

密云水库水源保护区不同类型村庄生活污水排放特征

尹 洁, 郑玉涛, 王晓燕

(首都师范大学资源环境与旅游学院, 北京 100048)

摘 要:密云水库作为北京市重要的水源地,水质状态存在向中等富营养发展的趋势。由于流域村镇生活污水收集处理程度低,已成为影响密云水库水质的污染来源之一。本文选取水源保护区内普通自然村、生态旅游村和镇政府所在村 3 种典型村庄为研究对象,采用入户调查和采样分析的方法对村庄生活污水的产量、组成、排放系数及季节变化等特征进行研究。结果表明,不同类型村庄的污水的产量和结构不尽相同,旅游村的污水产量远远高于普通村和镇级村。厨余废水、洗浴废水和洗衣废水构成生活污水的主要部分,其中旅游村的污水主要来自养鱼废水。生活污水的产生具有季节性和时段性的特点,旅游村夏秋两季污水产量最高,约为冬春两季的 2~4 倍;普通村和镇级村夏季污水产量约为其他季节的 2~3 倍。旅游村的人均生活污水排放系数最高,为 $118 \text{ L} \cdot \text{d}^{-1}$,是其他类型村人均生活污水排放系数的 4~5 倍,普通村最低。污水中的总磷(TP)、化学需氧量(COD)和氨氮($\text{NH}_4\text{-N}$)指标均较高。COD 含量与污水类型密切相关,与村庄类型无明显相关。

关键词:村庄生活污水;水源保护区;密云水库;不同类型村庄

中图分类号:X502 文献标志码:A 文章编号:1672-2043(2009)06-1200-08

Discharge Features of Rural Domestic Wastewater from Different Types of Villages in Water Source Protection Area, Miyun Reservoir, Beijing

YIN Jie, ZHENG Yu-tao, WANG Xiao-yan

(College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China)

Abstract: Water quality of Miyun Reservoir in Beijing, an important surface drinking water source area, trends to medium eutrophication. Rural domestic wastewater has become one of important pollution sources of Miyun Reservoir, owing to the low level of sewage collection and treatment. Three types of villages in this water source protection area including the ordinary village, eco-tourism village and village where the town government locates were selected to study discharge amount, composition, temporal variation and emission coefficient of rural domestic wastewater by in-door survey and sample analyzing. The results showed that there were different amount of wastewater discharge and structures in different types of villages. The wastewater discharge of eco-tourism village was much higher than other two villages. Kitchen wastewater, bath wastewater and laundry wastewater constituted major parts of rural wastewater. There was a large percentage of wastewater from fishpond in eco-tourism village. The wastewater discharge amount varied from different seasons and period of the daily time. The wastewater discharge amount from eco-tourism villages in summer and autumn were higher, about 2~4 times than that amount in winter and spring. The wastewater discharge from ordinary village and township in summer was 2~3 times than that amount in any other seasons. The per capita wastewater emission coefficient of the eco-tourism village was the highest at $118.06 \text{ L} \cdot \text{d}^{-1}$, which was 4~5 times than that of other two types of villages. The per capita wastewater emission coefficient of the ordinary village was the lowest. The concentration of total phosphorus (TP), chemical oxygen demand (COD) and ammonia ($\text{NH}_4\text{-N}$) were rather higher. The concentration of COD related closely to the type of wastewater, not to the type of village.

Keywords: rural domestic wastewater; water source protection area; watershed of Miyun reservoir; different types of villages

收稿日期:2008-10-07

基金项目:北京市科技计划项目(D0704004000092);北京市优秀人才计划(20061D0501600225)

作者简介:尹 洁(1984—),女,硕士研究生,研究方向为水环境污染与治理。E-mail:yinjie129@163.com

责任作者:王晓燕 E-mail:cnwxy@sohu.com

近年来,我国农村经济获得了长足发展,农民生活水平不断提高,但随之而来的是农村环境污染问题日趋严重,生态环境逐步恶化。在农村经济迅猛发展与人口不断增长的同时,居民生产、生活排放的有机污水量也在逐年增加,村镇生活污水的任意排放已经成为影响流域水体的重要的污染源之一。生活污水是指家庭日常生活产生的杂排水,因其含有大量的营养盐及细菌、病毒,容易造成地表水与地下水的污染^[1]。目前国内外对生活污水特征产生的研究主要集中在城市生活污水方面^[2-3]。以往一些农村生活污水特征的研究集中在某个农村或农村小流域。徐洪斌^[4]对太湖流域农户的生活污水产量和水质特性进行抽样调查,得到了太湖流域农村生活污水具体的基础资料。王俊起^[5]调查了一些农村的用水量和污水产量。张德刚^[6]、陈能汪等^[7]对农村生活污水排放河道的水质状况进行了研究。本文以农户为调查对象,在考虑不同村镇类型的生活污水特征之时,也讨论了村镇生活污水与季节、生活水平以及生活方式之间的关系,为流域污染控制和治理提供重要的依据。

1 研究区域概况

密云水库位于北京市密云县北部,系北京市地表水源供应地。其上游流域面积约 1 404.55 km²,属温带大陆性季风半湿润半干旱气候,年均气温 10.9℃,年平均降水量为 566 mm,降水年际变化大^[8]。该流域上游的行政区包括大城子镇、北庄镇、太师屯镇、新城子镇、古北口镇、高岭镇、不老屯镇、冯家峪镇和石城镇等 9 个镇,共计 174 个行政村。相关统计资料表明,2005 年研究区共有 48 890 户居民,共计 131 381 人,以种植业、养殖业为主要家庭收入来源,旅游业也占一定比例,人均劳动所得 6 271 元,低于全县农村居民平均收入 7 202 元。

密云水库上游流域村庄数量较多,村庄类型各不相同,村镇基础环境设施比较薄弱,无污水处理和排污设施,生活污水大都没有经过任何处理就任意排放。目前,该区正在进行生态村和新农村建设,因此,准确掌握村镇生活污水产生特征是十分必要的。

2 研究方法

2.1 入户调查

依据村镇居民收入来源的不同,本文将研究区内村庄分为 3 种不同类型,即普通自然村(以下简称普通村)、生态旅游村(以下简称旅游村)和镇政府所

在村(以下简称镇级村)。调查分别选取朱家湾村、水堡子村和葡萄园村作为 3 种类型村庄的典型村,其中朱家湾村为普通村,水堡子村为旅游村,葡萄园村为镇级村。3 个村庄的地理位置如图 1,基本情况如表 1。在各种类型村庄中选择不同收入水平的 10 户村民作为调查对象,每户平均人口 3.5 人,在一年中各个季节连续 3 d 对 10 户村民进行跟踪调查,调查时间分别选择在 2007 年 4 月 20 至 22 日(春季)、7 月 12 至 14 日(夏季)、11 月 2 至 4 日(秋季)和 12 月 15 至 17 日(冬季)。调查的主要内容包括生活污水的来源、各组分产量以及分时段产量(6 时至 23 时)。本次调查采用随机分层重复调查,将若干个标有容积刻度的塑料桶分发给调查农户,用于分类收集生活污水并进行体积测量,并将各类各时段污水产量做好详细记录。

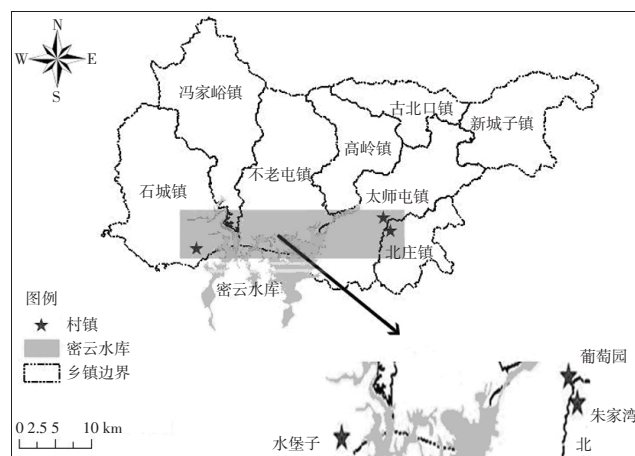


图 1 研究区域图

Figure 1 The map of study area

表 1 2006 年村庄调查概况

Table 1 General information of three types villages

村名	总人口 /人	调查户 数/户	人均 收入/元	主要收入来源	用水 来源	所在 乡镇
朱家湾	1 034	10	6 850	种植业	地下水	北庄镇
水堡子	520	10	9 600	生态旅游	地下水	石城镇
葡萄园	2 725	10	9 130	上班、零售商业	地下水	太师屯镇

2.2 样品采集及分析方法

在 3 个典型村所选取的 10 户居民家中,分类收集厨余废水、洗浴废水和洗衣废水等主要生活污水,旅游村还需采集养鱼废水样品。每个污水样品收集于 1 L 塑料瓶中,在 24 h 内带回实验室进行分析,测定总氮、总磷、氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮以及化学需氧量等水质指标。本文于 2007 年 4 月 20 日和 2007

年 7 月 14 日两次取样并测定分析。

总氮(TN)和总磷(TP)的测定参考《水和废水监测分析方法》^[9]分别采用碱性过硫酸钾-紫外分光光度法和过硫酸钾-钼锑抗分光光度法。氨氮(NH₄⁺-N)、硝酸盐氮(NO₃⁻-N)和亚硝酸盐氮(NO₂⁻-N)采用日本 HC-1000 富营养计测定。COD(化学需氧量)采用 CTL-12 型 COD 快速测定仪催化快速法测定。

2.3 污水排放系数以及污染负荷量估算

人均生活污水排放系数是指在一段时间内(通常为 1 d 或 1 个月)一个人生活过程中产生的污水量。

总氮(总磷)人均排放系数是指每人每天在生活过程中所产生的污水中的总氮(总磷)含量,它直接反映着地区污染物的产生状况,具体计算公式如下:

$$T=\sum(Q_i\times p_i\times t_i)/(1\,000\times n\times d)\tag{1}$$

式中: T 为人均总氮(总磷)排放系数, $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{人}^{-1}$; Q_i 为各类污水调查期间产量, L ; p_i 为各类污水产量百分比,%; t_i 为各类污水总氮(总磷)浓度的平均值, $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; n 为调查涉及人口总数,人; d 为调查的总天数,d。

总氮(总磷)污染负荷的计算公式如下:

$$L'=T\times n'\times 365\times 10^{-3}\tag{2}$$

式中: L' 为总氮(总磷)全年污染负荷, kg ; T 为人均总氮(总磷)排放系数, $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{人}^{-1}$; n' 为地区人口总数,人。

3 结果与讨论

3.1 生活污水产生的数量及类型特征

3.1.1 污水产量特征

普通村、旅游村和镇级村不同季节各类生活污水产量见表 2。

通过对各类村庄中 10 户居民在 4 个季节共 12 d 的污水产量调查数据的统计,发现不同类型村庄的污水总产量及其在各季各类的污水产量都有较大差异。旅游村的生活污水总产量极大,见图 2,每户每天平均总产量为 436.82 L,普通村和镇级村则相对较少,分别为 86.50 和 128.93 L。并且,在各个季节,污水产量总是:旅游村>镇级村>普通村。旅游村夏、秋两季

表 2 不同类型村庄污水产量($\text{L}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{户}^{-1}$)

Table 2 The wastewater discharge amount in three types villages($\text{L}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{household}^{-1}$)

村庄类型	季节	指标	厨余废水	洗浴废水	洗衣废水	养鱼废水	其他
普通村	春季	平均值	10.98	30.89	13.27	0.00	2.70
		范围	1.20~22.50	0.00~218.00	0.00~68.00	0.00	0.00~8.50
	夏季	平均值	11.44	111.32	36.50	0.00	1.28
		范围	1.40~21.00	0.00~245.00	0.00~142.00	0.00	0.90~10.00
	秋季	平均值	11.00	29.58	22.37	0.00	1.11
		范围	3.60~21.50	0.00~186.00	0.00~135.00	0.00	0.80~8.50
	冬季	平均值	10.93	32.53	18.77	0.00	1.32
		范围	1.40~18.70	0.00~192.00	0.00~126.00	0.00	0.70~9.20
旅游村	春季	平均值	51.50	109.03	35.23	127.83	5.28
		范围	12.00~72.00	0.00~362.00	0.00~130.00	0.00~500.00	0.00~16.00
	夏季	平均值	75.50	255.85	48.50	227.87	7.72
		范围	42.00~112.00	52.00~536.00	0.00~120.00	0.00~560.00	2.50~35.00
	秋季	平均值	79.97	183.52	42.37	332.10	6.90
		范围	42.00~126.00	0.00~486.00	0.00~125.00	0.00~560.00	2.00~35.00
	冬季	平均值	23.50	100.87	29.87	0.00	3.88
		范围	0~62.00	0.00~240.00	0.00~156.00	0.00	0.00~11.00
镇级村	春季	平均值	14.23	47.51	26.40	7.33	1.23
		范围	8.00~42.00	0.00~120.00	0.00~100.00	0.00~120.00	0.40~11.00
	夏季	平均值	14.81	119.61	50.17	6.33	3.88
		范围	5.00~39.50	0.00~190.00	0.00~130.00	0.00~100.00	0.90~15.50
	秋季	平均值	15.85	63.67	27.20	7.33	2.27
		范围	6.00~39.00	0.00~180.00	0.00~130.00	0.00~120.00	1.50~15.00
	冬季	平均值	14.82	57.00	28.80	6.00	1.25
		范围	5.00~41.00	0.00~205.00	0.00~130.00	0.00~100.00	0.00~10.50

的各类生活污水产量显著高于冬、春两季,夏、秋两季的养鱼废水和洗浴废水产量极大。普通村和镇级村夏季污水产量略高于其他三季,其中各季污水产量总是:洗浴废水>洗衣废水>厨余废水。

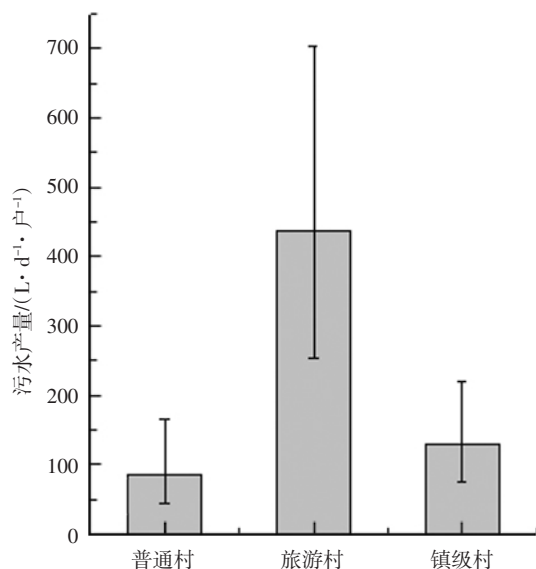


图2 调查期间污水产量

Figure 2 The wastewater discharge amount in three types of villages

3.1.2 污水结构特征

在各类村庄中厨余废水、洗浴废水、洗衣废水普遍存在(见图3)。人粪尿废水因产量相对较少,在此不做讨论。此外,旅游村中旅游业排出的养鱼废水成为了此类村庄中数量最多的废水种类。镇级村也存在着一定数量的养鱼废水。

普通村中的主要生活污水类型为洗浴废水、洗衣废水和厨余废水等,其中洗浴废水产量最高,其次为

洗衣废水和厨余废水,其他废水很少。由于普通村民的家庭收入不高,生活水平相对较低,用水结构只反映其基本生活状况。

旅游村中的主要生活污水类型为养鱼废水、洗浴废水、厨余废水、洗衣废水等。其中养鱼废水的产量最大,其次为洗浴废水,再次为厨余废水和洗衣废水,其他废水产量较小。养鱼废水的大量存在是源于当地旅游业的需要,旅游农户几乎家家都有新鲜活鱼的养殖。

镇级村的生活污水主要有洗浴废水、洗衣废水、厨余废水、养鱼废水等,其中洗浴废水产量最高,其次为洗衣废水和厨余废水,养鱼废水和其他废水只占一小部分。

3.2 生活污水产生的时间特征

3.2.1 季节性

调查结果表明,该地区村镇生活污水的产量和结构具有季节性规律。3种类型村庄生活污水产量随季节变化明显,见图4。旅游村夏、秋两季生活污水产量最高,约为春季的2倍,冬季的4倍,春季产量高于冬季,这种变化与当地旅游活动的季节性特点有着密切的关系。普通村和镇级村夏季污水产量明显高于其他三季,约为其他三季的2~3倍,春、秋、冬三季的生活污水产量基本持平,各季污水产量都比旅游村低。

在生活污水产出结构方面,该地区也呈现出季节性特点,见图5,污水产出结构与污水产量也有相似之处。3类村庄夏季的污水产量均较高,洗浴及洗衣污水比例显著增加,这是由夏季炎热所致的洗浴及洗衣活动比较频繁。普通村和镇级村春、秋、冬三季的污水产出比例大体相当。旅游村夏、秋、春三季的污水产出大体相当,养鱼废水占有很大比例,这是因为夏、秋、春

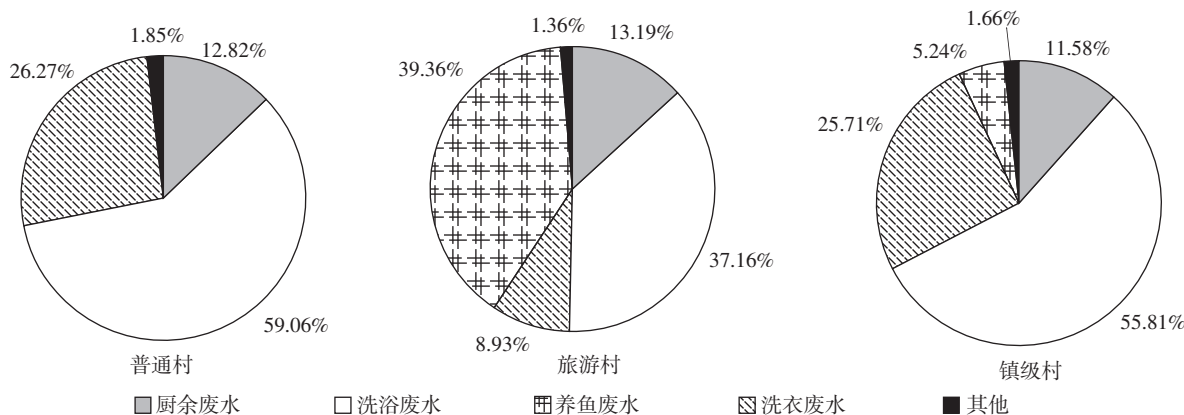


图3 不同类型生活污水产量比例

Figure 3 The proportions of wastewater discharge amount in different types of villages

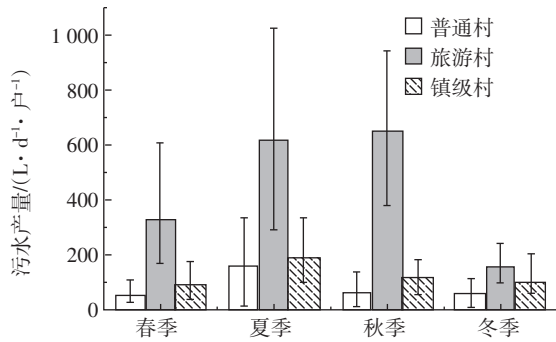


图 4 不同季节村庄污水产量

Figure 4 The wastewater discharge amount in different seasons

三季是旅游的旺季,游客人数是一年中最多之时,当地旅游业主营的新鲜活鱼养殖需要依靠频繁换水来保证水中的溶解氧量,因此旅游村中的养鱼废水产量剧增。春季的旅游活动虽不如夏、秋两季多,产量也较少,但养鱼废水的产出比例却与夏、秋两季相当;冬季

几乎没有旅游活动,无养鱼废水。此外,镇级村中一些常年营业的餐馆也经营活鱼养殖,各季都存在一些养鱼废水。

3.2.2 时段性

经过统计各村庄早 6 时至晚 23 时各个时段(1 h 为一个时段)的污水产量,发现村庄生活污水产生的时段也具有规律性,且三类村庄污水产量时段变化的规律相近,见图 6。

旅游村 1 d 中的污水产量高峰出现在午餐 11 时至 13 时和晚餐 17 时至 19 时,此时农家乐餐馆正是营业之时,并且污水产量很大。7 时和 21 时至 22 时也出现了污水产出小高峰,这是由早餐和睡前洗浴洗衣活动所致。旅游村污水产出的时段性变化规律充分体现了旅游餐饮业时段性的特点。

普通村和镇级村生活污水产出的时段性变化规律基本一致,晚餐后的 21 时至 22 时是一日中污水产出的高峰,此时洗浴及洗衣活动用水量较大。污水产

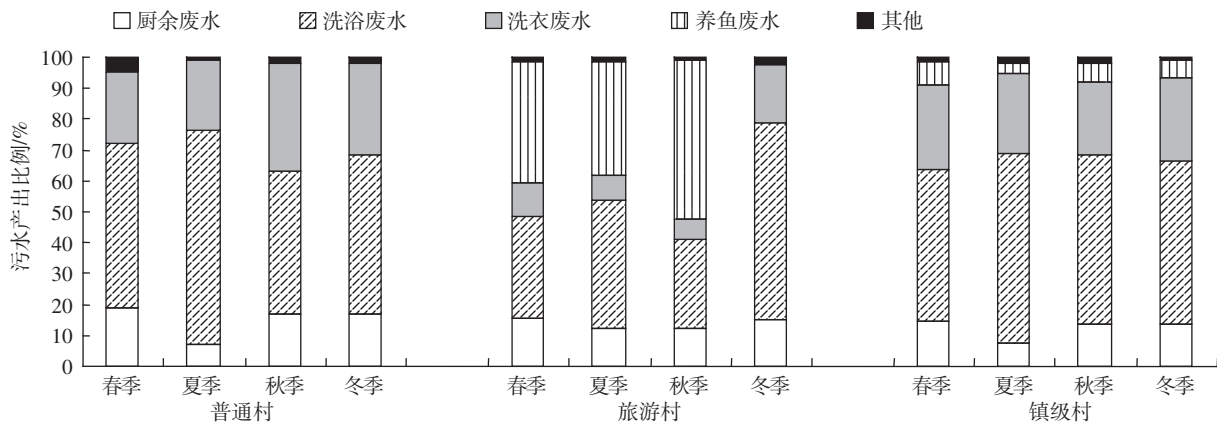


图 5 不同季节村庄污水产出结构

Figure 5 The proportions of wastewater discharge in different seasons

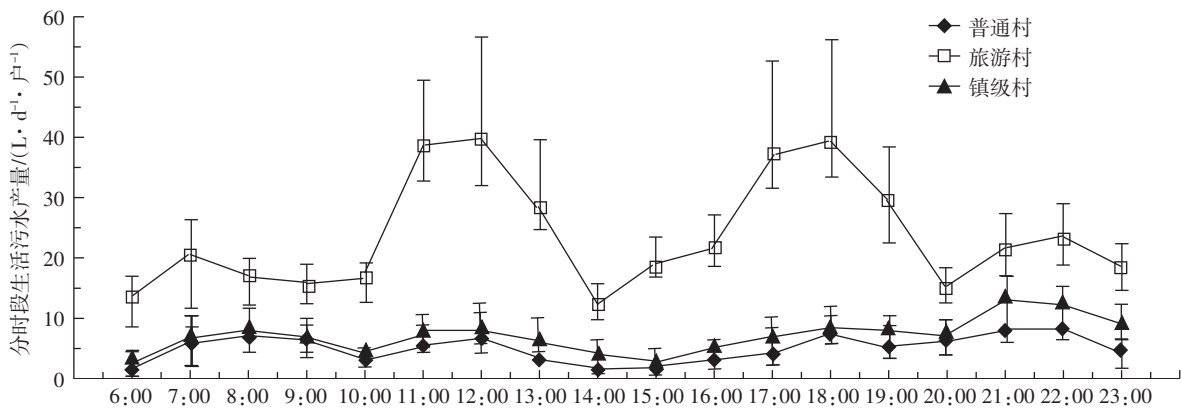


图 6 生活污水产量的时段变化

Figure 6 The wastewater discharge in different periods of the daily time

表 3 生活污水水质指标分析结果

Table 3 Water quality of different household wastewater

村类型	污水类型	采样日期	污水指标/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$					COD
			TN	TP	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NO}_2\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	
普通村	厨余废水	2007-04-20	18.31	2.74	3.87	0.27	12.36	389.32
		2007-07-14	14.71	3.39	3.78	0.38	10.14	426.35
	洗浴废水	2007-04-20	16.36	2.02	2.11	0.00	10.30	98.35
		2007-07-14	24.96	1.98	2.16	0.01	19.06	143.47
	洗衣废水	2007-04-20	11.24	2.54	1.59	0.03	7.25	277.12
		2007-07-14	42.57	3.24	4.12	0.07	26.04	278.35
旅游村	厨余废水	2007-04-20	28.42	4.25	3.57	0.05	20.24	498.96
		2007-07-14	21.34	5.14	2.86	0.05	17.18	532.79
	洗浴废水	2007-04-20	16.51	2.13	2.15	0.03	12.05	135.71
		2007-07-14	18.46	1.56	2.18	0.06	14.09	102.36
	洗衣废水	2007-04-20	23.77	3.27	3.09	0.01	15.07	234.25
		2007-07-14	35.87	2.14	4.05	3.21	25.03	318.56
镇级村	养鱼废水	2007-04-20	1.72	0.10	0.04	0.06	0.06	60.28
		2007-07-14	1.88	0.13	0.03	0.08	0.05	54.15
	厨余废水	2007-04-20	28.32	2.65	3.83	0.22	22.07	515.31
		2007-07-14	20.44	3.16	2.91	0.17	16.89	486.54
	洗浴废水	2007-04-20	21.38	3.50	2.97	0.12	16.03	189.31
		2007-07-14	24.36	2.16	1.08	0.21	0.05	145.36
	洗衣废水	2007-04-20	15.32	4.73	3.17	0.07	10.07	251.54
		2007-07-14	27.52	5.15	3.14	0.05	23.03	297.5

出的小高峰出现在 7 时至 9 时、11 时至 12 时和 17 时至 19 时,三者都为用餐时间,此时厨余废水产量较大。其他时间多数人外出务农,生活污水产量很少。镇级村各时段的生活污水产量因生活水平较高而总体高于普通村。这种时段性变化规律体现了居民的生活作息规律。普通村和镇级村生活污水产出的最高峰之所以未出现在用餐时间,是由于该时段厨余等废水只来自农户自家人,产量较小,不如洗浴洗衣用水量;而旅游村用餐时间的废水多来自于游客,且游客数量多,因此厨余废水产量大。

3.3 生活污水水质状况

两次生活污水样品实验室分析结果如表 3。

生活污水样品实验分析结果表明,普通村的生活污水总氮浓度为 $11.24 \sim 42.57 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 氨氮浓度为 $7.25 \sim 26.04 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 总磷浓度为 $1.98 \sim 3.39 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 化学需氧量浓度为 $98.35 \sim 426.35 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。旅游村的生活污水总氮浓度为 $1.72 \sim 35.87 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 氨氮浓度为 $0.05 \sim 25.03 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 总磷浓度为 $0.10 \sim 5.14 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 化学需氧量浓度为 $54.15 \sim 532.79 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。镇级村的生活污水总氮浓度为 $15.32 \sim 28.32 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 氨氮浓度为 $0.05 \sim 23.03 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 总磷浓度为 $2.16 \sim 5.15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 化学需氧量浓

度为 $145.36 \sim 515.31 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。根据《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 中对污染物标准分级和标准值的规定,本研究的水质指标应符合第二类污染物的一级标准,标准规定 COD、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 和 TP 的最高允许排放浓度分别为 100 、 15 和 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。对比表 3,在本研究结果中,除养鱼废水之外,各村各类污水的 COD 几乎全都超过污水排放标准,厨余废水最多超出 5 倍; $\text{NH}_4\text{-N}$ 约一半超出标准;TP 超标最为严重,全部超标,且超标 3~10 倍。在调查期间,该地几乎没有任何污水处理设施,若这些未达到排放标准的生活污水直接排放到河道之中,这必然会影响到密云水库的水质状况。因此,必要的水处理手段势在必行。

该地区村镇各类生活污水中,厨余废水和洗衣废水是两类各项水质指标均较高的污水类型,见图 7。旅游村中的养鱼废水的各项水质指标普遍较低,见表 3。在旅游村中,厨余废水的各项水质指标均较高,这是因为旅游餐饮业污水的污染状况比一般农村家庭较为严重。洗浴废水的水质指标均比其他两村低,这是因为游客洗浴用水量比普通村民大,这在一定程度上稀释了污染物浓度。在普通村中,洗衣废水中的 TN 略高于厨余废水和洗浴废水。在镇级村中,洗衣废水

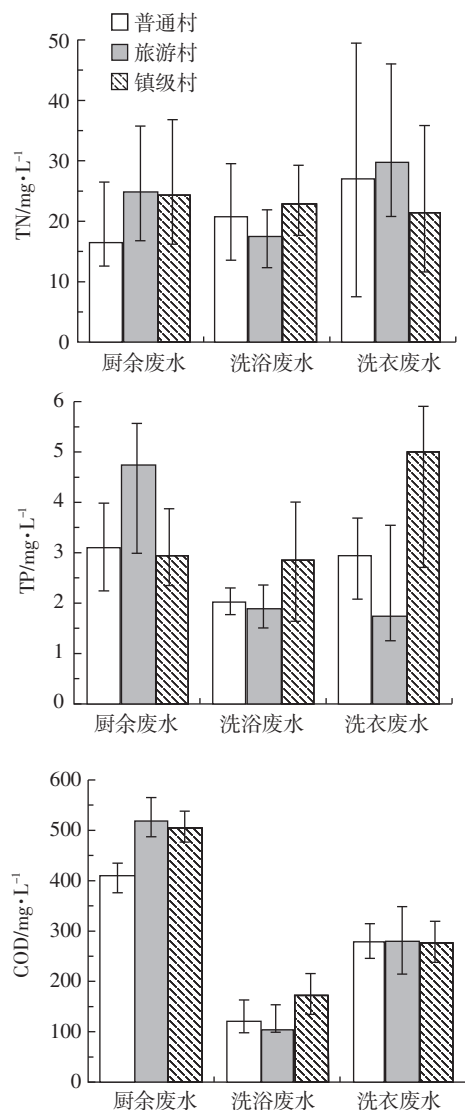


图 7 不同类型生活污水水质状况

Figure 7 The different types of household wastewater quality

中的 TP 明显高于其他两村和其他类型污水,这是因为镇级村的生活水平较高,含磷洗涤剂的用量较大。各类污水的 COD 含量差距较大,厨余废水中的 COD 普遍较高,而洗浴废水普遍偏低;同类污水不同村庄的 COD 含量基本持平。这说明 COD 与污水类型密切相关,与村庄类型无明显相关。各村厨余废水和洗衣废水中的 NO_3^--N 均比洗浴废水高。

水质状况的季节性差异不但与村庄类型有关,还与污水类型有关。对比春、夏两季的生活污水水质指标,可以看出夏季普通村生活污水中的 COD、 NO_2^--N 和旅游村污水中的 NO_2^--N 浓度普遍比春季高,夏季镇级村污水中的 NO_3^--N 浓度普遍比春季低。夏季厨余废水中的 TN、 NH_4^+-N 、 NO_3^--N 和洗浴废水中的 TP

度均比春季低,夏季厨余废水中的 TP、洗浴废水中的 TN 和 NO_2^--N 以及洗衣废水中的 TN、 NH_4^+-N 、COD 均比春季高。

普通村生活污水中的 TP 与太湖地区农村^[4](2.5~3.5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)相近,旅游村和镇级村则稍高。3 类村庄的 TN 和 COD 大体比太湖地区农村^[4](30~40 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 350~700 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)略低。这说明本水源保护区生活污水中磷浓度高,污染较严重,应重点控制与治理。

3.4 污水排放系数以及污染负荷量

在分析各类污水产量的统计数据后,经计算得出了 3 类村庄的人均污水排放系数。普通村人均污水排放系数为 26 $\text{L}\cdot\text{d}^{-1}$,旅游村为 118 $\text{L}\cdot\text{d}^{-1}$,镇级村为 39 $\text{L}\cdot\text{d}^{-1}$ 。普通村和镇级村的人均污水排放系数(26 $\text{L}\cdot\text{d}^{-1}$, 39 $\text{L}\cdot\text{d}^{-1}$)与太湖地区农村^[4](25.7~75.9 $\text{L}\cdot\text{d}^{-1}$)相近,而旅游村略高(118 $\text{L}\cdot\text{d}^{-1}$)。王俊起等^[5]的研究发现上海及浙江地区的农村人均污水日排放量为 100~130 L,旅游村与之相近,北京地区的农村人均污水日排放量为 50.58 L,河南地区为 7.87~8.74 L,普通村和镇级村介于二者之间。这说明经济水平和自然条件与污水排放量相关。旅游村排放系数最高,普通村最低。

依照此系数,并参照 3 个调查村的人口数量,可以计算出朱家湾村的污水产量为 9 812.66 $\text{m}^3\cdot\text{a}^{-1}$,水堡子村为 22 396.40 $\text{m}^3\cdot\text{a}^{-1}$,葡萄园村为 38 790.36 $\text{m}^3\cdot\text{a}^{-1}$ 。

通过公式(1)的计算,普通村的人均总氮、总磷排放系数分别为 0.57 和 0.06 $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$,旅游村分别为 1.58 和 0.19 $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$,镇级村分别为 0.84 和 0.13 $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ 。依照总氮、总磷排放系数,可计算出朱家湾村 2007 年生活污水的总氮、总磷污染负荷分别为 213.73 和 23.38 kg,水堡子村分别为 300.16 和 36.36 kg,葡萄园村分别为 833.25 和 125.55 kg。

镇级村因其人口相对较多且经济发展较好而污水产量和氮磷排放量较大。普通村因其人口较少且经济相对落后而污水排放系数和氮磷排放稍少。旅游村受旅游餐饮业的影响而人均污水排放系数和污染物排放系数较大。

4 结论

(1)农村生活污水的产生特征主要受村庄类型的影响,镇级村因其人口相对较多且经济发展较好而污水产量和氮磷排放较大,普通村因其人口较少且经济相对落后而产量少,旅游村的生活污水产量远远高于普通村和镇级村。厨余废水、洗浴废水和洗衣废水构

成该地区生活污水的主要部分,其中旅游村的污水主要来自养鱼废水。

(2)生活污水的产生具有季节性特点,旅游村夏秋两季污水产量最高,约为冬春两季的2~4倍;普通村和镇级村夏季污水产量约为其他三季的2~3倍。农户在用餐及晚餐后洗浴时间会出现污水产出高峰。

(3)生活污水中的TP、COD和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 指标均较高。

不同村庄类型农村生活污水的排放系数和总氮、总磷排放系数不尽相同,普通村、旅游村和镇级村的人均污水排放系数分别为26、118和39 $\text{L}\cdot\text{d}^{-1}$ 。普通村的人均总氮和总磷排放系数分别为0.57和0.06 $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$,旅游村分别为1.58和0.19 $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$,镇级村分别为0.84和0.13 $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ 。COD与污水类型密切相关,与村庄类型无明显相关。

参考文献:

- [1] Metcalfe C D, Miao X S, Koenig B G, et al. Distribution of acidic and neutral drugs in surface waters near sewage treatment plants in the lower Great Lakes, Canada[J]. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2003, 22(12):2881-2889.
- [2] Hakan J, Thoraxel S, Jan S, et al. Source separated urine-nutrient and heavy metal content, water saving and faecal contamination[J]. *Water Sci Tech*, 1997, 35(9):145-152.
- [3] 陈鸿烈,曾安新,梁家柱.台湾农村生活废水之水质特性及其影响研究[J].水土保持研究,1999,6(3):100-105.
Chen Hong-lie, Zeng An-xin, Liang Jia-zhu. Evaluation of water quality and influence from domestic wastewater[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 1999, 6(3):100-105.
- [4] 徐洪斌,吕锡武,李先宁,等.太湖流域农村生活污水污染现状调查研究[J].农业环境科学学报,2007,26(增刊):375-378.
XU Hong-bin, LV Xi-wu, LI Xian-ning, et al. A survey on village sewage pollution in a zone of Tai Lake[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007, 26(supplement):375-378.
- [5] 王俊起,王友斌,李筱翠,等.乡镇生活垃圾与生活污水排放及处理现状[J].中国卫生工程学,2004,3(4):202-205.
WANG Jun-qi, WANG You-bin, LI Xiao-cui, et al. Discharge and disposal status on domestic garbage and sewage in countrysides [J]. *Chinese Journal of Public Health Engineering*, 2004, 3(4):202-205.
- [6] 张德刚,汤利,陈永川,等.滇池流域典型城郊村镇排放污水氮、磷特征分析[J].农业环境科学学报,2007,26(6):2245-2250.
ZHANG De-gang, TANG Li, CHEN Yong-chuan, et al. Discharge rule and character of nitrogen and phosphorus in household wastewater from suburb typical region in Dianchi Lake catchment[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007, 26(6):2245-2250.
- [7] 陈能汪,张璐平,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(自然科学版),2004,43(增刊):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(supplement):249-253.
- [8] 王小平,甘敬,薛康,等.密云水库水源保护区可持续发展战略研究[M].中国林业出版社,2004.
WANG Xiao-ping, GAN Jing, XUE Kang, et al. Strategic study on sustainable development in watershed of Miyun Reservoir[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2004.
- [9] 国家环保总局,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.
State Environmental Protection Administration, Editorial Board of Monitoring and Analysis Methods of Water and Wastewater. Monitoring and analysis methods of water and wastewater[M]. Beijing: China Environmental Science Publishing Company, 2002.

致谢:本文的野外调查工作得到了北京市密云县水土保持工作站王连荣工程师和北庄镇林业站的大力帮助,谨表谢意。