

闽江污染物入海总量变化趋势研究

林 祥

(福建海峡建筑设计规划研究院, 福建 福州 350003)

摘 要: 通过 2007~2017 年闽江污染物入海总量的调查数据, 利用时间序列对各污染物入海总量的变化趋势进行模拟, 并预测 2018 年闽江污染物入海情况。结果显示: 2007~2017 年油类污染物及重金属类污染物入海总量持续下降, 而有机污染物和营养类污染物入海总量则表现为上升趋势。预计 2018 年有机污染物、营养类污染物、油类污染物及重金属类污染物入海总量分别为 1 115 341、418 058、619 和 479 t, 与 2017 年相比保持稳定。

关键词: 闽江; 污染物入海总量; 时间序列; 趋势

中图分类号: X826

文献标志码: A

DOI: 10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2018.05.019

Study of the Change Trend of the Total Pollutants of Minjiang River into the Sea

Lin Xiang

(Fujian Haixia Research Institute of Architectural Design and Planning, Fuzhou 350003, China)

Abstract: Based on the survey data of the total amount of pollutants into the sea in Minjiang River from 2007 to 2017, time series were used to simulate the change trend of the total amount of pollutants into the sea, and the situation of the pollutants in Minjiang River entering the sea in 2018 was predicted. The results showed that the total amount of oil and heavy metal pollutants into the sea decreased continuously from 2007 to 2017, while the total amount of organic and nutrient pollutants into the sea showed an increasing trend. The total amount of organic pollutants, nutrients pollutants, oils pollutants and heavy metal pollutants into the sea in 2018 was predicted to be 1 115 341, 418 058, 619 and 479 tons respectively, keeping stable compared to that in 2017.

Keywords: Minjiang River; Total Pollutants into the Sea; Time Series; Trend

CLC number: X826

闽江是福建省最大的独流入海河流。发源于福建、江西交界的建宁县均口镇。主要支流有富屯溪、建溪、尤溪、古田溪、大樟溪。闽江全长 577 km, 多年平均径流量为 620 亿 m^3 , 流域面积 60 997 km^2 , 约占全省面积的一半^[1]。

随着闽江流域经济社会的不断发展, 大量的污染物随着闽江东流入海, 给闽江口海域的生态环境带来的巨大的压力^[2-5]。政府相关部门充分意识到闽江污染物入海引起的海洋环境污染问题, 多部门联动, 海陆统筹, 制定了多项举措对闽江流域污染进行综合治理, 取得了一定的成果。唐宗鑫等^[6]学者通过时间序列建模对闽江下游水质状况进行了分析, 文章希望通过时间序列模型

模拟闽江入海污染物总量的变化规律, 并对闽江的未来污染情况作出预测, 以便为相关部门对闽江流域环境保护的政策制定提供科学依据。

1 方法与模型

文章主要采用 ARIMA 模型来预测闽江污染物入海趋势, 基本模型有 3 种: 即自回归 (AR) 模型、移动平均 (MA) 模型和自回归移动平均模型 (ARIMA)^[7-9]。

(1) 自回归模型形式为:

$$x_t = \Phi_1 x_{t-1} + \Phi_2 x_{t-2} + \cdots + \Phi_p x_{t-p} + \varepsilon_t$$

其中: ε_t 假设为白噪声序列, 且和 t 时刻之前的原始序列 $x_k (k < t)$ 互不相关。此式称为 p 阶自

收稿日期: 2018-04-09

基金项目: 福建省海洋与渔业厅 2017 年福建省主要江河入海污染物专项调查 (闽海渔 [2017] 61 号) 基金资助

作者简介: 林 祥 (1983-), 男, 工程师。研究方向: 海洋环境监测和评价。E-mail: 2438057@qq.com

回归模型,记为 $AR(p)$

(2) 移动平均模型形式为:

$$x_t = \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \cdots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

其中: ε_t 为白噪声序列,说明时间序列 x_t 能表示是为若干个白噪声的加权平均和。此式称为 q 阶移动平均模型,记为 $MA(q)$ 。

(3) 自回归移动平均模型形式为:

$$x_t = \Phi_1 x_{t-1} + \Phi_2 x_{t-2} + \cdots + \Phi_p x_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \cdots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

其中: ε_t 为白噪声序列,且和 t 时刻之前的原始序列 $x_k(k < t)$ 互不相关。记为 $ARMA(p,q)$ 。

2 材料与讨论

闽江入海污染物总量数据来源于 2007 ~ 2017 年《福建省海洋环境状况公报》见表 1。

闽江入海污染物主要为 COD、氮磷、油类和重金属(砷)等 4 类,分别代表有机污染物、营养类污

染物、油类污染物及重金属类污染物。有机污染物和营养类污染物入海总量十多年来呈上升趋势,见图 1,而油类污染物和重金属类污染物则呈显著下降趋势。

表 1 2007 ~ 2017 年闽江入海污染物总量					t
t/a	COD	氮磷	油类	重金属 (含砷)	
2007	580 687	46 929	6 997	2 336	
2008	805 227	37 732	3 398	3 161	
2009	966 238	19 927	2 369	2 936	
2010	614 807	24 332	1 341	820	
2011	896 248	27 954	1 399	2 494	
2012	813 994	80 694	954	1 873.7	
2013	1 170 931	44 673	571	1 454.5	
2014	1 233 162	55 335	1 074	903.7	
2015	1 009 976	67 346	796	1 370	
2016	835 298	58 407	886	655	
2017	1 156 419	46 743	647	450	

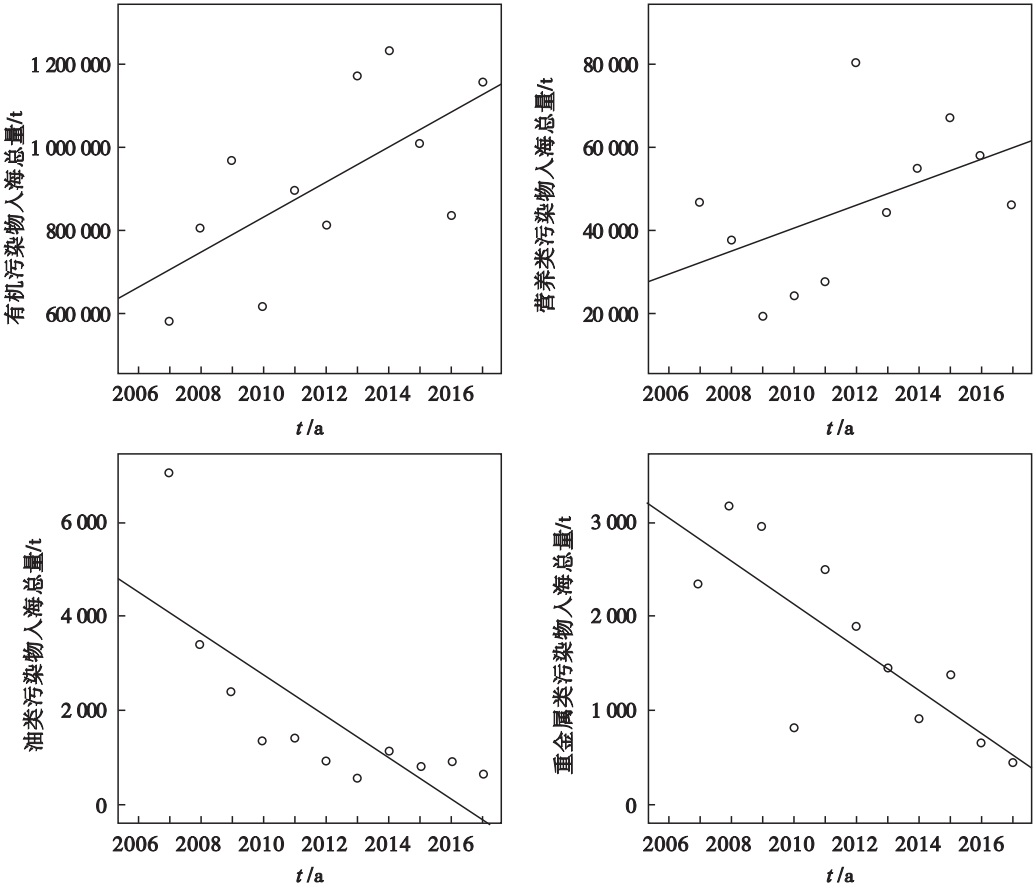


图 1 各污染物入海总量趋势

文章以 2007 ~ 2016 年的污染物入海总量数据为率定数据,2017 年的污染物入海总量数据为

验证数据,建立时间序列模型,预测 2018 年各污染物入海总量。

2.1 模型建立

通过对各污染物入海总量的偏自相关检验,得到自相关函数值和偏相关函数值,见表 2。

表2 污染物入海总量自相关和偏自相关函数

污染物种类	滞后	自相关 (ACF)	偏自相关 (PACF)
有机类污染物	1	0.260	0.260
	2	0.027	-0.044
	3	-0.051	-0.051
	4	-0.157	-0.139
	5	-0.019	0.063
	6	-0.228	-0.265
	7	-0.299	-0.213
	8	-0.078	0.025
营养类污染物	1	0.275	0.275
	2	0.092	0.018
	3	-0.055	-0.092
	4	-0.125	-0.097
	5	-0.258	-0.209
	6	-0.261	-0.157
	7	-0.143	-0.039
	8	-0.027	0.001
油类污染物	1	0.390	0.390
	2	0.170	0.021
	3	-0.007	-0.095
	4	-0.073	-0.051
	5	-0.177	-0.138
	6	-0.235	-0.137
	7	-0.192	-0.047
	8	-0.217	-0.142
重金属类污染物	1	0.353	0.353
	2	0.147	0.026
	3	0.175	0.132
	4	0.115	0.014
	5	-0.222	-0.327
	6	-0.202	-0.068
	7	-0.134	-0.040
	8	-0.365	-0.299

各污染物入海总量的 ACF(自相关函数值)和 PACF(偏自相关函数值)完全落入上下置信区间,且逐渐衰减趋近于 0,判断各污染物入海总量为平稳序列^[10]见图 2~5。

通过验证,拟采用 AR(1)模型对各类入海污染物总量进行预测,模型一阶滞后 t 统计量显著性(sig.)均小于 0.05 见表 3,说明预测模型较为恰当。

2.2 模型验证

通过该模型预测 2017 年入海污染物总量结果及误差分析,见表 4,预测值与实测值的相对误差范围在 12%~30%之间,预测结论基本可信。

拟合图看出观测值和拟合值整体趋势相同见图 6,偏离幅度不大,预测值总是在一定的误差范围内稍高或稍低于实测值,说明各区预测模型能真实反映入海污染物总量的动态变化趋势^[11],同时也可以看出模型预测值相对实测值有一定滞后性。

2.3 预测结果

通过时间序列对 2018 年各污染物入海总量的预测结果见表 5。除了重金属污染物外,其余污染物入海总量较 2017 年均有所下降,总体保持稳定。

陈传明^[12]认为重工业是影响闽江流域环境的主导因素。流域内工业污染主要来自化学和冶金等重工业部门。其中化学工业废水排放居首位,占比为 38%,其次为冶金工业废水排放占比为 24%。因此对有机类污染物和重金属类污染物的控制实际上是对化学工业和冶金工业废水排放的控制。

氮磷等营养物质是农业面源污染的主要污染物。陈超等^[3]通过对闽江中上游流域 25 个县(市)的农业面源污染源的调查,发现农田水土流失、水产养殖和畜禽粪尿 3 者总和占全流域农业面源污染率的 88%。农药等化学品的低效利用,导致土壤中含有大量残存的氮、磷、钾等元素流入闽江。油类污染物来源主要为闽江航道上的营运船舶油污。

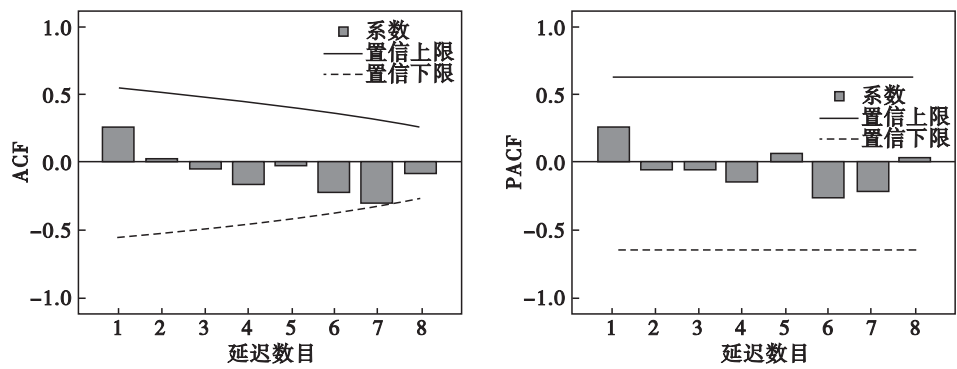


图 2 有机类污染物入海总量偏相关与自相关图

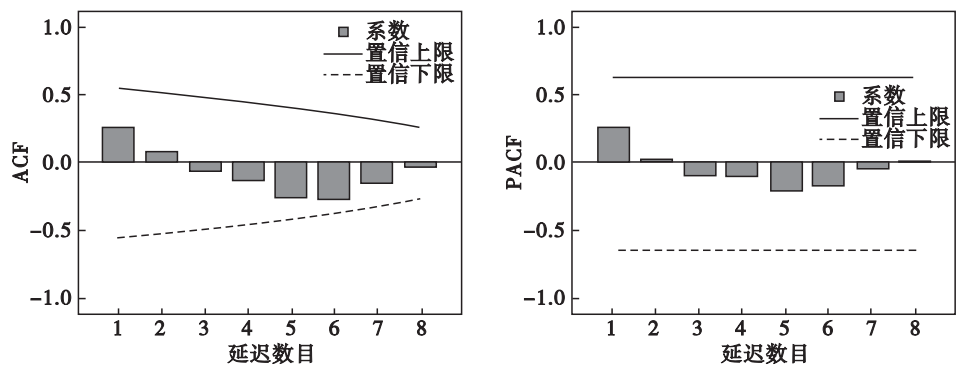


图 3 营养类污染物入海总量自相关与偏相关图

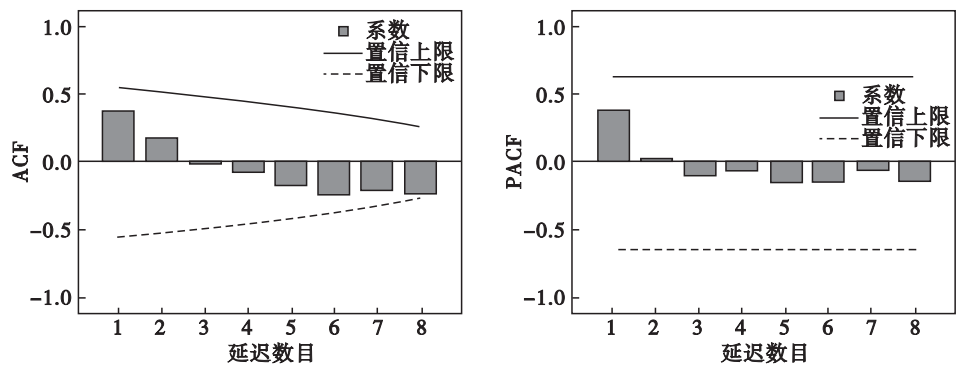


图 4 油类污染物入海总量自相关与偏相关图

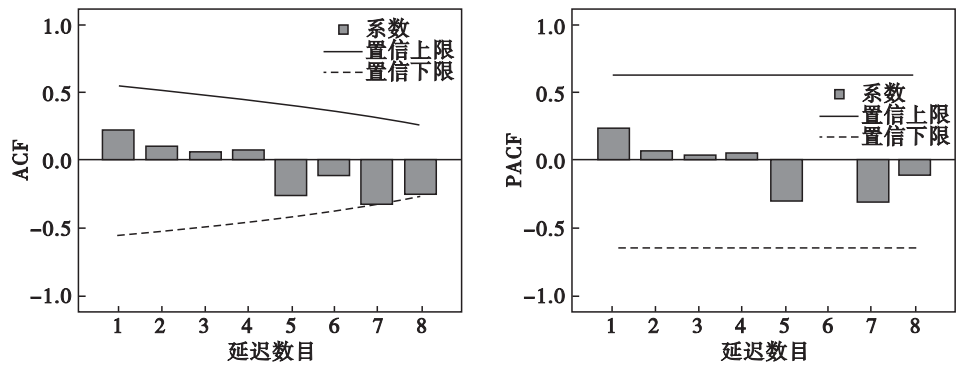


图 5 重金属类污染物入海总量自相关和偏相关图

表 3 各污染物入海总量预测模型参数

污染物种类	适用模型	滞后	估计	SE	<i>t</i>	Sig.
有机污染物	AR(1),无常数,无转换	滞后 1	0.957	0.075	12.822	0.000
营养类污染物	AR(1),无常数,无转换	滞后 1	0.897	0.139	6.446	0.000
油类污染物	AR(1),无常数,无转换	滞后 1	0.953	0.060	15.900	0.000
重金属类污染物	AR(1),无常数,无转换	滞后 1	0.854	0.143	5.962	0.000

表 4 2017 年预测结果及误差分析

污染物种类	实测值/t	预测值/t	相对误差/%
有机类污染物	1 156 419	799 121	-30
营养类污染物	46 743	52 388	12
油类污染物	647	844	30
重金属类污染物	450	559	24

表 5 2018 年各污染物入海总量预测结果

污染物种类	预测值/t
有机类污染物	1 115 341
营养类污染物	41 805
油类污染物	619
重金属类污染物	479

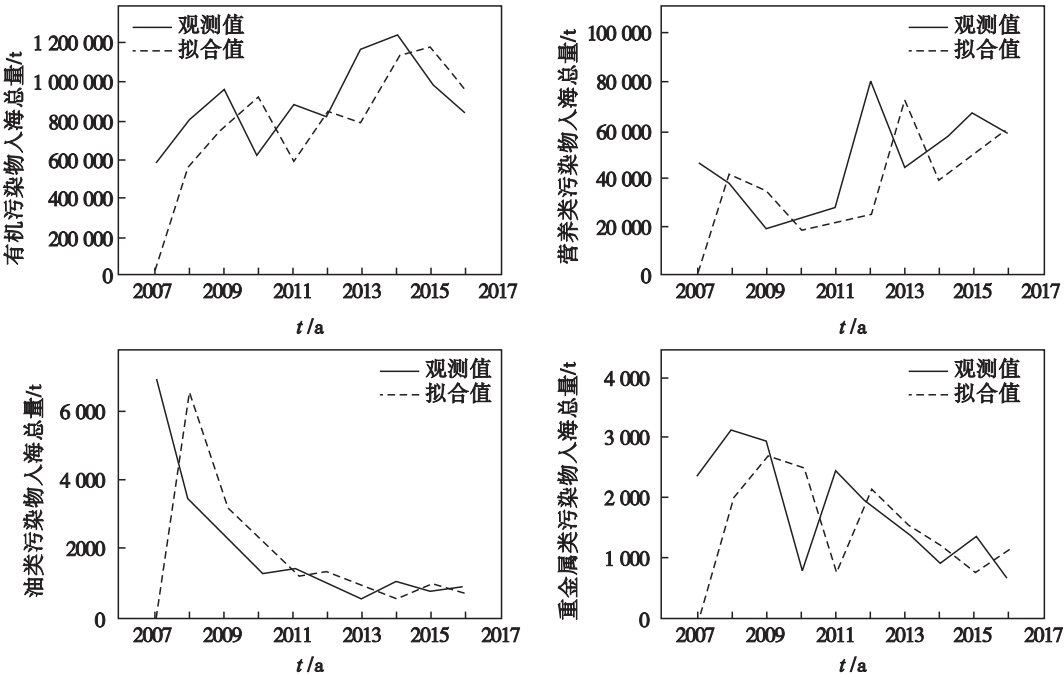


图 6 污染物入海总量拟合图

有机类污染物入海总量在 2013 年以后基本保持稳定,而重金属类污染物入海总量在 2015 年后明显减少,说明近几年政府部门针对闽江流域工矿企业采取的环保措施比较到位。从 2018 年营养类污染物入海总量的预测结果上看出政府部门在闽江流域拆除禁养区内的畜禽养殖,建设综合废水处理设施和粪便综合利用设施等一系列措施对削减污染物入海具有比较显著效果。

3 结论与建议

(1)闽江入海污染物主要受闽江流域两岸工农业及城市污水的排放影响。2007~2017 年油类污染物及重金属类污染物入海总量的持续下降说明有毒有害物质入海得到了有效控制,而有机污染物和营养类污染物入海总量的上升则显示 2014 年以前生产生活垃圾入海的改善并不明显。