

# 农村生活污水水量预测模型研究

范兴建<sup>1</sup>, 薛丹<sup>2</sup>, 杨文婷<sup>3</sup>

(1. 江苏润环环境科技有限公司, 江苏 南京 210009;  
2. 南京科泓环保技术有限责任公司, 江苏 南京 210019;  
3. 北京中环格亿技术咨询有限公司, 江苏 南京 210002)

[摘要] 以四川省 6 个典型农村点为例, 在调查分析的基础上, 探索出农村生活污水水量排放规律, 并在此基础上建立水量预测模型。模型既考虑了自然因素的影响, 也考虑了社会经济和不确定因素的影响, 经验证, 该模型具有一定的适用性, 可为环境管理部门和设计部门提供一定的理论依据。

[关键词] 农村生活污水; 水量; 人均污水排放量; 预测模型

[中图分类号] JX505 [文献标识码] JA

近年来, 随着我国农村地区经济水平和居民生活水平的飞速提升, 农村污水排放量不断加大, 目前正处于无序排放状态, 直排、乱排现象较为普遍, 对当地的环境质量和卫生状况造成一定的威胁。污水直接排放可能造成附近水体的富营养化; 未组织排放的生活污水会下渗到地下, 对以地下水作为饮用水源地区的饮水安全构成隐患, 影响农民生活质量的提高。

由于农村生活污水的排放大多呈粗放型, 因此我国农村污水防治形势较为严峻, 水量的预测比较困难, 大多数都是通过现场调查来获得污水排放量, 此法周期长且工作量投入较大。目前, 针对不同地区的农村开展了大量的污水水量和水质调查研究, 鲜有关于农村生活污水水量预测的报道, 论文旨在通过调查农村污水排放量, 分析影响污水排放量的相关因素, 建立农村生活污水水量预测模型, 以便为环境管理部门和设计部门提供一定的理论依据, 为新农村建设中污水处理设计提供借鉴。

## 1 研究方法

### 1.1 调查地点

选取四川省 6 个典型农村点作为调查研究对象, 编号依次为 ZJ、JS、MY、JF、LN 和 LC。

### 1.2 调查内容

在调查社会经济和自然环境状况的基础上, 对当地供水情况、生活污水排放方式等进行调查。每个调查的农村点, 连续采样三天, 分时段采, 对于联排口一般每隔 1~2 小时测量一次。对于独户水样, 则进行单独测量。

### 1.3 测量方法

常用流量测定方法有污水流量计法、容积法、流速仪法、量水槽法、量水槽法和溢流堰法。容积法简单易行, 测量精确度高, 适用于计量污水量较小的连续或间歇排放的污水, 适用于农村污水水量的测定。本次调查中主要采用容积法进行水量测量。

## 2 调查结果

### 2.1 排放方式

农村生活污水的排放与城市生活污水的排放不同, 农村一般很少有完善的污水管网系统, 居民基本上将生活污水通过房前屋后的小沟或小渠排放到附近的水体, 几乎未经处理直接排放, 呈原始粗放型排放。有时会直接将污水倾倒在地, 或者将部分可用的生活污水用来喂养家禽。

### 2.2 排放特征

通过调查发现, 农村生活污水水量呈现以下特征:

(1) 一般洗衣做饭时用水量大, 污水排放量也大。

(2) 总体而言, 农村生活污水水量较小, 变化幅度大。

(3) 水量一般每天都有三个高峰, 分别出现在早上 8 点左右, 中午 12 点左右, 晚上 6 点半左右。

(4) 呈不连续排放状态, 晚上 11 以后、早上 6 点以前, 污水排放量较少。

(5) 从调查分析数据看, 四川地区农村人均生活污水排放量在 68.9~115.2L/(cap·d)。

表 1 各农村人均污水排放量统计表 单位: L/(cap·d)

地点	污水排放量	地点	污水排放量
ZJ	115.2	JF	68.9
JS	109.7	LN	87.5
MY	89.3	LC	52.7

## 3 水量预测模型建立

通过实地调查和查阅资料, 影响农村生活污水排放的因素主要有: 人均污水排放量、人口数、人均收入、恩格尔系数、生活用水的背景值情况及供水量、地形条件、土壤条件、气候降雨条件、村落居住形式、污水组成及比例, 排放方式等。

人均污水排放量是决定农村生活污水总强度的指标之一, 其于当地的供水情况、居民节水意识、水资源贫乏程度以及经济条件等因素相关。本文旨在研究这些因素与人均污水排放量的关系, 并建立相应的数学模型, 以供污水处理设计和当地环保管理部门参考。

[收稿日期] 2015-12-28

[作者简介] 范兴建(1984—), 男, 工程师, 研究方向: 环境影响评价, 污染场地调查评估。

根据以上假设,建立的农村生活污水水量预测模型如下:

$$V = k \times P_i \times Q_l \times M_e \times V_0 / E \quad (1)$$

式中:

$V$ ——某地人均污水排放量,  $L/(cap \cdot d)$ ;

$P_i$ ——与当地供水情况相关的系数,包括免费和计量收费。 $i=1, 2$  ( $i=1$ , 免费;  $i=2$ , 计量收费),  $P_1 \geq P_2$ 。假设取  $P_1=1$ , 则  $0 < P_2 \leq 1$ 。 $P_2$  根据当地的水费情况取值,水费越高,相应  $P_2$  取值越小;

$Q_l$ ——与当地居民节水意识相关的系数,分为节水意识强和节水意识弱。 $l=1, 2$  ( $l=1$ , 节水意识强;  $l=2$ , 节水意识弱),  $Q_1 \leq Q_2$ 。该因素具有一定社会性,在此规定,  $0 < Q_1 \leq 1$ ,  $1 \leq Q_2 \leq 2$ 。

$M_e$ ——与当地水资源量相关的系数,分为水资源贫乏地区和水资源丰富地区。 $e=1, 2$  ( $e=1$ , 水资源贫乏;  $e=2$ , 水资源丰富),  $M_1 \leq M_2$ 。假设全国人均水资源占有量为  $S_0 m^3$ , 当地人均水资源占有量为  $S m^3$ , 则当地的  $M_e = 1 + \frac{S - S_0}{S_0}$ ;

$E$ ——恩格尔系数,表示当地生活水平的高低;

$V_0$ ——全国农村地区人均生活用水量,  $L/(cap \cdot d)$ ;

$k$ ——特征系数。

式(1)既考虑了自然因素的影响(如  $M_e$ 、 $P_i$ ),也考虑了社会经济的影响(如  $Q_l$ 、 $E$ ),同时也考虑其他不确定因素可能带来的影响(如  $k$ ),因此可用于预测广大农村地区的生活污水排放量。

## 4 模型验证

### 4.1 常系数求取

以 ZJ 村为例计算常系数:

(1) 根据《2014 年中国水资源公报》,全国农村居民人均生活用水量为每日 81L,故  $V_0 = 81L/(cap \cdot d)$ ;

(2) 对于该农村点,当地居民用水是免费的,故取  $P_1=1$ 。

(3) 该地区处于岷江源头,水资源较为丰富,当地人均水资源占有量  $S = 2600 m^3$ ,据资料显示,目前我国人均水资源占有量为  $S_0 = 2200 m^3$ ,故  $M_e = 1 + \frac{2600 - 2200}{2200} \approx 1.182$ ;

(4) 根据四川省统计局数据,当地恩格尔系数为 50.60%,故  $E = 50.60\%$ ;

(5) 通过实际调查发现,当地居民节水意识普遍较弱,时常不关水龙头,故取  $Q_2 = 1.8$ 。

根据实际调查和数据分析,皂角林组人均日排水量为 115.2L/(cap · d)。将以上数据代入式(1),有:

$$115.2 = k \times 1 \times 1.8 \times 1.182 \times 81 / 0.506$$

计算得,  $k \approx 0.338$ 。

代入式(1)得,

$$V = 0.338 \times P_i \times Q_l \times M_e \times V_0 / E \quad (2)$$

### 4.2 验证

为了验证模型的有效性,分别以四川省 JF 村和湖北省襄阳市尹集村为例对模型进行验证。

(1) 四川省 JF 村。当地居民的用水主要来源于地下水,需要自己打井和抽水,用于取水的费用相对较小,故取  $P_2 = 0.9$ 。该地水资源较为紧张,居民节水意识普遍较强,故取  $Q_l = 1.8$ 。该地处于四川东部盆地,人均水资源占有量较少,当地人均水资源占有量仅为  $S = 1400 m^3$ ,故  $M_e \approx 0.636$ ;根据四川省统计局数据,当地恩格尔系数为 41.56%,根据式(2)有:

$$V = 0.338 \times 0.9 \times 1.8 \times 0.636 \times 81 / 0.4156 \approx 67.9 L/(cap \cdot d)$$

根据实际调查和分析,当地人均生活污水排放量为 68.9 L/(cap · d),预测值的相对误差为:

$$\delta = \frac{V_{\text{预测}} - V_{\text{实测}}}{V_{\text{实测}}} \times 100\% = \frac{67.9 - 68.9}{68.9} \times 100\% \approx -1.45\%$$

(2) 湖北省襄阳市尹集村。为了验证模型的适用范围,选取调查区以外的农村进行验证,在此以湖北省襄阳市为例。

湖北省襄阳市尹集村的用水主要来源于自来水和自用井水,用水量约为 50~60L/(cap · d)。同时,由于该地水费在湖北省价格偏低,同时有自用井水,取水水费相对全省而言较低,取  $P_2 = 0.7$ 。当地居民节水意识较强,取  $Q_l = 1.5$ 。根据襄阳市统计局和水利局数据,2014 年全市常住人口 560.0 万人(指常住本市半年以上人口),全市水资源总量 50.0785 亿  $m^3$ ,折合成人均水资源占有量约为 894.3  $m^3$ ,当地水资源较丰富,取  $S = 1200 m^3$ ,则  $M_e = 0.745$ 。根据 2014 年襄阳市国民经济和社会发展统计公报,农村居民家庭恩格尔系数为 36.88%。根据《2014 年中国水资源公报》,全国农村居民人均生活用水量为每日 81L。

$$V = 0.338 \times 0.7 \times 1.2 \times 0.745 \times 81 / 0.3688 \approx 46.45 L/(cap \cdot d)$$

若取当地居民用水量为 55 L/(cap · d),排污系数按 0.85 取,则人均污水排放量为 46.75 L/(cap · d),预测值误差为

$$\delta = \frac{V_{\text{预测}} - V_{\text{实测}}}{V_{\text{实测}}} \times 100\% = \frac{46.45 - 46.75}{46.75} \times 100\% \approx 0.64\%$$

通过对模型的验证可以发现,模型在进行农村污水排放量预测时绝对误差小于 5%,具有一定的普遍性。

## 5 结论

(1) 通过调查和分析,摸清了农村污水排放方式和排放特征,大致查明了农村污水人均排放量。

(2) 通过对照模型各参数和实际调查发现:农村规模较大,人数较多时,影响人均污水排放量的主要因素是  $P_i$  和  $M_e$ ;农村规模较小,人数较少或者比较分散时,影响人均污水排放量的主要因素是  $Q_l$  和  $E$ 。

(3) 建立的污水预测模型既考虑了自然因素的影响,也考虑了社会经济和不确定因素的影响,在验证的基础上,该模型具有一定的适用性。但模型也具有一定的局限性,为了更好地使用该模型,可在某一区域内选取有代表性的农村进行调查,在此基础上求得适合当地特征的系数,进而可用模型来估算地区其他农村的污水排放量。

[参考文献]

- [1] 凌霄,杨细平,陈满,等.广东省农村生活污水治理现状调查[J].中国给水排水,2009,25(8):8-11.
- [2] 张鑫,付永胜,范兴建,等.农村生活污水排(下转 P20)

其中接种量为 5% 时对百菌清的降解率最高达 77.26%。但考虑到经济成本,选择最佳接种量为 3%。

2.2.4 TQ2-5 不同温度条件下对百菌清降解效果。将 TQ2-5 按 3% 接种量接入到浓度为 500mg/L, pH 为 7.0 的百菌清培养基中,同时设对照,在不同温度的摇床上培养 72h,观察微生物对百菌清的降解情况,结果见图 5。

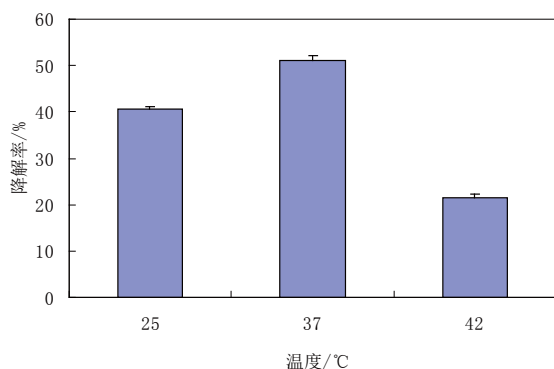


图 5 不同温度条件下 TQ2-5 对百菌清降解试验

从图 5 可以看出,当温度为 37 时,TQ2-5 对百菌清的降解率最高,因为温度过高或过低时会抑制微生物的生长,影响营养物质的吸收和代谢产物的分泌,其活性也受到影响,所以 TQ2-5 降解百菌清的最佳温度在 37 左右。

### 3 结论

本研究通过富集培养法,从山东寿光、泰安周边等长期施用百菌清的土壤中筛选分离出 9 株能以百菌清为唯一碳源生长的菌株,通过进一步的验证试验,发现 TQ2-5 降解百菌清的效果最好,通过该菌株 16SrDNA 同源性分析,推断该菌株为葡萄球菌属。该菌的最佳降解条件:在接种量为 3%,温度为 37 , pH 值为 7.0 的条件下,培养 72h 后对 500mg/L 的百菌清的降解

率为 76.54%。

#### [参考文献]

- [1] Arvanites AC, Boerth DW. Modeling of the mechanism of nucleophilic aromatic substitution of fungicide chlorothalonil by glutathione[J]. Journal of Molecular Modeling, 2001, 7 (7): 245-256.
- [2] 田云,姚财梁,肖慰祖等.有机氯农药的微生物降解研究进展[J].化学与生物工程,2014,31(11):18-21.
- [3] 李瑛,李雪德,花日茂等.百菌清的生态环境效应及降解转化研究进展[J].安徽农业科学,2005,33(4):703-704.
- [4] 吴鹏,秦智伟,周秀艳等.蔬菜农药残留研究进展[J].东北农业大学学报,2011,42(1):138-144.
- [5] 刘承兰,钟国华,胡美英等.同位素稀释气相色谱-质谱法测定茶叶中 5 种杀菌剂残留[J].分析实验室,2010,29(3):23-26.
- [6] 邓欢,王玉军.杀菌剂百菌清的研究进展[J].轻工科技,2012,(4),26-27.
- [7] 张满云,腾应,朱烨等.百菌清重复施用后在土壤中的残留及其对微生物群落的影响[J].土壤,2014,6(4):839-844.
- [8] 王光利,陈宏宏,毕萌等.假单胞菌菌株 CTN-3 对百菌清污染土壤的生物修复[J].应用生态学报,2012,23(3):807-811.
- [9] Wang GL, Li R, Li SP, et al. A novel hydrolytic dehalogenase for the chlorinated aromatic compound chlorothalonil[J]. Journal of Bacteriology, 2010, (192): 2737-2745.
- [10] 谷晓明,魏朝俊,贾临芳等.百菌清降解菌 BJQ2 的分离鉴定及影响因素研究[J].农业环境科学学报,2012,31(2):306-311.

(上接 P17)放规律及处理方法分析[J].广东农业科学,2008,(8):139-142.

- [3] 徐洪斌,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.
- [4] 金丹越,白献宇,金相灿.洱海流域农村生活污水调查与处理方案研究[J].中国农村小康科技,2007,(9):96-99.

- [5] 梁卓,何国富,刘伟等.城郊农村生活污水排放现状分析及对策研究[J].安徽农学通报,2009,,15(5):78-80.
- [6] 国家环境保护总局,水和废水监测分析方法》编委会.水和废水监测分析方法(第四版)[M].北京:中国环境科学出版社,2002.
- [7] 孙瑞敏.湖北省农村生活污水水量水质调查与分析[D].武汉:武汉理工大学,2010.

(上接 P22) [3] 刘晓玉.借鉴与探索:河南新型城镇化发展再思考[J].学习论坛,2015(04).

- [4] 张式恩.三化协调发展视角下的农地流转绩效评价—基于河南新乡的实证调查[J].农业经济,2015(06).
- [5] 武龙.中原经济区“三化”协调发展的产业出路研究[J].武汉金融,2015(07).

- [6] 魏媛.贵州省工业化、城镇化与农村经济协调发展研究[J].湖北农业科学,2014(04).
- [7] 刘战伟.工业化、城镇化与农业现代化互动关系的实证研究—以河南省为例[J].农业考古,2014(03).
- [8] 王朝阳.基于 SWOT 分析的新型城镇化路径选择—以河南省为例[J].人民论坛,2014(23).