

# 多样生物污水净化系统研究及其应用\*

夏雪芬 董发开

(福州大学环境与资源工程系 福州 350002)

**摘要** 传统的污水生物处理方法经过近100年的应用和技术改进,其工艺和设备日臻完善,但仍存在投资大、能耗高、管理复杂等缺点。多样生物污水净化系统是按照食物链代谢规律,设置微生物-植物-水生动物3个处理单元。污水中的有机物作为微生物的养料在第1单元被厌氧微生物消化降解成 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{CH}_4$ 和 $\text{PO}_4^{3-}$ 等,除 $\text{CH}_4$ 作为生物能源可回收利用外,其他物质都是植物的营养物质,在第2单元被藻类菌类和植物吸收,通过光合作用合成植物细胞,并释放 $\text{O}_2$ 。在第1、第2单元增殖的过量细胞和藻类成为水生动物的食料,在第3单元被浮游动物和鱼类捕食并转化成动物蛋白。污水中有机物在3个单元组成的生态净化系统中被多样生物逐级利用,最终转化成植物细胞和动物蛋白,使污水得到净化达到三级处理水平,不产生二次污染,是对环境安全的污水处理新技术之一,成为21世纪的新科技。该污水净化系统通过达到自我调控生态平衡,具有工艺流程简单,投资省、运行费用低、管理简便等优点,适合我国国情且应用前景广阔,尤其适用于小城镇污水处理。

**关键词** 污水 净化 多样生物 应用前景

**Study on the wastewater purification system of varied organisms.** XIA Xue-Fen, DONG Fa-Kai (Department of Environment and Resources Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350002), *CJEA*, 2001, 9(3): 80~82

**Abstract** There are still some defects in the traditional wastewater biological disposal technology, when it has gone through 100 years' application. These defects are greater investment, much power and inconvenient management. In the wastewater purification system of varied organisms, wastewater is purified according to the metabolism of the food chain step by step. The system is composed of three disposal units of microbes, plants and aquatic animals. The organic matters in wastewater are digested and resolved into  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , etc. by anaerobe in the first unit. When wastewater passes through the second unit, everyone of them except  $\text{CH}_4$  is absorbed by algae or plants and transformed into cells of plants by photosynthesis. In the third unit, the excessive microbes and algae are eaten by planktons or fish and transformed into animal albumen. Finally wastewater is purified, its effect can arrive at the level of third grade disposal. The wastewater purification technique of varied organisms is an ecological safe disposal technique to environment. It will be a new technique of 21st century. It has a good application foreground, especially is suitable for wastewater disposal in small town.

**Key words** Wastewater, Purification, Varied organisms, Application foreground

我国人均水资源 $2400\text{m}^3$ ,不足世界人均水资源的1/4,不仅水资源短缺,且水环境污染更为严重,据统计,全国2/3的河流和1/2的城市地下水已遭受污染,78%的城市河段不适宜作饮用水源。水环境污染若不能得到有效的控制,必将影响我国国民经济的可持续发展,因此迫切需要通过科技创新,研究与开发适合我国国情的污水处理新技术、新方法,以推动我国城镇污水处理快速发展,控制水源污染,改善水环境质量。

## 1 国内外污水处理技术研究与应用现状

污水处理技术发展至今已有近100年历史,以活性污泥为主流工艺的生物处理方法首先在发达国家得到应用和普及,进而推广到发展中国家,如美国有2万多座污水处理厂、法国有6000多座污水处理厂、英国有5000多座污水处理厂、日本有2000多座污水处理厂。我国已建成的300多座城市污水处理厂均采用活性污泥法工艺,这种传统的微生物处理技术工艺不断改进完善,并有先进的成套仪器设备,处理效率较高,效果较好,其曝气系统、污泥回流系统和剩余污泥处理系统等均由人工操作控制,缺点是工程占地面积大,投资大,能耗与运行费用高和管理要求高等。我国已建成和在建的城市污水处理厂绝大多数依靠国外贷款建设,

\* 国家自然科学基金项目和福建省科委重点资助项目

收稿日期:2001-02-08 改回日期:2001-03-26

再加上运行和管理费用高,经济上不堪重负,推行缓慢,且不适用于小城镇污水处理。据统计,全国城市污水处理率目前仅有25%左右,全国县级以下的小城镇虽已发展到1.9万个,但县级以下的小城镇污水尚未得到有效处理,与我国的环境保护目标差距很大,与发达国家相比差距更大,因此全国水污染控制任务任重而道远。多样生物污水净化新技术在发达国家倍受关注,如加拿大的瑞因玛逊系统由1个厌氧反应罐、1个封闭有氧罐、5个开放有氧反应罐(充满水生植物和动物)和净化器组成的污水净化系统,近2年已应用于工业废水和生活污水处理中,节能30%以上,处理效果颇好。英国目前也在加紧研究应用污水净化新技术。我国在这方面的研究刚刚起步,福州大学研究污水处理新技术已历时3年,完成了厌氧专性菌的接种、驯化和复壮工艺控制实验、生物填料的改性实验和厌氧菌挂膜生长实验等,并在此基础上进行了不同工艺流程、不同污水浓度的厌氧生物膜净化实验研究,均已获得较好成效,城市污水净化实验出水水质COD一般 $<45\text{mg/L}$ ,达到《污水综合排放标准》的一级标准,该研究现已进入中试阶段。该校拟与福建省林业科学研究所和福建农林大学合作共同完成植物吸收污水中N、P等营养物的研究;同时计划在福州大学建成处理能力为 $500\text{m}^3/\text{d}$ 的多样生物污水净化试验场,并作为21世纪新科技示范工程向福建省和全国推广应用,促进我国污水处理工艺技术向生态型转化。

## 2 多样生物污水净化系统特点及其应用前景

福州大学研究的多样生物污水净化系统主要由3个单元组成,即第1单元为厌氧生物膜消化降解有机物系统,是由固定化的专性水解酸化菌、产乙酸菌和产甲烷厌氧菌组成的微生物净化单元,由于生物膜表面积大( $>200\text{m}^2/\text{m}^3$ ),生物接触反应速度快效率高,该系统不需人工供氧,能耗低,同时可生成生物能源——沼气;第2单元为植物吸收转化污水中C、N、P等系统,以水生植物为主,同时选择根系发达吸收能力强的其他植物,由藻类、草本植物和木本植物构成立体型的植物净化系统;第3单元以滤食性浮游动物为主,配有鱼类和底栖软体动物,捕食净化水中的悬浮物质和沉淀。3个单元各具独立的净化功能和生物种群,按照生物食物链规律进行工艺设计,形成污水净化生态系统,依靠生物多样性的协同作用对污水进行逐级净化且出水达污水三级处理水平。污水中的有机物是微生物的食料,在第1单元被固定化的专性水解酸化菌、产乙酸菌以及产甲烷菌接续消化降解成 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 等,除 $\text{CH}_4$ 可回收利用外,其他成分都是植物的营养物质,在第2单元被植物根系吸收,供植物细胞发育和繁殖,促进植物生长。在第2单元增殖的藻类和微生物都是水生动物的食料,在第3单元被浮游动物和鱼类捕食,沉淀被底栖动物捕食消化。其工艺流程为污水 $\rightarrow$ 厌氧微生物降解 $\text{COD}_x$ 、 $\text{BOD}_x \rightarrow$ 植物吸收转化C、N、P、S $\rightarrow$ 水生动物捕食菌、藻、污泥 $\rightarrow$ 出水,污水的多样生物净化机制在自然界客观存在,依靠生态系统修复自然再造自然。该项研究是从自然界中优选驯化具有特异净化功能的生物种群进行人工强化,用于污水集中处理,该净化系统特点一是改变了传统的微生物污水处理方法和观念,引入生物多样性净化功能,建立生态型污水处理新理论、新技术和新方法,成为21世纪新科技;二是该污水净化系统由不同生物种群协同作用,依靠生态平衡进行自我调节,基本上不需人工参与,管理十分简便;三是该污水净化系统在运行中不产生异味,无二次污染,可因地制宜设置在人群较集中或靠近污染源地带,净化池植物繁茂,鱼类等水生动物生机勃勃,具有观赏和美化绿化环境的功效;四是污水中有机物按照食物链的代谢规律被微生物、植物和水生动物逐级利用,最终生成植物和动物的细胞与蛋白,具有良好的环境效益、经济效益和社会效益;五是多样生物净化系统结构紧凑,占地面积较小,能耗低,设备少,投资省,运行费用低廉,管理简便。与传统的活性污泥法比较,显示了生态型污水处理方法的优越性,在设备设施投资方面活性污泥法的曝气系统、二次沉淀池及其污泥回流系统、污泥处理系统等构筑物庞大,设备及监控仪器多,管网复杂,造价高,投资大,而多样生物污水净化系统主要设备是污水提升泵,数量少,造价低,投资小;在能耗及运行费用方面活性污泥法曝气、回流污泥及污泥处理动力能耗大,因而运行费用高,特别是污泥处理系统运行费用占全部运行费的40%~50%,而多样生物污水净化系统主要设备是污水提升泵,消耗能源少,估计较活性污泥法节能80%左右;在管理条件方面活性污泥法管理系统复杂,设备养护工作量大,总体人员编制多,管理费用高,而多样生物污水净化系统的运行依靠生态平衡自我调控,管理工作主要是养护、监控生物的生长,管理人员少,管理费用低;在环境影响方面活性污泥法在曝气池散发出臭味,处理出水中重金属等有害物质以及污泥处置等环节都会产生二次污染,给大气环境、水环境和土壤环境造成影响,而多样生物污水净化系统的厌氧消化产生的 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{NH}_3$ 与 $\text{CH}_4$ 等气体,在封闭的厌氧池中一并收集作为沼气利用,污水中重金属等有害物质通过食物链在植物和鱼类中富集,对外环境无影响。目前我国小城镇经济实力、科技水平和管理能力均较中心城市低,建立污水处理系统在资金和管理水平上均存在一定困难,

而多样生物污水净化系统由于投资省、运行费低、管理简便,其处理设施可因地制宜设计布置,有可能将成为小城镇污水处理的主导技术,其应用前景十分广阔。此外多样生物污水净化系统还可应用于工业废水处理。

## 参 考 文 献

- 1 钱 易等.现代废水处理新技术.北京:中国科学技术出版社,1992
- 2 唐受印,戴友芝.水处理工程师手册.北京:化学工业出版社,2001.364~422
- 3 薛应龙.植物生理学实验手册.上海:上海科学技术出版社,1985

## 浅谈特色农业的构建

我国即将加入世界贸易组织,经济全球化对我国农业发展的影响日益强大,面对原本竞争激烈的全球农业市场,如何推动我国农业高效持续发展已成为各级政府、农业专家学者以及各农业生产经营主体(包括农业企业和农民)共同关注的焦点。从世界农业发展成功的经验看,凡是农业发展较为成功的国家和地区,其农业经济体系和农业产业结构都具有各自鲜明的特色。中央关于当前我国农业和农村经济结构调整的指示精神,就是全面提高农产品质量、优化农村产业结构,优化农业区域布局、实现农业可持续发展和城乡经济协调发展,大力发展以特色农业为核心的区域化农村经济。所谓特色农业,即指以市场为导向、以效益为中心,借助科技创新和资源异质化,在推动主导产业标新立异和品牌产品系列化的过程中实现高效持续发展的新型农业运作模式,这种模式是农业市场化的必然选择,市场本质是由成千上万特色产品构成的一个庞大的社会协作网络,产业和产品必须围绕市场需求树特色,只有这样才能形成对市场份额的“自然垄断”,并成为市场中不可替代的供应商。因此作为新型的农业运作模式——特色农业要始终围绕市场找特色、立足资源优势树特色、借助科技创新壮特色,如笔者在“湘西特色农业生产技术研究示范”研究工作中针对该区域山地资源和小气候资源丰富多样的特点,结合市场需求,从产业的高度,重点发展了优质烤烟、名优绿茶、多用百合以及能“以草代木”的高档造纸原料——龙须草等,并按照将特色生产做大、做强的要求,在加大产品科技含量的同时,开发系列产品,通过3年的努力这些项目基本形成产业,使湘西农业出现新的增长点,这说明特色农业的构建必须根据市场需求确定主导产业、结合当地资源优势(包括自然资源、劳动力资源、科技资源、经济资源和传统资源等)确立主导产品系列,根据系列产品数量和质量要求,确定加工转化规模 and 方式,然后按加工转化要求确定种、养生产产品数量和质量,最后根据种、养产品生产要求选定种、养生物品种和相应的种植、饲养技术措施,并在产品生产中实行全程质量指标控制。特色农业集中体现是特色产品的生产经营,由于特色产品的本质特征表现在它特定的优良品质、特殊的作用价值和供给的稀缺程度上,因而特色农业的发展不仅要依托特色产业的开发,还必须有特色资源的保障和特色技术的支撑。因此发展特色农业的对策一是区域化布局,所谓区域化布局即指根据不同区域总体资源优势进行主导产业布局、根据区域内不同资源特点配置产品花色品种,如根据区位、经济、自然和农业生产条件的相似性大体可将湖南省全境分为各具特色的5大区域,即益常岳区、张吉怀区、永郴区、娄邵衡区和长株潭区,根据市场潜在需求和总体优势资源特征,湖南省农业的主导产业应定位于淡水特种养殖业、名特优果药茶业、林竹草配套生态业、无公害蔬菜业、自然人文旅游业、草食杂食畜禽养殖业、优质稻油种植业和主导产品加工业。按照区域化布局要求,湖南省淡水特种养殖业应重点置于益常岳区、名特优果药茶业应重点置于张吉怀区、主导产品加工业应重点置于长株潭区、无公害蔬菜业应重点置于永郴区、草食杂食畜禽养殖业应重点置于娄邵衡区,而优质稻油种植业、自然人文旅游业和林竹草配套生态业则实行跨区整合;二是产业化经营,所谓产业化经营是指在接受区域布局指导和坚持家庭联产承包责任制的前提下,围绕当地农业主导产业和主体产品,对农业和农村实行区域化产品布局、专业化生产、市场化经营、社会化服务和企业化管理,从而形成以市场牵龙头、龙头带基地、基地联农户,集种养加、产供销、内外贸、农科教为一体的经济管理体系和运行机制。首先主导产业的产品规模取决于主导产业的市场定位,具体产品的规模取决于主导产业的产品系列化程度和与具体产品紧密相关的生产要素背景值,在我国广大农村当前乃至相当长的一个时期内产品规模不是通过生产规模化实现,而主要是依靠管理规模化实现。其次龙头企业的组建应采取原有企业的改建、扩建和中小企业的联合,只有在符合条件的地方才兴建大企业,一般谁有能力牵头,谁就做龙头,就扶持谁。近年有经验表明,大型工商企业、合作经济组织、新兴独资公司等也能成为龙头企业。再次产业化的中心环节依产业化程度不同而异,一般在实行产业化的初期应以流通环节和生产环节为中心,当产业化体系健全、机制运行顺畅后则以加工环节为中心,更注重农业与其他相关产业的联动效益;三是集约化生产,所谓集约化生产即指生产效率和效益的提高,主要依靠优良生物品种的推广、先进实用生产技术、工艺的应用、生产资料的有效投入和劳动者职业素质的提高来实现,同时对资源实行有效自净转化,强调在利用中保护、在保护中利用。这里的资源有效自净转化包括有效转化和自净转化,其中有效转化是指通过提高资源利用率和利用效率来节约资源、通过改良资源的存在状态来扩大资源存量,而自净转化是指在资源的转化过程中通过资源的综合利用和无污染技术的配套,使产品达到绿色产品标准。此外特色农产品的生产还必须根据特色产品品牌的特定品质、性能和稀缺性要求,实行全程规格化、标准化操作管理和产品分级。

(邹冬生 湖南农业大学植物科技学院 长沙 410128)