

我国农村生活污水处理现状及展望

刘雪美 (合肥工业大学土木与水利工程学院, 安徽合肥 230009)

摘要 介绍了农村生活污水的来源和污染物,以及农村生活污水的水质特征、水量特征、排放特征,阐述了农村生活污水的收集方法和处理工艺,着重比较了人工湿地处理系统、稳定塘处理系统、土地渗滤处理系统、好氧生物处理系统的处理效果、建设费用、主要优点及适用范围。最后从健全环境保护法律体系,提高认识和加强领导,加大资金投入比重3个方面提出了农村生活污水的处理建议。

关键词 农村生活污水;来源;排放特征;处理方法

中图分类号 X703 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)12-0058-03

Treatment Status and Prospect of Rural Domestic Sewage in China

LIU Xue-mei (College of Civil Engineering and Water Conservancy, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui 230009)

Abstract The sources and pollutants of rural domestic sewage, and the characteristics of water quality, water quantity and emission characteristics of rural domestic sewage were introduced. The collection method and treatment technology of rural domestic sewage were expounded. Processing efficiency, construction costs, the main advantages and scope of application of constructed wetland treatment system, stabilization pond treatment system, land infiltration treatment system, aerobic biological treatment system were compared. Finally, suggestions on the treatment of rural domestic sewage from 3 aspects of improving the legal system of environmental protection, enhancing awareness and strengthen leadership, increasing the proportion of capital investment.

Key words Rural domestic sewage; Sources; Emission characteristics; Treatment methods

过去30年我国环保工作的重心是城市环境和重点污染源的控制,但随着我国社会主义新农村建设和城乡一体化进程的不断推进,农村生活水平与经济发展都得到很大提高^[1]。然而,农村环境建设却与此不同步,其中水环境污染问题尤为严重。据介绍,我国废水总排放量为600亿t/a,其中乡镇污水为200亿t/a,农村生活污水为80亿t/a^[2]。

目前,农村地区由于缺乏足够的资金,建设的污水处理设施较少,据原建设部2005年对全国部分农村的调查显示,我国96%的农村没有污水处理和收集系统^[1]。农村生活污水未经相应处理就近排入河道或者通过排水沟渠汇合后入河。由于该污水中含有大量的有机物及磷、氮等,排入水体

后,导致水体中的藻类大量繁殖,引发富营养化现象。如太湖富营养化的一个主要致因是农村生活污水任意排放,其中磷、氮分别占59.65%和35.35%^[3]。因此,急需加强农村生活污水的治理,确保农村生态环境和农民的身心健康。笔者分析了我国农村生活污水主要来源、排放特征及处理方法,并提出了农村生活污水处理方面的建议。

1 农村生活污水的来源和污染物

农村生活污水是指农村居民生活过程中排放的污水。来源主要有生活洗涤污水、厨房污水、厕所污水及其他混合污水。不同类别生活污水的成分特征与污水的产生量有很大差异(表1)。

表1 生活污水中污染物来源^[4]

Table 1 Sources of pollutants in domestic sewage

污水来源 Sewage sources	污水量占比 Proportion of sewage quantity//%	化学需氧量(COD) Chemical oxygen demand//kg/(人·a)	生化需氧量(BOD) Biochemical oxygen demand//kg/(人·a)	磷 Phosphorus kg/(人·a)	氮 Nitrogen kg/(人·a)
厕所 Toilet	26	27.50	9.10	0.70	4.40
生活洗涤 Wash	46	3.70	1.80	0.10	0.40
厨房 Kitchen	16	16.00	11.00	0.07	0.30
其他 Other	12	—	—	—	—
总计 Total	100	47.20	21.90	0.87	5.10

1.1 洗涤污水 生活洗涤污水主要由洗衣、洗漱、洗澡等产生的污水组成。该类生活污水的特点是排放量大。由于长期使用洗涤用品使污水中含有大量化学成分。据调查,农村有90%以上的家庭一直使用洗衣粉。洗衣粉加重了磷的负荷,而磷是导致农村水体富营养化的主要污染物之一。

1.2 厨房污水 刘晓慧^[4]研究表明,厨房污水由洗碗水、涮锅水、淘米水、洗菜水等组成,其污水产生量约占生活污水总

量的20%^[4]。由表1可知,厨房污水是生活污水中BOD的主要来源。由于农村生活水平不断提高,居民肉类食品和油类使用也相应增加。这导致生活污水的成分复杂,正朝着不利于水净化处理的方向发展。

1.3 厕所污水 厕所污水又称“黑水”,由表1可知,每人每年COD、磷、氮的排放量均高于其他污水污染物的排放量。农村生活污水与城市生活污水不同,很少有工业废水汇入。在经济较为发达的农村,居民大多使用抽水马桶,产生了大量的冲厕污水。因此,厕所污水是经济较发达农村生活污水中污染物最主要的来源。

作者简介 刘雪美(1990—),女,安徽灵璧人,硕士研究生,研究方向:水利工程。

收稿日期 2017-03-15

2 农村生活污水的特征

2.1 水质特点 农村生活污水有 2 个特点:①水质不稳定,不同时段的水质不同。一般不含重金属等有毒有害物质,但含有病原菌和洗涤剂。②污水中有机物和氮、磷等营养物质含量高,可生化性好。有资料显示,安吉县农村生活污水中总磷浓度(TP)为 2.5~5.0 mg/L,5 d 生化需氧量(BOD₅)为 120.0~200.0 mg/L, COD 为 250.0~400.0 mg/L,氨氮(NH₃-N)为 40.0~60.0 mg/L^[5]。

2.2 水量特征 农村居民生活污水水量受经济水平、生活习惯和季节等因素的影响而不同。经济水平较低的农村地区,居民多使用旱厕,卫生器具较少,污水排放量相对较小。经济水平较高的农村地区,居民大多用冲水厕所,产生了大量冲厕污水,生活污水排放量比经济水平低的农村相对较多。农村生活污水量日变化系数大(一般为 3.0~5.0),水量变化明显,早晨、中午、晚上是一天中 3 个污水排放量高峰期,其他时间的污水排放量很小,而夜间甚至可能断流。农村生活污水量随季节的变化而产生差异。夏季农村生活污水排放量较大,冬季污水排放量较小。

2.3 排放特征 农村生活污水的排放与城市生活污水的排放不同,农村大部分地区缺乏完善的排污管网系统,农村污水一般直接向地面喷洒或者通过房前屋后的小沟或小渠排放到附近的水体。农村生活污水排放不规律,一般呈粗放型排放,主要特征是间歇排放,瞬时变化较大。由于农村居民的生活规律相近,排放量的峰值一般出现在早晨、中午和晚上 3 个时段。早晨是居民洗漱、做早餐和使用厕所较集中的时间,这个时段产生的污水主要是厨余废水、洗漱废水和冲厕污水;中午前后的污水量高峰主要来源于厨余污水和洗衣废水;而晚上主要是厨余污水和洗浴污水排放^[4]。

3 农村生活污水的收集和处理

3.1 收集方法 我国大多数农村地区普遍面临的问题是生活污水收集率低。治理农村水污染的关键环节是解决生活

污水的收集问题。受农村人口密度低、居住较为分散等因素的影响,不宜采用城市污水集中收集处理模式,须结合农村实际情况,采用适合农村特点的收集方式。目前我国农村污水收集方式主要分为 3 类:接入市政管网模式、集中联片收集模式、单独分散收集模式^[6]。不同收集方式的适用条件和概况见表 2。

表 2 农村污水收集方式的适用条件和概况

Table 2 Application conditions and general situations of rural sewage collection

方式 Methods	概况 General situations	适用条件 Applicable conditions
接入市政管网模式 Access to municipal pipe network model	将生活污水集中收集后送到最近的城镇污水处理厂进行处理	靠近城镇或靠近城镇污水管网的农村
集中联片收集模式 Centralized collection mode	单村或者集中联片的几个村庄集中收集污水后,规划建设污水处理设施	人口密度大,居住较为集中,地势平缓
单独分散收集模式 Separate dispersal mode	根据地形特点分区收集污水,每个区域收集后的污水单独处理	居住较分散,人口规模小,地形条件比较复杂

3.2 处理工艺 目前,我国污水处理技术从工艺原理上基本可分为生物处理系统和生态处理系统两类。生物处理系统是指通过微生物在厌氧和好氧条件下去除污染物质的系统。该处理系统包括厌氧和好氧生物处理。生态处理系统是利用土壤-植物(动物)-微生物复合生态系统,通过物理、化学、生物作用对污水中的资源加以利用,对污水中的污染物进行降解和净化的工艺^[7]。常用的有人工湿地处理系统、土地渗滤处理系统、塘处理系统等。根据农村地区特点,较为成熟的农村污水处理技术主要有人工湿地处理系统、稳定塘处理系统、土地渗滤处理系统、好氧生物处理系统(表 3)。

表 3 农村生活污水处理工艺比较

Table 3 Comparison of rural domestic sewage treatment process

工艺名称 Process name	处理效果 Treatment effect	建设费用 Construction cost 元/(m ³ ·d)	运行费用 Operation cost 元/m ³	主要优点 Main advantages	适用范围 Application scope
人工湿地处理系统 Constructed wetland treatment system	COD 去除率 80%, BOD 去除率 80%~90%, NH ₃ -N 去除率 50%, TP 去除率 85%	600~800	0.15	土地处理系统维护简单,技术含量低,工程基建投资少,运行费用低,能耐受冲击负荷,净化出水水质良好、稳定	农村污水集中或分散处理
稳定塘处理系统 Stabilization pond treatment system	COD 去除率 75%, BOD 去除率 65%, NH ₃ -N 去除率 90%, TP 去除率 90%	800~1 300	0.10	无需污泥处理,投资少、运行成本低,可在稳定塘放养水生动植物来实现资源利用	有水塘可利用的场合
土地渗滤处理系统 Land infiltration treatment system	COD 去除率 80%, BOD 去除率 80%, NH ₃ -N 去除率 90%, TP 去除率 90%	600~1 300	0.20	系统位于地下,无臭味,无噪音,不影响地表景观;受到气候条件影响较小,脱氮除磷效果好,抗冲击负荷强	可适用污水集中或分散处理
好氧生物处理系统 Aerobic biological treatment system	COD 去除率 85%, BOD 去除率 80%, NH ₃ -N 和 TP 去除率 90%	600~800	0.40	建设费用少,运行成本低,脱氮除磷效果好,占地面积小	居民相对集中的区域宾馆、学校、景点、集镇等

(1)人工湿地处理系统主要利用微生物附着在湿地植物根系周围和基质表面,形成了生物膜。当污水进入湿地后,湿地的微生物、基质物质对磷、氮等污染物进行吸收、拦截、代谢、分解来实现对污水的净化。另外,湿地种植的水生植物通过吸收同化作用,能直接从污水中吸收可利用的营养物质,如水体中的氮、磷等。水中的铵盐、硝酸盐及磷酸盐等污染物都能通过这种作用被植物体吸收,最后通过被收割而离开水体。人工湿地几乎不需要添加化石燃料和化学药品,因此常常被称为“天然污水处理器”。

(2)稳定塘处理系统是一种利用天然净化能力的生物处理构筑物的总称。其净化机理主要是污水进入塘中,利用塘中形成的藻菌共生生物体,发生光合作用、硝化反应、分解反应等,从而将污染物有效降解和去除,使水质得到净化。按照塘内微生物的类型和供氧方式可划分为好氧塘、兼性塘、厌氧塘、曝气塘。

(3)土地渗滤处理系统是一个“活的过滤器”,它由预处理、储存、布水、集水、植物和监测等组成一个系统。其原理是利用植物-土壤-微生物复合生态系统,通过化学、物理、生物作用,使可降解的有机污染物得以净化,而将氮、磷等营养物质和水作为资源再次利用,从而实现污水处理的无害化与资源化^[8]。这项技术被广泛应用于农村生活污水的处理。

(4)好氧生物处理系统是通过风机等设备给污水输氧,培养微生物和菌种,利用微生物和菌种将污水中的无机物分解成无污染的二氧化碳和水等物质,并以剩余污泥形式排放出去,从而实现对污水的处理。

以上几种生物处理工艺在适用范围、处理效果、技术优点等各有不同(表3)。农村地区生活污水处理没有既定模式,不能简单盲目地采取1种或者几种处理工艺。要综合考虑农村地区的污水排放规律、经济水平、发展规划等因素,因地制宜地采用不同污水处理方法。

4 农村生活污水处理的建议

4.1 健全环境保护法律法规 目前,我国法律体系中缺少针对农村环境保护的相关法律法规,现有的《环境保护法》主要是在工业和城市污染的基础上建立的,对于农村而言,适用

性不强。即使《环境保护法》对农业环境保护偶有涉及,也只是原则性的规定,并未将村民居住环境、环境保护和自然资源的可持续利用等统一起来。农村生活污水污染和农村环境基础设施等方面缺乏相关法律法规的支持。因此,可根据可持续发展原则,结合农村环保本身所具有的特点,确立一个独立、完善的农村环保法律体系,以此来保护农村环境^[9]。

4.2 提高认识和加强领导 新农村建设过程中,部分乡镇和村领导对农村生活污水处理现状不够重视,只注重经济发展;大部分村民环境保护意识薄弱,普遍对污水处理是否取得效果持怀疑态度^[10]。针对这些情况,一方面,调动乡镇和村领导的积极性和主动性,把环保工作作为政绩考核的一个重要因素;另一方面,让村民充分认识到生活污水处理的重要性和紧迫性;此外,还要大力做好村民的宣传工作。

4.3 加大资金投入比重 据调查,农村生活污水处理设施的建设、运行费用均较高,农户无力承担这些资金。因此,政府部门需要对农村污水处理加大投资力度,通过个人、企业、社会团体、集体经济等筹集生活污水处理设施的建设与运行费用;进一步明确政府投资主体,设立专项资金,形成多元投入,为农村生活污水处理工程顺利运行提供充足的资金保障。

参考文献

- [1] 潘碌亭,吴坤,杨学军,等.我国农村污水现状及处理方法探析[J].现代农业科技,2015(5):223-225.
- [2] 陈子爱,贺莉,潘科.农村生活污水处理现状与分析[J].中国沼气,2015,33(6):68-71.
- [3] 周正伟,吴军,夏金雨,等.我国南方农村生活污水处理技术的研发现状[J].山东建筑大学学报,2009,24(3):261-266.
- [4] 刘晓慧.我国农村生活污水排放现状初析[J].安徽农业科学,2015,43(23):234-235,238.
- [5] 陈娜.农村生活污水处理现状及技术选择:以安吉县为例[D].杭州:浙江工业大学,2015.
- [6] 王保学.我国农村生活污水处理技术分析[J].水电与新能源,2015(3):67-69.
- [7] 马琳,贺锋.我国农村生活污水组合处理技术研究进展[J].水处理技术,2014,40(10):1-5.
- [8] 卢璟莉,肖运来.我国农村生活污水处理及利用分析[J].湖北农业科学,2009,48(9):2289-2291.
- [9] 刘冬梅,雷玲.新农村建设中环境保护法制建设的思考[J].安徽农业科学,2007,35(6):1815-1816.
- [10] 陶成波,袁国文,严学鹏.宁波市农村生活污水治理情况的调查研究[J].经济丛刊,2008(3):13-16.
- [11] 张峻,柯映林.序列响应面方法在覆盖件成形过程优化中的应用研究[J].汽车工程,2005,27(2):246-250.
- [12] 杨文雄,高彦祥.响应面法及其在食品工业中的应用[J].中国食品添加剂,2005(2):68-71.
- [13] COBAS M, SANROMÁN M A, PAZOS M. 运用环保吸附剂墨角藻和响应面法去除 Cr(VI) 和皮革染料(续)[J]. 中国皮革,2014,43(19):34-38.
- [14] 袁菊红,胡锦好.响应面法优化烧烤竹炭对水中磷的吸附条件[J].化工环保,2015,35(2):116-120.
- [15] 梁静波,杨伟,宋震宇,等.响应面法优化固态发酵餐厨垃圾与醋糟生产蛋白饲料[J].中国酿造,2014,33(12):98-101.
- [16] 徐秀泉,孙雪琴,邱晶波,等.响应面分析法优化生姜挥发油提取工艺[J].应用化工,2011,40(6):1035-1038.

(上接第50页)

- [5] 徐秀明.混凝水质及条件对聚合氯化铝中 Al₆ 组分的混凝行为的影响[D].济南:山东大学,2009.
- [6] 陈明,叶伟强,陈贻球.烧杯混凝试验条件的探讨[J].城镇供水,2009(4):23-25.
- [7] 孔昊楠,陆国红,秦承华,等.混凝法处理实验室废水的研究[J].环境卫生工程,2007,15(6):25-27.
- [8] 程雅雯,詹咏,杨亚科,等.絮凝池流场量测技术的研究[J].光学仪器,2015,37(6):479-483.
- [9] 孟伟,王永强,赵东风.纳米级聚合氯化铝处理石化废水絮凝效果研究[J].四川环境,2009,28(2):23-26.
- [10] 李莉,张赛,何强,等.响应面法在试验设计与优化中的应用[J].实验室研究与探索,2015,34(8):41-45.