

# 进水水质波动条件下污水处理厂除磷工艺试验研究

林伟鹏

(同济大学环境科学与工程学院, 上海 200000)

**摘要** 位于工业园区的污水处理厂时常受到进水总磷波动, 对生化处理系统的正常运行造成很大的影响, 导致出水水质超标。本试验对福州市青洲污水处理厂的生化处理段和高效沉淀池进行除磷药剂投加试验研究, 结果表明, 在生化处理系统投加 75kg/d 一澄新型除磷药剂, 并在高效沉淀池投加 25mg/L 聚合氯化铝和 0.45mg/L 的聚丙烯酰胺药剂, 同时调整滤布滤池运行模式, 能够有效改善出水总磷波动的现状, 保证出水 SS、总磷指标稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 的一级 A 标准。

**关键词** 进水波动; 生化处理段; 高效沉淀池; 除磷药剂; 出水水质

中图分类号: X78

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)04-0056-04

目前我国城镇污水处理厂的运行经验丰富, 处理效果稳定, 但接纳工业污水的污水处理厂特别是位于各经济开发区内的污水处理厂水质、水量变化大, 时常受到不利于微生物生长的有毒有害物质冲击<sup>[1]</sup>。本文以青洲污水处理厂为研究对象, 该厂的主体工艺为氧化沟, 深度处理工艺为高效沉淀池和滤布滤池。青洲污水处理厂位于福州市马尾区工业园区, 该园区靠近港口, 海鲜市场及加工业为园区内主要产业, 故该区域管网碳、磷等污染物浓度相较福州市其他污水处理厂偏高, 进水总磷日平均值达 6mg/L, 远超进水设计值, 且水质波动时间不固定, 水质冲击情况多变。根据污水处理厂水质稳定达标和节能降耗的要求以及实际运行特点<sup>[2]</sup>, 对该厂氧化沟和高效沉淀池除磷药剂进行投加试验以探寻工艺运行的最适加药量是很有必要的。

## 1 氧化沟除磷药剂投加试验

### 1.1 进水总磷成分测定

进水水质波动, 将导致二沉池出水水质波动较大, 加大高效沉淀池的运行压力。Calvo-Lopez 等人在其工程实践的现场安装正磷酸盐测定仪, 对正磷酸盐进行实时测定<sup>[3]</sup>, 为青洲污水处理厂二沉池出水水质管理带来了良好的思路。

为了了解青洲污水处理厂的水质特点, 对青洲污水处理厂进水正磷酸盐、颗粒态磷和总磷分别进行检测, 发现正磷酸盐检测值为总磷检测值的 74.0%, 其余为颗粒态磷, 说明青洲污水处理厂的总磷以正磷酸盐

为主, 这为青洲污水处理厂使用新型除磷固体药剂辅助生物除磷的思路提供了依据。

针对青洲污水处理厂磷的成分以及生化系统出水总磷波动较大的问题, 青洲污水处理厂采用二沉池出水处安装在线正磷酸盐测定仪(测量周期 10min/次), 并在氧化沟投加一澄公司新型固体除磷药剂的运行模式。

### 1.2 新型除磷药剂对生化系统影响的应用性研究

由一澄环境科技(武汉)有限公司研发的新型除磷药剂是一种现代材料学还原表面沉积的制备工艺而制成的具有高的比表面积、高化学及生物催化活性的固体粉剂, 具有缓释作用。根据对污泥呼吸速率、污泥沉降性等方面研究分析, 认为该新型除磷材料对生物活性和污染物处理效果没有影响<sup>[4]</sup>, 且该药剂为多孔隙结构, 呈现不规则表面, 使其易附着在活性污泥上, 并吸附颗粒态磷, 投加该药剂至氧化沟内能够满足化学除磷的高效性, 同时避免了除磷药剂对生物除磷效果的削弱。

#### 1.2.1 试验概况

本次试验从 2021 年 12 月 6 日开始投加新型除磷药剂, 试验期间每日投加固体新型除磷药剂至氧化沟配水井, 数据统计从 12 月 6 日起算。12 月 6 日至 30 日投加 200kg/d, 12 月 31 日至 1 月 12 日投加 175kg/d, 1 月 13 日至 1 月 22 日投加 150kg/d, 1 月 23 日至 2 月 23 日投加 125kg/d, 2 月 24 日至 3 月 5 日投加 100kg/d, 3 月 6 日至 4 月 11 日投加 75kg/d。数据统计期间二沉池出水正磷酸盐基本稳定在 0.5mg/L 以下、平均为

表 1 使用新型除磷药剂后生化处理段主要污染物指标去除情况

时间	COD <sub>cr</sub> 去除率 (%)	总氮去除率 (%)	氨氮去除率 (%)	总磷去除率 (%)
2021 年 12 月	92.23	70.27	95.10	72.23
2022 年 1 月	92.54	76.80	96.13	71.98
2022 年 2 月	91.99	73.23	97.90	72.66
2022 年 3 月	93.44	72.77	95.61	74.18

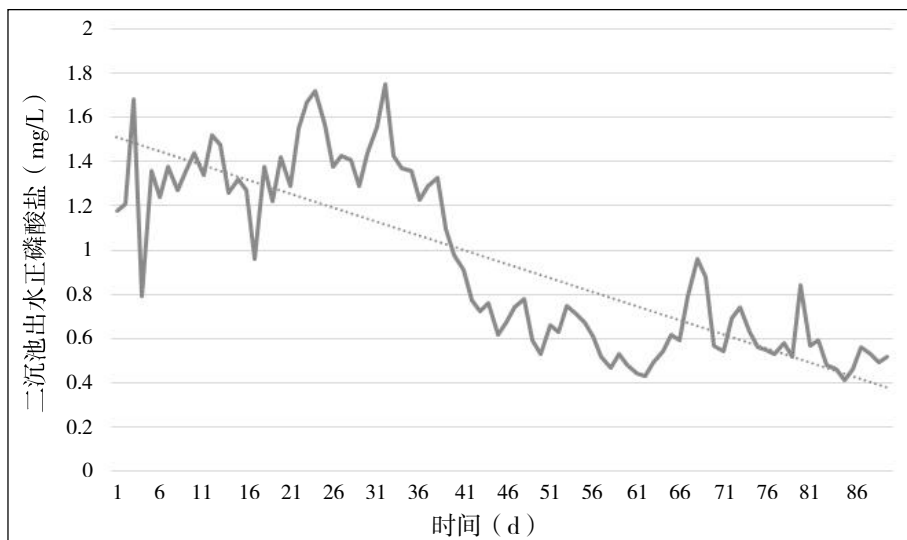


图 1 新型除磷药剂投加前后二沉池出水正磷酸盐测量值

0.37mg/L, 出水总磷基本在 0.3mg/L 以下、平均为 0.16mg/h; 平均进水总磷为 4.78mg/L, 平均进水量为 21087m<sup>3</sup>/d。

本试验通过各项生产指标变化来分析其对生化系统的影响。

#### 1.2.2 该药剂对主要污染物去除率的影响

表 1 列出了除磷药剂投加后生化处理段主要污染物指标的去除情况。各污染物指标去除率变化很小, 说明新型除磷药剂对各污染物的去除没有产生不利影响。

#### 1.2.3 新型除磷药剂对微生物的影响

在投加新型除磷药剂前, 氧化沟 A 池活性污泥微生物数量经校正计测约 840 个/mL, B 池约 740 个/mL, 数量中等。投药 1 个月后, A 池微生物数量减少至 240 个/mL, 数量极少, B 池与投药前相比变化不大, 投药 2 个月后, A 池和 B 池微生物量都明显增大, 分别达到 3960 和 5200 个/mL。投药 3 个月后, 微生物数量和种类与前一个月相比差别不大, 种类主要为处理良好状态下出现的生物 (楯纤虫、钟虫等) 及负荷低或污泥停留时间长状态下出现的生物 (表壳虫、轮虫等), 这两类微生物占了总量的 97% 以上, 尤其是表壳虫数量很多, 说明处理状态良好但污泥停留时间长, 存在污泥堆积区。

#### 1.2.4 新型除磷药剂对污泥沉降性的影响

除磷药剂投加后, 将 2022 年与 2021 年的运行数据进行对比, 发现 2021 年 12 月至 2022 年 3 月期间 SV30、SVI 等指标与实验前相比变化较小, 说明该药剂对生化系统的污泥沉降性能不会造成较大影响。

#### 1.3 新型除磷药剂生产性试验

根据 1.2 的试验结果, 进行新型除磷药剂的生产规模试验, 每天 6:00 和 17:00 各投加 37.5kg 该药剂至氧化沟配水井。同时, 安装二沉池正磷酸盐测定仪能够有效地掌控二沉池出水的瞬时正磷酸盐的情况, 新型除磷药剂投加前后二沉池出水正磷酸盐测量值如图 1 所示。

由图 1 可知, 投加了新型除磷药剂后, 二沉池出水总磷较为稳定, 在 0.4~0.9mg/L 之间浮动。在二沉池加装正磷酸盐测定仪以及在氧化沟投加新型除磷药剂两项措施相配合, 能够有效降低高效沉淀池处理压力。

## 2 高效沉淀池加药量调整

高效沉淀池试验以青洲污水处理厂二沉池出水作为原水, 利用磁力搅拌器对多组原水进行试验, 通过模拟不同药剂投加量, 模拟高效沉淀池的处理过程, 最后

表2 PAC投加量改变对处理效果的影响对比

PAC 药剂投加量 (mg/L)	TP (mg/L)	SS (mg/L)
0	0.84	26
10	0.64	6
15	0.53	5
20	0.57	5
25	0.46	6
30	0.37	5
40	0.31	5

表3 PAM投加量改变对处理效果的影响对比

PAM 药剂投加量 (mg/L)	TP (mg/L)	SS (mg/L)
0	0.84	26
0.2	0.46	23
0.3	0.43	22
0.4	0.46	19
0.5	0.44	12
0.6	0.45	7

通过检测出水SS、TP两个指标,作为试验效果的依据。<sup>[5]</sup>

### 2.1 药剂投加小试

#### 2.1.1 聚合氯化铝(PAC)药剂试验

取青洲污水处理厂污泥泵房样品100mL与二沉池水样2400mL混合,控制污泥浓度约500mg/L,混合完全后用烧杯取1000mL作为试验水样,置于磁力搅拌机上,分别加入不同量的液体聚合氯化铝(PAC)药剂并以200r/min搅拌1.5min,并加入配比为3mg/L的PAM药剂,投加量为0.5mg/L,并以60r/min搅拌11min;静沉30min。各试验参数及处理效果详见表2。

由表2可知,PAC投加量在25-30mg/L时,工艺配合后端滤布滤池可以实现出水水质达标。

#### 2.1.2 聚丙烯酰胺(PAM)药剂试验

取试验水样置于磁力搅拌机上,加入20mg/L液体聚合氯化铝(PAC)药剂并以200r/min搅拌1.5min,加入配比为3mg/L的PAM药剂,投加量不同,并以60r/min搅拌11min;静沉30min。各试验参数及处理效果详见表3。

由表3可知,PAM投加量在0.5mg/L以上时,工艺配合后端滤布滤池可以实现出水水质达标。

### 2.2 高效沉淀池生产规模试验

现状两座高效池的加药量根据2.1的结果,设置PAC(有效含量10%)加药量为25mg/L,配药比为3mg/

L的PAM加药量为0.5mg/L。经过调整后,青洲污水处理厂的出水水质可稳定达标。<sup>[6]</sup>

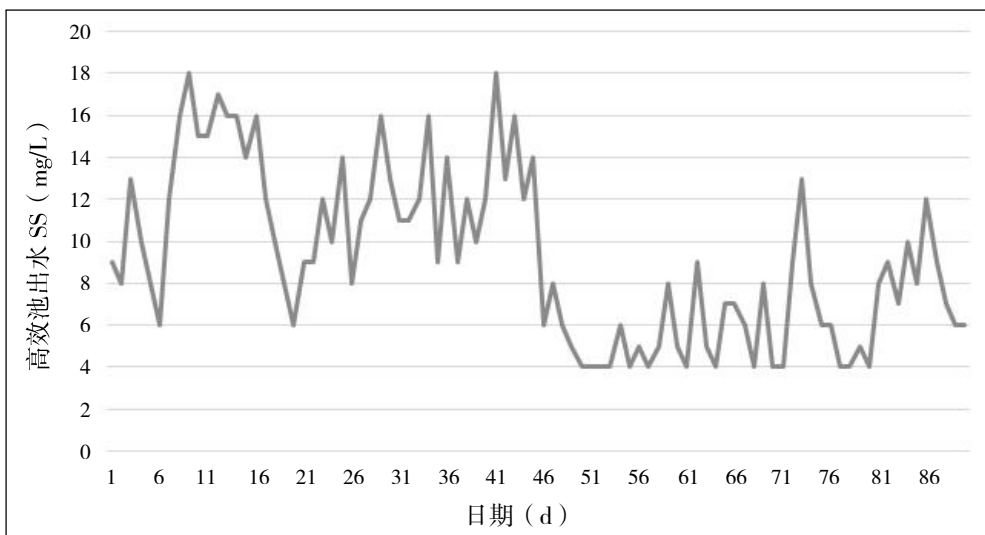
综上所述,可认为高效沉淀池模拟试验的结果对于工程试验研究是同样适用的,但高效池模拟运行试验未能考虑滤布滤池的工艺特点。出于水质安全风险管控考虑,参考运行经验将PAM加药量从0.5mg/L调整为0.45mg/L,并将滤布滤池反冲洗液位从3.4m调整为3.3m,反冲洗周期由调整前的平均243min清洗一次变化为216min清洗一次以保证出水水质稳定达标。<sup>[7]</sup>

### 3 结论

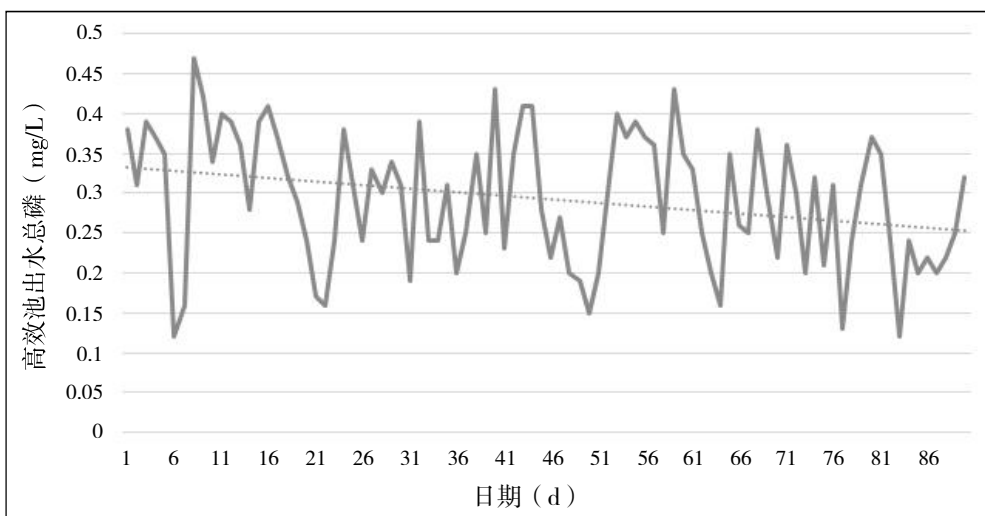
1. 在氧化沟投加75kg/d的新型除磷药剂,配合二沉池加装正磷酸盐测定仪等现场控制仪表,可对生化系统出水总磷起到良好的监控作用,新型除磷药剂投加后二沉池出水总磷由1.4mg/L下降至0.4-0.9mg/L,有效地降低了后端高效沉淀池运行压力。

2. 滤布滤池的正常运行与出水水质达标息息相关,控制PAM配比为3mg/L的PAM,投加量为0.45mg/L时,配合后端滤布滤池工艺调整,可保证出水水质达标。

3. 通过高效沉淀池的模拟运行小试和生产规模试验,对药剂投加量进行模拟,发现在设计流量范围内,进水总磷为6mg/L且在前端投加新型除磷药剂的情况下,高效沉淀池PAC投加量在25-30mg/L,出水总磷可稳定达标。



(a) 调整前后高效池出水 SS 情况



(b) 调整前后高效池出水 TP 情况

图 2 调整前后出水 SS、TP 情况

4. 新型除磷药剂的主要成分为铁, 呈电中性, 在生化池内逐步氧化生成亚铁离子和铁离子, 其对设备的腐蚀效果是值得进一步研究的。

**参考文献:**

[1] 陈婷婷, 彭玉梅, 沈丹杰, 等. 城镇污水处理厂进水水质波动解析及污染控制技术研究 [J]. 科技与创新, 2022(14):154-156.  
 [2] 常江, 杨岸明, 甘一萍, 等. 城市污水处理厂能耗分析及节能途径 [J]. 中国给水排水, 2011,27(04):33-36.  
 [3] MACJ Calvo-Lopez. Soluble reactive phosphorous determination in wastewater treatment plants by automatic

microanalyzers[J]. Talanta: The International Journal of Pure and Applied Analytical Chemistry, 2021(221):121508.  
 [4] 曾祥专, 陈晋, 李宝宏, 等. 新型除磷材料在高含磷废水处理中的应用实践 [J]. 给水排水, 2021(S02):047.  
 [5] 赵莎, 陈传运, 刘文, 等. 城市污水处理厂化学强化除磷药剂的应用比较 [J]. 科技与创新, 2023,218(02):163-165.  
 [6] 王刚, 李魁晓, 许骥, 等. 城镇污水处理厂 3 种除磷方式耦合除磷效果研究 [J]. 环境污染与防治, 2022,44(11): 1457-1461.  
 [7] 陶珺. 高效沉淀池与滤池组合工艺在污水处理厂总磷超低排放的应用 [J]. 净水技术, 2022,41(S2):66-70.