

水解酸化——好氧工艺处理渗滤液与 城市污水混合废水的研究

x703

(12)
5-7-61

王宝贞 沈耀良

(水污染控制研究中心)

摘 要 采用水解酸化——好氧工艺对渗滤液与城市污水的混合废水处理的可行性、效果和运行特性进行了研究。其中水解酸化段采用 ABR (Anaerobic Baffled Reactor) 反应器, 好氧段采用传统活性污泥法。研究表明, 原渗滤液 COD 浓度为 3700 ~ 5500 mg/L、混合比达 4:6 时, 处理出水 COD 和 BOD₅ 可分别低于 200 mg/L 和 30 mg/L。混合比达 5:5 时, 系统运行稳定, COD 和 BOD₅ 去除率达 80.9% 和 96.8%。当原渗滤液 COD 浓度为 6500 ~ 8885 mg/L 时, 宜将混合比控制在 2:8 以内。ABR 可有效地改善混合废水的 BOD₅/COD, 其容积负荷达 4.71 kgCOD/m³·d 时, 形成粒径为 0.5 ~ 5 mm 的颗粒污泥。

关键词 渗滤液; 混合废水; 水解酸化; 活性污泥; 运行特性 废水处理

分类号 TU911.2

0 前言

垃圾渗滤液是一种含有多种复杂有机物和有毒有害物质的高浓度有机废水, 水质水量波动大, 采用单一的工艺难以实现稳定的处理。将渗滤液与城市污水进行合理的合并处理是目前我国渗滤液处理的经济有效的途径^[1]。本文结合我国目前城市污水处理工艺及垃圾渗滤液的水质特征, 采用水解酸化——好氧工艺(水解酸化段采用具有一系列优良特点的 ABR 反应器^[2], 好氧段采用完全混合活性污泥法)对渗滤液与城市污水的混合废水的可行性及处理效果进行了研究。

1 研究方法及过程

1.1 废水水质及分析测定方法

研究所用渗滤液水样取自苏州七子山城市垃圾卫生填埋场, 城市污水取自苏州城西污水处理厂和苏州城建环保学院生活区化粪池, 水质情况见表 1。

1.2 工艺流程及其说明

研究厌氧—好氧工艺流程见图 1。ABR 反应器和曝气池(合建式)均由 PVC 有机玻璃制作。ABR 反应器由四个隔室组成, 总有效容积为 13.2 L, 其中第一隔室为 3.0 L, 其余三个隔室均为 3.4 L。由蠕动泵供水。在 ABR 各隔室顶部设置集气管并接入水封以保证 ABR 反应器的厌氧条件。曝气池的有效容积为 6.3 L, 沉淀区的有效容积为 4.0 L。曝气池由微型空气压缩机供气, 用气体流量计对曝气量进行调节, 并将曝气池中的 DO 控制在 2 ~ 3 mg/L。

1.3 研究方法 & 主要工艺参数

研究中先用城市污水对系统进行污泥培养和启动运行,

表 1 渗滤液和城市污水的水质

水质指标	浓度变化范围 (mg/L)	
	渗滤液	城市污水
COD _{Cr}	3700 ~ 8885	165 ~ 305
BOD ₅	1900 ~ 3180	106 ~ 248
BOD ₅ /COD	0.25 ~ 0.358	0.64 ~ 0.81
NH ₄ ⁺ -N	630 ~ 1800	25 ~ 35
NO ₃ ⁻ -N	1.25 ~ 3.34	-
NO ₂ ⁻ -N	0.06 ~ 1.52	-
TP	7.1 ~ 7.7	6.4 ~ 12.3
SS	328 ~ 400	255 ~ 348
pH	7.4 ~ 8.5	7.1 ~ 8.5

收稿日期: 1998-12-07

王宝贞 男 1932 年生 教授/哈尔滨建筑大学市政环境工程学院 (150008)

使系统中各级及总体处理效能达到高效稳定后,进行不同渗滤液和城市污水混合比的研究。研究期间的气温为 $18.0 \sim 27.5^{\circ}\text{C}$, ABR 的 HRT 为 $13.2 \sim 26.4\text{h}$, 好氧段 HRT 为 $6.4 \sim 12.8\text{h}$ 。为保证好氧段的正常运行,采取剩余污泥排放与污泥回流相结合的措施,对泥龄进行及时调整,保证曝气池中的 MLSS 浓度。运行期间曝气池中 MLSS 浓度为 $2300 \sim 5500\text{mg/L}$, 泥龄为 $3.5 \sim 10\text{d}$ 。

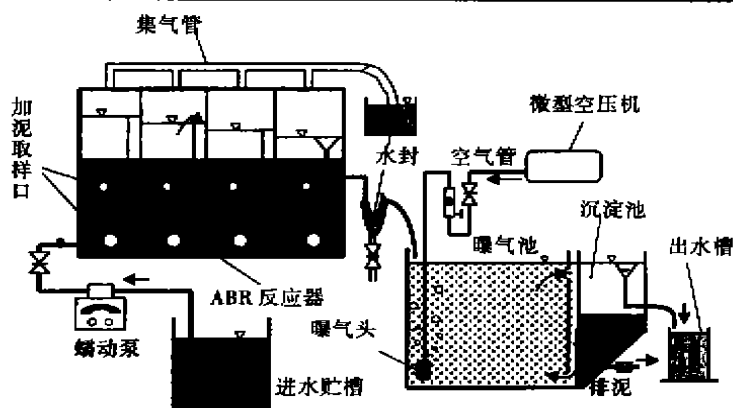


图1 厌氧-好氧处理试验工艺流程

2 研究结果及其分析

根据厌氧-好氧系统的运行状况,逐步提高混合比(渗滤液量与城市污水量之比为1:9; 2:8; 4:6; 5:5; 6:4),对不同运行条件下(HRT、混合比、污泥负荷或容积负荷等)整个工艺系统作了深入全面的考察。研究中对不同原渗滤液的 COD 浓度情况作了分别考察。

2.1 处理系统运行结果及分析

图2和图3所示为原渗滤液 COD 浓度为 $3700 \sim 5500\text{mg/L}$ 时不同条件下合并处理的研究结果。由图可见,混合比为1:9、运行稳定状态时,整个系统对 COD 的去除率达 $81.3\% \sim 92.3\%$, 其中 ABR 和好氧段对 COD 的去除率分别为 $17.0\% \sim 24.1\%$ 和 $77.5\% \sim 90.5\%$ 。随 HRT 的缩短和 ABR 进水负荷的提高($0.95 \sim 1.2\text{kgCOD}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$), ABR 和好氧段的运行均较稳定,处理效果明显。混合比为2:8时、ABR 容积负荷为 0.69 、 0.97 和 $1.32\text{kgCOD}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 时,系统处于良好的运行状态, COD 和 BOD_5 的总去除率分别达到 $78.2\% \sim 80.9\%$ 和 $91.9\% \sim 94.5\%$, 最终处理出水 COD 和 BOD_5 分别为 $145.6 \sim 197.6\text{mg/L}$ 和 $25.1 \sim 37.9\text{mg/L}$, 处理效果稳定。混合比为4:6和5:5时,系统的运行仍是稳定和有效的。但随着混合废水中渗滤液所占比例的提高,最终出水 COD 上升。如混合比为4:6时, THRT 为 $19.6 \sim 24.5\text{h}$, 时处理出水的 COD 和 BOD_5 浓度分别为 $172.6 \sim 243.3\text{mg/L}$ 和 $28.3 \sim 58.9\text{mg/L}$ (混合比为4:6时,出现缺磷问题,向混合废水中补充了 P)。混合比例为5:5时, THRT 为 $19.6 \sim 32.5\text{h}$ 的处理出水 COD 和 BOD_5 浓度则分别为 $434.7 \sim 479.5\text{mg/L}$ 和 $68.3 \sim 94.3\text{mg/L}$ 。混合比为6:4时系统的处理效果明显下降。THRT 为 32.5h 时,经处理后出水中的 COD 和 BOD_5 分别为 861.2mg/L 和 221.8mg/L , 出水水质明显恶化。

图4所示为原渗滤液 COD 浓度为 $6500 \sim 8885\text{mg/L}$ 时运行结果。由图可见,混合比为2:8、THRT 为 28h , 混合废水的 COD 和 BOD_5 浓度分别为 1732.3mg/L 和 624.5mg/L 时,处理出水 COD 和 BOD_5 分别为 426.7mg/L 和 106.2mg/L , 总去除分别为 75.3% 和 83.0% 。其中 ABR 反应器对 COD 和 BOD_5 的去除率分别为 16.1% 和 1.9% , BOD_5/COD 由进水的 0.36 提高为 0.42 , 可生化性得到提

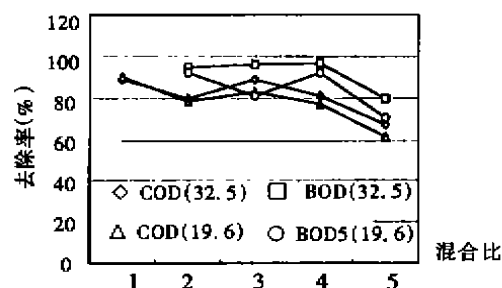


图2 不同混合比时处理系统的运行效果
(原渗滤液浓度为 $3700 \sim 5500\text{mg/L}$, 括弧中数据为 THRT, 混合比 1—1:9, 2—2:8, 3—4:6, 4—5:5, 5—3:2)

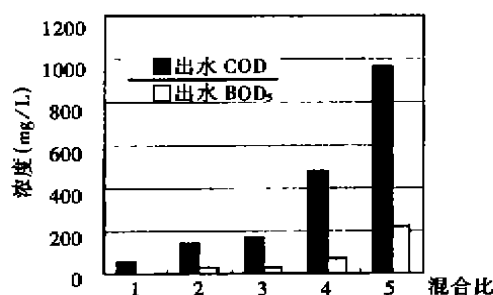


图3 不同混合比时处理出水 COD 和 BOD_5 浓度
(条件同图2, 混合比 1—1:9, 2—2:8, 3—4:6, 4—5:5, 5—3:2)

高,运行基本正常;好氧段的 COD 和 BOD₅ 的去除率则分别为 63.7% 和 67.8%,处理效率明显低于上述中等原渗滤液浓度相同混合比的情况。混合比提高至 3:7 和 5:5 时, COD 和 BOD₅ 的去降率明显下降,分别由 70% 左右降至 60% 左右,出水 COD 和 BOD₅ 浓度分别由 788~863.3mg/L 和 276.5~291.3 mg/L 提高至 1440mg/L 和 578.4mg/L,说明在较高原渗滤液浓度情况下,随混合比的提高,对处理系统的影响程度加剧。

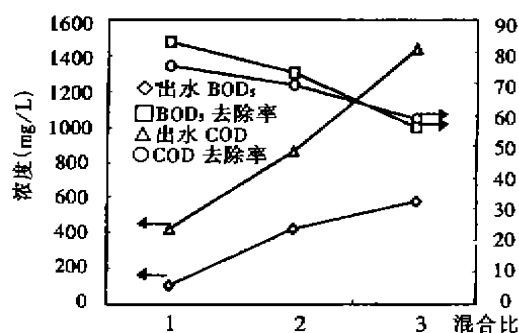
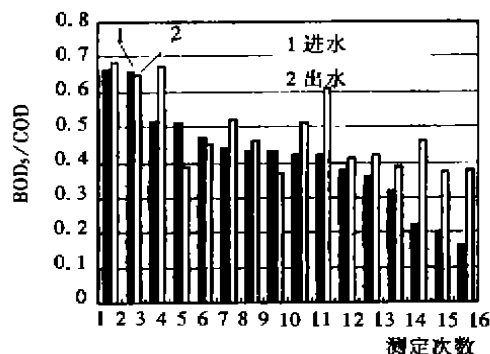


图4 不同混合比时处理效果比较

(原渗滤液 COD 6500~8885mg/L,
混合比 1—2:8; 2—3:7, 3—5:5)

图5 ABR 进出水 BOD₅/COD 的变化

由此可见,就处理效果而言,当原渗滤液的 COD 浓度较低时,合并处理时获得良好处理效果的可行混合比远高于高的原渗滤液浓度。当原渗滤液 COD 浓度为 3700~5500mg/L 时,其混合比达 5:5 时仍可获得良好的处理效果;而当原渗滤液 COD 浓度为 6500~8885mg/L 时,其获得良好处理时的可行混合比宜控制在 2:8 以下。

2.2 ABR 反应器运行结果及分析

2.2.1 ABR 反应器水解酸化作用的分析

“中老年”渗滤液中含有较多难生物降解有机物及多种有害物质(如甲基萘、二苯并噻吩、苯甲酸、环己烷羧酸、蒽烯等杂环和多环化合物等)^[3,4],有必要对混合废水进行水解酸化处理。图5所示为本研究中 ABR 进、出水 BOD₅/COD 的变化。由图可见,混合废水经 ABR 处理后,其 BOD₅/COD 比明显提高,而进水 BOD₅/COD 较低时效果更为显著。如进水为 0.665 时,出水为 0.68;进水为 0.2~0.3 时,出水可提高至 0.4~0.6。由此无疑促进了好氧段的稳定有效的运行。有研究表明,经水解酸化后,萘的 BOD₅/COD 可由 0.312 提高至 0.512,喹啉、吡啶、联苯和吡啶等的可生化性均得到明显的改善^[5]。余宗莲等采用厌氧—好氧工艺对生物制药废水处理的研究表明,进水 BOD₅/COD 比为 0.338~0.386,出水 BOD₅/COD 比可提高到 0.601~0.622^[6]。Kupferle 等人对渗滤液与城市污水的混合废水(混合比 0.5:9.5)的厌氧预处理研究亦有类似的报道^[7]。

2.2.2 进水负荷与 ABR 反应器的运行

图6所示为 ABR 的 COD 去除率随进水容积负荷的变化。由图可见,一方面随进水容积负荷的提高,ABR 对混合废水中 COD 的去除率逐渐提高,在负荷较低时提高的速率较快,而当负荷达到约

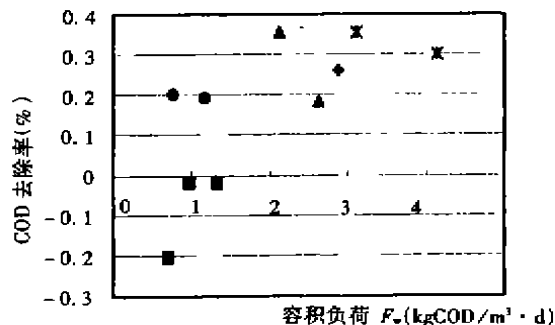


图6 ABR 容积负荷与 COD 去除率

(●1:9; ■2:8; ▲4:6; ★5:5; ◆6:4)

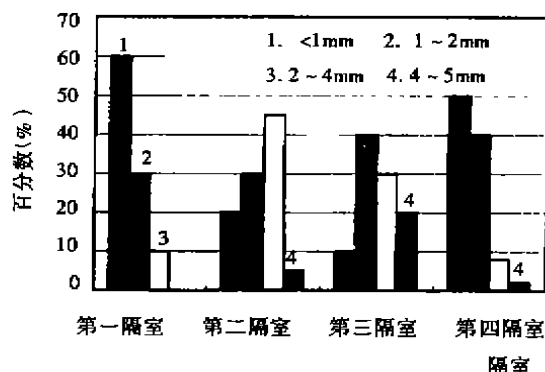


图7 ABR 反应器中棒状颗粒污泥的粒径分布

2.5kgCOD/m³d后,其递增速率下降直至处于稳定状态。另一方面,混合比不同时,COD的去除率则呈现出由高到低继而又升高的趋势。研究结果表明,ABR进水负荷在0.76~4.71kgCOD/m³·d时,其运行是稳定。

2.2.3 ABR反应器中污泥特性分析

污泥的颗粒化不仅可有效地改善污泥的沉降性能,利于反应器对生物体的截留,改善微生物的生理环境并增强它们对外界环境(如水质、pH、温度等)的抵抗和适应能力,利于处理系统的稳定和高效运行。颗粒污泥的外观及粒径大小随废水水质、浓度及处理目的(甲烷化或酸化)的不同而不同,有黑色、灰色和白色等^[8-10]。

本研究中,ABR容积负荷达4.71kgCOD/m³·d时,各隔室中形成沉降性能良好、外观由灰白色至灰黑色、粒径0.5~5mm的棒状及球状颗粒污泥,其在各隔室中大致粒径分布如图7所示。分析表明,颗粒污泥沉降性能良好,其SVI为7.5~14.2mL/g,平均值介于文献[8]和[10]报道值之间。第一隔室的颗粒污泥稍轻、较松散,外观呈灰白色,第三隔室的颗粒污泥比重较大而颜色较深,结构紧密。镜检表明,第二、三隔室颗粒污泥中含有较多甲烷八叠球菌及甲烷丝状菌,第三隔室以甲烷八叠球菌为主,第四隔室中甲烷丝状菌占优势。

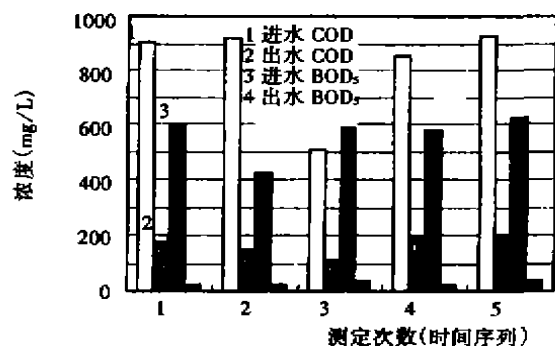
2.3 好氧段运行结果的分析

图8(a, b, c)为不同原渗滤液COD=3700~5500mg/L和混合比时好氧段的运行效果。当原渗滤液浓度为3700~5500mg/L时,ABR出水进入好氧段处理后,混合比高达5:5时,COD和BOD₅的处理效果分别稳定在80%左右和90%~96%之间,出水COD和BOD₅分别在400mg/L和100mg/L以下。混合比为6:4时,COD和BOD₅的去除率明显下降,分别为55.9%和75.2%,出水浓度分别升高至861.2mg/L和221.8mg/L。原渗滤液浓度为6500~8885mg/L时,随混合比的提高,COD和BOD₅去除率明显低于上述情形,分别为50%~65%和52%~74%,出水浓度分别高达1440mg/L和578mg/L。但好氧段的运行仍较稳定,这无疑得益于ABR反应器的水解酸化作用。

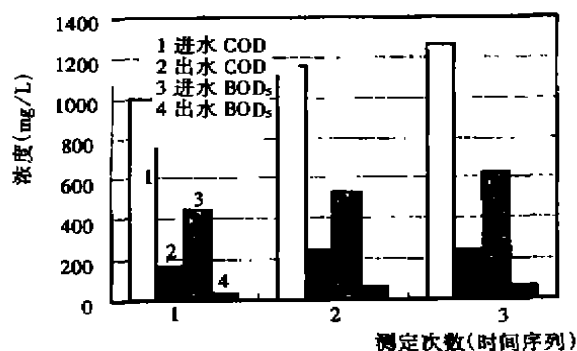
3 结论

水解酸化——活性污泥工艺对渗滤液与城市污水的混合废水的处理具有良好的运行稳定性及强的抗冲击负荷能力。当原渗滤液COD浓度为3700~5500mg/L,混合比达4:6时,处理出水COD和BOD₅浓度可分别低于200mg/L和30mg/L,总去除率分别达88.9%和96.1%。混合比为5:5时,出水COD和BOD₅浓度分别为430~480mg/L和68~95mg/L,总去除率分别为80.9%和96.8%。当原渗滤液COD浓度为6500~8885mg/L时,宜将混合比控制在2:8以内。

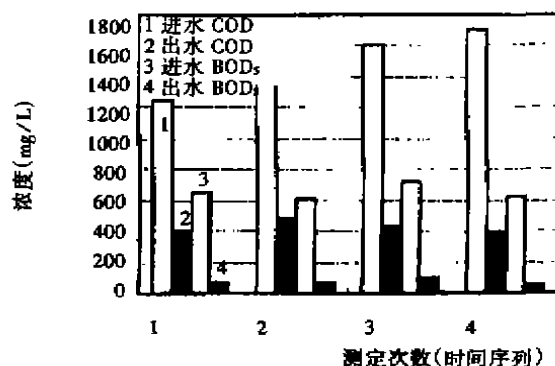
ABR反应器具有优良的运行性能和效果。当混合废水的BOD₅/COD为0.2~0.665时,经其处



(a) 混合比 = 2:8



(b) 混合比 = 4:6



(c) 混合比 = 5:5

图8 好氧段COD及BOD₅的处理效果

理后出水 BOD_5/COD 可提高到 0.37~0.68, 且进水的 BOD_5/COD 较低时, 提高幅度更显著; ABR 反应器容积负荷为 $4.71\text{kgCOD}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 时, 形成沉降性能良好、粒径为 0.5~5mm、外观由灰白色逐步向灰黑色过渡、各隔室浓度为 20~38g/L 的棒状和球形颗粒污泥。

混合比达 4:6 时, 出现缺磷问题。混合比达 5:5 时, 好氧曝气池中将出现泡沫问题, 须引起注意。

注: 参加本课题研究的还有苏州城建环保学院的杨铨大教授, 刘润芬工程师, 顾秀根和曹玉龙等同志。

参 考 文 献

- 1 沈耀良. 城市垃圾填埋场滤液处理技术的研究: [博士论文]. 哈尔滨: 哈尔滨建筑大学图书馆, 1998
- 2 沈耀良. 新型厌氧处理工艺——厌氧折流板反应器. 重庆环境科学, 1994(5): 36~38
- 3 Amokrane A., et al. Landfill Leachates Pretreatment by Coagulation of Flocculation. Water Res., 1997(11): 2775~2782
- 4 郑曼英. 垃圾渗滤液中有有机污染物初探. 重庆环境科学, 1996(4): 41~43
- 5 姚君. 焦化废水中有机污染物经厌氧酸化后对好氧生物降解性能的影响. 中国环境科学, 1998(3): 276~279
- 6 余宗莲. 厌氧—好氧序列间歇式反应器处理生物制药废水的研究. 环境科学研究, 1988(1): 49~52
- 7 Kupferle M. J., et al. Anaerobic Pretreatment of Hazardous Waste Leachates in Publicly Owned Treatment Works. Water Environ. Res., 1995(6): 910~920
- 8 Grotenhuis J. T. C., et al. Role of Substrate Concentration in Particle Size Distribution of Methanogenic Granular Sludge in UASB Reactor. Water Res., 1991(1): 21~27
- 9 Boopathy R., et al. Anaerobic Digestion of High Strength Molasses Wastewater Using Hybrid Anaerobic Baffled Reactor. Water Res., 1991(7): 785~790
- 10 Keenan P. J., et al. Inorganic Solids Development in A pilot-scale Anaerobic Reactor Treating Municipal Waste Landfill Leachate. Water Environ. Res., 1993(2): 181~188
- 11 张自杰著. 活性污泥生物学与反应动力学. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989

The Treatment of Mixed Wastewater of Landfill Leachate and Municipal Wastewater by Hydrolysis-acidogenesis—Aerobic Treatment Process

Wang Baozhen Shen Yaoliang

Abstract A study on feasibility and operational performance of the treatment of mixed wastewater of landfill leachate and municipal wastewater by hydrolysis-acidogenesis-aerobic treatment process was carried out. In the process, Anaerobic Baffled Reactor (ABR) was used as the hydrolysis-acidogenesis unit and conventional activated sludge basin as the aerobic unit. The results showed that 80.9% and 96.8% of COD and BOD_5 removal were obtained with the final concentration of less than 200mg/L and 30mg/L, respectively, under the conditions of raw leachate COD 3700~5500mg/L and the volumetric ratio of leachate to municipal wastewater of 4:6, and stable operation was observed when the ratio was increased to 5:5. It was found that the ratio should be controlled lower than 2:8 when the COD of raw leachate was in the range of 6500~8885mg/L for effective treatment. The BOD_5/COD of the mixed wastewater was effectively improved after it was treated by ABR and the granular sludge with size of 0.5~5mm was observed in ABR at the organic loading rate of $4.71\text{kgCOD}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$.

Key words landfill leachate; mixed wastewater; hydrolysis-acidogenesis; activated sludge; operational performance