

# Environmental Monitoring and Evaluation of Oil Refinery Sewage Outlet and Its Adjacent Waters in Qinzhou Harbor

Zhenjun Kang<sup>1,2,3,4</sup>, Pei Wang<sup>1</sup>, Wei Guo<sup>1</sup>, Shiman Li<sup>1</sup>, Shaoxin Liang<sup>1</sup>, Fu Wu<sup>1</sup>, Jing Ye<sup>1</sup>, Fuping Liu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Qinzhou University, Qinzhou Guangxi

<sup>2</sup>Guangxi Key Laboratory of Beibu Gulf Marine Biodiversity Conservation, Qinzhou Guangxi

<sup>3</sup>The Key Laboratory of Coastal Science and Engineering, Beibu Gulf, Qinzhou Guangxi

<sup>4</sup>Guangxi Key Laboratory of Marine Disaster in the Beibu Gulf, Qinzhou Guangxi

Email: [kzj823@163.com](mailto:kzj823@163.com)

Received: Apr. 27<sup>th</sup>, 2017; accepted: May 15<sup>th</sup>, 2017; published: May 18<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

From 2011 to 2013, the water quality of the oil refinery sewage outlet and its adjacent waters in Qinzhou harbor was monitored. The pH, dissolved inorganic nitrogen (DIN), chemical oxygen demand (COD), suspended solids (SS) and petroleum were analyzed in order to research the dynamic changes and trends of the water quality. Meanwhile, the single-factor evaluation index method was used to analyze and evaluate the water quality. The results showed that from 2011 to 2013, the water quality of the oil refinery sewage outlet in Qinzhou harbor was generally well, and the pH value and suspended solids did not exceed the standard. DIN, COD and petroleum content were abnormal increased in the individual months and exceed the standard, which may be related to the missing of safety and environmental protection facilities in the oil refinery. From 2011 to 2013, the water quality in the adjacent waters of Qinzhou harbor oil refinery sewage outlet was better than the water quality requirement of the marine functional area and the higher DIN, COD and petroleum contents of the sewage outlet had little effect on the water quality of the adjacent waters, which was mainly related to the small water discharge and the contents was diluted and dispersed through the sea self purification capacity, in addition, the water pollution caused by rainfall in the rainy season has a certain influence on the water quality of the sea area. From 2011~2013, the main pollutants include DIN, COD and petroleum in the adjacent waters of the sewage outlet showed a growing trend, which may be related to the recent development of the coastal industry in Qinzhou harbor and the increase of the input of the terrestrial pollutants through the run-off. Therefore, it is necessary to pay close attention to the DIN, COD and petroleum content status in this sea area and do the relevant marine monitoring and water quality analysis and evaluation work to ensure that the marine ecological health of the sea.

## Keywords

Qinzhou Harbor, The Oil Refinery, Sewage Outlet, Water Monitoring, Water Evaluation

---

# 钦州港炼油厂排污口及邻近海域环境 监测与评价

亢振军<sup>1,2,3,4</sup>, 王培<sup>1</sup>, 郭伟<sup>1</sup>, 李世满<sup>1</sup>, 梁绍信<sup>1</sup>, 伍赋<sup>1</sup>, 叶静<sup>1</sup>, 刘富平<sup>1</sup>

<sup>1</sup>钦州学院, 广西 钦州

<sup>2</sup>广西北部湾海洋生物多样性养护重点实验室, 广西 钦州

<sup>3</sup>广西北部湾海岸科学与工程实验室, 广西 钦州

<sup>4</sup>广西北部湾海洋灾害研究重点实验室, 广西 钦州

Email: kzj823@163.com

收稿日期: 2017年4月27日; 录用日期: 2017年5月15日; 发布日期: 2017年5月18日

## 摘要

于2011~2013年对钦州港炼油厂排污口及其邻近海域水质状况进行监测, 通过分析水体中pH值、无机氮(DIN)、化学需氧量(COD)、悬浮物(SS)、石油类等指标, 研究该水域各水质指标的动态变化及趋势, 并采用单因子评价法对其结果进行水质分析和评价。结果表明: 2011~2013年钦州港炼油厂排污口水质状况较好, 其中pH值、悬浮物未出现超标现象; DIN、COD和石油类含量在个别月份异常增大, 出现超标现象, 可能与炼油厂存在安全环保设施遗漏有关。2011~2013年钦州港炼油厂排污口邻近海域水质优于该海洋功能区化水质要求, 排污口个别月份较高的DIN、COD和石油类含量对临近海域水质状况影响不大, 这主要与排污口排水量较小, 海水通过自身的自净能力已经对其稀释和分散有关, 另外雨季沿岸雨水冲刷造成陆地污染物进入水体对该海域的水质有一定的影响。2011~2013年排污口邻近海域的主要污染物DIN、COD和石油类含量呈增长趋势, 这可能与近年来钦州港临海工业的发展以及陆源污染物通过入海径流输入增加有关, 因此需要密切关注该海域DIN、COD和石油类含量状况, 做好相关的海洋监测和水质分析评价工作, 确保该海域的海洋生态健康。

## 关键词

钦州港, 炼油厂, 排污口, 水质监测, 水质评价

Copyright © 2017 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

石油化工在国家的经济发展中占有举足轻重的地位, 其产品广泛应用于国家经济建设和社会发展的各个领域[1]。石油化工企业在生产过程中用到的水量十分巨大, 每加工原油 1.25 吨, 需要用到新鲜水 13.5 m<sup>3</sup>, 其中炼油用水为 4.26 m<sup>3</sup> [2]。石油化工产业不仅是用水大户, 也是污水排放大户, 尤其是不达标的废水排放对环境造成污染, 给人民生活健康带来威胁[3]。石油污水不同于一般的生活污水和工业污水, 它是以原油为原料, 在裂解、分馏、精炼、合成等工艺为主的一系列有机加工过程中产生的污水[4]。随

着临海工业的发展,石油污水对自然水体的污染变得越来越严重。全球范围内每年至少有 500~1000 万吨的石油以各种渠道进入自然水体中[5] [6]。石油污水没有经过合理的处理而被直接排入自然水体中,将消耗水体中的溶解氧,使水质恶化,有害水生动植物生长,影响人类对水资源的利用,且石油污水中含有大量高浓度、难降解、高毒害的有机污染物,其对水生动植物存在长期的毒害影响。2010 年,中国西部大开发标志性工程、国家炼油工业“十一五”规划重点项目、广西单项投资最大项目——中国石油广西石化 1000 万吨/年炼油工程一期投产试车成功[7]。项目总加工方案采用世界先进的全加氢型工艺流程,主要工艺技术分别从美国 UOP 及 DOW 化学等公司引进。工程建成投产后,生产的油品质量全部达到欧 III 标准,其中部分达到欧 IV 标准,污水排放全部达到国家一级标准,清洁生产达到世界一流水平[8]。但是在实际生产过程中,炼油厂排污对周边海域存在多大程度的影响,目前还没有相关的研究报道,因此有必要对炼油厂排污口及其邻近海域水质进行监测与综合评价,掌握炼油厂重点排污口及邻近海域水质污染现状,为保护钦州湾的海洋生态环境、沿岸居民的健康生活以及钦州湾的海洋生物资源提供科学参考,并为环境治理部门提供科学依据。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 研究区域概况

《广西壮族自治区沿海港口布局规划》和《钦州港总体规划》规划的钦州港港口岸线长 86.1 km,其中深水岸线 54.5 km,非深水岸线 31.6 km。钦州港海域北面为大陆,东南受雷州半岛和海南岛掩护,西面为中南半岛,海域掩护条件好,波能动力相对较弱,风流平顺,海域开阔,航行条件好。钦州港海域可利用潮差较大,多年平均潮差为 2.51 m,最大潮差达 5.52 m。

### 2.2. 样品采集与分析

依据《陆源入海排污口监测技术规程》(HY/T076-2005) [9],钦州港炼油厂排污口处水质全年监测四次,分别于 2011~2013 年 3 月、5 月、8 月、10 月开展实施排污口水质监测工作。以钦州港炼油厂排污口为中心,在排污口邻近海域布设 7 个站点,分别为 P1~P7 站位(如图 1 所示)。排污口邻近海域全年监测两次,分别于 2011~2013 年 5 月、8 月开展排污口临近水域水质监测工作。各监测项目的样品采集、处理和分析方法均按照国家标准《海洋监测规范,第 4 部分:海水分析 GB17378.4-2007》[10]进行,其中 pH 值采用精密 pH 计测定;无机氮为氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮的总和,氨氮采用靛酚蓝分光光度法,亚硝酸盐采用萘乙二胺分光光度法,硝酸盐采用铈-镉还原法;化学需氧量采用碱性高锰酸钾法;悬浮物采用重量法;石油类采用紫外分光光度法;采样和分析过程均采取运输空白样、现场平行样、密码样和加标样等进行质量控制。

### 2.3. 数据分析方法

采用单因子评价法对钦州港炼油厂排污口邻近水域水质状况进行评价与分析。单因子评价法公式为:  $P_i = C_i/S_i$ ,式中: $P_i$  为污染物 i 的污染指数; $C_i$  为污染物 i 的浓度(mg/L); $S_i$  为污染物 i 的排放标准(mg/L),若水质污染指数大于 1,则监测海域水质为超标[11] [12]。按照《陆源入海排污口及邻近海域生态环境评价指南》(HY/T086-2005) [13],钦州港炼油厂排污口邻近海域为港口区,水质排放标准为不劣于第四类;在《中华人民共和国国家标准污水综合排放标准》(GB8978-1996) [14]执行二级排放标准,因为钦州港炼油厂为石油炼制工业企业,故其再根据《石油炼制工业污染物排放标准》(GB31570-2015) [15]可得其排污口水质排放标准(见表 1)。

钦州港炼油厂排污口邻近海域海洋功能区划分为港口区,水质达到《海水水质标准》(GB3097-1997)

[16]第四类海水水质标准。污染物  $i$  的排放标准  $S_i$  采取海水水质标准中的四类水质标准(见表 2)。

### 3. 结果与讨论

#### 3.1. pH 值

##### 3.1.1. 排污口水体 pH 值

从图 2 可以看出, 排污口 pH 值在 6.91~8.04 之间, 其中 2012 年 5 月和 2013 年 5 月 pH 值略高, 分

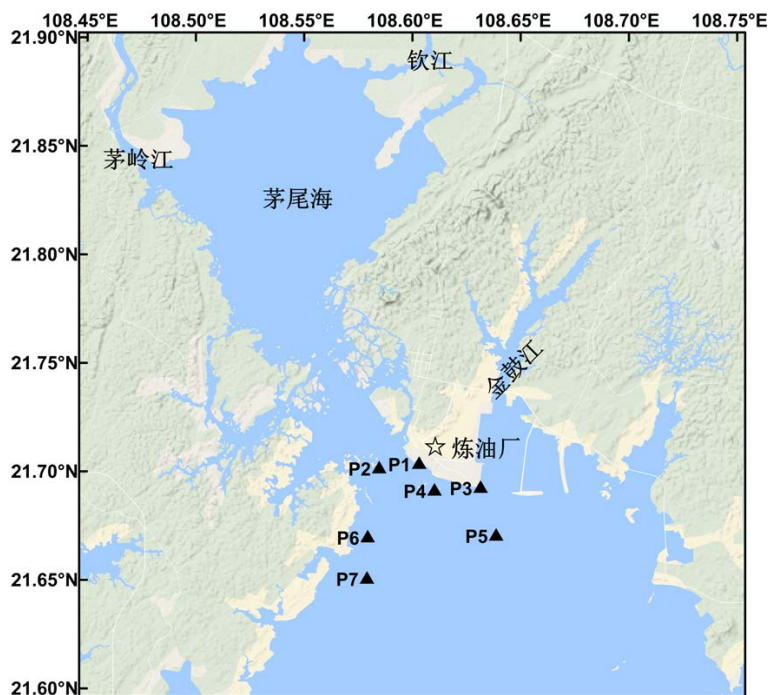


Figure 1. The oil refinery sewage outlet and its adjacent waters monitoring stations  
图 1. 炼油厂排污口及其临近海域监测站位

Table 1. The water quality emission standard for petroleum refining industry

表 1. 石油炼制工业水质排放标准

监测项目	pH	化学需氧量	悬浮物	石油类
		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
水质标准	6~9	60	70	5

Table 2. Seawater quality standard

表 2. 海水水质标准

监测项目	pH	无机氮	化学需氧量	悬浮物	石油类
		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
第一类	7.8~8.5	0.2	2	10	0.05
第二类	7.8~8.5	0.3	3	10	0.05
第三类	6.8~8.8	0.4	4	100	0.3
第四类	6.8~8.8	0.5	5	150	0.5

别为 7.98 和 8.04; 2011 年 5 月到 2012 年 3 月 pH 值略低, 基本在 7.2 左右。根据表 1 中石油炼制工业水质排放标准 pH 值在 6~9 之间, 排污口各年份 pH 值均符合国家排放标准。

### 3.1.2. 排污口邻近海域水体 pH 值

从图 3 可以看出, 2011~2013 年 5 月份和 8 月份 pH 值范围在 7.65~8.16 之间, 根据表 2 中海水水质标准, 第四类水质标准 pH 范围为 6.8~8.8, 均符合国家标准。从 3 幅小图中可以看出同一年内 pH 值的波动不大, 说明各站位的 pH 值受排污口影响不大。从 5 月份和 8 月份的 pH 值对比来看, 2011 年和 2013

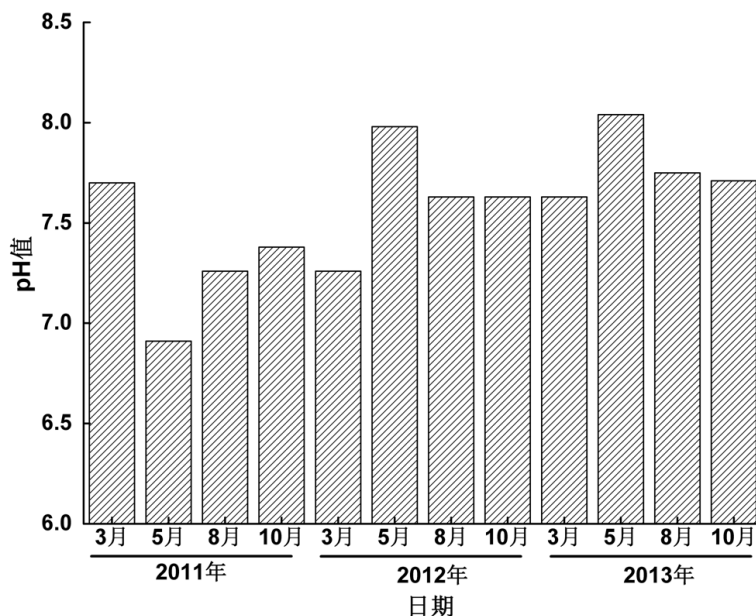


Figure 2. The pH value variation in water of oil refinery sewage outlet from 2011 to 2013

图 2. 2011~2013 年炼油厂排污口水体中 pH 值变化情况

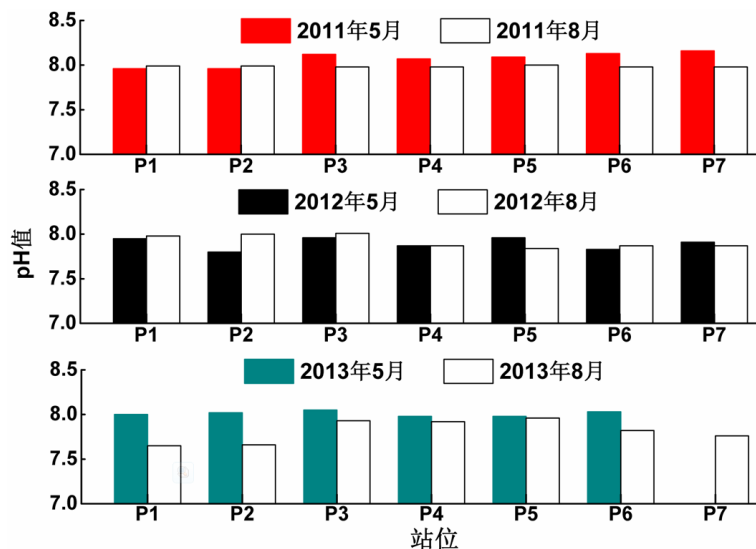


Figure 3. The pH value variation in water of oil refinery sewage outlet adjacent waters from 2011 to 2013

图 3. 2011~2013 年炼油厂排污口邻近海域水体中 pH 值变化情况



年5月份略高于8月份，而2012年5月份略低于8月份。海水pH值是海水中的总氢离子浓度的对数形式，反映了海水的酸碱度变化。海水pH值降低0.1，相当于海洋中氢离子浓度上升26% [17]。石油燃料燃烧和农业产生的酸性气体物质以酸雨的形式向海洋输送，使得近海和远海表层海水的pH值减小，全球温室效应产生的CO<sub>2</sub>浓度增加也使得pH值减小，海洋浮游植物的光合作用以及死生物、生物排泄物和陆源有机质的分解对海水的pH值有一定的影响[18]。2011年和2013年5月份监测海域整体略高的pH值可能由于海水增温和强烈的光合作用，使上层海水中二氧化碳含量和氢离子浓度下降，于是pH值上升。

### 3.2. 无机氮(DIN)

#### 排污口水体无机氮(DIN)

如图4所示，2011~2013年排污口的DIN变化范围为0.02~8.79 mg/L，平均值为1.62 mg/L。2012年5月份排污口的DIN含量异常大，为8.79 mg/L，2013年8月份为4.91 mg/L，2013年10月份为2.25 mg/L，此3个时期的DIN含量均超过了海水四类水质标准。赵荣彬在“广西石化和泉州石化异构化装置在‘三查四定’阶段发现的问题与分析”一文中曾指出广西石化存在一定的安全环保设施遗漏[19]，2012年5月份异常高的DIN值可能与此有关。

如图5所示，2011~2013年排污口邻近海域水体中的DIN变化范围为0.014~1.12 mg/L，平均含量为0.122 mg/L。采用单因子法对其评价，其污染指数除2013年8月P4、P7站位达2.24，即大于1，超过第四类海水水质标准外，其它站位的不同时期DIN污染指数平均值为0.14，即DIN含量未超标，水质状况为一类水质。图4中，排污口2012年5月DIN含量异常的高，达到8.79 mg/L，但其临近海域2012年5月各站位中DIN变化不大，平均值为0.015 mg/L，这说明此次排污口只是暂时的DIN含量超标，其并没有对临近海域造成大的影响。而2013年8月份4.91 mg/L的DIN超标排放对临近海域的DIN含量有显著的影响，造成了各站位DIN含量显著增加，且P4、P7站位超过第四类海水水质标准。

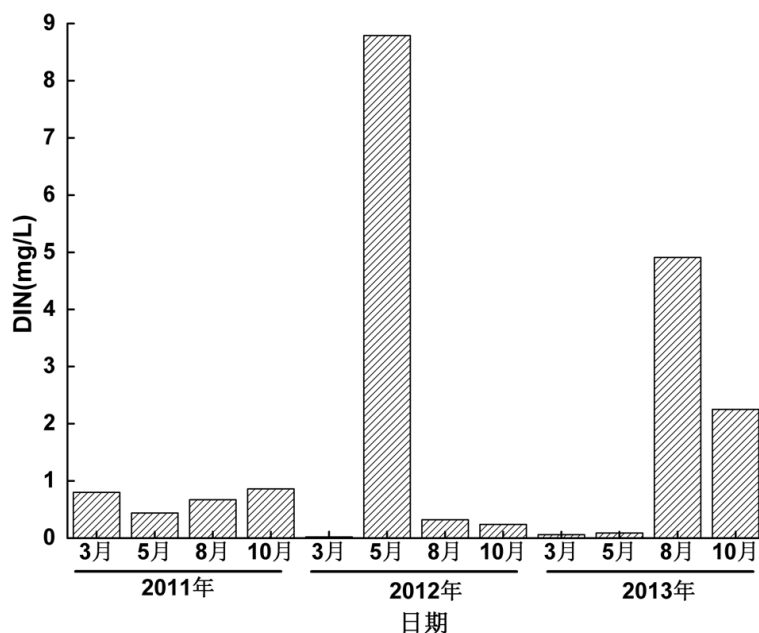


Figure 4. The DIN variation in water of oil refinery sewage outlet from 2011 to 2013

图4. 2011~2013年炼油厂排污口水体中无机氮变化情况

### 3.3. 化学需氧量(COD)

#### 3.3.1. 排污口水体化学需氧量(COD)

由图 6 所示, 2011~2013 年排污口排出水体中 COD 在 10.7~183 mg/L 之间, 平均值为 72.43 mg/L。根据表 1 排污口水质标准为 60 mg/L, 采用单因子评价法, 其污染指数在 0.18~3.05 之间。其中 2011 年 10 月和 2012 年 10 月超标较轻; 2011 年 3 月、2012 年 5 月和 2013 年 10 月排放水体的 COD 则超标比较严重, 尤其是 2012 年 5 月份高达 183 mg/L。赵荣彬(2015)在“广西石化和泉州石化异构化装置在‘三查

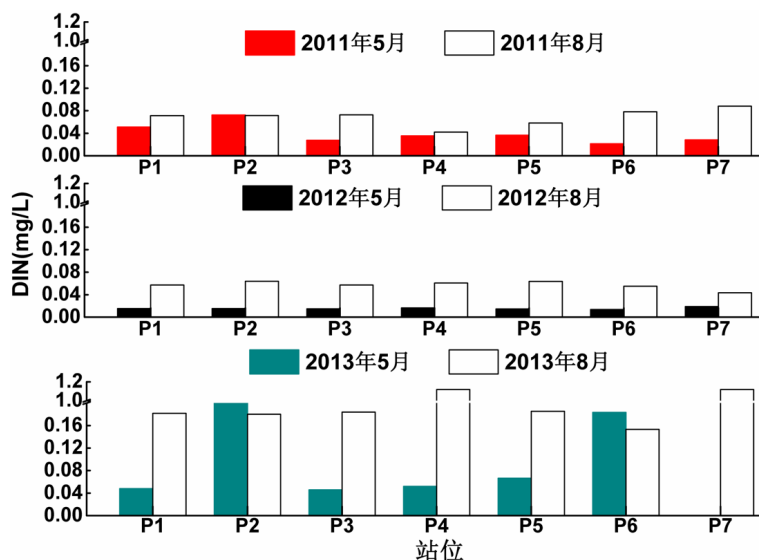


Figure 5. The DIN variation in water of oil refinery sewage outlet adjacent waters from 2011 to 2013

图 5. 2011~2013 年炼油厂排污口邻近海域水体中无机氮变化情况

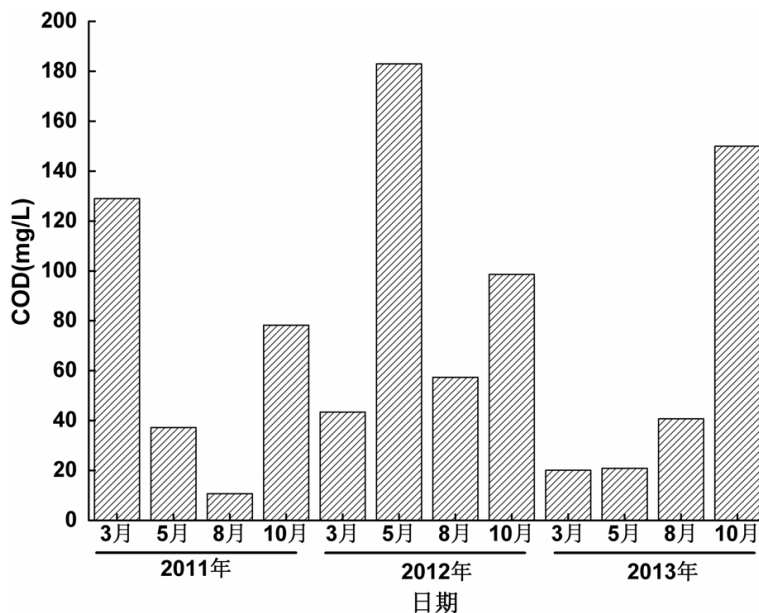


Figure 6. The COD variation in water of oil refinery sewage outlet from 2011 to 2013

图 6. 2011~2013 年炼油厂排污口水体中化学需氧量变化情况

四定’阶段发现的问题与分析”一文中指出广西石化的 C5/C6 异构化装置存在安全环保设施遗漏的问题，空冷平台仅在一端设置一个斜梯，四氯乙烯罐未做防护围堰，对围堰内的含四氯乙烯污水单独收集，而不是直接排入含油污水系统[19]。排污口水体中存在的高 COD 含量值可能与安全环保设施遗漏有关。

### 3.3.2. 排污口邻近海域水体化学需氧量(COD)

COD 是评价水体质量中最常用的污染参数之一，可用它来粗略估计水体中有机物质的含量。其值越大，表示该水体受到的污染越严重。COD 值对于自然水体的污染、工业污水排放前的检测和污水处理厂的运行评估来说，是一个重要的且能较快得到结果数值的水污染参数。1983 年到 2003 年这 20 年来，钦州湾 COD 的平均值在 0.43~2.64 mg/L 之间，并随时间和季节变化较大[20]，而由图 7 可以看出，2011~2013 年排污口邻近海域水体 COD 变化范围为 0.69~3.34 mg/L，平均值为 1.65 mg/L，该结果较往年前人研究结果略微增加。根据表 2 中评价标准，其污染指数在 0.14~0.67 之间，均未超标。整体来看，2011 年和 2012 年水质状况为一类水质，2013 年 COD 含量较前两年有略微增加，水质状况为二类水质。从图 7 可以看出，2011~2013 年 3 年间，各站点 5 月份 COD 值呈现出 2013 年 > 2011 年 > 2012 年的变化动态，并且波动较大，而各站点 8 月份 COD 值变化不明显，基本上处于稳定的状态。韦蔓新等(2006)指出钦州湾的 COD 呈现季节性变化一方面与钦州市沿岸生活排污影响有关，另一方面与强潮流引起的沉积物向上覆水补充影响有关[20]。

## 3.4. 悬浮物(SS)

### 3.4.1. 排污口水体中悬浮物(SS)

如图 8 所示，2011~2013 年排污口排出水体中悬浮物在 8.0~67.2 mg/L 之间，平均浓度为 35.1 mg/L。根据表 1 排污口悬浮物排放标准为 70 mg/L，采用单因子评价方法评价，其污染指数在 0.11~0.96 之间，排污口水体中悬浮物均未超过排放标准。

### 3.4.2. 排污口邻近海域水体中悬浮物(SS)

海水中的悬浮物粒径一般在几至几百微米之间，包括生物残骸、排泄物和分解物等有机成分和来自

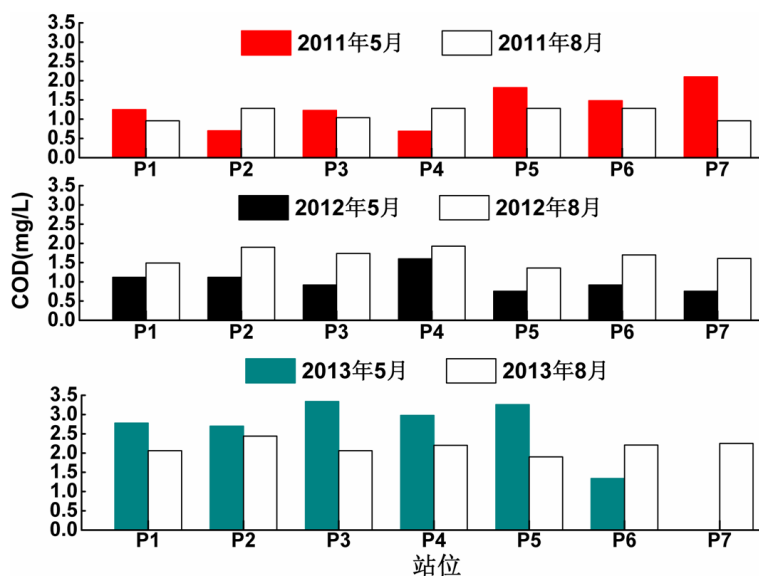


Figure 7. The COD variation in water of oil refinery sewage outlet adjacent waters from 2011 to 2013

图 7. 2011~2013 年炼油厂排污口邻近海域水体化学需氧量变化情况



大陆的矿物碎屑、硅酸盐、碳酸盐、硫酸盐和水合氧化物等次生矿物。由图 9 可知，2011~2013 年炼油厂排污口邻近海域水体悬浮物在 5.1~89 mg/L 之间，平均浓度为 20.66 mg/L。根据表 2 中海水水质标准，采用单因子评价方法得出其水质污染指数在 0.03~0.59 之间，均未超标。纵观 2011~2013 年各站位悬浮物的变化发现，2012 年各站位悬浮物含量要显著高于 2011 年和 2013 年，并且呈现出 2012 年 5 月悬浮物浓度显著高于 2012 年 8 月。2012 年 5 月海水中较高的悬浮物含量主要与该月份较大的降雨量有关，P2 站位的高悬浮物值则与其处于湾口中央处受到航道内悬浮物有关，P4 和 P7 站位的高悬浮物则主要是沿岸雨水冲刷造成陆地悬浮物进入水体。

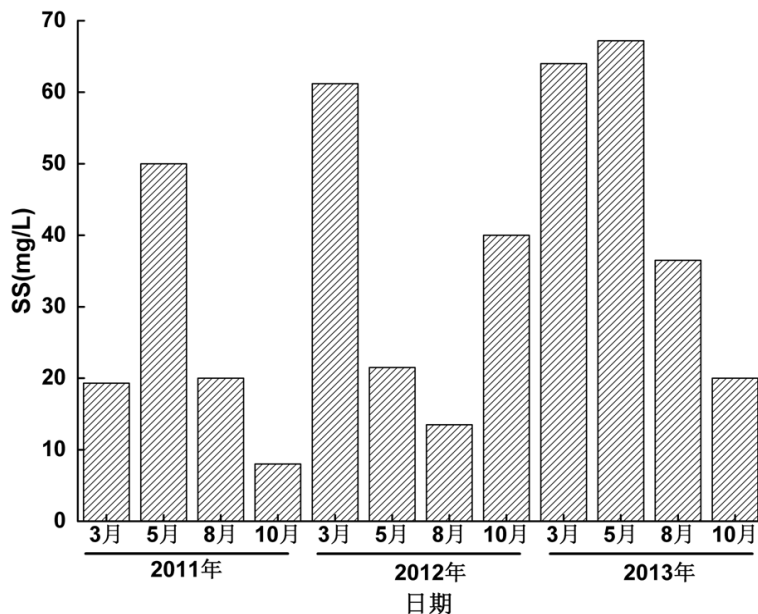


Figure 8. The suspended solids variation in water of oil refinery sewage outlet from 2011 to 2013

图 8. 2011~2013 年炼油厂排污口水体中悬浮物变化情况

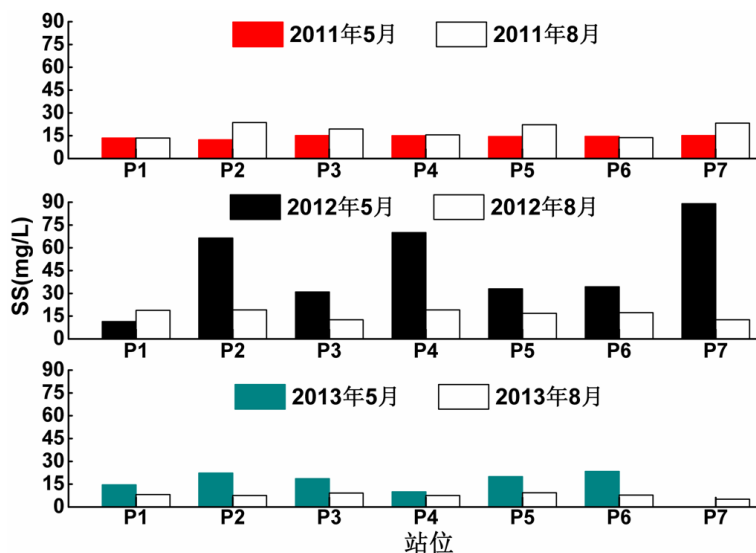


Figure 9. The suspended solids variation in water of oil refinery sewage outlet adjacent waters from 2011 to 2013

图 9. 2011~2013 年炼油厂排污口邻近海域水体悬浮物变化情况

### 3.5. 石油类

#### 3.5.1. 排污口水体中石油类

如图 10 所示, 2011~2013 年排污口排出水体中石油类在 0.08~63.80 mg/L 之间。根据表 1 排污口石油类排放标准为 5 mg/L, 采用单因子指数评价方法, 得出其污染指数在 0.02~12.76 之间, 其中 2012 年 5 月、2013 年 3 月、2013 年 5 月污染较轻, 污染指数分别为 2.35、3.31、2.95, 而 2011 年 8 月、2011 年 10 月、2012 年 3 月、2013 年 8 月、2013 年 10 月污染较重, 污染指数分别为 10.65、11.62、11.98、12.76、10.76, 均超过了排放标准。

#### 3.5.2. 排污口邻近海域水体中石油类

1983 年到 2003 年这 20 年来, 钦州湾近岸海域的石油类浓度为 0.00~0.50 mg/L [21]。杨斌等 2009 年 1~11 月对钦州湾海域表层海水石油烃进行的 4 次采样调查得出, 该区域表层海水石油烃含量在 0.001~0.095 mg/L 之间, 平均值为 0.022 mg/L, 指出夏、冬季海水受到不同程度石油污染, 钦州湾水产养殖活动及陆地径流输入是影响石油烃时空变化的主要因素[22]。本实验如图 11 所示, 2011~2013 年钦州湾炼油厂排污口邻近海域的石油类在 0.00~0.076 mg/L 之间, 平均值为 0.041 mg/L, 根据表 2 海水水质标准, 四类海水的石油类水质标准为 0.5 mg/L, 得到其污染指数在 0.02~0.15 之间, 均未超标。从 2011~2013 年排污口邻近海域石油类含量变化情况来看, 2011 年水质状况为二类水质, 2012~2013 年介于二类和三类水质之间, 邻近海域石油类含量正在逐年增加。对比排污口与排污口临近海域的石油类含量分布情况来看, 排污口较高的石油类含量并未对临近海域造成影响, 说明排污口的排水体量较小, 通过海水自身的自净能力已经对其稀释和分散, 最终对周边环境不会有太大的影响。

## 4. 结论

1) 2011~2013 年钦州港炼油厂排污口水质状况较好, 其中 pH 值、悬浮物未出现超标现象; DIN、COD 和石油类含量在个别月份异常增大, 出现超标现象, 可能与炼油厂存在安全环保设施遗漏有关。

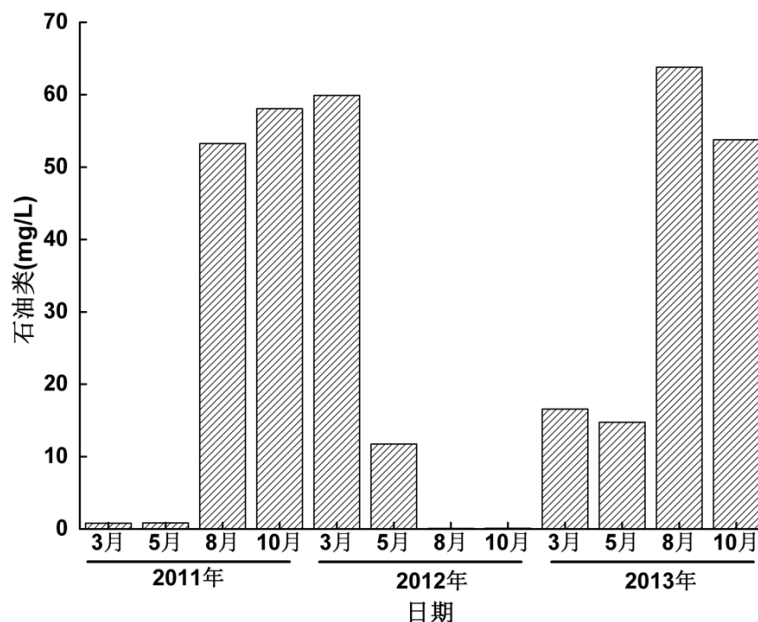
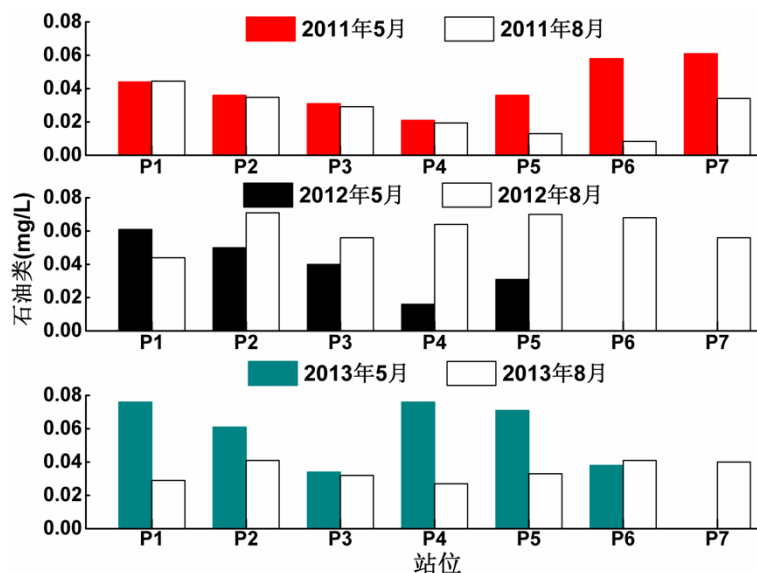


Figure 10. The petroleum variation in water of oil refinery sewage outlet from 2011 to 2013

图 10. 2011~2013 年炼油厂排污口水体中石油类变化情况



**Figure 11.** The petroleum variation in water of oil refinery sewage outlet adjacent waters from 2011 to 2013

**图 11.** 2011~2013 年炼油厂排污口邻近海域水体石油类变化情况

2) 2011~2013 年钦州港炼油厂排污口邻近海域水质优于该海洋功能区化水质要求, 排污口个别月份较高的 DIN、COD 和石油类含量对临近海域水质状况影响不大, 这主要与排污口排水量较小, 海水通过自身的自净能力已经对其稀释和分散有关, 另外雨季沿岸雨水冲刷造成陆地污染物进入水体对该海域的水质有一定的影响。

3) 2011~2013 年排污口邻近海域的主要污染物 DIN、COD 和石油类含量呈增长趋势, 这可能与近年来钦州港临海工业的发展以及陆源污染物通过入海径流输入增加有关, 因此需要密切关注该海域 DIN、COD 和石油类含量状况, 做好相关的海洋监测和水质分析评价工作, 确保该海域的海洋生态健康。

## 基金项目

广西自然科学基金青年基金项目(2016GXNSFRA380108); 广西高校科学技术研究项目(KY2015YB315); 钦州学院校级重点项目(2014XJKY-01A); 广西北部湾海洋生物多样性养护重点实验室探索项目(2015ZB08); 广西北部湾海岸科学与工程实验室自主项目(2016ZYB12); 广西“海洋生态环境”院士工作站。

## 参考文献 (References)

- [1] 张超, 李本高. 石油化工污水处理技术的现状与发展趋势[J]. 工业用水与废水, 2011, 42(4): 6-11.
- [2] 卞勋胜. 石油化工污水中的 BOD 与 COD 相关性的研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连海事大学, 2013.
- [3] 王健. 鞍山炼油厂污水处理技术研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2006.
- [4] 殷永泉, 邓兴彦, 刘瑞辉, 等. 石油化工废水处理技术研究进展[J]. 环境污染与防治, 2006, 28(5): 356-360.
- [5] 洪定一. 2012 年我国石油化工行业进展及展望[J]. 化工进展, 2013, 32(3): 481-500.
- [6] 洪定一. 2013 年我国石油化工行业进展回顾与展望[J]. 化工进展, 2014, 33(7): 1633-1658.
- [7] 许小云, 胡于中. 广西石化公司炼油厂节能降耗初探[J]. 石油与天然气化工, 2011, 40(6): 639-641.
- [8] 张励, 张晓光. 中国石油广西石化千万吨级炼厂“节能减排”设计[J]. 中外能源, 2009, 14(3): 93-97.
- [9] 国家海洋局. 《陆源入海排污口监测技术规程》(HY/T076-2005)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [10] 中国国家质量监督检验检疫总局和中国国家标准化管理委员会. GB17378.4-2007 海洋监测规范, 第 4 部分: 海

- 水分析[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [11] 孙伟光, 邢佳, 马云, 等. 单因子水质标识指数评价方法在某流域水质评价中的应用[J]. 环境科学与管理, 2010, 35(11): 181-184.
- [12] 罗芳, 伍国荣, 王冲, 等. 内梅罗污染指数法和单因子评价法在水质评价中的应用[J]. 环境与可持续发展, 2016, 41(5): 87-89.
- [13] 国家海洋局. 《陆源入海排污口及邻近海域生态环境评价指南》(HY/T086-2005)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [14] 中国国家质量监督检验检疫总局和中国国家标准化委员会. 《中华人民共和国国家标准污水综合排放标准》(GB8978-1996)[S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [15] 环境保护部和中国国家质量监督检验检疫总局. 《石油炼制工业污染物排放标准》(GB31570-2015)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [16] 国家环境保护局. GB3097-1997 海水水质标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- [17] 隋永年. 海水 pH 及其影响因素[J]. 中国海洋大学学报自然科学版, 1986(1): 148-161, 209-210.
- [18] 石强, 杨东方. 渤海夏季海水 pH 值年际时空变化[J]. 中国环境科学, 2011, 31(s1): 58-68.
- [19] 赵荣彬. 广西石化和泉州石化异构化装置在“三查四定”阶段发现的问题与分析[J]. 石油工程建设, 2015, 41(3): 87-89.
- [20] 韦蔓新, 何本茂. 钦州湾近 20a 来水环境指标的变化趋势 IV 有机污染物(COD)的含量变化及其补充、消减途径[J]. 海洋环境科学, 2006, 25(4): 48-51.
- [21] 韦蔓新, 何本茂. 钦州湾近 20a 来水环境指标变化趋势 II 油类的分布特征及其污染状况[J]. 海洋环境科学, 2003, 22(2): 49-52.
- [22] 杨斌, 钟秋平, 张晨晓, 等. 钦州湾海水中石油烃时空变化特征及其影响因素[J]. 海洋科学, 2016, 40(1): 76-84.

**期刊投稿者将享受如下服务:**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

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

期刊邮箱: [ams@hanspub.org](mailto:ams@hanspub.org)