

AB 工艺原理的系统分析*

沈耀良 李 勇

(苏州城建环保学院环保系, 苏州 215008)

摘要 根据 AB 工艺的流程及主要特征, 系统地分析了该工艺的开放系统原理、反应动力学原理和生物相分隔原理。根据开放系统原理考虑了城市污水输送管道系统中占 A 段曝气池微生物量 15%—20% 微生物的作用; 根据反应动力学原理采用了 2 个反应器, 从而使反应器所需总容积节省 38% 以上; 根据不同微生物的生长特点及其对环境的要求, 进行了生物相的分隔, 从而使处理效果更为有效和稳定。实践表明, AB 工艺可比传统活性污泥法节省工程投资 15%—25%, 节省占地 10%—15%, 节省运转费用 15%—25%。

关键词 废水处理, AB 工艺, 原理分析。

AB 工艺作为一种高效而稳定的新型废水二段生物处理工艺, 自 80 年代初开始在实际工程中得到应用以来, 受到国内外研究者和技术人员的普遍重视, 并已成为近 10 年来在废水处理领域中发展较快的城市污水处理工艺。许多国家都相继开展了有关的研究并将其应用于对老厂的工艺改造和新厂的建设。其中建于南斯拉夫的最大 AB 法污水处理厂处理规模为 160 万人口当量 (按 1 人口当量 BOD_5 60 g/d 计)。近几年来, 国内对 AB 工艺的研究日趋广泛, 应用实例也不断增多, 并通过引进国外技术或外资建设了数座一定规模的 AB 法城市污水处理厂^[1, 2]。研究和实际应用表明, AB 工艺在处理效率、污染物去除种类、运行稳定性、工程投资及运转费用等方面均比传统活性污泥法具有一定的优越性, 是一种很有前途的废水生物处理技术。

1 AB 工艺流程

AB 法是二段活性污泥法的一种改进形式, 其工艺流程如图 1 所示。在 AB 工艺中, 整个系统分成负荷截然不同的 A 段和 B 段。A 段在相当高的负荷下运行, B 段负荷较低。A 段和 B 段采用单独回流的方式, 在 A 段和 B 段曝气池中形成 2 种特性不同的微生物群落。A 段对进水水质水量、pH 及毒物等具有很强的适应性, 能为其后面的 B 段创造一个良好的进水条件; B 段则属于低负荷活性污泥法, 可以以多种不同的方式运行, 其曝气池中生长的微生物除菌胶团细菌外, 还有相当数量的高级真核类微生物 (如原生动物和后生动物等)。运行过程中, A 段可以以好氧或缺氧的方式进行, 并可根据需要确定 A 段的 BOD_5 去除率以利于 B 段的有效运行。因而, AB 工艺还具有运转控制灵活的特点。

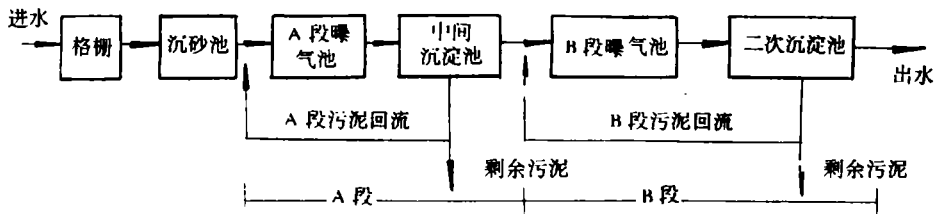


图1 AB 法的工艺流程

2 AB 工艺原理的系统分析

AB 工艺的 3 大明显特征是: ① 不设初次沉淀池; ② A 段和 B 段的污泥回流系统单独分开, 互不相混; ③ A 段和 B 段分别在负荷相差极为悬殊的情况下运行。这些特征建立在以下的理论基础之上。

2.1 开放系统原理

污水的收集、输送系统和污水处理系统是城市污水系统的 2 个子系统 (如图 2 所示)。城市污水一般包括生活污水和工业废水 2 部分。水质分析表明, 城市污水中

* 江苏省教委和苏州城建环保学院科研资助课题

收稿日期: 1996-02-14

含有许多的具有生命力的微生物,这些微生物来自人和动物的排泄物和一些发酵工业排出的废液。人体连续排泄的粪便细菌中约有5%—15%能在好氧或兼氧条件下存活并增殖,不断诱导出活性很强的微生物群落。一般污水排放点到污水处理厂的连接管道(或沟渠)长达几km至几10 km,这实际上是一个中间反应器,在此中间反应器中即进行着有机物的分解及微生物的适应、选择和生长繁殖过程。泰安污水处理厂试验中观察到的现象表明^[3],污水中存在大量已适应原污水的微生物,这些微生物具有自发絮凝性。当它们进入A段曝气池后,在A段原有菌胶团的诱导促进下很快絮凝在一起,絮凝物的结构与菌胶团类似,絮凝的同时絮凝物与原有的菌胶团结合在一起而成为A段中污泥的组成部分,这些菌胶团具有较强的吸附能力和良好的沉降性能。在传统的活性污泥法中,由于设置了初次沉淀池,使得这部分活性很强的微生物还未能能在污水处理系统中发挥作用就被去除了。在AB工艺中不设初沉池,如果A级中的微生物量以100%计,经测定表明,恒定地由污水管道(或沟渠)系统进入A段的微生物量可达到全部微生物量的15%以上^[4]。由此可知,AB法污水处理工艺实际上是一个由城市污水收集、管道系统和污水处理系统组成的一个开放性系统。这是AB工艺中不设初次沉淀池的基本出发点。

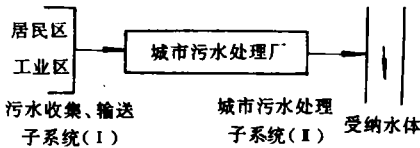


图2 城市污水系统的组成

2.2 反应动力学原理

传统的完全混合式活性污泥法处理工艺中,曝气池内的基质浓度、溶解氧含量及生物反应速率等均为定值。其物料恒算关系可表示为如式(1)所示的形式。假定反应器内的基质的降解符合一级动力学反应,且反应过程处于稳定状态($dc/dt=0$),则上式可表示为式(2)的形式:

$$V(dS/dt) = QS_0 - QS_e + rV \quad (1)$$
$$S_e = S_0/(1 + Kt) \quad (2)$$

式中, Q 为污水流量(m^3/h); V 为曝气池容积(m^3); S_0 为进水中基质的浓度(mg/L); S_e 为出水中基质的浓度(mg/L); r 为基质的降解速率($mg/L \cdot h$); t 为水力停留时间(h); K 为基质降解速率常数(L/h)。

如果 n 个相同的反应器串联运行,则各反应器的基质浓度变化规律可表示为式(3),并可得到式(4—7)的表达式:

$$S_{e(n)} = S_{e(n-1)}/(1 + Kt)$$

$$(n = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (3)$$

$$S_{e(n)} = S_0/(1 + Kt)^n \quad (4)$$

$$V = Q[(S_0/S_{e(n)})^{1/n} - 1]/K \quad (5)$$

$$V_{\Sigma}/(Q/K) = n\{[1/(1 - \eta)]^{1/n} - 1\} \quad (6)$$

$$t = [(S_0/S_{e(n)})^{1/n} - 1]/K \quad (7)$$

式中, V_{Σ} 为 n 个串联反应器达到一定处理程度时所需的反应器总容积; η 为处理工艺系统的处理效率(%)。

由上述可知,当 $n=1$ 时,即为单个反应器达到一定处理效果时所需的反应器容积;当 n 大于1时,则为 n 个反应器串联运行时单个反应器达到一定处理效果时所需的反应器容积。表1所列在不同处理效率、不同反应器串联数与所需的反应器总容积(设处理规模 Q 一定)。

由表1可知,处理率越高,所需反应器的容积就越大;在相同处理率的条件下,随着反应器数 n 的增加,所需的反应器总容积则随之减小,但当 n 大于4时,总容积的减小已趋不明显,因而以反应器数小于4为好,而且只有当2个反应器串联运行时,反应器容积的节省最为显著。例如当处理工艺的COD去除率为80%时,反应器由一个改为2个时,总容积可节省38%;改为3

表1 串联反应器数 n 、处理效率 η 和所需反应器总容积 V_{Σ} 间的关系

处理效率 /%	反应器总容积(以 $V_{\Sigma}/Q \cdot K^{-1}$ 计)				
	$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=4$	$n=5$
50	1.00	0.82	0.78	0.76	0.75
60	1.50	1.16	1.08	1.04	1.00
70	2.33	1.64	1.47	1.40	1.35
80	4.00	2.48	2.13	2.00	1.90
85	5.67	3.16	2.64	2.43	2.31
90	9.00	4.32	3.45	3.12	2.90
95	19.00	6.94	5.13	4.44	4.10
98	49.00	12.14	8.04	6.64	5.95

个时,则其总容积将节省47%。但反应器由2个改为3个时,则处理效率为80%时可再节省容积14%。综合考虑基建和运转费用,由1个反应器改为2个反应器串联运行,可取得明显的环境经济效益。

2.3 生物相分隔原理

污水生物处理过程中,微生物对有机污染物的去除作用是通过初期的快速吸附和生物代谢作用完成的^[4]。AB法中A段的水力停留时间仅为30 min左右,它充分利用了活性污泥的初期吸附作用,但AB工艺中的这种吸附作用及其吸附能力的保持与吸附再生活性污泥

法不同,后者在接触池内进行吸附,在再生曝气池中恢复其吸附能力,其能耗并没有减少。AB 工艺中的 A 段则无再生池,其吸附能力的保持取决于 2 个因素。其一是污水收集、输送系统中随污水进入 A 段的微生物源源不断地在 A 段中得到“活化”;其二是由于在 A 段中的泥龄较短,仅为 0.3—0.5 d,因而快速增殖的微生物具有很强的吸附和絮凝能力^[6]。也就是说在 AB 工艺中 A 段内的微生物主要是由活性强、世代期短的生物相组成,这是其在高负荷、短停留时间和短泥龄条件下运行的依据。此外, A 段的运行方式可以根据具体运行要求加以调整。当 A 段以兼氧的方式运行时,由于供氧不足,这种高活性的微生物为了满足自身的代谢能量的需求,被迫对那些在好氧条件下不易分解的有机物进行初步的分解,使其转化为易降解的有机物从而在后续的 B 段中易于被去除。由此可知,保持 A 段的短泥龄对有机物的吸附作用的发挥是非常重要的。但需注意在实际运行操作中,应及时排泥(A 段的剩余污泥产量较大,约占整个处理系统的 80%左右)。AB 法中 B 段的生物相与 A 段中的明显不同,主要由世代期长、较高等的真核微生物组成。但其生物相不是固定不变的,它将根据具体的工艺设计而有所变化。如若考虑对污水的除氮脱磷问题,则水力停留时间及污泥龄都将延长,此时 B 段中的原生动物和后生动物的比例将会提高。

综上所述, AB 法工艺根据系统工程的基本理论,省去了传统污水生物处理工艺中的初次沉淀池,使 A 段成为一个不断由外界补充具有高度活性的微生物的开放性动态系统;从生物反应动力学的角度出发,采用了经济合理的 2 段处理工艺流程;根据微生物的生长、繁殖规律及其对有机基质的代谢关系,使 2 段的污泥回流系统分开而保证处理过程中生物相的稳定性。所有这些使得 AB 工艺比传统活性污泥法具有更高、更稳定的处理效果,基建和运转费用大大节省^[5,6]。如我国某地拟建设一座日处理能力为 20000 m³/d 的城市污水处理厂,在达到同样处理水平的前提下,采用 AB 法可比采用传统一段法节省投资 15.72%、节省占地 13.74%、节省运转费用 16.8%(不含污泥消化产生的收益)^[6]。

3 我国应用 AB 工艺中应注意的问题

我国城市污水的水质与欧洲国家有较大的差别,主要表现在 BOD₅ 的差异方面。对欧洲 24 座 AB 法城市污水处理厂进水 BOD₅ 的统计表明,其浓度在 300 mg/L 以上的占 50%左右,而我国城市污水的 BOD₅ 绝大多数在 150—250 mg/L 之间,遇雨季或在夏季则更低。因而为满足 B 段实现有效的脱氮作用,须控制 A 段的 BOD₅ 去除率在适当的范围内而不宜过高,这样势必使 A 段

的有机物去除以微生物的快速吸附作用为主,从而必须严格控制 A 段剩余污泥的排放。

其次,随着对处理出水中氮、磷要求的日趋严格,污水的生物脱氮除磷将在我国的城市污水处理工艺中逐步加以考虑。AB 工艺作为一种兼有脱氮除磷功能的处理技术,具有良好的应用前景。但如何根据国内的污水水质情况合理地控制脱氮所需的 BOD₅/N 比值,是 AB 工艺应用中须注意的问题。笔者认为,由于目前国内污水厂的操作管理水平尚不高,因而宜对不同的废水通过试验确定 BOD₅/N 的比值,同时宜将此值控制在偏保守的范围内(如 ≥5)。要指出的是, AB 工艺的除磷脱氮作用是通过 B 段在一定操作方式(如 A²/O)下工作而实现的,若 B 段按常规的方式运行则其除磷脱氮效果是有限的。目前,奥地利已提出了一种称之为 ADMONT 的改进 AB 工艺(图 3)^[7]。这种改进工艺通过 A 段和 B 段中污泥的交叉回流(交叉回流量为进水流量的 3%左右,如图中循环 I 和 II),分别给 A 段和 B 段接种硝化和反硝化菌,并创造生物除磷所需的同种污泥分别经历厌氧和好氧的条件,从而实现有效的除磷脱氮作用,同时又不破坏整个系统的生物相分隔。我国也应开展这方面的研究工作。

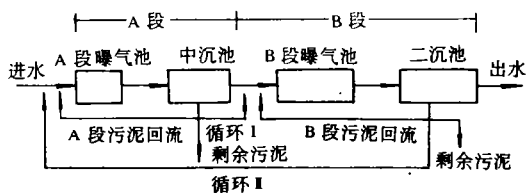


图 3 ADMONT 工艺流程

第三,我国城市污水中工业废水所占比重较大,排入城市下水道之前的预处理合格率较低,水质复杂,所含难降解物质多,因而宜将 A 段控制在缺氧条件下运行以充分利用管道系统中已适应缺氧或厌氧环境的接种微生物,利于改善 A 段出水中的 BOD₅/COD 比,从而保证整个系统的处理效能及运行稳定性。

参 考 文 献

- 1 范文漪. 给水排水, 1993, 19(1): 26
- 2 陈锦煊. 给水排水, 1995, 21(6): 5
- 3 郑兴灿. 中国给水排水, 1989, 5(6): 40
- 4 Anthéunisse J et al. Water Res., 1987, 21(1): 129
- 5 Böhnke B. Das AB-Verfahren zur biologischen abwasserreinigung. 1992: 4—3
- 6 龚辉等. 环境科学与技术, 1992, (3): 32
- 7 Gamperer T. YEARBOOK. 1995—1996(IAWQ): 72

Study on Knowledge Base Subsystem in the Expert System of Air Pollution Total Emissions Control Planning.

Wenying Chen and Dong Fang (Institute of Nuclear Energy Technology, Tsinghua University, Beijing 100084); *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(6), 1996, pp. 74—76

In this paper, the basic design idea of knowledge base in the Expert System of Air Pollution Total Emissions Control Planning (ESAPTECP) was discussed. The knowledge base in ESAPTECP was divided into meta-knowledge base and domain knowledge base. The former consists of category file and meta-rule file, the latter is composed of rule file and variable file. Moreover, how to design and achieve knowledge base deduction inference system, knowledge base explanation system and knowledge base management system was introduced.

Key words: expert system, knowledge base system, total emissions control planning.

The Influence and Countermeasure of Coal Mining on Environment Disaster in the Ecological Vulnerability Region Shenfu-Dongshen Coal Field. Zhang Hanxiong (Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling, Shaanxi 712100); *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(6), 1996, pp. 77—79

Shenfu-Dongshen coal field is a worst vulnerability region of loess plateau in an ecological environment. Based on an investigation study on environment in the coal mining areas, an influences of coal mining on ecology environment of the region was analyzed. The results showed that the artificial environment disaster which includes sand flood, soil erosion, flood, river siltation, water pollution, landslide, mud-rock flow, all are remarkably risen since coal

mining in 1987, and the ecological environment of coal mining area has been deteriorating. Some suggestion and countermeasures on synchro-developing of coal mining and environment reclamation in the area also presented in the paper.

Key words: ecological environment vulnerability region, Shenfu-Dongshen coal field, coal mining, artificial environment disaster.

Systematical Analysis on the Principles of AB Process.

Shen Yaoliang et al. (Suzhou Inst. of Urban Construction and Environ. Protection, Suzhou 215008); *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(6), 1996, pp. 80—82

Based on the flow-sheet and main characteristics of AB process, this paper analyzed the three basic principles systematically, i. e. open-to-out system principle, dynamic principle of biological reaction and biomass separation principle of the process. Based on the open-to-out system principle, AB process utilized fully the microbes which accounts for 15%—20% to the biomass in A-stage aeration pond; based on the reaction dynamics, AB process applied two reactors which are operated in series resulting in the reduction of total reaction volume of more than 38%. According to the requirements to the environmental factors of different biomass, AB process separates the biomass under different condition leading to more effective and stable treatment. It was practically showed that the AB process is much lower in capital investment (15%—25%), land requirement (10%—15%) and in operational cost (15%—25%).

Key words: wastewater treatment, AB process, principle analysis, application.