



成都绿水科技有限公司

# 焦化废水处理系统 纯氧曝气的研究与应用

项目试验报告

成都绿水科技有限公司

2006年1月12日



# 目录

一、项目试验的依据 .....	1
二、项目试验的内容 .....	1
三、项目试验过程说明 .....	1
四、动力效率测试计算 .....	5
五、试验定性观察的内容 .....	8
六、经济性比较分析 .....	15
七、建议 .....	16
八、结论 .....	16



## 一、项目试验的依据

本项目根据重庆钢铁股份有限公司与成都绿水科技有限公司签定的“焦化污水处理系统纯氧曝气技术研究与应用”《技术开发合同书》进行。

## 二、项目试验的内容

1. 根据重庆钢铁股份有限公司焦化厂与成都绿水科技发展有限公司签定的“焦化污水处理系统纯氧曝气技术研究与应用”《技术协议》，本项目内容及技术指标为：

- ※ 引进 GWQ 氧扩散器，该设备在不需停止水处理运行的情况下就可以检修维护；
- ※ 采用纯氧取代空气作为有机物降解需氧源；
- ※ GWQ 氧扩散器动力效率： $\geq 4.63\text{kg/kwh}$ ；

2. 在实际试验过程中，除上述内容外，还增加了以下定性观察内容：

- ※ 溶解氧能否在现有空气法的基础上提高；
- ※ 目前 GWQ 设备供氧能力能否满足处理全系统水量的需要；
- ※ 采用 GWQ 氧扩散器进行纯氧曝气，能否在负荷波动时，提供操作弹性，稳定出水水质；
- ※ 表面泡沫形成情况；

## 三、项目试验过程说明

### 1、试验设备

本次试验采用的设备由（1）氧气扩散设备，（2）氧气供应设备，（3）供氧控制设备，（4）供氧管道 和（5）设备启动柜组成。

#### （1）氧气扩散设备

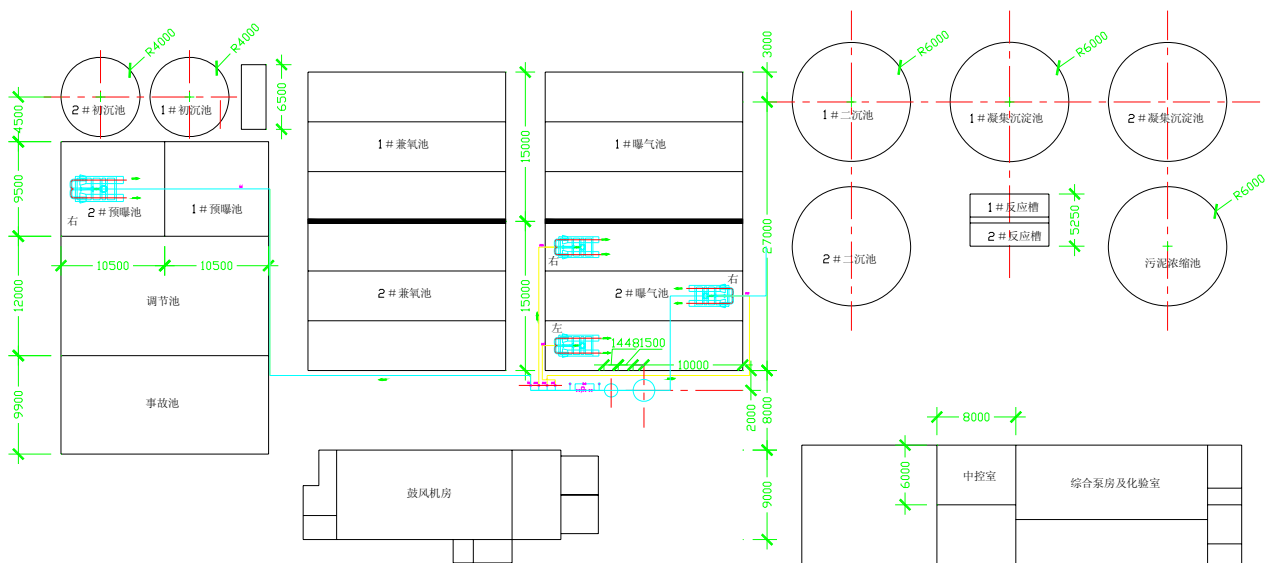
氧气扩散设备为一台GWQ—O<sub>2</sub>—1200扩散器和三台GWQ—O<sub>2</sub>—400扩散器。其在设计条件下的性能参数见表一，试验安装布置方式见图一。



表1 设计点条件下的性能参数

型号	充氧能力 (kgO <sub>2</sub> /h)	氧传递效率 (%)	动力效率 (kgO <sub>2</sub> /kw)	装机功率 (kw)
GWQ-O <sub>2</sub> -1200	109	≥65	5.78	22
GWQ-O <sub>2</sub> -400	30	≥70	5.20	7.5

图1 GWQ 扩散器布置图



GWQ扩散器系统平面布置图

## (2) 氧气供应设备

氧气供应设备由一台水容积5立方米,工作压力4MPa低温液氧储罐,水浴式蒸汽加热紫铜盘管汽化器和氧气调压阀组组成,氧气储存量4000气态NM<sup>3</sup>,最大氧气供应能力200NM<sup>3</sup>/h。

## (3) 供氧控制设备

供氧控制在一台氧气汇流排上集中手动操作。每一台氧气扩散器对应配置独立的氧气流量计和压力表。每一台扩散器的供氧量可在各自按氧气标定的流量计上读出。

## (4) 供氧管道

因本项目的试验性质,采用橡胶软管作为输氧管道。考虑到软管的阻力会比硬管大,对GWQ-O<sub>2</sub>-1200采用DN40管径,对GWQ-O<sub>2</sub>-400采用DN25管径。

为保证安全,根据氧气的性质,设备(2)、(3)、(4)都进行了严格的清洗脱脂处理。

### (5) 设备启动柜

设备启动柜与氧气汇流排做成一个整体撬装结构。每台扩散器可以独立启动。

## 2、试验分析和数据采集

由于本次试验的目的在于验证氧气扩散器的充氧和传递氧性能以及不停水检修的可能性,本试验的数据采集作重于各台扩散器充氧量及其对应的水量和溶解氧数据方面。水质数据分析采用现行方式不变,未增加新的分析点,只能作为定性分析所用。由于预曝池溶解氧在计算机上的显示不准,数据在池边在线溶解氧仪上采集。

## 3、设备的安装

供氧设备、氧气汇流排和启动柜就位后,铺设氧气软管,GWQ氧气扩散器用吊车吊入污水池中,四台氧气扩散器用时2~3小时即可安装就位。参见图2。

由于缺乏曝气管布置数据,对扩散器安装难于准确定位,在四次吊装和其后的五次检修改进吊装过程中,发生了两次压到曝气管事件。

在以上过程中,验证了一台设备的安装可以做到在半小时内完成,并且不影响其他设备和水处理过程的运行。

图2 GWQ扩散器吊装图



#### 4、试验过程

设备安装并进行空气吸入试运转后,于2005年12月2日14点开始进行纯氧充氧试验。由于在吊装过程中有空气曝气管被压坏,原来预计7天的充氧性能试验供氧延长至2005年12月28日结束。

##### (1) 预曝池

预曝池中安装一台GWQ-O2-1200扩散器。启动后即进行动力效率观察记录,当供氧量调整至50M<sup>3</sup>/h(71.5kg/h),溶解氧从低于0.2mg/l很快(5分钟)上升到9.3mg/l。因工艺只需2mg/l的溶解氧,故将供氧量下调到18~22M<sup>3</sup>/h范围内。该设备未经任何改进,正常运行至供氧试验结束,期间处理平均水量经历了50、60、90、130M<sup>3</sup>/h各个阶段,溶解氧始终可以维持在所需的2mg/l。同时,能提供很好的水力搅拌效果,整个水池泡沫较空气曝气池少。见图3。

图3 预曝池纯氧曝气表面流态(左前为1#空气预曝池)



##### (2) 好氧池

好氧池中安装有三台GWQ-O2-400扩散器。各自布置在首尾相连的三个曝气廊道首端。由于需氧量从1、2、3个廊道依次递减,动力效率观察记录放在第一廊道的扩散器上。当三台设备同时运行,停止空气供应时,第一廊道扩散器的供氧量读数为18M<sup>3</sup>/h,此时水量为65M<sup>3</sup>/h,溶解氧在4.5~5.7mg/l之间。

因好氧池较长(20M),原设计增效喷嘴没有能提供沿整个池长的搅拌效果,试验过程中曾把三台GWQ-O2-400扩散器依次吊出池外更换增效喷嘴。在此期间,部分打开空气曝气以提供搅拌功能。在更换增效喷嘴后,水力搅拌

能到达离廊道另一端 2~3 米处。见图 4。

图 4 好氧池 1# 廊道纯氧曝气表面流态



## 四、动力效率测试计算

### 1、采用的计算公式

动力效率计算按照中华人民共和国城镇建设行业标准《曝气器清水充氧性能测定》CJ/3015.2-1993 规定的公式计算。但计算条件与上述标准有以下不同：

- 测试是在水处理过程中进行的，水池中有新水流入和处理水流出，而标准中的水池没有流进和流出；
- 受试水体为焦化污水，既有氧在水中溶解问题，也存在污水在生化反应过程中氧气吸收速率 OUR（Oxygen Up-taking Rate）的确定问题，而标准中采用的是清水测试，只涉及氧在水中的溶解问题；
- 由于没有分析手段测量 OUR，污水性质对氧气传递效率 OTR（Oxygen Transfer Rate）的影响要靠试验来观察；
- 由于运行过程中负荷的变化和操作规程（DO 在 2mg/l 合适）限制，不能将供氧量提高到设计点数值。事实上，在试验过程中负荷很低时，在预曝池中溶解氧曾达到 43mg/l。

因此我们可以知道，GWQ 氧扩散器在污水处理过程中测定的充氧能力，会不同于按清水测定计算的数值，具体数值要根据试验当时的污水性质和数量以及操作条件而定。同时，污水吸收氧气的速率 OUR 会对氧气传递效率 OTR



和氧气利用率产生影响。

## 2、计算模型的选择

本次试验仅采用预曝池的数据进行污水中氧传递动力效率计算。其原因在于：试验开始时预曝池中的溶解氧浓度很低 (<0.2mg/l),可以将近似为 0, 并且一台设备置于一个水池中,正好形成独立的模型进行计算。而好氧池中的溶解氧浓度较高,并且三台设备置于相通的三个廊道,溶解氧测量仪处于第二廊道尾端,无法隔离出计算模型。

## 3、动力效率计算结果

取预曝池中 GWQ 扩散器启动后前十五分钟的 DO 或 C 随时间变化值如表 2 所示。

表 2 C~t 关系数据表

充氧能力测试	
充氧时间 (min)	所测 DO 值 (mg/L)
0	0.15
1	6.21
2	7.36
3	9.1
4	9.2
5	9.3
6	9.4
7	9.5
8	9.4
9	9.3
10	9.3
11	9.3
12	9.3
13	9.3
14	9.2
15	9.2

根据表 2 数据分析计算的动力效率结果如表 3 所示。



表3 动力效率计算表

曝气器测试条件下氧总转移系数 $K_{La}$ (1/min)	0.29
温度修正系数 Theta	1.02
20C 温度下 DO 饱和浓度 (mg/L)	9.17
测试温度 C	35.00
曝气器氧总转移系数 $K_{Las}$ (1/min)	0.20
测试水体体积	580.00
曝气器充氧能力 $q_c$ (kg/h)	65.12
水泵流量 (m <sup>3</sup> /h)	300.00
水泵扬程 (m)	15.00
水的容重 (kg/m <sup>3</sup> )	1.00
曝气器水功率 $N_T$ (kw)	12.25
<b>曝气器动力效率 (kg(O<sub>2</sub>)/kwh)</b>	<b>5.31</b>
供氧压力 (MPa 表压)	0.00
供氧量 (NM <sup>2</sup> /h)	50.00
供氧量 (kg/h)	71.5
<b>氧气利用率</b>	<b>91%</b>

计算结果讨论:

1、GWQ 扩散器在污水条件下的动力效率(5.31kgO<sub>2</sub>/kwh)达到了《技术协议》动力效率指标(4.63kg/kwh)要求

2、因设备未在设计点条件下工作，其动力效率低于设计条件下的数值(5.78kgO<sub>2</sub>/kwh)。

3、通过试验验证了即使在开放式系统条件下，将 GWQ 扩散器应用于焦化污水处理中，因为 GWQ 氧气扩散器的氧气传递速率 OTR 很高，也由于焦化污水的氧气吸收速率 OUR 较高，所以可以达到很高的氧气利用率(≥90%)。达到经济用氧的目的。

## 结论

采用 GWQ 氧气扩散器二次射流混合技术，将纯氧曝气应用于焦化污水处理过程中，可以达到不中断水处理运行进行维护检修的目的，大大降低维修成本。同时，通过试验证明，GWQ 扩散器具有很高的氧气传递动力效率和氧气利用率，为纯氧曝气工艺提供了达到经济运行目的的设备技术手段。



## 五、试验定性观察的内容

在本次试验由于是在水处理运行过程中进行,存在下述限制条件:

- 1#系统(空气微孔曝气)和2#系统(GWQ纯氧曝气)的进水量是根据水处理过程中所决定的量来调节,不是根据试验所需的同比条件调节;
- 一沉池出口和厌氧池出口未做水质分析,不能隔离厌氧系统的影响因素;
- 1#、2#系统水质分析时间不同步,没有同比条件(同一时间,同等负荷);
- MLVSS在试验过程中未测,试验前有一个数值,准确度不能判定;
- 在试验中没有按纯氧曝气的要求相应提升MLVSS值,纯氧曝气的优势尚未充分发挥;
- 在2#系统中使用了纯氧后,1#系统的空气量相应调增,增加量不能确定;
- 因设备改进用去了一部分试验时间,2#好氧池使用完全纯氧曝气的时间较短,大部分时间内加入了空气搅拌因素;
- 在安装GWQ扩散器时,没有停止池内鼓风,受水气流湍动影响,扩散器未能放正位置,影响到二次水力喷射效果。

在上述条件下,不可能对纯氧曝气和空气曝气作出准确的定量分析比较,也不可能将纯氧曝气的优势充分发挥出来。尽管如此,在本次试验中,仍然采集到一些数据可以在以下方面进行定性分析。

### 1. 溶解氧能否在现有空气法的基础上提高

重钢焦化污水处理站通常使用一台55.7M<sup>3</sup>/min,94kw的鼓风机进行给氧曝气。处理水量单套在20~55m<sup>3</sup>/h(1:1稀释后),最大为60m<sup>3</sup>/h。预曝池通常溶解氧都低于0.2mg/l,好氧池溶解氧在4~6.5mg/l,在进水负荷较大时,好氧池溶解氧也不易保证,2#好氧池曾有溶解氧只达到0.6mg/l的情况。

使用GWQ扩散器进行纯氧曝气,预曝池中的溶解氧无论在多少水量下都可以达到工艺所需的2mg/l以上,参见表4。另外我们注意到在很高的水量条件下(91m<sup>3</sup>/h,132m<sup>3</sup>/h),仅用很少的供氧量(19m<sup>3</sup>/h)就可以达到溶解氧大于2mg/l的目的。这一方面验证了该扩散器的高效性,另一方面说明水中污泥浓度(MLVSS)较低。因为MLVSS越高,需氧量就越大。

表5中的数据是在好氧池完全停止鼓风搅拌的情况下记录的。从表5中的数据可以看到溶解氧在水量超过60m<sup>3</sup>/h时仍可保持满足工艺要求的水平上(3.4mg/l~5.7mg/l)。在水量在91m<sup>3</sup>/h和132m<sup>3</sup>/h时,由于鼓风搅拌被打开,数值无效未记录。

从以上数值定性对比可以知道,GWQ扩散器用于纯氧曝气,可以将溶解氧提高到水处理工艺所要求的水平。



表 4

记录时间	处理水量 (m <sup>3</sup> /h)	预曝池供氧量 (m <sup>3</sup> /h)	溶解氧 (mg/L)
12月2日 16: 30	51	40	5.7
12月3日 16: 00	52	22	4.5
12月4日 14: 00	53	21	2.9
12月6日 14: 00	56	23	3.3
12月15日 16: 00	50	20	2.8
12月16日 14: 00	65	20	2.5
12月16日 14: 00	76	21	2.4
12月17日 9: 30	91	21	3.1
12月18日 10: 00	132	20	2.9
12月19日 8: 15	130	19	2.3

表 5

记录时间	处理水量 (m <sup>3</sup> /h)	曝气池供氧量 (m <sup>3</sup> /h)			溶解氧 (mg/L)
		1 廊道	2 廊道	3 廊道	
12月15日 16: 00	50	23	23	10	4.3
12月15日 17: 30	49	23.5	23.5	11	5.7
12月15日 19: 00	61	20	20	8.5	3.6
12月16日 10: 00	63	20	19	8	5.7
12月16日 11: 30	65	17	17	8	3.8
12月16日 14: 00	65	17	16	10	3.4



## 2. 目前 GWQ 设备供氧能力能否满足处理全系统水量的需要

将表 1 的供氧能力数据与表 4 和表 5 的数据对比, 得到试验期间的供氧能力富裕度如表 6。

表 6 试验期间供氧能力富裕度

	铭牌供氧能力 kg/h	有压供氧能力 kg/h	试验期间最大供氧量 kg/h	供氧能力富裕度kg/h	
				铭牌	有压
	P=Patm	Pg=0.5kg/cm <sup>2</sup>	P=Patm	P=Patm	Pg=0.5kg/cm <sup>2</sup>
预曝池	109	245.25	72	38	174
好氧池	90	202.5	83	7	120

表格说明:

- 1 标准立方米氧气=1.43kg 氧气
- GWQ 扩散器铭牌供氧能力指的是供气压力在一个大气压下 (Patm) 的供氧能力;
- 有压供氧指的是向 GWQ 扩散器供氧的管道表压力 (Pg) 不为零情况下的供氧;
- 试验期间的供氧管道表压 Pg=0;
- 供氧量随压力增加而增加, 其倍率系数= ((表压+1 个大气压)/1 个大气压)<sup>2</sup>。

为了分析目前设备供氧能力能否满足整套系统的用氧需求, 把整套系统的水量  $2 \times 87 = 174 \text{m}^3/\text{h}$  全部放入到 2# 系统中进行需氧量计算如表 7 和表 8 所示。

按表 7、表 8 中的设计参数计算, 如用一套处理系统处理焦化厂全部水量, 预曝池中的需氧量为 105.4kg/h, 按传递效率 70% 计算, 供氧需求为 150.5kg/h; 好氧池中的需氧量为 70.75kg/h, 按传递 70% 效率计算, 供氧需求为 101kg/h, 总供氧量需求为 251.5kg/h(176Nm<sup>3</sup>/h)。从表 6 中的数据可以看到, 如把供氧压力 Pg 提高到 0.5kg/cm<sup>2</sup>, 预曝池的供氧量可达到 245kg/h, 好氧池可达到 202.5kg/h, 总供氧能力为 447.5kg/h。即使将氧传递效率再作保守的估计, 目前的 GWQ 扩散设备也能满足用一套系统处理全部污水的供氧需求。



表 7

氧气需要量计算 (预曝气池)		成都绿水科技有限公司	
日期:	项目: 焦化废水处理系统纯氧曝气的研究与应用		
工艺参数	单位	数值	备注
平均设计流量, @ ADF	m <sup>3</sup> /day	4176	
进水 BOD <sub>5</sub> @ ADF	mg/l	2000	COD, 假定全部可生物降解
TKN @ ADF	mg/l	200	
TSS @ ADF		75	
出水 BOD <sub>5</sub>	mg/l	1000	COD, 假定全部可生物降解
TKN	mg/l	100	
设计参数			
曝气池体积	m <sup>3</sup>	599	
水力停留时间, HRT @ ADF	Days	0.14	
混合液挥发性悬浮固体, MLVSS	mg/l	5000	假定
F/M 比 @ADF	Kg/Kg-d	2.791	BOD-MLSS 负荷
污泥产率系数, Y, KgVSS/KgBOD <sub>5</sub>	Kg/Kg	0.7	通常为 0.4-0.8, 假定 0.7
衰减系数, Kd, d <sup>-1</sup>	Kg/Kg-Day	0.04	通常为 0.04-0.075, 假定 0.04
设计生物固体平均停留时间 (污泥龄)	Days	1.0	
计算生物固体平均停留时间, @ ADF	Days	1.0	
表观或计算污泥产率系数, VSS/#BOD <sub>5</sub> @ADF	Kg/Kg	0.69	
剩余污泥排量, @ ADF	Kg/day	2863	
BOD <sub>5</sub> 对于 BOD的比值		0.71	通常为 0.46-0.71, 假定 0.71
是否需要脱氮指标?	Y	1.71	如果 N 为 4.57, 如果 Y 则为 1.71
需氧量计算			
总碳氧化需氧量 @ ADF	Kg/day	1816	
硝化需氧量 @ ADF	Kg/day	714	
总需氧量 @ ADF	kg/day	2530	
可曝气时间	hr/day	24	
氧传递量 @ ADF	kg/hr	105.41	
氧吸收率(OUR) @ ADF	mg/l-hr	176.1	

表 8



氧气需要量计算 (好氧池)		成都绿水科技有限公司	
日期:	项目: 焦化废水处理系统纯氧曝气的研究与应用		
工艺参数	单位	数值	备注
平均设计流量, @ ADF	m <sup>3</sup> /day	4176	
进水 BOD <sub>5</sub> @ ADF	mg/l	500	COD, 假定全部可生物降解
TKN @ ADF	mg/l	100	
TSS @ ADF		75	
出水 BOD <sub>5</sub>	mg/l	100	COD, 假定全部可生物降解
TKN	mg/l	15	
设计参数			
曝气池体积	m <sup>3</sup>	1755	
水力停留时间, HRT @ ADF	Days	0.42	
混合液挥发性悬浮固体, MLVSS	mg/l	5000	假定
F/M 比 @ADF	Kg/Kg-d	0.238	BOD-MLSS 负荷
污泥产率系数, Y, KgVSS/KgBOD <sub>5</sub>	Kg/Kg	0.7	通常为 0.4-0.8, 假定 0.7
衰减系数, Kd, d <sup>-1</sup>	Kg/Kg-Day	0.04	通常为 0.04-0.075, 假定 0.04
设计生物固体平均停留时间 (污泥龄)	Days	9.9	
计算生物固体平均停留时间, @ ADF	Days	9.9	
表观或计算污泥产率系数, VSS/#BOD <sub>5</sub> @ADF	Kg/Kg	0.53	
剩余污泥排量, @ ADF	Kg/day	888	
BOD <sub>5</sub> 对于 BOD的比值		0.71	通常为 0.46-0.71, 假定 0.71
是否需要脱氮指标?	Y	1.71	如果 Y 为 1.71, 如果 N 则为 4.57
需氧量计算			
总碳氧化需氧量 @ ADF	Kg/day	1091	
硝化需氧量 @ ADF	Kg/day	607	
总需氧量 @ ADF	kg/day	1698	
可曝气时间	hr/day	24	
氧传递量 @ ADF	kg/hr	70.75	
氧吸收率(OUR) @ ADF	mg/l-hr	40.3	

3. 采用 GWQ 氧扩散器进行纯氧曝气, 能否在负荷波动时, 提供操作弹性, 稳定



### 出水水质?

在试验期间,我们采集了部分常规操作化验数据,将其列于表9中进行观察对比,可以看到如下现象:

- 出水 COD: 2# (用纯氧)系统与1# (用空气)系统相比,2#数据始终比1#低(好),并且,2#系统的水量在后期高于1# (50%);
- NH<sub>3</sub>-N: 无论是在曝气池进口还是二沉池出水,2#系统的值始终好(低)于1#系统,并且,2#系统的水量在后期高于1# (50%);
- SCN: 总体上2#优于1#;在水量130M<sup>3</sup>/h时,停止纯氧曝气就导致了SCN超标;
- NO<sub>2</sub><sup>-</sup>和NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: 2#系统与1#系统差异不大,说明纯氧对硝化菌并不存在负面影响。

以上的观察分析,是在没有根据纯氧曝气的操作要求来提升MLVSS和化验数据不足的情况下作出的。尽管如此,我们还是可以定性地认为使用纯氧曝气的操作弹性/在负荷波动时稳定出水水质的能力要好于空气曝气,具体的定量结论要通过工艺试验来做。

表9

实验数据分析记录表									
时间	取样点	水量 m <sup>3</sup> /h	COD (mg/L)	NH <sub>3</sub> -N (mg/L)		SCN <sup>-</sup> (mg/L)		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
				曝气池进口	二沉池出水	调节池出水	初沉池出水	二沉池出水	二沉池出水
12.8	1#	45	135.74	25.2	5.6	15.23	14.58	11.89	3.01
	2#	45		19.6	5.6		8.28	8.88	2.68
12.9	1#	55		33.6	15.4			4.59	2.46
	2#	55	120.41	28	8.4			10.2	3.1
12.10	1#	51		50.4	44.8	15.1	21.15	1.46	2.31
	2#	51	115.33	39.2	25.2		11.37	8.94	2.43
12.11	1#	25		30.8	16.8				3.26
	2#	25		25.2	11.2				3.1
12.12	1#	25		44.8	28			3.76	2.89
	2#	25		29.4	14			11.56	2.8
12.13	1#	25		42	28	28.87		3.62	3.1
	2#	40			25.2		4.2	11.04	2.34
12.14	1#	22		42	33.6			7.22	4.11
	2#	26		22.4	8.4			10.55	2.98
12.15	1#	40	144	56	30.8	15.64	6.22	17.94	4.23
	2#	60		33.6	8.4		10	19.22	3.1
12.16	1#	41	129		21.84			17.03	3.97
	2#	62			8.96			18.74	3.24

### 4. 表面泡沫生成情况



在试验期间大多数时间里,使用纯氧曝气的泡沫形成要比空气少得多(图3)。在短时间内也看到过泡沫较多的现象,可能是水质成分的原因,也可能由于负荷低,氧气量太多造成。

在泡沫表面,曾观察到有黑色细颗粒状物质附着在泡沫上,从硝化效果和 $\text{NO}_3^-$ 值来看,不会是硝化菌体。应为池底的碳类物被搅拌送到了水体表面。

定性观察的结论:使用GWQ扩散器进行纯氧曝气,无论重钢焦化厂的污水负荷如何变化,都能使水中溶解氧保持在所需要的水平,并可以只用一套系统来处理目前两套系统处理的水量,提高处理能力和提供操作弹性。但在负荷冲击条件下是否能达到出水水质标准需要通过工艺试验来验证。

b



## 六、经济性比较分析

使用 GWQ 扩散器进行纯氧曝气，与目前使用空气曝气比较，会带来相关成本的增加或减少，按照达到 87m<sup>3</sup>/h 的水处理能力的同比条件（此时用空气法开动两台风机），并以重钢焦化厂和重钢集团公司分别作为核算单位，得到使用 GWQ 扩散器进行纯氧曝气的成本增减分析结果如表 10，表 11 所示。

表 10 纯氧曝气成本增减分析（以重钢焦化作为财务核算单位）

项目	空气法	氧气法	成本增加 (+) / 减少 (-)
电耗	812,160.00	192,240.00	-619,920.00
氧耗	-	760,320.00	760,320.00
维修	30,000.00	12,000.00	-18,000.00
消泡水	172,800.00	-	-172,800.00
检修后调试成本	10,000.00	-	-10,000.00
折旧	-	95,000.00	95,000.00
总成本	¥ 1,024,960.00	¥ 1,059,560.00	¥ 34,600.00

年处理水量	689040	751680	62640
单位成本	1.49	1.41	-0.078

※ 以重钢焦化为核算单位，由于用氧成本和资产折旧增加，年总成本增加 34600 元。但又因可以不停止水处理进行检修，单位处理成本下降 0.078 元/m<sup>3</sup>。

表 11 纯氧曝气成本增减分析（以重钢集团公司作为财务核算单位）

项目	空气法	氧气法	成本增加 (+) / 减少 (-)
电耗	812,160.00	192,240.00	-619,920.00
氧耗	-	-	-
维修	30,000.00	12,000.00	-18,000.00
消泡水	172,800.00	-	-172,800.00
检修后调试成本	10,000.00	-	-10,000.00
折旧	-	95,000.00	95,000.00
总成本	¥ 1,024,960.00	¥ 299,240.00	¥ -725,720.00

年处理水量	689040	751680	62640
单位成本	1.49	0.40	-1.089

结论：以重钢集团公司作为核算单位，因焦化纯氧曝气所需氧气量很小（176Nm<sup>3</sup>/h），对重钢 4 万多立方米/小时的空分能力而言，不会因焦化污水处理用氧而需增加氧气产量，也不会因焦化厂不用氧而节省任何氧量。**对重钢集团公司而言，使用纯氧曝气的氧气成本增加为零。因此年成本下降 725720 元，单位处理成本下降 1.09 元/m<sup>3</sup>。使用纯氧曝气，重钢集团公司可以更好更充分地利用其现有的产能资源，既可达到环保目标，也能取得很好的经济效益。**



## 七、建议

基于对以上对试验技术结果的分析结论，特别是经济成本的对比分析结论，我们认为很有必要用 GWQ 扩散器对焦化污水进行提高水处理能力的纯氧曝气工艺试验。主要理由如下：

重钢焦化厂的污水处理量随新焦炉的建成投产会有增加（15t/h），并且污水量和水质波动在生产过程中是必然存在的客观事实。因此，焦化厂面临的问题是，如何在尽量减少波动的同时，也让水处理系统具备足够的操作弹性来接纳波动？更进一步说，重钢集团公司是否要考虑扩建污水处理厂以增大污水处理能力？通过本次试验，重钢焦化厂已取得了另一个选择的机会，即进行纯氧曝气的工艺试验，来验证在现有设施的基础上，能否用很少的投入，不用大量新的投资，就能提高污水处理能力？目前 GWQ 扩散器设备性能试验已完成，从试验定性分析的结论看，是很有可能达到这一目标的，工艺试验的风险已大大降低。所以，为减少将来大量投资，以很小投入和低风险进行工艺试验研究是非常值得的。

对于工艺试验研究，在总结本次设备性能试验经验的基础上，提出以下具体建议：

- 铺设永久性供氧管道到焦化污水处理站，以保证供氧的连续性和低成本；
- 污水处理站内目前供试验用的软管更换为硬管，以降低供氧阻力；
- 为防止压坏空气曝气管，在水下安装支撑平台（已利用检修期间做完）；
- 购置两台 GWQ 扩散器以防因设备故障导致试验中断并作为检修备用；
- 增加分析化验力量，保证有足够的分析点数据来指导操作和为试验提供足够的定量分析依据；
- 在安装时，在 GWQ 扩散器入水时，短暂关闭鼓风，排除水气流影响，使设备能正确到位；
- 采用循序渐进，操作参数系统配套的方式进行试验；即负荷提升分几个阶段，操作参数也根据各个阶段进行系统相关计算/制定并严格执行。
- 对相关操作人员进行氧气安全操作培训；

## 八、结论

总之，无论从提高焦化厂现有污水处理能力、提高操作弹性、做到排水稳定达标方面，还是对充分利用重钢现有氧气资源、来降低运行成本和减少投资成本而言，都很有必要将目前已开展的纯氧曝气试验进行下去。