

重点流域农村生活源产排污系数监测方法研究与实践

张玉华, 刘东生, 徐 哲, 高新星, 万小春

(农业部规划设计研究院能源与环保研究所, 北京 100125)

摘 要:为完成第一次全国污染源普查——重点流域农村生活污染源普查工作,开展了太湖、巢湖、滇池和三峡库区 4 个重点流域农村生活污染源产排污系数测算监测方法研究工作。研究结果为:在农业污染源普查实施方案框架下,明确了农村生活源产排污系数相关定义;确定了农村生活污染源产排污系数测算监测方法、技术路线与监测内容;提出了包括以县为基本单元,按照经济发展水平、农业生产结构、自然条件、生活习惯等影响因素划分类似区域,并将农户根据收入高低及有无下水道分为 6 种类型,重点农户每月取样,一般农户每季度取样,每次连续取样 3 d 等内容的监测方法。该监测方法分区域对不同农户采用实地、定点、连续监测,解决了当前产排污系数不准确的问题,为完成重点流域农村生活源产排污系数测算提供了科学依据。

关键词:重点流域;农村生活污染;产排污系数;监测方法

中图分类号:X832 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2010)04-0785-05

Monitoring Method of Generation and Emission Coefficients of Rural Domestic Waste in Key Basins

ZHANG Yu-hua, LIU Dong-sheng, XU Zhe, GAO Xin-xing, WAN Xiao-chun

(Institute of Energy and Environmental Protection, Chinese Academy of Agriculture Engineering, Beijing 100125, China)

Abstract: For the completion of the First National Pollution Census, the measurement of generation and emission coefficients of rural domestic waste was carried out in 4 key basins including Taihu, Chaohu, Dianchi and Three Gorges Reservoir areas. Based on the census frame of “pollution from agriculture”, relevant coefficients of domestic waste generation and emission in rural areas were clarified. Method, technique routine and contents for monitoring, sampling and detection were identified. Similar areas based on county were put forward according to economic level, agricultural structure, natural conditions, local customs and other factors. All households were divided into 6 categories based on income level and with or without waste water pipe net work and were monitored lasting for three days each sampling by the means of the monthly sampling for key households, seasonal sampling for general households. The on-site and continuous monitoring method for different regional households in fixed field improves the estimation accuracy of coefficients of the domestic waste generation and emission in rural areas, and provides some scientific suggestions for the completion of estimation.

Keywords: key basins; rural domestic pollution; generation and emission coefficients; monitoring method

农村生活污染是指在村镇居民日常生活或为日常生活提供服务的活动中产生的生活污水、生活垃圾、人畜粪便和农田废弃物等污染,是非点源污染的一种类型^[1]。我国农村地区的环境保护在当前还是一个薄弱环节,农村地区的非点源污染控制问题尤其突出。与点源污染相比,非点源污染的时空范围更广,不确定性更大,成分、过程更复杂,因而加深了相应的研究、治理和管理政策制定的难度^[2]。建设部 2005 年《村

庄人居环境现状与问题》报告显示,96%的村庄没有排水渠道和污水处理系统,生活污水随意排放^[3]。近年来,我国在保护和改善环境方面做了巨大的努力,并取得了显著的成效,但目前环保的重点尚在城市与城市环境密切的郊区,而广大农村地区的环保却未受到足够的重视^[4]。随着点源污染问题得到有效的管理和控制,非点源污染问题已逐渐受到关心和重视^[5]。

为摸清全国污染源底数,全面了解环境污染的国情,2007 年国务院在全国范围内开展了第一次全国污染源普查工作,重点流域农村生活污染源被纳入农业面污染源普查范围。产排污系数测算是顺利完成污染源普查的基础性工作。2007 年,农业部规划设计研究院作为牵头单位承担并完成了重点流域农村生

收稿日期:2009-09-17

基金项目:全国第一次污染源普查项目(2007.8.—2008.12.)重点流域农村生活源产排污系数测算

作者简介:张玉华(1963—),女,湖北宜昌人,研究员,主要从事农业生态环境保护方面的研究。E-mail:zhangyuhua@vip.sina.com

活污染源产排污系数测算工作,为农业污染源普查工作奠定了良好基础。

对于我国农村生活污水和生活垃圾的产生和排放情况,目前多采用调查和估算的方法,或者是选择几个村少量农户进行取样监测,而系统地制订监测方案并开展大范围、连续性的定点监测,本项目尚属首次。国内村镇生活污染特征研究主要集中在太湖流域、三峡库区和滇池流域,研究内容主要在村镇环境污染的调查以及污染负荷计算两个方面^[6]。徐洪斌、吕锡武等^[7]2007年在太湖大浦镇4个村选择4个农户开展调查,连续4d监测其不同时段的用水量、生活污水排放量及各种污染物指标。陈能汪等^[8]选择九龙江流域龙海市东园镇南边村,在村庄集中排水口分2d每隔1~2h采样1次,同时测定污水流量,水样在24h内送往实验室分析,分析污水的总氮、氨氮、硝氮、总磷、活性磷等污染物指标。郑玉涛等^[9]以密云水库上游地区朱家湾、水堡子以及葡萄园3个村为研究对象,采用入户调查与实验监测相结合的方法,对生活垃圾的全氮和全磷,生活污水的化学需氧量、总氮、总磷、硝态氮、亚硝态氮以及氨态氮6个指标,分别在春季、夏季、秋季、冬季4个季节各进行连续3d的污水取样,分析研究了污水特征及影响因素。王凯军等^[10]采用抽样调查的方式对部分省市的村庄和集镇农村地区环境污染进行调查,调查方式为填写调查表及问询调查样本数共99份,调研内容包括卫生、垃圾、给排水和能源设施的基本情况。谢中伟、袁国林等^[11]以昆明、大理和禄劝为例,报道了城市居民小区排污系数估算,通过实地踏勘,选取若干有代表性的居民小区作为试点,分不同时段监测小区内的用水量,并采集排放的废水样品,分析污染指标的浓度,探讨排污系数的估算方法,并利用该方法对3个城市居民小区的排污系数进行了估算。

而国外研究中,少有关于农村生活污染源产排污系数监测方法的研究报道,仅有关于乡村生活垃圾和污水产生量和氮、COD等变化的分析,以及垃圾和污水排放测定模型的报道^[12-13]。

综上所述,开展重点流域农村生活源产排污系数监测方法研究,制定科学合理的监测方案,对提高第一次全国污染源普查数据的科学性和准确性十分必要。

1 产排污系数测算进展

2007年3月,农业部规划设计研究院受农业部科教司委托,着手编制重点流域农村生活源产排污系

数测算项目实施方案和监测技术规程。经过近半年的案头研究、技术调研与研讨,2007年9月重点流域农村生活源产排污系数测算项目实施方案和监测技术规程基本编制完成,并在第一次全国污染源普查工作办公室农业组的组织下召开了农业、环保两部门有关专家参加的专家咨询与论证会,根据专家意见修改后,方案和技术规程获得通过。2008年全年,在太湖、巢湖、滇池和三峡库区4大重点流域完成了监测点布点、建设和取样工作。为提高监测工作效率,保证监测数据的真实性和有效性,农业部规划设计研究院建立了网上填报系统,各流域监测数据实现了适时网上填报。在整理分析网上填报数据的基础上,农业部规划设计研究院查阅了大量国内外相关研究资料,在与项目协作单位及相关专业研究单位讨论研究与技术咨询后,确定了产排污系数测算方法并完成分析测算工作,按照农户的收入水平(高、中、低)、有无上下水设施以及有无污水处理设施共9种农户类型提交了4大流域生活污水和生活垃圾的产污系数和排污系数,圆满完成任务。

2 定义

2.1 生活污水

指生活在农村的居民在日常生活中产生的污水,包括厨房、厕所、洗澡、洗衣等产生的污水。其污染物监测指标包括产生量、化学需氧量、氨氮、总氮、总磷。

2.2 生活垃圾

指在农村日常生活过程中产生的固体废弃物,分为有机垃圾、可回收垃圾、有害垃圾和其他垃圾。这里定义的有机垃圾主要指剩菜、剩饭等食品类废物和动植物纤维类,适于生化处理或堆肥;可回收垃圾指宜于资源化利用的垃圾,包括纸类、塑料、橡胶、玻璃、金属和织物等;有害垃圾包括废电池、废日光灯管、废水银温度计、过期药品等;其他垃圾包括除上述几类垃圾之外的砖瓦陶瓷、渣土、砖石等难以回收的废弃物。其污染物指标包括产生量、有机垃圾中总氮、总磷含量。

2.3 污水污染物产生系数

指农村居民每人每日产生的生活污水中的污染物质。

2.4 污水污染物排放系数

指农村居民每人每日排放到环境中的生活污水污染物质。其中,生活污水进入沼气池和直接利用(如喂养畜禽、浇园)的部分不计入排放系数。

2.5 垃圾污染物产生系数

指农村居民每人每日产生的生活垃圾中的污染物质。

2.6 垃圾污染物排放系数

指农村居民每人每日排放到环境中的生活垃圾污染物质。其中,有机垃圾进入沼气池和直接利用(如喂养畜禽、堆肥)的部分、可回收垃圾被回收利用的部分以及集中清运处理的部分不计入排放系数。

3 研究方法、技术路线与研究内容

3.1 研究方法与技术路线

3.1.1 研究方法

定位监测农村生活污水和垃圾的产生量及其特征污染物种类、浓度等参数,是测算农村生活污染源产排污系数的基础,而研究确定科学合理的产排污系数监测方法是准确测算产排污系数的首要任务。为确保监测方案的科学性和可操作性,我们采取如下研究方法:

资料收集与文献查阅:广泛查阅国内外学术期刊、学位论文、学术会议、专利等相关研究文献,以借鉴已有研究成果。

技术咨询:与专业研究基础深厚的科研院所研究人员和学者以及实地监测经验丰富的农业环保技术人员开展深入的技术咨询与交流,根据已有农村生活污染监测方法确定监测方案初稿。

专家论证:在方案初稿完成后,邀请政府管理部门、中科院、农科院、环科院、各省农业环保站等部门的专家进行论证,并根据专家意见对监测方案进行修改完善。

3.1.2 技术路线

技术路线见图1。

3.2 研究内容

3.2.1 确定农村生活污染物监测指标

根据生活污水与垃圾中污染物的种类,并考虑今后污染物数据的进一步利用,确定农村生活污水的监测指标为:pH值、污水产生量、化学需氧量、氨氮、总氮、总磷6项。农村生活垃圾监测指标为:产生量、垃圾组成、容重、含水率、有机垃圾中总氮、总磷6项。

3.2.2 类似区域与农户类型划分

已有研究表明,农村生活污染与农村经济发展水平、农业生产机构、自然条件、给排水设施完善情况密切相关。如李仰斌等^[9]研究了中国农村生活排水现状,分析表明经济水平高的农户用水量大于经济水平低

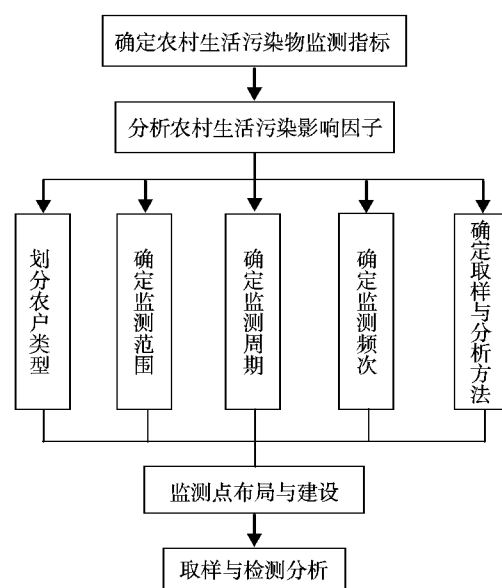


图1 农村生活污染源监测方法研究路线图

Figure 1 Researching flow chart of investigation of domestic pollution in rural area

的农户;郑玉涛等^[9]研究了密云水库水源保护区村镇生活污染特征,认为村镇垃圾产生就不同家庭而言,生活垃圾产量与家庭收入有很大的相关性。刘永德等^[15]从经济条件、务农户比例以及畜牧养殖类型几个方面入手,对太湖流域农村生活垃圾产生特征影响因素进行了研究,表明这些影响因素与垃圾产生量呈正相关。因此,本项目在各流域以县为基本单元,按照经济发展水平、农业生产结构、自然条件、生活习惯等影响因素划分类似区域,以提高监测样本的典型性和广泛性;同时每个流域按照农户的收入水平(高、中、低)、有无上下水设施将监测农户划分为6种类型。

3.2.3 确定监测范围

首先确定监测区域范围。按照第一次全国污染源普查实施方案,本次农村生活源污染普查范围是太湖、巢湖、滇池流域和三峡库区。其次,确定监测农户范围。对生活污水利用氧化塘、人工湿地、污水净化池等污水处理方式集中处理的(联户超过5户以上的),以及生活垃圾全部集中进入县、市、区垃圾填埋场的自然村,不纳入监测范围,列入调查范围。对有户用沼气池、卫生旱厕等人粪尿处理设施的农户,仍对其未处理的生活垃圾和生活污水进行监测。

3.2.4 确定监测周期、频次与采样量

所有定位监测点的监测周期为1年。监测时段从2007年12月到2008年12月。

一般监测点 1 年采样 4 次,分别在春、夏、秋、冬 4 个季节进行采样,重点监测点每月采样 1 次,每次连续收集 3 d 的生活污水、生活垃圾并计量、检测。

3.2.5 监测点布局与规模

各流域分类区域按照 6 类农户共设置农村生活源监测点 450 个,其中一般监测点 360 个,重点监测点 90 个。监测点分布见表 1。

表 1 重点流域监测点分布表								
Table 1 Distribution of samples household in key water areas								
监测点 类型	流域	合 计	监测布点类型及数量					
			高		中		低	
			有	无	有	无	有	无
一般监 测点	太湖	108	22	8	40	18	12	8
	巢湖	84	15	15	18	20	8	8
	滇池	72	12	6	18	18	6	12
	三峡	96	16	16	16	16	16	16
	小计	360	65	45	92	72	42	44
重点监 测点	太湖	22	3	3	5	5	3	3
	巢湖	8	1	1	2	2	1	1
	滇池	6	1	1	1	1	1	1
	三峡	6	1	1	1	1	1	1
	小计	42	6	6	9	9	6	6

注:“高、中、低”指农民年纯收入水平,由流域各省、市经测算后划定统一标准;“有、无”指农户家有无下水设施或污水集中收集设施。

3.2.6 监测点建设

监测点的重点建设内容是污水收集池。有下水农户在污水排放途中或出口处建设污水收集池收集生活污水,无下水农户在农户庭院内建设污水收集池收集生活污水,辅助建设一定的污水收集管道和设施,保证能把全部生活污水收集起来。

污水收集池容积按连续收集 3 d 的污水设计,一般建在地表以下,池深为 900 mm 左右,长、宽为 900 mm 左右;如果为圆柱形,半径为 450 mm 左右,高 1 m 左右为宜。其结构一般为混凝土或砖混结构,池底和池壁必须做好防渗处理,做到不漏水、不渗水,池顶应有池盖,防止雨水进入。

生活垃圾收集装置为垃圾桶。每个监测点农户发放 4 个不同颜色的塑料垃圾收集桶,分别收集可回收垃圾、厨余垃圾、有害垃圾和其他垃圾,垃圾收集桶的容积不小于 0.02 m³,垃圾收集桶上口稍大,并带有桶盖,防止雨水进入。

4 结论及讨论

本项目历经一年半的时间,在环保部南京环境科

学研究所、重庆大学城市规划与环境工程学院、安徽农业大学资环学院以及江苏、浙江、安徽、云南、湖北、重庆、上海等省、市农业环境保护监测站等单位共同参与下,首次在全国较大范围内完成了农村生活源产排污系数测算项目工作。经过实践检验,本监测方法总体上比较科学合理。2009 年 2 月,重点流域农村生活排污系数通过了农业部组织的专家论证。

4.1 重点监测点与一般监测点问题

由于农村地区地域广阔,农户居住分散,尤其是山区,监测取样十分困难,在时间和经费有限的情况下,保证监测样本的典型性和代表性十分重要。本方案分类选择有代表性的行政村、典型农户,分重点和一般监测点进行布点,重点监测点每月取样 1 次,目的在于寻找时间上的规律,并对一般点监测数据进行校验;而一般监测点每季度取样 1 次,由于布点广,满足样本空间上分布的需要,在监测点数量一定的情况下,此种方法有助于提高产排污系数的准确性和科学性。

4.2 关键影响因子问题

通常,经济发展水平和有无上下水设施对农村生活污染物的产排量影响显著。但本次监测发现,在个别流域同一监测区农户的实际生活污水产排量与其收入水平并无显著相关性,不同监测区农户生活污水产排量显著不同,说明地域其实是其显著影响因子;另外,厕所类型(旱厕、水冲式厕所)对生活污水污染物的产生影响也较显著。因此,农户类型的划分还应考虑地域和厕所类型等影响因素。

4.3 产排污系数界限划定问题

农村生活污染物从产生到进入水体要经过复杂的植物吸收、生物净化、土壤吸附等自然净化过程,需要经过长期定位监测研究,由于时间短、经费有限,本次产排污系数监测只是以农户庭院为界限,污染物出户即认为排到环境中,没有对污染物的入河系数进行监测,因而难以对污染物进入次级河流和水库的数量进行精确的量化,有待于今后进一步研究。

参考文献:

[1] 王洪涛,陆文静.农村固体废物处理处置与资源化技术[M].北京:中国环境科学出版社,2006.
WANG Hong-tao, LU Wen-jing. Technology of solid waste reutilization treatment[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2006.
[2] 付永锋,陈文辉,赵基花.非点源污染的研究进展与前景展望[J].山西水利科技,2003(3):32-35.
FU Yong-feng, CHEN Wen-hui, ZHAO Ji-hua. Progress and prospect of to non-point pollution research[J]. Shanxi Hydrotechnics, 2003(3): 32-35.

- [3] 李仰斌, 张国华, 谢崇宝. 我国农村生活排水现状及处理对策建议[J]. 中国水利, 2008(3): 51-53.
LI Yang-bin, ZHANG Guo-hua, XIE Chong-bao. Current situation of sewage in rural areas in China and solutions[J]. *China Water Resources*, 2008(3): 51-53.
- [4] 杨荣金, 李铁松. 中国农村生活垃圾管理模式探讨[J]. 环境科学与管理, 2006, 31(7): 82-86.
YANG Rong-jin, LI Tie-song. Exploration on the management of rural refuse in China—separate the rural refuse by three steps for more effective treatment[J]. *Environmental Science and Management*, 2006, 31(7): 82-86.
- [5] 高良敏, 陆根法, 刘丽莉, 等. 大浦镇农村生活污染公众调查研究[J]. 环境污染与防治, 2005, 27(8): 575-577.
GAO Liang-min, LU Gen-fa, LIU Li-li, et al. Public investigation on rural pollution resulted from toilets in Dapu Town around the Taihu Lake[J]. *Environmental Pollution and Control*, 2005, 27(8): 575-577.
- [6] 许显萍. 浅谈农村环境污染现状与防治对策[J]. 青海环境, 2005, 15(3): 117-119.
XU Xian-ping. Environmental pollution status and its control counter-measures in rural areas[J]. *Journal of Qinghai Environment*, 2005, 15(3): 117-119.
- [7] 徐宏斌, 吕锡武, 李先宁, 等. 农村生活污水(太湖流域)水质水量调查研究[J]. 河南科学, 2008, 26(7): 854-857.
XU Hong-bin, LV Xi-wu, LI Xian-ning, et al. Investigation on village sewage pollution in the zone of Tai Lake[J]. *Henan Sciences*, 2008, 26(7): 854-857.
- [8] 陈能汪, 张珞平, 洪华生, 等. 九龙江流域农村生活污水污染定量研究[J]. 厦门大学学报, 2004, 43: 249-253.
CHEN Neng-wang, ZHANG Luo-ping, HONG Hua-sheng, et al. Estimates of household wastewater loads from Jiulong River watershed[J]. *Journal of Xiamen University(Natural Science)*, 2004, 43: 249-253.
- [9] 郑玉涛. 水源保护区村镇生活污染特征与治理措施研究——以密云水库上游流域为例[D]. 北京: 首都师范大学, 2008.
ZHENG Yu-tao. Rural domestic pollution characteristics and treatment method in water source protection areas—to Miyun Reservoir as an example[D]. Beijing: Capital Normal University, 2008.
- [10] 王焕升, 王凯军, 崔志峰, 等. 中国农村地区生活污染调查及控制模式探讨[J]. 中国给排水, 2008, 24(20): 20-23.
WANG Huan-sheng, WANG Kai-jun, CUI Zhi-feng, et al. Investigation of domestic pollution in rural areas in China and discussion on its control mode[J]. *China Water and Wastewater*, 2008, 24(20): 20-23.
- [11] 谢中伟, 袁国林, 赵磊, 等. 城市居民小区排污系数估算——以昆明、大理和禄劝为例[J]. 云南地理环境研究, 2008, 20(2): 119-123.
XIE Zhong-wei, YUAN Guo-lin, ZHAO Lei, et al. A tentative approach to pollutant discharge coefficient of urban residential quarters—in the cities of Kunming, Dali and Luquan[J]. *Yunnan Geographic Environment Research*, 2008, 20(2): 119-123.
- [12] Barton P K, Atwater J W. Nitrous oxide emissions and the anthropogenic nitrogen in wastewater and solid waste[J]. *Journal of Environmental Engineering*, 2002, 128(2): 137-150.
- [13] Stibinger J. Approximation of landfill drainage discharge by De Zeeuw-Hellinga model, and its verification on sanitary landfill of solid domestic waste[J]. *Plant, Soil and Environment*, 2005, 51(8): 335-342.
- [14] 刘永德, 何品晶, 邵立明, 等. 太湖流域农村生活垃圾产生特征及其影响因素[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(3): 533-537.
LIU Yong-de, HE Pin-jing, SHAO Li-ming, et al. Production and feature of rural solid wastes in Tailake region of China[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2005, 24(3): 533-537.