

# 铁盐处理上海合流一期污水试验研究

熊建英<sup>1</sup>, 杨海真<sup>1</sup>, 王 闯<sup>1</sup>, 顾国维<sup>1</sup>, 邵志刚<sup>2</sup>

(1. 同济大学 环境科学与工程学院, 上海 200092; 2. 上海城市排水有限公司, 上海 200070)

**摘 要:** 以铁盐为絮凝剂, 对上海合流一期污水处理进行了试验研究, 结果表明: 当铁盐投加量为 20 mg/L (以  $\text{Fe}^{3+}$  计) 时,  $\text{COD}$ 、 $\text{BOD}_5$  的去除率分别达 48%、62%,  $\text{TP}$  去除率为 74%~86%,  $\text{SS}$  去除率为 70% 左右, 铁盐实际投加量与理论需求量的摩尔比为 4.8。当铁盐与高分子助凝剂复配使用时, 铁盐的投加量可相应减少。

**关键词:** 强化一级处理; 铁盐; 混凝; 沉淀

**中图分类号:** X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2000)06-0017-03

## Study on Treatment of Shanghai First Phase Combined Wastewater with Iron Salt

XIONG Jian-ying<sup>1</sup>, YANG Hai-zhen<sup>1</sup>, WANG Chuang<sup>1</sup>, GU Guo-wei<sup>1</sup>,  
SHAO Zhi-gang<sup>2</sup>

(1. School of Environ. Sci. and Eng., Tongji Univ., Shanghai 200092, China; 2. Shanghai Munic. Sewage Co. Ltd., Shanghai 200070, China)

**Abstract:** A study on treatment of Shanghai first phase combined wastewater with iron salt was carried out. The results showed that when dosage of metal ion  $\text{Fe}^{3+}$  was 20 mg/L, the removal of  $\text{COD}$  was 48%,  $\text{BOD}_5$  was 62%, total phosphorus was 74%~86% and  $\text{SS}$  was about 70%. The molar ratio of practical dosage to theoretical demand was 4.8. The dosage of iron salt could be reduced with the aid of polymer.

**Key words:** enhanced primary treatment; iron salt; coagulation; sedimentation

上海市污水治理设施主要由外排系统和就地分散系统两部分组成, 其中主体是外排系统的六线六厂, 即: 石洞口排放系统(包括污水厂, 下同)、竹园第一污水排放系统、竹园第二污水排放系统、白龙港污水排放系统、新和污水排放系统、中港污水排放系统。六大排放系统的污水总量为  $720 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  (不含渗入量), 排放口都集中在长江口和杭州湾, 主要是利用大水体的稀释净化作用来处理排放污水。1995 年上海环境科学保护研究院发布的环境影响评价报告指出: 长江口外的水域时有赤潮发生。为此, 污水在排海前应进行一定程度的特别是除磷处理。

强化一级处理技术中的物化法能有效地去除污水中的部分悬浮态和胶态固体物, 另外它还能高效除磷, 但对氨氮或凯氮基本没有去除作用。污水处理的混凝过程不像给水处理那样已有较成熟的理论, 由于污水中的杂质与给水处理的水源水质绝然不同, 因此混凝机理与给水处理亦是不同的。从理论上分析, 物化法处理污水是通过金属离子与磷酸根离子结合产生磷酸盐沉淀物, 多余的金属盐水解出一系列阳离子中和胶体颗粒表面所带的负电荷, 并夺走胶体周围的水分子, 使胶粒失去原来的稳定性而发生凝聚, 形成较大的矾花经沉淀去除。

1 烧杯试验

取格栅后的合流一期污水 100 L 在试验室进行批量试验,污水各项水质指标如表 1。

表 1 污水水质 mg/L

COD	溶解性 COD	TP	TKN	SS
118	68	2.64	21	130

试验在 1 L 的烧杯中进行,采用批量自动搅拌机搅拌,混合时快速搅拌 1 min,反应时缓慢搅拌 15 min,静止沉淀 30 min 后取上清液测试分析。投加的铁盐有三氯化铁和聚硫酸铁,另外还进行了铁盐与高分子(聚丙烯酰胺)助凝剂的复配试验,高分子助凝剂的分子量为  $(1\ 300 \sim 1\ 500) \times 10^4$  u。

1.1 三氯化铁烧杯试验

选用纯度为 98% 的粉末状无水三氯化铁配成 1% (质量百分比) 的溶液,三氯化铁投量分别为 15、30、50 mg/L,从化学除磷方面考虑,药剂的实际投加量与理论需求量摩尔比为 1.1、2.2、3.6,烧杯试验结果如表 2。

表 2 FeCl<sub>3</sub> 烧杯试验结果

试验分类	投药量 (mg/L)	COD		TP		SS		TKN	
		(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
不加 高分子	15	92	22	0.96	63.6	51	61		
	30	72.8	38.3	0.51	80.7	43	67		
	50	72	39	0.27	89.8	32	75	18.3	12.8
高分子 投量为 0.5 mg/L	15	82	30.5	0.87	67	36	72		
	30	72	39	0.41	84.5	27	79		
	50	66	44	0.19	92.8	16	88	17.2	18.1

由表 2 可知,随着 FeCl<sub>3</sub> 单独投量的增加,COD、TP、SS 的去除率均有所提高。当 FeCl<sub>3</sub> 与高分子助凝剂复配使用时,对应投药量的出水水质比不加高分子的好,如 FeCl<sub>3</sub> 投加 30 mg/L 时,虽出水 COD 变化不大,但 TP、SS 分别提高到 84.5%、79%;又如 FeCl<sub>3</sub> 投加 50 mg/L 时,COD 去除率提高 5%,TP 去除率提高 3%,SS 去除率提高了 13%。

1.2 聚硫酸铁烧杯试验

试验选用的聚硫酸铁为液态,体积质量为 1.4 g/cm<sup>3</sup>,有效成分分子式为 Fe<sub>5</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>7.5-0.5x</sub>(OH)<sub>x</sub>·H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,Fe<sup>3+</sup> 质量百分比为 11%。为量取准确,试验时将其稀释成 0.2% (Fe<sup>3+</sup> 质量百分比) 溶液。为对比聚硫酸铁和三氯化铁的处理效果,聚硫酸铁的实际投加量与理论需求量之摩尔比也取 1.1、2.2、3.6,相应的 Fe<sup>3+</sup> 投加量为 5.2、10.4、17.2 mg/L。

聚硫酸铁的烧杯试验结果如表 3。

表 3 聚硫酸铁烧杯试验结果

试验分类	投药量 (mg/L)	COD		TP		SS		TKN	
		(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)	(mg/L)	(%)
不加 高分子	5.2	77.2	34.6	0.86	67.4	31	76		
	10.4	77.6	34.2	0.44	83.3	23	82		
	17.2	74	37.3	0.29	89	18	86	18.9	10
高分子 投量为 0.5 mg/L	5.2	72.8	38.3	0.87	67	29	78		
	10.4	70	40.7	0.41	84.5	23	82		
	17.2	66.8	43.4	0.25	90.5	15	88	17.1	18.6

由表 3 可知,随着聚硫酸铁投量的增加,COD、TP、SS 的去除率有所提高;聚硫酸铁与高分子助凝剂复配使用和单独投加在所对应投药量下,COD 去除率提高了 4%~7%,TP、SS 的去除率变化不大。

1.3 分析与讨论

单独投加铁盐时,在对应摩尔比条件下,聚铁对 SS 的去除效果比 FeCl<sub>3</sub> 要好,这是因聚硫酸铁本身作为一种高分子聚合物,提供了吸附架桥的载体,使污水中的悬浮固体被吸附凝聚。当与高分子复配使用时,两者对 SS 的去除效果却比较接近。

据文献报导,化学法对有机污染物的去除一般在 50%~70%,而本小试中,Fe<sup>3+</sup> 投量达 17.2 mg/L 时,有机污染物的去除也只有 43% 左右,与文献报导相差甚远。究其原因则与污水水质有关,原水溶解性 COD 就有 68 mg/L,占 COD 总量的 56%,而化学法对溶解性 COD 的去除是十分有限的。因此,小试中当 COD 的去除率为 40% 左右时,就可认为效果比较好。

从小试结果还可以看到:化学法对氨氮几乎没什么去除,对 TKN 的去除为 10% 左右,被去除的这部分 TKN 是附着在悬浮固体上的有机氮,它是随 SS 而被去除的。

2 中试

化学法中试在上海合流污水治理一期工程预处理厂进行,工艺流程如图 1 所示。

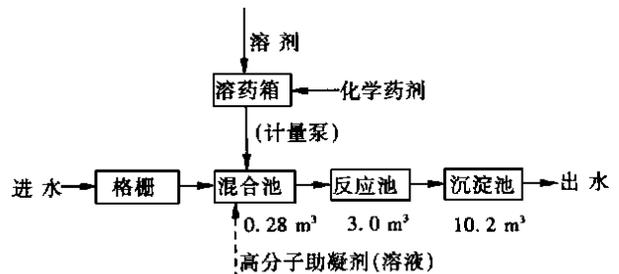


图 1 化学法中试工艺流程

## 2.1 试验工况

中试投加的铁盐仍为  $\text{FeCl}_3$  和聚硫酸铁,另外还进行了  $\text{FeCl}_3$  和高分子助凝剂的复配试验,试验工况如表 4。

表 4 中试工况

工况	药剂	投加量 (mg/L)	运行天数 (d)	水温 (°C)	运行条件
1	$\text{FeCl}_3$	40	6	20~25	处理流量 $Q = 200 \text{ m}^3/\text{d}$ 总 $HRT$ 为 1.5 h,其中混合为 2 min,反应为 14 min,沉淀为 74 min,沉淀池表面负荷为 $1.14 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。
2	$\text{FeCl}_3$	60	14		
3	$\text{FeCl}_3$	100	5		
4	聚硫酸铁	20(以 $\text{Fe}^{3+}$ 计)	5		
5	聚硫酸铁	34(以 $\text{Fe}^{3+}$ 计)	2		
6	$\text{FeCl}_3$ + 高分子	30 + 0.5	3	10	
7	$\text{FeCl}_3$ + 高分子	45 + 0.5	3		

## 2.2 试验结果

中试是连续流运行,每天都进行水质分析,水样每 2 h 取一次,每天取 12 次,然后将其混合再进行测试。每个工况多则运行 14 d,少则 2 d,对多天的测试结果取平均值得到各工况运行条件下的中试结果如表 5。

表 5 中试结果 mg/L

工况	COD			BOD <sub>5</sub>			TP			SS		
	进水	出水	去除率 (%)	进水	出水	去除率 (%)	进水	出水	去除率 (%)	进水	出水	去除率 (%)
1	178	105	41	64.8	36.3	44	2.5	0.9	64	106	29	72.6
2	195	101	48	78.3	29	63	2.3	0.6	73.9	145	41	71.7
3	161	84	48	66.5	23.5	65	1.6	0.2	87.5	99	42	58
4	171	90	47	66.5	25.3	62	2.2	0.3	86.4	131	34	74
5	159	72	55				2.6	0.3	88.5	108	62	42.6
6	160	122	24	46	26	43.4	2.5	0.5	80	77	42	41.7
7	185	101	45	49.7	22.1	55.5	2.2	0.4	81.8	47	42	54.4

由工况 1~5 试验结果可知,随着铁盐投量的增加,有机污染物、TP 的去除率逐渐提高。当  $\text{Fe}^{3+}$  投量为 20 mg/L 时,聚铁对有机污染物的去除效果与  $\text{FeCl}_3$  接近,对 TP 的去除率比  $\text{FeCl}_3$  要高 12%。 $\text{Fe}^{3+}$  投量由 20 mg/L 增至 34 mg/L 时,对  $\text{FeCl}_3$  而言,TP 去除率提高了 13%,COD、BOD<sub>5</sub> 的去除率提高不大;对聚铁而言,COD 去除率提高了 8%,TP 去除率提高不大。另外,工况 3 的固体悬浮物去除效果不如工况 1 和 2,工况 5 固体悬浮物的去除效果不如工况 4,这是因为工况 3 和 5 的混凝剂投加过量(实际投药量与理论需求量之摩尔比约为 12),使得矾花颗粒异常大,但不密实,不易沉淀,从而造成出水 SS 上升。

由工况 6、7 试验结果可知,当  $\text{FeCl}_3$  与高分子助凝剂复配使用时, $\text{FeCl}_3$  的投量为 30 mg/L 便可达到单独投加量为 60 mg/L 时的除磷效果,说明投加助凝剂后,可大大减少混凝剂的用量。当  $\text{FeCl}_3$  投量由 30 mg/L 增至 45 mg/L 时,TP 的去除率基本不变,COD、BOD<sub>5</sub>、SS 的去除率有所提高,但总的说来,工况 6、7 的 COD、BOD<sub>5</sub>、SS 去除率明显低于工况 2,这是因为工况 6、7 是在冬季运行的,水温只有 10 左右,混凝剂在低温下不易发生水解,从而发挥不出水解产物的凝聚作用。再者,低温时污水粘度增大,使矾花形成困难,从而造成 COD、SS 去除率偏低。 $\text{FeCl}_3$  与高分子助凝剂复配使用对 COD、SS 的去除效果还需通过夏季中试进一步确定。

采用化学沉淀法处理污水,投药量大小涉及药剂费用问题,因此需要在保证去除率条件下选择最佳投药量。采用铁盐处理上海合流一期污水的最佳投药量为 20 mg/L ( $\text{Fe}^{3+}$ ),在此投药量条件下,COD、BOD<sub>5</sub> 的去除率分别达 48%、62%,TP 的去除率为 74%~86%,SS 去除率为 70%。当铁盐与高分子助凝剂复配使用时,对除磷来说,混凝剂投量可相应减少一半,但对有机污染物和悬浮固体的去除来说,铁盐与高分子助凝剂复配使用的处理效果还需通过中试进一步确定。

## 3 结论

中试的试验结果表明:

采用铁盐处理上海合流一期污水,当  $\text{Fe}^{3+}$  投加量为 20 mg/L 时,COD 的去除率达 48%,BOD<sub>5</sub> 的去除率可达 62%,TP 的去除率达 74%~86%,SS 的去除率达 70%。

$\text{Fe}^{3+}$  投量为 20 mg/L 时,聚铁对 TP 的去除效果优于  $\text{FeCl}_3$ ,对 COD、SS 的去除效果与  $\text{FeCl}_3$  接近。

当  $\text{FeCl}_3$  与高分子助凝剂复配使用时,可大大减少混凝剂的投量,30 mg/L 的  $\text{FeCl}_3$  与高分子助凝剂复配使用时和单独投加 60 mg/L 的  $\text{FeCl}_3$ ,其除磷效果相当。

作者简介:熊建英(1970- ),女,上海市政工程设计研究院工程师,硕士。

电话:(021)63217489 x5302

收稿日期:1999-12-28