



污水生化处理过程中碳源利用与处理综述

吕宣惠

(江苏大众水务集团有限公司, 江苏 徐州 221111)

摘要:碳源是微生物增殖最常见的物质和能量基础,污水中的碳源不应该粗暴去除,应该尝试资源化利用或生态净化处理。本文首先综述了污水中碳源资源化利用的思路、途径和现状;然后分析了污水中有机物处理过程中易出现的困境;最后根据“一物降一物”理念,提出了充分利用自然生态环境进行资源化利用和处理的看法。旨在为有机物净化提供一定的参考。

关键词:碳源;微生物;生态净化;有机物;资源化

中图分类号:X703

文献标识码:A

文章编号:1008-021X(2019)23-0218-03

DOI:10.19319/j.cnki.issn.1008-021x.2019.23.099

A Review: Carbon Source Utilization and Treatment During Bio-chemical Treatment Process

Lyu Xuanhui

(Jiangsu Volkswagen Water Group Co., Ltd., Xuzhou 221111, China)

Abstract: Carbon sources are a basic of matter and energy for the microorganisms growth, the carbon sources should be not removed simply, some resource utilization or ecological purification methods must be investigated. The paper summarized thoughts, ways and current situation of carbon sources resource utilization from wastewater in detail, and analysed the difficulties of organic matters treatment. Lastly, we encouraged ecological resource and treatment pathways based on everything has its vanquisher. the aims of the paper was as a reference for wastewater treatment in future.

Key words: carbon source; microorganisms; ecological purification; organic matter; resources

碳源是一切生物增殖和进化的物质基础和能量库,是组织细胞中非常重要的物质组成部分,生物从自然界获取碳源的同时,促进了碳素的循环,推动了碳素的利用^[1]。自然过程和人类活动过程都会消耗碳源,同时由于工艺方法、设备故障、生化反应等过程使碳源进入环境介质中,碳源超过自然环境自我净化能力,成为传统意义上的“污染物”,则会引起自然环境污染和生态系统退化^[2]。特别是近 500 年来,“工业革命”、“科技革命”等对人类文明发展具有十分重要的价值,人类排入环境的碳源数量惊人,其中包括自然碳源物质和人造碳源物质,造成了碳源的极大污染,并引起了一系列的恶劣连锁反应,如:物种多样性减少、自然资源枯竭、人类疾病发病率逐年提高^[3]。随着思维意识上的进步,人类逐渐回归理性,开始全面的、系统的、有效的进行污染物控制和修复。“上善若水,水利万物而不争”寓意着所有的污染物终将通过沉降、淋洗、径流等途径进入水体中,污水处理技术是人类永恒的污染治理开发的领域。

世界上第一座好氧活性污泥法城市污水处理厂在美国诞生,利用微生物的新陈代谢作用使有机物转化为二氧化碳等低分子有机物从水体中逸出,后来生物膜法工艺同样利用微生物的新陈代谢作用实现有机物的去除,使有机物从水体中溢出而得到削减,该工艺仍然是全世界最常见、最成熟的污水处理方法之一^[4-5]。为了实现污水中溶解氧的输入,污水处理厂建立能耗巨大的风机房及其配套的曝气系统,同时还会产生巨大的噪声。污水中有机物浓度越高、污水量越大,需要消耗的空气量越大,能耗、占地和噪声就越大。虽然消除了污水中的有机污染物,但是增加了能量消耗、占用大量耕地,并产生大量的温室气体,以能耗能、治污能源消耗和有机能源浪费双重困境困扰着污水生物处理过程^[6]。

随着微生物特性研究不断深入和人类对能源争夺越来越激烈,人类开始意识到可以通过厌氧方式实现污水中有机物的去除和转化,并进行了大量的试验研究和实践,证明了在厌氧条件下,厌氧微生物群体能实现有机物的去除,在节省大量的鼓风曝气的基础上,并获得人类洁净能源—沼气,开创了人类对污水中有机物节能降耗和资源化利用的新时代。

1 污水中有机物资源化研究现状

随着人类思维意识的转变,有机物从以前的“污染物”转变为“能源”、“资源”,人类从厌氧生物处理降低曝气能耗的同时,并从中获得沼气开始。人类对污水中有机物资源化进行大量的探索和研究^[7]。

1.1 污水中有机物转化为细胞蛋白

第二次世界大战后期,德国因缺乏粮食供给而尝试性将有有机物、氮、磷等合成绿藻中的小球藻,因为小球藻富有十分丰富的营养元素被作为粮食的补充。

因为水体的富营养化问题较为严重,20 世纪 70-80 年代业内人士又重新提及利用污水作为营养基质,培养细菌、酵母菌、霉菌、微藻、光合细菌等合成细胞蛋白,将合成后的细胞蛋白通过沉淀作用和过滤作用等从污水中分离出来,并通过纯化分离作用得到目标细胞蛋白,其中包括热带假丝酵母、小球藻等^[6,8]。在合成细胞蛋白的同时,污水中的污染物得到资源化利用,污水也得到净化。利用微生物的新陈代谢作用获得细胞蛋白,方法简单、成本低廉、资源化特点显著,是一种良好的污染物资源化途径。但是目前对细胞蛋白的毒理性和安全性等研究开展尚不充分,该方面的工作进展相对较为缓慢^[9]。

利用植物生长过程中对营养物的吸收和转化,且该过程容易实现,是目前开展较为广泛的领域,如:利用有机污水对农作

收稿日期:2019-10-14

作者简介:吕宣惠(1979—),江苏徐州人,硕士,工程师,主要从事于污水处理厂运行管理和技术改造。

物(水稻、蔬菜等)进行灌溉或养鱼,植物根系或鱼类对污水中的污染物进行吸收和降解,同时,农作物或果实得到生长。常见工艺包括:用于污水处理的土壤快滤系统、土壤慢滤系统、稻鱼共生系统等等^[10-13]。

1.2 污水中有机物转化为微生物生长碳源

微生物细胞质中含有的多种内含物(PHA、PHB、淀粉粒等)和胞外物中的荚膜等都由污水中有机物转化而成,是微生物自然行为。待污水生化系统中有机物缺乏时(如:微生物内源呼吸期),它们又重新分解作为微生物生长碳源^[14-15]。

随着人们对污水除磷脱氮机理的掌握,均发现好氧吸磷和缺氧脱氮过程中均需要碳源,污水处理厂往往向其中补充投放大量的液体碳源,既浪费资源,又存在过量风险。目前利用污水中有的污染物作为脱氮除磷碳源,既去除了氮磷,又去除了有机物。如:倒置 A²/O 除磷脱氮工艺^[16-17]。为了提高微生物对有机碳源的利用效果,人类根据微生物合成 PHA、PHB 等过程,人工合成了可生物降解高聚物(PLA、PCL、PBS 等),在污水的固相反硝化过程中得到充分利用^[18-20]。

近些年来,生物制氢和微生物燃料电池等技术成为研究的热点,均是利用污水中的有机物转化过程中的生化反应实现的,将污水中的有机物转化为目标产物(氢气和电能),实现污水中有机碳源的资源化利用^[21-22]。

1.3 天然高分子有机物在污染物净化中的资源化利用

1.3.1 污水除磷脱氮过程中的资源化利用

由于饮食和营养结构的变化以及污水处理技术的发展,污水处理厂从以 COD 和 BOD 去除为主要目标,转变为以总氮总磷去除为主要任务,污水中除磷脱氮所需要的碳源严重不足且难以利用^[23-24]。污水每去除 1 g NO₃⁻ - N 需要 2.86 g 当量的 BOD,目前我国污水水质无法满足以上碳源的需要^[25]。为了达到良好的除磷脱氮目的,往往需要在污水处理系统缺氧脱氮单元中增加一定量的低分子有机物(如:醋酸钠、醋酸、葡萄糖、甲醇等)作为电子供体和碳源,以强化除磷脱氮过程中顺利进行,但是其存在控制过程复杂、有超量或计量不足问题,而且也大大提高了污水脱氮除磷的成本。根据固相反硝化原理,业内人士开始采用天然纤维素物质(如:农业废弃物)作为生物反硝化碳源,既实现了污水的除磷脱氮过程,也使固体废弃物或污水中有机物得到资源化利用^[26-27]。值得注意的是:异养反硝化过程所需要的有机物是易生物降解有机物,天然纤维素物质可生化性特点和如何提高其可生化性效果是值得研究的课题之一。

1.3.2 低分子有机物在污水净化中的作用特点

污水的人工湿地技术、污水的土地处理技术和组合式生态浮床修复技术均是利用基质内植物根系周围的厌氧、缺氧和好氧条件实现微生物群落的自然优化布局,实现污水的自然生态净化,是目前应用很广泛的技术之一^[6]。周所周知,水生植物的作用不仅仅是吸收同化作用,其潜在作用是:水生植物根系在生长过程中向基质中释放出氧气和大量的种类不一的有机酸,从而激发根系周边微生物的增殖和生态优化配置,达到净化污水中各类污染物的目的。而且随着时间的增长,植物根系释放出来的有机物种类和浓度越多,污水净化效果也越好^[28]。

当然水生植物在生长过程中需要各种微量元素以满足其生长需要,在污水处理过程中往往会缺乏各类营养元素,污水生态处理过程中的水生植物往往容易出现“缺素”现象,反过来又影响污水处理效果。如何提高水生植物生长效果是污水生态处理过程中急需解决的难题^[29-30]。

2 存在问题

2.1 物化技术潜伏着新型污染物

为了实现有机物的高效去除,业内人士开发了多种化学法、物理法和物化法,如:化学催化氧化法、吸附法、混凝法、射

线诱变法等,这些物化技术具有速度快、净化效果好和无选择性等特点,被业内人士广泛采用^[31-34]。

化学催化剂具有加快化学反应,强化有机物去除和矿化作用,人工合成高分子物质大量进入环境介质,因不容易降解而在环境介质中长期存在,往往需要采用催化氧化技术进行分解^[31]。但是当催化反应结束后,化学催化剂则成为废弃物,催化剂本身具有化学毒性和难生物降解性,进入环境后会不会引起环境介质的污染是值得考虑的。

另外,化学吸附法技术具有吸附效果好、污染物去除快等优点,然后吸附后形成的最终废弃物又该如何处理处置呢?因为吸附饱和后的吸附剂成为一般废物或危险废物^[32]。混凝剂在脱色和降低浊度方面具有不可替代的效果,在给水处理和工业污水处理过程中得到了较多的应用,然而混凝反应形成的化学污泥又该如何处理呢^[33]?其中含有大量的污染物且本身就是高分子有机物,简单的填埋是不是能达到相应的处理要求或不存在相应的风险呢?

2.2 新型污染物特性有待于深入研究

微塑料是塑料制品生产、使用和废弃以及分解过程中形成的微粒。在水体、大气、土壤和人类体内均发现有微塑料的存在。塑料制品自然降解过程十分缓慢,微塑料的降解和迁移途径是目前急需降解的难题,成为近些年来研究的热点课题之一^[35]。

药物和个人护理品在自然界中广泛存在,很多成分被确认为致癌物、疑似致癌物或是内分泌干扰物,广泛存在于各类环境介质中,给自然环境和生态系统以及人类健康造成了较大的影响,近些年来得到了广泛研究。但是由于药物和个人护理品种类繁多,而且进入环境介质后发生迁移、转化,使其控制和去除变得十分困难^[36]。

3 结论

由于近代我国科技发展主要向西方发达国家学习开始的,很多科技研究的思路、方法和措施都是从国外人的思维,都是局部控制思维,类似于西医理论中的“头痛医头脚痛医脚”的做法,污染物治理研究没有跳出思维的框架。我国是四大文明古国,我们业内人士应该从“中医理论”中的治本调理方法和“道家思想”中的天人合一的方法。碳源是宝贵的自然资源,对于容易利用的有机污染物控制和处理应该从资源化角度进行利用,充分利用生态环境条件实现污染物治理。如:减少土地硬化面积、恢复生态系统自净能力、强化植物和微生物的净化能力,在可能的情况下将污染物转化为生物质能。对于难生物降解有机物控制则要求在尽量减少的基础上,充分利用自然生态条件实现去除,防止二次污染物的介入。如:可见光光催化氧化、高温介质催化等技术。

参考文献

- [1] Peter M Kopittke, Ram C Dalal, Carmen Hoeschen, et al. Soil organic matter is stabilized by organo - mineral associations through two key processes: The role of the carbon to nitrogen ratio [J]. *Geoderma* 2019, 357: 113974 - 113983.
- [2] Derrien Morgane, Brogi Simona, Retelletti, Gonçalves - Araujo Rafael. Characterization of aquatic organic matter: Assessment, perspectives and Research priorities [J]. *Water Research*, 2019, 163: 114908.
- [3] 钱 易. 我国水污染现状分析及其控制策略 [C]// 中华环保联合会. 第三届环境与发展中国论坛论文集. 北京: 中华环保联合会, 2007: 15 - 21.
- [4] 张 智. 排水工程(上册) [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [5] 高廷耀, 顾国维, 周 琪. 水污染控制工程(下) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.

- [6]曹文平,武晓刚,郭一飞,等.酵母菌在废水处理中的应用现状和进展[J].中国生物工程杂志,2007,27(11):99-104.
- [7]李肖玲.高浓度有机废水厌氧产沼气研究进展[C]//国际氨基酸产业创新与联盟发展高峰论坛,2011.
- [8]李洁,李春艳,陈青,等.利用废水进行单细胞蛋白质生产的研究[J].河北民族师范学院学报,2003,23(2):77-78.
- [9]Benyamin Khoshnevisan, Panagiotis Tsapekos, Zhang Yifeng, et al. Urban biowaste valorization by coupling anaerobic digestion and single cell protein production[J]. Bioresource technology, 2019, 290: 121743-121750.
- [10]吴敏芳,张剑,胡亮亮,等.稻鱼系统中再生稻生产关键技术[J].中国稻米,2016,22(6):80-82.
- [11]张兰军,王浩胜.单一基质快滤系统处理生活污水的研究[J].公路交通技术,2014(2):130-134.
- [12]Xie J, Xue W U, Tang J J, et al. Chemical fertilizer reduction and soil fertility maintenance in rice-fish coculture system[J]. Frontiers of Agriculture in China, 2010, 4(4): 422-429.
- [13]钱文敏,陆轶峰,普红.分散生活污水的土地处理综析[J].环境科学导刊,2005,24(4):40-43.
- [14]Holder G D, Stephenson J L, Joyce J J, et al. Formation of clathrate hydrates in hydrogen-rich gases[J]. Industrial & Engineering Chemistry Process Design and Development, 2019, 22(1): 170-171.
- [15]Dudte S C, Joseph H B, Shannon J G. Characterization of Yersinia pestis interactions with human neutrophils in vitro[J]. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology, 2017, 7: 358-364.
- [16]Liu X Y, Zeng A, Wang Y T, et al. Comparison and strategy of nitrogen removal at different low temperatures in a pilot-scale A2/O system[J]. Environmental Technology, 2018, 40(4): 1-22.
- [17]古寒冰,吴阳,徐乐中.改良型倒置 A/O 对电镀废水尾水脱氮的应用研究[J].工业水处理,2015,35(7):81-84.
- [18]李彭,唐蕾,左剑恶,等.以 PHAs 为固体碳源的城镇二级出水深度脱氮研究[J].中国环境科学,2014,34(2):331-336.
- [19]范振兴,王建龙.利用聚乳酸作为反硝化固体碳源的研究[J].环境科学,2009,30(8):2315-2319.
- [20]唐蕾,李彭,左剑恶,等.缓释碳源滤料滤池用于二级出水的深度脱氮[J].环境科学,2013,34(9):3526-3531.
- [21]Bina Bijan, Amin Mohammad Mehdi, Pourzamani Hamidreza, et al. Biohydrogen production from alkaline wastewater: The stoichiometric reactions, modeling, and electron equivalent[J]. MethodsX, 2019, 6: 1496-1505.
- [22]胡凯,贾硕秋,陈卫.微生物电解池构型和电极材料研究综述[J].能源环境保护,2016,30(5):1-8,34.
- [23]负天一,杜壮.“达标”仍是污染源,现行污水排放标准亟待提高[J].中国战略新兴产业,2014(21):40-41.
- [24]李孟洋.污水处理厂尾水深度处理工艺研究[J].低碳世界,2016(6):4-6.
- [25]罗国芝,董明来,刘倩,等.以聚丁酸丁二醇酯为碳源去除含盐水体硝酸盐的研究[J].环境污染与防治,2013,35(3):20-25.
- [26]张雁秋,曹文平,刘莉,等.基质对生态浮床净化效果和大型水生植物生长的影响[J].徐州工程学院学报(自然科学版),2013,28(4):18-23.
- [27]张雁秋,曹文平.人工湿地污水处理应用现状及发展前景展望[J].徐州工程学院学报(自然科学版),2016,31(4):1-4,14.
- [28]陆松柳,胡洪营,孙迎雪,等.3种湿地植物在水培条件下的生长状况及根系分泌物研究[J].环境科学,2009,30(7):1901-1905.
- [29]Cao W P, Zhang Y Q. Removal of nitrogen (N) from hypereutrophic waters by ecological floating beds (EFBs) with various substrates[J]. Ecological Engineering, 2014, 62: 148-152.
- [30]Cao W P. Removal of nitrogenous compounds from polluted river water by floating constructed wetlands using rice straw and ceramsite as substrates under low temperature conditions[J]. Ecological Engineering, 2016, 88: 77-82.
- [31]Fan Mengmeng, Zhang Junjie, Yuan Fanshu, et al. Trash to treasure: Mn₃O₄/N-doped graphite catalysts from wastewater for the degradation of methylene blue[J]. Chemistry - A European Journal, 2018, 42: 14554-14559.
- [32]Liu Xiaoning, Shen Feng, Richard Lee Smith Jr, et al. Black liquor-derived calcium-activated biochar for recovery of phosphate from aqueous solutions[J]. Bioresource Technology, 2019, 294: 122198-122206.
- [33]Zhou Lyu, Zhou Hongjie, Yuan Xiaoyu. Preparation and performance of a novel starch-based inorganic/organic composite coagulant for textile wastewater treatment[J]. Separation and Purification Technology, 2018, 210: 93-99.
- [34]余少青,胡俊,王建龙,等.γ辐照和 H₂O₂ 联合作用下五氯酚(PCP)的降解[J].环境科学学报,2011,31(1):54-60.
- [35]Albert A Koelmans, Jennifer De France. Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality[J]. Water Research, 2019, 49: 207-219.
- [36]Yu Haijing, Cao Wenping. Assessment of pharmaceutical and personal care products (PPCPs) of Dalong Lake in Xuzhou by concentration monitoring and bio-effects monitoring process[J]. Environmental Toxicology and Pharmacology, 2016, 43: 209-215.
- (本文文献格式:吕宣惠.污水生化处理过程中碳源利用与处理综述[J].山东化工,2019,48(23):218-220.)
- current generation and mitigation of lead in perovskite solar cells[J]. Solar Energy Materials and Solar Cells, 2019, 192: 65-71.
- (本文文献格式:沈玲,张伦,李明雪.“太阳能电池原理与技术”课程的教学研究[J].山东化工,2019,48(23):216-217,220.)

(上接第217页)

- [14]Cho Se-Phin, Na Seok-in, Kim Seok-Soon. Efficient ITO-free semitransparent perovskite solar cells with metal transparent electrodes[J]. Solar Energy Materials and Solar Cells, 2019, 196: 1-8.
- [15]Raphael Schmager, Guillaume Gomard, Bryce Sydney Richards, et al. Nanophotonic perovskite layers for enhanced