

论述与研究

AB 法的 A 段处理低浓度城市污水研究

周 健, 龙腾锐, 苗利利

(重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045)

摘 要: 采用 AB 法的 A 段对低浓度 ($BOD_5 = 100 \text{ mg/L}$ 左右) 城市污水进行了处理, 试验结果表明: 当 A 段污泥负荷为 $0.3 \sim 3 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ 、 HRT 为 $75 \sim 25 \text{ min}$ 时, 出水 $COD < 60 \text{ mg/L}$ 、 $BOD_5 < 20 \text{ mg/L}$ 、 $SS < 20 \text{ mg/L}$, 取得良好效果的原因可能是 A 段污泥具有较强的吸附絮凝能力; 同时, 随着各反应器负荷的增加, 污泥脱氢酶含量增加, 污泥活性与代谢能力增强。此外, 由于不设初沉池, 新鲜污水及 SS 直接进入 A 段, 改善了污泥沉降性能, 且可从进水中得到微生物的补充, 维持了反应器的污泥浓度。

关键词: 低浓度城市污水; AB 法; A 段

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2003)05-0001-04

Study on Low Strength Municipal Wastewater Treatment by Using A - stage of AB Process

ZHOU Jian, LONG Teng-rui, MIAO Li-li

(School of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: A - stage of AB process was used for low strength ($BOD_5 = 100 \text{ mg/L}$) urban wastewater treatment. The results showed that when sludge loading in A - stage is $0.5 \sim 3 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ and HRT is $75 \sim 25 \text{ min}$, the effluent $COD < 60 \text{ mg/L}$, $BOD_5 < 20 \text{ mg/L}$, and $SS < 20 \text{ mg/L}$, with good effect achieved. It is because that sludge in A - stage has stronger adsorptive flocculation capacity. Meanwhile along with the increased loading in reactor, dehydrogenase content in sludge is also increased, and sludge activity and metabolic ability are augmented. Furthermore, due to no primary clarifier being set, the fresh sewage and SS directly flow into A - stage, and thus sludge settle ability is improved and additional microorganism can be obtained from the influent, so that sludge concentration can be kept in reactor.

Keywords: low strength urban wastewater; AB process; A - stage

通常, AB 法用于处理 $BOD_5 \geq 300 \text{ mg/L}$ 的污水, 而采用 A 段处理低浓度 ($BOD_5 = 100 \text{ mg/L}$ 左右) 城市污水方面缺乏系统研究。

1 试验装置及方法

1.1 试验装置

采用有机玻璃制成 A 段反应器与沉淀池的一

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (59838300)

体化装置,反应区有效容积为 15 L,污泥由回流缝回流,采用微型充氧泵充氧,进水由高位水箱供给,水箱内设搅拌器模拟不设初沉池的工况,试验装置见图 1。

1.2 试验方法

采用 3 套反应器分两阶段进行平行对比试验,主要考察了污泥负荷和 HRT 对低浓度污水处理效果的影响。各反应器 DO 控制在 1.7~2.5 mg/L,水温为 28 左右。试验期间各反应器的运行工况见表 1,每日测定进、出水的 COD、BOD₅、SS、SVI 等指标;同时,对各反应器的生物相进行观察,并作菌种鉴定;此外,采用 TTC 法测定了各反应器污泥的脱氢酶活性,并用离子交换树脂提取了活性污泥的胞外聚合物 EPS。

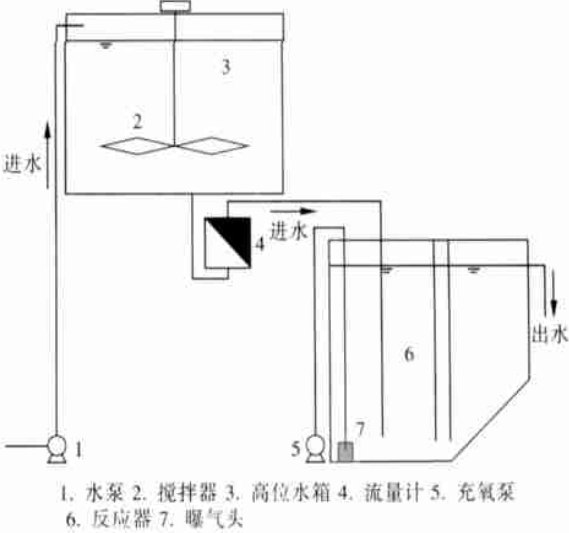


图 1 试验装置图

表 1 各反应器的运行工况

第一阶段	反应器编号	运行工况	第二阶段	反应器编号	运行工况
	1 [#]	$N_s = 0.3 \sim 0.5 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$, $COD_{\text{进水}} = 200 \text{ mg/L}$ 左右, $Q = 200 \text{ mL/min}$ $HRT = 75 \text{ min}$, $MLSS = 3.5 \text{ g/L}$ 。		4 [#]	$N_s = 1.5 \sim 2.0 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$, $COD_{\text{进水}} = 200 \text{ mg/L}$ 左右, $Q = 500 \text{ mL/min}$, $HRT = 30 \text{ min}$, $MLSS = 2.5 \text{ g/L}$ 左右。
	2 [#]	$N_s = 0.5 \sim 1.0 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$, $COD_{\text{进水}} = 200 \text{ mg/L}$ 左右, $Q = 300 \text{ mL/min}$ $HRT = 50 \text{ min}$, $MLSS = 3.0 \text{ g/L}$ 。		5 [#]	$N_s = 2.0 \sim 2.5 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$, $COD_{\text{进水}} = 200 \text{ mg/L}$ 左右, $Q = 600 \text{ mL/min}$, $HRT = 25 \text{ min}$, $MLSS = 2.5 \text{ g/L}$ 左右。
	3 [#]	$N_s = 1.0 \sim 1.5 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$, $COD_{\text{进水}} = 200 \text{ mg/L}$ 左右, $Q = 400 \text{ mL/min}$ $HRT = 40 \text{ min}$, $MLSS = 2.5 \text{ g/L}$ 。		6 [#]	$N_s = 2.5 \sim 3.0 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$, $COD_{\text{进水}} = 200 \text{ mg/L}$ 左右, $Q = 700 \text{ mL/min}$, $HRT = 20 \text{ min}$, $MLSS = 2.5 \text{ g/L}$ 左右。

1.3 试验水质

原水水质 COD 为 175~204 mg/L,SCOD 为 53~64 mg/L,BOD₅ 为 70~117 mg/L,SS 为 70~150 mg/L。

2 结果及分析

2.1 试验数据

各反应器污泥的生物相、脱氢酶及胞外聚合物等观察与测试结果列于表 2、3。

表 2 各 A 段反应器的 SRT、脱氢酶及 EPS 测定结果

反应器状态	SRT(d)	脱氢酶 ($\mu\text{gTF}/\text{mgMLSS}$)	EPS [mg/(gVSS·d)]	反应器状态	SRT(d)	脱氢酶 ($\mu\text{gTF}/\text{mgMLSS}$)	EPS [mg/(gVSS·d)]
$N_s = 0.3 \sim 0.5 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ $HRT = 75 \text{ min}$	46.2~48.9	20.14	26.21	$N_s = 1.5 \sim 2.0 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ $HRT = 30 \text{ min}$	17.9~19.6	32.35	24.61
$N_s = 0.5 \sim 1.0 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ $HRT = 50 \text{ min}$	25.0~28.7	25.24	25.91	$N_s = 2.0 \sim 2.5 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ $HRT = 25 \text{ min}$	13.8~15.5	40.12	22.22
$N_s = 1.0 \sim 1.5 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ $HRT = 40 \text{ min}$	21.3~23.4	29.89	25.54	$N_s = 2.5 \sim 3.0 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ $HRT = 20 \text{ min}$	12.5~14.0	51.92	20.25

表 3 各反应器的活性污泥状况

反应器状态	观察及检测结果
进水	以大肠杆菌和绿脓杆菌为优势菌种,其数量级均为 10^{10} 个/L,另有假单胞菌、嗜水气单胞菌、不动杆菌等。
$N_s = 0.3 \sim 0.5$ kgBOD ₅ / (kgMLSS · d)	优势菌种为嗜水气单胞菌,数量级为 10^{11} 个/gMLSS,有累枝虫、钟虫、盖纤虫、独缩虫、聚缩虫等原生动物,有较多的轮虫、沟内管虫、卑怯管叶虫等后生动物,还有较多移动速度很快的矛状鳞壳虫。污泥颗粒粒径为 $90 \sim 300 \mu\text{m}$,周长为 $370 \sim 750 \mu\text{m}$,面积为 $8\,900 \sim 50\,000 \mu\text{m}^2$,也有粒径为 $600 \mu\text{m}$ 的颗粒。
$N_s = 0.5 \sim 1.0$ kgBOD ₅ / (kgMLSS · d)	优势菌种为嗜水气单胞菌,数量级为 10^{11} 个/gMLSS。累枝虫、钟虫、盖纤虫、独缩虫、聚缩虫等原生动物较多,有少量的轮虫、沟内管虫、卑怯管叶虫等后生动物,还有较多移动速度很快的矛状鳞壳虫。大部分污泥颗粒粒径为 $110 \sim 300 \mu\text{m}$,周长为 $380 \sim 760 \mu\text{m}$,面积为 $9\,200 \sim 54\,000 \mu\text{m}^2$ 。
$N_s = 1.0 \sim 1.5$ kgBOD ₅ / (kgMLSS · d)	优势菌种为大肠杆菌,数量级为 10^{12} 个/gMLSS,出现了极多累枝虫、钟虫、盖纤虫、独缩虫、聚缩虫等原生动物。大部分污泥颗粒粒径为 $120 \sim 350 \mu\text{m}$,周长为 $400 \sim 780 \mu\text{m}$,面积为 $9\,600 \sim 62\,000 \mu\text{m}^2$ 。
$N_s = 1.5 \sim 2.0$ kgBOD ₅ / (kgMLSS · d)	优势菌种为大肠杆菌,数量级为 10^{12} 个/gMLSS,累枝虫、钟虫、盖纤虫、独缩虫、聚缩虫等原生动物减少。大部分污泥颗粒粒径为 $130 \sim 374 \mu\text{m}$,周长为 $510 \sim 790 \mu\text{m}$,面积为 $9\,816 \sim 72\,000 \mu\text{m}^2$ 。
$N_s = 2.0 \sim 2.5$ kgBOD ₅ / (kgMLSS · d)	优势菌种为大肠杆菌,数量级为 10^{12} 个/gMLSS,累枝虫、钟虫、盖纤虫、独缩虫、聚缩虫等原生动物较少。大部分污泥颗粒粒径为 $121 \sim 310 \mu\text{m}$,周长为 $407 \sim 729 \mu\text{m}$,面积为 $8\,900 \sim 58\,000 \mu\text{m}^2$ 。
$N_s = 2.5 \sim 3.0$ kgBOD ₅ / (kgMLSS · d)	优势菌种为大肠杆菌,数量级为 10^{12} 个/gMLSS,活性污泥絮体较松散,有极少量的累枝虫、钟虫、盖纤虫、独缩虫、聚缩虫等原生动物。大部分污泥颗粒粒径为 $120 \sim 190 \mu\text{m}$,周长为 $510 \sim 720 \mu\text{m}$,面积为 $14\,010 \sim 22\,165 \mu\text{m}^2$ 。

两阶段试验共进行了 120 d,结果见图 2~7。

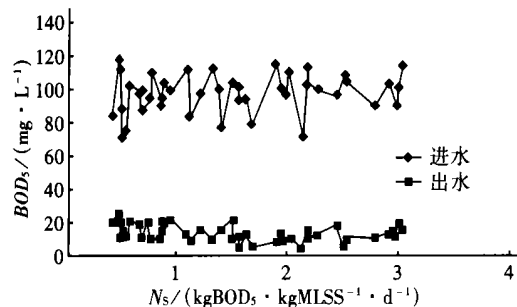


图2 污泥负荷与 BOD₅ 去除的关系

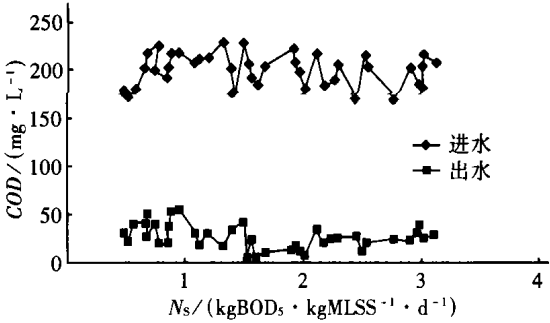


图3 污泥负荷与 COD 去除的关系

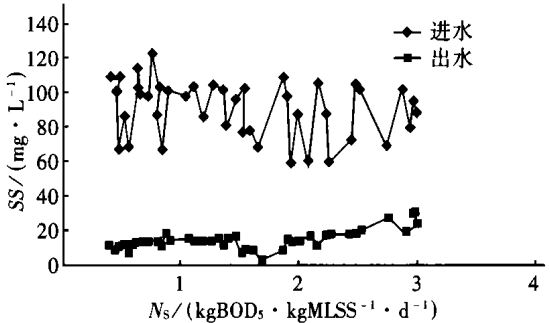


图4 污泥负荷与 SS 去除的关系

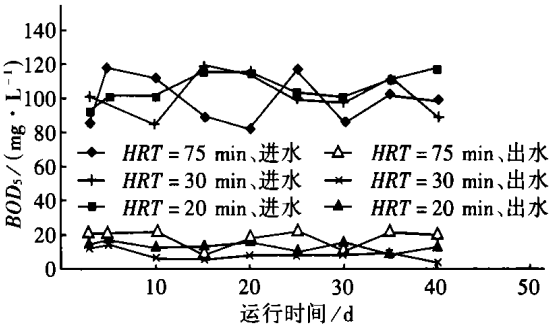


图5 HRT 与 BOD₅ 去除的关系

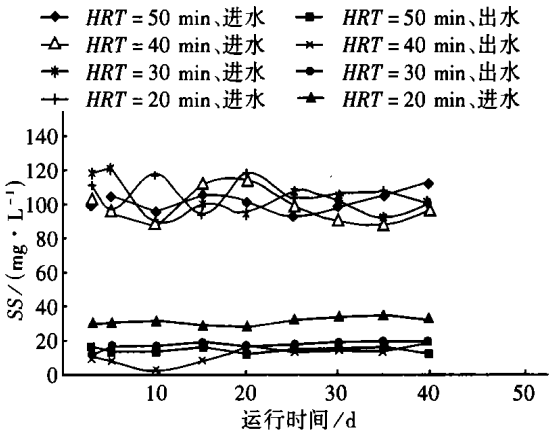


图6 HRT 与 SS 去除的关系

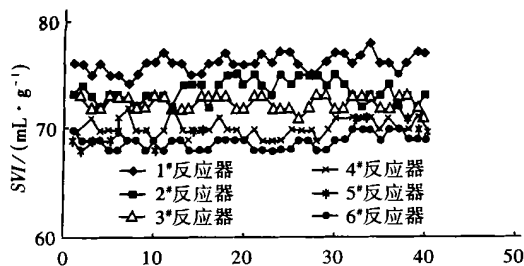


图7 各反应器 SVI 的变化

2.2 结果及讨论

2.2.1 污泥负荷和 HRT 对处理效果的影响

由图 2~6 可知, $N_s = 0.3 \sim 3 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ 、 $HRT = 25 \sim 75 \text{ min}$ 时处理效果良好, 可使出水 $COD < 60 \text{ mg/L}$ 、 $BOD_5 < 20 \text{ mg/L}$ 、 $SS < 20 \text{ mg/L}$, 均能达到 GB 8978—1996 的一级排放标准。当反应器的 $HRT = 20 \text{ min}$ 、 $N_s = 3.0 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ 左右时, 由于水力负荷较大, 造成部分污泥分散并随水流出, 使 SS 超标。考虑到冲击负荷的影响, A 段的 HRT 以 30 min 为佳, 污泥负荷宜在 $2.5 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ 以下。

由表 2 可知, 各反应器污泥的 EPS 比相同负荷下处理高浓度城市污水反应器中污泥的 EPS 高出约 40%, 说明该污泥具有较强的吸附絮凝能力。而且随着反应器负荷的增加, 污泥脱氢酶量增加, 污泥活性与代谢能力增强。

由图 7 可知, $N_s = 0.3 \sim 3 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ 时各反应器污泥的沉降性能良好, $SVI < 100 \text{ mL/g}$, 特别是在传统活性污泥法的污泥膨胀负荷区 [$N_s = 0.5 \sim 1.5 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$], 污泥依然保持了良好的沉降性能。可见, 不设初沉池而使进水中的 SS 直接进入反应器, 有利于保持良好的污泥沉降性能。

2.2.2 原水对 A 段生物相的影响

从表 3 可以看出, 处理低浓度污水的 A 段反应器中污泥的粒径较小, 但有较多的原生动物, 生物相丰富; 当 $N_s = 0.3 \sim 1.0 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ 时以嗜水气单胞菌为优势菌种, 而在 $N_s = 1.5 \sim 3.0 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ 时以大肠杆菌为优势菌种; 同时各反应器的细菌数量级为 $10^{11} \sim 10^{12}$ 个/ gMLSS , 大大高于传统活性污泥反应器。

2.2.3 原水对 A 段泥龄影响

如表 2 所示, 各反应器随着负荷的增加, HRT

减少, 其 SRT 也由 48.90 d 减少至 12.50 d 。试验期间反应器可维持正常的污泥浓度, 并有剩余污泥产生。笔者认为其主要原因是: a. 由于未设初沉池, 反应器可以从进水 SS 中得到微生物补充; b. 高负荷运行, 保证了一定的微生物增长速率。

3 结论

采用 A 段处理低浓度城市污水, 在 $N_s = 0.3 \sim 3.0 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ 、 $HRT = 25 \sim 75 \text{ min}$ 时出水的 COD 、 BOD_5 、 SS 能达到 GB 8978—1996 的一级排放标准。反应器的最佳 HRT 为 30 min , 污泥负荷宜在 $2.5 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ 以下。

A 段反应器中污泥的 EPS 为 $20.50 \sim 26.20 \text{ mg/(gVSS} \cdot \text{d)}$, 高于相同负荷下处理高浓度城市污水反应器中污泥的 EPS 约 40%, 使 A 段反应器中污泥具有较强的吸附絮凝能力; 此外, 随着反应器负荷的增加, 污泥脱氢酶量增加, 污泥活性与代谢能力增强。

A 段处理低浓度城市污水, 由于不设初沉池, 新鲜污水及 SS 直接进入 A 段, 改善了活性污泥的沉降性能; 即使是在传统活性污泥法的膨胀负荷区, 污泥沉降性能仍然良好。

处理低浓度污水的 A 段污泥的粒径较小, 有较多的原生动物, 生物相丰富, 细菌数量级为 $10^{11} \sim 10^{12}$ 个/ gMLSS 。

A 段处理低浓度城市污水, 可从进水中得到微生物的补充, 能维持反应器污泥浓度而使反应器正常运行。

参考文献:

- [1] 邵林广. 南方城市污水厂实际运行水质远小于设计值的原因及其对策[J]. 给水排水, 1999, 25(2): 11-13.
- [2] 邵林广. 南方城市污水处理工艺的选择[J]. 给水排水, 2000, 26(6): 32-34.
- [3] 周克钊. 生物/化学(BC)法处理城市污水研究[J]. 中国给水排水, 2000, 16(10): 13-17.
- [4] Bo Frolund. Extraction of extracellular polymers from activated sludge using a cation exchange resin[J]. Water Res, 1996, 30(8): 1749-1758.

作者简介: 周健(1964—), 女, 江苏常州人, 副教授, 博士研究生, 主要研究方向为水污染控制。

电话: (023) 65121235 13098660433

收稿日期: 2002-12-19