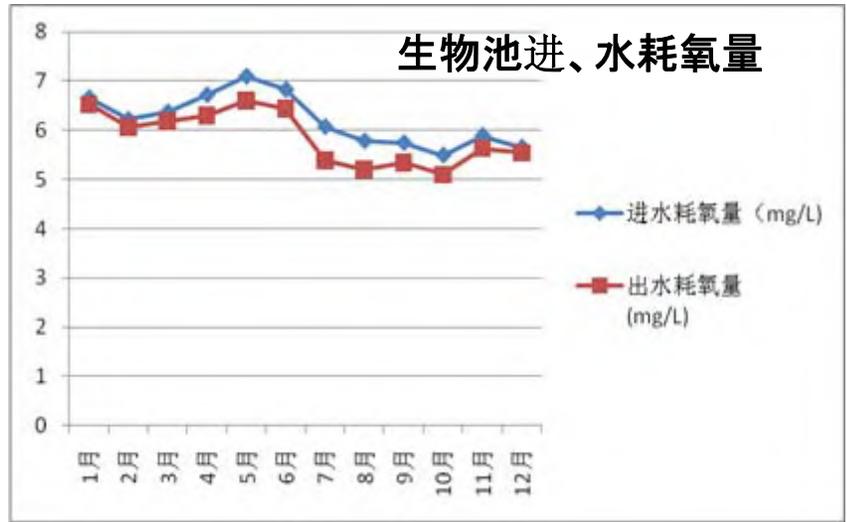
生物池运行中测定的有关数据

	SS (mg/L)	VSS (mg/L)	VSS占SS 的百分比	生物总 量(kg)	溶解氧 (mg/L)	悬浮球 比重
源水					3.01	
第一格	10254	2241	21.9%	377.9	2.85	0.988
第二格	6969	1650	23.7%	278.2	4.57	0.965
第三格	5016	1466	29.2%	247.2	6.20	0.936

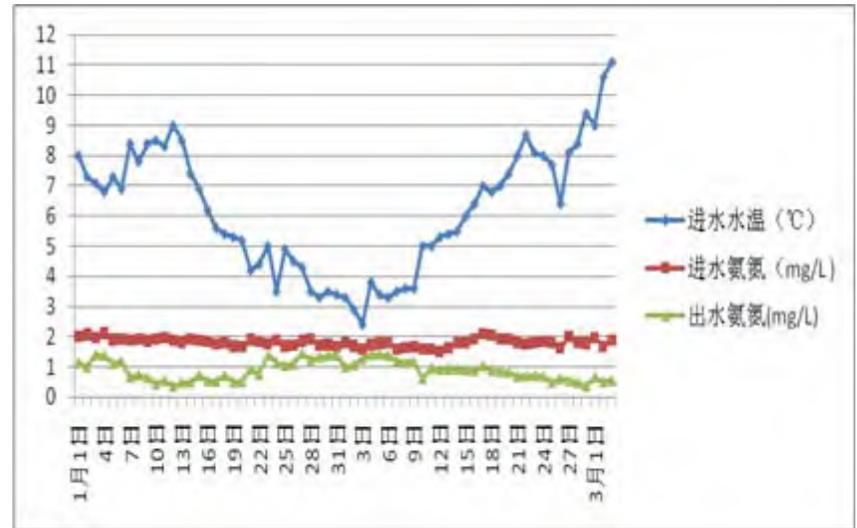
生物池对原水中氨氮去除率较好、氨氮去除率为49.2%~88.4%。(去除率均为各池的进出水水质对比)

三、实际运行分析（2、生物预处理效果分析）

生物池对原水中耗氧量的去除效果不明显。溶解氧浓度的高低对氨氮去除的影响不大，生物池出水中溶解氧浓度较高，说明生物池的曝气量大于生物需氧量。原水水温对氨氮去除的影响很大，生物池在原水水温低于4度时氨氮去除率较低。



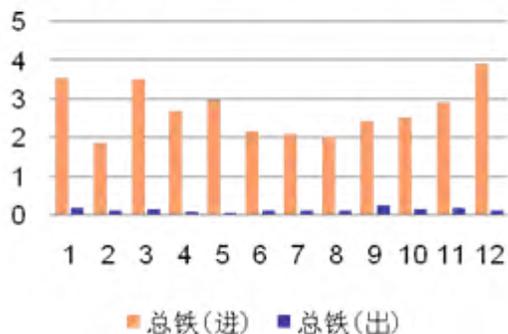
进出水氨氮、耗氧量、溶解氧浓度



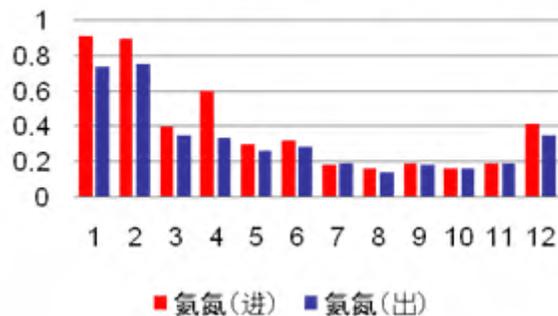
进水温度与出水氨氮关系图

三、实际运行分析(3、常规处理对有机污染物的去除效果分析)

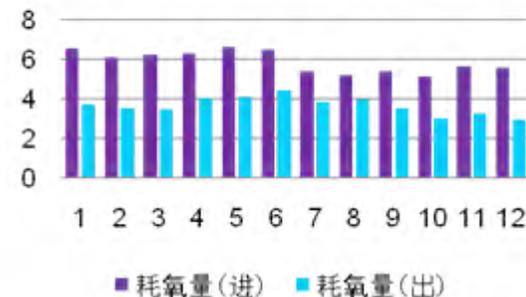
沉淀池进出水总铁



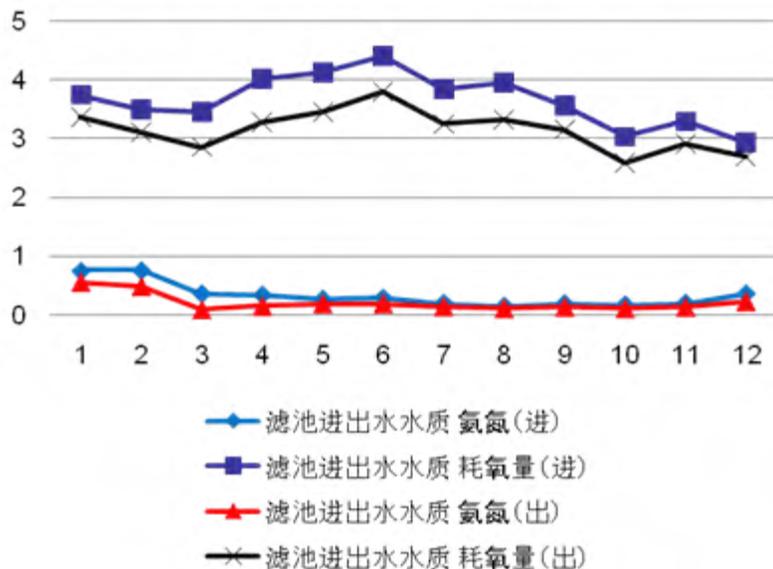
沉淀池进出水氨氮



沉淀池进出水耗氧量



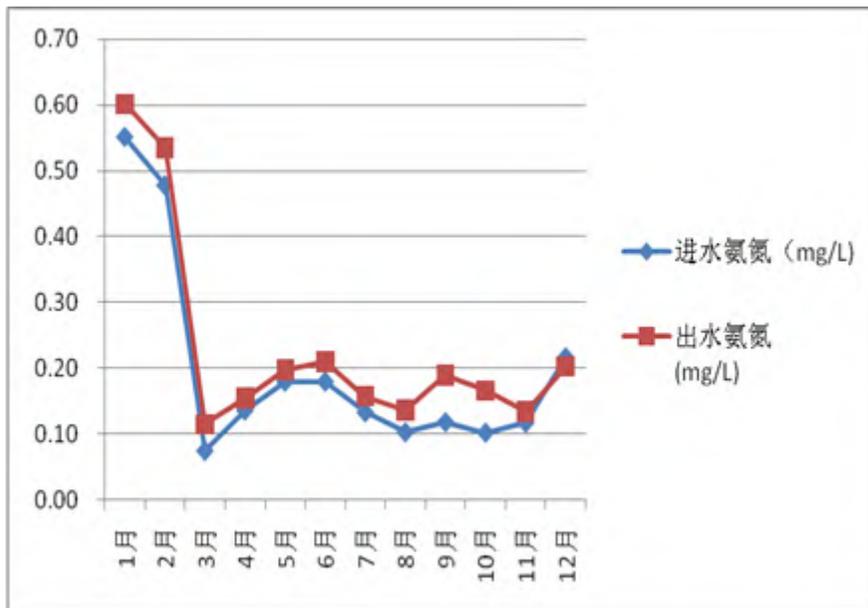
滤池进出水氨氮、耗氧量



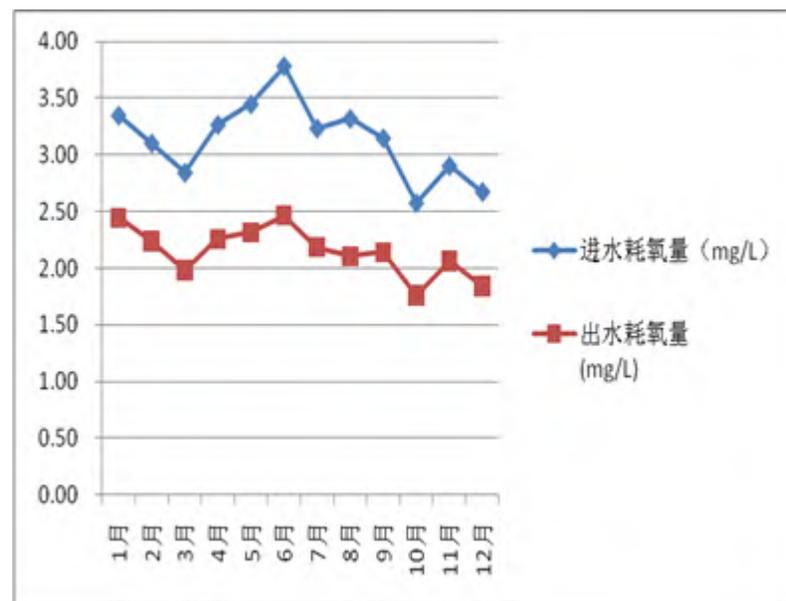
沉淀池对进水中氨氮去除率较低;对耗氧量的去除效果较明显,去除率最低为24%,最高为47%,年平均去除率为38%,主要原因是随浊度的去除耗氧量也明显降低;沉淀池进水中总铁浓度与进水浊度成正比关系,经过生物预处理后沉淀池对总铁去除效果较明显,年平均去除率达94%,最高去除率为97%。

砂滤池对进水中氨氮去除率较高,年平均去除率为39%,对耗氧量的去除率较低,年平均去除率为14%。

三、实际运行分析（4、深度处理效果分析）



接触池进、出水氨氮浓关系图

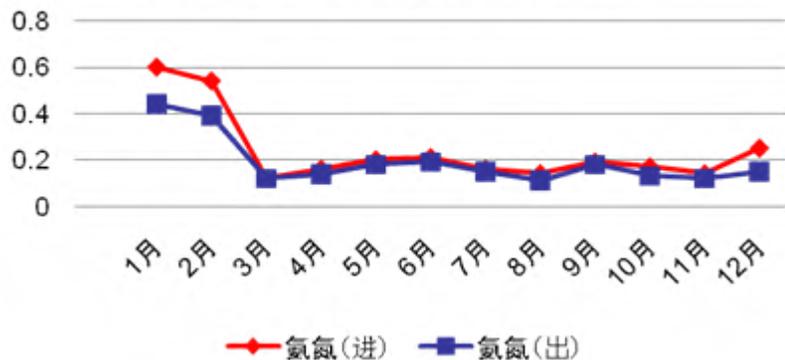


接触池进、出水耗氧量浓度关系图

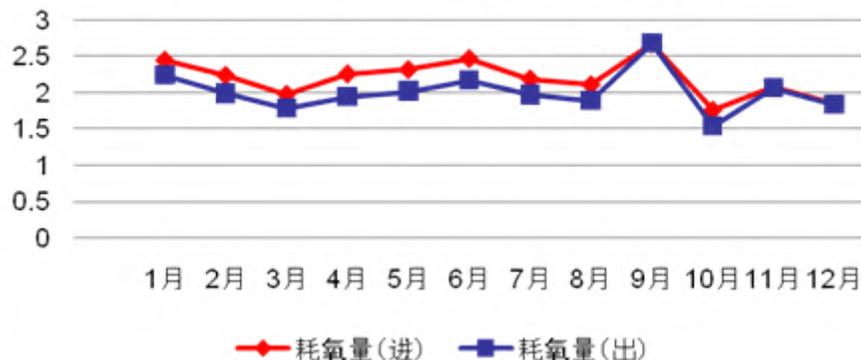
投加臭氧后，接触池内出水中氨氮浓度反而较砂滤池出水浓度略高，分析其原因主要是由于有机氮在臭氧作用下转化成氨氮所致。臭氧氧化对进水中耗氧量有一定的去除效果。

三、实际运行分析（4、深度处理效果分析）

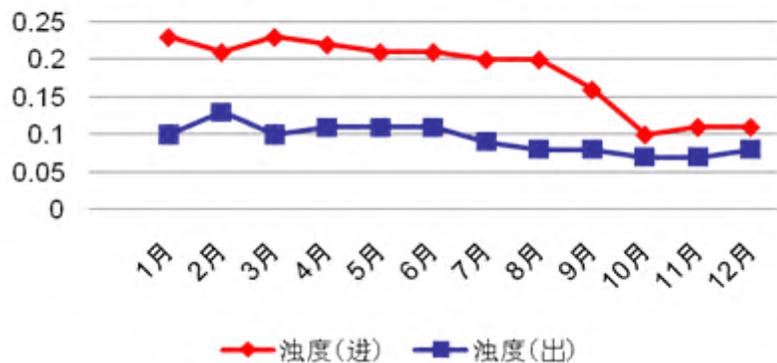
活性炭池进出水氨氮关系图



活性炭池进出水耗氧量关系图



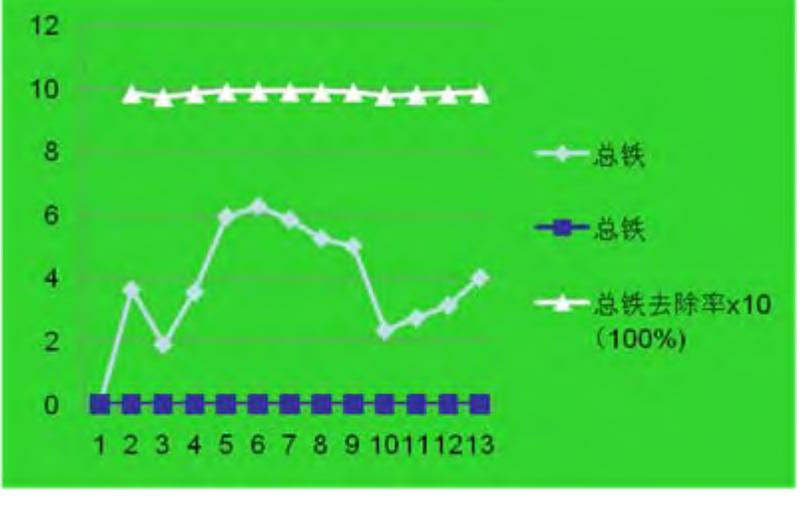
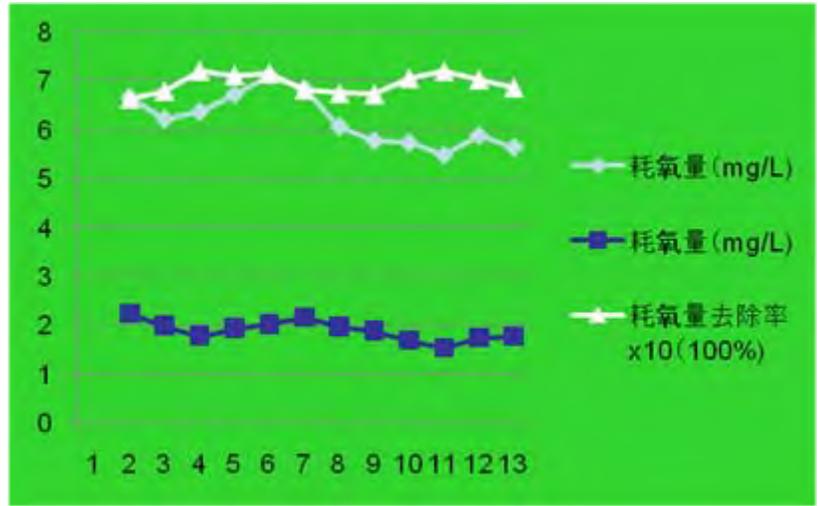
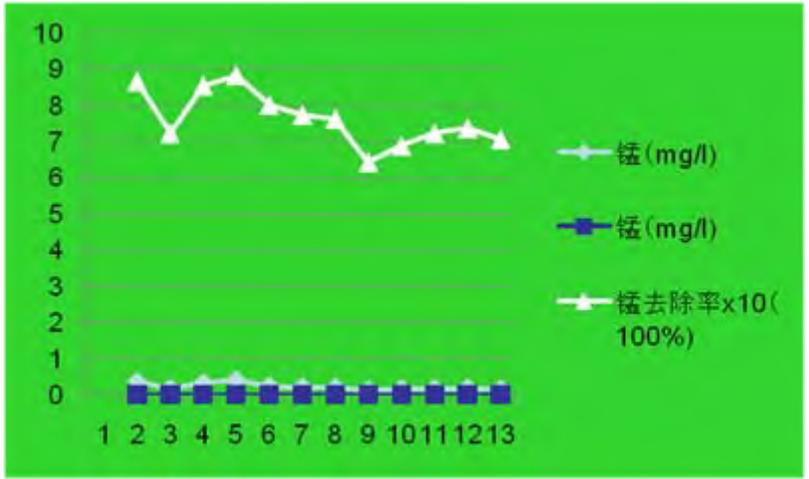
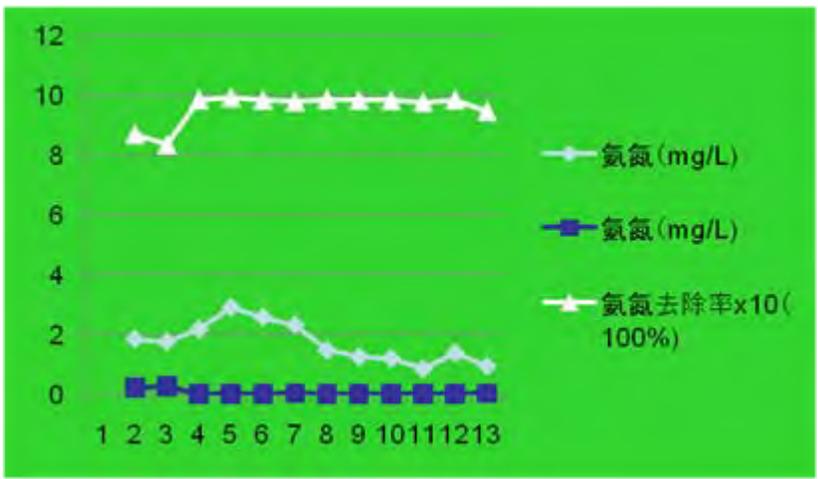
活性炭池进出水浊度关系图



活性炭池对氨氮和耗氧量有一定的去除作用，但去除率不高，氨氮年平均去除率为15%，耗氧量年平均去除率8.5%。

在炭层下增加细石英砂滤料，可以进一步降低出水浊度。

三、实际运行分析（5、水厂进出水部分水质指标对比）



三、实际运行分析（5、水厂进出水部分水质指标对比）

运行结果水厂出水水质达到了标准要求。

2008年进水水质主要指标汇总表(月平均值)								2008年出水水质主要指标汇总表(月平均值)							总去除效率(%)			
日期	PH	温度 ℃	浊度 (NTU)	氨氮 mg/L	耗氧量 mg/L	总铁 mg/L	锰 mg/l	溶解 氧 mg/L	浊度 (NTU)	氨氮 mg/L	耗氧量 mg/L	总铁 mg/L	锰 (mg/l)	溶解氧 mg/L	氨氮 mg/L	耗氧量 mg/L	总铁 mg/L	锰 mg/l
1月	7.26	6.1	101	1.86	6.66	3.63	0.37	6.54	0.09	0.24	2.24	<0.05	<0.05	10.58	87(76)	66	99	87
2月	7.4	5.8	46	1.77	6.22	1.9	0.18	7.98	0.13	0.29	1.99	<0.05	<0.05	12.66	84(78)	68	97	72
3月	7.19	13.4	89	2.18	6.37	3.55	0.34	4.19	0.09	0.03	1.78	<0.05	<0.05	9.52	99(94)	72	99	85
4月	7.2	17.8	67	2.91	6.72	5.94	0.42	3.21	0.09	0.02	1.94	<0.05	<0.05	7.77	99(95)	71	99	88
5月	7.3	24.4	74	2.58	7.1	6.26	0.25	2.3	0.09	0.04	2.02	<0.05	<0.05	7.07	98(93)	72	99	80
6月	7.3	25.6	62	2.32	6.83	5.84	0.22	1.34	0.1	0.05	2.17	<0.05	<0.05	6.2	98(92)	68	99	77
7月	7.3	31.5	59	1.48	6.07	5.25	0.21	1.5	0.09	0.02	1.97	<0.05	<0.05	6.04	99(90)	68	99	76
8月	7.3	30.9	54	1.26	5.78	5.01	0.14	3.61	0.08	0.02	1.89	<0.05	<0.05	8.16	98(91)	67	99	64
9月	7.3	27.4	49	1.21	5.74	2.34	0.16	2.33	0.08	0.02	1.69	<0.05	<0.05	6.94	98(85)	71	98	68
10月	7.4	23.6	49	0.86	5.49	2.73	0.18	2.06	0.07	0.02	1.54	<0.05	<0.05	6.06	98(85)	72	98	72
11月	7.1	16.2	53	1.39	5.89	3.13	0.19	2.76	0.07	0.02	1.75	<0.05	<0.05	7.32	99(91)	70	98	74
12月	7.4	9.6	95	0.95	5.65	4.01	0.17	5.35	0.08	0.05	1.77	<0.05	<0.05	9	95(80)	69	99	71

四、结论及建议

结论

- (1) 采用生物预处理+强化常规处理+深度处理工艺，可有效去除原水中的有机污染物。
- (2) 通过对水厂各处理工段的分析，每个处理构筑物对于不同污染物的去除具有各不相同的侧重点，因此对于微污染原水的处理，不能仅依靠某一个处理工段来完成，要靠全流程所有构筑物的共同作用才能达到理想效果。

四、结论及建议

存在问题及建议



①生物池采用7米压力风冷罗茨风机，因风压高引起的噪音较大，今后设计中须在消音方面多加考虑。

生物池的进、出水口栅条应结合原水的特点，在考虑拦截填料和防止填料的堆积基础上尽量设计成便于清理维护型。

填料的选择除表面积和流化性以外，还应考虑填料的强度、脆性和抗紫外线老化等问题。

②在浊度较高的水处理中，沉淀池采用往复式刮泥机时应充分考虑液压装置的拉力及三角支撑架的强度，并防止刮泥机对污泥的扰动。

③在南方地区，由于光照强烈，沉淀池出水槽区域和砂滤池应考虑遮阳防藻。

④翻板滤池反冲洗出来的泡沫容易挂在池壁上，反冲洗排水时也不能排出，今后应进一步优化设计。



谢 谢!