

Determination of Total Alkalinity of Lingdingyang Bay

Zhengkun Li¹, Zi'ao Wang¹, Shidan Rao¹, Guiyong Shi^{1,2*}

¹School of Marine Science, Sun Yat-sen University, Zhuhai Guangdong

²Key Laboratory of Marine Mineral Resources, Ministry of Land and Resources, Guangzhou Guangdong

Email: lizhk7@mail2.sysu.edu.cn, eessgy@mail.sysu.edu.cn

Received: May 10th, 2018; accepted: May 30th, 2018; published: Jun. 6th, 2018

Abstract

To solve the lack of the alkalinity data of Lingdingyang Bay and Zhuhai coastal area since 1999, the total alkalinity of seawater in the study area was measured by titration method on December 7, 2016. We found that the total alkalinity was 102.10 mg/L (calculated by CaCO₃). Compared to the previous data 70.5 mg/L (calculated by CaCO₃) [1], the total alkalinity has been greatly increased. The reasons may be the pollution of domestic sewage, the frequent occurrence of red tide and the increasing domestic sewage pollution.

Keywords

Sea Water, Alkalinity Determination, Lingdingyang Bay

伶仃洋海水总碱度测定

李政坤¹, 王子奥¹, 饶诗丹¹, 石贵勇^{1,2*}

¹中山大学海洋科学学院, 广东 珠海

²国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广东 广州

Email: lizhk7@mail2.sysu.edu.cn, eessgy@mail.sysu.edu.cn

收稿日期: 2018年5月10日; 录用日期: 2018年5月30日; 发布日期: 2018年6月6日

摘要

针对1999年后珠江口伶仃洋和珠海近岸地区碱度研究资料的缺失, 本文通过滴定法对研究区进行海水总碱度进行测定, 获得2016年冬季伶仃洋珠海沿海岸海水总碱度为102.10 mg/L(以CaCO₃计), 发现总碱度相较于先前的数据70.5 mg/L [1]有了大幅度的升高, 而较之2015年同期的数据126 mg/L有所下降。成因可能是2000年以后试验区域的生活污水污染, 赤潮频发共同作用。

关键词

海水, 总碱度测定, 伶仃洋

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

海水总碱度是指海水吸收质子的能力, 通常用水中能中和强酸定量作用的物质总量来标定[2]。同盐度类似, 总碱度是一个具有保守性质的参数, 不随温度、压力的变化而变化, 其实质是海水中保守阳离子和保守性阴离子的电荷差别。因此, 它不仅是研究不同来源水系混合过程的一种较好指标, 又是计算海水碳酸盐各分量的重要参数[1] [3]。对它的研究还可以反映海水的缓冲能力以及海水酸化程度[4], 并通过碱度与盐度之间的关系对海水盐度进行研究[5], 为该区域的生物学、沉积学和化学等分支学科的研究提供参考。前人研究表明, 海水的碱度还能显著影响海水对 SO_2 的吸收能力, 为解决大气中的 SO_2 问题提供了新思路[6]。

零丁洋是珠江最大的喇叭形河口湾, 水域面积约 2100 平方千米, 属弱潮河口, 潮型为不规则半日混合潮, 水域含沙量较大, 水中不溶性杂质主要为淤泥质沙和粉沙质淤泥。国内海洋学者对珠江口水体海水碱度做过一些研究, 梁志等[7]对珠江口进行了多站位的海水碱度、盐度、氯度和电导率的测量, 得出了这四种参数之间的相互关系。彭云辉等[8]也对珠江口进行了多站点的测量, 得出了碱度与 pH 呈线性相关, 在从虎门外至桂山岛的珠江口主水道上, 比碱度与氯度是密切的负相关的结论。他们两人没有给出每个测量点的测量结果, 而是进行了总体性的分析。李福荣等[1]采用 pH 电测法测定了珠江口区表层海水碱度, 发现碱度与盐度呈密切正相关, 并讨论了比碱度、碳酸碱度与硼酸碱度的分布变化, 他的研究给出了每个测量点的测量结果, 其 7 号测量点与本次实验的采样点接近。而在 1999 年以后, 就未发现对珠江口和珠海近岸地区的碱度研究资料。在 2000 年至今, 珠海近岸一直都是赤潮的集中发生区[9], 例如在 2009 年的 5 月、10 月、11 月, 珠海近岸在同一年接连发生了 3 次大规模赤潮事件[10]。赤潮时藻类的增殖会改变水体的碳酸盐组成, 影响水体的 pH 值和碱度[11]。而 1999 年后珠江口和珠海近岸地区碱度研究资料的缺失, 无疑是不利于珠海近岸赤潮灾害的防治的。

为了了解珠海近岸地区海水碱度测量数据变化情况, 本文采用滴定法对研究区海水总碱度进行测定。

2. 实验方法

2.1. 样品采集及处理

采样点如图 1 红色标记所示, 位于伶仃洋西侧的唐家湾近岸, 113.6°E , 22.3°N 。2016 年 12 月 07 日, 海水表面温度 20 摄氏度, 使用 A、B 两个 10 L 规格的白色聚乙烯容器, 分别取同一位点近岸海面表层水 10 L, 立即送回实验室进行分析测定。其中, A 桶水样分为 80 份, B 桶水样分为 89 份, 每份水样单独过滤后进行总碱度的测定。

2.2. 样品总碱度的测定方法

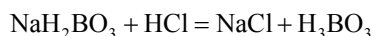
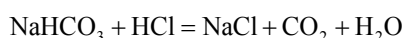
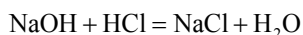
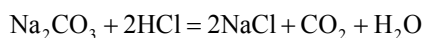
样品总碱度根据酸碱中和反应原理测定, 将已知浓度的盐酸由滴定管加到待测海水中, 借助指示剂



Figure 1. Location map of research area
图 1. 研究区位置图

的变色 PH 范围指示终点，当两者充分反应并达到相应滴定终点时，根据两者化学计量关系以及盐酸的浓度和消耗量，计算出海水的总碱度。

酸碱指示剂一般是有机弱酸或有机弱碱。它们的变色原理是由于其分子和电离出来的离子的结构不同，因此分子和离子的颜色也不同。在不同 pH 的溶液里，由于其分子浓度和离子浓度的比值不同，因此显示出来的颜色也不同。本文实验中选用酚酞(变色范围 pH8.2~10.0)和甲基橙(变色范围 pH3.1~4.4)双指示剂确认滴定终点。本次实验中发生的化学反应主要有



第一次滴定使用酚酞作为指示剂，当滴定完成，溶液由粉色变无色，水样 PH 值为 8.3。溶液中 $[\text{OH}^-]$ 已经被 HCl 溶液中和， $[\text{CO}_3^{2-}]$ 均被转化为 $[\text{HCO}_3^-]$ ，得到了水碱度和碳酸根碱度的测量结果；在已完成第一次碱度实验的水样加入甲基橙指示剂后，继续滴定，水样颜色由黄色变为橙色时，滴定完成，溶液 PH 为 4.4~4.5，水样中的 $[\text{HCO}_3^-]$ 已经被中和，得到碳酸氢根碱度的测量结果，两次滴定实验所得结果之和称为“总碱度”。

具体流程：

① 量取 100.00 ml 水样于 250 ml 锥形瓶中，加入 4 滴酚酞指示剂，用已经完成标定了的 HCl 溶液进行滴定至溶液颜色由红色变为无色，当溶液颜色变为无色且半分钟内不发生变化时，酚酞碱度滴定完成，记下 HCl 溶液的消耗量 V_1 (ml)；

② 在上述测定过酚酞碱度的水样中，加 4 滴甲基橙指示剂，用已经完成标定了的 HCl 溶液滴定至溶液颜色由黄色变为橙色，当溶液颜色变为橙色且半分钟内不发生变化时，甲基橙碱度滴定完成，记下 HCl 溶液的消耗量 V_2 (ml)；

③ 计算海水总碱度：以 CaCO_3 (mg/L)表示水样中酚酞碱度；

$$\text{碳酸根碱度} = (V_1 * c(\text{HCl}) * M(\text{CaCO}_3) * 10^3) / (2 * V_{\text{水样}})$$

$$\text{总碱度} = ((V_1 + V_2) * c(\text{HCl}) * M(\text{CaCO}_3) * 10^3) / (2 * V_{\text{水样}})$$

3. 结果与讨论

分别得出 A 桶水样 80 组实验数据和 B 桶水样 89 组实验数据, 共计 169 组实验, 每组实验为 3 次平行实验取平均值, 数据记录如表 1。

系列一: CO_3^{2-} 的浓度比例 系列二: HCO_3^- 的浓度比例 系列三: CO_2 的浓度比例

根据图 2 可知, 当滴定达到酚酞变色点($\text{pH} = 8.3$)时, 水中几乎只有 HCO_3^- (占比 98%) 一种形态; 当滴定达到甲基橙变色点($\text{pH} = 4.3$)时, 水中几乎只有 CO_2 (占比 99%) 一种形态[12]。

在实验过程中, 所有实验组水样在加入酚酞后没有变色, 而在加入甲基橙后变为黄色, 表明水样中的 CO_2 主要以 HCO_3^- 和 CO_2 存在, 水样总碱度主要由 HCO_3^- 提供。

进一步计算, 取样时间为 2016 年 12 月 07 日, 属于珠江的枯水期, 碱度与 pH 值存在对应关系, $\text{pH} = 7.89 + 0.07\text{ALK}$ [8], 计算得为水样 $\text{pH} = 8.03294$ (下列后续计算时取 $\text{pH} = 8.0$)

$$\delta_{\text{HCO}_3^-} = \frac{[\text{H}^+] K_{a1}}{[\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+] K_{a1} + K_{a1} K_{a2}} = 97.2\%$$

$$\delta_{\text{H}_2\text{CO}_3} = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+] K_{a1} + K_{a1} K_{a2}} = 2.3\%$$

$$\delta_{\text{CO}_3^{2-}} = \frac{K_{a1} K_{a2}}{[\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+] K_{a1} + K_{a1} K_{a2}} = 0.5\%$$

对比 2000 年之前的数据[13], 可以发现本次的水样中, HCO_3^- 的分布分数略高于以往, 但 pH 仍处在均值范围之内[8], 而总碱度相较往年同一站位数据却有大幅度的上升[1]。

珠江口与波罗的海相似, 碱度主要来自外海水[1] [7] [8] [14], 在一定氯度范围内, 其碱度主要是河水及海水物理混合过程控制, 碱度与氯度呈显著相关关系, 如此高的总碱度值, 以往只出现在离岸 100 km 以上的水域。

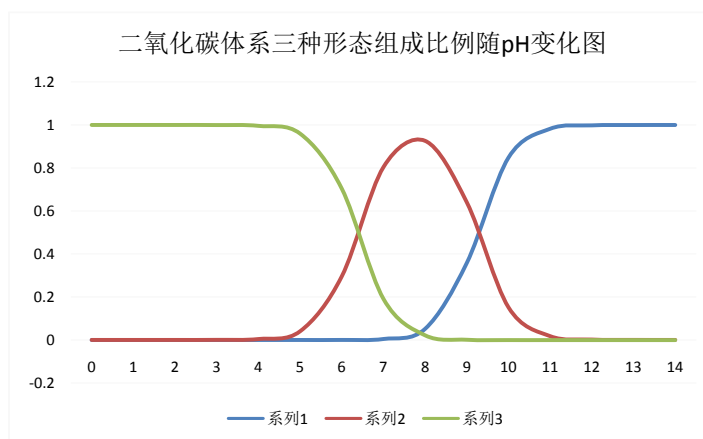


Figure 2. The change of the proportion of three forms of carbon dioxide with pH)

图 2. CO_2 体系三种形态组成比例随 pH 变化图

Table 1. Results of total alkalinity measurement of sea water in 2016**表 1.** 2016 年海水总碱度测量结果

总碱度测定值(以 CaCO ₃ 计, 单位 mg/L)						
103.07	103.81	114.20	105.50	110.13	109.00	
89.45	99.70	110.71	114.36	99.10	107.00	
106.80	103.33	107.49	110.48	105.61	107.00	
112.00	106.00	109.07	112.42	101.60	105.93	
104.53	109.58	99.49	106.80	103.50	102.47	
117.00	98.87	102.30	81.50	95.70	104.36	
106.5	98.79	82.08	83.50	102.60	102.47	
121.00	101.10	82.24	99.08	113.76	109.30	
100.14	103.62	105.64	99.08	105.43	102.90	
93.80	92.25	96.10	101.05	102.66	103.87	
99.52	92.69	98.87	92.00	98.54	103.87	
104.71	102.60	96.10	106.00	110.01	106.08	
111.09	101.20	83.00	92.00	107.93	106.69	
101.46	104.00	105.68	96.17	108.97	105.47	
92.88	107.01	99.08	104.14	105.67	101.72	
99.30	111.40	95.08	109.52	101.17	114.55	
112.00	111.06	95.08	99.38	103.04	95.38	
103.35	100.48	97.83	113.75	101.08	96.80	
104.80	112.33	102.00	95.39	91.80	98.38	
89.15	121.20	102.22	96.15	87.88	96.79	
99.24	110.66	108.27	99.80	90.27	98.40	
103.96	95.60	102.06	100.36	89.54	94.06	
115.81	105.00	109.23	102.00	94.70	88.83	
108.07	102.04	108.16	102.22	117.48	91.45	
99.00	101.33	108.16	100.49	94.70	114.36	
100.72	92.72	102.18	100.20	93.56	110.49	
102.02	111.23	103.24	96.80	96.68	112.42	
104.30	104.79	102.18	106.10	95.62	87.86	
84.71						
测量次数			169			
平均值			102.10			
标准偏差 s			7.63			
相对标准偏差			7.47			
不确定度 U (置信度 95%)			1.15			
测量值			102 ± 2			

根据海水度同盐度之间的线性关系[1], $\text{Alk} = 1.048 + 0.03535[\text{S}]$ ($\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$) ($r = 0.978, n = 12$), 可以计算出盐度值 $S = 28.06223479$, 大幅超出了先前的测量值盐度[1] $S = 10\sim 15$ 。根据 2000 年之前的文献报道, 珠江口是一个以物理混合为主的弱潮性河口[15], 碱度与盐度关系密切, 碱度变化主要受海水物理混合过程控制。而文献显示[16], 珠江口区域盐度总体上没有明显的升高或降低, 除极端干旱外, 基本保持稳定。本文调查区域枯水期的盐度没有发生明显变化, 在盐度 12~18 的范围内随潮汐波动[17]。

且通过对潮汐表的查询, 发现采样时(2016 年 12 月 7 日)珠海周边海域正处于小潮期, 排除了天文大潮使远海水移动到近岸导致海水碱度和盐度升高的可能。近岸海水碱度正处于一个潮汐周期中的较低值。

本文认为在 2000 年后, 由于人类活动的影响[18], 调查区域的海水碱度因潮汐涨落以外的因素而上升, 导致经验公式计算值与实测值产生偏差。

2000 年之后, 城市居民大幅增加, 而污水处理设施发展滞后, 富含有机物和营养盐的居民生活污水成为珠江口海域的主要污染源, 占总污水量的 70%, 导致珠江口大面积海域水质处于 IV 级水质[18], 水域富营养化严重。对于我们的测量位点, 营养盐测量值 $\text{DIN} = 127.2 \mu\text{mol/l}$, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P} = 1.00 \mu\text{mol/l}$, 处于 VI 级营养级(磷限制潜在性富营养)(吴斌斌等 2010) [19]。营养盐污染严重的同时有机物的污染十分严重, 澳门一侧沉积物中毒害有机物含量为珠江口最高[20]。

影响海水总碱度的因素有 1) 盐度的影响; 2) CaCO_3 的沉淀和溶解; 3) 氮的生物吸收和再矿化过程中溶解无机氮的释放; 4) 对于近海水体, 河流流量变化和降水情况会极大地影响碱度[21]。通过计算, 我们发现水样总碱度主要由 HCO_3^- 提供, 故根据上述资料分析:

1) 从盐度影响来看。采样时珠海正处于低潮期, 河水冲淡的作用相对较强, 近岸海水盐度处于较低值, 因海水盐度而导致高碱度的可能较低。

2) 从 CaCO_3 的沉淀和溶解来看。从碳酸盐的沉淀与溶解来看。采样点海域曾属于贝类养殖区域[22], 有大量的人为甲壳废弃物, 可能对附近水域碱度产生影响。

3) 氮的生物吸收和再矿化过程中溶解无机氮的释放。

随着珠江三角洲经济的发展, 珠江口海域污染逐渐扩大, 污染物由工业污染为主转变为生活污水污染为主, 生活污水占总污水量的 70%, 并且海域已出现了严重的富营养化[23], 污染区主要分布在伶仃洋东北部、香港和深圳湾, 污染源主要为虎门水道、东宝河、香港市区以及深圳河[18]。

具体到珠海市, 珠海市沿岸水域, 由于本地水道污水直排、养殖污染、排水口和雨污口污染以及跨境污水输入等原因, 珠海市沿岸水质较差, 大部分海域都处在劣 III、IV 水质, 总体上处在潜在性富营养化阶段, 主要污染物为无机氮、活性磷酸盐和油类[24]。

大量入海的生活污水给珠江口带来了丰富的有机污染物; 营养盐的输入使得赤潮频发, 浮游藻类爆发性增长时硝酸氮的吸收过程会导致总碱度的升高, 赤潮衰退时产生的大量有机物质再矿化, 释放的溶解无机氮会提升海水总碱度[25]。

4) 河流流量变化和降水情况。根据表 2 所示, 采样前一周珠海市均没有发生过降水, 不存在外来降水的冲淡, 而且珠江处于枯水期, 水量较小。海水对近岸水体的影响较大, 可能使碱度升

采样时间 2015 年 12 月 17 日, 采样地点同样为图 1 红标识处。采样时间处于低潮, 可以排除远洋外海水导致碱度升高的可能性, 由表 3 可知 2015 年同期海水总碱度测量结果为 126 mg/L (以 CaCO_3 计), 我们可以看出 2016 年的海水总碱度测量值有较大程度的下降。根据表 4 的天气资料显示, 采样前一周都没有降水, 可以排除降水冲淡对海水碱度的影响。

4. 结论

2016 年 12 月 7 日伶仃洋珠海沿岸海水总碱度测量值为 102 mg/L (以 CaCO_3 计), 对比发现海水总碱

Table 2. Weather data of Zhuhai City (from The Weather of China)**表 2.** 2016 年珠海市天气资料(来自中国天气网)

日期	2016/12/1	2016/12/2	2016/12/3	2016/12/4	2016/12/5	2016/12/6	2016/12/7
最高气温	21	22	22	24	25	21	22
最低气温	16	17	18	20	17	15	17
天气	晴	多云	多云	多云	多云	晴	多云
风向	东北风	北风	西北风	微风	西北风	东北风	西北风
风力	2 级	2 级	1 级	1 级	2 级	1 级	1 级

Table 3. Results of total alkalinity measurement of sea water in 2015**表 3.** 2015 年海水总碱度测量结果

总碱度测定值(以 CaCO ₃ 计, 单位 mg/L)						
216.7	155.49	126	117.72	105.6	99	
205.71	153.6	125.54	115.9	105.21	98.5	
204.8	153.6	124.65	114.52	105.1	98.5	
199.81	150.2	124.58	113.87	104.44	97.97	
185.79	147.2	121.72	109.19	102.61	97.15	
182.29	146.25	121.3	107.91	102.36	96.62	
176.1	136.4	120.6	107.8	101.88	75.21	
175	131.31	118.8	107.4	101.67	70.63	
171	128.45	118	107.11	100.63	51.38	
164.53	127.31	117.83	106.7	99.47		
测量次数			59			
平均值			126.32			
标准偏差 s			34.60			
相对标准偏差			27.39			
不确定度 U (置信度 95%)			8.83			
测量值			126 ± 9			

Table 4. Weather data of Zhuhai City (from The Weather of China)**表 4.** 2015 年珠海市天气资料(来自中国天气网)

日期	2015/12/11	2015/12/12	2015/12/13	2015/12/14	2015/12/15	2015/12/16	2015/12/17
最高气温	22	22	23	19	17	16	16
最低气温	17	18	19	16	12	11	10
天气	晴~多云	多云	多云	多云	多云	晴	晴
风向	东北风	东南风	西北风	西北风	东北风	西北风	东北风
风力	小于 3 级	小于 3 级	小于 3 级	小于 3 级	小于 3 级	小于 3 级	小于 3 级

度相较于 2000 年之前的数据 70.5 mg/L(以 CaCO_3 计)(李福荣等[1])有了大幅度的升高, 而较之 2015 年同期的数据 126 mg/L(以 CaCO_3 计)有所下降。

原因可能珠海市在 2015 年情侣路附近海域发生的两次小规模赤潮的影响使得 2015 年同期同测量点的海水总碱度异常升高[26]; 也可能是珠海最近数年, 对于污染产业整治的加强以及对海洋养殖的规范化[27], 使得珠海近岸海水水质提升, 海水总碱度逐渐趋于正常, 大范围高危害的赤潮事件出现频率的降低[9][10][26]可以佐证这一猜想。

而由于生活污水污染, 赤潮频发等环境问题[18][19][23][24], 2016 和 2017 年测量得到的海水碱度远高于 2000 年前测量数据, 水污染问题依旧严峻。

基金项目

国家自然科学基金项目(41373012)、国土资源部海底矿产资源重点实验室开放基金(KLMMR-2013-B-02)资助。

参考文献

- [1] 李福荣, 陈国华, 纪红. 珠江口海水碱度研究[J]. 青岛海洋大学学报(自然科学版), 1999(S1): 49-54.
- [2] 臧维玲. 海水的缓冲性能及缓冲容量[J]. 海洋科学, 1983(4): 18.
- [3] 隋永年. 海水总碱度及其示性特征[J]. 山东海洋学院学报, 1986(1): 160-172+208.
- [4] 胡祎, 肖瑜, 彭雪妍, 张敏, 章波, 李中秋. 海洋酸化研究进展[J]. 水科学与工程技术, 2011(1): 19-21.
- [5] 王爱军, 王聪, 石超英. Gran 滴定法测量不同盐度海水样品的总碱度浓度及其影响因素[J]. 海洋技术学报, 2014(2): 81-86.
- [6] 赵小芳, 侯纯扬, 樊利华, 崔振东. 海水及浓海水吸收二氧化硫[J]. 环境工程学报, 2013, 7(8): 3123-3130.
- [7] 梁志, 王肇鼎. 珠江口氯度、盐度、电导和碱度的状况与相互关系[J]. 海洋学报(中文版), 1983(6): 728-734.
- [8] 彭云辉, 陈浩如, 李少芬. 珠江河口水体的 pH 和碱度[J]. 热带海洋, 1991(4): 49-55.
- [9] 窦勇, 高金伟, 时晓婷, 陈瑞楠, 周文礼. 2000~2013 年中国南部近海赤潮发生规律及影响因素研究[J]. 水生态学杂志, 2015(3): 31-37.
- [10] 韦桂秋, 王华, 蔡伟叙, 易斌. 近 10 年珠江口海域赤潮发生特征及原因初探[J]. 海洋通报, 2012(4): 466-474.
- [11] 贺青. 厦门内湾赤潮多发区的 AOI 和 pH 用于赤潮预警的探讨[D]: [硕士学位论文]. 厦门: 国家海洋局第三海洋研究所, 2010.
- [12] 魏晓霞. 庆阳市地下水中碱度的测定[J]. 宝鸡文理学院学报(自然科学版), 2016(4): 59-61, 78.
- [13] 彭云辉, 王肇鼎, 易志伟. 珠江河口水体的二氧化碳[J]. 环境化学, 1992(4): 56-60.
- [14] 应秩甫, 陈世光. 珠江口伶仃洋咸淡水混合特征[J]. 海洋学报(中文版), 1983(1): 1-10.
- [15] 韩舞鹰, 等. 珠江口海水的碳贮量[J]. 环境科学, 1990, 11(2): 12-17.
- [16] 贾后磊, 谢健, 吴桑云, 何桂芳. 近年来珠江口盐度时空变化特征[J]. 海洋湖沼通报, 2011(2): 142-146.
- [17] 何颖清, 喻丰华, 杨留柱, 尹斌. 珠江口水表盐度遥感反演及空间分异特点分析[J]. 人民珠江, 2012(S1): 52-55.
- [18] 何桂芳, 袁国明, 李凤岐. 珠江口沿岸城市经济发展对珠江口水质的影响[J]. 海洋环境科学, 2004(4): 50-52+70.
- [19] 吴斌斌, 高全贺, 李衍森. 珠海近岸水体营养盐污染状况及潜在性富营养化程度评价[J]. 科技资讯, 2010(4): 134-135.
- [20] 刘芳文, 颜文. 珠江口及其邻近水域的化学污染研究进展[J]. 海洋科学, 2002(6): 27-30.
- [21] 陈敏. 影响总碱度的海洋学过程[J]. 化学海洋学, 2009: 75.
- [22] 张亚锋, 雷俊, 郑晓坤, 黄志坚. 珠海牡蛎养殖业现状初步调查分析和思考[J]. 水产科技, 2010(Z1): 21-23.
- [23] 邓孺孺, 何执兼, 陈晓翔, 关履基, 柯栋. 珠江口水域水污染遥感定量分析[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2002(3): 99-103.

- [24] 尹姗姗, 朱雅敏. 珠海市近岸海域水质综合评价及防污措施研究[J]. 水利科技与经济, 2014(2): 26-29.
- [25] 李骞. 春夏季东海赤潮高发区颗粒有机物的来源、含量变化及其与固碳作用的关系[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2007.
- [26] 陈翩翩. 去年珠海水域发生两次赤潮[N]. 珠海特区报, 2016-06-14(008).
- [27] 宋雪梅. 实行最严格环境保护制度[N]. 珠海特区报, 2017-01-24(003).

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2376-4260, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ams@hanspub.org