

低温低浓度下城市污水活性污泥 自然培养和驯化

江建权, 杨殿海, 周 琪

(同济大学 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

摘 要: 介绍了交互式物化/生化反应器处理城市污水的工艺流程和特点。研究了交互式物化/生化反应器中试系统在低温低进水浓度(水温 13~17 ℃, 平均 COD_G 为 144 mg/L)和自然不接种的情况下, 利用生态絮凝剂聚硅硫酸铁和助凝剂聚丙烯酸进行活性污泥培养和成长的过程规律, 并在自然状态下(水温 17~23 ℃, 平均 COD_G 为 117 mg/L)对生成的活性污泥进行驯化。

关键词: 低温低浓度; 活性污泥; 交互式物化/生化反应器; 聚硅硫酸铁

中图分类号: X 703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-0679(2005)01-0001-04

当前, 我国南方一些地区及城市污水中有机物浓度偏低, 原水 BOD₅ 一般为 60~80 mg/L, 最高不超过 100 mg/L, 相对而言氮和磷的浓度却偏高^[1-3]。同济大学综合 Bardenpho、A²/O、氧化沟、CAST 活性污泥法以及 MSBR 等脱氮除磷工艺的特点, 针对低 COD、低 C/N 比和 C/P 比的城市污水开发了交互式物化/生化反应器。在反应器中试系统运行调试中, 课题组改变了传统的采用活性污泥接种的培养方法, 在自然条件下, 借助生态絮凝剂和助凝剂进行反应器活性污泥的培养和驯化, 为我国新建的大型污水处理厂的启动运行管理, 特别是采用各种新工艺的污水处理厂的调试, 积累了丰富的经验和数据, 对其它污水处理厂运行也很有指导意义。

1 试验设备和方法

1.1 试验源水与水质

试验采用武汉市经济技术开发区某污水泵站的污水作为处理对象。试验期间, 其主要水质指标见表 1。

表 1 源水水质指标 mg/L

	COD _G	BOD ₅	氨氮(NH ₃ -N 和 NH ₄ ⁺ -N)	总氮	TP	SS	水温 /℃	pH
测定值	28-273	18-66	2-42	9-62	1-12	34-270	13-23	7.17-7.42
平均值	140	52	24	32	4	71	-	7.3

1.2 试验装置

中试处理系统采用交互式物化/生化反应器, 其工艺流程如图 1 所示。该系统可以根据不同的水质和处理要求灵活地设置运行方式。串联运行时, 可以从预缺氧池、厌氧池和缺氧池根据进水的的水质情况以及脱氮除磷的要求按不同的比例进水, 为了优化脱氮除磷的效果, 混合液可以根据需要回流至厌氧池或者缺氧池。后曝气池可以好氧方式运行, 也可以缺氧方式运行, 主要根据后续物化池的运行方式而定。系统生化处理段出水磷可以达到排放标准时, 物化池不投加混凝剂仍采用曝气好氧运行方式; 污水经过生化处理后, 磷的浓度达不到排放要求时, 可以在该池中投加混凝剂进行化学除磷。在雨季, 根据污水水量大、营养物质浓度低

[收稿日期] 2005-01-21

[基金项目] 国家高技术研究计划: 城市污水处理与资源化技术研究及工程示范(2002AA601023)

[作者简介] 江建权(1980-), 男, 浙江东阳人, 硕士研究生。

的特点,系统可以按并联方式运行。污水从厌氧池、缺氧池和物化池按不同的比例进水。大部分污水进行生化处理,部分污水直接进入物化池进行混凝处理以加大反应器的处理能力。生化池也可以低氧节能的方式运行,充分体现了该工艺的一池多用性和运行灵活性。

1.3 检测分析项目

COD_{Cr}:重铬酸钾法;氨氮:纳氏试剂光度法;亚硝酸盐氮:磺胺-盐酸萘乙二胺法;硝酸盐氮:紫外分光光度法;总氮和总磷:过硫酸盐同时消解法;溶解性无机磷:磷钼蓝法;MLSS:滤纸重量法;SS:蒸气浴法;DO、水温:便携式溶氧仪;pH:酸度计。

2 结果与分析

2.1 活性污泥培养

试验中活性污泥按自然不接种的方式进行培养,分闷曝培养和动态培养两个阶段进行^[4,5]。

2.1.1 闷曝培养阶段(2月中旬~2月底) 在闷曝培养前期阶段,将污水加满整个反应器,进行曝气,然后静置 2 h,排放 1/2 容积的上清液;再加入新鲜污水,再曝气。如此重复几次以后,在

静置前 0.5 h 投加一定量的生态絮凝剂聚硅硫酸铁,利用曝气进行搅拌,使絮凝剂在反应器中充分混合,其它步骤不变。生态絮凝剂聚硅硫酸铁是同济大学专利产品,具有良好的吸附性能,能够把污水中的 SS 和闷曝产生的菌胶团尽可能地截留在反应器中,同时为微生物提供内核。每日观察生物相并测定 COD_{Cr}、污泥沉降比、水温、DO、pH 等指标。

试验期间,反应器内的水温很低,在 14~16 °C,SV(Settling Velocity)低于 3%时,菌胶团分散且数量少。闷曝培养阶段主要是为了截留部分污水中的 SS,为动态培养阶段微生物的培养提供内核,同时对部分新生的微生物进行驯化,以加快动态培养进程。

2.1.2 动态培养阶段(3月初~3月底) 在动态培养阶段,反应器先以 1/2 Q(设计流量 Q=4.2 m³/h)连续进水,如此运行半个月,MLSS 达到 500 mg/L 后开始以 Q 连续进水,整个过程的污泥回流比为 1.0,内回流比为 2.0,整个反应器进行曝气;同时在动态培养的前期阶段物化池以连续流的方式投加生态絮凝剂聚硅硫酸铁,絮凝剂原液的投加量达到 30 mg/L。在聚硅硫酸铁与泥水充分混和的基础上再以连续流的方式往物化池中投加 0.013%的聚丙烯酸作为助凝剂,混合液中其浓度达到 0.04 mg/L。MLSS 达到 1 500 mg/L 后,系统停止投加聚硅硫酸铁和聚丙烯酸。

图 2、3 分别为动态培养阶段反应器 MLSS 及出水 SS 的变化曲线,由图 2 可以看到,在动态培养的前期阶段,整个反应器的 MLSS 几乎没有发生变化,基本在 100 mg/L 以下。由图 3 可以看出,此时进水中的 SS 基本在 40~60 mg/L 之间,而出水 SS 则在 20~40 mg/L。该阶段反应器主体单元主要依靠曝气以达到混合液完全混和,但是由于 MLSS 很低,再加上菌胶团在反应器器壁上的黏附,一方面使原本就供附着的核不足的混和液中的核更加缺少;另一方面,该阶段生成的菌胶团吸附性能良好,因此在聚硅硫酸铁的作用下部分沉降外,大部分附着在反应器的内壁而不能诱发混和液中菌胶团进一步地大量生成。该阶段试验开始一周后对反应器的内壁进行刷洗后,MLSS 并没有随之明显增加,但是经过 2~3 d 的适应后,MLSS 几乎以成对数的形式快速增长,到 3 月底,其浓度达到了 2 600 mg/L,活性污泥的动态培养也基本结束,活性污泥培养成功。

聚硅硫酸铁经水解和缩聚反应形成高分子聚合物,具有线型结构,能够强烈吸附混合液中的胶体物质如菌胶团,并在胶体微粒间起到架桥作用,使其相互粘结增大。而且由于纳米硅的作用,还可以改善絮体的粘附特性,提高其密度和强度,加速沉淀。经水解后的聚硅硫酸铁一方面能起到成核的作用,另一方面还能起到吸附架桥的作用,使生成的菌胶团能够相互吸附并且具有良好的沉降性能。聚硅硫酸铁的固含量为 43.7%,投加 30 mg/L 即为投加固体量 13 mg/L,对 MLSS 贡献很少。

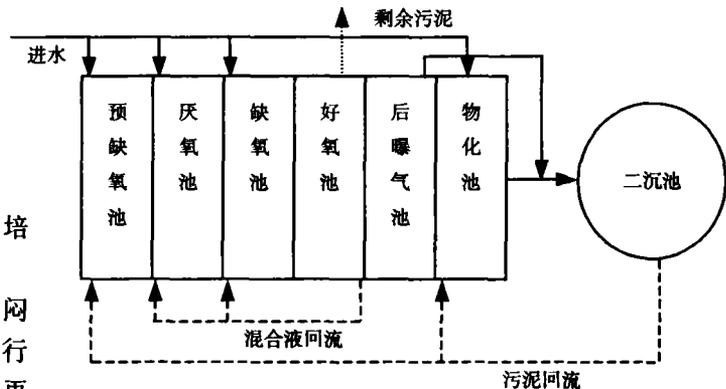


图 1 交互式物化/生化反应器工艺流程图

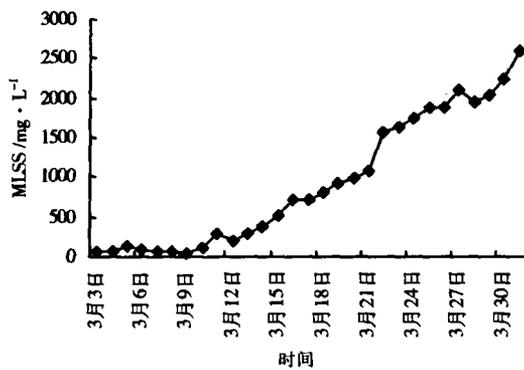


图2 动态培养阶段反应器 MLSS 的变化

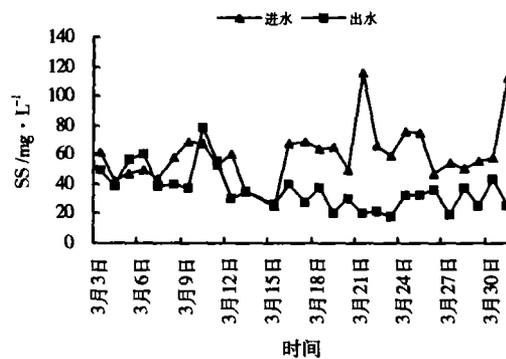


图3 动态培养阶段反应器进出水 SS 的变化

2.2 活性污泥的驯化(4月初~5月中旬)

预缺氧池和厌氧池分别以缺氧和厌氧的方式运行,驯化的前期阶段,混合液回流至厌氧池,好氧池 DO 控制在 2~4 mg/L;在驯化的后半阶段,关闭内回流,同时控制好氧池的 DO 在 3~6 mg/L,以促进硝化细菌的生长。

由图4可以看到,在活性污泥驯化的前期阶段,出水氨氮与源水相比基本没有发生变化。这一方面说明硝化细菌还没有完全形成,另一方面在同时去除有机物和进行硝化反硝化的活性污泥中,硝化细菌含量低,大部分处于生物絮体内部^[6],在从生物絮体表面向内部传递的过程中,DO 先被絮体表面的微生物所利用,由于此阶段DO 在 2~4 mg/L,笔者认为在絮体的内部 DO 很低,甚至可能出现厌氧缺氧状态,而硝化菌是严格好氧菌,从而抑制了硝化细菌的生长。驯化一段时间后,调整好氧池的 DO,将其控制在 3~7 mg/L。DO 浓度的增加大大提高了 DO 对生物絮体的穿透力,使硝化细菌能够完全处于好氧状态,为硝化细菌提供了良好的生长环境,有利于硝化细菌的快速生长。经过一个月的驯化和适应后,出水氨氮开始降低,虽然在随后的几天随着进水氨氮的升高,出水氨氮也相应地升高,但是氨氮的去除率却逐步上升。这说明此时硝化细菌群落已经开始形成,并逐渐成为优势菌群,但是还没有成熟,因此出水氨氮受进水的影响波动很大,尤其是在进水氨氮急剧上升时。再经过一周,出水氨氮急剧下降,保持在 2 mg/L 以下,其去除率也达到了 90% 以上。由图5可以看到,在活性污泥驯化的最后阶段,出水总氮以 NO_3^- -N 为主要存在形式,由此可以说明,此时硝化菌群已经逐渐成熟,反应器的硝化细菌培养成功。

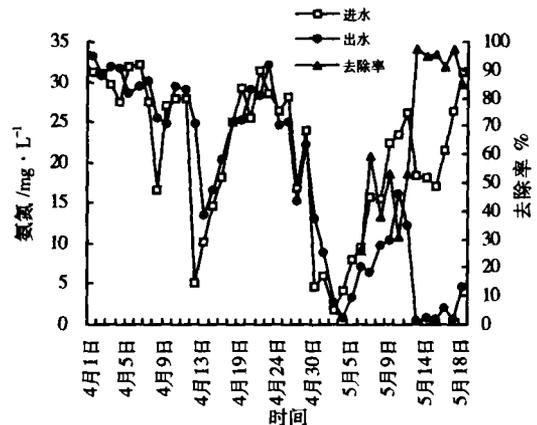


图4 活性污泥驯化阶段进出水氨氮的变化情况

由图5和图6可以看到,在活性污泥驯化的最后阶段,出水总氮有所下降,其去除率基本达到了 30% 以上,但是在活性污泥驯化阶段,反应器进水的平均 COD_G 只有 117 mg/L,碳源严重不足,对硝化过程生成的 NO_3^- 只能进行部分的反硝化去除。整个反应器进出水的总磷几乎没有变化,这说明在厌氧条件下由于碳源不足,不能给聚磷菌的厌氧释磷提供足够的碳源,同时由于反硝化不完全而造成厌氧池中 NO_3^- 较高,使得厌氧池不具备充分的厌氧释磷条件,这也影响了聚磷菌在好氧条件下进行磷吸收。由此可以说明,反应器的反硝化细菌基本已经成熟,但是由于受到碳源不足和进入厌氧池 NO_3^- 较高的影响,反应器的生化除磷效果还比较差,有待进行进一步的研究。

3 结论

(1)在反应器的水温 13~17 ℃、平均进水 COD_G 为 144 mg/L 的低温低浓度不利条件下,成功地进行了交互式物化/生化反应器的污泥培养。经过一个月左右的培养,反应器的 MLSS 达到了 2 600 mg/L,这说明在投

加一定量生态絮凝剂聚硅硫酸铁和助凝剂聚丙烯酸的情况下,对于低温低浓度的城市污水,可以进行不接种自然培养活性污泥,且形成的活性污泥沉降性能好,活性较高。

(2)在反应器的水温为 17~23 °C 的低温条件下,交互式物化/生化反应器历经一个半月成功地培养出硝化细菌,出水氨氮基本维持在 2 mg/L 以下,去除率达到 90% 以上。同时在平均进水 COD_G 为 117 mg/L 的情况下,总氮的去除率能达到 30% 以上。

(3)虽然反应器在培养驯化后期采用了厌氧、缺氧、好氧的生物脱氮除磷运行方式,但因为进水有机浓度低,反硝化不完全,同时不能提供厌氧释磷所要求的低分子量易生物降解碳源,从而影响了生物除磷效果,如何强化还有待进一步研究。

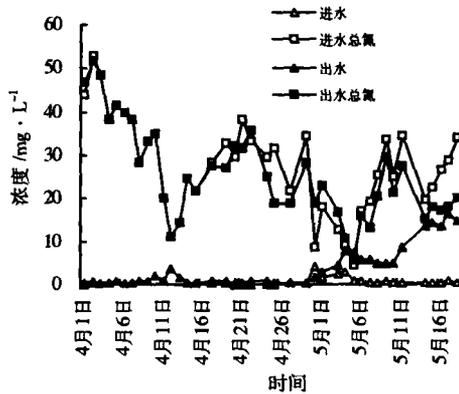


图 5 活性污泥驯化阶段进出水 NO₃-N、总氮的变化情况

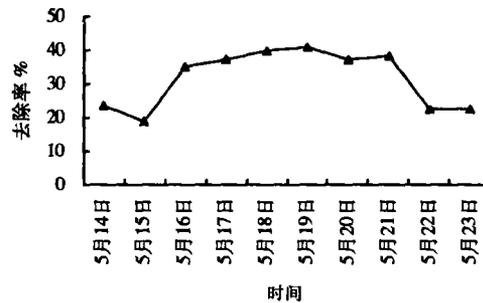


图 6 活性污泥驯化阶段末期总氮去除率

参考文献:

- [1] 邵林广.南方城市污水处理厂实际运行水质远低于设计值的原因及其对策[J].给水排水,1999,25(2):11-13.
- [2] 姜应和,张发根,叶舟,等.武汉城市污水水质特征及其处理对策[J].武汉理工大学学报,2002,24(5):29-31.
- [3] 马培舜,王海玲,成丽华,等.昆明的城市污水处理现状及发展[J].中国给水排水,2003,19(4):19-22.
- [4] 杜茂安,戴爱临,韩冬冰,等.大庆某污水处理厂设计特点与活性污泥培养[J].哈尔滨建筑大学学报,1996,29(2):47-51.
- [5] 王长生,傅金祥,张萍,等.抚顺污水处理厂活性污泥培养驯化与启动调试[J].给水排水,2003,29(4):6-11.
- [6] 郑兴灿,李亚新.污水除磷脱氮技术[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.

Natural Cultivation and Acclimation of Activated Sludge of Municipal Wastewater at Lower Temperature and Concentration

JIANG Jian-quan, YANG Dian-hai, ZHOU Qi

(State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The process and characteristics of Interactive Physicochemical-Biochemical Reactor (IPBR) were introduced. At lower temperature and concentration (temperature at 13~17 °C, average COD_G 144 mg/L), activated sludge was successfully cultivated naturally in IPBR pilot test system. Ecological coagulant poly ferric silicate sulfate and coagulant aid poly acrylic was applied. After cultivation, the activated sludge was successfully acclimated naturally (temperature at 17~23 °C, average COD_G 117 mg/L).

Key words: lower temperature and concentration; activated sludge; interactive physicochemical-biochemical reactor; poly ferric silicate sulfate