

重庆三峡库区农村生活污水排放特征及影响因素分析

彭绪亚, 张 鹏, 贾传兴, 刘 斌, 魏 星, 袁荣焕

(重庆大学三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400045)

摘 要: 为了解重庆三峡库区农村生活污水排放特征, 正确评价农村生活污染状况, 选取重庆三峡库区 3 个行政区中不同经济收入水平、有无下水设施的 18 户典型农户为监测对象, 对其生活污水日产生量、pH、COD、TP、TN、TAN 等 6 项指标进行了连续 12 月的跟踪监测。结果表明, 18 户对象农户生活污水人均日产生量、pH、COD、TP、TN、TAN 等指标的平均水平分别为: $15.22 \text{ L} \cdot \text{cap}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、6.67、838.93 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、4.19 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、53.60 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、13.39 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 具有人均污水日产生量明显低于而各特征指标的浓度明显高于城镇生活污水的特点; COD、TP、TN、TAN 浓度随季节的变化表现出夏季浓度较低, 冬季浓度较高的规律, 且 COD、TP、TN、TAN 浓度之间具有显著的正相关性。此外, 利用 SPSS 软件对影响农村生活污水排放特性的地域、季节、农户收入水平和有无下水设施等因素进行了分析, 其结果显示: 农村生活污水人均日产生量的主要影响因素为地域, COD 的主要影响因素为地域、收入水平和季节, TP 的主要影响因素为地域、有无下水, TN 和 TAN 的主要影响因素为季节。

关键词: 三峡库区; 农村生活污水; 排放特征; 影响因素; 相关性

中图分类号: X502 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-2043(2010)04-0758-06

Discharge Characteristic of the Rural Domestic Wastewater and Its Influencing Factors in the Three Gorges Reservoir Region of Chongqing

PENG Xu-ya, ZHANG Peng, JIA Chuan-xing, LIU Bin, WEI Xing, YUAN Rong-huan

(Key Laboratory of the Three Gorges Reservoir Region's Eco-environment, Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: Domestic wastewater is an important source of rural environmental pollution while less study is reported on it. In order to evaluate the status of rural domestic wastewater pollution in the Three Gorges Reservoir Region, 18 typical peasant households with different income levels and life styles in three administrative districts were investigated and characteristic indices of rural domestic wastewater, including the daily discharge per capita, pH, chemical oxygen demand (COD), total phosphorus (TP), total nitrogen (TN) and total ammonia nitrogen (TAN) of rural domestic wastewater, were made a continuous monitoring for 12 months for them. The results showed that the average values of the daily discharge per capita, pH, COD, TP, TN, TAN were $15.22 \text{ L} \cdot \text{cap}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 6.67, 838.93 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 4.19 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 53.60 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ and 13.39 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ respectively. The daily discharge per capita of rural domestic wastewater was much lower than that of municipal domestic sewage, but the concentrations of other indices were much higher. The concentrations of the indices, including COD, TP, TN and TAN among which there were significant positive correlations, had an obvious change with season, namely lower in the summer and higher in the winter. Furthermore, factors of influencing rural domestic wastewater discharge characteristic, including region, season, income level and sewer facility, were analyzed by the software SPSS. The results indicated that region played a dominant role in the daily discharge per capita of rural domestic wastewater, that the concentration of COD was influenced by region, income levels and season, and that region and sewer facility had a deep effect on the concentration of TP, while the main influencing factor for the concentration of TN and TAN was the season.

Keywords: the Three Gorges Reservoir Region; rural domestic wastewater; discharge characteristic; influencing factor; correlation

随着农村社会经济结构的巨大改变和经济的迅猛发展,农村生活水平及生活方式发生了重大变化,农村生活污染对环境的影响程度也日益加剧,面临环境污染和生态破坏的双重威胁^[1]。由于我国农村人口数量大,居住分散,96%的村庄没有排水渠道和污水处理系统,农村生活污水难于收集,生活污水随意排放现象十分普遍,农村生活污水已经对农村地区居住环境和人群身体健康造成了越来越大的威胁,成为威胁国家水环境安全的重要因素^[2]。三峡库区农村生活污水的无序排放,也是三峡库区水体污染的重要来源之一。当前对于流域农村环境污染的研究较多,但大多从面源污染的角度进行分析^[3-11],而直接针对流域内农村生活污水排放特征的研究鲜见报道。

为了解重庆三峡库区农村生活污水排放特征,正确评价农村生活污水污染状况,本研究选取重庆三峡库区 3 个行政区中不同经济收入水平、有无下水设施的 18 户典型农户为监测对象,对其生活污水日产生量、pH、COD、TP、TN、TAN 等 6 项指标进行了连续 12 个月的跟踪监测,初步掌握了重庆三峡库区农村生活污水的排放特征及关键影响因素,可为治理三峡库区农村生活污染提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 监测点的设置及采样方法

本文中农村生活污水指农村居民在日常生活活动中产生的污水,主要包括厨房、洗衣、浴室和厕所排出的污水。影响其产生和排放的农户个体因素主要有经济收入水平、生活方式和有无下水设施。结合重庆三峡库区农村社会经济发展水平,以“人均年纯收入水平(R)”为经济收入水平的表征指标,将农户分为 3 类:高收入农户($R > 3\ 200$ 元)、中收入农户($3\ 200 > R > 2\ 200$ 元)、低收入农户($R < 2\ 200$ 元);以“有无下水设施”将农户分为 2 类:有下水设施农户和无下水设施

农户;每个行政区分别设置高收入-有下水、高收入-无下水、中等收入-有下水、中等收入-无下水、低收入-有下水、低收入-无下水 6 类典型农户各 1 户,同时构建了相应的生活污水样品收集设施。

样品采集参考《水质采样技术规程》(SL 187—96)和《水质采样样品的保存和管理技术规定》(GB 12999—91)中的相关规定,分别于 2007 年 11 月—2008 年 10 月每月采样 1 次,共进行了 12 次;每月 20 日至 22 日 3 d 记录每日的生活污水排放量并测定 pH 值后取 2 L 生活污水加酸保存(将 pH 值调至 2 以下),在 22 日将 3 d 的样品按照每日污水排放量的大小同比例混合并取 2 L 代表性样品 24 h 内送至实验室进行化学需氧量(COD)、总氮(TN)、氨氮(TAN)、总磷(TP)等指标分析。

1.2 分析方法

各指标按国家标准^[12]进行分析。其中,人均日污水量采用量水槽法测定,pH 值、COD、TN、TAN、TP 分别采用玻璃电极法、重铬酸盐法、碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法、蒸馏和滴定法、钼酸铵分光光度法进行测定。各指标在测定过程中同时进行标样跟踪、平行双样测定以保证监测结果准确。

2 结果与讨论

2.1 农村生活污水的水质特征

18 户对象农户连续监测 12 个月的生活污水各指标分析结果汇总如表 1。从表 1 可以看出,人均日产量、COD、TP、TN、TAN 变化幅度较大,变异系数均高于 50%,表明这些指标随季节及农户生活方式等因素的不同而存在较大差异。pH 值的变化幅度最小,变异系数仅为 15.59%,表明受季节及农户生活方式等因素的影响较小。从偏度和峰度来看,pH 值基本服从正态分布;而 COD、TP、TN、TAN 等指标则不服从正态分布,呈偏态分布,据其分布形态,对其分别进行

表 1 18 户对象农户生活污水监测指标统计汇总表

Table 1 Basic statistics of each monitoring index of 18 peasant households

指标	平均值	中位数	最小值	最大值	标准差	偏度	峰度	变异系数/%
人均日产量/L·cap ⁻¹ ·d ⁻¹	21.67	15.00	1.25	221.94	22.99	4.21	27.96	106.12
pH 值	6.67	6.85	3.56	9.38	1.04	-0.56	0.64	15.59
COD/mg·L ⁻¹	1 296.96	892.50	70.00	8 770.00	1 382.10	2.84	10.14	106.56
TP/mg·L ⁻¹	6.34	4.46	0.52	41.92	6.33	2.65	9.68	99.84
TN/mg·L ⁻¹	61.43	54.47	12.38	239.33	32.29	1.58	4.29	52.56
TAN/mg·L ⁻¹	17.83	13.96	0.46	105.96	14.59	2.75	11.53	81.83

注:各指标样本数为 216。

自然对数变换;并对数据转化前后的分布形态进行 Kolmogorov-Smirnov 检验,检验结果见表 2。

表 2 18 户对象农户生活污水各监测指标对数转换后的 K-S 检验结果

Table 2 Kolmogorov-Smirnov results based on natural logarithmic transformation of each monitoring index of 18 peasant households

指标	原始数据			对数变换后数据		
	偏度	峰度	P	偏度	峰度	P
人均日产生量	4.211	27.962	0.000	-0.087	0.477	0.078
pH	-0.561	0.642	0.067	—	—	—
COD	3.730	14.794	0.000	-0.120	-0.145	0.990
TP	4.059	23.700	0.000	-0.170	-0.522	0.381
TN	4.238	26.368	0.000	-0.098	0.106	0.955
TAN	4.678	29.001	0.000	-0.661	1.804	0.467

注:*单样本 Kolmogorov-Smirnov 检验,P<0.05可认为不符合正态分布。

由表 2 知,农村生活污水人均日产生量和 COD、TP、TN、TAN 浓度经自然对数变换后数据全部符合正态分布,可用几何平均数代表 18 户对象农户生活污水人均日产生量和 COD、TP、TN、TAN 浓度的平均水平;而 pH 值转换前就已接近正态分布(偏度为-0.561,P=0.067>0.05),故 pH 值服从正态分布,用算术平均值代表 18 户对象农户生活污水的平均水平。综上,18 户对象农户生活污水人均日产生量、pH、COD、TP、TN、TAN 污染物浓度的平均水平分别为:15.22 L·cap⁻¹·d⁻¹、6.67、838.93 mg·L⁻¹、4.19 mg·L⁻¹、53.60 mg·L⁻¹、13.39 mg·L⁻¹。其中农村生活污水人均日产生量低于三峡库区重庆段城镇人均日产污水量以及太湖地区、天津地区、浙江地区农村生活污水人均日产生量^[13-16],COD、TN、TP 浓度则接近太湖流域^[13-14]。

2.2 农村生活污水排放规律分析

农村生活污水各特征指标周年变化如图 1 所示。其中生活污水 pH 值随月份变化不大,基本呈中性偏酸性,pH 值均在 6.00~7.10 之间。从人均日产污水量的周年变化来看,6 月至 10 月人均日产污水量均大于 20 L·cap⁻¹·d⁻¹,平均水平可达 24 L·cap⁻¹·d⁻¹,而 1 月至 5 月和 12 月的 6 个月的平均水平仅为 18 L·cap⁻¹·d⁻¹,这是由于当气温较高时,农户厨房、洗浴用水大量增加,使得污水产生量增加。而 2 月份和 11 月份的人均日产污水量却也很高,表明农村生活污水特征不仅受时间(季节)因素影响,其他因素对生活污水特征亦有较大影响。

从生活污水 COD 浓度和 TP 浓度的周年变化来看,COD 浓度和 TP 浓度随月份的变化呈现明显变

化。总体上都分为 3 个水平:1 月至 5 月浓度较高,6 月至 9 月浓度较低,呈总体下降趋势;10 月至 12 月,COD 浓度介于前两个阶段之间,TP 浓度为三个阶段最低。不同月份污水中的 TN 差别不大,变化系数较小,最高浓度是最低浓度的 1.70 倍,总体来讲污水的 TN 值没有特殊规律。而不同月份污水中的 TAN 差别较大,与 TN 的变化稍有不同,春、夏两季 TAN 逐月下降,秋、冬两季又有一定的上升趋势。所以生活污水各指标浓度大致表现出在夏季浓度较低,冬季浓度较高的规律。太湖地区农村生活污水秋、冬季的有机物浓度较夏季高 3~4 倍,也表现了相同的规律^[17]。

2.3 农村生活污水特性影响因素分析

农村生活污水特性的影响因素主要有地域、季节、农户收入水平和有无下水设施等。根据各影响因素的具体特点,结合监测点位仅设置了 3 个区县的具体情况,以地域为随机因素,季节、收入水平、有无下水为固定因素,利用 SPSS 的混合线性模型对转换后符合正态分布的数据进行分析,结果见表 3。

从随机效应分析结果来看,不同监测点间的差异,在人均日产污水量、COD、TP 指标上具有显著的统计学意义(P<0.05),而 TN、TAN 的显著水平均大于 0.10,不具有显著的统计学意义;这说明农村生活污水人均日产生量、COD、TP 的变异在监测点位,存在地域水平上的聚集性。另外,从组内相关系数(ICC)可以看出,人均日产污水量、COD、TP 的 ICC 分别为 0.678 2、0.315 5、0.187 6,表明数据中存在一定程度的组内同质性,而组内同质性则意味着组间异质性,即不同地域内的监测农户由于所处的环境相似、生活方式的趋同性等原因而导致生活污水及主要污染物的浓度具有一定的相依性。

由固定效应分析结果知,季节因素在 COD、TN、TAN 上具有显著的统计学意义(P<0.05),收入水平因素在 COD 上具有显著的统计学意义,有无下水因素在 TP 上具有显著的统计学意义。

综合随机效应和固定效应,以显著水平为依据,对地域(区县)、季节、收入水平和有无下水 4 个影响因素对生活污水各特征指标影响程度大小进行排序,可以看出:农村生活污水人均日产生量的影响因素序列为“地域(*)>季节>收入水平>有无下水”,其中主要影响因素为地域(P=0.000 0<0.05),即农村生活污水量因地域不同差异显著;COD 的影响因素序列为“地域(*)>收入水平(*)>季节(*)>有无下水”,其中主要影响因素为地域、收入水平和季节(P=0.000 9,

0.003 8, 0.047 7 < 0.05), 三者影响程度依次降低, 可见不同地域、收入水平的农户在不同季节下生活污水 COD 浓度差异显著; TP 的影响因素序列为“有无下水(*)>地域(*)>收入水平>季节”, 其中主要影响因素为有无下水、地域($P=0.021\ 9, 0.024\ 5<0.05$); 而 TN 和 TAN 的影响因素序列分别为“季节(*)>地域>有无

下水>收入水平”和“季节(*)>地域>收入水平>有无下水”, 其中主要影响因素均为季节($P=0.045\ 9, 0.040\ 3<0.05$)。

2.4 农村生活污水各特征指标相关性分析

农村生活污水来源于农村居民的日常生活, 不同地域的农户生活习惯不同, 因而不同地域农村生活污

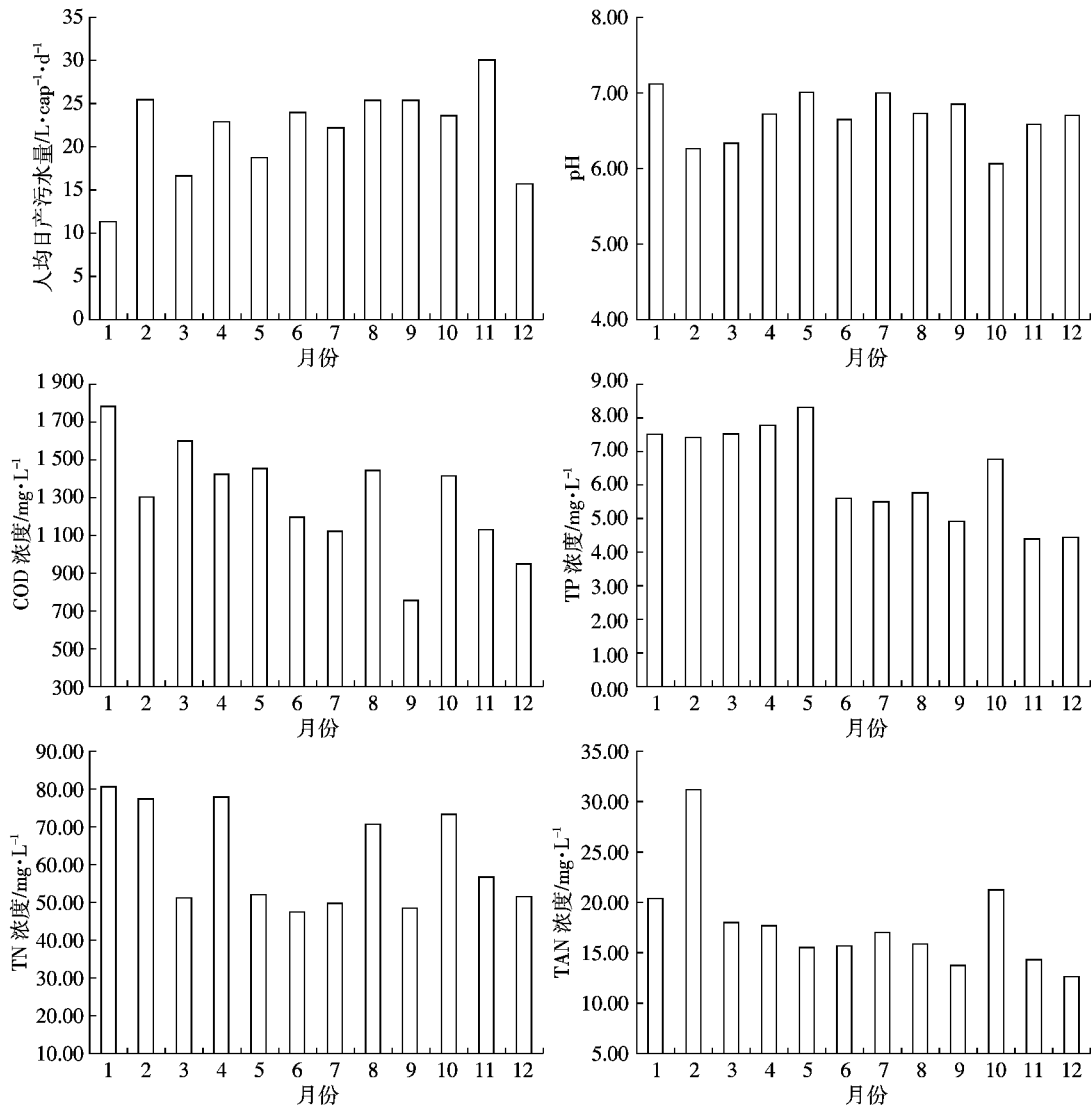


图 1 三峡库区生活污水各指标周年变化情况

Figure 1 The annual change of each monitoring indices of rural domestic wastewater in the Three Gorges Reservoir of Chongqing

表 3 农村生活污水特性影响因素混合线性模型分析结果

Table 3 Analysis results of influence factors of rural domestic wastewater used mixed linear model

影响因素		统计因子	人均日产污水量	COD	TP	TN	TAN
随机因素	地域	显著水平	0.000 0	0.000 9	0.024 5	0.154 8	0.110 0
		组内相关系数	0.678 2	0.315 5	0.187 6	0.108 3	0.125 0
固定因素	季 节	显著水平	0.057 2	0.047 7	0.711 4	0.045 9	0.040 3
	收入水平	显著水平	0.245 9	0.003 8	0.077 7	0.541 0	0.331 4
	有无下水	显著水平	0.357 8	0.482 5	0.021 9	0.245 1	0.933 6

水的组成也表现出的一致性。由 2.1 知,pH 值服从正态分布,而人均日产污水量、COD、TP、TN、TAN 含量均服从对数正态分布,因此将其进行自然对数转换后,连同 pH 数据计算 Pearson 相关系数见表 4,散点图矩阵见图 2。

表 4 农村生活污水各特征指标 Pearson 相关系数表
Table 4 Pearson Correlation test results of rural domestic wastewater indices

指标	1	2	3	4	5	6
1.pH 值	1					
2.COD	-0.452**	1				
3.TP	-0.419**	0.382**	1			
4.TN	-0.276**	0.442**	0.030 7**	1		
5.TAN	-0.136*	0.350**	0.029 4**	0.477**	1	
6.人均日 产污水量	0.016	-0.187**	-0.018 9**	-0.178**	-0.034 1	1

注:** $P<0.01$,* $P<0.05$ 。

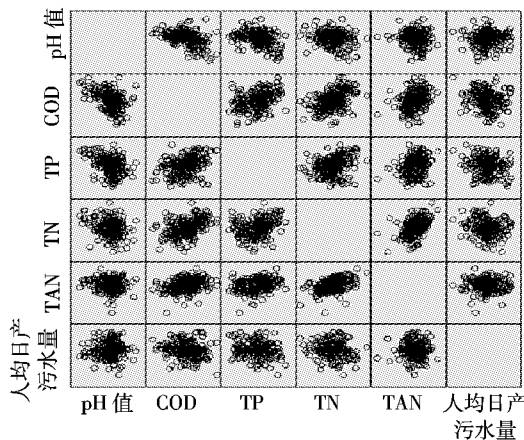


图 2 农村生活污水各特征指标 Pearson 相关系数表散点图矩阵
Figure 2 The matrix scatter diagram of Pearson Correlation test results of rural domestic wastewater indices

由表 4 和图 2 知:

(1)农村生活污水人均日产生量与 COD、TP、TN 浓度之间呈显著负相关,即人均污水日产量越大,污水的 COD、TP、TN 浓度越低;而人均污水日产量与污水的 pH 值和 TAN 相关性不显著,可能是由于生活污水主要来源为农户日常厨房、洗浴用水,酸碱度基本稳定。

(2)pH 值与污水的 COD、TP、TN、TAN 浓度均呈负相关,这是 COD、TP、TN、TAN 一定程度上反映了污水的有机物浓度,而有机物浓度越高,其在降解初期引起的酸化越明显,即 pH 值越低;pH 值与 COD、TP 浓度的相关系数绝对值最大(-0.452 和-0.419)也

反映了这一点。

(3)COD、TP、TN、TAN 之间均具有显著的正相关性,其中某一浓度较大,其他指标的浓度也会较大,它们浓度的大小均由农户的生活方式等因素共同决定;同时也说明了农村生活污水各指标比例均衡,可为处理技术路线的选择提供参考依据。

3 结论

(1)通过对重庆三峡库区 3 个行政区中不同经济收入水平、有无下水设施的 18 户农户生活污水排放情况进行 12 个月的跟踪监测,初步掌握重庆三峡库区典型农村生活污水的排放特征:人均日产生量、pH、COD、TP、TN、TAN 污染物浓度的平均水平分别为 $15.22\text{ L}\cdot\text{cap}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 、 6.67 、 $838.93\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $4.19\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $53.60\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $13.39\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,人均日产生量明显低于城镇生活污水的水平,而各特征指标的浓度则明显高于城镇生活污水。

(2)重庆三峡库区农村生活污水人均日产生量的主要影响因素为地域,COD 的主要影响因素为地域、收入水平和季节,TP 的主要影响因素为有无下水、地域,TN 和 TAN 的主要影响因素为季节。

(3)生活污水的 COD、TP、TN、TAN 浓度大致表现出在夏季浓度较低,冬季浓度较高的规律,并且 COD、TP、TN、TAN 浓度之间具有显著的正相关性。

参考文献:

[1] 国家环境保护部. 2007 年中国环境状况公报[R]. 北京:国家环境保护部, 2008:41.
Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. China environmental state bulletin;2007[R]. Beijing:Ministry of Environmental Protection, 2008:41.
[2] 严 岩, 孙宇飞, 董正举, 等. 美国农村污水管理经验及对我国的启示[J]. 环境保护, 2008, 4(1):65-67.
YAN Yan, SUN Yu-fei, DONG Zheng-ju, et al. Rural waste water management experience of America and its enlightenment to China[J]. Environmental Protection, 2008, 4(1):65-67.
[3] 曹彦龙, 李崇明, 阚 平. 重庆三峡库区面源污染源评价与聚类分析[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(3):857-862.
CAO Yan-long, LI Chong-ming, KAN Ping. Evaluating and clustering analysis of non-point source pollution in Chongqing three gorges reservoir region[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2007, 26(3):857-862.
[4] 陈玉成, 杨志敏, 陈庆华, 等. 基于“压力-响应”态势的重庆市农业面源污染的源解析[J]. 中国农业科学, 2008, 41(8):2362-2369.
CHEN Yu-cheng, YANG Zhi-min, CHEN Qing-hua, et al. Source apportionment of agricultural non-point source pollution in Chongqing

- based on pressure-response system[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008, 41(8):2362-2369.
- [5] 张维理, 冀宏杰, 徐爱国. 中国农业面源污染形势估计及控制对策[J]. 中国农业科学, 2004, 37(7):1008-1033.
- ZHANG Wei-li, JI Hong-jie, XU Ai-guo. Estimation of agricultural non-point source pollution in China and the alleviating strategies[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2004, 37(7):1008-1033.
- [6] 程波, 张泽, 陈凌, 等. 太湖水体富营养化与流域农业面源污染的控制[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(增刊):118-124.
- CHENG Bo, ZHANG Ze, CHEN Ling, et al. Eutrophication of Taihu lake and pollution from agricultural non-point sources in lake Taihu basin[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2005, 24(Supplement):118-124.
- [7] 毛建忠, 吴秀萍. 滇池流域农村面源问题浅析[J]. 环境科学导报, 2007, 26(4):21-24.
- MAO Jian-zhong, WU Xiu-ping. Brief talk on village non-point source pollution in Dianchi lake watershed[J]. *Environmental Science Survey*, 2007, 26(4):21-24.
- [8] Maillarda P, Santos N A P. A spatial-statistical approach for modeling the effect of non-point source pollution on different water quality parameters in the Velhas river watershed -Brazil[J]. *Journal of Environmental Management*, 2008, 86(1):158-170.
- [9] Keshavarzi A R, Sharifzadeh M, Haghighi A A K, et al. Rural domestic water consumption behavior: A case study in Ramjerd area, Fars province, I.R.Iran[J]. *Water Research*, 2006, 40(6):1173-1178.
- [10] 黄昀, 赵中金. 重庆市农业资源环境问题与可持续发展对策研究[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(增刊):456-460.
- HUANG Jun, ZHAO Zhong-jin. Agricultural resource, agro-environment and respect of sustainable development in Chongqing[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2006, 25(Supplement):456-460.
- [11] 李贵宝, 尹澄清, 周怀东. 我国“三湖”的水环境问题和防治对策与管理[J]. 水问题论坛, 2001(3):36-39.
- LI Bao-gui, YIN Cheng-qing, ZHOU Huai-dong. Water environmental problems and controlling strategies as well as management of the “Three Lakes” in China[J]. *Water Issue Forum*, 2001(3):36-39.
- [12] 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]. 第4版. 北京:中国环境科学出版社, 2002:8.
- Editorial Committee of the Analytical Method of Water and Wastewater of the State Environmental Protection Administration of China. Analytical methods of water and wastewater[M]. Forth edition. Beijing: China Environmental Science Press, 2002:8.
- [13] 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.
- XU Hong-bin, LV Xi-wu, LI Xian-ning, et al. Investigation on village sewage pollution in the zone of Tai lake[J]. *Henan Science*, 2008, 26(7):854-857.
- [14] 曹大伟, 李先宁, 李孝安, 等. 埋地式一体化生物滤池工艺处理农村生活污水[J]. 中国给水排水, 2008, 24(1):30-34.
- CAO Da-wei, LI Xian-ning, LI Xiao-an, et al. Buried integrated biofilter process for treatment of rural domestic sewage [J]. *China Water & Wastewater*, 2008, 24(1):30-34.
- [15] 王洋, 曾强, 刘洪亮, 等. 天津市农村地区垃圾与污水现状调查与对策研究[J]. 现代预防医学, 2008, 35(19):3687-3689.
- WANG Yang, Zeng Qiang, LIU Hong-liang, et al. Prevalence survey and counter measures study on garbage and sewage in rural areas of Tianjin[J]. *Modern Preventive Medicine*, 2008, 35(19):3687-3689.
- [16] 浙江省统计局. 浙江统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社, 2006.
- Zhejiang Statistics Bureau. Zhejiang statistical yearbook [M]. Beijing: China Statistics Press, 2006.
- [17] 黄翔峰, 池金萍, 何少林, 等. 高效藻类塘处理农村生活污水研究[J]. 中国给水排水, 2006, 22(5):35-39.
- HUANG Xiang-feng, CHI Jin-ping, HE Shao-lin, et al. Treatment of domestic wastewater with high-rage algal pond in rural areas[J]. *China Water & Wastewater*, 2006, 22(5):35-39.