

ICZ_s-活性污泥新技术处理 CTMP 废水的研究*

陈 敏

罗松年 H. C. Lavallée

(广东工业大学环境与资源工程系, 广州 510090) (加拿大魁北克大学制浆造纸研究中心, 魁北克 G9A 5H7)

摘要 探讨了 ICZ_s-活性污泥生物系统在控制污泥膨胀过程中的影响因素及其处理效果. 3个月的实验结果表明: 当 ICZ_s 预反应段的条件控制在溶解氧小于0.06mg/L, pH 为7-7.6时, 该生物系统能够有效控制污泥膨胀. ICZ_s-活性污泥生物系统具有高效去除污染物的能力. BOD₅、COD 和 TSS 总去除率的平均值分别高于97%、80%及90%, 其中仅 ICZ_s 段在预处理时间为20min时就能去除49.0%-62.5%的 BOD₅及18.5%-21.9%的 COD.

关键词 ICZ_s, 活性污泥, CTMP 废水, 污泥膨胀控制, 丝状菌, BOD₅, COD, TSS.

近 10a 来, CTMP (Chemithermo-mechanical Pulping) 制浆已成为国际上制造高得率浆的主要方法, 工业上一般采用生物法尤其是活性污泥法处理该类废水, 尽管已有一些通过改善环境条件控制丝状菌生长以达到控制污泥膨胀的研究报道^[1], 但系统出现的污泥膨胀现象一直困扰着 CTMP 废水处理技术. 笔者对高浓度 CTMP 废水的生物处理已进行了研究, 采用改良活性污泥法有效地提高了污泥的沉降性能^[2]. 本研究则是针对中浓度 CTMP 废水, 采用 ICZ_s (Zone of Biological Population Selection)-活性污泥法生物新技术对其进行处理, 期待能够通过丝状菌生长的抑制达到控制生物系统的污泥膨胀现象, 同时也提高系统对污染物的去除效果.

1 试验材料及方法

1.1 废水及菌种来源

废水取自加拿大魁北克 Abitibi-Price Kenogamie 厂的 CTMP 制浆废水.

菌种来源于加拿大魁北克省一家市政废水处理厂的活性污泥, 取回后对该污泥进行筛选与驯化.

1.2 处理过程

(1) ICZ_s 预处理 在体积为0.83L 的选择器中进行预处理, 在此, 原废水与回流污泥在缺

氧条件下混合, 控制溶液中溶解氧浓度小于0.06mg/L, pH7.0-7.5, 保证兼性厌氧微生物的正常生长繁殖. 试验装置如图1所示.

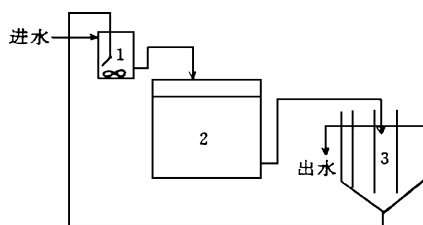


图1 ICZ_s-活性污泥生物处理装置

1. ICZ_s 选择器 2. 活性污泥反应器 3. 沉淀槽

(2) 活性污泥后处理 混合液从 ICZ_s 预处理系统中流出, 然后进入活性污泥好氧反应器, 该反应器体积为15L. 反应器中控制溶解氧浓度大于1.5mg/L, pH 保持在7.0-7.5范围内, 保证好氧微生物良好的生长繁殖环境.

1.3 分析方法

水样的各项分析指标如 BOD₅、COD、TSS、MLSS、MLVSS、SVL、SV₃₀、pH、DO、NH₃-N、PO₄-P 的测定参照国际标准方法.

SOUR 的测定方法^[3]: 采用溶解氧测定仪

* 加拿大魁北克大学制浆造纸研究中心及广东省自然科学基金资助项目(940671)
收稿日期: 1997-03-28

进行测定. 取300ml 经充分曝气的混合液样品, 倾入溶解氧瓶至满刻度, 在隔绝空气下搅拌, 测定15min 内溶液中溶解氧的消耗值, 然后以溶解氧值作为纵坐标, 以反应时间作为横坐标作出直线, 最后计算出其斜率即 OUR (mg/(L·min)), 则 SOUR(比单位溶解氧消耗速度) 计算如下:

$$SOUR = \frac{OUR}{MLSS} \times 60$$

式中, OUR: 溶解氧消耗速度 mg/(L·min)
MLSS: 污泥浓度 g/L, SOUR: 比单位溶解氧消耗速度 mg/(h·gMLSS).

表1 废水的特性/ mg·L⁻¹

日 期/月-日	BOD ₅	COD	TSS	NH ₃ -N	PO ₄ -P	BOD ₅ /COD
03-01—03-31	231—279	510—680	52.8—85.6	0.1	0.00	0.41—0.51
04-01—04-30	258—331	565—788	58.2—115.0	0.05	0.00	0.40—0.48
05-01—05-30	235—285	486—633	43.8—66.4	0.08	0.00	0.43—0.51

从图2可见, 该类 CTMP 废水的 BOD₅与 COD 之间的关系在 COD 为550—788mg/L 范围内呈线性关系, 相关系数为0.8146, 其线性回归方程为: BOD₅= 0.2286 COD+ 133.48.

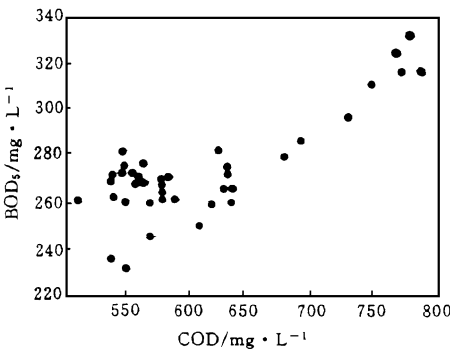


图2 BOD₅与 COD 之间的关系

2.2 ICZs 预处理条件对活性污泥沉降性能的影响

(1)ICZs 预处理中 pH 的影响 在 ICZs-活性污泥系统中, 如果不调节 ICZs 选择器溶液的 pH, 即原 pH 小于7, 则该系统的污泥沉降性能没有明显的改善, 表现在污泥沉降指数 (SVI) 值仅从原 344ml/g 降至 302—326ml/g. 而将 ICZs 选择器中的 pH 值调节至7.5左右时, 污

2 分析与讨论

2.1 废水的性质

试验用水为 CTMP (化学预热机械浆) 厂制浆废水, 该类废水中主要含半纤维素及纤维素的降解产物——多糖类物质, 以及少量木质素的降解产物. 废水中 BOD₅、COD 及 TSS 分别为231—331mg/L、486—788mg/L 及43.8—115.0mg/L, 为中浓度 CTMP 废水(表1). 通过实验测得到该类废水的 BOD₅与 COD 的比值为0.41—0.51, 表明其具有较好的生物降解性能, 适合于采用生物方法处理.

沉降指数从 302—326ml/g 降至 170—198ml/g, 此时的污泥沉降性能良好. 从显微镜观察结果可知, 污泥菌胶团中丝状菌数量明显减少. 系统中已经出现的污泥膨胀现象得到了有效地控制. 实验结果见图3. 但在 ICZs 中溶液 pH 已达7.6时, 再继续增加其 pH 值, 对进一步降低污泥沉降指数(SVI) 的效果不太明显, 而且预处理段过高的 pH 值会使活性污泥后处理段的 pH 值偏高, 影响了该段对污染物的去除效果, 甚至影响出水 pH 值的达标. 因此本实验取 ICZs预处理段的 pH 值为7.5左右.

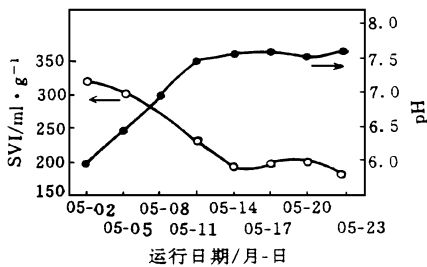


图3 ICZs 中溶液 pH 对污泥沉降性能的影响
混合液 DO ≤ 0.06 mg·L⁻¹

(2)ICZs 预处理中溶解氧的影响 在 ICZs 预处理中, 若仅控制 ICZs 中的 pH 为7.5, 而对溶解氧浓度不加控制, 此时的 DO > 0.16mg/

L, 结果污泥的沉降指数仍然较高, 维持在 30mL/g 以上; 若同时控制 ICZs 中的 pH 与溶解氧分别为 $\text{pH} \geq 7.5$, $\text{DO} \leq 0.06\text{mg/L}$ 时, 则能使 SVI 迅速降至 157—198mL/g, 此时, 生物系统的污泥膨胀现象得到有效控制(图4). 这可以从理论上作如下解释: 当中浓度的 CTMP 废水经 ICZs 缺氧预处理后, 废水中的有机碳源(BOD)及 N、P 营养物质已消耗了相当部分, 因此在其进入活性污泥好氧期时, 该阶段的好氧微生物在这种废水环境中, 很快渡过对数生长期而进入静止期或衰亡期, 使丝状菌的生长受到抑制, 从而有效控制了污泥膨胀.

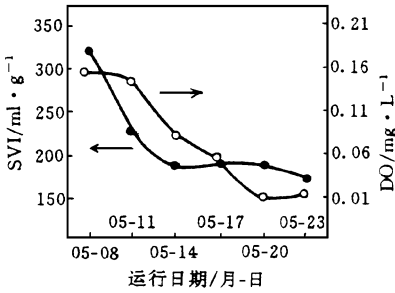


图4 ICZs 预处理中 DO 对污泥沉降性能的影响
pH = 7.5

(3) SOUR 与污泥沉降性能的关系 图5的结果表明, 在实验的 SVI 值范围内, 生物系统的 SOUR 与污泥的 SVI 之间存在一定关系, 随着 SOUR 值的增加, SVI 降低. 这表明污泥沉降性能与系统中微生物呼吸耗氧速度呈正比例关系, 也即在一定范围内, 生物系统的处理效果的提高与其污泥沉降性能的增加是一致的.

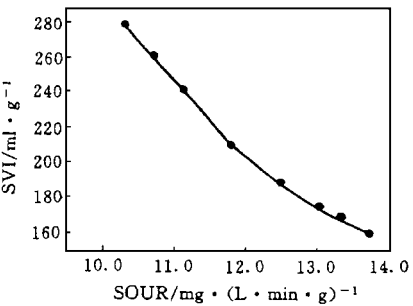


图5 生物系统 SOUR 与污泥沉降性能的关系

2.3 ICZs 预处理对有机物的去除效果

从表2的实验结果可以看到, 在 ICZs 预处理中, 控制生物反应在缺氧条件下进行, 则活性污泥反应器的回流污泥与废水的混合液在选择器中仅停留 20min, 就能去除 BOD₅ 49.0%—62.5 及 COD 18.5%—21.9%. 这表明在 ICZs 缺氧选择器中, 部分有机物在缺氧条件下受兼性厌氧微生物的作用被除去.

表2 ICZs 预处理对 CTMP 废水中
有机物的去除效果¹⁾

运行日期 /月-日	BOD ₅ /mg·L ⁻¹			COD/mg·L ⁻¹		
	原水	处理后	去除率/%	原水	处理后	去除率/%
05-08	272	73.9	55.6	556	311	19.6
05-10	275	81.6	51.5	549	303	20.4
05-12	282	86.7	50.8	627	348	19.3
05-15	272	79.3	53.9	633	358	21.0
05-19	276	88.1	49.0	565	321	21.2
05-22	281	62.5	64.9	548	305	21.9
05-24	268	68.2	59.5	538	300	21.8
05-26	235	56.6	62.1	538	310	18.5

1) ICZs 选择器体积: 0.83L, HRT: 20min
去除率(%) =
(原水值-ICZs 出水值) ÷ (ICZs 出水值-回流污泥上清液值) × 污泥回流比
原水值
(该计算公式考虑扣除回流污泥的稀释因素对计算产生的误差)

2.4 CTMP 废水的处理效果

从表3的实验结果可见, 采用 ICZs-活性污泥生物技术处理中浓度 CTMP 废水, 能够高效去除废水中的有机物质, 使 BOD₅、COD 及 TSS 去除率分别为 96.9%—97.9%、80.0%—82.9% 及 90.0—94.0%, 处理后的出水水质好, 出水的 BOD₅ 低于 10mg/L, COD 及 TSS 分别低于 120mg/L 和 6mg/L.

2.5 氮、磷消耗与处理效果的关系

本实验按 BOD₅·N·P = 100·5·4 的比例向废水中加入营养物质 N 和 P 以供微生物生长繁殖的需要, 然后用该废水驯化活性污泥. 从图6可知, 当驯化时间达到 12d 后, 微生物对 N、P 营养物质的摄取量增加, 其中 N 的消耗占加入量的 90% 以上, P 的消耗大于 40%, 20d 后, N 的消耗开始下降, 其消耗量维持在 80% 左右, P 的消耗则一直维持在 40%—60% 之间范围内. 最后出水含 N 量为 0.5—20mg/L, P 为 1—

表3 ICZ_s 预处理对 CTMP 废水中有机物的去除效果¹⁾/mg·L⁻¹

运行日期 /月-日	TSS			BOD ₅			BOD ₅		
	原水	出水	去除率/%	原水	出水	去除率/%	原水	出水	去除率/%
05-08	272	6.5	97.6	556	105	81.1	58.6	5.2	91.1
05-10	275	6.0	97.8	549	102	81.4	56.3	5.6	90.0
05-12	282	8.3	97.1	627	110	82.5	48.0	3.5	92.7
05-15	272	8.5	96.9	633	120	81.0	51.2	4.6	91.0
05-19	276	8.3	97.0	565	113	80.0	48.6	4.4	90.9
05-22	281	5.8	97.9	548	103	81.1	46.5	2.8	94.0
05-24	268	6.3	97.6	538	92	82.9	43.8	3.9	91.1
05-26	235	5.8	97.5	538	101	81.2	43.8	3.2	92.7

1) ICZ_s 选择器工艺条件: HRT 20min pH 7.0-7.6 DO ≤ 0.06mg/L
活性污泥反应器工艺条件: HRT 6h pH 7.0-7.5 DO > 2m l/L MLSS 2000—3000mg/L

2mg/L。从图6还可看到, 仅活性污泥系统, 尽管驯化期(约30d)内微生物对 N、P 的消耗值较高, 但该生物系统对有机物质的去除效率较低。在驯化结束后, 虽然废水中 BOD₅及 COD 的去除率有上升趋势, 但升幅不大。ICZ_s-活性污泥生物系统则由于有了 ICZ_s 预处理, 使生物系统对 CTMP 废水中的污染物去除效果有明显提高但又没有增加微生物对 N、P 营养物质的摄取量。

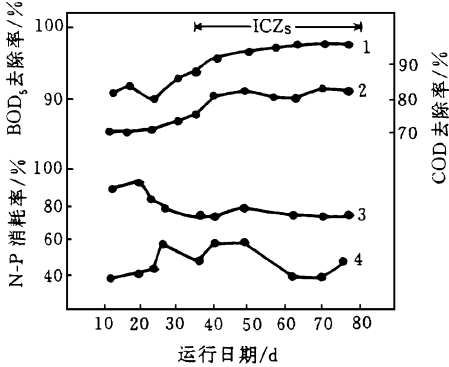


图6 微生物对 N、P 的消耗与处理效果的关系
1. BOD₅ 2. COD 3. N 4. P

3 结论

(1)控制 ICZ_s 预处理段的溶解氧浓度低于

0.06mg/L, pH 大于7.0时, 可以抑制丝状菌的产生, 避免普通活性污泥系统易出现的污泥膨胀现象, 同时获取高的有机污染物去除效果。

(2) ICZ_s 预处理段, CTMP 废水中有机物在兼性厌氧微生物的作用下, HRT = 20min, BOD₅去除率为49.0%—62.5%及 COD 去除率为18.5%—21.9%。

(3) 在一定的范围内, SVI 值随着生物系统 SOUR 值的增加而下降。

(4) 在 ICZ_s-活性污泥生物系统中, 微生物对 N、P 的摄取量分别为加入量的约80%及40%—60%, 出水中 NH₃-N 0.5—2.0mg/L, PO₄-P 1—2mg/L。系统中微生物对 N、P 的消耗量与处理效率之间没有明显的正比例关系。

参 考 文 献

1 Orris E A. The Control of Bulking Sludges: From the Early Innovators to Current Practice. Journal WPCF, 1987, 59(4): 172—181
2 陈敏等. 活性污泥驯化技术与高浓度 CTMP 废水生物处理的研究. 环境科学, 1996, 17(6): 46—49
3 Steven C C. Feast/Famine Growth Environments and Activated Sludge Population Selection. Biotechnology and Bioengineering, 1985, 17: 563

on *Pagrosomus major* and *Rhabdosargus sarba*. The acute toxicities of the four pollutants were in the sequence of isofenphos-methyl > Mn > Cu > methamidphos. Mn and methamidphos were equivalently toxic to *P. major* and *R. sarba*, Cu was almost equivalently toxic to them, while the 96h median lethal concentrations of isofenphos-methyl were 0.02mg/L for *P. major*, and 0.0014mg/L for *R. sarba*, respectively. The toxicity of isofenphos-methyl for *P. major* was 13 times higher than that for *R. sarba*. The toxicity of isofenphos-methyl were 174 times higher than that of methamidphos for *P. major*. The toxicity of isofenphos-methyl was 2500 times that of methamidphos for *R. sarba*. The additive toxicity of Cu-Mn and Cu-isofenphos-methyl for two species fishes was shown to be antagonistic, while that of methamidphos-isofenphos-methyl was synergism.

Key words: *P. major*, *R. sarba*, Cu, Mn, methamidphos, isofenphos-methyl, joint toxicity.

Microbial Treatment Technology for the Electroplating Wastewater. Wu Qianjing et al. (Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(5), 1997, pp. 47—50

This paper has reported the new technology of electroplating wastewater and sludge treated by microbes on the basis of fundamental research, experiment and pilot scale. The demonstration project built on Chengdu Jinjiang Electronic Machine Factory has got a good result. Since then, four processes whose treating capacity ranged from 1 to 175 tons/d in Chengdu Hong Guang Industry Limited Company, Chinese People Liberation Army 5701 Factory etc. were established. The processes have run steadily, safely and reliably for two years. The level of chromium, zinc, copper, nickel, cadmium, lead, COD, BOD, SS, pH, color degree and $\text{NH}_3\text{-N}$ in effluent is below the national GB8978-88 discharge standard. The water of effluent can be reused, the recovery of heavy metal of sludge can reach above 85%.

Key words: microbe, electroplating wastewater, heavy metal, treatment technology, sludge, reused, recovery.

Denitrification of Landfill Leachate by *Thiobacillus denitrificans*. Koenig Albert (Dept. of Civil and Structural Eng., The Univ. of Hong Kong), Liu Linghua (Water Quality Research Center, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(5), 1997, pp. 51—54

The feasibility of nitrate removal from nitrified

landfill leachate in reactors with different sulfur particle size was studied. The results indicate that ① the reactor with sulfur particle size of 2.8—5.6 mm can effectively remove nitrate from nitrified leachate up to a concentration of 400 mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$ at a hydraulic retention time of 5.71h; ② the minimum hydraulic retention time necessary for complete denitrification depends on sulfur particle size and influent nitrate concentration; ③ the maximum volumetric loading rate of $\text{NO}_3\text{-N}$ depends on sulfur particle size and is approximately 594, 278 and 175.4g/(m³·d) for sulfur particle size of 2.8—5.6mm, 5.6—11.2mm and 11.2—16mm, respectively; ④ the maximum area loading rate of $\text{NO}_3\text{-N}$, approximately 0.68g/(m²·d), appears to be the process limiting factor and is practically independent of sulfur particle size.

Key words: autotrophic denitrification, biofilm, *Thiobacillus denitrificans*, sulfur, landfill leachate, nitrate removal.

A Study on Treatment of Chemithermo-mechanical Pulping Wastewater with the New Technology by Combining ICZs and Activated Sludge Method. Chen Min (Guangdong Univ. of Tech., Environ. & Resource Eng. Dept., Guangzhou, 510090), Songnien Lou and H C laude Lavallée (Université du Québec à Trois-Rivières, Québec, Canada, G9A 5H7): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(5), 1997, pp. 55—58

It is investigated that the treatment of Chemithermomechanical Pulping (CTMP) wastewater with new technology by combining Zone of Biological Population selection (ICZs) and activated sludge method. The control of sludge bulking in activated sludge system of CTMP treatment with this technology is discussed. The three month experiments showed that the slowness of filamentous microorganism growth is achieved and the sludge bulking is controlled with ICZs pretreatment by controlling DO below 0.06 mg/L and pH 7—7.6. The biological treatment system with combining ICZs and activated sludge method can obtain efficient treatment. Removal of BOD₅, COD and TSS is above 97%, 80% and 90% respectively. ICZs pretreatment can remove 49.0%—62.5% BOD₅ and 18.5%—21.9% COD with only 20 minutes of HRT.

Key words: activated sludge, chemithermo-mechanical pulping wastewater, sludge bulking control, filamentous microorganism, zone of biological population selection, BOD₅, COD, TSS.

Numerical Simulation and Prediction for