

前置/同步化学除磷对A²/O工艺除污染效能与活性污泥性能的影响研究

研究生：刘旭林；导师：张立秋 教授



研究背景

近年来，我国由富营养化引起的水体污染问题正在不断增加，因此对水体富营养化的重要限制性营养因子-磷的排放必须严格控制。采用传统A²/O工艺处理城市污水，其出水总磷浓度通常在1.0 mg/L左右，无法达标排放，因此化学与生物除磷耦合工艺就成为解决城镇污水处理厂磷达标排放的重要途径。

研究内容

- 前置化学除磷对A²/O工艺除污染效能与活性污泥性能的影响；
- 同步化学除磷对A²/O工艺除污染效能与活性污泥性能的影响；
- 前置与同步化学除磷工艺的对比分析。

研究方法

实验室反应器搭建



图1 A²/O装置实体图

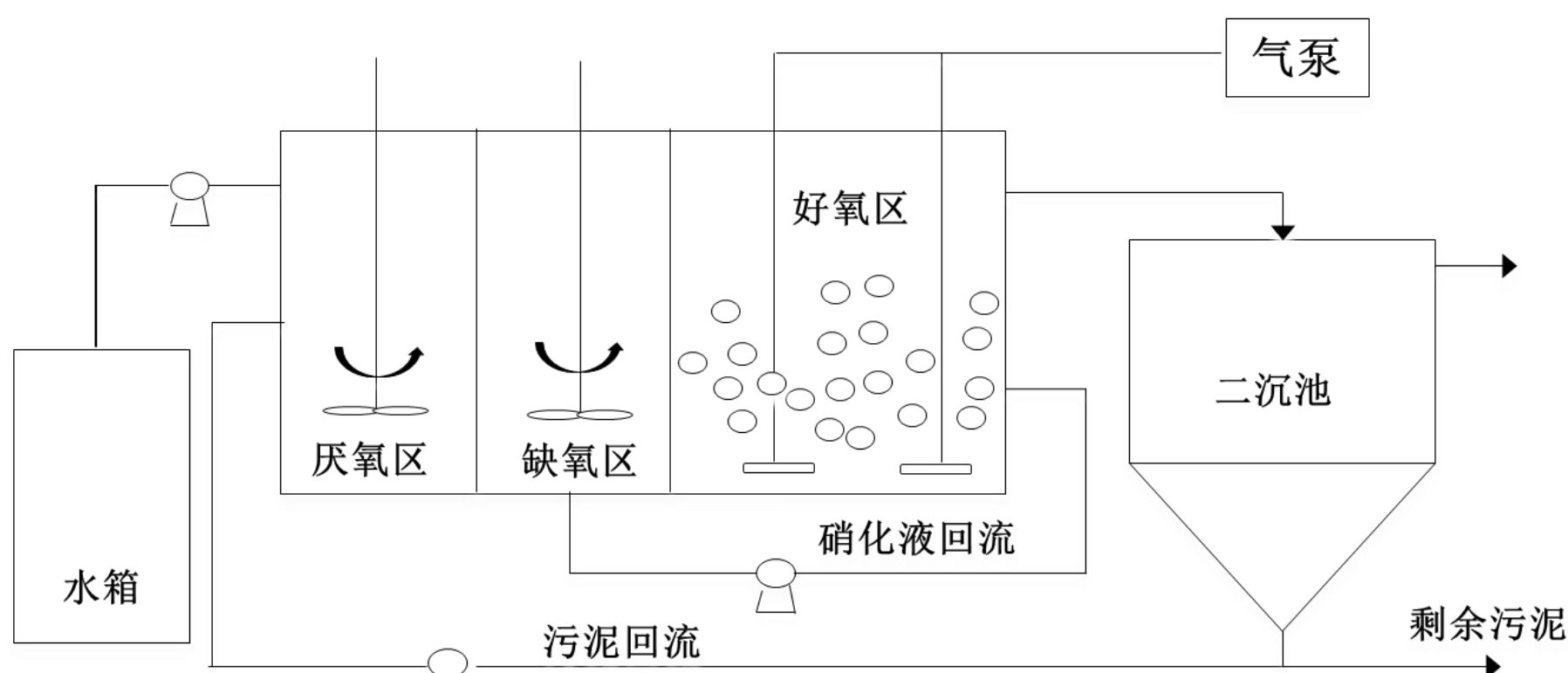


图2 A²/O装置示意图

试验运行方案

指标检测

前置化学除磷

常温条件

阶段 I(28d): 未投药
阶段 II(14d): 铝磷摩尔比1:1
阶段 III(14d): 铝磷摩尔比0.5:1
阶段 IV(14d): 铝磷摩尔比1:1

低温阶段

阶段 I(28d): 未投药
阶段 II(14d): 铝磷摩尔比1:1
阶段 III(14d): 铝磷摩尔比1.5:1

同步化学除磷

常温条件

阶段 I(28d): 未投药
阶段 II(14d): 铝磷摩尔比0.5:1
阶段 III(14d): 铝磷摩尔比0.25:1
阶段 IV(14d): 铝磷摩尔比0.5:1

低温阶段

阶段 I(28d): 未投药
阶段 II(14d): 铝磷摩尔比0.5:1
阶段 III(14d): 铝磷摩尔比1:1

常规水质指标

TP、NO₃⁻-N、NO₂⁻-N、
NH₄⁺-N、TN、COD

污泥系统测定

SVI、Zeta电位、比耗氧速率、
镜检、EPS含量、微生物群落
结构

结果分析

前置化学除磷对除污染效能影响

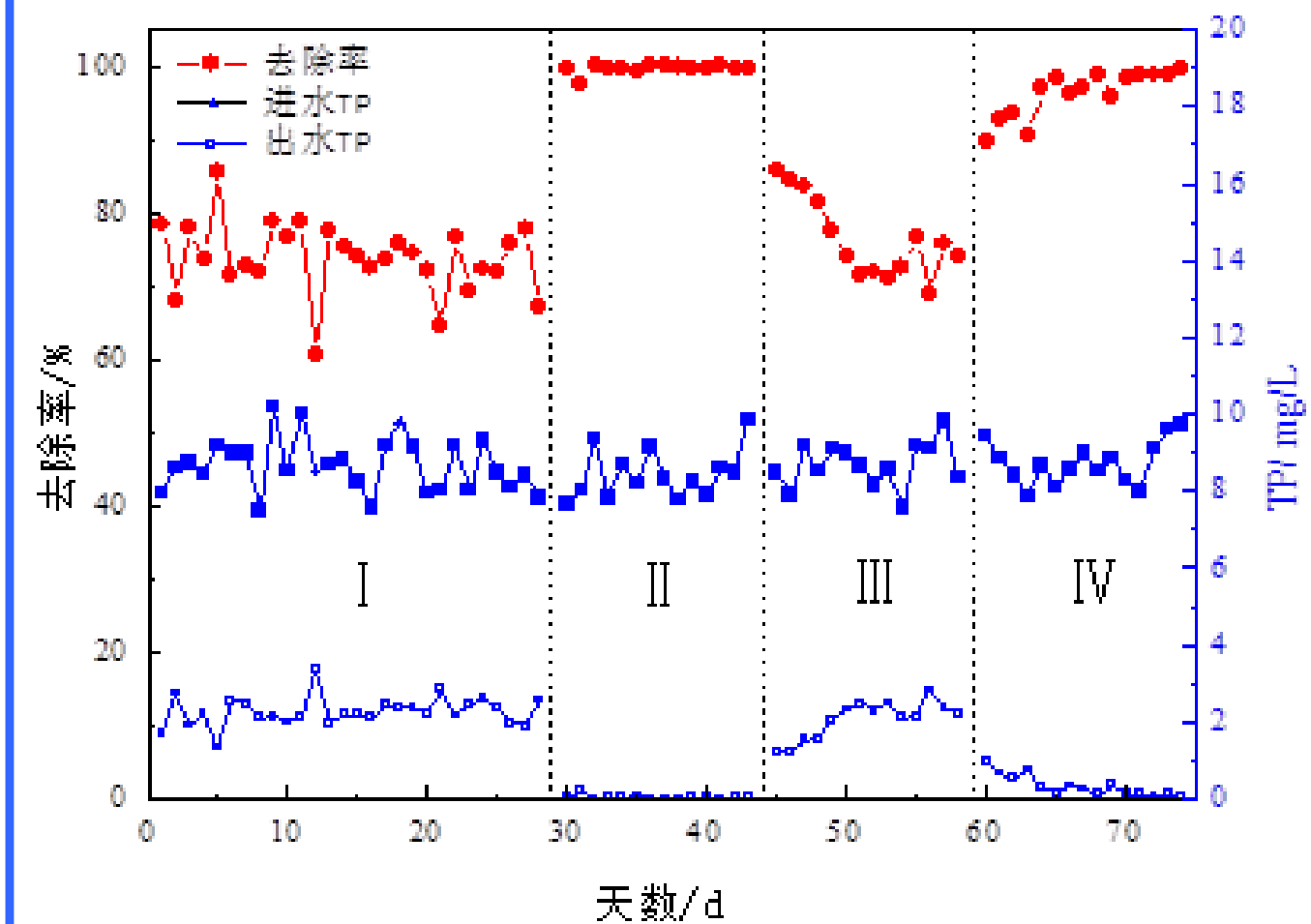


图3 常温下TP的去除效果

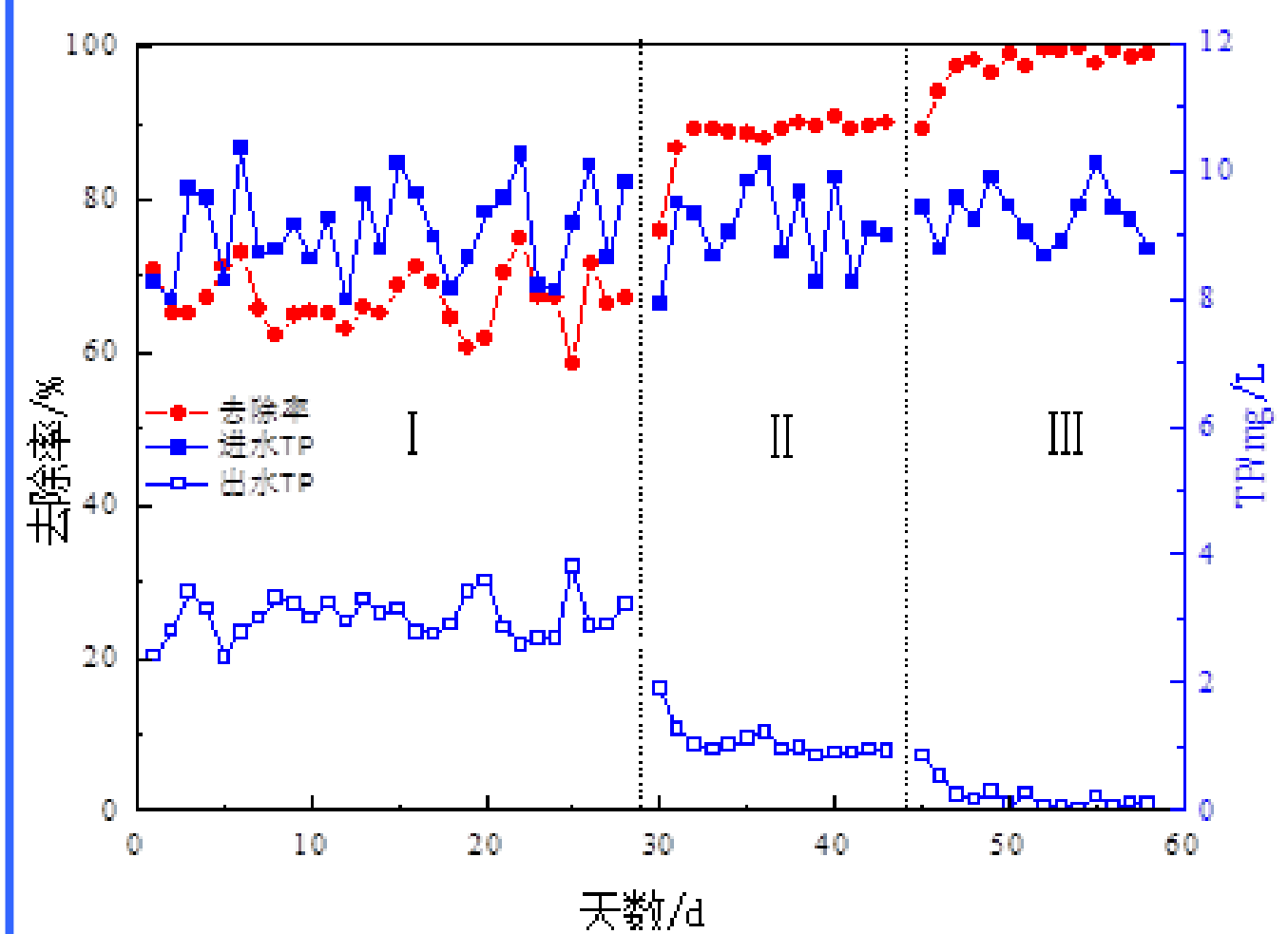


图4 低温下TP的去除效果

- 常温及低温条件下投药前后COD、TN、NH₄⁺-N浓度均能达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级A标准。

常温前置化学除磷对活性污泥性能影响

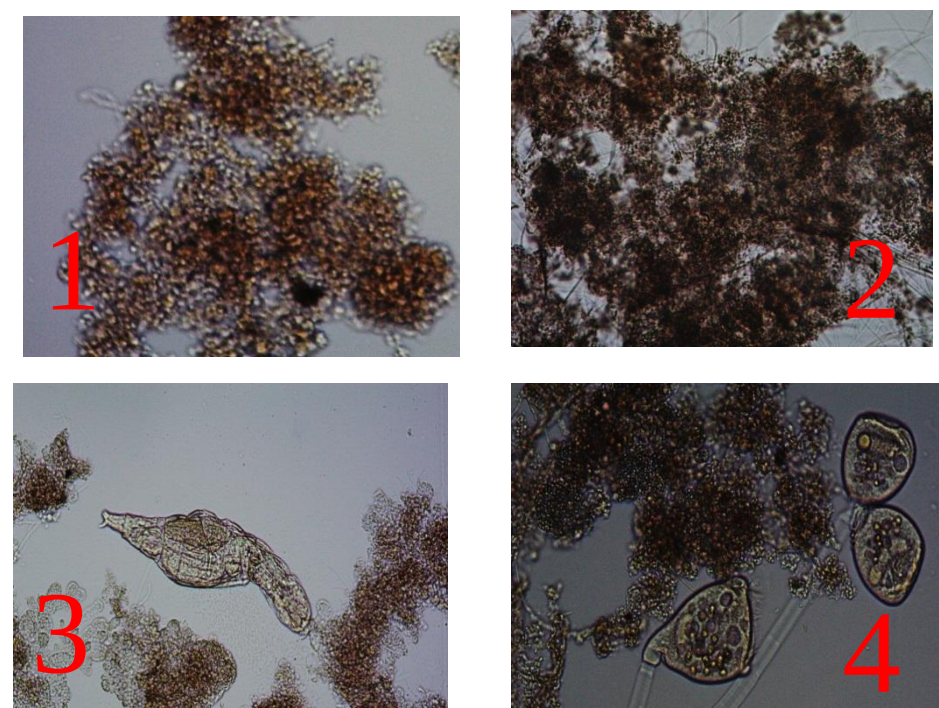


图5 常温下Al₂(SO₄)₃投加对活性污泥性状影响

- 投药后SVI值降低，污泥沉降性能变好。
- 投药后比好氧吸收速率升高，污泥活性增加。
- 投药后EPS总量增加、蛋白/多糖比值降低，污泥沉降性能变好、脱水性能变好。
- 投药后微生物丰度降低，拟杆菌和绿弯菌的比例上升。
- 投药后硝化菌、反硝化菌和聚磷菌的比例有所降低。

同步化学除磷对除污染效能影响

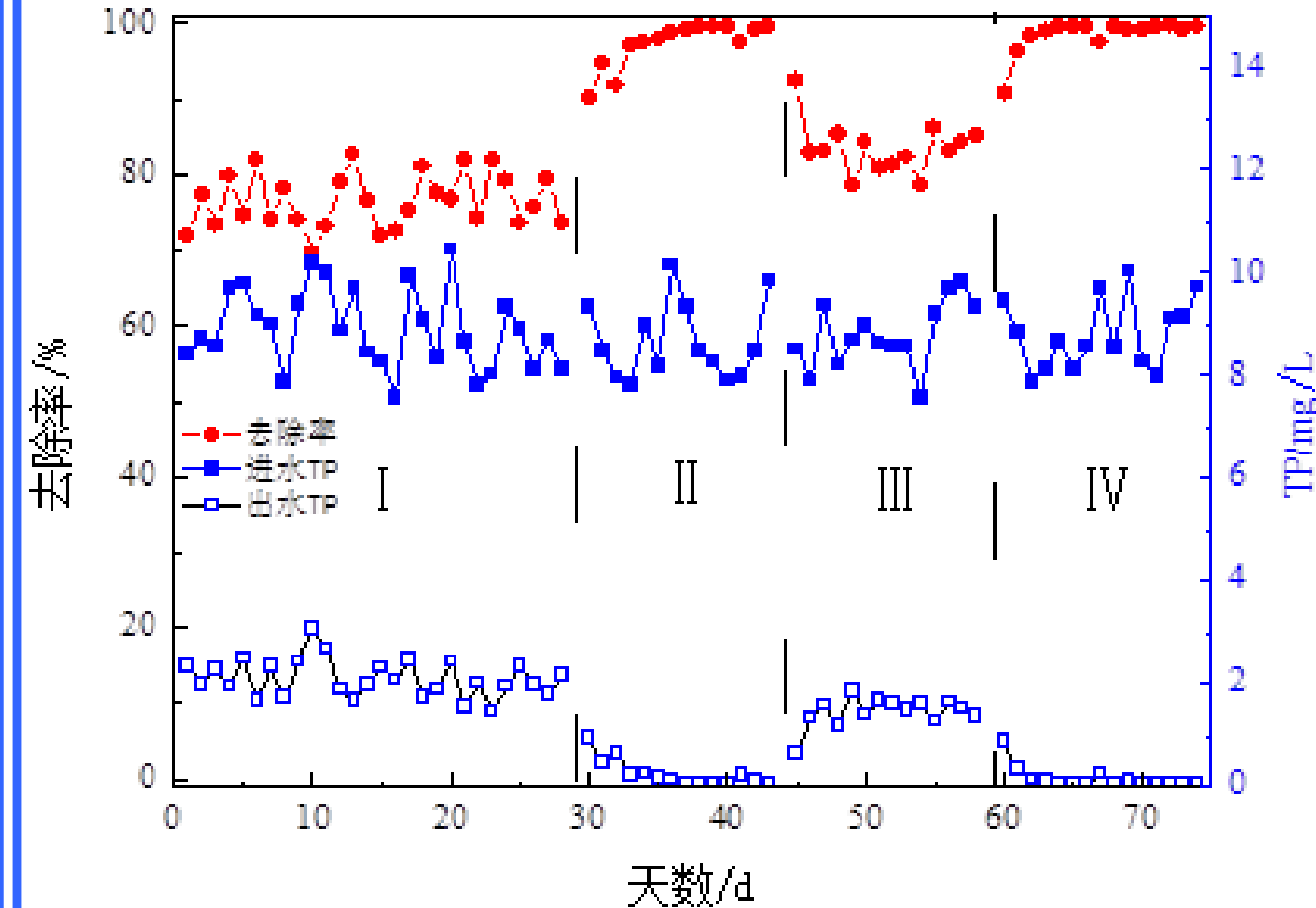


图6 常温下TP的去除效果

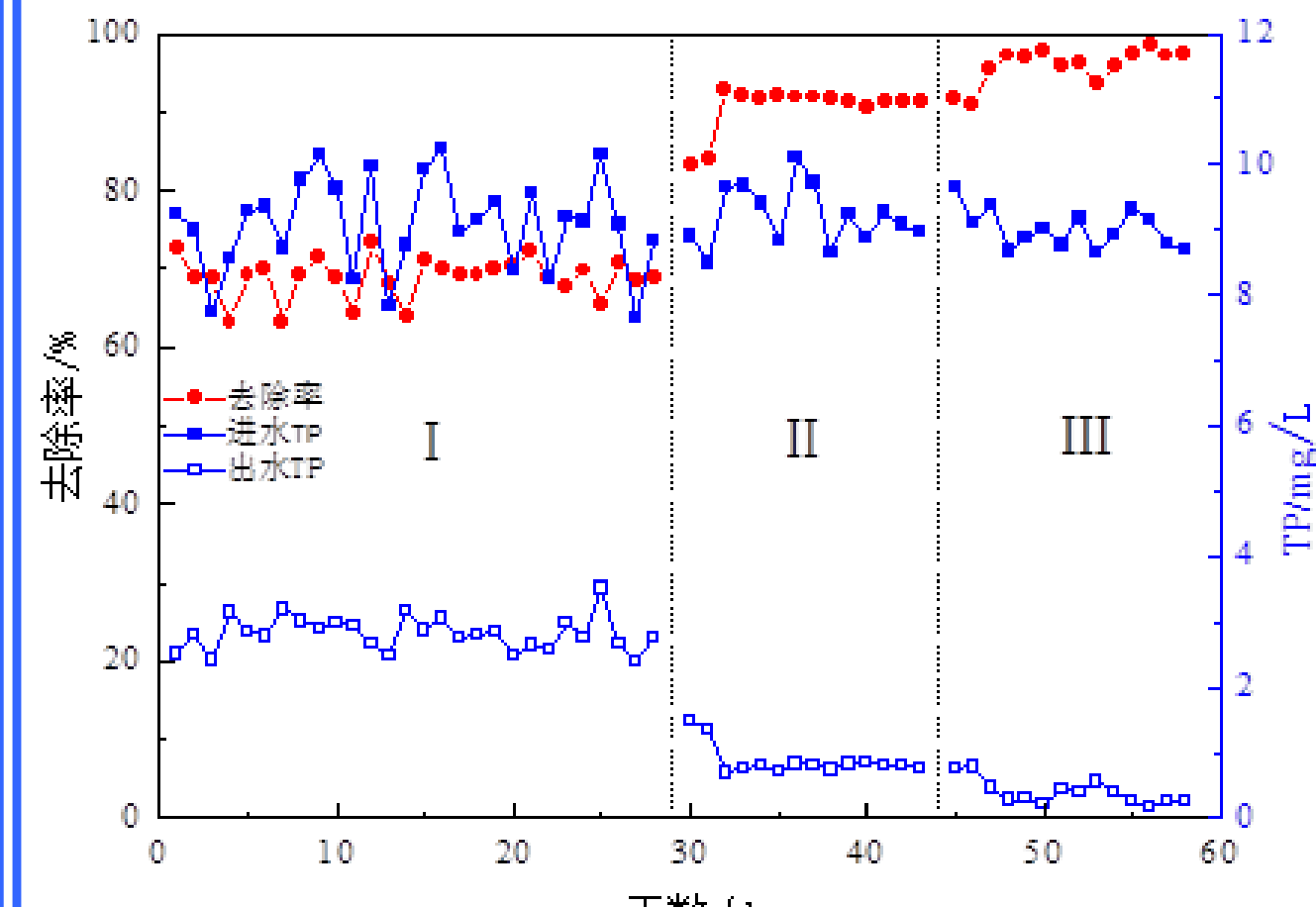


图7 低温下TP的去除效果

- 常温及低温条件下投药前后COD、TN、NH₄⁺-N浓度均能达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级A标准。

常温同步化学除磷对活性污泥性能影响

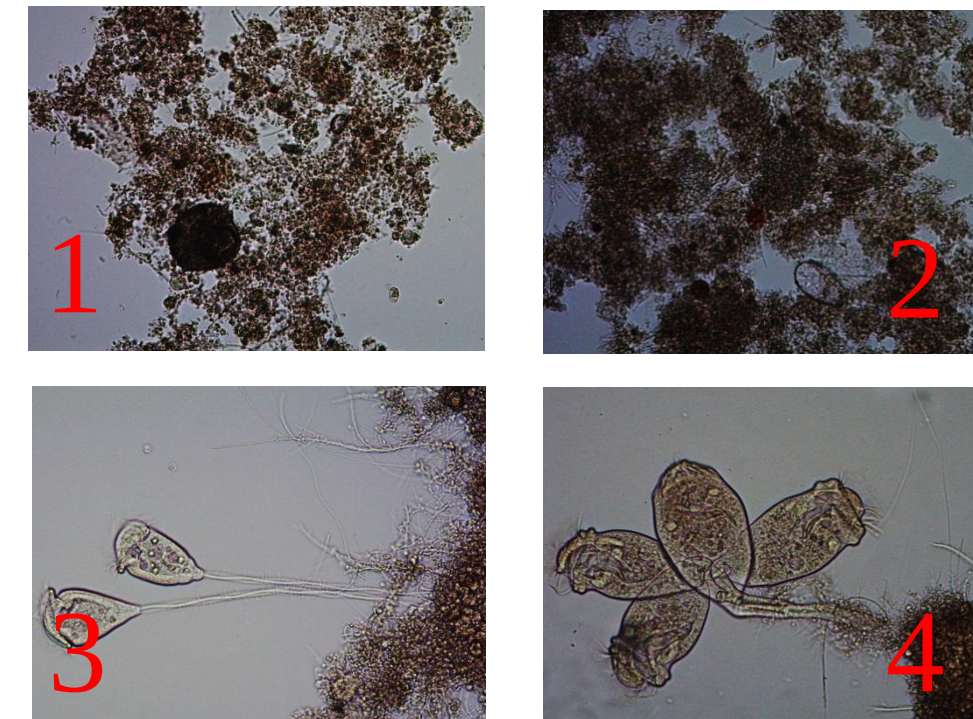


图8 常温下Al₂(SO₄)₃投加对活性污泥性状影响

- 投药后SVI值降低，污泥沉降性能变好。
- 投药后比好氧吸收速率升高，污泥活性增加。
- 投药后EPS总量增加、蛋白/多糖比值降低，污泥沉降性能变好、脱水性能变好。
- 投药后微生物丰度降低，蓝藻和迷踪菌消失。
- 投药后硝化菌、反硝化菌比例降低，聚磷菌比例增加。

前置化学除磷与同步化学除磷工艺的比较

除污染效能

- 常温前置化学除磷工艺适宜的投量为铝、磷摩尔比1:1，出水TP、COD、TN、NH₄⁺-N全部达到一级A标准。低温前置化学除磷工艺适宜的投量为铝、磷摩尔比1.5:1。
- 常温同步化学除磷工艺适宜的投量为铝、磷摩尔比0.5:1，出水TP、COD、TN、NH₄⁺-N全部达到一级A标准。低温同步化学除磷工艺适宜的投量为铝、磷摩尔比1:1。

活性污泥性能影响

- 常温条件下，前置与同步化学除磷工艺对系统活性污泥性能影响的变化趋势几乎是一致的。

表1 前置与同步化学除磷工艺活性活性污泥性能对比

分析项目	投药前*	前置化学除磷	改变量	同步化学除磷	改变量
SVI值/ mL/g	87.4/93.75	74.2	-15%	81.25	-13%
Zeta电位/mV	-4.73/-5.5	-7.16	-2.43	-11.8	-6.3
比耗氧速率/ mg(O ₂)/(g(MLSS)·min)	3.185/4.246	3.462	0.277	6.732	2.486
EPS总量/ mg/gVSS	66.25	105.24	38.99	105.9	39.65
蛋白/多糖	5.23	2.09	-60%	2.2	-58%
污泥指示生物	轮虫/钟虫	钟虫		畸形钟虫	
微生物丰度（种）	8	5	-3	6	-2
微生物丰度（属）	硝化菌、反硝化菌、聚磷菌	硝化、反硝化菌及聚磷菌比例均降低		硝化、反硝化菌比例降低，聚磷菌比例增加	

投药成本

- 前置化学除磷工艺常温下药剂成本约为0.24元/t，低温下药剂成本为0.36元/t。
- 同步化学除磷工艺常温下药剂成本约为0.12元/t，低温下药剂成本为0.24元/t。

结论

- 常温下A²/O前置化学除磷工艺在铝、磷摩尔比1:1时，出水TP、COD、NH₄⁺-N、TN实现达标排放，并且投药后活性污泥性能的改变，有利于适应性微生物的稳定生长，反应器从而能够稳定运行，低温下A²/O工艺适宜的投药量为铝、磷摩尔比1.5:1。
- 常温下A²/O同步化学除磷工艺在铝、磷摩尔比0.5:1时，出水TP、COD、NH₄⁺-N、TN均达到一级A排放标准，并且微生物能适应投药后污泥环境，保持稳定生长，系统实现稳定运行，低温下A²/O工艺适宜的投药量为铝、磷摩尔比1:1。
- 常温前置与同步化学除磷对活性污泥性能的影响大部分是相同的：污泥的沉降性、脱水性能、污泥活性变好，污泥密实性增加、颜色加深，污泥生物发生改变，微生物菌群门水平下微生物丰度降低，但在微生物菌群属水平下同步化学除磷工艺对硝化菌、聚磷菌的影响更小，且对聚磷菌的生长有促进作用。
- 常温和低温条件下A²/O工艺采用同步化学除磷更合理，常温A²/O工艺最佳投药量为铝磷摩尔比0.5:1，投药成本约为0.12元/t。低温A²/O工艺最佳投药量为铝磷摩尔比1:1，投药成本约为0.24元/t。

课题来源：国家水专项“洋河重污染河段污染物削减集成技术（2015ZX07203-005-05）课题”。

研究成果

- 刘旭林，李东，封莉，张立秋. A²/O工艺中前置化学除磷投药量的确定及其对活性污泥性能的影响. 水处理技术（已录用）。
- 李东，刘旭林，封莉，张立秋. 外加碳源和水力负荷对后置反硝化BAF工艺除污染效能的影响. 中国给排水（已录用）。