

我国农业污水处理技术的现状与处理方式

刘伟才, 丁 锋

(湖南环境生物职业技术学院 园林学院, 湖南 衡阳 421001)

摘 要:在介绍了目前我国农业污水的来源、主要特征和排放现状的基础上,简述我国农业污水处理技术研究动态,重点对近几年我国农业污水处理技术的研究及应用进展进行阐述,同时对处理技术及工艺优缺点进行了分析。探讨了农业污水处理的难点,处理所面临的问题,提出了在设计和选择农业污水处理技术时应注意的问题,对今后农业污水治理的政策、法规及技术发展的方向提出了建议。表3,参21。

关键词:农业污水;处理技术;现状;处理方式

中图分类号:X703.1

文献标识码:A

我国农业污水主要来源于农村生活污水,畜禽养殖废水,农田尾水及农村加工业废水,目前,我国农业源污染排放已占污染总排放量的一半。随着农村生活方式及生产方式的转变,在农业生产和生活过程中产生的大量农业废水如不进行合适的处理,将对我国农村环境造成严重污染,因此,对我国农业污水的现状进行分析,探讨污水处理的合理方式,对于缓解水资源供需矛盾,促进农村地区环境可持续发展具有一定的现实意义。

1 农业废水来源分析

我国农业废水的来源主要包括三个方面:

1.1 农村生活污水

生活污水是人们在日常生活中向外界环境所排放的各类废水,农村生活污水与农村居民的生产生活方式密切相关,传统的农村生活污水都能够被再次利用,如水体中的大部分有机质在农业生产中被作物吸收,转化为作物生长的营养物质,很少流失到水体中,因此,对环境不会造成太大的影响。但随着社会的变革,我国农村居民的收入的不断增

加,农村居民生活方式不断改变,随着现代化的卫生洁具、洗衣机、沐浴设施等进入农村地区。农村居民的人均日用水量和生活污水排放量大幅增长,2013年城镇生活污水排放量达485.1亿吨,农村生活污水含大量氮(N)、磷(P)等无机盐离子、固体悬浮物及致病菌等污染成分,水体中各污染物排放浓度一般为化学需氧量(COD)为250~400 mg/L,氨氮(NH₃-N)为40~60 mg/L,总磷(TP)为2.5~5.0 mg/L,已成为农村环境的重要污染源。

1.2 畜禽养殖废水及农田尾水

畜禽业是我国农业和农村经济的重要组成部分,畜禽养殖业快速发展所带来的环境污染问题也日益突出,据统计,畜禽养殖业的COD、TN和TP分别占农业废水来源的96%、38%和56%。种植业污水的主要来源为农田尾水,农田尾水是指农田中流出的地表径流水,为农田中的过剩水分,随着农业生产中化肥、农药等的不合理施用,其含有大量N、P、K等营养盐,个别灌区还含有大量的农药等。目前,全国大部分地区对农田尾水的没有进行有效的处理,直接排放,使得农田农田尾水中污染物进入河流、湖泊、内海等水域。不仅对地表水和地下水造

成了严重的污染,而且使大量的水资源浪费,并且带走田间大量的无机盐、氮等营养成分。

根据全国环境统计公报的数据显示,2013 农业源 COD 排放量 1 125.8 万 t,比上年减少 2.4%。其中畜禽养殖业排放 1 071.7 万 t,比上年减少 2.5%,水产养殖业排放 54.0 万 t,比上年减少 1.5%。农业源 COD 排放占排放总量的 47.9%,比上年增加 0.3 个百分点。农业源排放量 77.9 万 t,比上年减少 3.3%,其中种植业排放 15.2 万 t,与上年持平,畜禽养殖业排放 60.4 万 t,比上年减少 4.3%,水产养殖业排放 2.3 万 t,与上年持平;农业源氨氮排放量占排放总量的 31.7%,与上年持平。

2012 农业源排放化学需氧量 1 153.8 万 t,比上年减少 2.7%,其中畜禽养殖业 1 099.0 万 t,比上年减少 1.4%,水产养殖业 54.8 万 t,比上年减少 2.8%;占化学需氧量排放总量的 47.6%,与上年持平。农业源氨氮排放量 80.6 万 t,比上年减少 2.5%,其中种植业 15.2 万吨,与上年持平,畜禽养殖业 63.1 万 t,比上年减少 3.2%,水产养殖业 2.3 万 t,比上年增加 1.1%;占氨氮排放总量的 31.8%,与上年持平。

表 1 全国农业源废水中化学需氧量排放情况

Tab.1 Chemical oxygen demand emissions from agricultural sources in China

单位:万 t

年份	水产养殖业	畜禽养殖业	合计
2011	56.3	1 114.3	1 170.6
2012	54.8	1 099.0	1 153.8
2013	54.0	1 071.7	1 125.7

表 2 全国农业源废水中氨氮排放情况

Tab.2 Ammonia nitrogen emissions from agricultural sources in China

单位:万 t

年份	种植业	水产养殖	畜禽养殖业	合计
2011	15.2	2.2	65.1	82.5
2012	15.2	2.3	63.1	80.6
2013	15.2	2.3	60.4	77.9

1.3 农村加工业废水

目前,随着城镇化的推进,农村地区承接了一些城区加工业的转移,其在生产过程中产生的废水、污水和废液如不经过无害化处理,水体当中的

各类污染物将对周边环境造成严重污染。

2 我国农业废水处理技术研究进展

2.1 生态处理技术

2.1.1 人工湿地技术

人工湿地系统在生活污水治理方面的成效已经被众多学者证实,并有许多应用的实例。何娟对我国南方中小城镇的污水处理中利用人工湿地技术进行了研究,论证了人工湿地技术在我国南方中小城镇中应用的可行性、有效性和发展前景^[1]。认为其具有效率高、投资和运转费用低、处理效果好、易于操作管理以及生态和社会效益好等特点。黄健等对北方地区人工湿地应用进展、冬季防寒措施、湿地植物的选择及对几种湿地植物净化污水的效果研究等方面进行了研究^[2]。闫雪琴利用人工湿地技术对辽河盘锦段水土环境治理的可行性进行分析,研究表明,应用人工湿地技术对辽河盘锦段水土环境治理是可行的,能使污染水体中的有机物、悬浮物、氮、磷和重金属等有效去除,并能带来良好的经济效益、环境效益和社会效益^[3]。但在实际应用中也存在一些问题,如负荷小占地大,易堵塞,易受温度和 pH 值影响等,需在这方面进行深入研究。

2.1.2 稳定塘技术

不少学者对稳定塘系统处理污水做了研究。MAYNARD 通过研究发现稳定塘能使污水中 BOD₅ (生化需氧量)大幅降低,利用三级处理塘系统, BOD₅ 去除率可以达到 80%,而对整个塘系统来看 BOD₅ 去除率可达 90% 以上^[4],在氮的去除方面,稳定塘通过生物同化吸收转化为自身有机氮,氨氮的吹脱作用形成生物沉淀^[5],李建华等认为,藻类对氨氮有着非常重要的去除作用,通过兼性塘静态试验发现,光照塘对氨氮去除率为 87.5%,而蔽光塘中氨氮去除率仅为 3.2%^[6]。赵学敏等利用经过改良的生物稳定塘系统对滇池流域大清河的水质净化进行了研究,结果表明该系统对 TN、TP、NH₄⁺—N(铵态氮)、BOD₅ 和 COD 的去除率分别达到 29.29%、48.68%、33.68%、68.14% 和 71.25%,表明新型塘系统是一种行之有效的废水处理系统^[7]。

2.1.3 土地处理系统技术

污水土地处理是利用土壤—植物—土壤中微生物对污水中污染物处理,在人工控制下将污水适

配到土地上,主要用来处理生活污水及食品加工类废水.段增强等利用园林地慢速渗滤系统处理农村分散式生活污水进行了研究,结果表明该系统对 TN、TP、COD、TOC(总有机碳)、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 均有较好去除效果,平均去除率可达 80.7%、89.2%、89.5%、60.2%、85.7%,参照国家水质标准,出水水质达到一级 A 类标准,对农村生活污水处理效果良好,具有技术可行、成本有效和管理方便等特点^[8].李楠研究了土地处理系统对磷、COD、TN 的净化效果,表明系统对 COD 有较高的去除率,分别达

82.9% 和 64.0%,TN 的去除率分别为 34.1% 和 28.9%,人工湿地和亚表层渗滤系统对生活污水中的总磷均有较好去除效果,去除率分别达 61.6% 和 48.2%.在农村分散型生活污水生态处理技术中,具有良好的应用前景^[9].

2.2 生物处理技术

利用微生物的代谢作用,把水中的有机污染物转化为简单的无机物的过程,即利用微生物的生命活动过程来转化污染物,使之无害化的方法.(见表 3).

表 3 好氧生物处理与厌氧生物处理技术比较
Tab.3 Comparison of aerobic biological treatment and anaerobic biological treatment technology

好氧生物处理		厌氧生物处理
微生物种群	好氧微生物和兼性微生物	先是厌氧菌和兼性菌,后是另一类厌氧菌
产物	CO_2 、 H_2O 、 NO_3^- 或 NO_2^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、 SO_4^{2-} 分解彻底,产能多;基本无害,出水无异臭.	CH_4 、 NH_3 、胺化物或 N_2 、 H_2S 等,氧化不彻底,产能少;产物复杂,出水异臭.
反应速率	有机物转化快,停留时间短,设备体积小.	有机物转化慢,停留时间长,设备体积大.
对环境要求	要求充分供氧,对环境要求不太严.	绝对厌氧,对环境 pH、温度等要求严格.

2.2.1 厌氧生物技术

在无分子氧存在条件下,利用厌氧微生物(或兼性厌氧微生物)分解废水中的有机物并产生甲烷和二氧化碳的过程.陈涛等利用硫酸盐还原菌(Sulfate reducing bacteria,SRB)厌氧生物处理技术对脱硫废水的处理原理及可能性进行了研究,证明了 SRB 在提高脱硫废水处理效率中的有效性^[10].黄海峰等对厌氧生物处理技术处理城市污水进行了研究,与传统的好氧生物法相比,具有占地面积小、运行费用低、剩余污泥量少等优点. COD 的去除率可达 68%~74%,BOD 的去除率为 69%~75%,SS 的去除率为 68%~75%^[11].郭夏丽对磷酸盐生物还原反应为基础的厌氧生物除磷技术进行了研究,比较了几种厌氧污泥的除磷能力,试验证明,在几种活性污泥除磷效果都较好^[12].

2.2.2 好氧生物技术

在有氧条件下,有机污染物作为好氧微生物的营养基质而被氧化分解,使污染物的浓度下降的处理方法.处理工艺主要有:A/O、 A_2/O 、氧化沟、生物转盘、生物滤池和 SBR 法等.具有处理效果好,工艺成熟等优点,但同时存在能耗大,管理维护复杂等不足之处.张钧利用好氧生物反应器技术对垃圾填

埋场垃圾进行生物降解,在好氧条件下渗滤液中 pH 值在 7.10~8.15 之间,循环回灌法处理, COD 去除率在 90% 以上, BOD 去除率在 98% 以上,表明对有机物有很强的降解作用^[13].张倩倩对生物转盘处理城镇污水进行了研究,研究发现气动生物转盘对有机物的去除效率较高,可以稳定的达到 80% 以上,出水 COD 均可以达到国家一级 A 标准,半浸没气动生物转盘对污水中的氨氮有较好的处理效果,平均去除率可以达到 90% 左右^[14].

2.3 其他技术

2.3.1 微电解法

微电解技术又称内电解法,是目前处理高浓度有机废水的一种有效方法.该方法具有反应速率快,处理有机污染物范围广,工艺流程简单、寿命长、投资少、维护方便、运行成本低等特点.张懿文对铁碳微电解法去除饮用水中硝酸盐进行了研究,表明硝酸盐平均浓度能减低 64%,在饮用水预处理中有较好的应用前景^[15].陈月芳等利用强化微电解法预处理难降解农药废水,通过 5 种强化微电解法对 COD 去除进行研究.结果表明,这 5 种强化途径对污染物的去除率分别为 72.3%、68.0%、67.8%,

70.0%和76.8%,COD去除效果较好^[16]。

2.3.2 膜生物技术

膜生物反应器(MBR)是生物降解作用与膜的高效分离技术相结合的一种新型高效污水处理与回用工艺。魏源送等对农副食品加工业高浓度废水的厌氧膜生物反应器技术进行了研究,发现其具有COD去除率高,COD负荷率高等工艺特征,同时排泥少,基建成本低^[17]。王震文利用膜生物过滤技术净化工业废气中挥发性有机化合物进行了研究,发现与传统的物理、化学方法相比,生物过滤技术对于大流量低浓度的挥发性有机化合物(VOCs)处理有着较大的优势,比较了6种膜材料的去除效率^[18]。刘琳等研究了两段式生物膜—膜生物反应器对废水的处理效果,结果表明,运行稳定后出水水质好,COD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、TP去除效率分别为95%、80%、60%^[19]。

2.3.3 净化槽技术

净化槽最先是由日本研发的一种分散式污水处理一体化装置,废水通过功能分区,使水体中COD、氮、磷等污染物分别在不同处理单元内得到去除。邓芙蓉等比较了人工湿地与土壤净化槽处理农村生活污水的效率,发现土壤净化槽和人工湿地出水水质都很好,出水COD_{Cr}、TN、TP、氨氮分别达到了二级、一级A、一级B、一级A标准,但土壤净化槽装置占地面积小,只为人工湿地的2/3,土壤净化槽技术非常适合我国国情的生活污水处理技术^[20]。王昶等对新型净化槽污水进水量的抗冲击性进行了研究,调查了多户生活污水量对新型净化槽出水水质的影响及其抗冲击性能力。实验结果表明,新型净化槽由于采用两级好氧和生物滤床技术,污水处理能力明显增强,当进水量为50 L/d时,出水水体COD、BOD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、浊度可分别达到22.67 mg/L、7.8 mg/L、8.3 mg/L、1.79 NTU,各项出水指标都达到国家一级排放标准,具有很好的抗冲击性^[21]。

3 农业污水处理的难点分析

1)污染面广、分散。由于农村地区居住相对分散的特征造成污水分散,收集难。

2)污染来源多。除来自农村生活污水,畜禽业养殖废水,农业生产中农田尾水外,还包括农村加工业产生的废水。

3)污染增长快。随着农村经济的快速发展,养

殖业、加工业产生的污水随之增多,另外农村居民生活品质的提高带来生活方式的改变,导致用水量增加,生活污水的排放量也迅猛增加,但相关污水处理设施却增长缓慢。

4)处理技术相对落后。我国农村地区现阶段采用的污水处理技术与发达国家的技术水平相比还存在差距,主要表现为效率低、能耗高、自动化程度低等缺点。

5)管理水平低。相对来说我国污水处理行业还处于发展阶段,目前操作人员的技术素质及管理水平还有待提高,造成即使已建成的处理设施也不能正常运行,造成污水难以处理。

6)环保意识薄弱。农村地区教育条件相对落后,居民环保意识差,形成的污染不能及时清理,给后期处理带了很大的麻烦,亟待加大宣传力度,提高环保意识。

4 结 语

我国是农业大国,农村人口众多,在日常生产生活中排放大量的生活污水,养殖业废水,农田尾水。但由于农村地区经济条件差,缺乏成熟的技术及当地群众环保意识不高等因素限制,污水处理能力尚跟不上用水规模的迅速扩张,同时,由于气候差异,地区差异,不同发展定位的乡镇,其废水处理需要采取不同的方法。因此,探索出适合我国国情的,高效、低投入、低运行成本的污水处理技术,可大大提高农村水环境治理成效。应继续完善农业污水处理相关法律、法规,制定农业污水处理技术规范,加强农村生活污水处理制度建设,加大宣传力度,提高居民的环保意识。同时对农村地区污水处理提供配套资金,利用好现有的生态处理技术,对相关人员进行培训,提高人员管理水平。继续探索开发新开发适合农业污水的廉价、高效、管理方便的环保材料,如可再生生物填料,达到改善和强化生态处理技术效果。

参考文献:

[1] 何 娟. 人工湿地技术在我国南方中小城镇污水处理中的应用[J]. 科技风, 2010, (19): 161-162.

HE Juan. Application of constructed wetland technology in middle and small towns sewage treatment in South China

- [J]. Technology Trend, 2010(19):161-162.
- [2] 黄健, 杜少文. 人工湿地技术及其在我国北方地区的研究进展[J]. 中国海洋大学学报, 2010, 40(11):79-84.
HUANU lian, DU Shao-Wen, Constructed Wetland Technology and the Research in the Northern Region of China[J]. Periodical of Ocean University of China, 2010, 40(11):79-84.
- [3] 闫雪琴. 人工湿地技术用于辽河盘锦段水污染治理的可行性研究[D]. 沈阳: 沈阳建筑大学, 2011.
YAN Xue-qin. Feasibility study of artificial wetland technology for water pollution control in Panjin section of Liaohe River [D]. Shenyang: Shenyang Architecture University, 2011.
- [4] MAYNARD H E, OUKI S K, Williams S C. Tertiary lagoons: A review of removal mechanisms and performance [J]. Water Research, 1999, 33(1):1-13.
- [5] SILVA S A, OLIVERIRA R D, SOARES J. Nitrogen removal in pond systems with different configurations and geometries [J]. Water Science and Technology, 1995, 31(12):321-330.
- [6] 李建华, 王宝贞. 氧化塘中氮和磷的去除[J]. 中国环境科学, 1992, 12(4):23-25.
LI Jian-hua, WANG Bao-zhen, Removal of nitrogen and phosphorus in oxidation pond[J]. China Environmental Science, 1992, 12(4):23-25.
- [7] 赵学敏, 魏清伟, 周广杰, 等. 改良型生物稳定塘对滇池流域受污染河流净化效果[J]. 湖泊科学, 2010, 22(1):35-43.
ZHAO Xue-min, GUO Qing-wei, ZHOU Guan-jie, et al. Purification effect of improved biological stabilization ponds on the polluted river in Lake Dianchi catchment[J]. Journal of lake Sciences, 2010, 22(1):35-43.
- [8] 段增强, 段婧婧, 耿晨光, 等. 园林地慢速渗滤系统处理农村分散式生活污水[J]. 农业工程学报, 2012, 28(23):192-198.
DUAN Zeng-qiang, DUAN Jing-jing, GENG Chen-guang, et al. Garden slow percolation system for processing rural distributed wastewater[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(23):192-198.
- [9] 李楠. 土地处理技术净化分散型生活污水及新型填料对磷吸附研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2012.
LI Nan. Research on the purification of the dispersive type of domestic sewage and the new type of filler on the phosphorus adsorption[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2012.
- [10] 陈涛, 陈薇薇, 孙成勋. 硫酸盐还原菌(SRB)厌氧生物技术处理脱硫废水的可行性探讨[J]. 中国农村水利水电, 2014, 28(2):18-22.
CHEN Tao, CHEN Wei-wei, SUN Cheng-xun. A Discussion on the Possibility of SRB Anaerobic Biotechnology in the Treatment of Desulfurization Wastewater[J]. China Rural Water and Hydropower, 2014, 28(2):18-22.
- [11] 黄海峰, 杨开, 王晖. 厌氧生物处理技术及其在城市污水处理中的应用[J]. 中国资源综合利用, 2005, 35(6):37-40.
HUANG Hai-feng, YANG Kai, WANG-hui. Anaerobic biological treatment technology and its application in municipal wastewater treatment[J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2005, 35(6):37-40.
- [12] 郭夏丽. 厌氧生物除磷技术的基础研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2005.
GUO Xia-li. Basic research on anaerobic biological phosphorus removal technology[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2005.
- [13] 张钧. 好氧生物反应器技术应用于可持续垃圾填埋场建设[J]. 市政技术, 2010, 28(3):126-129.
ZHANG Jun. Aerobic Bio-Reactor Technology and Sustainable Construction of Municipal Solid Waste Landfill[J]. Municipal Technology, 2010, 28(3):126-129.
- [14] 张倩倩. 生物转盘处理城镇污水的中试试验研究[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2014.
ZHANG Qian-qian. Pilot study on the treatment of urban sewage by biological rotary table[D]. Huainan: Anhui University Of Science & Technology, 2014.
- [15] 张懿文. 铁碳微电解法去除饮用水中硝酸盐的研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2015.
ZHANG Yi-wen. Study on the removal of acid salt in drinking water by iron carbon micro electrolysis method[D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2015.
- [16] 陈月芳, 曹丽霞, 于璐璐等. 强化微电解法预处理难降解农药废水[J]. 环境工程学报, 2012, 6(7):2361-2366.
CHEN Yue-fang, CAO Li-xia, YU Lu-lu, et al. Pretreatment of refractory pesticide wastewater by intensified microelectrolysis[J]. Journal of Environmental Engineering, 2012, 6(7):2361-2366.
- [17] 魏源送, 郁达伟, 曹磊. 农副食品加工工业高浓度废水的厌氧膜生物反应器技术[J]. 环境科学, 2014, 35(4):1613-1622.
WEI Yuang-song, YU Da-wei, CAO Lei. Anaerobic Membrane Bioreactors for Treating Agricultural and Food Processing Wastewater at High Strength[J]. Environmental Science, 2014, 35(4):1613-1622.
- [18] 王震文. 膜生物过滤技术净化工业废气中挥发性有机

- 化合物性能研究[D]. 上海:华东理工大学,2014.
- WANG Zhen-wen. Study on the performance of volatile organic compounds in industrial waste gas purification technology [D]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2014.
- [19] 刘琳,宋碧玉. 两段式生物膜—膜生物反应器的试验研究[J]. 环境污染与防治, 2005, 17(3): 183-185.
- LIU Lin, SONG Bi-yu. Study on two stage biofilm membrane reactor [J]. Environmental pollution and control, 2005, 17(3): 183-185.
- [20] 邓芙蓉,刘东生,王辉,等. 人工湿地与土壤净化槽处理农村生活污水的对比[J]. 环境化学, 2013, 32(2): 232-239.
- DENG Fu-rong, LIU Dong-sheng, WANG Hui. et al. Comparison research between constructed wetland and soil trench on the sewage treatment in rural area [J]. Environmental Chemistry, 2013, 32(2): 232-239.
- [21] 王昶,杨晓娇,酒井裕司,等. 新型净化槽对污水进水量的抗冲击性能研究[J]. 水污染防治, 2014, 34(2): 59-63.
- WANG Chang, YANG Xiao-jiao, Sakai Yuji. et al. Study on Impact Resistance of Sewage Inflow in New Purifying Tank [J]. Water pollution control, 2014, 34(2): 59-63.

On the Current Situation and Countermeasures of Agricultural Wastewater Treatment Technology in China

LIU Wei-cai, DING Feng

(Landscape Architecture Department, Hunan Polytechnic of Environment and Biology, Hengyang 421001, China)

Abstract: In this paper, origin and main characteristics, together with emissions in current situation of agricultural wastewater in China were introduced. Focusing on the study and application development of agricultural wastewater treatment technology in China, the authors explored the research trends as well as the outcomings and shortcomings of this technology. The difficulties and problems of agricultural wastewater treatment technology were discussed. Some suggestions on the design, selection, regulaitons and developing trends of agricultural wastewater treatment technology were put forward. 3tabs., 21 refs.

Keywords: agricultural wastewater; treatment technology; current situation; treatment method

Biography: LIU Wei-cai, male, born in 1984, Master graduate, research direction for environment monitoring and pollution control