

三峡库区典型临江村镇排放污水的水质水量特征分析

方芳, 王磊, 郭劲松, 邹建勇

(重庆大学城市建设与环境工程学院, 重庆 400045)

摘要:以重庆市石宝村镇为研究区域,通过现场采样及室内分析方法研究三峡库区典型临江村镇污水排放的水质和水量特征,了解该类村镇污水污染状况及治理工程设计具有指导意义。结果表明,该类村镇排放的污水呈现出高氮、中磷、低有机物及低碳氮比的特征,无机态的氨氮和 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 是氮磷存在的最主要形态。1 d 内排放的污水流量和污水中各种污染物浓度随时间的变化在总体上趋势一致,但各时段的变化规律各有不同;不同功能日之间的污水流量和 TP 浓度相差较大, COD_Cr 和 TN 变化不明显;由于月际间气温变化导致的用水活动变化和雨水的季节性分布,所研究的 5—11 月份的污水流量差异明显,主要污染物之间显现出类似的浓度变化规律,其中 6、11 月份的浓度明显高出监测期间的其他月份。上述的流量和污染物浓度变化特征基本体现了三峡库区典型临江村镇居民的生活方式、作息规律及排水特点。

关键词:三峡库区;临江村镇;水质水量特征

中图分类号:X508 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2009)08-1661-08

Characteristics of Domestic Wastewater Quality and Quantity Discharged from Typical Villages and Small Towns by the Riverside in Three Gorges Reservoir Region

FANG Fang, WANG Lei, GUO Jin-song, ZOU Jian-yong

(Faculty of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: To understand the pollution condition of sewage from typical villages and small towns by the riverside in Three Gorges Reservoir and to conduct the wastewater treatment engineering design, the characteristics of domestic wastewater quality and quantity from Shibao village and small town in Chongqing were investigated by using on-site sampling and the experimental analysis from May to November in 2008. The results showed that the domestic wastewater discharged from this type of towns had the characteristics of high nitrogen, medium phosphorus and low organic matter concentration with the low carbon nitrogen ratio. Inorganic forms of nitrogen and phosphorus were dominant. The flow rate and the concentrations of different pollutants in the wastewater changed over time with a general identical tendency in a whole day, but the variations in the scale of hours differed. Wastewater flow rate and TP concentration showed obvious differences in different functional days. However, the concentrations of COD and TN had no significant changes. With the variation of water-consuming activities as a result of the monthly changes of temperature and the seasonal distribution of rain water, wastewater flow rate varied significantly in the study period (from May to November), and the concentrations of main pollutants also exhibited a similar variation trend, the concentrations of pollutants in June and November were obviously higher than the other months in the monitoring period. The above mentioned variation tendencies of wastewater flow rate and pollutants concentrations basically reflected the characteristics of domestic wastewater discharging, the life styles and living schedules of local residents at typical villages and small towns by the riverside in Three Gorges Reservoir Region.

Keywords: Three Gorges Reservoir Region; villages and small towns by the riverside; characteristics of domestic wastewater quality and quantity

近年来,随着我国经济建设的迅猛发展与人口的不断增长,村镇居民生产、生活排放的有机污水量也

在逐年增加。与大城市相比,村镇污染治理工作目前仍是一个盲点,也是一个难点。目前,全国共有建制镇 1.8 万余个,人口约 1.6 亿人,占城镇人口的 28%。由于人口聚集、管理水平低下,村镇生活污水污染问题日趋严重。环保部门数据显示,按照每人每年平均排放污水 70 t 计算,全国村镇年排放污水 112 亿多 t。我国村镇绝大多数分布在江河岸边,污水直排入江河,严重污染了流域水质,成为水污染的重要因素之一^[1]。

收稿日期:2008-12-07

基金项目:中国科学院西部行动计划项目(KZCX2-XB2-07-02);重庆市科技攻关计划项目(CSTC, 2008AB7083);国家科技支撑计划子课题(2006BAJ08B01-03)

作者简介:方芳(1973—),女,副教授,研究方向为废水处理技术与理论。E-mail:xiduo@tom.com

通讯作者:郭劲松 E-mail:guo0768@vip.sohu.com

国内外已开展过对生活污水产生和排放规律及主要污染物负荷的研究,但主要集中于城市社区和农村地区的生活污水及其治理与综合利用方面^[2-7]。对于临近水体的村镇污水排放特征,特别是三峡库区周边村镇的研究则鲜有报道。

三峡水库开始蓄水后,其水文情势发生了显著变化。水深增加,流速减缓,水体的稀释自净能力减弱。与此同时,三峡库区周边村镇发展迅速,用水量和污水排放量也随之迅速增加,由于多数村镇生态环境脆弱,排水体制不健全,排放的污水绝大部分未经任何处理就直接排入长江,增加了长江的污染负荷,最终将影响到三峡水库的水质。并且随着三峡水库蓄水水位的提高,污水从产生到进入水体的距离被进一步缩短,污染物在输送过程中的降解能力被削弱,致使村镇污水的威胁被进一步放大。研究临江村镇排放污水产生规律及特征,对探讨适宜的污水处理工艺,有效控制村镇污水造成的水体污染,从而保护三峡库区水环境具有重要意义。本研究选取三峡库区重庆段的典型临江村镇——石宝村镇进行分析,获取排放污水的水量水质特征,为三峡库区临江村镇污水控制提供重要依据。

1 采样点布置与分析方法

1.1 研究区域概况和采样点设定

本研究所选取的研究区域石宝村镇具备三峡库区诸多临江村镇的典型特征。住房多为居民自建的3~6层楼房,沿道路四周布置,一般第一层为铺面,中间为出租房或旅店,顶楼自家居住,居民间的生活规律和用水习惯比较接近。村镇的市政设施不完备,缺乏覆盖全镇的排水管网,各户居民的生活污水大多经化粪池处理后排入暗渠在镇周经由3条天然排水沟和1条人工排水沟进入长江。四条排水沟长70~130 m不等,沟内沉积有大量污泥及各种垃圾,污水呈黄色,带有明显恶臭味,污水经排水沟直接进入长江。在3条天然排水沟和1条人工排水沟的出口各设1采样点,定期采样分析。

1.2 采样时间和分析方法

采样于2008年5月至11月之间进行,每隔3~5 d采集4个采样点的水样,采样容器为自备塑料瓶,采样体积为500~600 mL。由于人工排水沟的整体条件较好,便于采样和计量流量,在7、8、9月均各选数日每隔2 h采样1次,考察污水的时变化情况,于9月份连续采样7 d,研究污水的日变化规律,流量测定采用三角堰经验公式法和体积法相结合的方式。水样采集完毕后立即送实验室进行分析。

各指标按国家标准^[8]进行分析。 COD_G 用重铬酸钾法测定;TN、DN(Dissolved Nitrogen)用过硫酸钾氧化紫外分光光度法测定;TP、DP(Dissolved Phosphorus)、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 用钼酸铵分光光度法测定(其中取原样测定TN、TP,取滤膜过滤后的水样测定DN、DP、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$); $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^- \text{-N}$ 、 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 分别用紫外分光光度法、N-乙二胺盐酸盐分光光度法、纳氏试剂比色法测定。由于TN由DN和PN(Particle Nitrogen)组成,而DN一般分为 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^- \text{-N}$ 、DON(Dissolved Organic Nitrogen)4部分,TP由DP和PP(Particle Phosphorus)组成,其中DP一般分为 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 和DOP(Dissolved Organic Phosphorus)两部分,所以PN、PP、DON、DOP通过差减法得出具体数值。

2 结果与分析

2.1 临江村镇排放污水的水质特征分析

从表1和图1可以看出,石宝村镇排放污水中的 COD_G 普遍小于 $250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,平均值仅为 $180 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,在7个月的监测周期内,测得的诸多数据与平均值的离差比较中,83.8%落在了(-80,70)区间内,可见 COD_G 浓度的变异程度很小,体现出较好的稳定性。TN浓度整体分布比较均匀,主要分布在 $25 \sim 70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 之间,最高值和最低值的比值达到了7.2,平均值为 $47.30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。碳氮比(COD_G/TN)平均值仅为3.93,监测数值之间的差异也很小,表明石宝村镇排放的污水是典型的低碳氮比污水,不利于污水中氮的去除。TP的平均值为 $4.42 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,主要分布在 $2.0 \sim 7.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 之间,

表1 石宝村镇排放污水的水质特征($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

Table 1 Characteristics of discharged domestic wastewater quality from Shibao village and small town($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

污染物指标	样本数	最小值	最大值	平均值	分布区间1	分布比例/%	分布区间2	分布比例/%	分布区间3	分布比例/%
COD_G	80	44	456	180	<100	7.5	100~250	83.8	>250	8.8
TN	80	9.90	72.02	47.30	<25	4.5	25~70	92.4	>70	3.0
C/N	66	2.07	8.45	3.93	<2.5	6.1	2.5~6.0	87.9	>6.0	6.1
TP	66	0.92	9.84	4.42	<2.0	2.5	2.0~7.0	92.5	>7.0	5.0

其数值之间的差异性较大,最大值和最低值的比值超过了 10。

将上述结果与其他地区的研究结果^[9-14]进行比较见表 2。由表 2 可以看出,与一般城市和城镇生活污水相比,该区域排放污水中的 TN 浓度明显偏高,TP 浓度与之相差不大,COD_{Cr} 则略低,呈现出典型的高氮、中磷、低有机物及低碳氮比的特征。这与周健等^[12]

对三峡库区小城镇水质调研及监测中发现的用水量较小的小城镇,其排放的污水具有高氮及低碳氮比特征的结果是基本一致的,表明这类污水在三峡库区村镇中具有一定的代表性。

对于这种高氮中磷低碳氮比的村镇污水,采用现有的常规脱氮工艺很难处理达标,因此在监测村镇污水水量和主要污染物浓度的同时,对各形态氮磷含量

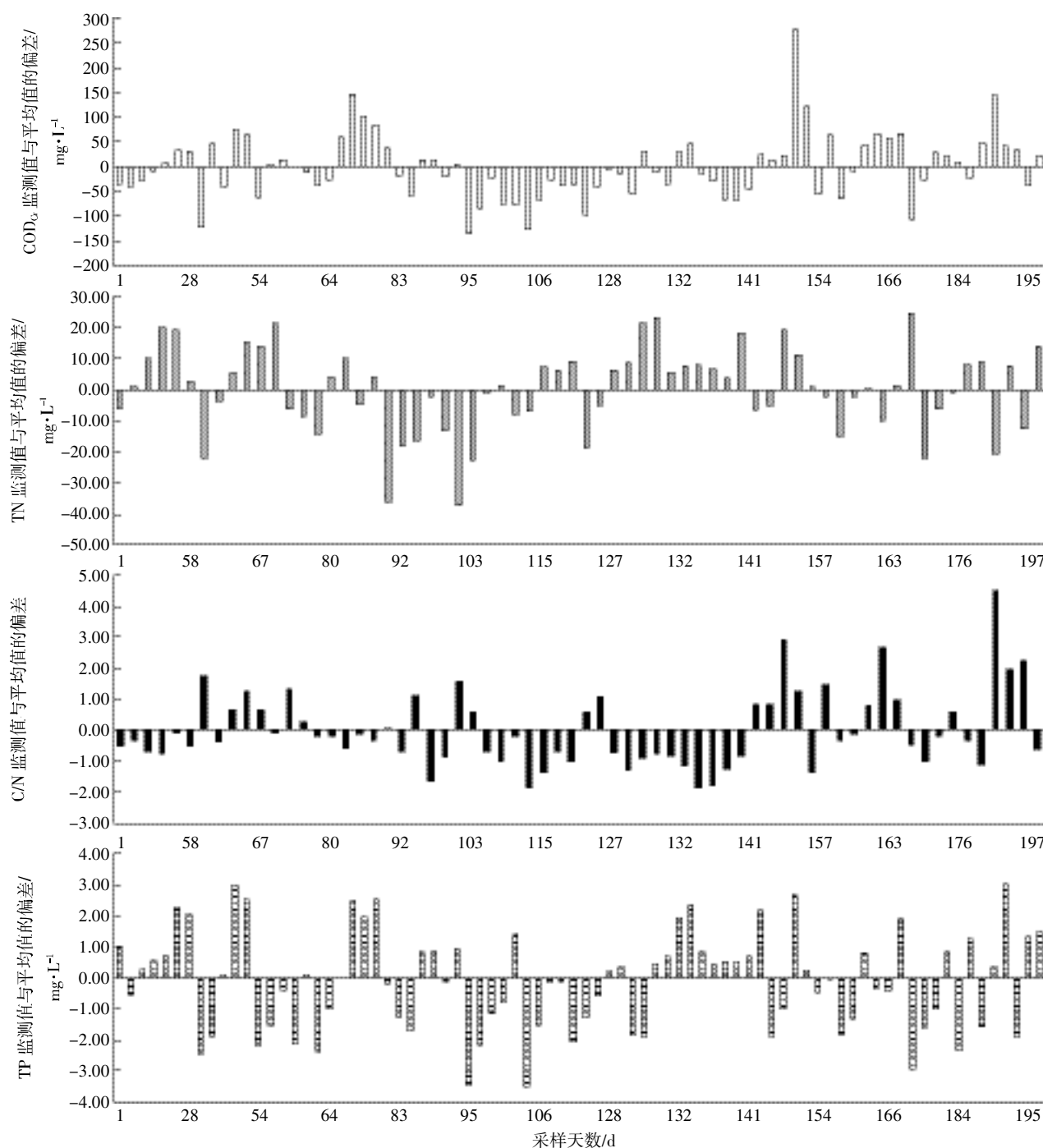


图 1 石宝村镇排放污水的水质变化情况

Figure 1 Quality changes of discharged domestic wastewater from Shibao village and small town

表 2 石宝村镇与其他地区污水水质同异性比较(mg·L⁻¹)
Table 2 Compare characteristic of domestic wastewater quality
between Shibao village and small town and other regions(mg·L⁻¹)

类型	地区	项目		
		COD _{Cr}	TN	TP
村镇生活污水	重庆市忠县石宝村镇	180	47.30	4.42
城镇生活污水	珠江三角洲	218	22.20	4.85
	番禺市市桥镇 ^[9]	196	30.04	3.51
城镇生活污水	济南市部分小城镇 ^[10]	130~290	—	2.26~3.91
城镇生活污水	广东三水白坭镇 ^[11]	186	40	2.2
城镇生活污水	三峡库区部分小城镇 ^[12]	350	80	5.9
城市生活污水	扬州市某住宅小区 ^[13]	250~350	27~58	4.1~8.2
城市生活污水	武汉黄孝河地区 ^[14]	165	25.84	2.55

与其所占百分比也进行了分析。从表 3 可以看出,对于氮元素,氨氮所占比例最高,在 58.53%~89.73%之间,平均达 76.00%;颗粒态氮次之,在 3.83%~24.90%之间,平均达 12.75%;溶解有机氮在 0.64%~16.92%之间,平均达 8.54%;硝态氮所占比例较低,在 0.08%~5.06%之间,平均占 1.90%;亚硝态氮所占比例最低,在 0.20%~2.98%之间,平均占 0.80%。可见,氮素主要由氨氮、颗粒态氮和溶解有机氮 3 种形态组成,其中无机态的氨氮是其最主要的存在形态。在磷元素中,PO₄³⁻-P 所占比例最高,在 48.08%~88.29%之间,平均达 68.82%;颗粒态磷次之,在 6.98%~37.41%之间,平均达 21.50%;溶解有机磷最低,在 1.06%~29.11%之间,平均占 9.67%。因此,磷的组成主要以 PO₄³⁻-P、颗粒态磷为主,其中无机态的PO₄³⁻-P 是最主要的存在形态。溶解有机磷虽然不是磷素的主要组成部分,但是其平均比例达 9.67%,也是一种不容忽视的污染形态,应引起重视。

陈能汪等^[3]研究九龙江流域农村生活污水,认为氨氮在生活污水中占有较大的比例(50%以上)、硝氮在总氮中所占比率较小(16.2%)、PO₄³⁻-P 在总磷

中所占的比例很大(59.3%);张翔凌等^[14]研究武汉黄孝河地区城市污水水质特征,得出氨氮在总氮中所占比率为 69%;张德刚等^[15]研究滇池流域村镇各形态磷所占百分比,认为污水中的磷主要以 PO₄³⁻-P(59.23%)、颗粒态磷(24.69%)的形式存在;李桂芳等^[16]研究株洲市生活污水,认为氮磷主要以无机盐形式存在,其中氨氮在总氮中所占比率为 44.77%,硝态氮所占比例不足 2%的结论。与本文结果相比,在污染物主要存在形态的甄别方面结论是一致的,氮磷元素中各形态所占的比例则有一些差别。所以在对该区域和类似区域污水进行处理时应优选对氨氮、颗粒态氮、PO₄³⁻-P、颗粒态磷去除率高的工艺,这样才能得到理想的氮磷去除效果。

该区域的污水之所以呈现出上述特征,主要是由当地村镇社会经济情况、排水特点、生活方式所致。该类村镇缺乏规模的工业和养殖业,排放的污水主要以生活污水为主。居民生活杂排水、尿液和粪便通过自家管道或直接进入道路下的暗渠或进入化粪池进行初步处理后排入暗渠,由于暗渠底部较宽,每隔一定距离设置水凼,同时居民用水量较小,致使污水在暗渠内的流速较低,很多悬浮固体在暗渠中沉积,因此污水中的 COD_{Cr} 较低,平均值仅为 180 mg·L⁻¹。张大弟等^[17]的研究表明,人粪尿是污水中氮磷含量最主要的贡献者。在当地村镇,由于水价和生活习惯等原因,居民普遍重视节水,注重水的循序使用。大多数居民家中采用的是蹲式大便器,其冲洗方式为水龙头接塑料管的手动冲洗方式和生活杂用水冲洗方式,可以人为地控制冲洗流量和时间,从而可以根据主观意愿减少不必要的冲厕水量浪费,致使污染物出现了一定的浓缩现象;并且沟渠中的粪渣、泥灰渣、生活垃圾等沉积物没有专门的人员进行定期清理,其颗粒物和渗液对氮磷值也有较大的贡献,由此造成了村镇污水较高的氮磷浓度。但是由于村镇临近江边,部分村民出

表 3 石宝村镇排放污水中氮磷污染物形态分布
Table 3 Compositional ratio of nitrogen and phosphorus in discharged domestic wastewater from Shibao village and small town

项目	N 形态						P 形态			
	TN	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	NO ₂ ⁻ -N	DON	PN	TP	PO ₄ ³⁻ -P	DOP	PP
最大值/mg·L ⁻¹	72.02	64.28	1.27	0.70	6.93	11.24	9.84	6.77	0.99	2.55
最小值/mg·L ⁻¹	9.90	6.30	0.03	0.08	0.43	1.34	0.92	0.52	0.03	0.14
平均值/mg·L ⁻¹	47.59	36.17	0.91	0.38	4.06	6.07	4.34	2.99	0.42	0.93
最大百分比/%	100.00	89.73	5.06	2.98	16.92	24.90	100.00	88.29	29.11	37.41
最小百分比/%	100.00	58.53	0.08	0.20	0.64	3.83	100.00	48.08	1.06	6.98
平均百分比/%	100.00	76.00	1.90	0.80	8.54	12.75	100.00	68.82	9.67	21.50

于节水等考虑在江边进行洗衣,同时无磷洗衣粉的使用也在逐步推广,因此村镇污水中的磷污染并没有氮污染那么严重。

2.2 村镇污水排放的水量水质变化规律分析

2.2.1 时变化规律

在7、8、9月各选几个无雨水干扰的日子进行逐时采样,采样结果进行分析见图2。从图中可以看出,1d内排放的污水流量和污水中各种污染物浓度随时间的变化在总体上趋势一致。流量、 COD_{Cr} 、TN和TP在1d内均出现多个峰值和低谷,并都在08:00和16:00—18:00附近分别达到一天中的最高值和最低值,但各时段的变化规律各有不同。

流量在1d中出现了两个明显的高峰时段,08:00左右和20:00—22:00之间,一个低谷时段,16:00附近。考虑到村镇污水基本以生活污水为主,没有规模畜牧业和工业,夜间污水流量较小,则村镇的污水排放在1d内会呈现出一个明显的M形。 COD_{Cr} 在1d内的各时刻间波动较大,并呈现出3个明显的峰值,分别在08:00、14:00、20:00附近,与村镇居民的用餐时间一一对应,显示出一定的相关性。TN值在1d的

各时刻内波动不是很大,总体上呈现出下降趋势。除08:00浓度值较高和18:00浓度值较低以外,其他时刻的浓度波动较小。TP值在1d各时刻内的波动呈现出很强的规律性。上午、下午和晚上3个时段间的TP值差异较大,呈现出由早到晚的下降趋势,最高值与最低值相差达 $3\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$;但3个时段内各自的浓度变化相对较小,就餐时间左右的TP值高于饭前和饭后2h的值,说明磷污染与人们日常生活中使用的合成洗涤剂的用量有直接关系,在洗衣、洗涤等频度较高时,出现了较高的磷负荷。

上述的流量和污染物浓度的时变化规律,与陈能汪等^[3]研究九龙江流域农村生活污水的总氮、总磷与氨氮浓度均在中午12:00前后与下午18:00至20:00达到峰值,早晨达到最低点;张德刚等^[15]研究滇池流域村镇污水流量和各污染物浓度高峰多出现在上午(09:00)、中午(13:00)和夜晚(22:00),低谷出现在清晨(07:00)和傍晚(18:00);李桂芳等^[16]研究株洲市生活污水的结果中午和傍晚前后浓度较高、早晨和半夜浓度较低;陈明曦等^[18]研究校园生活污水变化规律结果中午和夜晚时分浓度高,清晨和傍晚浓度低

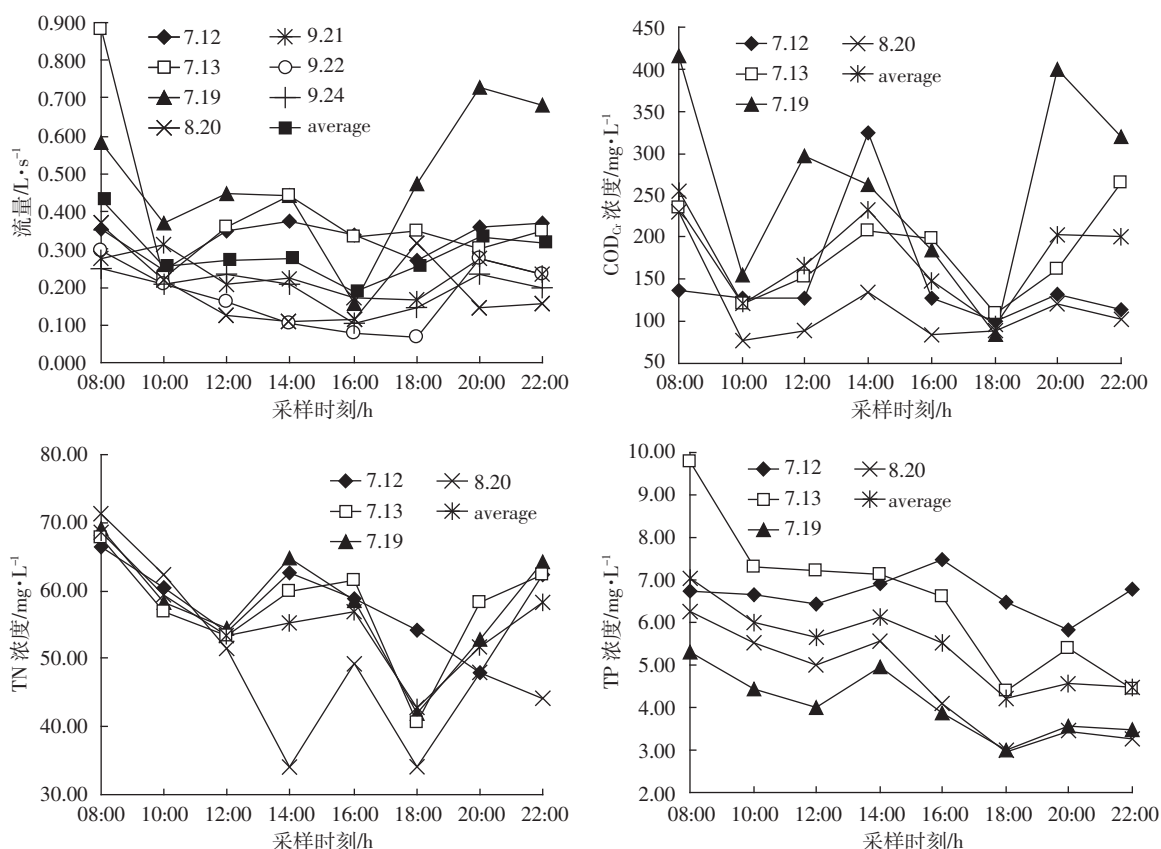


图2 村镇污水排放时变化

Figure 2 Hourly changes of discharged domestic wastewater from Shibao village and small town

等结果有相似,但不同之处居多。由于所研究区域为临江村镇,具有城市和农村相结合的特点,当地居民的生活方式、作息规律、排水特点与纯农村、城市、学校等存在明显的差别,因此污水排放规律也有所不同。当地居民早餐时间较早也比较集中,基本在 7:00 前后,并且早上洗漱、入厕活动频率高,导致相应的流量和污染物浓度也高;同时污水夜间流量小,有时会出现断流,导致污染物大量沉积,加上沟渠内的沉积物没有相关人员定期清理,当早上流量突然增大时,大量沉积物随污水进入排水沟中,导致早晨的污染物浓度偏高;而当地的中午用餐时间则比较分散,其他用水活动也较少,除 COD_Cr 外,中午的流量和污染物浓度都没有出现明显的峰值,而晚上虽然洗涤等活动频率较高,但是由于淋浴等大用水量的活动也比较集中,在一定程度上对污水产生了稀释作用。因此,晚上的污水流量较高,但是污染物浓度与早晨相比却有所降低。在对类似典型区域进行污水处理时,应该针对这些特点进行规划和设计。

2.2.2 日变化规律

根据研究区域的实际情况和天气情况,将 9 月的一段连续、无雨水干扰、用水人口变动较小的时期根

据功能分为工作日、赶集日和周末日,三者之间互不重合。从图 3 可以看出,周末的污水流量最大,其日污水量较普通日高出约 30%,较赶集日高出约 18%,即污水日流量周末>赶集日>普通日。这种现象与当地的居民生活习惯、工作制度密切相关。当地的单位和政府机关多为双休日的放假模式,一般家庭习惯在有大量空闲时间的周末进行洗衣、打扫卫生等耗水较多的活动,因此其污水排放量较普通日要高出许多,而镇上居民和附近村民大多在赶集日要贩卖和采购大量生产生活的必需品,很多必需品如蔬菜、水果等都需要清洗,因此和普通日相比,要产生一些额外的用水量,由此造成了三者污水流量的显著差异。

从图 3 可以看出, COD_Cr 和 TN 体现出了和流量类似的变化规律,只是变化幅度都比较小。这是因为周末污水量虽然较平时增加了很多,但都是一些污染物浓度含量较小的大用水量活动,因此 COD_Cr 和 TN 变化幅度不大;而三类活动日的洗衣、洗涤、淋浴等活动等频度相差较大,从而出现了明显的磷浓度变化。

2.2.3 月变化规律

选取 5—11 月人工沟渠的监测结果进行月际之

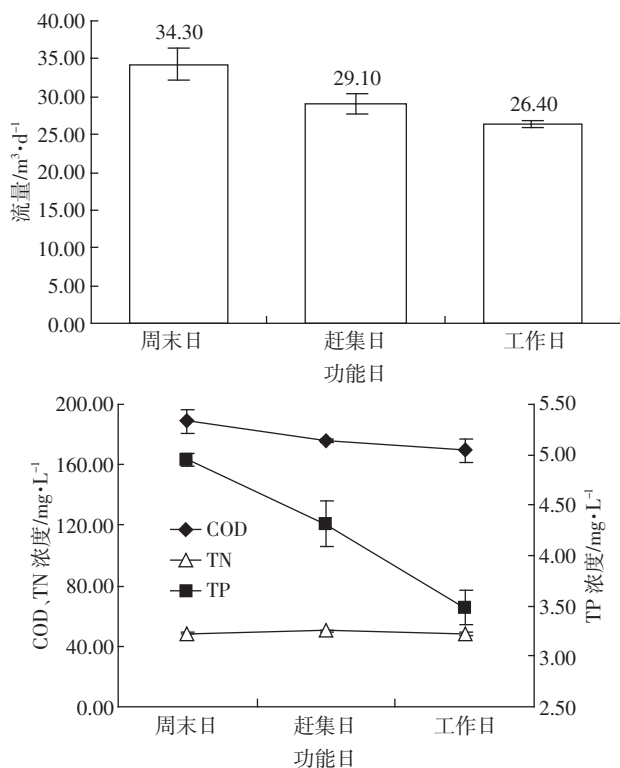


图 3 村镇污水排放日变化

Figure 3 Daily changes of discharged domestic wastewater from Shibao village and small town

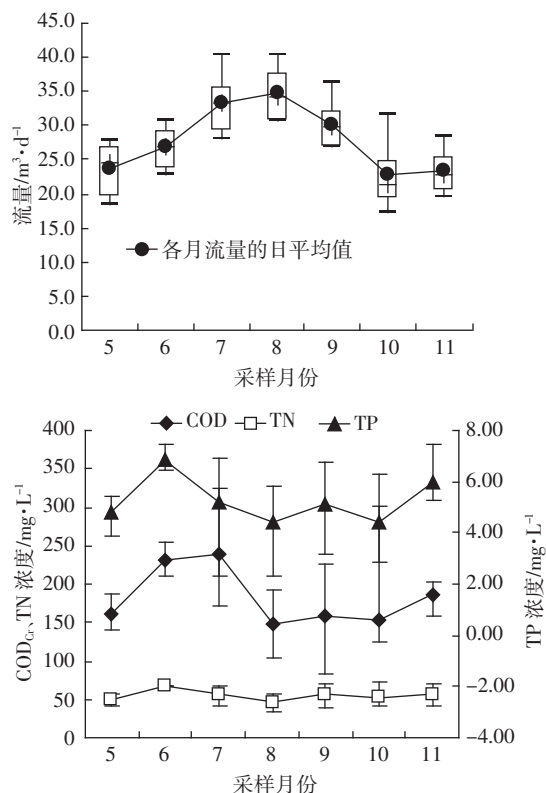


图 4 村镇污水排放月变化

Figure 4 Monthly changes of discharged domestic wastewater from Shibao village and small town

间的同异分析,具体见图4。从图中可以看出,各月的箱体较短,相互之间的箱体长度差异较小,表明月内的污水流量波动比较平稳。各月流量的日平均值自5月开始持续增加,到8月达到最高峰,日均流量为 34.7 m^3 ,自9月开始持续递减,到10月日均流量降至 22.8 m^3 达到最低点。其中7—9月的流量较高,日平均流量为 32.8 m^3 ,5、6、10、11月的流量处于较低水平,相互之间的波动较小,其日流量的平均值仅为7—9月平均值的70%左右。由于研究区域内人员流动较少,用水量的变化与气候的变化呈现出良好的相关性,因此这种月份之间污水量的波动主要是由相应月份的气温变化导致的用水活动变化,主要是淋浴水量和次数的增加,和雨水的季节性分布。 COD_Cr 、TN、TP与流量的月际变化之间没有明显的相关性,但是三者之间呈现出类似的变化规律。5—6月随着流量的增加, COD_Cr 、TN、TP浓度也呈上升趋势,并且上升的幅度较大。除7月的 COD_Cr 浓度与6月基本持平外,7—8月的主要污染物浓度持续下降并全部在8月达到监测期间的最低值,其原因是以淋浴废水为代表的大流量低污染物浓度的用水活动较多和雨季的到来对生活污水起到稀释作用,另外由于温度升高使微生物等的活动加剧,也在一定程度上加速了污水在沟渠中的净化,使得生活污水中的污染物浓度稍有降低。9、10月份的主要污染物浓度和8月份相比有所回升,但是幅度较小,而到11月份,由于天气转冷,用水量锐减,在一定程度上对污水产生了浓缩作用,因此 COD_Cr 、TN、TP浓度值都出现了较大幅度的上升。总体上6、11月份的主要污染物浓度明显高出监测期间的其他月份。

3 结论

(1)1 d内排放的污水流量和污水中各种污染物浓度随时间的变化在总体上趋势一致。流量、 COD_Cr 、TN和TP在1 d内均出现多个峰值和低谷,并都在08:00和16:00—18:00附近分别达到1 d中的最高值和最低值,但各时段的变化规律各有不同。

(2)不同功能日之间的洗衣、洗涤、淋浴等活动频率相差较大,因此周末日、赶集日、普通日的污水流量和TP浓度相差较大,但增加的污水量主要是一些污染物浓度含量较小的大用水量活动,因此 COD_Cr 和TN变化幅度不大。

(3)随着月际间的气温变化导致的用水活动变化和雨水的季节性分布,所研究的5—11月份的污水流

量差异明显, COD_Cr 、TN、TP 3个主要污染物显现出类似的浓度变化规律,其中6、11月份的浓度明显高出监测期间的其他月份。

(4)研究区域内排放的污水呈现高氮、中磷、低有机物及低碳氮比的特征。排放污水中的氮主要由氨氮、颗粒态氮和溶解有机氮3种形态组成,磷主要以 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 和颗粒态磷为主,其中无机态的氨氮和 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 是氮磷存在的最主要形态。上述研究区域内排放污水的流量和污染物浓度变化特征基本体现了三峡库区典型临江村镇居民的生活方式、作息规律及排水特点。

参考文献:

- [1] 汪汀.农村污染治理同样重要——访全国政协委员、农工党中央专职副主席刘晓[N].中国建设报,2008-03-12.
WANG Ting. Pollution control in rural areas is equally important—LIU Xiao is the committee member of CPPCC, Chinese Peasants full-time vice chairman of the Central[N]. China Construction News, 2008-03-12.
- [2] 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 in Taiwan[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 1999, 6(3): 100-105.
- [3] 陈能汪,张路平,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),2004,43:249-253.
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.
- [4] 高良敏,陆根法,刘丽莉,等.太湖流域农村厕所调查与面源污染控制——以宜兴市大浦镇为例[J].生态经济,2005,7:106-108.
GAO Liang-min, LU Gen-fa, LIU Li-li, et al. Investigation the rural toilets and non-point source pollution control in Taihu Lake catchments: a case study from Dapu Town in Yixing City[J]. *Ecological Economy*, 2005, 7: 106-108.
- [5] Al-Jayyousi O R. Greywater reuse: towards sustainable water management[J]. *Desalination*, 2003, 156: 181-192.
- [6] Hakan J, Thor-axel 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.
- [7] Zimmo O R, van der Steen N P, Gijzen H J. Comparison of ammoni-avolatilization rates in algae and duckweed based waste stabilization pondstreating domestic wastewater[J]. *Water Research*, 2003, 37(19): 4587-4594.
- [8] 国家环境保护总局.水和废水监测分析方法(第4版)[M].北京:中国环境科学出版社,2002:211-280.
State Enviromental Protection Administration of China. Inspection and analytical approach for water and waster(Fourth Edition)[M]. Beijing: China Environment Science Press, 2002: 211-280.
- [9] 吴群河,陈炳禄.珠江三角洲城镇污水的水质特征[J].中山大学学报

- (自然科学版), 2001, 37(2):191-193.
- WU Qun-he, CHEN Bing-lu. Quality of the sewage in Pearl River Delta[J]. *Journal of Zhongshan University(Natural Science)*, 2001, 37(2):191-193.
- [10] 王 龙, 张真真, 张百德. 小城镇污水化学强化一级处理试验研究[J]. 中国农村水利水电, 2008, 5:44-46.
- WANG Long, ZHANG Zhen-zhen, ZHANG Bai-de. Experimental study on chemically enhanced primary treatment of small cities and towns sewage[J]. *China Rural Water and Hydropower*, 2008, 5:44-46.
- [11] 简放陵, 侯延辉, 刘 晖. A²O² 工艺处理小城镇生活污水研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2005, 8(6):69-71.
- JIAN Fang-ling, HOU Yan-hui, LIU Hui. Study on treatment of town wastewater by A²O² process[J]. *Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control*, 2005, 8(6):69-71.
- [12] 周 健, 李志刚, 龙腾锐, 等. 一体化多级生物膜反应器处理高氮小城镇污水脱氮试验研究[J]. 环境科学学报, 2007, 27(11):1804-1807.
- ZHOU Jian, LI Zhi-gang, LONG Teng-rui, et al. Denitrification on integrated multistage biofilm reactor for high-nitrogen municipal wastewater treatment[J]. *Acta Scientiae Circumstantia*, 2007, 27(11):1804-1807.
- [13] 葛丽英, 李功振, 于林堂, 等. 两级 SBR 工艺处理小城镇生活污水的试验研究[J]. 甘肃环境研究与监测, 2003, 16(1):9-11.
- GE Li-ying, LI Gong-zhen, YU Lin-tang, et al. Experimental study on two-stage SBR process for small town domestic sewage treatment[J]. *Gansu Environmental Study and Monitoring*, 2003, 16(1):9-11.
- [14] 张翔凌, 姜应和, 叶 舟, 等. 武汉黄孝河地区城市污水水质特征分析[J]. 市政技术, 2007, 25(2):128-133.
- ZHANG Xiang-ling, JIANG Ying-he, YE Zhou, et al. Characteristic analysis of urban sewage quality of Huangxiahe area in Wuhan[J]. *Municipal Engineering Technology*, 2007, 25(2):128-133.
- [15] 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. Study on discharge rule and character of nitrogen and phosphorus for household wastewater from suburb typical region in Dianchi lake catchment[J]. *Journal of Agro-environment Science*, 2007, 26(6):2245-2250.
- [16] 李桂芳, 孟范平, 李科林. 株洲市生活污水污染特征研究[J]. 中南林业学院学报, 2001, 21(2):23-28.
- LI Gui-fang, MENG Fan-ping, LI Ke-lin. Study of the pollution features of domestic sewage in Zhuzhou city[J]. *Journal of Central South Forestry University*, 2001, 21(2):23-28.
- [17] 张大弟, 张晓红, 沈根祥, 等. 上海市郊区非点源污染综合调查评价[J]. 上海农业学报, 1997, 13(1):31-36.
- ZHANG Da-di, ZHANG Xiao-hong, SHEN Gen-xiang, et al. Synthesis investigation appraisal for non-point source pollution of suburb in Shanghai[J]. *Acta Agriculturae Shanghai*, 1997, 13(1):31-36.
- [18] 陈明曦, 黄钰铃, 时晓燕, 等. 校园生活污水水质时空动态规律初探[J]. 中国环境卫生, 2006, 9(3):50-56.
- CHEN Ming-xi, HUANG Yu-ling, Shi Xiao-yan, et al. Discussing on-space-time dynamic changing rule of campus sewage quality[J]. *China Environment Sanitation*, 2006, 9(3):50-56.