

Environmental Monitoring and Evaluation of Pulp and Paper Industry Sewage Outlet and Its Adjacent Water in Qinzhou Harbor

Zhenjun Kang^{1,2,3}, Wei Guo³, Pei Wang³, Jie Li³, Bingwei Zhou³, Qiu Wei³,
Mingliang Nong³

¹Guangxi Key Laboratory of Beibu Gulf Marine Biodiversity Conservation, Qinzhou Guangxi

²The Key Laboratory of Coastal Science and Engineering, Beibu Gulf, Qinzhou Guangxi

³Qinzhou University, Qinzhou Guangxi

Email: kzj823@163.com

Received: Mar. 27th, 2017; accepted: Apr. 11th, 2017; published: Apr. 14th, 2017

Abstract

From 2011 to 2013, the water quality of the pulp and paper industry sewage outlet and its adjacent water in Qinzhou harbor was monitored. The pH, 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 pulp and paper industry sewage outlet in Qinzhou harbor was generally well, and the pH value did not exceed the standard. DIN and COD contents increased abnormally in March 2012, which could relate to the increase of sewage content or the wastewater pipeline was broken so that the wastewater was directly discharged into the sea. The content of suspended solids and petroleum in the individual period was excessive, which has little effect on the sea environment. The water quality of the pulp and paper industry sewage outlet adjacent water in Qinzhou harbor was better than the water quality requirements of this marine functional area. The pollution index of the corresponding monitoring project was generally conformed to the characteristics of the sewage outlet > adjacent sea area. It showed that the pollutant content of the adjacent sea area was affected by the land source pollutant discharge, as well as the runoff, rainfall, urban sewage and production wastewater emissions increased in the Qinzhou Bay. The contents of DIN, COD and petroleum in the pulp and paper industry sewage outlet adjacent water from 2011 to 2013 are increasing. In the future monitoring, the monitoring and management of DIN, COD and petroleum should be focused on, and the waste water discharge should be strictly controlled and the impact of major pollutants on the coastal waters of Qinzhou Bay should be reduced, so as to improve the ecological security.

Keywords

Qinzhou Harbor, Pulp and Paper Industry, Sewage Outlet, Water Quality, Evaluation

钦州港造纸厂排污口及邻近海域环境 监测与评价

亢振军^{1,2,3}, 郭伟³, 王培³, 李杰³, 周炳伟³, 韦秋³, 农明良³

¹广西北部湾海洋生物多样性养护重点实验室, 广西 钦州

²广西北部湾海岸科学与工程实验室, 广西 钦州

³钦州学院, 广西 钦州

Email: kzj823@163.com

收稿日期: 2017年3月27日; 录用日期: 2017年4月11日; 发布日期: 2017年4月14日

摘要

于2011~2013年对钦州港造纸厂排污口及其邻近海域水质进行监测, 通过分析该水域水体中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年钦州港造纸厂排污口水质状况整体良好, 其中pH值未出现超标现象; DIN和COD含量在2012年3月份异常增大, 可能与造纸厂增产导致所排污水含量增加或是造纸厂出现的废水排管道断裂使得废水直接排海有关; 悬浮物和石油类含量在个别时期出现超标, 对该海域环境的影响不大。2011~2013年钦州港造纸厂排污口邻近海域水质优于该海洋功能区水质要求, 相应监测项目污染指数大体符合排污口>邻近海域的特点, 显现出邻近海域污染物含量受陆源污染物排放, 以及钦州湾内湾径流、降雨、城区生活污水及生产废水排放量增加等因素影响较大。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, 在以后的监测过程中, 应该着重做好DIN、COD和石油类的监控与治理, 严格控制相关废水的排放, 降低主要污染物对钦州湾近岸水质影响与破坏, 提高生态安全性。

关键词

钦州港, 造纸厂, 排污口, 水质状况, 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

我国是海洋大国, 拥有 1.8 万 km 的海岸线。随着工业化的大规模发展, 沿海工业园迅猛发展, 海洋环境不断恶化, 近岸局部海域污染严重, 15%的近岸海域水质劣于第四类海水水质标准, 约 1.8 万 km² 海域呈富营养化状态, 由于陆源排污导致近岸污染比较严重[1]-[7]。钦州港位于我国南海的北部湾顶端, 处于钦州湾的中部, 是我国西南海岸上的天然深水良港。钦州港经济不断发展, 越来越多具有污染大型企业进驻钦州港临海工业园, 与此同时钦州港这片海域的海洋环境也在不断恶化[8] [9] [10] [11] [12]。张晨晓等 2009 年对广西钦州港海水进行春、夏、秋、冬四季的实地调查并应用富营养化状态指数(E)法进

行了评价和分析表层海水 pH 值、盐度、水温、溶解氧(DO)、化学需氧量(COD)、叶绿素 *a*、溶解无机氮、磷酸盐和硅酸盐等污染指标, 结果表明: 钦州港海域海水水质状态良好, 各项指标均符合国家二类海水水质标准[13]; 蓝文陆等采用有机污染指数法以 1990 至 2010 年长期监测的结果对钦州湾近 20 年有机污染程度进行评价, 探讨其对海湾环境的潜在生态影响并分析其变化趋势, 结果表明近 20 年钦州湾的有机污染指数变化较大, 内湾的变化范围为-0.55~5.49, 外湾的变化范围为-0.44~3.96 [14]; 张荣灿等在 2010 年 6 月采集钦州湾近岸海域 15 个站位的海水样品并测定海水中的化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐等的浓度采用单因子污染指数法对污染程度进行评价, 得出钦州湾出现了一定的富营养化[15]。造纸工业是一个古老的行业, 也是我国国民经济的重要产业之一。造纸工业是用水大户, 也是造成水污染的重要污染源之一[16]-[25]。钦州港造纸厂一体化工程年产 250 万吨纸及纸板工程项目投产后, 单机产纸量为世界最大, 是钦州港经济开发区内大型企业中污染较重的。造纸厂废水主要来源于备料车间废水、化机浆车间、碱回收车间废水, 抄浆车间多余白水、化学水车间排水、备用热电站等, 全厂废水排放量为 51,276.7 m³/d, 项目设计废水经处理后污水处理站总排口污染物浓度为 pH 6~9, COD 59.7 mg/L, SS 21.4 mg/L, 总氮 2.45 mg/L, 达标排放的废污水量最大为 0.610 m³/s (5.26 万 m³/d), 年排放量为 1789 万 m³, 制浆废水经碱回收处理, 生活污水经污水处理站处理后通过 8.6 公里排海管道深海排放。随着社会的不断进步与科技的发展, 人们对生活质量的要求的提高, 环境保护的压力也越来越大, 因此造纸工业对环境所造成的污染问题也日益突出。在我国, 造纸工业 2012 年废水排放量为 34.27 亿吨, 排放废水中 COD 为 62.3 万吨, 占全国工业 COD 总排放 303.9 万吨的 20.5% [17] [21], 可见造纸工业废水污染不可小视。钦州湾造纸厂排污口位于钦州湾东南岸, 邻近海域为港口区, 目前对钦州区内的陆源入海排污口对邻近海域水质影响研究还很少, 因此有必要掌握钦州区重点排污口及邻近海域水质污染现状, 有必要针对钦州港造纸厂排污口及其邻近海域水质进行监测与综合评价, 为保护钦州湾的生态环境, 渔业资源及为相关部门治理污染提供建议等都具有重要意义。

2. 材料与方法

2.1. 研究区域概况

根据钦州市长期(1995~2014)地面气象统计资料, 钦州港造纸厂所在地平均气温 22.7℃, 年最高气温 37.9℃, 年最低气温 2.4℃, 年平均降水量 2154.7 mm。造纸厂四周均为地表水体环绕, 金鼓江和鹿耳环江分别位于东西两侧, 北侧为围海造地, 海岛四周海岸线长约 22.6 km。钦州湾潮汐属不正规全日潮, 根据龙门港潮汐站 1966-1987 年实测最高高潮位 6.57m, 最低低潮位-0.42 m, 最大潮差 5.49 m。流入钦州湾的河流有钦江, 茅岭江, 金鼓江和鹿耳环江, 其中钦江和茅岭江为流入钦州湾的主要河流, 为常年性河流。金鼓江和鹿耳环江为海岔, 其水文状况受海洋潮汐影响极大。钦江年输沙量 46.5 万吨, 夏季输沙量 64.8%, 冬季输沙量 21.12%; 茅岭江年输沙量 55.3 万吨, 夏季输沙量 44.3%, 冬季输沙量 49.44%。

2.2. 样品采集与分析

按照《陆源入海排污口监测技术规程》(HY/T076-2005) [26], 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。以钦州港造纸厂排污口为中心, 在排污口邻近海域按扇形布设 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 月开展排污口附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》[27]进行。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。

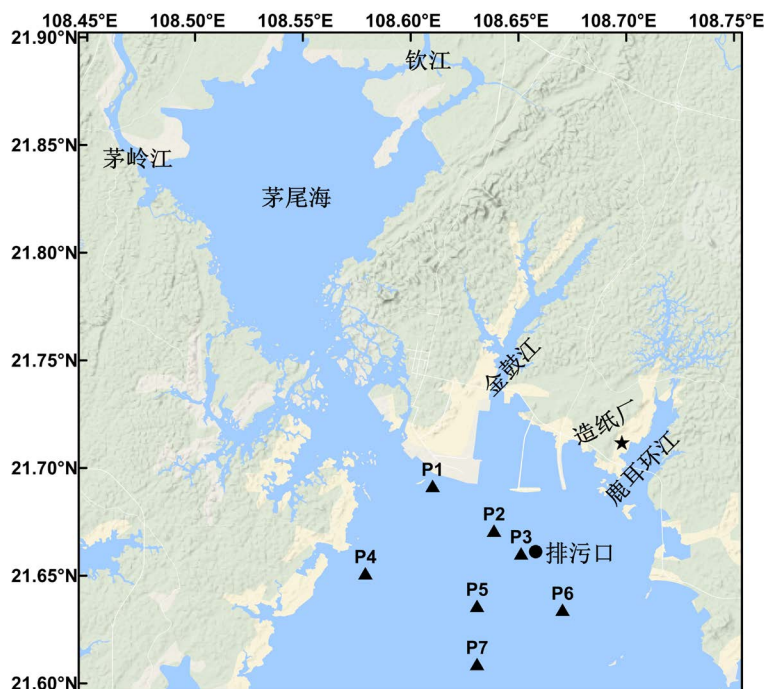


Figure 1. The monitoring sites of the sewage outlet
图 1. 排污口附近监测点站位

2.3. 数据分析方法

采用单因子评价法对钦州港造纸厂排污口邻近水域环境进行评价与分析。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。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) [28]，钦州港造纸厂排污口临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) [29]执行二级排放标准，因为钦州港造纸厂为制浆造纸行业，故其再根据《制浆造纸工业水污染物排放标准》(GB3544—2008) [30]可得其排污口水质排放标准(见表 1)。

钦州港造纸厂排污口临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) [31]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 7.27~8.16 之间，其中 2011 年 3 月和 5 月 pH 值略高，超过了 8；2011 年 8 月到 2012 年 10 月 pH 值略低，基本在 7.5 左右；2013 全年 pH 值在 7.8 左右。根据表 1 中排污口 pH 水质标准在 6~9 之间，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 7.73~8.27 之间，根据表 2 中海水水质标准第四类标准 pH 范围在 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

Table 1. The water quality emission standard of pulp and paper industry sewage outlet
表 1. 制浆造纸排污口水质排放标准

监测项目	pH	COD	悬浮物	石油类
		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
水质标准	6~9	90	30	10

Table 2. Seawater quality standard
表 2. 海水水质标准

监测项目	pH	DIN	COD	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

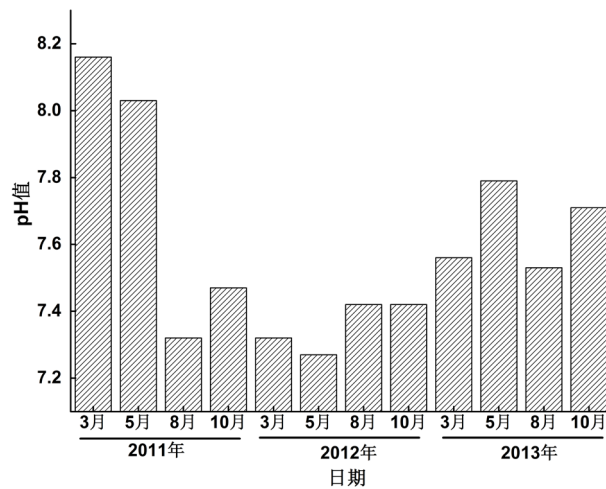


Figure 2. The pH value variation in water of pulp and paper industry sewage outlet from 2011 to 2013

图 2. 2011~2013 年造纸厂排污口水体中 pH 值变化情况

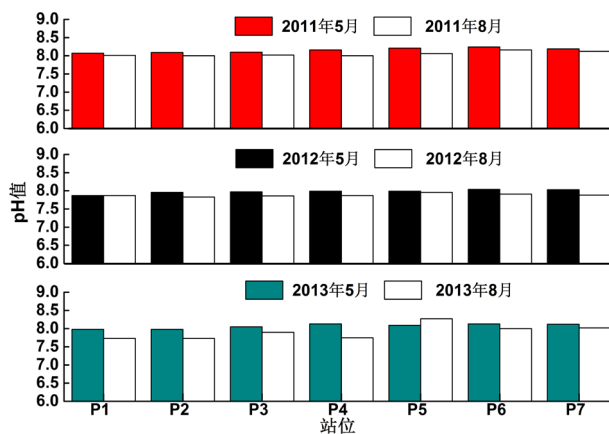


Figure 3. The pH value variation in water of pulp and paper industry sewage outlet adjacent water from 2011 to 2013

图 3. 2011~2013 年造纸厂排污口邻近海域水体中 pH 值变化情况

大,说明各站位的 pH 值受排污口影响不大。5 月份和 8 月份的 pH 值对比来看,5 月份略高于 8 月份,这可能是由于 8 月份为丰水期,降水对 pH 值的影响较大。

3.2. 无机氮(DIN)

3.2.1. 排污口水体无机氮(DIN)

如图 4 所示,2011~2013 年排污口的无机氮变化范围为 0.03~8.91 mg/L,平均值为 1.14 mg/L。2012 年 3 月份排污口的无机氮含量异常大,超过了海水四类水质标准,而其它时期内的无机氮含量保持在 0.4 mg/L 左右,这可能与造纸厂一期工程中的年产 30 万吨纸浆生产线于 2011 年 12 月 30 日开始运行,生产线初次运行导致无机氮排放剧增有关,另外造纸厂发生废水排海管道断裂,导致局部海域水质下降,此次无机氮含量异常增高也可能与此有关。

3.2.2. 排污口邻近海域水体无机氮(DIN)

如图 5 所示,2011~2013 年排污口邻近海域水体中的无机氮变化范围为 0.013~0.201 mg/L,采用单因子法对其评价,其污染指数在 0.026~0.402 之间,均远小于 1,即均未超过第四类海水水质标准。除了 2013 年 8 月份 P6 站水质略超一类水质,处于第二类海水水质标准,其它站在监测期内均达到第一类海水水质标准。从三年无机氮波动情况来看,排污口排放的无机氮对邻近海域的影响甚微,但是近年来水体无机氮含量呈上升趋势,导致这现状的原因可能是工业和生活污水排放,养殖业饲料含有无机氮所致。2011~2013 年期间,8 月份无机氮比五月份大,主要原因可能是 8 月份为丰水期,由于降雨、城区生活污水及生产废水排放量增加等因素,排污口污水排放量大于 5 月份,随之排入邻近海域的污染物总量也相应增加,由此造成了 8 月份无机氮劣于 5 月份。

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 6.90~569 mg/L 之间。根据表 1 排污口水质标准为 90 mg/L,采用单因子评价法,其污染指数在 0.08~6.32 之间。其中 2011 年 3 月、5 月、8 月均略超标;2012 年 3 月、5 月排放水体的 COD 则超标比较严重,尤其是 3 月份高达 569 mg/L;2013 年 8 月排放水体中 COD 超标。2012 年 3 月排出水体中 COD 异常高,原因可能与 2012 年 3 月造纸厂增产导致污水中 COD 含量的较高有关,也可能与造纸厂发生的废水排海管道断裂,导致局部海域水质下降有关。

3.3.2. 排污口邻近海域水体化学需氧量(COD)

从 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[32],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 0.29~3.26 mg/L,该结果与往年前人研究结果相近。根据表 2 中评价标准,其污染指数在 0.06~0.65 之间,均未超标,其水质达到二类水质,2013 年 P2 站位水质是三类水质。从图 7 可以看出,2011~2013 年 3 年间,春季和夏季的 COD 随时间和季节变化比较明显,并且 2013 年的 COD 值较前两年都有一个明显的增加,从同一站位时间纵向比较来看,5 月份在不同年代间 COD 值差异较大,而 8 月份在不同年代间 COD 值差异不明显。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[32]。

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 7~132 mg/L 之间,根据表 1 排污口悬浮物排

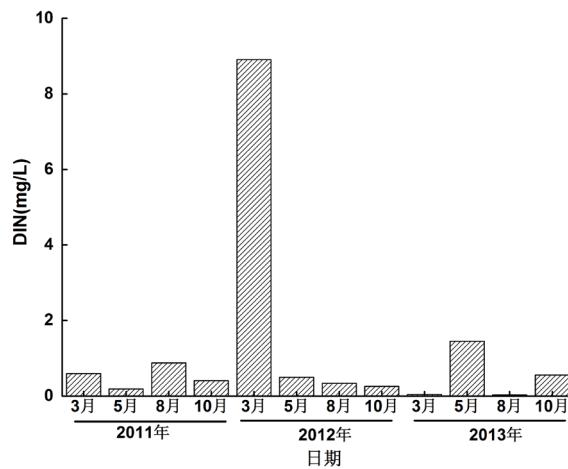


Figure 4. The DIN variation in water of pulp and paper industry sewage outlet from 2011 to 2013

图 4. 2011~2013 年造纸厂排污口水体中无机氮变化情况

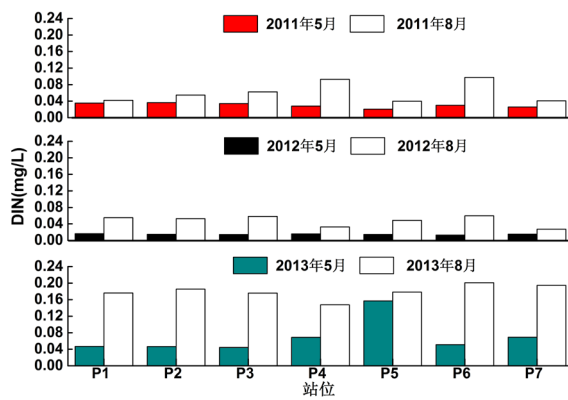


Figure 5. The DIN variation in water of pulp and paper industry sewage outlet adjacent water from 2011 to 2013

图 5. 2011~2013 年造纸厂排污口邻近海域水体中无机氮变化情况

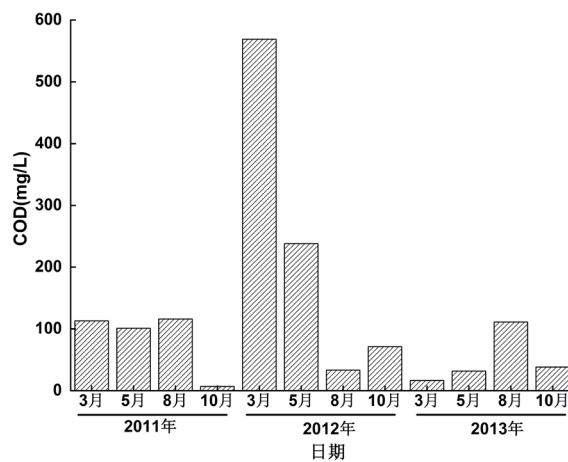


Figure 6. The COD variation in water of pulp and paper industry sewage outlet from 2011 to 2013

图 6. 2011~2013 年造纸厂排污口水体中化学需氧量变化情况

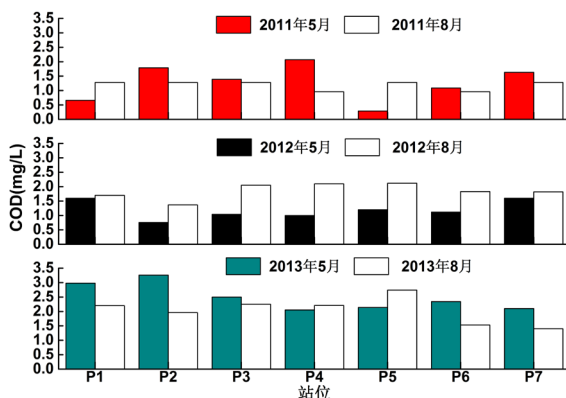


Figure 7. The COD variation in water of pulp and paper industry sewage outlet adjacent water from 2011 to 2013

图 7. 2011~2013 年造纸厂排污口邻近海域水体化学需氧量变化情况

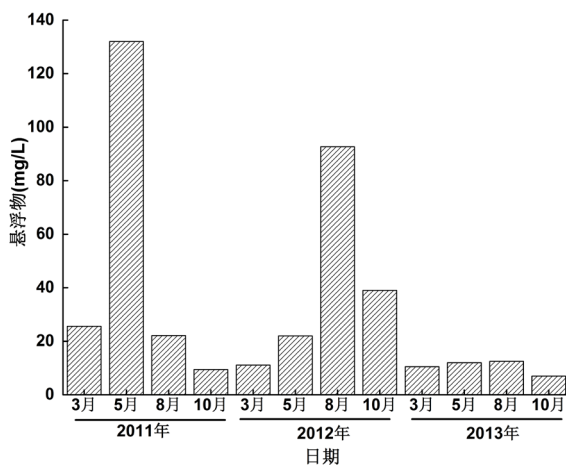


Figure 8. The suspended solids variation in water of pulp and paper industry sewage outlet from 2011 to 2013

图 8. 2011~2013 年造纸厂排污口水体中悬浮物变化情况

放标准，采用单因子评价方法评价，其污染指数在 0.23~4.40 之间，其中 2011 年 5 月、2012 年 8 月和 10 月污染指数分别为 4.40、3.09、1.3，均超过 1，超过排污口水质排放标准。

3.4.2. 排污口邻近海域水体中悬浮物(SS)

由图 9 可知，2011~2013 年造纸厂排污口邻近海域水体悬浮物在 3.70~43.20 mg/L 之间，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 0.02~0.29 之间，均未超标，排污口邻近海域的悬浮物属于三类海水水质标准。而据图 8 中 2011~2013 年 5 月份和 8 月份的排污口排放的悬浮物是异常大，但是排污口排放的悬浮物的对排污口邻近海域影响甚微，说明水体存在自我净化功能。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略高于 2011 年和 2013 年，并且呈现出悬浮物含量为 2011 年 8 月份高于 5 月份，而 2012 年和 2013 年是 5 月份高于 8 月份的现象。

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 0.084~60.54 mg/L 之间。根据表 1 的排污口

石油类排放标准，采用单因子指数评价方法，得出其污染指数在 0.08~6.05 之间，其中 2011 年 8 月、10 月和 2013 年 3 月、10 月污染指数分别为 4.60、6.05、1.50、4.92，均超过 1，排放污水中石油类超标比较严重。

3.5.2. 排污口邻近海域水体中石油类

从 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 [33]。本实验如图 11 所示，2011~2013 年排污口邻近海域的石油类在 0.013~0.087 mg/L 之间，根据表 2 海水水质标准，得到其污染指数在 0.026~0.174 之间，均未超标，排污口邻近水域石油类为三类海水水质标准。从 2011~2013 年排污口邻近海域石油类含量变化情况来看，邻近海域石油类含量正在逐年增加，主要原因可能是由于钦州港港口迅猛发展，过往货轮增多排放石油类增加，且钦州港工业近年迅猛发展排放的污水含大量石油类。

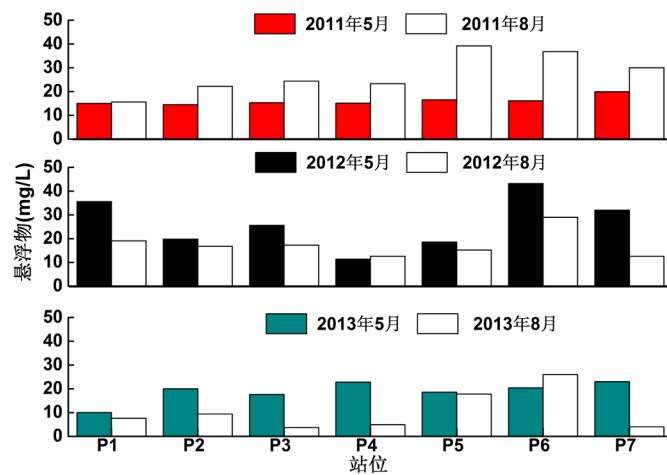


Figure 9. The suspended solids variation in water of pulp and paper industry sewage outlet adjacent water from 2011 to 2013

图 9. 2011~2013 年造纸厂排污口邻近海域水体悬浮物变化情况

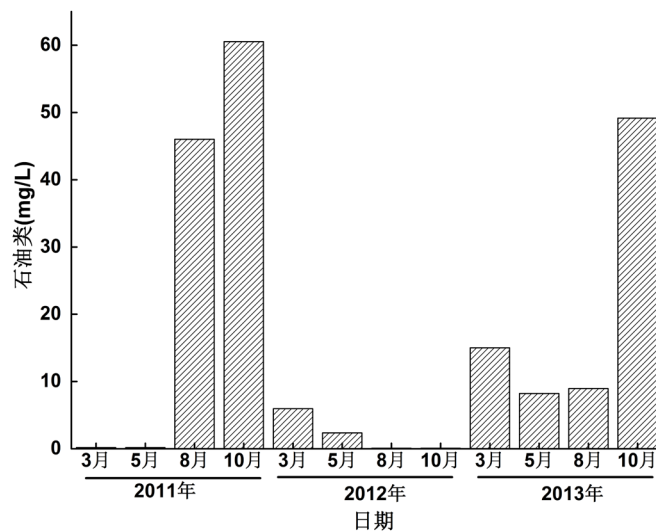


Figure 10. The petroleum variation in water of pulp and paper industry sewage outlet from 2011 to 2013

图 10. 2011~2013 年造纸厂排污口水体中石油类变化情况

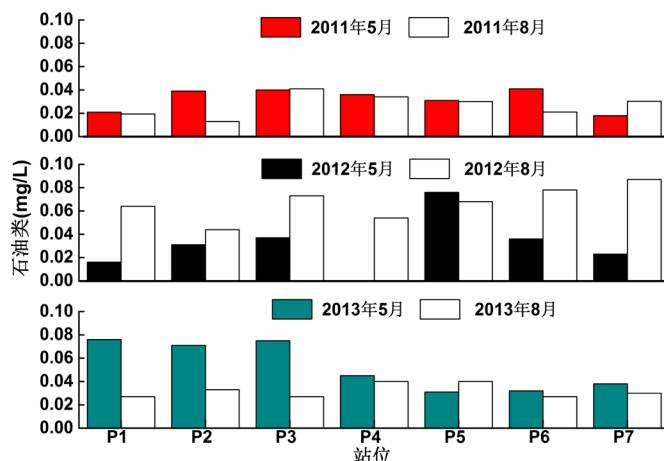


Figure 11. The petroleum variation in water of pulp and paper industry sewage outlet adjacent water from 2011 to 2013

图 11. 2011~2013 年造纸厂排污口邻近海域水体石油类变化情况

4. 结论

1) 2011~2013 年钦州港造纸厂排污口水质状况整体良好, 其中 pH 值未出现超标现象; DIN 和 COD 含量在 2012 年 3 月份异常增大, 可能与造纸厂增产导致所排污水含量增加或是造纸厂出现的废水排管道断裂使得废水直接排海有关; 悬浮物和石油类含量在个别时期出现超标, 对该海域环境的影响不大。

2) 2011~2013 年钦州港造纸厂排污口邻近海域水质优于该海洋功能区水质要求, 相应监测项目污染指数大体符合排污口>邻近海域的特点, 显现出邻近海域污染物含量受陆源污染物排放, 以及钦州湾内湾径流、降雨、城区生活污水及生产废水排放量增加等因素影响较大。

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, 在以后的监测过程中, 应该着重做好 DIN、COD 和石油类的监控与治理, 严格控制相关废水的排放, 降低主要污染物对钦州湾近岸水质影响与破坏, 提高生态安全性。

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); 钦州学院大学生创新创业训练计划项目(201511607183)。

参考文献 (References)

- [1] 关道明, 张志锋, 杨正先, 等. 海洋资源环境承载能力理论与测度方法的探索[J]. 中国科学院院刊, 2016(10): 1241-1247.
- [2] 廖军威. 海洋环境污染现状与防范措施[J]. 科技展望, 2016(28): 303.
- [3] 卢静雯. 我国海洋环境监测工作现状及对策探析[J]. 科技创新与应用, 2015(31): 159.
- [4] 孙军. 我国沿海经济崛起视阈下的海洋环境污染问题及其治理[J]. 江苏大学学报(社会科学版), 2017(1): 46-50.
- [5] 王权明, 黄杰, 李滨勇, 等. 基于海洋环境保护视角的海洋功能区划评价问题研究[J]. 海洋开发与管理, 2016(12): 72-75.
- [6] 王一凡. 海洋环境保护与可持续发展研究[J]. 低碳世界, 2016(25): 14-15.
- [7] 张海滨. 我国海洋环境监测中存在的问题及改进措施[J]. 资源节约与环保, 2016(9): 240.

- [8] 赖俊翔, 许铭本, 张荣灿, 等. 广西钦州湾海域生态健康评价与分析[J]. 海洋技术学报, 2016(3): 102-108.
- [9] 蓝文陆, 李天深. 钦州湾生态系统健康主要存在问题及保护对策[J]. 环境科学与管理, 2013(1): 118-122.
- [10] 杨斌, 鲁栋梁, 钟秋平, 等. 钦州湾近岸海域水质状况及富营养化分析[J]. 中国环境监测, 2014(3): 60-64.
- [11] 杨斌, 钟秋平, 鲁栋梁, 等. 钦州湾海域 COD 时空分布及对富营养化贡献分析[J]. 海洋科学, 2014(3): 20-25.
- [12] 张荣灿, 姜发军, 陈宪云, 等. 钦州湾近岸海域水质污染状况评价[J]. 广西科学, 2014(4): 403-410.
- [13] 张晨晓, 黄丽丽, 钟秋平, 等. 钦州港海域海水水质分析与评价[J]. 广州化工, 2011(15): 140-141.
- [14] 蓝文陆. 近 20 年广西钦州湾有机污染状况变化特征及生态影响[J]. 生态学报, 2011(20): 5970-5976.
- [15] 张荣灿, 陈宪云, 雷富, 等. 钦州湾近岸海域六月富营养化水平评价[J]. 广西科学院学报, 2014(3): 170-175.
- [16] 陈国宁, 王双飞. 造纸废水处理技术概述[J]. 西南造纸, 2004(6): 27-30.
- [17] 靳福明. 中国造纸工业水污染问题与对策[J]. 中华纸业, 2010(13): 23-27.
- [18] 李志萍, 刘千钧, 林亲铁, 等. 造纸废水深度处理技术的应用研究进展[J]. 中国造纸学报, 2010(1): 102-107.
- [19] 全球造纸行业研究课题组, 王钦池. 全球造纸工业发展报告(2005)[J]. 中华纸业, 2006(8): 6-11.
- [20] 王强, 刘雅玲, 叶维丽, 等. 我国造纸工业主要水污染物排放量的关键影响要素研究[J]. 中国造纸学报, 2014(4): 51-55.
- [21] 魏文侠, 程言君, 王洁, 等. 造纸工业资源环境承载力评价指标体系探析[J]. 中国人口资源与环境, 2010(S1): 338-340.
- [22] 许效天, 霍林, 霍聪. 造纸废水处理技术应用及研究进展[J]. 化工环保, 2009(3): 230-234.
- [23] 张明, 王仁荣, 邢宝珍, 等. 造纸行业的水足迹[J]. 中华纸业, 2013(17): 50-53.
- [24] 张瑞霞, 陈夫山, 胡惠仁, 等. 国内外制浆造纸废水处理研究进展以及制浆造纸工业节水技术[J]. 上海造纸, 2007(3): 56-63.
- [25] 张勇, 曹春昱, 冯文英, 等. 我国制浆造纸污染治理科学技术的现状与发展[J]. 中国造纸, 2012(2): 57-64.
- [26] 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.
- [27] 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. 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.
- [28] 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.
- [29] 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.
- [30] 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. 制浆造纸工业水污染物排放标准(GB3544-2008)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [31] 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.
- [32] 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.
- [33] 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.

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：aep@hanspub.org