

上海白龙港城市污水处理厂一级强化处理试验研究

徐月江¹ 张 辰² 邹伟国² 王国华² 李正明²

(1 上海水环境建设有限公司, 上海 210203; 2 上海市政工程设计研究院, 上海 200092)

摘要 介绍了上海白龙港城市污水处理厂所进行的一级强化处理工艺和高效沉淀池的试验研究。近一年的稳定运行表明, 相对初次沉淀池, 一级强化高效沉淀池工艺具有较好的去除效果和较高的效率。化学一级强化处理对 COD, SS, P 等污染因子的平均去除率分别可达 67%, 85%, 83%; 高效沉淀池的表面负荷可达常规初次沉淀池的 10 倍左右。其处理效果与混凝剂和助凝剂的种类、投加量密切相关。

关键词 一级强化处理 污水处理 高效沉淀池

0 概述

随着经济的高速发展, 很多城市水环境污染没有得到有效控制, 且有恶化的趋势。解决城市水污染问题的有效方法是进行污水处理, 但常规二级生物处理的污水处理厂能耗较大, 运行费用较高, 且建成后, 往往由于各种因素不能正常运行, 使实际处理能力低于设计能力, 加剧了水体的污染程度。

上海大型污水处理厂试验研究, 是结合上海市尾水排放对磷的控制, 大幅度削减有机污染物中磷总量的要求而开展的。根据上海白龙港城市污水处理厂确定的出水水质目标, 对高效沉淀池应用于城市污水一级强化处理进行了较为系统的试验研究, 以取得一级强化工艺和高效沉淀池处理效果及运行参数。

1 研究内容和试验装置

(1) 利用“混凝-DAF”工艺可提高处理低浊高色富含有机物地表水的净化效果。试验结果表明, “混凝-DAF”工艺明显优于“混凝-沉淀”工艺, 前者可在较低投药量情况下取得更好的处理效果。

(2) 对于“混凝-DAF”工艺处理此类低浊高色富含有机物地表水, 增大混凝剂投量出水浊度去除率基本不变, 但出水色度及 COD_{Mn} 可进一步降低。

(3) 混凝-DAF”工艺可通过混凝过程, 微气泡对憎水大分子有机物的吸附, 微气泡对低沸点小分子有机物的“气相萃取”, 微气泡与某些悬浮有机颗

1.1 研究内容

一级强化处理工艺有多种形式, 根据国内外发展情况, 采用较多的有化学一级强化工艺、生物絮凝吸附一级强化工艺和厌氧工艺等。结合上海市大型污水处理厂的建设, 课题组分别对三种一级强化处理工艺进行试验, 同时, 开展高效沉淀池工艺技术试验, 并根据上海白龙港污水处理厂的进出水水质特点, 推荐采用化学一级强化工艺和高效沉淀池技术。

化学一级强化处理工艺。首先污水与混凝剂快速混合, 使混凝剂迅速均匀地分散到污水中, 既有利于混凝剂的水解, 又能充分发挥混凝剂高电荷对水中胶体电荷中和脱稳作用, 然后进行慢速搅拌, 通过脱稳颗粒的有效碰撞, 同时在水中投加高分子助凝剂, 发挥助凝剂的吸附架桥作用, 细小颗粒逐渐结成较大絮体, 使水中的悬浮物质及胶体能得到有效去

粒(或大分子有机物)的碰撞粘附, 微气泡直接在某些有机颗粒(或大分子有机物)表面析出, 微气泡强化水中各种颗粒(包括大分子 NOM)的絮凝过程等多种途径强化去除水中有机污染物质, 因而对有机物的去除效果明显优于“混凝-沉淀”工艺。

(4) 考虑到“混凝-DAF”工艺运行及维护费用较高, 建议对以此类低浊高色富含有机物地表水为水源的水厂进行改造或新建水厂时, 在进行经济技术比较的前提下, 优先考虑采用“混凝-DAF”工艺。

参考文献

- 1 Edzwald J K. Coagulation in drinking water treatment: particles,

除,通过金属盐与污水中磷酸盐的化学作用,实现磷的去除。

高效沉淀池技术。采用机械搅拌快速混合和斜管沉淀技术,充分提高沉淀池的沉淀效率。首先机械絮凝与水力絮凝相结合,在絮凝池前段设置提升搅拌机,部分沉淀的污泥回流至前段,助凝剂也投加在前段,脱稳的颗粒与絮凝池的絮体有效碰撞,形成粗大颗粒,进入后续的反应段,通过水力作用进一步形成粗大、密实的矾花;沉淀池部分根据浅层沉淀的原理,采用斜管沉淀池的形式,使沉淀池的表面水力负荷明显提高;沉淀池底部采用机械刮泥,使沉淀污泥进一步浓缩,提高污泥浓度,减少污泥排放量和污泥处理设施的规模。

高效沉淀池流程见图1。

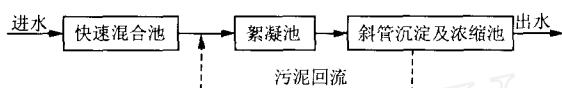


图1 高效沉淀池流程示意

相对于普通初次沉淀池,高效沉淀池具有以下特点:

(1)装置中回流一部分沉淀污泥至絮凝段,利用回流污泥与进水混合,使进水中的脱稳胶粒与活性泥渣充分接触,提高絮凝沉淀效果。

(2)回流污泥中的混凝剂、助凝剂在絮凝池中得到充分利用,节约混凝剂及助凝剂的投加量。

(3)沉淀池采用斜管沉淀,达到泥水快速分离的目的,水力停留时间和占地面积明显减少,节约工程费用,其参数比较见表1。

表1 高效沉淀池与普通初次沉淀池比较

池型	普通初次沉淀池(规范值)	高效沉淀池
水力负荷 $/\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$	1.5~3	25
停留时间/h	1~2	0.33

(4)高效沉淀池在沉淀池下部具有较大的浓缩空间,同时在浓缩池内设有浓缩机,利用慢速搅拌的方法,使污泥能够在沉淀池下部进行有效浓缩,从而提高污泥的浓度,减少污泥排放量,进一步降低后续污泥处理量。

1.2 试验装置

试验设计流量为 $25 \text{ m}^3/\text{h}$ 。整个试验装置由快速混合单元、絮凝沉淀单元、加药控制单元组成,其中絮凝沉淀单元是整个处理装置的核心。

快速混合单元分为2格,每格尺寸为 $1 \text{ m} \times 0.9 \text{ m} \times 1.85 \text{ m}$ (有效水深为 1.3 m ,单格容积为 1.2 m^3),内设2台搅拌机,转速为 150 r/min 。2格可单独使用,也可合并使用。

絮凝沉淀单元具有絮凝、沉淀及污泥浓缩功能。其中絮凝部分总体积约为 6.6 m^3 ,分为2段,前段体积为 2.6 m^3 ,后段体积为 4 m^3 。前段为机械搅拌絮凝,絮凝池中设直径为 450 mm 的导流筒,在导流筒内设提升搅拌机,通过提升搅拌机使水在絮凝池中循环,同时浓缩池内的污泥回流至前段,与原水充分混合。助凝剂加注点也设在导流筒内。后段采用隔板絮凝的形式,混合后的污水经隔板絮凝后进入后续沉淀池;沉淀部分采用斜管沉淀,沉淀池的有效面积为 1 m^2 ,斜管斜长为 1.5 m ,出水采用溢流堰的

organics and coagulants. Wat Sci Tech, 1992, 27(11):21~35

2 王占生,刘文君. 污染源饮用水处理. 北京:中国建筑工业出版社,1999. 45~56

3 Edzwald J K. Principles and applications of dissolved air flotation. Wat Sci Tech, 1995, 31(3/4): 1~23

4 钟淳昌,戚盛豪. 给水处理技术的现状与发展. 1999 水工业学术研讨会. 香港,1999

5 金兆丰主编. 21 世纪的水处理. 北京:化学工业出版社,2003. 152~156

6 汤鸿霄,钱易,文湘华编. 水体颗粒物和难降解有机物的特性与控制技术原理. 北京:中国环境科学出版社,2000. 1~4

7 郭瑾珑. 气浮及过滤过程中的接触絮凝研究:[学位论文]. 北京:中国科学院,2002

8 Edzwald J K, Malley J P, Yu C. A conceptual model for dissolved air flotation in water treatment. Water Supply, 1990, 8: 141~150

9 Malley J P, Edzwald J K. Concepts for dissolved air flotation treatment of drinking Water. J Water SRT-Aqua, 1991, 40(1): 7~17

10 Fukushi K, Tambo N, Matsui Y. A kinetic model for dissolved air flotation in water and wastewater treatment. Wat Sci Tech, 1995, 31(3/4): 37~47

○通讯处:150090 哈尔滨工业大学 二区 2627 信箱
电话:(0451)86282820
E-mail: majun@hit.edu.cn
修回日期:2004-5-15

表2 两种混凝剂试验期间部分结果

时间	流量 /m ³ /h	混凝剂	混凝剂 投加量 /mg/L	助凝剂 投加量 /mg/L	进水 COD /mg/L	出水 COD /mg/L	COD 去除率 /%	进水 PO ₄ ³⁻ -P /mg/L	出水 PO ₄ ³⁻ -P /mg/L	P 去除率 /%	进水 SS /mg/L	出水 SS /mg/L	SS 去除率 /%	备注
0107	25	FeCl ₃	80	0.33	246	68.8	72	2.55	0	100	154	12	92	
0108	25	FeCl ₃	60	0.5	198	77	61	3.41	0.33	90	78	34	56	
0109	25	FeCl ₃	40	0.5	255	115	55	2.73	0.43	84	117	3	97	
0110	25	FeCl ₃	40	0.5	259	108	58	2.77	0.55	80	99	12	88	
0111	25	FeCl ₃	50	0.5	245.9	80.9	67	2.59	0.33	87	164	14	91	
0112	25	硫酸铝	60	0.5	637.5	94.2	85	9.33	0.87	91	263	22	92	斜管上方有矾花漂出
0113	25	硫酸铝	60	0.5	210	101	52	2.81	1.33	53	81	30	63	斜管上方有矾花漂出
0113	25	硫酸铝	60	0.5	273.9	154.1	44	3.85	1.74	55	110	51	54	斜管上方有矾花漂出
0114	25	硫酸铝	80	1	698.9	167.5	76	7.1	1.02	86	168	18	89	斜管上方有矾花漂出
0114	25	硫酸铝	80	1	301.6	130.1	57	3.1	0.65	79	95	19	80	斜管上方有矾花漂出
0116	15	硫酸铝	80	0.5	185.7	90	52	2.77	1.12	60	77	31	60	
0116	15	硫酸铝	80	0.5	494	90.9	82	5.86	0.5	90	238	16	93	
0117	30	硫酸铝	80	1.5	191	107	44	2.8	0.57	80	103	19	82	斜管上方有矾花漂出
0117	30	硫酸铝	80	1.5	485	114	76	5.6	0.53	91				斜管上方有矾花漂出
0118	35	硫酸铝	80	1.5	253	136	46	4	0.7	83	96	27	72	斜管上方有矾花漂出
0118	35	硫酸铝	80	1.5	201	99.5	55	3.4	0.7	79	81	20	75	斜管上方有矾花漂出
0120	35	硫酸铝	70	1	320	105	52	3.7	0.7	81	112	25	78	
0120	35	硫酸铝	70	1	301	105	65	4	0.7	83	187	21	89	
0121	35	硫酸铝	70	0.8	336	116	65	4.5	1.1	76	166	30	82	
0121	35	硫酸铝	70	0.8	281	105	63	3.7	0.8	78	135	24	82	
0122	35	硫酸铝	70	0.6	270	100	63	6.5	0.96	85	138	21	85	
0122	35	硫酸铝	70	0.6	370	95	74	6.3	0.87	86	307	15	95	
0123	35	硫酸铝	70	0.4	210	90	57	5.6	1.04	81	118	20	83	斜管上方有矾花漂出
0123	35	硫酸铝	70	0.4	188	70	63	4.7	0.8	83	98	12	88	斜管上方有矾花漂出
0124	35	硫酸铝	70	0.2	210	105	50	7.2	1.3	82	108	60	44	斜管上方有矾花漂出
0124	35	硫酸铝	70	0.2	425	90	79	6.3	0.9	86	190	42	78	斜管上方有矾花漂出
0125	25	硫酸铝	70	0.3	156	36	77	2	0.18	91	132	13	90	
0125	25	硫酸铝	70	0.3	115	42	63	1.8	0.26	86	120	14	88	
0129	25	FeCl ₃	35	0.2	592	124	79	1.8	0.3	83	62	9	85	
0129	25	FeCl ₃	35	0.2	184	96	48	3.8	0.7	82	230	38	83	

形式,污泥浓缩部分在沉淀区下方,底部设置污泥刮泥机,试验装置还设有回流污泥泵及剩余污泥排出口。整个池高为 4.95 m(包括干弦 0.2 m),示意图 2。

加药控制单元主要由混凝剂、助凝剂投加计量泵及控制系统组成。

2 试验结果与分析

2.1 试验安排

2001 年 1 月 7 日正式开始试验,历时近 1 年,在白龙港污水处理厂现场进行,试验主要针对 FeCl₃

和 Al₂(SO₄)₃·18H₂O 两种混凝剂(均由普通试剂店购买)进行试验,助凝剂采用高分子助凝剂。

2.2 试验结果

试验期间的部分结果见表 2。

2.3 试验分析

2.3.1 化学一级强化处理工艺的效果

由表 2 可见,投加 FeCl₃ 和 Al₂(SO₄)₃·18H₂O 对水中的有机物均有较好的去除效果,FeCl₃ 投加量在 40~80 mg/L,Al₂(SO₄)₃·18H₂O 投加量在 60~80 mg/L 的情况下,其试验结果见表 3。

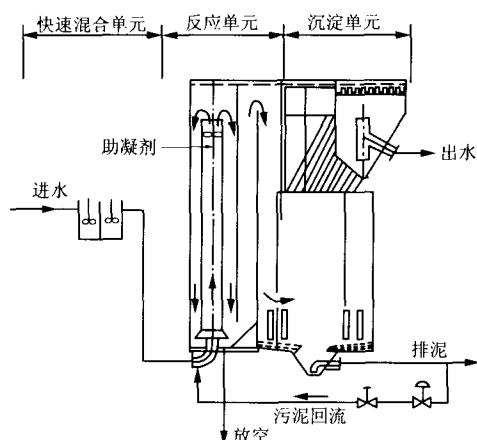


图2 高效絮凝沉淀试验装置示意

表3 污染物去除效果

项 目	进水水质/mg/L		出水水质/mg/L		去除率/%	
	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值
COD	100~700	300	50~150	99	40~80	67
$\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$	2~9	4.1	0.2~1.1	0.7	60~95	83
SS	50~350	14.8	9~45	23	80~90	85

2.3.2 不同流量效果分析

本试验装置的设计流量为 $25 \text{ m}^3/\text{h}$ 。试验时水温 $12\sim 15^\circ\text{C}$ ，流量基本稳定在 $24\sim 26 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

当采用 FeCl_3 作为混凝剂，同时投加 0.5 mg/L 的高分子助凝剂 PAM(分子量约 1 000 万)，沉淀出水中仅有微小矾花出现，出水效果较为理想。

当采用 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ 作为混凝剂，由于温度较低，当处理流量达到 $25 \text{ m}^3/\text{h}$ 时，沉淀池上方有轻质矾花漂出，影响到感观效果；助凝剂投加量增加至 1 mg/L ，出水效果略有好转，但没有明显改善；将处理流量降至 $15 \text{ m}^3/\text{h}$ ，出水矾花明显好转，处理效果转好，感观效果也有好转；将处理流量提高至 $35 \text{ m}^3/\text{h}$ ，助凝剂投加量为 1.5 mg/L ，出水中仍有矾花漂出，影响到感观效果。

2.3.3 不同加药量效果分析

为使试验结果有可比性和实用性，本次试验采用最常用的铁盐和铝盐作为混凝剂并进行比较，当采用 FeCl_3 作为混凝剂，投加量分别为 80 mg/L 、 60 mg/L 、 50 mg/L 、 40 mg/L ，从试验结果来看，在现有进水水质情况下， FeCl_3 投加量 40 mg/L ，出水 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ 在 0.5 mg/L 左右，稳定在 1 mg/L 以下。

当采用 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ 作为混凝剂，投加量

分别为 80 mg/L 、 60 mg/L ，由于出水中矾花较 FeCl_3 多，影响水中 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ 的去除效果，但仍能稳定在 1 mg/L 左右，在现有进水水质情况， $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ 投加量在 $60\sim 80 \text{ mg/L}$ 能够满足出水水质要求。

3 结语

针对上海白龙港城市污水处理厂进出水水质的特点，采用化学一级强化工艺能有效地控制水体有机污染，特别是除磷效果得到有效保证，同时降低了建设费用和运行费用。上海白龙港污水处理厂工程设计规模为 $120 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ ，高效沉淀池工程预计投资仅 1 亿元人民币，占地仅为 0.4 hm^2 ，充分显示了高效沉淀池的优越性。

通过对高效沉淀池的试验研究，验证了高效沉淀池的处理能力，其水力负荷可达 $25 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，是初次沉淀池的 10 倍左右，明显提高处理效率，减少占地面积，同时排放的污泥由于经过浓缩，可减少污泥处理设施的规模，进一步降低造价。

同时通过对混凝剂的不同种类和不同投加量的试验，提出了合理的投加量，保证污水处理厂的正常运行，工程试验数据已在设计中应用，目前正在建设中，预计 2004 年可竣工投入运行。

※电话：(021)65986474

修回日期：2004-5-21

福州 2004 年将建 6 大环保项目

2004 年福州市将重点加强环保硬件设施的建设，整个环保投资在今年全市所有投资计划中占 70%。

今年的六大在建环保项目分别是，以提高大学城及周边居民的饮水质量为目的的大学城清源水厂，福清污水处理厂，长乐污水处理厂，正在进行的内河整治工程，日处理垃圾 1 000 t 的垃圾焚烧发电厂以及红庙岭垃圾场的沼气处理工程。其中，内河整治工程是今年的重点项目，福州市将清理整顿闽江大堤范围内的内河水域，彻底根除内河污染。

另外，福州市还安排了 6 个预备建设的环保项目，包括南台岛内河整治工程，洋里污水处理厂二期工程，连坂污水处理厂厂区与厂外管网部分，福清江阴工业区的污水处理厂，闽侯县污水处理厂，红庙岭垃圾场渗滤改造工程。

(水 工)