

聚合氯化铝对生物膜反应器挂膜及污染物去除影响研究

余善文

合肥工业大学设计院(集团)有限公司

摘要: 为探究絮凝剂对生物膜反应器挂膜和污染物去除的影响,在生物膜反应器中添加20mg/L聚合氯化铝,与未添加的反应器进行对比发现,聚合氯化铝可以促进生物膜吸附和稳定,使生物膜更加密实。絮凝剂对污水中化学需氧量(COD)、氨氮去除有一定促进作用,出水硝态氮浓度从未添加絮凝剂的2.64mg/L明显提升到6.82mg/L。在吸附作用下,絮凝剂添加对磷酸盐的去除效率从26.6%明显提升至97%。

关键词: 铝离子; 生物膜; 挂膜

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.11.113

生物膜法与活性污泥法相比,具有剩余污泥量低,生物量大,耐冲击能力强、操作灵活等优点,广泛应用于城市污水、工业废水和污水深度处理中。生物膜反应器启动的速度取决于挂膜的快慢,挂膜微生物及其代谢物在填料上聚集形成固着式活性生物系统的过程^[1, 2]。因此,如何提高挂膜过程微生物的黏附作用,保持生物膜稳定成为生物膜系统运行的关键^[2, 3]。

研究发现,添加铁离子对生物膜系统中氨氮的去除有一定积极作用^[4, 5],在生物膜系统启动时,添加金属阳离子有利于胞外聚合物的产生,从而促进挂膜过程^[6]。因此,本文选取聚合氯化铝(PAC)为研究对象,采用两个生物膜反应器作为对比,研究其对挂膜和污染物去除的影响,从而为实际生物膜系统的快速启动和高效稳定运行提供理论依据。

一、材料与方法

(一) 实验材料

实验使用的填料为弹性立体填料。

(二) 进水水质

进水采用人工合成废水。废水化学需氧量(COD)为400mg/L,氨氮为20mg/L,磷为4mg/L,有机物为醋酸

钠。

(三) 反应器运行

建立2个实验室规模的矩形有机玻璃材质的反应器装置(图1),体积为5.4L,连续流运行,其中R1添加20mg/L聚合氯化铝絮凝剂,R2不添加。



图1 反应器实物图

(四) 分析方法

各水质指标测定方法如下:COD,重铬酸钾分光光度法;NH₄⁺-N,纳氏试剂分光光度法;PO₄³⁻-P,钼酸铵分光光度法;NO₂⁻-N,N-(1-萘基)-乙二胺光度法;NO₃⁻-N,氨基磺酸分光光度法。

二、结果与讨论

(一) PAC对挂膜过程的影响



投加PAC

未投加PAC

图2 生物膜微观观察

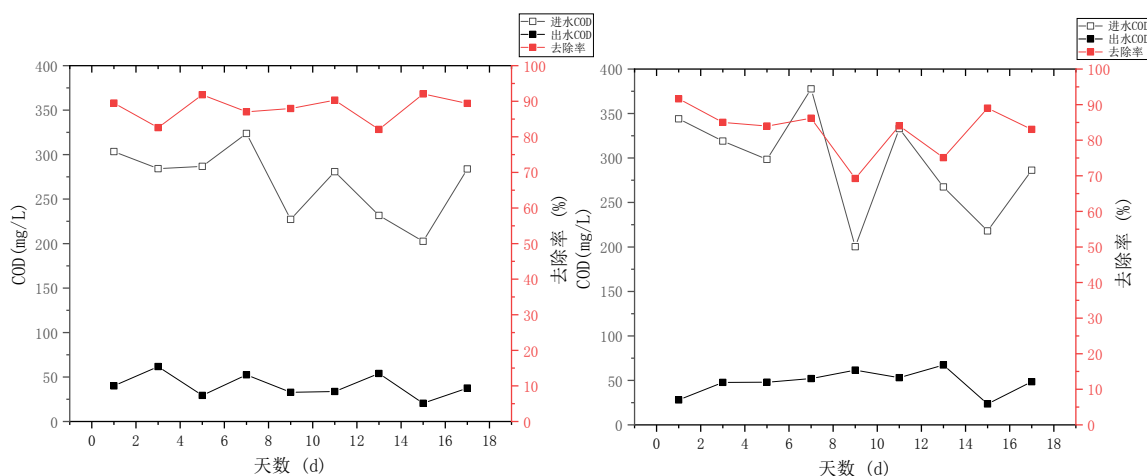


图3 PAC投加对COD_{Cr}去除率的影响(左图投加PAC)

两个反应器运行至16天基本达到稳定状态，肉眼可见添加PAC的反应器中生物膜挂膜较快，在40倍显微镜下观察可见，添加PAC后生物膜更加密实，生物量较多（图2），可以证实絮凝剂对挂膜有一定的促进作用。

(二) PAC对污染物去除效果研究

由图3可以看出，两组反应器在此实验条件下对

COD均有较好的去除效果，出水浓度均在70mg/L以下，COD去除率均在70%以上。其中投加PAC反应器中COD去除率稳定在88%左右，平均去除率较R2提高约6%，且去除效果较R2更稳定，去除率稳定于80%以上。实验结果表明，在向弹性立体填料上的生物膜系统中投加絮凝剂PAC，能够一定程度上提高COD的去除效果。

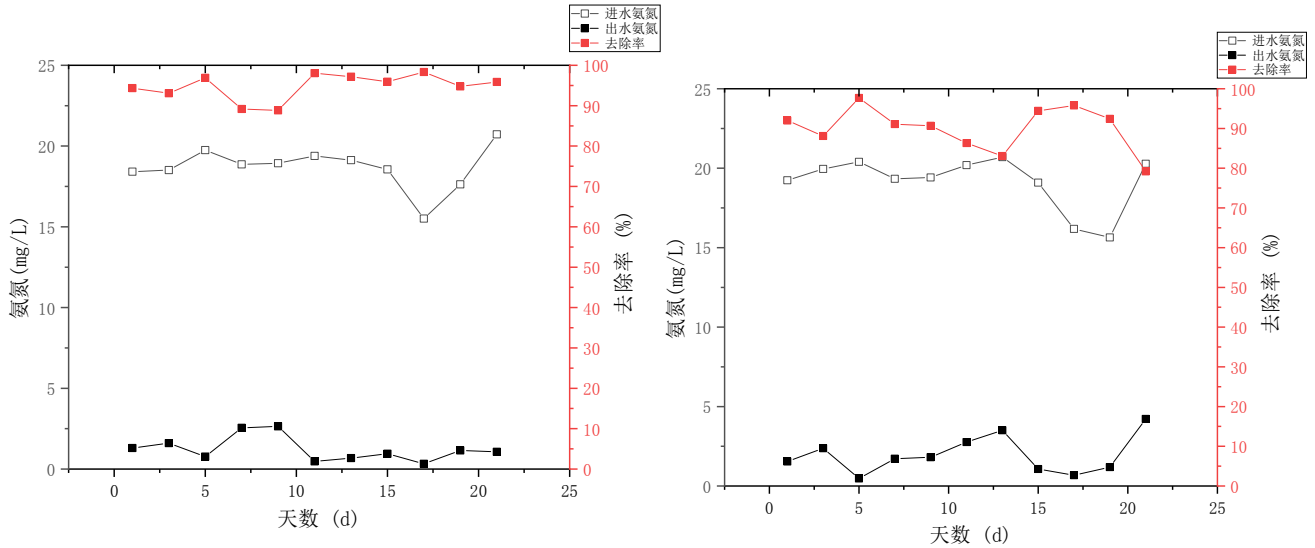


图4 PAC投加对NH₄⁺-N去除率的影响（左图投加PAC）

由图4可以看出，两组反应器在此实验条件下对NH₄⁺-N均有很好的去除效果，R1出水NH₄⁺-N浓度均在3mg/L以下，R2出水NH₄⁺-N浓度均在5mg/L以下两组反应器NH₄⁺-N去除率均在80%以上。其中投加PAC的R1反应器中NH₄⁺-N平均去除率较R2稍高，提高约5%，且去除效果较R2更稳定，去除率稳定在95%左右，而R2反应器中去除效果波动较R1更为明显。实验结果表明在向弹性立体填料上的生物膜系统中投加絮凝剂PAC，能够一定程度上提高NH₄⁺-N的去除效果。

投加20mg/L PAC对PO₄³⁻-P有较好的去除效果，出水

浓度在0.3mg/L以下，去除率稳定在93%以上，平均去除率达97%，随着时间的延长，去除效果逐渐变好。相比之下，未投加絮凝剂PAC的R2组对PO₄³⁻-P的去除效果较差，平均去除率仅仅达26.6%，且随着时间的延长，去除效果变差（图5）。由于实验全程曝气，缺乏厌氧环境，单独的生物除磷效果较差，通过添加絮凝剂耦合生物膜能实现较好的除磷效果。实验结果表明在向弹性立体填料上的生物膜系统中投加絮凝剂PAC，能够较大程度上提高PO₄³⁻-P的去除效果。

(三) PAC对氮的转化影响

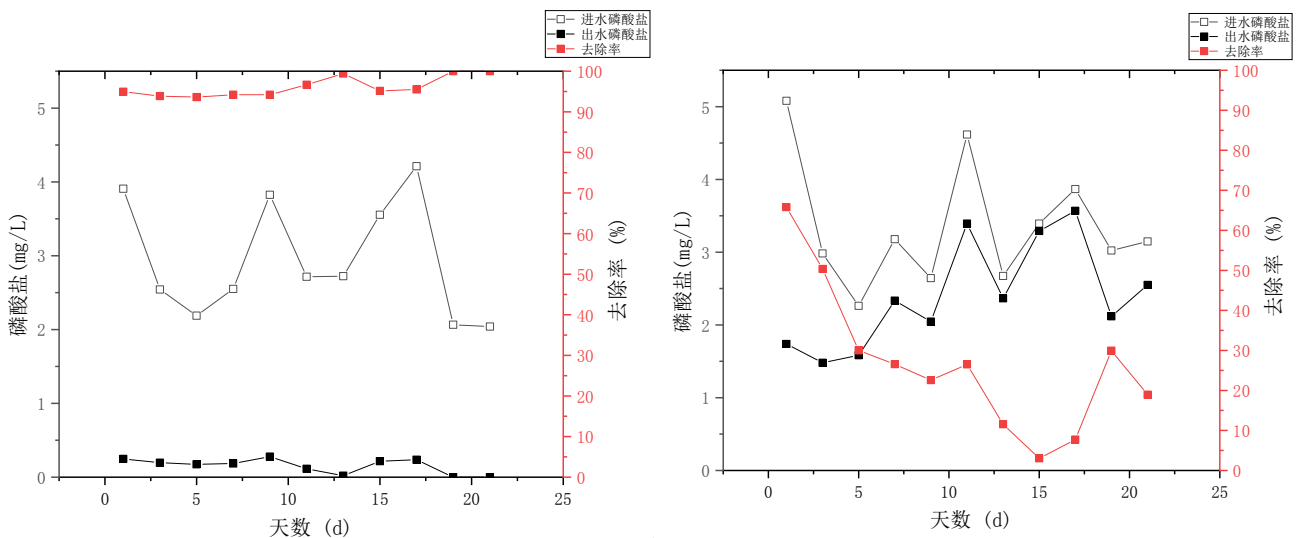


图5 PAC投加对PO₄³⁻-P平均去除率与絮凝剂投加关系（左图投加PAC）

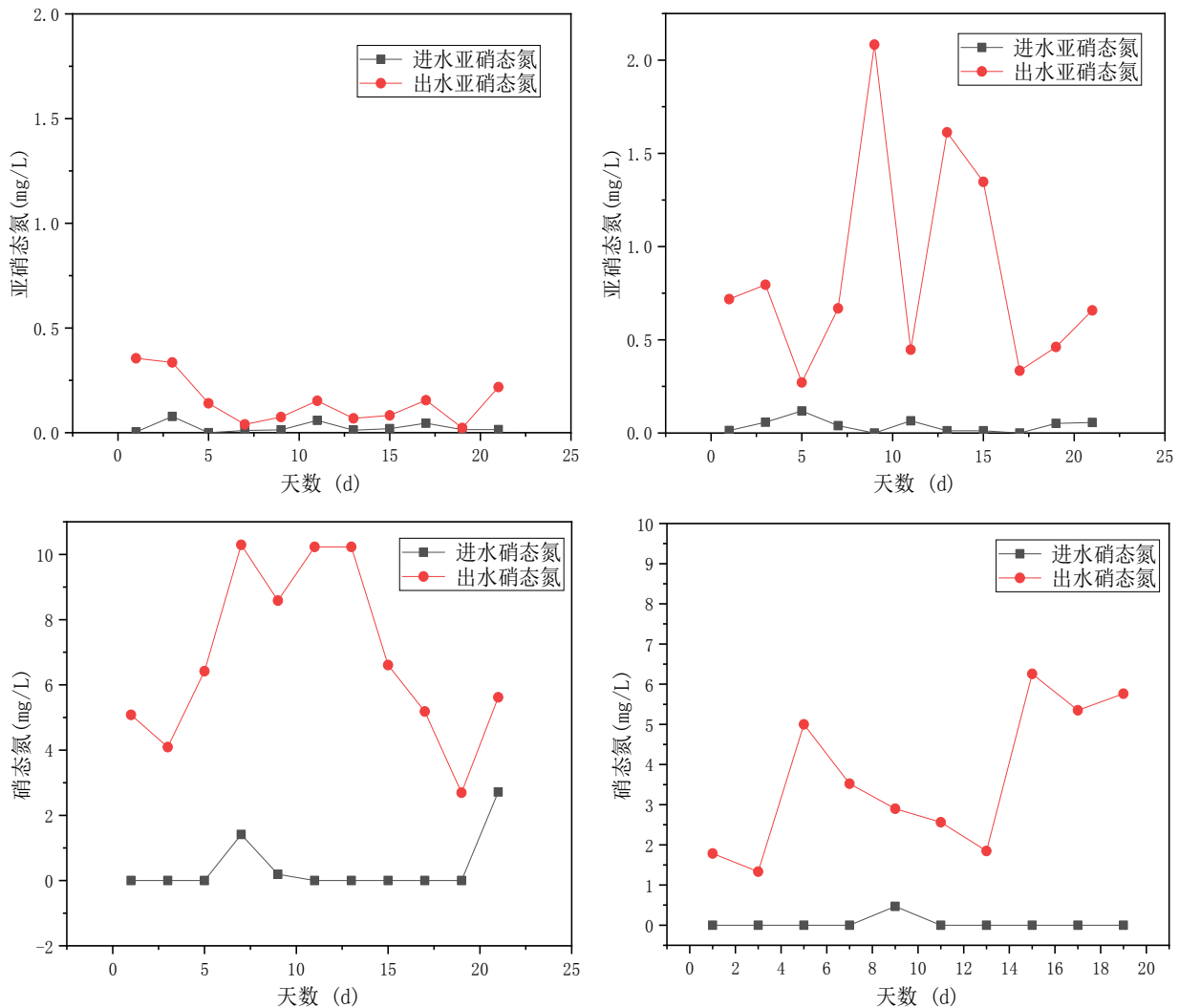


图6 PAC投加对氮转化的影响 (左图投加PAC)

通过对 NO_2^- -N、 NO_3^- -N的监测来探究运行过程中氮素的转化，由图6可知，投加PAC的反应器出水亚硝态氮浓度较进水提升较少，平均浓度约为0.15mg/L，而硝态氮浓度有明显增加，平均浓度约6.82mg/L，相比之下，未投加PAC的R2组出水亚硝态氮浓度较进水有较为明显的提升，平均浓度约0.85mg/L，硝态氮浓度也有明显增加平均浓度约2.64mg/L，由于反应器一直处于曝气条件下，缺乏厌氧环境，反硝化能力很弱，氨氮主要转化为硝态氮和亚硝态氮。由此说明投加絮凝剂可以使生物膜更加稳定，污泥龄较长，硝化细菌可以得以增殖，从而硝化作用明显。

三、结论

(1) 添加聚合氯化铝絮凝剂可以加速挂膜过程并提高生物量。

(2) 添加聚合氯化铝絮凝剂对COD和氨氮的去除效率和稳定维持有一定促进作用。

(3) 添加聚合氯化铝絮凝剂有利于增加污泥龄，有利于硝化细菌增殖，从而强化硝化作用。

参考文献

[1] 何强, 卢旺, 洪毅怡晖, 刘杰妮, 皇甫小留. 铁盐在城市排水系统中的综合使用研究进展[J/OL]. 环境工程学报, 2021(10): 1-9

[2] 胡小兵, 陈红伟, 聂勇, 李晶晶, 顾娴静, 苏浚文, 胡江楠, 王振振. 挂膜方法对生物膜特性及生化尾水深度处理的研究[J/OL]. 中国环境科学: 1-10[2021-11-17].

[3] 顾娴静. 低浓度生化尾水处理挂膜方法及生物膜稳定性研究[D]. 安徽工业大学, 2020.

[4] 周大为, 周康根, 陈伟, 欧日浩. 移动床生物膜反应器挂膜影响因素研究进展[J]. 水处理技术, 2019, 45(08): 16-20.

[5] 李萍. Fe³⁺对SBBR工艺去除模拟屠宰废水高氨氮的影响研究[D]. 大连理工大学, 2019.

[6] 赖信可. 镁、铝离子对生物膜及其胞外聚合物的作用规律研究[D]. 昆明理工大学, 2016.