

水体富营养化的防治

魏泰莉 赖子尼 杨婉玲 庞世勋

(中国水产科学研究院珠江水产研究所, 广东 广州 510380)

我国水体污染的主要特征是水体富营养化, 并且近年来富营养化问题日益严重。据 1999 年至 2003 年珠江流域水质监测结果显示, 总氮、总磷、有机物质为其主要污染物, 其中总氮的污染分担率有的水质高达 42%。富营养化的直接后果是造成大量鱼类的死亡, 许多水体鱼虾基本绝迹, 取而代之是适应污染的各类底栖微小生物类群, 水体的颜色、气味均有不同程度的恶化, 直接影响渔业生产。因此, 对于水体富营养化的防治、修复刻不容缓。

1、体富营养化的成因

水体富营养化分为天然富营养化和人为富营养化。天然富营养化要经过几千年甚至几万年才能完成, 而人类经济活动可导致湖泊在短短几年内就出现富营养化^[1]。人为富营养化是当代水体富营养化的主要因素。

在光合作用下, 水体中藻类原生质的生成有赖于碳、氮、磷的存在, 碳、氮、磷是生成藻类

的决定性因素, 也是构成水体富营养化的决定性因素。富营养化水体中的氮、磷促使水中的藻类急剧生长, 大量藻类的生长消耗了水中的氧, 使鱼类、浮游生物因缺氧而死亡, 他们的尸体腐烂造成了水质污染^[2]。因此防治水体富营养化最基本的途径就是消除点源(对工业废水和生活污水进行脱氮除磷的深度处理)、减少和控制面源污染。

2、富营养化治理措施

2.1 . 脱氮除磷工艺

2.1.1 . 污水脱氮

污水脱氮有物化法、生物法, 其中生物脱氮是一种重要的水污染控制技术, 其基本原理主要利用生物(亚硝化细菌 *Nitrosomonas*、硝化细菌 *Nitrobacter*)硝化作用和生物(假单胞菌属)反硝化作用。生物脱氮处理工艺见图 1。

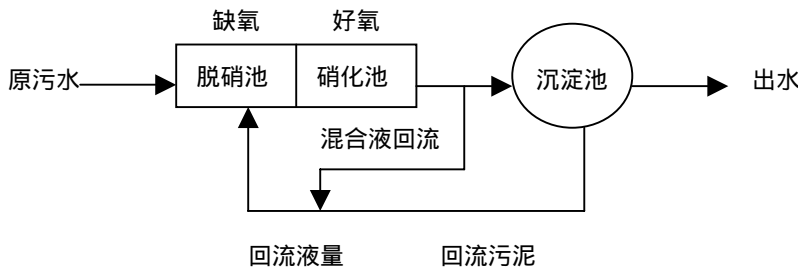


图 1 生物脱氮处理工艺

原污水直接进入脱硝池, 硝化池混合液和沉淀池的污泥回流到脱硝池, 由于混合液中含有 $\text{NH}_3\text{-N}$, 利用原污水中的 BOD 成分(有机碳源)作为氢供给体, 进行脱硝。在脱硝池内, 有机氮等分解成 $\text{NH}_3\text{-N}$, 与脱硝反应中生成的碱度一起

进入硝化池, $\text{NH}_3\text{-N}$ 进行氧化, 剩余的 BOD 也进行分解。

2.1.2 . 污水除磷

到目前为止, 国内外普遍采用的除磷方法主要有化学除磷法、生物除磷法以及化学和生物除

磷相结合的生化除磷法。而化学除磷法又可分为金属盐混凝除磷、石灰混凝除磷和结晶法除磷。化学除磷法的优点是除磷效率较高,一般可达75%~85%,且稳定可靠,可达到0.5mg/L的出水标准,污泥在处理和处置过程中不会重新释放磷而造成二次污染;其缺点是费用高,所产生的污泥量大。生物除磷法的优点是可避免化学除磷法中的大量化学污泥,可减少活性污泥的膨胀现象,节约能源,且运行费用较低,因此,是目前流行的除磷方法。生物除磷主要是利用聚磷菌(不动细菌属 *Acinetobacter*、气单胞菌 *Aeromonas*、棒杆菌属 *Corynebacterium*)的聚磷作用。

现着重介绍几种常见的生物除磷工艺及其在此基础上的改进和发展工艺。

2.1.2.1 . A/O 工艺

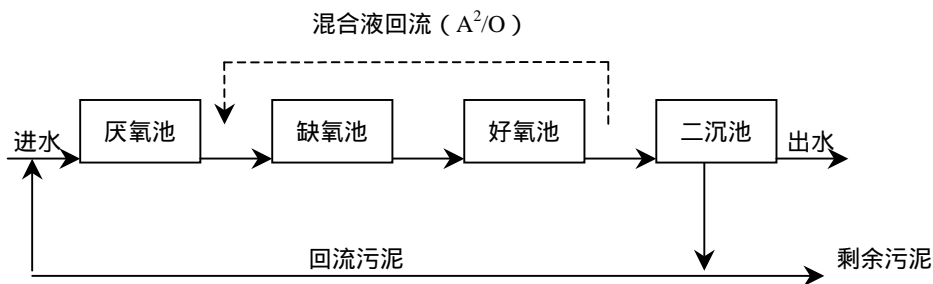


图2 A/O 工艺与 A²/O 工艺

2.1.2.3 . Bardenpho 工艺

南非的 Barnard 在他首创的 Bardenpho 脱氮工艺中,有时发现也有很好的除磷效果^[5,6]。在他以生活污水为进水的小试中,脱氮率为90%—95%,除磷率达到97%,其工艺流程如图3实线部

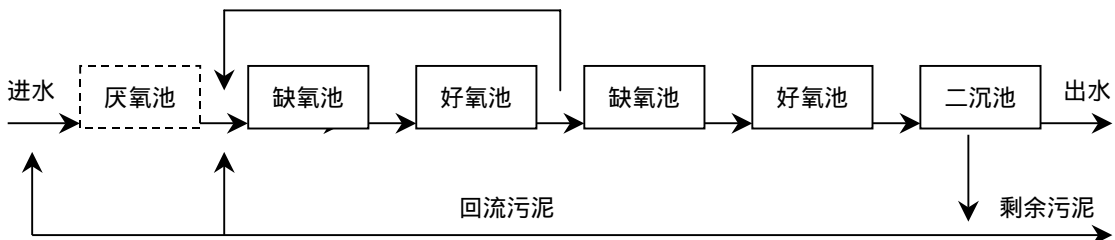


图3 Bardenpho 工艺和 Phoredox 工艺

2.1.2.5 . UCT 工艺

UCT 工艺是目前各国应用最广泛的生物除磷工艺。

美国的 Spector 于 20 世纪 70 年代中期从控制活性污泥法膨胀出发,研究开发了与 Bardenpho 脱氮工艺类似的 A/O 工艺,这是目前最为简单的一种生物除磷方法^[3,4](图 2 实线部分),原污水或初沉池出水与回流污泥在厌氧池中进行混合,这种工艺要求没有硝化反应。一般说来,当厌氧区和好氧区的水力停留时间分别为 0.5~1 h 和 1~3 h 时,便可获得较好的除磷和除有机物效果。

2.1.2.2 . A²/O 工艺

常见的 A²/O 工艺是在 A/O 工艺的基础上增设一个缺氧区,并使好氧区中的混合液回流至缺氧区,这样就使厌氧、缺氧和好氧 3 种不同的环境条件及不同功能的微生物菌群能有机配合作,具有除磷脱氮双重功能。此工艺具有抗冲击负荷能力强、水力停留时间长、运行稳定的特点(如图 2)。

分所示。

2.1.2.4 . Phoredox 工艺

此工艺是 Barnard 为了提高除磷效果而对 Bardenpho 工艺做的一个改进^[7,8](见图 3)。

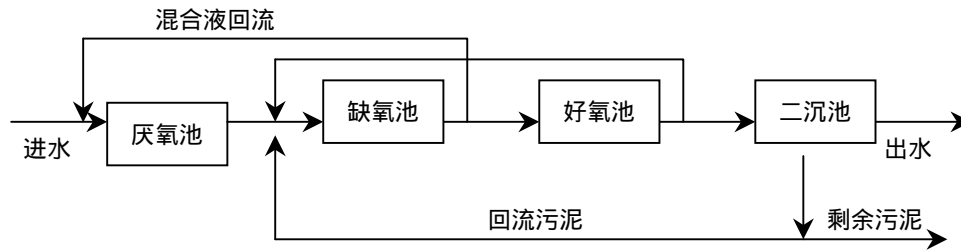


图4 UCT工艺

2.1.2.6 . SBR 工艺

此工艺是由美国 Irvine^[9]在 20 世纪 70 年代开发的,它是一个间歇式的活性污泥系统,活性污泥的曝气、沉淀、出水、排放和污泥回流均在同一个池中完成,该工艺对自动化要求很高。SBR 法的优点为:(1)运行管理简单;(2)降低造价,减少占地;(3)耐冲击负荷;(4)可抑制丝状菌的膨胀;(5)除磷脱氮效果好。SBR 法在时间控制上比较灵活,在处理废水时,碳氧化、硝化及反硝化、除磷

可同时完成,因而是一种很有前途的生物除磷工艺。

2.1.2.7 . Phostrip 工艺^[10]

Phostrip 工艺是把生物和化学除磷法结合起来的一种除磷工艺(图 5),优点是单纯的化学除磷工艺相比,大大减少了药剂的投加量和化学污泥量。出水总磷浓度可低于 1mg/L,而且不太受进水 BOD 浓度影响。

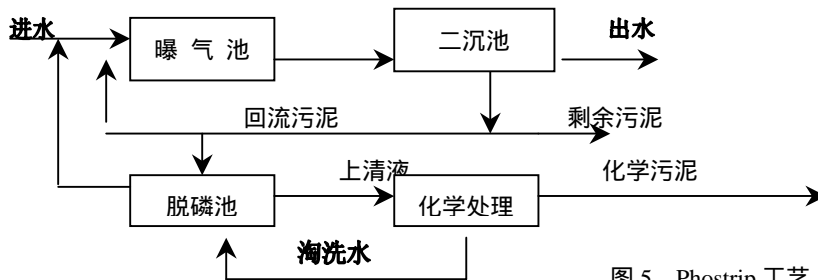


图5 Phostrip工艺

2.1.3、其他工艺

重庆建筑大学罗固源等^[11]应用组合式间歇曝气系统(PIAS)进行除磷试验。况琪军等^[12]对活性藻技术进行了试验研究,活性藻技术的主要特点是利用藻菌之间的共生关系去除水体中的营养物质,去除效果的好坏取决于藻类的光能合成和细菌的氧化代谢作用。试验结果表明,活性藻系统能有效地去除 N、P 等营养物质以及其他污染颗粒。

2.2 . 富营养化水体的修复技术

2.2.1 . 用 EM(有效微生物)修复池塘水体富营养化

主要是由两株紫色非硫光合菌(一株对氨,一株对亚硝酸盐有较强的消除作用)和一株放线菌组成。光合细菌纯培用氯化铵供氮,乙酸钠供碳,在光照下进行光能异养生长,放线菌(主要是清除亚硝酸盐)的纯培主要用淀粉提供养分,

一般经过 7~10 天的繁殖后,将两种菌液混合,用 10 ppm 浓度投入池水中或加压注入池底,5 天后对池水有明显净化效果。

2.2.2 . 化学复合剂改良池塘底层水质

主要成份是过氧化钙(CaO₂)。投入水中能迅速增氧,促进硝化作用,降低池水的氨氮、亚硝酸盐、硫化物的含量,还能补充生物生长所需的钙,并使底质疏松透气,利于有机质的完全分解。对氨氮和亚硝酸盐的消除效果非常明显,氨氮和亚硝酸盐的消除率分别达 30%和 40%以上。

2.2.3 . 生物清淤与机械清淤的比较^[13]

机械清淤是最常见的削减湖泊营养元素的途径。然而,机械清淤工程存在 2 个问题:成本高、不能从根本上控制水体富营养化。

采用生物清淤比机械清淤的费用低得多,机械清淤 1 h m²底泥约需 9.9~24.7 万美元,而生物清淤(采用 ClearFlo 菌剂)1 h m²有机底泥只

需 0.4~1.2 万美元,在该范围内费用高低取决于污染水平。这表明,生物清淤比机械清淤费用节省 80%以上。

某些情况下,生物清淤需要另外一些设备,诸如曝气机、生物反应器等,但其总费用仍大大低于机械清淤费用。细菌处理还可避免铺设不雅观的机械设备、构坡筑堤、堆放污泥,因而它能避免造成环境二次污染,不存在污泥处置问题。当然,细菌不能降解泥土、岩石、砂子或其它无机物质,也不能在起伏不定的极端温度和 pH 下或在高浓度金属和杀菌剂下存活,这是生物清淤的限制条件。

3、结束语

3.1 .脱氮除磷工艺各有利弊,在选择工艺时要充分考虑工艺的脱氮除磷能力,工艺运行的稳定性以及当地管理水平。

3.2 .富营养化水体的生物修复,除了微生物修复作用外,还包括水生植物:水葫芦^[14],水芹菜^[15],慈菇、茭白、金鱼藻、满江红、水花生、菱角、菹草^[16]的修复作用。尽管本文因篇幅关系没有涉及,仍应强调,以生态工程形式出现的水生生物对水体富营养化修复有巨大功效;尤其是它们强大的根系和植株,对磷的摄取和同化有着微生物所无法替代的作用。

参考文献

- [1] 谢雄飞,肖锦.水体富营养化评述.四川环境,2000,19(2):22~25
- [2] 刘鸿志,任隆江.我国湖泊的限、禁磷现状及对策.环境保护,1998,(8):27~28.
- [3] U. S. EPA..design manual-phosphorus removal. EPA/62 1/1 87/001,1987
- [4] Muraka mi Jakao, Miyairi Atsushi, Tanaka Kazuhiro. Full scale study of biological phosphorus removal processes.Water Science and Technoogy, 1984,17
- [5] Barnard J.L.Cut P and N without chemicals. Water and Wastes Eng.,1974,11(7):33
- [6] Stander G. J. , Cillie G. G. , Hall E. J. , Henzen M.R. Waste water technologies in south Africa:research and application . Water Science and Technology, 1982,14:465~480
- [7] Potgieter K. J. J. , Evans B. W. Biochemical changes associated with luxury phosphate uptake in a modified phoredox activated sludge system. Water Science and Technology, 1982,15:105~115
- [8] Jones P. H. ,tasfi L.Effect of applied direct current on bililgical phosphorus uptake. Water Research, 1987,25(6)::723~729
- [9] Irvine T. L. ,etal.Organic loading study of full-scale sequencing batch reactors. JWPCF, 1985,57~847
- [10] 上海市环境保护局.废水生化处理.上海:同济大学出版社,1999,127~128
- [11] 罗固源等.城市污水 P I A S 除磷效果初探.重庆环境科学,2000,22(3):40~42
- [12] 况琪军等.活性藻系统对氮磷及有机物的去除研究.中国环境科学,2001,21(3):212~216
- [13] Alden-Murray Corp, USA. Mechanical dredging vs bio-dredging[EB/OL]. <http://www.alken-murray.com/dredge.htm>, 2001-11-02/2001-09-26
- [14] 彭清等.植物在环境污染治理中的应用.环境保护,1998,(2):24~27
- [15] 王旭明,匡晶.水芹菜对污水净化的研究.农业环境保护,1999,18(1):34~35
- [16] 高占喜.水生植物对面源污水净化效率研究.中国环境科学,1997,17(3):247~253