

辽宁东部山区农村生活源水污染物产污系数测算

王留锁 (辽宁省生态环境保护科技中心, 辽宁沈阳 110161)

摘要 选取抚顺市典型地区 30 户农户作为研究对象, 运用实地抽样调查、现场监测及 SPSS 软件数据分析等方法对农户生活污水各类污染物产污系数进行研究。结果表明, 30 户监测农户的农村生活污水人均日排量和 COD、BOD₅、NH₃-N、TN、TP、动植物油浓度的平均水平分别为 30.03 L/(人·d)、784.08 mg/L、388.74 mg/L、3.27 mg/L、18.31 mg/L、2.66 mg/L、7.36 mg/L; 农村生活污水中 COD 与 BOD₅、NH₃-N、TN、TP、动植物油之间存在显著正相关, 人均日排污量与 COD、BOD₅、NH₃-N、TN、TP、动植物油之间不存在显著相关关系; 收入水平对农户生活污水中 COD 和 BOD₅ 产污系数无显著影响, 但对人均日排污量和 NH₃-N、TN、TP、动植物油产污系数影响极显著。

关键词 农村生活污水; 产污系数; 测算; 抚顺市

中图分类号 X 508 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)10-0066-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.10.018

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Calculation of Pollution Coefficient of Water Pollutants Produced in Rural Domestic Sources in Mountainous Areas of Eastern Liaoning

WANG Liu-suo (Liaoning Eco-Environmental Protection Science and Technology Center, Shenyang, Liaoning 110161)

Abstract 30 households in typical areas of Fushun City were selected as the research objects, and the product-pollution coefficients of household sewage were studied by means of field sampling survey, field monitoring and SPSS software data analysis. The results showed that the average daily discharge of rural domestic sewage per capita and the average levels of COD, BOD₅, NH₃-N, TN, TP and animal and vegetable oil concentrations of 30 monitored farmers were 30.03 L/(person · d), 784.08 mg/L, and 388.74 mg/L, 3.27 mg/L, 18.31 mg/L, 2.66 mg/L, 7.36 mg/L, respectively. There was a significant positive correlation between COD, BOD₅, NH₃-N, TN, TP and animal and plant oil in rural domestic sewage, while there was no significant correlation between the average daily discharge of rural domestic sewage per capita and COD, BOD₅, NH₃-N, TN, TP and animal and plant oil. The income level had no significant effect on the COD and BOD₅ pollution production coefficients in the total domestic sewage of farmers, but it had a very significant effect on the per capita daily sewage discharge and the NH₃-N, TN, TP, animal and vegetable oil pollution production coefficients.

Key words Rural domestic sewage; Pollution production coefficient; Estimation; Fushun City

农村生活污水与农村饮用水源安全及环境质量密切相关, 污水随意排放已经严重污染农村地区环境及水源, 是我国近 3 亿农村人口饮用水不达标的原因之一, 极易导致某些流行性疾病的发生与传播, 农村生活污水面源污染是导致江湖湖泊富营养化和水环境恶化的主要原因^[1]。

农村居民生活排水污染物产生量与气候、水资源、生活水平等密切相关, 为了建立合理的农村生活源水污染物产生系数, 该研究综合考虑自然地理分区、水系分区, 选取抚顺市代表辽宁东部山区现状。目前, 针对农村生活污染源污染的研究相对较少, 有关抚顺市农村生活污水产污系数的研究鲜见报道, 因此, 该研究选取 6 个典型行政村不同经济收入水平的 30 户典型农户为监测对象, 开展抚顺市农村生活源水污染物产污系数测算的研究, 确定抚顺市农村生活源水污染物产污系数, 从而为抚顺市农村生活污染源控制提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 研究区域概况 研究区位于辽宁省东部, 地处 124°15'~125°27'E、40°14'~41°58'N (图 1)。该区域属大陆性季风气候, 年均气温 6.6℃, 年均降水量为 804.2 mm, 无霜期 145 d。全市总面积 11 271 km², 人口 219.3 万, 农村居民人均可支配收入 10 970 元。选择新宾满族自治县红升乡、木奇镇、上夹河镇作为典型区域进行研究, 具有一定的地域代表性。

1.2 监测点的设置及采样方法 该研究中农村居民生活污水指农村家庭户在居家日常生活中所产生的污水, 主要包括洗衣、洗漱、厨房、洗澡、房屋清洁、洗车排出的污水。影响农村生活污染物产生及对环境影响的主要因素包括气候、水资源、生活水平和农户生活方式等, 因研究区域生活用水供水都为自来水定时供水或井水, 气候条件、水资源等因素相似^[2-5]。因此将收入水平作为区分依据, 选取高、中、低水平 3 类典型农户各 10 户。

构建生活污水收集设施, 将监测点农户洗衣、洗漱、厨房、洗澡、房屋清洁、洗车所产生的污水分别收集相应的水桶。研究时间为 2018 年 8—11 月, 共进行 3 次, 每次监测 3 d 并且 1 d 安排在休息日。每次监测前 1 d 容器使用洗涤剂水清洗 1 次, 清水清洗 3 次, 现场采集生活污水加酸保存并且每期样品增加采集不少于 10% 的现场平行样及空白样。样品采集后送至实验室完成 COD、BOD₅、NH₃-N、TN、TP、动植物油的分析测定。

1.3 分析方法 污水量通过水深标尺现场计算, COD 采用重铬酸盐法 (HJ 828—2017)、BOD₅ 采用稀释与接种法 (HJ 505—2009)、NH₃-N 采用纳氏试剂分光光度法 (HJ 535—2009)、TN 采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法 (HJ 636—2012)、TP 采用钼酸铵分光光度法 (GB 11893—1989)、动植物油采用红外分光光度法 (HJ 637—2012) 进行测定^[6]。

1.4 产污系数界定 污水及污染物产生系数指农村家庭户在居家生活中日均每人产生的生活污水量及污染量^[7-8]。通过调查相应的农户当日居住人数、用水量和生活习惯以及

基金项目 国家科技重大专项 (2018ZX07601-002)。

作者简介 王留锁 (1981—), 男, 辽宁沈阳人, 高级工程师, 硕士, 从事生态环境规划、环境经济与水污染控制管理研究。

收稿日期 2020-09-27

特征污染物的实测浓度,确定其人均排放量和主要污染物产生系数。

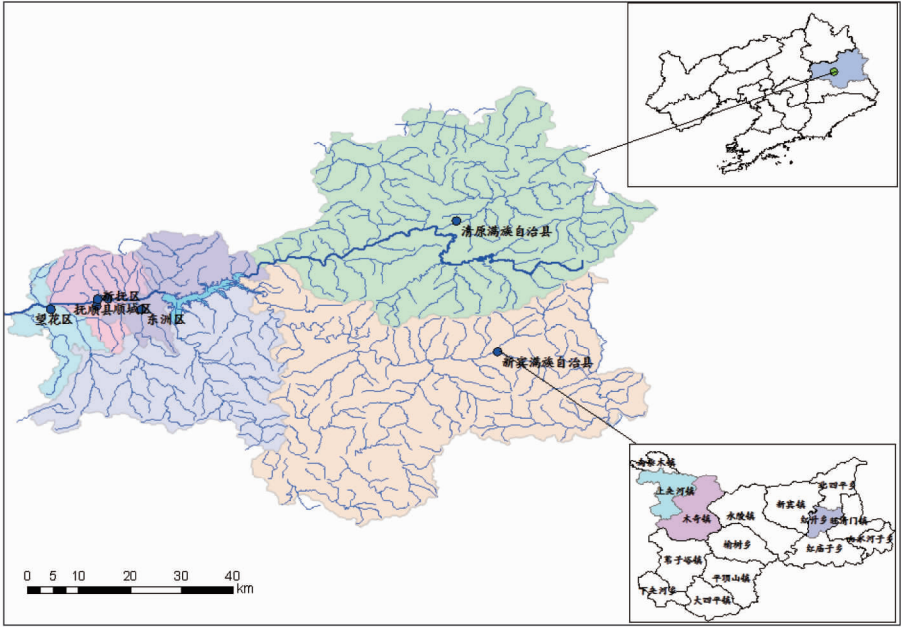


图1 研究区地理位置
Fig.1 Geographical location of the study area

每日人均生活排放量:
$$Q_e = W_e / (n \times N)$$

式中, Q_e 为每人每日污水排放量[$L / (人 \cdot d)$]; W_e 为测算住户日的生活污水排放量(m^3/d),此值为监测值; n 为对应于日的系数,为 1; N 为所测农户的常住人数,此值为调查值。

水污染物排放量:
$$G_i = k \times Q \times C_i$$

式中, G_i 为污水中污染物 i 的排放量(kg/a); Q 为污水排放总量(m^3/a); k 为单位换算系数; C_i 为污染物 i 的实测浓度(mg/L),此值为监测值。

人均产污系数:
$$F_i = G_i / (0.365N) \times 10^3$$

式中, F_i 为废水中污染物 i 的产生系数[$g / (人 \cdot d)$]; N 为所测农户的常住人数,此值为调查值。

2 结果与分析

2.1 农村生活污水数据合理性分析 农户监测的生活污水各指标分析结果如表 1。从偏度和峰度来看,COD、BOD₅、NH₃-N、TN、TP、动植物油、人均日排量不服从正态分布,并且从正态性检验中 Kolmogorov-Smirnov 和 Shapiro-Wilk 检验可以看出,生活污水各指标浓度的显著水平都小于 5%。

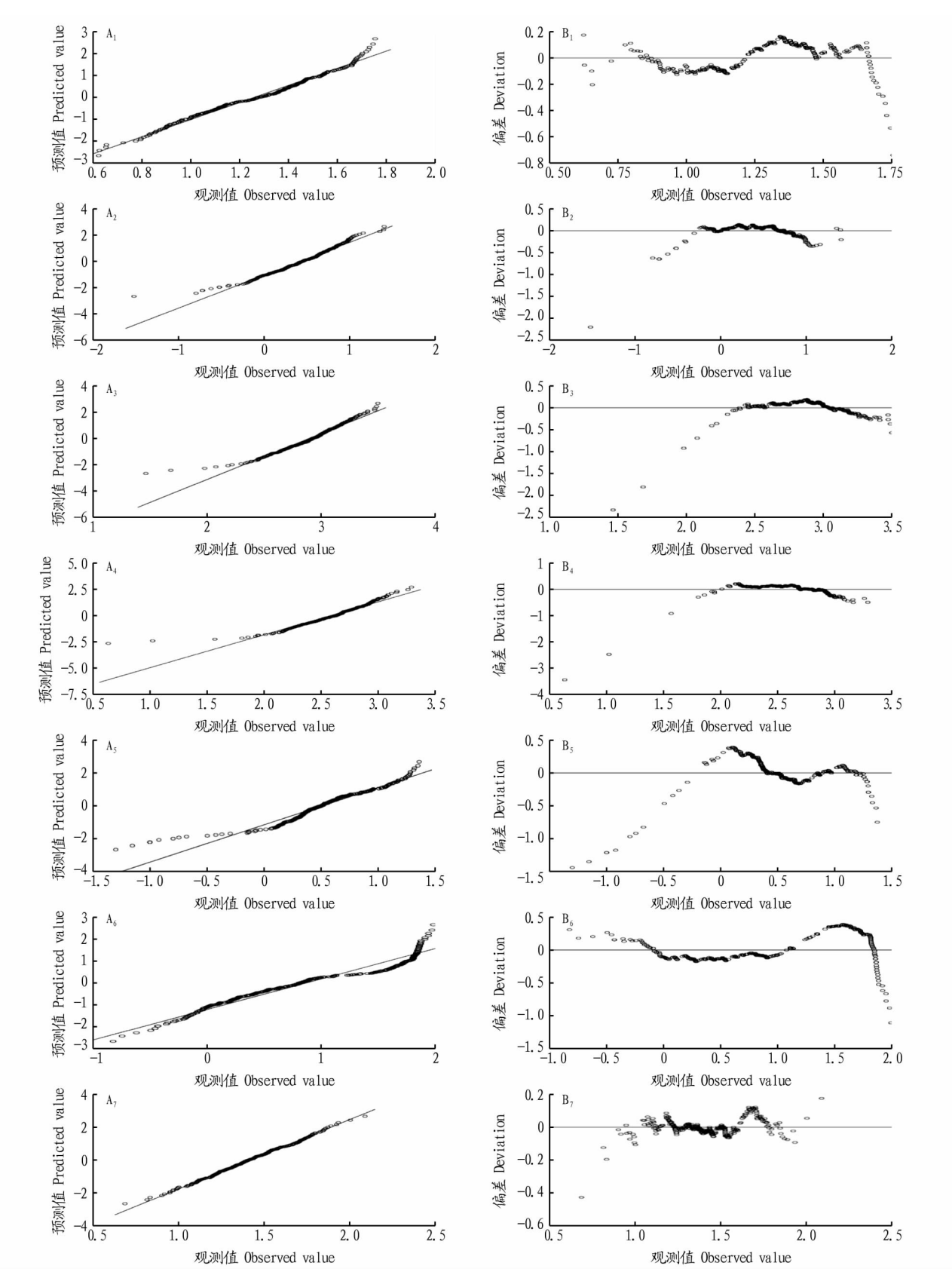
对污水各指标浓度进行自然对数变换,生活污水各监测指标对数转换后标准 Q-Q 图和趋势 Q-Q 图如图 2。污水各指标浓度的标准 Q-Q 图中的观察点都分布在直线附近,趋势 Q-Q 图中的点除了极个别点外都分布在 0 值横线附近,因此显示样本数据服从正态分布,可用几何平均数代表 30 户监测农户生活污水人均日排污水量和 COD、BOD₅、NH₃-N、TN、TP、动植物油浓度的平均水平。经计算,30 户监测农户的农村生

活污水人均日排量和 COD、BOD₅、NH₃-N、TN、TP、动植物油浓度的平均水平分别为 30.03 L/(人·d)、784.08 mg/L、388.74 mg/L、3.27 mg/L、18.31 mg/L、2.66 mg/L、7.36 mg/L。

表 1 30 户对象农户生活污水各监测指标常态性检验结果
Table1 Normal test results of monitoring indexes of domestic sewage of 30 households

指标 Index	样本数 Sample size	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	显著性 Significance	
				Kolmogorov-Smirnov	Shapiro-Wilk
人均日排量 Per capita daily sewage discharge	270	1.588	3.824	0.000	0.000
COD	270	1.256	2.153	0.000	0.000
BOD ₅	270	1.371	2.920	0.000	0.000
NH ₃ -N	270	1.755	2.482	0.000	0.000
TN	270	0.856	0.044	0.000	0.000
TP	270	2.876	13.132	0.000	0.000
动植物油 Animal and vegetable oil	270	1.079	-0.267	0.000	0.000

2.2 农村污水各特征指标相关性分析 为了解抚顺市农村生活污水的组成是否表现出不一致性,在转换后符合正态分布的数据基础上,计算 Spearman 相关系数(表 2)。由表 2 可知,COD 与 BOD₅、NH₃-N、TN、TP、动植物油之间存在显著的正相关($P < 0.01$),其中某一浓度较大,其他指标的浓度也会变大,它们浓度的大小由农户生活水平和农户生活方式等因素决定^[9]。人均日排污水量与 COD、BOD₅、NH₃-N、TN、TP、动植物油之间的双侧显著性值均大于 0.01,表示人均日排污水量与 COD、BOD₅、NH₃-N、TN、TP、动植物油之间不存在显著相关关系。



注:A₁、B₁ 为 TN;A₂、B₂ 为 TP;A₃、B₃ 为 COD;A₄、B₄ 为 BOD₅;A₅、B₅ 为 NH₃-N;A₆、B₆ 为动植物油脂;A₇、B₇ 为人均日排水量

Note:A₁ and B₁ are TN;A₂ and B₂ are TP;A₃ and B₃ are COD;A₄ and B₄ are BOD₅;A₅ and B₅ are NH₃-N;A₆ and B₆ are animal and vegetable oils; A₇ and B₇ are per capita daily sewage discharge

图2 生活污水各监测指标对数转换后标准 Q-Q 图(A)和趋势 Q-Q 图(B)

Fig.2 Standard Q-Q diagram (A) and trend Q-Q diagram (B) of domestic sewage monitoring indicators after logarithmic conversion

表 2 农村生活污水各特征指标相关分析

Table 2 Correlation analysis of each characteristic index of rural domestic sewage

指标 Index	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP	动植物油 Animal and vegetable oils	人均日排水量 Per capita daily sewage discharge
COD	1						
BOD ₅	0.000	1					
NH ₃ -N	0.000	0.001	1				
TN	0.000	0.000	0.000	1			
TP	0.001	0.000	0.000	0.000	1		
动植物油 Animal and vegetable oils	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	1	
人均日排水量 Per capita daily sewage discharge	0.252	0.289	0.225	0.874	0.983	0.596	1

2.3 生活污水产污系数的测算 经方差分析可知,收入水平对农户总生活污水中 COD 和 BOD₅ 产污系数无显著影响 ($P>0.05$),但对 NH₃-N、TN、TP 和动植物油产污系数影响极显著 ($P<0.01$)。因此,NH₃-N、TN、TP 和动植物油产污系数需按收入水平划分;而 COD 和 BOD₅ 产污系数则无需按收入水平划分,取高、中、低收入水平的平均值作为统一值。

不同收入水平农户生活污水产污系数见表 3。高收入、中收入和低收入水平农户的 COD 和 BOD₅ 产污系数相同,

NH₃-N、TN、TP、动植物油产污系数接近一致,说明农户居住区域中消费渠道相同,在洗衣污水、洗漱污水、房屋清洁污水中各农户所产生的氮和磷相差不大,同时饮食习惯差异性并不显著。因此,农村建设集中污水处理设施时,若气候条件、生活习惯、水资源等因素相同,即使各农户收入水平有所差异,在农村生活污水治理中可忽略收入水平带来的差异^[10-11]。

表 3 不同收入水平农户生活污水产污系数测算结果

Table 3 Calculation results of household sewage production coefficient of farmers at different income levels

g/(人·d)

收入 Income	NH ₃ -N	TP	TN	动植物油 Animal and vegetable oils	COD	BOD ₅
高收入 High income	0.16	0.12	0.66	0.56	28.67	14.60
中收入 Middle income	0.16	0.12	0.66	0.61	28.67	14.60
低收入 Low income	0.17	0.12	0.67	0.56	28.67	14.60

3 结论

- (1)30 户监测农户的农村生活污水人均日排量和 COD、BOD₅、NH₃-N、TN、TP、动植物油浓度的平均水平分别为 30.03 L/(人·d)、784.08 mg/L、388.74 mg/L、3.27 mg/L、18.31 mg/L、2.66 mg/L、7.36 mg/L。
- (2)农村生活污水中 COD 与 BOD₅、NH₃-N、TN、TP、动植物油之间存在显著正相关,人均日排水量与 COD、BOD₅、NH₃-N、TN、TP、动植物油之间不存在显著相关关系。
- (3)NH₃-N、TN、TP 和动植物油产污系数需按收入水平划分,而 COD 和 BOD₅ 产污系数则无需按收入水平划分;农村建设集中污水处理设施时,若气候条件、生活习惯、水资源等因素相同,即使各农户收入水平有所差异,在农村生活污水治理中可忽略收入水平带来的差异。

参考文献

[1] 王文林,胡孟春,唐晓燕.太湖流域农村生活污水产排污系数测算[J].

生态与农村环境学报,2010,26(6):616-621.

[2] 谭平,马太玲,赵立欣,等.巢湖农村生活污水产排污系数测算及处理模式分析[J].中国给水排水,2012,28(13):88-91.

[3] 严婷婷,王红华,孙治旭,等.滇池流域农村生活污水产排污系数研究[J].环境科学导刊,2010,29(4):46-48.

[4] 江科,王业春,张晟,等.三峡库区小流域农村生活污水排放格局及污染物特征[J].环境科学与技术,2015,38(6):39-43.

[5] 彭绪亚,张鹏,贾传兴,等.重庆三峡库区农村生活污水排放特征及影响因素分析[J].农业环境科学学报,2010,29(4):758-763.

[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[M].4 版.北京:中国环境科学出版社,2002:8.

[7] 环境保护部.村镇生活污染防治最佳可行技术指南(试行):HJ-BAT-9[A].2013.

[8] 冯欣,师晓春,王军,等.农村生活污水处理设施水污染物排放标准:DB 21/3176—2019[S].辽宁省生态环境厅,辽宁省市场监督管理局,2019.

[9] 张玉华,刘东生,徐哲,等.重点流域农村生活源产排污系数监测方法研究与实践[J].农业环境科学学报,2010,29(4):785-789.

[10] 陈典圳,谭丙昌,郑向群.辽宁省农村生活污水治理现状及存在问题分析[J].环境生态学,2019,1(6):45-49.

[11] 王俊能,赵学涛,蔡楠,等.我国农村生活污水污染排放及环境治理效率[J].环境科学研究,2020,33(12):2665-2674.