

## 村镇级海岛生活污染物排放规律及特性研究

董瑞程, 丁志斌\*, 陈晓, 郭浩男, 李鑫 (陆军工程大学国防工程学院, 江苏南京 210007)

**摘要** [目的]研究村镇级海岛生活污染物排放规律及特性。[方法]通过实地调查、统计分析与试验检测,研究了村镇海岛生活垃圾、生活污水产生规律和理化特征。[结果]外伶仃岛和东澳岛生活垃圾人均产量分别为 1.147 和 1.093 kg/d;物理组分中厨余(36.51%~42.69%)含量最高,其次为纸类和塑料;两岛垃圾含水率为 51.55%~58.76%,热值为 4 793~5 567 kJ/kg。外伶仃岛生活污水排放系数为 0.425,居住区近岸海水  $\text{NH}_3\text{-N}$  和 TN 浓度为最大背景值的 3.78 倍和 3.09 倍,污水处理厂出水水质达到城镇污水处理三级标准;东澳岛生活污水排放系数为 0.386,居住区近岸海水  $\text{NH}_3\text{-N}$  和 TN 浓度分别为最大背景值的 9.48 倍和 3.31 倍;污水处理厂出水水质达到城镇污水处理一级 A 标准。[结论]该研究为海岛生活垃圾和生活污水处理提供依据。

**关键词** 海岛;生活污染物;排放系数;理化特性

**中图分类号** X 501 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)34-0053-03

## Study on Discharge Regularity and Properties of Life Pollutant in Rural Island Areas

DONG Rui-cheng, DING Zhi-bin, CHEN Xiao et al (Defense Engineering College, Army Engineering University of PLA, Nanjing, Jiangsu 210007)

**Abstract** [Objective] The research aimed to study the discharge regularity and properties of life pollutant in rural island areas. [Method] Through field investigation, statistical analysis and experimental detection, the production regularities and physico-chemical properties of household garbage and domestic sewage in rural islands were studied. [Result] The average yields of living solid waste in Wailingding and Dong'ao were 1.147 kg/d and 1.093 kg/d respectively. The content of kitchen residue (36.51%~42.69%) was the highest, followed by paper and plastics. Moisture content of living waste was 51.55%~58.76%, and calorific value was 4 793~5 567 kJ/kg. The discharge coefficient of domestic sewage was 0.425 in Wailingding, and the ammonia nitrogen and total nitrogen concentration of the coastal seawater in residential areas were 3.78 times and 3.09 times of the maximum background value, and effluent quality of sewage treatment plant reached III standard of pollutants discharge. The sewage discharge coefficient was 0.386 in Dong'ao, and the concentration of ammonia nitrogen and total nitrogen in the coastal seawater of the residential area was 9.48 times and 3.31 times of the maximum background value, and effluent quality of sewage treatment plant reached -A standard of pollutants discharge. [Conclusion] The study provides a basis for the treatment of island domestic waste and domestic sewage.

**Key words** Island; Domestic pollutant; Discharge coefficient; Physicochemical property

海岛是我国海洋国土的重要组成部分,也是海洋经济发展及国防建设的重要基点。海岛工业污染源较少,生活垃圾和生活污水是海岛的主要污染来源;随着海岛的开发和建设大力推进,生活垃圾和污水产量日益增加<sup>[1-3]</sup>。海岛垃圾处理方式和设施的选择,必须根据海岛生活垃圾产生现状和理化特征等基本资料和实际情况进行设计。国内对生活污染源的研究主要集中于内陆农村地区,海岛地区生活污染物排放规律、理化特性研究较少。我国海岛大部分面积较小,多为村镇级海岛。笔者以广东省 2 个村镇级海岛(外伶仃岛、东澳岛)为研究地点,对生活垃圾产生量、理化特性和生活污水排放系数、污染物浓度进行研究。

## 1 资料与方法

**1.1 研究区域概况** 外伶仃岛和东澳岛是广东省珠江口典型的 2 个有居民海岛。外伶仃岛是珠海市万山区担杆镇政府所在地,珠三角地区进出南太平洋国际航线的必经之路,距离珠海 50 km,北距香港长洲 11 km,面积 4.23 km<sup>2</sup>,常住人口 1 000 多人。东澳岛位于珠江口万山群岛中部、珠海市香洲区东南部,距离珠海香洲港 30 km,面积 4.65 km<sup>2</sup>,常住人口 1 500 多人(图 1)。目前 2 个海岛经济结构以渔农业和旅游业为主,5—10 月为旅游旺季,11 月—次年 4 月为旅游淡季。

**基金项目** 国家重点研发计划课题(2017YFC0506304)。

**作者简介** 董瑞程(1994—),男,陕西铜川人,硕士研究生,研究方向:生活污染源。\*通讯作者,教授,博士,硕士生导师,从事固废处理研究。

**收稿日期** 2018-10-22

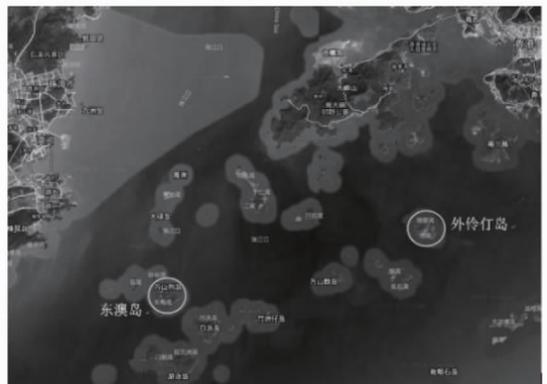


图 1 外伶仃岛、东澳岛地理位置

Fig.1 Geographic location of Wailingding and Dong'ao Island

**1.2 试验方法** 生活垃圾:磅秤称量法称取质量,烘干法测含水率,灼烧法测定灰分,氧弹燃烧法测热值。生活污水:玻璃电极法测 pH,重量法(GB 11901—1989)测定 SS,快速消解分光光度法(HJ/T 399—2007)测定 COD,纳氏试剂分光光度法(HJ 535—2009)测定  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法(HJ 636—2012)测定 TN,钼酸铵分光光度法(GB 11893—1989)测定 TP。

**1.3 采样时间和地点** 2018 年冬季、夏季各采样一次,生活垃圾样品采集于海岛垃圾转运站,生活污水采集于海岛污水处理厂。

## 2 海岛生活垃圾特点

**2.1 垃圾产量** 海岛垃圾除了常住居民产生的部分外,还包

括外来游客旅游消费过程中产生的垃圾。从外伶仃岛和东澳岛生活垃圾各月份产量和旅游人数(图2)可以看出,旅游人数变化对海岛垃圾产量影响较大,生活垃圾产量和游客数量变化趋势基本一致,表现为夏秋季高、春冬季低。通过海岛常住人口和旅游人口数量以及各月份垃圾产量,计算得出

外伶仃岛和东澳岛各月份人均生活垃圾产量分别为 1.147 和 1.093 kg/d。2 个海岛人均垃圾产量高于广东省大陆农村地区产量(0.310~0.820 kg/d)<sup>[4]</sup>,也高于大陆农村地区平均值(0.521 kg/d)<sup>[5]</sup>。

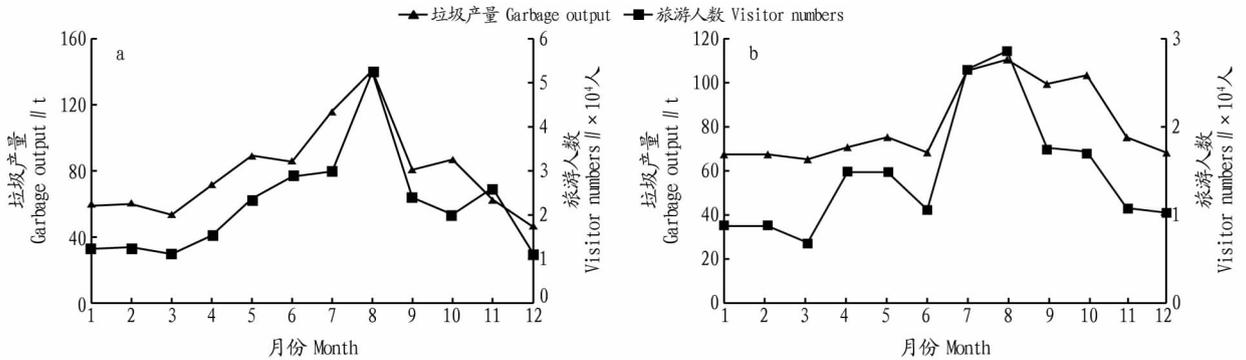


图2 外伶仃岛(a)和东澳岛(b)垃圾产量及游客人数变化

Fig.2 Changes of garbage output and visitor numbers of Wailingding and Dong'ao islands

**2.2 物理组分** 海岛生活垃圾物理组分如表1所示,其中厨余含量最高,占总量的36.51%~42.69%,较全国生活垃圾厨余平均含量(55.86%)偏低<sup>[6]</sup>;纸类含量为14.16%~18.52%,塑料含量为12.89%~17.70%,高于我国内陆典型村镇含量。海岛纸类和塑料较高的原因是海岛大部分物资靠货船外运,运输过程中纸箱、泡沫箱以及塑料包装袋垃圾较多,其中许多为可回收废品。贝质类垃圾占总量的6.81%~10.03%,主要为贝壳、海螺、鱼骨等,其主要化学成分为碳酸钙,可作为建筑骨料使用。目前2个海岛生活垃圾混合收集,经压缩后船舶运输至大陆填埋处理。海岛生活垃圾应分类收集,废纸箱、泡沫箱、瓶罐、金属可回收再利用。

**2.3 含水率、热值** 含水率和热值是选择生活垃圾处理方式的重要参数。垃圾持续焚烧所需最低热值为5000 kJ/kg<sup>[7]</sup>,我国典型村镇生活垃圾热值为2401~4556 kJ/kg<sup>[8]</sup>。外伶仃岛生活垃圾冬季含水率和灰分含量分别为51.55%和

14.05%,夏季分别为58.06%和10.71%;东澳岛生活垃圾冬季含水率和灰分含量分别为52.56%和14.14%,夏季分别为58.76%和9.85%。2个海岛冬季热值分别为5567和5050 kJ/kg,夏季热值分别为4989和4793 kJ/kg,基本上满足焚烧处理要求。物理组分对垃圾热值影响很大,垃圾的燃烧发热主要来自于塑料、纸类、木叶等<sup>[9]</sup>。珠江口海岛生活垃圾热值高于我国内陆典型村镇垃圾热值,主要是由于海岛垃圾中塑料、纸类含量较高。

### 3 海岛生活污水特点

**3.1 污水排放系数** 污水排放系数是污水处理工程设计的关键参数,农村地区污水排放系数范围较大。北京市城乡结合部、平原和山区村庄的污水排放系数分别为0.6~0.9、0.3~0.7和0.2~0.6<sup>[10]</sup>,安徽省农村平均产污系数为0.57<sup>[11]</sup>。对2个海岛污水处理量和用水量统计,得到各月份污水排放系数如图3所示。

表1 珠江口海岛生活垃圾组分含量、含水率及热值

Table 1 Moisture and ash content of island living waste in Pearl River estuary

海岛 Island	季节 Season	厨余 Food waste %	纸 Paper %	塑料 Plastic %	木叶竹 Wood leaf bamboo %	织物 Fabric %	橡胶 Rubber %	贝质类 Shell class %	金属 Metal %	玻璃 Glass %	其他 Other %	含水率 Moisture content // %	灰分 Ash content %	热值 Heat value kJ/kg
外伶仃岛 Wailingding Island	冬季 Winter	36.51	14.72	15.01	6.73	3.22	2.03	7.48	2.11	4.34	7.85	51.55	14.05	5567
	夏季 Summer	42.69	14.16	17.70	5.85	2.04	0	8.08	0.70	3.71	5.07	58.06	10.71	4989
东澳岛 Dong'ao Island	冬季 Winter	38.85	18.52	12.89	3.42	1.47	1.84	6.81	3.93	3.05	9.22	52.56	14.14	5050
	夏季 Summer	36.74	15.08	15.69	7.30	3.26	0	10.03	1.26	1.11	9.53	58.76	9.85	4793

外伶仃岛全年污水排放系数为0.320~0.498,其中7月份排放系数最高,4月份排放系数最低,全年平均值为0.425;东澳岛全年污水排放系数为0.267~0.519,其中7月份排放系数最高,12月份排放系数最低,全年平均值为0.386。海岛污水排放系数低于大陆城市生活污水排放系数,一方面由于海岛用水去向多,船上污水、海产品加工废水及娱乐废水难以进入管网收集;另一方面海岛地质为基岩,污水管网铺设

困难,一些散户和偏远的商户产生的污水并未接入收集管网。因此,在海岛污水处理体系规划中,要着重考虑海岛地质地形、居民区分布以及远期建设规划,合理布置污水管网。

**3.2 水质污染状况** 对外伶仃岛居住区近岸海水以及岛上水塘和水库水质进行检测,结果如表2所示。依据《地表水环境质量标准》(GB3838—2002),水塘COD、TN浓度在V类地表水浓度范围,水库TN浓度超过V类地表水浓度限值。

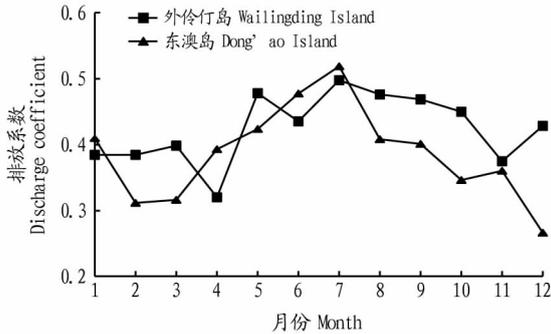


图3 海岛污水排放系数

Fig.3 Sewage discharge coefficients of islands

两处码头近岸海水中  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度超过《海水水质标准》(GB 3097—1997)规定的IV类海水无机氮浓度。珠江口海域  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度为 0.009~0.801 mg/L, 总氮浓度为 0.30~3.53 mg/L, TP 浓度为 0.010~0.266 mg/L<sup>[12-13]</sup>。外伶仃岛近岸海水  $\text{NH}_3\text{-N}$  和 TN 浓度平均分别为海域背景值最大值的 3.78 倍和 3.09 倍, 东澳岛近岸海水  $\text{NH}_3\text{-N}$  和 TN 浓度分别为海域背景值最大值的 9.48 倍和 3.31 倍, TP 浓度都在海域背景值范围内。由于无其他污染源, 岛上生活污水仍有部分直接或间接污染到岛上海地表水和近岸海水, 使得水体中  $\text{NH}_3\text{-N}$  和 TN 含量偏高。

表3 珠江口海岛污水处理厂出水水质

Table 3 Water quality of island sewage treatment plant in Pearl River estuary

项目 Item	pH	SS mg/L	COD mg/L	$\text{NH}_3\text{-N}$ mg/L	TN mg/L	TP mg/L
外伶仃进水 Wailingding influent	7.05	237	1 019.00	55.690	68.560	6.780
外伶仃出水 Wailingding effluent	7.49	14	26.17	1.112	26.950	3.640
去除率 Removal rate//%	—	94.10	97.43	98.00	60.69	46.31
东澳进水 Dong'ao influent	7.60	165	238.70	15.800	21.490	3.670
东澳出水 Dong'ao effluent	7.78	10	33.06	0.240	4.571	0.021
去除率 Removal rate//%	—	93.94	86.15	98.48	78.73	99.43

#### 4 结论

(1) 珠江口外伶仃岛和东澳岛生活垃圾夏秋季产量较高, 冬春季产量较少, 人均垃圾产量分别为 1.147 和 1.093 kg/d; 物理组分中厨余含量最高, 占总量的 36.51%~42.69%, 其次为纸类和塑料; 生活垃圾含水率为 51.55%~58.76%, 热值为 4 793~5 567 kJ/kg, 平均值为 5 100 kJ/kg, 适合焚烧处理。

(2) 外伶仃岛污水排放系数为 0.425, 居民区附近海水  $\text{NH}_3\text{-N}$  和 TN 浓度分别是珠江口海域最大背景值的 3.78 倍和 3.09 倍, 污水处理达到城镇污水排放三级标准; 东澳岛污水排放系数为 0.386; 居民区附近海水  $\text{NH}_3\text{-N}$  和 TN 浓度分别是珠江口海域最大背景值的 9.48 倍和 3.31 倍, 污水处理达到城镇污水排放一级 A 标准。

#### 参考文献

[1] 张云, 李雪铭, 景昕蒂, 等. 我国海岛周边海域使用的基本状况[J]. 海洋环境科学, 2013, 32(1): 147-149.  
[2] 陈海滨, 杨龔, 杨禹, 等. 旅游型海岛生活垃圾污染及其控制[J]. 环境工

表2 珠江口海岛水质检测结果

Table 2 Testing result of water quality in islands of Pearl River estuary

水源 Water source	pH	COD mg/L	$\text{NH}_3\text{-N}$ mg/L	TN mg/L
客运码头海水 Passenger terminal sea water	8.16	—	3.030	10.920
货运码头海水 Freight terminal sea water	8.20	—	7.595	11.690
水塘 Pool	7.34	31.69	0.049	1.527
水库 Reservoir	7.84	10.53	0.022	3.952

3.3 污水处理效果 外伶仃岛污水处理厂采用活性污泥+AAO+紫外消毒处理工艺, 由于接纳转运站的垃圾渗滤液, 进水污染物浓度较高; 东澳岛污水处理厂采用接触氧化+氯消毒处理工艺, 其进出水水质检测结果如表 3 所示。外伶仃岛出水水质达到城镇污水排放三级标准, 东澳岛污水处理厂出水水质达到城镇污水排放一级 A 标准。从污染物去除率来看, 外伶仃岛污水处理厂 COD 去除率较高, 而东澳岛 TN、TP 去除率较高, SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$  去除率两者相差不大。外伶仃岛污水处理厂污水中氮磷去除率较低, 可能原因是厌氧池、缺氧池运行不稳定, 反硝化过程受到阻碍。

生工程, 2016, 24(1): 27-29.

[3] 陈培雄, 相慧, 王琪, 等. 偏远海岛地区生活垃圾处理模式研究[J]. 环境工程, 2016(S1): 722-725.  
[4] 高海硕, 陈桂葵, 黎华寿, 等. 广东省农村垃圾产生特征及处理方式的调查分析[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(7): 1445-1452.  
[5] 韩智勇, 费勇强, 刘丹, 等. 中国农村生活垃圾的产生量与物理特性分析及处理建议[J]. 农业工程学报, 2017, 33(15): 1-14.  
[6] MIAN M M, ZENG X L, NASRY A A N B, et al. Municipal solid waste management in China: A comparative analysis[J]. Journal of material cycles & waste management, 2017, 19(3): 1127-1135.  
[7] 关莹. 城市生活垃圾焚烧技术概述[J]. 电站系统工程, 2010, 26(2): 74.  
[8] 岳波, 张志彬, 黄启飞, 等. 我国 6 个典型村镇生活垃圾的理化特性研究[J]. 环境工程, 2014, 32(7): 105-110.  
[9] MENG A H, LI Q H, JIA J Y, et al. Effect of moisture on partitioning of heavy metals in incineration of municipal solid waste[J]. Chinese journal of chemical engineering, 2012, 20(5): 1008-1015.  
[10] 廖日红, 顾华, 申颖洁, 等. 北京市农村生活污水排放现状调研与分析[J]. 中国给水排水, 2011, 27(2): 30-33.  
[11] 刘晓慧. 安徽省农村生活污水成分特征与排放规律研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2016.  
[12] 谢群, 施玉珍, 张际标, 等. 珠江口海域春季富营养化现状与影响分析[J]. 应用海洋学学报, 2017, 36(3): 356-364.  
[13] 张伟, 孙健, 夏红涛, 等. 珠江口及毗邻海域营养盐对浮游植物生长的影响[J]. 生态学报, 2015, 35(12): 4034-4044.