

Control Technique and Practice of Rural Non-Point Source Pollution in Water Source Area of South-to-North Water Diversion Project

Fan Jia, Qingsong Liu, Heli Wang

China University of Geosciences (Beijing), Beijing
Email: jiafancugb@qq.com

Received: Feb. 24th, 2016; accepted: Apr. 4th, 2016; published: Apr. 11th, 2016

Abstract

Presently, the domestic sewage in rural area could not be collected and disposed properly. Organic matters, nitrogen, phosphorus in the sewage would pollute the surrounding water. In the South-to-North water diversion project, to ensure high quality water for Beijing, we must pay attention to rural non-point source pollution of the reservoir converge basin. In this paper, the suitable techniques and methods of rural domestic sewage were summarized, including Constructed Wetland Sewage Treatment System, Stabilization Pond System, Membrane Biology Technology, etc. And on this basis, this paper introduces the Compound Constructed Rapid Infiltration System and its applications. The paper also summarizes practice cases of rural non-point source pollution prevention and control in water source area of the South-to-North water diversion project.

Keywords

South-to-North Water Diversion Project, Non-Point Pollution, Rural Domestic Sewage, Control Technique

南水北调水源区农村面源污染防治技术与实践

贾 凡, 刘青松, 王鹤立

中国地质大学(北京), 北京
Email: jiafancugb@qq.com

收稿日期: 2016年2月24日; 录用日期: 2016年4月4日; 发布日期: 2016年4月11日

摘要

目前我国很多农村地区的生活污水还得不到集中处理, 其中的有机物、氮、磷等对周边水体造成一定污染。在南水北调中线工程中, 为了确保进京水质的安全优良, 库区汇水流域的农村面源污染问题必须引起重视。本文对适合处理农村生活污水的技术与方法进行了综述, 包括人工湿地污水处理系统、稳定塘处理系统、生物膜处理技术等, 并在此基础上介绍了复合人工快渗系统以及其的应用, 并对南水北调水源区农村面源污染防治的实践进行了归纳。

关键词

南水北调, 面源污染, 农村生活污水, 治理技术

1. 引言

我国农村地区基础性设施不完善, 生活污水、人畜粪便得不到集中而有效的处理; 为了提高种植产量, 过度使用化肥农药的问题比较普遍, 为农村面源污染埋下很大隐患。农业面源污染已经成为水体污染的重要来源之一。环境保护部发布的《2012 年中国环境状况公报》显示, 2012 年全国废水排放中农业氮磷排放量为 80.6 万吨, 占总排放量的 31.8% [1]。

在我国农业面源污染主要包括四类: ①农田化肥污染; ②畜禽养殖污染; ③农田固体废物污染; ④农村生活污染[2]。其中的农村生活污水, 主要来自厨房排水, 厕所排水和洗浴排水, 污染物里有机物占大多数, 且氮磷含量较高[3]。同时, 随着农村人畜饮水工程的建设, 大多数农村已经使用上了方便的自来水, 生活污水排放量大幅增长, 人日均生活污水排放量在 80 L 以上[4]。这些污染如果得不到有效的控制, 一旦进入自然水体则会引起有机物含量升高、氮磷浓度升高等, 造成藻类等水生生物大量生长繁殖, 影响生态环境与水质。

始于 1952 年的南水北调工程是我国战略性的工程, 分为东、中、西三线抽调部分水源输送至华北与淮海平原和西北地区水资源短缺的地区, 仅东、中线一期工程干线总长就达到了 2899 公里, 为了保证长距离输水过后水质仍达优良, 调水水质安全是南水北调工程成败的关键。以南水北调中线为例, 其源头丹江口水库水源地涉及河南省南阳、洛阳、三门峡 3 个省辖市的淅川、西峡、内乡、邓州、栾川、卢氏 6 个县(市), 丹江口水库流域总面积为 7815 km² [5]。据文献资料报道, 面源污染对多数湖库的贡献率已经超过 50%, 因此, 正确认识丹江口库区水源区面源污染特征与存在的问题, 对控制整个库区水污染举足轻重[6]。

丹江口水库建成后, 蓄水量增加, 水流速度减慢, 水环境容量降低, 降水稀释自净能力大为减弱[7]。有研究者[8]对丹江口水库的面源污染情况进行了调查, 调查结果表明水土流失是产生面源污染的最主要来源。其次是城乡污水和人粪尿的排放, 其中 COD 主要是由于当地生活污水和人粪尿、畜禽养殖产生。由于流域内经济发展落后且地形较为破碎, 农村居民分散, 卫生条件差, 中小城镇建立污水处理厂困难, 造成了大量的农业面源污染。化肥的流失是面源污染物的第三大主要来源。

因此, 针对南水北调工程中可能出现的农村面源污染状况, 采取必要的技术与措施, 对于保持南水北调水源区生态环境、保证南水北调调水水质、提高当地农村人居环境都有着重要的意义。

2. 常见的农村面源污染防治措施

针对我国存在的几个方面的农村面源污染, 研究学者们经过长期的实践和探索获得了一些方法和应

对措施。

2.1. 人工湿地污水处理系统

这是一种研究较为广泛的污水处理系统，由水体、基质、水生植被和微生物四个基本组成要素构成，常见的类型有表面流人工湿地、水平流人工湿地和垂直流人工湿地，是一种过滤、土地处理与暗管排水相结合的污水再利用系统。其特点是没有水泵，对于生活污水的处理效果好，其运行费用低，适用于土地资源丰富，可以轮作休耕的地区。其对 BOD_5 的去除率可达 85%~95%，COD 的去除率可达 80% 以上，氮和磷的去除率也达到 50% 左右[9]。主要通过沉淀、吸附、植物吸收分解等作用完成对污染物的去除。

2.2. 稳定塘处理系统

该处理系统起源于美国加州大学伯克利分校，主要利用菌藻的共同作用处理废水中的有机污染物，同时可在塘中养殖水禽，形成生态塘内稳定的食物链，该处理系统不仅可以去除污染物，而且可以回收水生作物和水产，净化的污水也可以作为再生水资源予以回收利用。其对于污水中的总氮、总磷、氨氮、有机物的去除都有不错的效果。稳定塘处理技术由于其抗冲击负荷需要，一般占地面积较大，可以利用农村地区废弃的河塘、洼地等有利地形进行改造，以节省基建费用[10]。

2.3. 生物膜处理技术

该技术在近几十年以来得到了迅速的发展，生物膜是由固定在附着生长载体上的并经常镶嵌在有机多聚物结构中的细胞所组成，其具有孔状结构，有很强的吸附性能[11]，利用微生物分解功能，采取人工措施来创造更加有利于微生物生长和繁殖的环境，促进微生物繁殖，提高对于污水中有机物的氧化降解效率。常见的生物膜反应器有传统的生物滤池、生物转盘和生物接触氧化，新型的有生物流化床、移动床生物膜反应器和复合式生物膜反应器等。

2.4. 生活垃圾与农业废弃物的处理技术

生活垃圾、农作物秸秆、畜禽养殖废弃物等是我国农村主要的固体废弃物。目前，农作物秸秆的处理以还田为主，包括部分还田和全部还田。此外，秸秆打捆收获后用作能源、建筑材料、花卉钵钵等新型资源化方式也已成一定规模。畜禽粪便资源化的主要途径是农肥化，固体部分经过发酵后产生优质有机肥，再进行还田以实现循环利用。液体主要是厌氧发酵产生沼气，或者直接进入污水处理工程进行净化。

2.5. 完善法律法规与加强政策引导

制定和完善相关的法律法规，使得农村污染控制有法可依，建立清洁生产的技术规范和标准，鼓励少用化肥农药，加强科研，推广新型高效肥料，加强农村生活污染管理，切实加大养殖场环境影响评价执行力度。

综上所述，对于农村面源污染的防控，既要有技术的保障也要有政策支持，既要有科研单位的刻苦攻关也需要广大人民群众切实行动。所以，为了有效控制农村面源污染，必须不断革新技术、推行政策、广泛宣传、坚持实践。

3. 南水北调工程中的农村面源污染防治实践

为了涵养水源区，南水北调工程十分重视对于农村面源污染的治理，一些面源治理的措施与技术也在南水北调工程中得到了应用和实践。

以浙川县农村地区面源污染防治为例，其境内存在的污染主要是农业面源污染、养殖业面源污染

和水土流失面源污染。针对这些情况，当地采用了调整农业产业结构，采用现代化工业耕作等方式，大力发展有机农业和生态农业，采用生物防治、化学防治和农业防治相结合的措施，减少农药和化肥的用量；大力推广农村沼气和秸秆气化的工程建设，推广农村废弃物、污染物的总和利用；退耕还林，人工造林等[12]。

有研究者[13]探索了南水北调水源区清洁型小流域治理模式，其划分了生态修复区、生态治理区、生态保护区，修建垃圾填埋场，垃圾池，建立集中的简单污水处理站等。建成后的清洁型小流域村容整洁，沟道河水清洁化。

在丹江口库区周边的十堰市农村，目前已经建立 90 个人工湿地，利用人工介质—土壤—植物—微生物的物理、化学、生物三种联合作用，对污水、污泥进行处理，其基建和运行成本低，运行维护简单，对于污水中的氮磷也有一定的去除效果[7]。

有研究者在南水北调中线水源区湖北十堰市茅箭区建立实验基地，采用膜生物反应器与高级氧化消毒连用处理农村生活污水，检测运行出水可以发现，该工艺对于污水中的有机物、氨氮、浊度的去除率都在百分之九十以上，出水水质优于生活污水排放标准和农田灌溉水质标准[14]。

2014 年底，南水北调之水正式进京，良好进京水质的保障离不开千里之外的水源地污染防治工作。

4. 复合人工快渗处理系统

中国地质大学(北京)水资源与环境学院在 20 世纪 90 年代的时候，开发了“人工快渗处理系统”，其可以用于生活污水治理与改善受污染河流水质。然而传统的人工快渗处理系统总氮反硝化机制还不够理想，总氮的去除效率低，研究人员在此基础上进一步研发了复合人工快渗处理系统，并将其应用于丹江口库区汇水流域，开展农村生活污水就地生态处理的系统构建，具体用于处理农村生活污水，改善村民生活环境。

复合人工快渗处理系统由布水系统(穿孔)、滴滤池、脱氮池、人工快渗滤池、除磷池、排水系统、出水池和循环系统组成。

其中的滴滤池由一个用碎石铺成的滤床和沉淀池组成，下方为承托层，石块可稍大，这样的设置以避免上层脱落的生物膜积累而造成堵塞。总体上石块的大小要根据滤池单位体积的有机负荷来决定。废水通过布水系统从滤池顶部布洒，废水通过滤池时，通过滤料来截留废水中的悬浮物质，促使微生物快速繁殖，微生物又进一步吸附废水中的溶解性和胶体有机物，逐渐增长形成生物膜，生物膜对废水中有机物进行吸附氧化作用，使废水得以净化。

在脱氮池中，通过加入有机填料(如锯末、草秸等)作为反硝化作用利用的基质，并且将其和泥土混合，构成一道松散多空的脱氮墙，污水经过时，有机填料作为碳源缓慢降解，为反硝化菌创造了厌氧环境，促使反硝化菌将硝酸盐还原为氮气和其他氧化物释放，从而达到脱氮的目的。

在该系统中，通过在除磷池中添加石灰石填料来降低废水中磷元素，即石灰与磷酸盐反应生成羟基磷灰石沉淀降低废水中磷的含量。

人工快渗池填料由粗砂层和细砂层组成，厚度分别为 700 mm 和 300 mm，沙土上栽种黄鸢尾、千屈菜与当地水生植物，通过过滤、生物膜作用及吸附三个过程。通过脱氮池均匀布水，上部出水，此也为处理工艺的核心部分。

为了确保理想的处理效果以及水的循环利用，该系统中设置出水池，当处理效果不理想时，可以回流至滴滤池布水系统二次处理，或者直接用于人工快渗池上的水生植物的绿化用水，从而进行深度处理。

该复合型人工快渗系统具有“一高三低”的特点，即高出水水质、低投资成本、低运行成本和低能耗，满足当地的处理需求，并与当地的经济水平相适应。

5. 总结

农业面源污染对于水体的危害不容忽视,南水北调作为我国一项功在当代利在千秋的伟大工程,合理地控制水库周边以及其汇水流域的面源污染,采取必要而有效的措施来保证调水水质良好十分重要。南水北调水源区、汇水区面积广大,可以借鉴已有的“清洁型小流域”的概念,化整为零,合理划分小流域区域,在区域内设置合理的处理系统,将技术与理念相结合,对农业面源污染进行控制,确保调水水质安全。在防治技术方面,根据工程中的实际需要,有多种防治技术已经在南水北调水源区得到了应用,这不仅是对已有技术的检验,也是开发探索新技术的契机,这就要求我们要重视对已有技术的总结与反思,改进已有技术,发展新型科技,以满足社会进步的需要。

参考文献 (References)

- [1] 金书泰,沈贵银,魏珣,韩允垒. 论农业面源污染的产生和应对[J]. 农业经济问题, 2013(11): 97-102.
- [2] 梁流涛,冯淑仪,曲福田. 农业面源污染形成机制:理论与实证[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(4): 74-80.
- [3] 邓腊. 农村生活污水水质特征与处理技术[J]. 现代农业科技, 2015(17): 243-245.
- [4] 王星龙. 农村面源污染治理对策研究[J]. 农业环境与发展, 2005(1): 38-40.
- [5] 卢圆章,靳文娟. 南水北调丹江口水源区水污染防治综合治理解析[J]. 河南水利与南水北调, 2012(18): 49-50.
- [6] 姜世英,韩鹏,贾振邦,毛小玲,司今,叶芳芳. 南水北调中线丹江口库区农业面源污染 PSR 评价与基于 GIS 的空间特征分析[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(11): 2153-2162.
- [7] 李莉,曹俊,巩建华. 丹江口库区农村生活污水处理分析[J]. 南阳师范高等专科学校学报, 2014, 34(6): 36-39.
- [8] 李慧峰,白景锋,武兵兵. 丹江口水库面源污染调查及治理方法探究[J]. 南阳师范学院学报, 2014, 13(9): 43-48.
- [9] 刘茜茹. 人工湿地污水处理系统特点及其机理[J]. 四川环境, 2014, 33(1): 144-149.
- [10] 丁晓倩,刘贵毅,赵庆. 小城镇污水生态处理技术研究[J]. 科技风, 2012(17): 13-14.
- [11] 吴会中,单欣,赵琛琛. 生物膜处理技术的研究进展[J]. 中国勘察设计, 2005(11): 52-54.
- [12] 徐振明,齐荣尊. 丹江口水库周边地区环境保护初探——以淅川县农村地区面源污染防治为例[C]. 和谐城市规划——2007 中国城市规划年会论文集, 1061-1063.
- [13] 王定学. 南水北调水源区清洁型小流域建设的实践与探索[J]. 陕西水利, 2010(4).
- [14] 裴亮,梁晶,刘荣豪,任志远,杨益,于国强. 南水北调中线 MBR-AOP 系统处理农村生活污水的试验研究[J]. 中国农村水利水电, 2013(6): 53-56.