

专论与综述

固定化细胞在废水处理中的应用及前景

周 定 王建龙 侯文华 岳奇贤 熊岳平

(哈尔滨工业大学应用化学系, 哈尔滨 150006)

摘要 综述了固定化微生物在水处理中的应用发展过程和固定化细胞技术在废水生物处理中的应用, 包括去除 BOD 物质、硝化-脱氮、酚、氰的降解、重金属离子的去除或回收以及印染废水的脱色处理等。最后, 对固定化细胞应用于废水生物处理的前景及存在的问题进行了评述。

关键词 固定化细胞, 废水生物处理。

固定化微生物技术是生物工程领域中的一项新兴技术。80 年代初, 国内外开始应用这种具有独特优点的新技术来处理工业废水和分解难生物降解的有机污染物, 并取得了令人瞩目的成果^[1]。它和传统的悬浮生物处理法相比, 有处理效率高, 稳定性强, 能纯化和保持高效菌种, 生物浓度高, 产污泥量少, 固液分离效果好等优点。因此, 该技术在废水处理, 尤其是特种废水处理领域中, 具有广阔的应用前景^[2]。

1 固定化微生物在水处理中的应用发展过程

固定化微生物法在水处理中的应用, 可以追溯到活性污泥法(人工强化生物法)的起源, 即 1904 年, 英国伦敦附近第一座生化处理厂的建立。因为生化反应曝气池中的活性污泥实际上是一种人工培养的生物絮体。它是由好气性微生物及其吸附、粘附的有机物质和无机物质所组成。具有吸附和分解废水中的有机污染物的能力, 显示出其生物化学氧化活性。所有微生物几乎是全部被包裹(或包埋)在微生物絮体内。因此, 自然形成的微生物絮体(活性污泥)可以看成是一种最原始的包埋固定化微生物。其特点是靠自然形成, 解体容易, 即固定化强度不高。这种工艺存在以下一些问题, ①反应池中微生物浓度低, 因此基质的去除速率慢, 停留时间长, 反应池体积大; ②处理水的固液分离靠物理沉淀; ③对许多有害物质的处理能力低; ④产生大量的剩余污泥; ⑤常发生污泥膨胀。到了本世纪五六十年代,

人们又发展了浓缩型的高效生物膜法。它是依靠微生物的自然附着力在某些固形物的表面形成固着型生物膜, 如生物固定床、生物流化床, 生物接触氧化等工艺。这种生物膜是自然形成的物理吸附固定化微生物群。其固定化强度虽比上述的生物絮体高, 但它仍然没有摆脱自然的力量。且此法需要较多的填料和填料支承结构, 基建投资高。此外, 生物膜中含有多种微生物, 特定的高效微生物所占的比例较少。直到本世纪 70 年代末 80 年代初, 人工强化固定化微生物才引起人们的注意。它是人为地将特定的微生物封闭在分子网络载体内, 菌体脱落少, 又能利用那些具有高活性的, 但不易形成沉降性能良好的絮体或生物膜的微生物, 载体中微生物密度高。

由此可以看出, 固定化微生物的发展正如人工强化生物处理法的发展(由自然的生物净化到人工强化的生物氧化法)一样, 是一个由自然到人工强化的过程。包埋固定化微生物用于废水生物处理, 能进一步提高反应器内特定微生物的浓度, 减轻二沉池的负荷。目前, 受到了国内外学者的极大关注。

2 固定化微生物技术在废水处理中的应用

2.1 固定化活性污泥去除 BOD 物质^[3-11]

日本的角野立夫和桥本奖等人分别进行了这方面的研究。角野立夫等人^[3-5]利用聚丙烯酰胺

胺包埋固定活性污泥进行人工合成废水(BOD为 300mg/L)的处理研究。在气升式反应器内,采用纯氧曝气,容积负荷为 2.0kg BOD/(m³·d),连续处理运行 1000d,出水水质稳定(BOD<20mg/L)。固定化后微生物中的酶稳定,对温度、pH 值的忍耐性增强,活性污泥基本无泄漏。处理过程中,容积负荷可逐渐上升到 10.0kg BOD/(m³·d),与普通的悬浮活性污泥法相比,负荷增大约 4 倍,反应器体积可减少 3/4—4/5,剩余污泥量减少 2/3—4/5。显示了固定化微生物法的优点:剩余污泥量少,负荷高,处理速度快。

桥本奖等人采用琼脂-聚丙烯酰胺^[6]、PVA-冷冻法^[7]、PVA-H₃BO₃法^[8]包埋固定化活性污泥分别对合成废水的连续性处理进行了试验。合成废水中,TOC:95mg/L,T-N:29mg/L。结果表明,当 TOC 的容积负荷为 0.50—2.35kg TOC/(m³·d)时,TOC 的去除率均高达 93%—95%。同时,由于固定化细胞内部氧气难以扩散进去而处于厌氧状态,对 T-N(总氮)的去除率也达 30%—40%,从而有可能在生化池内同时除去碳和氮。他们还根据动力学解析,得出在完全氧化条件下(不产生剩余污泥)的极限负荷,延时曝气法为 0.15—0.25kg BOD₅/(m³·d),琼脂-聚丙烯酰胺法为 0.492,PVA-冷冻法为 1.02,PVA-H₃BO₃法为 0.459。

美国夏威夷大学的 Yang,T. P. 等人分别用三醋酸纤维素和海藻酸钙-三醋酸纤维素作载体,包埋固定化好氧混合微生物^[9],在固定填充床反应器内处理有机废水。结果表明,单载体固定化细胞优于双载体,当有机负荷小于 9kg BOD/(m³·d)时,BOD 去除率大于 90%。该固定化细胞处理系统能耐水力冲击和有机负荷冲击。

钱新民等人^[10]利用纤维载体固定化红螺菌处理发酵废液。他们在填充软性纤维材料的柱式玻璃反应器内(直径 8cm,柱高 80cm),利用 *Rhodospseudomonas Palustris* Y₆ 光合细菌(PSB)连续处理发酵废液,建立了该处理系统的动力学模型。计算出模型参数 $K_s=45.56\text{mg/L}$ 、 $\mu_m=0.224\text{h}^{-1}$,模型理论曲线与实验值吻合较好。合适的稀释率为 0.129h⁻¹。此时,COD 去除能力为 1686.0ppm COD/h。为纤维载体固定化 PSB 处理有机废水提供了一些放大操作依据。

罗志腾等人^[11]研究了固定化活性污泥的乳质,并用于厌氧膨胀床中处理高浓度有机废水。他们以琼脂为载体,包埋固定化厌氧活性污泥细菌群,用 0.5% 的戊二醛交联。固定化细胞颗粒操作稳定性较好,pH 在 6.0—8.0 时,COD 去除率均在 75% 以上。进水 COD 为 7300mg/L,回流比为 24 时,COD 去除率达 83.6%。最后,他们还研究了室温(20—50℃)条件下,水力停留时间,COD 负荷和回流比对 COD 去除率的影响。

2.2 固定化细胞用于硝化-脱氮^[12-15]

固定化微生物法用于硝化-脱氮的研究报道近来较多。将增殖速度极慢的硝化菌加以固定并保持高浓度,可以加快硝化速度,从而减少处理设备。

日本的中村裕纪等人^[12,13]用聚丙烯酰胺包埋法固定硝化菌和脱氮菌,采用好氧硝化与厌氧反硝化两段工艺进行合成废水的脱氮试验。与悬浮生物法相比,低温下硝化速度增大了 6.7 倍,脱氮速度提高 3 倍。50d 连续处理试验表明:停留时间由原来的 7h(硝化 4h+反硝化 3h)缩短为 4h(硝化 2h+反硝化 2h),这样设备将缩小 50%。

设乐等人^[14,15]用卡拉胶固定化脱氮菌,在充填率为 30% 的 4L 反应器中对合成废水进行了 70d 的连续脱氮试验。当负荷小于 1.5kg NO_x-N/(m³·d)时,出水中的 NO_x-N 小于 10mg/L,当负荷升高到 3.2kg NO_x-N/(m³·d)时,产生大量的氮气,使颗粒上浮,致使处理效果下降。

桥本奖等人采用 PVA 固定化活性污泥,在 1.0L 的曝气槽中进行间歇曝气运行。结果表明,当 T-N 负荷小于 0.3kg/(m³·d)时,间歇曝气比连续曝气的 T-N 去除率高。在处理城市废水的中型试验(曝气池容积为 200L)时,也得到同样的结果,这说明 PVA 固定化活性污泥的间歇曝气运行是去除氮的简单而有效的方法。

桥本奖等人采用 PVA 固定化活性污泥,在 1.0L 的曝气槽中进行间歇曝气运行。结果表明,当 T-N 负荷小于 0.3kg/(m³·d)时,间歇曝气比连续曝气的 T-N 去除率高。在处理城市废水的中型试验(曝气池容积为 200L)时,也得到同样的结果,这说明 PVA 固定化活性污泥的间歇曝气运行是去除氮的简单而有效的方法。

市村等人^[16]用以 PVA 为主链的光架桥性树脂预聚物(PVA-SBQ)与海藻酸钠结合包埋固定化硝化菌,在有效容积为 1.18L 的内循环式流化床中进行了 250d 的连续硝化试验,可将 $\text{NH}_3\text{-N}$ 从 80mg/L 降至 20mg/L,容积负荷达 $2\text{kg NH}_3\text{-N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

Nilsson 等人^[17,18]用海藻酸钠包埋脱氮假单胞菌(*Pseudomonas denitrificans*),固定化细胞的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 去除速率为自由细胞的 50%。固定化后,细胞的存活比例很大,但内扩散是脱氮过程的速度控制步骤。固定化细胞在低温下的活力保留上升,热稳定性及贮藏稳定性增加。在用固定床处理含氮地表水的试验中,脱氮活力可稳定 53d,并且脱氮活性可以通过在营养培养基中的活化而得到恢复。

周定等人首次将 PVA- H_3BO_3 法用于包埋固定化脱氮微生物,并研究了 H_3BO_3 对脱氮微生物的毒性,建立了脱氮微生物的 PVA- H_3BO_3 固定化方法。固定化细胞的脱氮活力回收大于 50%。实验结果表明,脱氮微生物在用 PVA 包埋后,脱氮的最佳温度、pH 值不变。但在低 pH 值、低温条件下的脱氮活力保留提高,中间产物 NO_2^- 的积累减少,溶解氧对脱氮的抑制作用减轻,比脱氮速率下降。因此,利用固定化微生物可能在较低 pH 值、较低温度和较高溶解氧的条件下获得较好的处理效果,即可增加脱氮处理对寒冷气候、入水条件的适应性、脱氮微生物在固定化载体中能增殖,因此可以获得较高的微生物浓度,从而提高处理速率。

Dunn, I. J. 等人^[19]研究了生物膜流化床反应器用于废水的硝化处理。

Tramper, J. 等人^[20,21]研究了海藻酸钙和卡拉胶固定化 *Nitrobacter agilis* 的性能。

2.3 固定化细胞用于有毒废水的处理

2.3.1 酚、氰降解^[22-41]

周定等人^[22]对固定化细胞处理含酚废水进行了详细的研究。他们从活性污泥中分离得到热带假丝酵母(*Candida tropicalis*),经海藻酸钙凝胶包埋固定后,在自制的三相流化床内进行含酚废水的连续处理试验。进水酚浓度为 300ppm

时,出水酚浓度小于 0.5ppm。与悬浮生物法相比,酚的容积负荷可提高 1 倍以上,污泥发生量减少 90%,显示了固定化微生物法处理废水的美好前景。

Dwyer 等人利用琼脂包埋苯酚降解菌来分解苯酚,实验发现,当苯酚浓度较低时,固定化细胞不如游离细胞,但当酚浓度高达 2000mg/L 时,固定化细胞显示出其优越性。

Crawford 等人利用固定化黄杆菌(*Flavobacterium*)降解五氯苯酚,当酚浓度为 300mg/L 时,五氯苯酚降解速率达 3.5—4.0mg/(g·d)。

Rehm 等人采用活性炭吸附法和聚丙烯酰胺包埋法固定化酚降解菌,用于分解苯酚及其衍生物。

周相林等人对固定化微生物降解含氰化合物进行了研究。

2.3.2 农药、杀虫剂废水的处理^[43-44]

Portier 等人研究了固定化纯微生物菌株处理含氯乙酸盐的杀虫剂生产废水。他们从受污染的水体中分离得到具有分解氯乙酸钠能力的 *Pseudomonas* 菌株,用多孔性载体 Celite R-630 进行吸附固定。中试规模的试验结果表明,在水力停留时间为 10.9—16.2h 时,可使进水浓度高达 6000mg 氯乙酸钠/L 降至小于 10mg/L。去除率达 99%,TOC 的去除率也达 89%。

Aitkhozhina 等人固定化 *Pseudomonas indigofera* 用于除去残留在土壤中的杀虫剂。

MacRae 等人利用磁铁矿吸附 *Rhodospira rubra* 和 *Sphaeroides* 和 *Alcaligenes eutrophus*,除去受污染水体中的 2,4-二氯苯氧基乙酸(2,4-D)和 2,4,5-三氯苯氧基乙酸(2,4,5-T)。

Yang, T. P. 等人用三醋酸纤维素包埋固定化酚驯化污泥来降解 2,4-D。当进水中 2,4-D 浓度为 250mg/L 时,出水浓度可降至小于 15mg/L,去除率达 97%。

2.3.3 重金属离子的除去或回收^[45-54]

Michel, L. J. 等人利用聚丙烯酰胺包埋固定化柠檬酸细菌(*Citrobacter* Sp.),用于富集废

水中的金属镉^[17-18]。在最优条件下,使用单级固定化细胞反应柱,金属去除率达 96%,使用三级固定化细胞反应柱,金属去除率达 100%。这种固定化细胞不仅可用于去除金属 Cd,同样也适用于去除金属 Pb、Cu^[12]以及其它金属^[33,41]。

Lancy 等人^[19]研究了利用海藻酸钙包埋固定氧化亚铁硫杆菌(*Thiobacillus ferrooxidans*)用于除去铁离子。

Darnall 等人^[16]对利用固定化藻类细胞回收重金属离子进行了研究。

2.3.4 固定化细胞用于印染废水的处理^[55-57]

刘志培等人^[55]利用聚乙烯醇固定化混合细菌细胞,进行了印染废水脱色的研究。试验结果表明:固定化细胞对印染废水的脱色活性与其自然细胞相似,最适温度为 30—40℃,最适 pH 为 7.0。在 pH6.0—8.0 和温度 25—40℃,范围内都具有较高的脱色活性,固定化细胞的热稳定性增加。在连续一个月的试验中,水力停留时间小于 3.0h,脱色率均可维持在 70%—80%,达到了处理要求,该法具有较高的实用价值。

韩树琴等人^[56]报道过用琼脂包埋固定化细胞进行染料配水脱色的研究。

王孔星等人^[57]进行了固定化细菌细胞处理印染废水的中试研究。他们选用多孔硅酸盐材料做无机载体,吸附固定化混合脱色菌。试验用塔高 1m,直径 1.6m,总体积 7.4m³。装填料约 7m³。装填料后,塔内水容积为 4m³。试验结果表明,用生化曝气池后的二沉池出水再经固定化细胞反应塔脱色处理 80min,色度去除率平均达 85.15%,出水色度均在 100 以下,符合排放标准。该法工艺简单,便于管理,宜于推广使用。

3 固定化细胞在废水处理中的应用前景

固定化微生物法以其独特的优点近年来在废水处理领域中引起了人们的普遍关注并获得了广泛的研究,但要实用化还有许多问题需要解决:

(1)实际废水是一个十分复杂的混合体系,用单一菌种处理,一般很难达到要求。因此,对于复杂的废水体系,是采用混合菌,还是单一高效

菌分级处理,有待于进一步探索。

(2)包埋固定化微生物不能除去原废水中的悬浮物,因此,必须先将悬浮物分解或除去。它也不能除去悬浮在反应器中的微生物细胞(来自从载体内泄漏出来的细胞的增殖),因此,出水仍有一定的浑浊度。

(3)包埋载体对基质(特别是氧气)和产物存在扩散阻力,因此,需要高效曝气和混合设备才能使固定化细胞处于良好的微环境中,发挥其高效作用。

(4)由于目前尚不能精确测定固定化载体中微生物浓度,因此,适用于传统的生物处理法的设计、运行管理及最佳控制的动力学处理法不能用于固定化微生物系统。

(5)固定化载体的成本及使用寿命是决定其经济可行性的关键,开发和设计适合于固定化微生物的生化反应器也是一个急待解决的问题。

基因工程技术在水处理中的应用还相当遥远,但有效地利用遗传工程菌的降解潜力,防止其泄漏而引起生态问题,开拓固定化细胞技术应用的新领域,仍是一个发展方向^[58]。包埋固定化微生物在水处理中的应用研究尚处于初级研究,随着该项技术的不断深入研究和发展的,固定化细胞技术必将在废水生物处理领域中获得广泛的应用。

参 考 文 献

- 1 Vojtisek V et al. *Folia Microbiol.* 1983, **28**(1):309
- 2 雷乐成. 水处理技术. 1992, **18**(1):46
- 3 角野立夫. 用水と废水. 1985, **27**(10):52
- 4 角野立夫. 日本工業用水協会第 19 回研究発表会講演要旨集, 1988:74
- 5 内田ヲ. 上本学会第 42 回年次学术講演会 1987:832
- 6 桥本奖ヲ. 下水道誌会誌 1985, **22**(253):42
- 7 桥本奖ヲ. 下水道誌会誌 1986, **23**(261):16
- 8 桥本奖ヲ. 下水道誌会誌 1986, **23**(262):41
- 9 Yang T P et al. *Biological Wastes*. 1988, **23**:1
- 10 钱新民等. 生物工程学报. 1992, **8**(3):271
- 11 罗志腾等. 城市环境与城市生态, 1990, **3**(2):1
- 12 中村ヲ. 公害と対策. 1986, **22**(2):27

(下转第 59 页)

加绿地;②控制和疏散人口;③增加集中和联片供热。

IX 工业(仓库)用地混杂区 本区位于二环和三环之间,以工业用地为主,并与居住用地混杂,大气质量标准超过三级。今后应①限制工业用地的继续发展;②发展联片供热。

X 文化、风景旅游区 本区位于规划市的西北部,是高等院校和科研单位集中地,以及著名的园林风景区(颐和园和圆明园)。本区位于城市上水、上风、环境质量尚可。今后本区应建设成一个环境优美的科学旅游城。

XI 城市用地过渡区 本区位于三环以外,属城市与农业的过渡区,但以农业为主、工业集团

与农田交错分布。主要工业集团为清河、丰台等。本区今后应注意城市与工业组团、工业组团与工业团之间隔离带的建设。

参考文献

- 姜 林. 城市环境与城市生态. 1992, 5(4): 26
- Hendricks David W et al. *Environmental design for public projects*. Fort Collins, Colorado: Water Resources Pub., 1975: 521—571
- 刘多森等. 土壤和环境研究中的数学方法与建模. 北京: 农业出版社, 1987: 166—198
- Ortolano L. *Environmental planning and decision making*. Tronto: John Wiley, 1985: 220—225
- (上接第 54 页)
- 中村ラ. 第 22 回下水道研究発表会講演集 1985: 256
- 設樂ラ. 下水道発会誌 1983, 20(234): 31
- 設樂ラ. 下水道発会誌 1984, 21(236): 35
- 市村ラ. 用水と廃水. 1987, 29(8): 20
- Nilsson I et al. *Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 1980, 10: 261
- Nilsson I et al. *Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 1982, 14: 86
- Dunn I J et al. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 1983, 413: 168
- Tramper J et al. *Enzyme Microb. Technol.*, 1986, 8(8): 477
- Tramper J et al. *Enzyme Microb. Technol.*, 1986, 8(8): 472
- 周定等. 环境科学. 1990, 11(1): 1
- Arselmo A M et al. *Biotechnol. Lett.*, 1985, 7(2): 889
- Bettmann H et al. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 1984, 20: 258
- 黄武华等. 环境科学学报, 1982, 2(4): 293
- Klein J et al. *ACS Symp. Ser.*, 1979, 106: 101
- 桥本ラ. 第 23 回下水道研究発表会講演集. 1986: 449
- Ehrhardt H M et al. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 1985, 21: 32
- Bettmann H et al. *Chem. Ind.*, 1986, 38(3): 278
- Dwyer D F et al. *Appl. Environ. Microbiol.*, 1986, 52(2): 345
- Anon et al. *Chem. Eng. News.*, 1986, 64: 16
- Fan L S et al. *Biotechnol. Bioeng.*, 1987, 30: 498
- Rehm H J et al. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 1985, 22: 301
- Rehm H J et al. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 1987, 26: 78
- Crawford R L et al. *Appl. Environ. Microbiol.*, 1989, 55(9)
- 周相林等. 环境科学学报. 1986, 6(3): 368
- Westmeier F et al. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 1985, 22(5): 301
- Westmeier F et al. *Chem. Ind.*, 1986, 38(3): 158
- Westmeier F et al. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 1987, 26: 78
- Sahasrabudhe S R et al. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 1985, 21: 365
- MacRae I et al. *Watet. Res.*, 1986, 20: 1149
- MacRae I. *Water Res.*, 1985, 19: 825
- Aitkhozhina N A et al. *Prikl. Biokhim. Mikrobiol.*, 1986, 22(1): 49
- Yang P Y et al. *Biological. Wastes.*, 1988, 23: 1
- Michel L J et al. *Biotechnol. Bioeng.*, 1986, 28: 1358
- Darnall D W et al. *Spec. Chem. R. Soc. Chem.*, 1986, 61: 1
- Anon. *Biotechnol. Newswatch.*, 1983, 3: 5
- Macaskie L E et al. *Environ. Technol. Lett.*, 1984, 5: 177
- Lancy E D et al. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 1984, 20: 94
- Anon. *Biotechnol. News.*, 1986, 5(23): 5
- Macaskie L E et al. *Enzyme Microb. Technol.*, 1987, 9: 2
- Macaskie L E et al. *Biotechnol. Lett.*, 1984, 6: 71
- Macaskie L E et al. *Biotechnol. Lett.*, 1985, 7: 627
- Macaskie L E et al. *Biotechnol. Lett.*, 1985, 7: 457
- 刘志培等. 环境科学. 1992, 13(1): 2
- 韩树琴等. 环境科学学报. 1988, 8(1): 93
- 王孔星等. 环境科学与技术. 1990, (2): 2
- 藤田正ラ. *Bioindustry.* 1990, 7(3): 22

al. (Institute of Microbiology, Shandong University, Jinan 250100); *Chin. J. Environ. Sci.*, **14** (5), 1993, pp. 39—42

Starch waste water was continuously treated by a columnar biofilm reactor. High COD volume load can be reached under the optimum operation conditions; when D_m is $0.33h^{-1}$ the maximal COD volume load is $15.84kgCOD/m^3 \cdot d$ (without backwash). When the backwash rate is 0.2, and the D_m is $0.35h^{-1}$, the maximal COD volume load is $21.8kgCOD/m^3 \cdot d$. Not only can the pollution of waste water be eliminated effectively but the bacterial mud is also an important source of feed additive.

Key words: photosynthetic bacterium, biofilm method, waste water treatment, COD volume load, backwash rate, dilution rate.

Studies on the Application of packed — bed Reactors in Advanced Treatment of Secondary Effluent. Liu Xibo (Department of Environmental Engineering, North China Institute of Electric power, Baoding 071003); *Chin. J. Environ. Sci.*, **14**(5), 1993, pp. 43—46

The study mainly relates to the packed — bed reactors (PBR), their removal efficiency of COD, SS, NH_3-N and their affecting factors when applied to the advanced treatment of secondary effluent. The following technology process is recommended for effluent reuse: secondary effluent $\rightarrow$ UP — flow PBR $\rightarrow$ dual — filter medium filter $\rightarrow$ for reuse. The removal efficiencies of COD, SS and NH_3-N by this technology process are 42.5%, 92.3% and 52.6%, respectively. The effluent of the recommended technology process may be used as various domestic water, production process water, recycling cooling water, etc.

Key words: packed — bed reactor, water reuse, advanced wastewater treatment.

Removal of Recalcitrant Organic Compounds in Hydrolysis Tank-Stabilization Pond System. Tao Tao (Wuhan Urban Construction Institute, Wuhan 430074); *Chin. J. Environ. Sci.*, **14**(5), 1993, pp. 47—50

Recalcitrant organic compounds are a limiting factor that reduces efficiency of wastewater treatment process. In order to remove the refractory organics effectively, shorten retention time of stabilization pond and decrease land occupied, a technological system, a hydrolysis tank — stabilization pond (HTSP) system is proposed. The result of

GC/MS test shows that large molecular organics were transformed into low organic molecules in the hydrolysis tank. Therefore, the degradation of wastewater in stabilization pond was accelerated. Land occupied of the HTSP system was 50% less than that of a primary settling tank — stabilization pond (STSP) system. The studies were also conducted on the removal of $CHCl_3$, $C_2H_2Cl_2$, $C_2H_4Cl_2$ and CCl_4 in the HTSP system. The experiments indicate that the processes of reduction dehalogenation occurred in the hydrolysis tank and volatilization was the main way to remove halohydrocarbon in stabilization pond.

Key words: hydrolysis tank, stabilization pond, recalcitrant organic compound, retention time, halohydrocarbon.

The Applications and Perspectives of Immobilized cells in the Biological Treatment of Wastewater. Zhou Ding et al. (Department of Applied Chemistry, Harbin Institute of Technology, Harbin 150006); *Chin. J. Environ. Sci.*, **14** (5), 1993, pp. 51—54

This paper deals with the development process of the applications of immobilized microorganisms in the wastewater treatment. The applications of immobilized cell techniques for wastewater treatment, including removal of BOD, nitrification — denitrification, degradation of phenol and cyanide, removal/recovery of the heavy metals and the decolorization of dyeing wastewater, etc., were reviewed. Finally, the perspective of the applications of immobilized cells in the biological treatment of wastewater was evaluated.

Key words: immobilization, immobilized cell, biological treatment of wastewater.

Methodology on Environmental Zoning — A Case Study of Beijing Environmental Zoning. Jiang Lin, Zhao Tongrun (Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing 100037); *Chin. J. Environ. Sci.*, **14**(5), 1993, pp. 55—59

The basic theory, principles and methods of environmental zoning (or environmental regionalization) are presented, and a system of Beijing environmental zoning is also given in this paper.

Key words: environmental zoning, Beijing.

The Study on the Sand — Dust Storms in Northwest China Region and the High — altitude Transportation Path of the Kosa Aerosol. Quan Hao (China-Japan Friendship Environmental Protection Centre, Beijing 100029);