

广西海岸带海洋环境污染现状及防治对策*

Status and Control Countermeasures on Marine Environment Pollution of Guangxi

陈宪云,陆海生**,陈波

CHEN Xian-yun, LU Hai-sheng, CHEN Bo

(广西科学院 广西近海海洋环境科学重点实验室,广西南宁 530007)

(Guangxi Key Laboratory of Marine Environment Science, Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China)

摘要:近年来,由于广西海岸带开发速度加快,港口物流、钢铁、石化、有色金属、镍铁合金材料、制浆造纸产业迅速向沿海地区集聚,大量的工业废水、城市生活污水、养殖废水通过各种通道入海,使得局部海域环境污染问题凸显。本文在分析广西海岸带海洋环境污染影响和面临问题的基础上,提出防治广西海岸带海洋环境污染的5点对策,以期为实现广西北部湾经济区的可持续发展,制定海岸带环境保护管理措施提供参考。

关键词:海岸带 环境污染 防治对策

中图分类号:X55 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2014)05-0555-06

Abstract: In recent years, due to the speeded-up of Guangxi coastal zone development, port logistics, steel, petrochemical, non-ferrous metals, nickel alloy material, pulp and paper industry quickly gathered to coastal regions, thus a large number of industrial wastewater, city life sewage, and aquaculture wastewater discharged to the sea through various channels, which makes the pollution problem in local marine environment become remarkable. Based on the analysis of the risk influence and facing problems of Guangxi coastal zone of marine environment pollution, five countermeasures were proposed to prevent and control marine environment pollution in Guangxi coastal zone, in order to realize the sustainable development of Guangxi Beibu Gulf economic zone, which provides reference for the measures on environmental protection and management of coastal zone.

Key words: coastal zone, environmental pollution, control countermeasure

海岸带是陆地与海洋相互作用的交互地带,物质和能量通过陆-海、海-气和陆-气等关键界面进行交换。由自然和人为因素造成的环境污染在陆-海交互

带区域存在显著的放大效应,对交互带系统生态安全和环境可持续发展构成了严重的威胁。同时,海岸带也是环境最为脆弱的地区之一,各种污染源及污染物一旦大量集聚,就会造成环境与生态灾害。近年来,广西海岸带开发速度加快,港口物流、钢铁、石化、有色金属、镍铁合金材料、制浆造纸产业迅速向沿海地区集聚,大量的工业废水、城市生活污水、养殖废水通过各种通道入海,局部海域环境污染与生态问题显现,加之海洋灾害尤其是风暴潮^[1]的影响,广西近岸海域环境压力逐渐增大。文献[2]分析了港口建设对广西海洋生态环境的影响,文献[3]分析了涉海工程项目对海洋环境的影响。虽然文献[4~6]的环境质

收稿日期:2014-04-08

修回日期:2014-05-12

作者简介:陈宪云(1986-),男,助理研究员,主要从事海岸与环境学研究。

* 广西重大基础专项(合同号:2012GXNSFEA0533001)和广西桂科软项目(合同号:1318005)资助。

** 通讯作者:陆海生(1970-),男,硕士,讲师,主要从事海洋经济研究和管理工作。

量调查结果还未显示广西海岸带存在严重的环境质量问题,但是为了预防环境质量的恶化,进一步弄清楚影响广西海岸带海洋环境污染风险的主要因素,提出海岸带海洋污染防治对策,实现广西沿海经济区可持续发展,保持海岸带地区良好的生态环境,我们于2009年组织开展了广西北部湾经济区生态环境背景调查工作。本文根据该项调查的结果,并参考广西海洋环境监测中心站《广西近岸海域水环境质量变化及保护对策研究报告(2013.10)》中关于沿海工业企业污染统计数据,分析海岸带海洋环境污染风险影响,探讨了环境污染的防治对策。

1 污染现状

1.1 近岸海域环境污染明显加强

据调查,“十五”期间,广西近岸海域一、二类海水水质比例达86.4%,环境功能区水质达标率为90.9%,水质状况良好。但是随着近年来海洋开发速度加快,临海工业项目增多,广西近岸海域环境污染程度明显加强。2001年,广西近岸海域中的化学需氧量、活性磷酸盐、铜的污染指数分别为0.36,0.18,0.08,2012年,化学需氧量、活性磷酸盐、铜的污染指数上升为0.40,0.26和0.11。该指数虽然还保持在相对较低水平,但其总体变化却具有了显著性的上升趋势;水体富营养化指标由2001年的0.17上升到2012年的1.09,富营养化水平也由贫营养型向轻度富营养转变;广西沿岸的茅尾海、防城港东湾、廉州湾等局部海域水质出现四类、劣四类的状况,局部海域的无机氮、活性磷酸盐的超标频次有增加现象,海水污染物浓度呈现上升趋势。此外,近10年来,在上述海域还发生多次单相型赤潮。虽然与同时期全国其它沿海省份相比,发生赤潮影响面积小,持续时间短,造成的经济损失不大,但所监测到的海域浮游植物和赤潮生物种类丰富。可见,在广西沿海港湾及江河入海口区域,由于附近工业项目及城镇人口增多的原因,直排入海污水大量增加,海水中的营养盐含量持续下降,导致赤潮灾害潜在发生的可能性增大。据统计,2010~2012年,通过自动监测网络共发现广西近岸海域发生4次有赤潮爆发特征的水质异常情况,其中2010年、2011年各一次,2012年2次,2013年4~6月先后在三娘湾、大风江口、南流江口、廉州湾、铁山港等8个河口区、港口区及养殖区海区出现11次pH值、溶解氧及叶绿素同步升高的赤潮爆发特征的水质异常现象。廉州湾和茅尾海两大入海河口区,近年来曾多次发生赤潮异常现象。

1.2 入海河口海水水质出现超标现象

近年来,河流携带入海的污染物量比重越来越大,2007年,河流携带入海的污染物为4.2万t,占总入海污染物量的比例大约为65%;2008~2012年,河流携带入海的污染物量大约在3.9~9.4万t,占比逐步由79%升至91%左右。入海河流水质对海水水质产生较大影响,如钦江、茅岭江注入的茅尾海海域,南流江、大风江注入的廉州湾海域,COD、氮、磷浓度相比高于其它海域,特别是茅尾海海域,无机氮普遍超标。2012年,在广西9条入海河流的11个水质监测断面中,南流江携带入海污染物为36425t,钦江为15693t,茅岭江为8189t,北仑河为6008t,防城河为5967t,大风江为3801t,白沙河为2670t,西门江为1062t,南康江为969t。入海河流携带的入海污染物,如高锰酸盐、总氮、总磷、石油类、重金属等均比以前年份明显增加。除茅岭江入海河口水质多年来基本能达《地表水环境质量标准》Ⅲ类标准外,其余监测断面的水质均不同程度出现超标,甚至有V类、劣V类水质情况出现,超标因子主要有氨氮、总磷、化学需氧量等。

1.3 沉积物中重金属污染物含量增加

随着港口码头的开发建设以及临海钢铁工业的发展,重金属污染物开始在海洋沉积物中累积富集,造成铁山港、廉州湾、防城港、珍珠港等海域铬金属含量呈显著性上升趋势,珍珠港海域沉积物中铜含量也有显著增加的现象。重金属污染物含量增加来源于两个方面,一是城镇入海排污口未达标废水排放。据调查,2012年,所监测的17个广西沿海城镇排污口中,仅有1个排污口的废水达标排放,达标率仅5.9%,其余16个排污口的废水未达标排放。未达标排放超标因子主要为磷酸盐、生化需氧量、化学需氧量、氨氮等;二是工业企业污染物排放。2012年,广西沿海钦州、北海、防城港三市共有废水外排的工业企业276家,年排工业污水量7763.76万t,化学需氧量22060.96t,氨氮748.81t,石油类66.14t,重金属1306.6kg。大量的工业污水排放使附近海域各类沉积物因子产生明显变化,而这些因子对广西近岸海湾沉积物环境质量产生一定影响,造成锌、有机碳、石油类、铅、砷、铜、镉、硫化物和总铬等沉积物因子超标现象。2002~2012年,广西近岸海域中锌的超标率为4.8%,有机碳、石油类和铅超标率为2.4%,砷和铜超标率为1.7%,镉超标率为0.7%,硫化物和总铬超标率为0.3%。不同海湾中的沉积物因子均出现严重的超标现象,例如,廉州湾,锌超标率为20.0%,石油类和有机碳的超标率分别为11.4%、5.7%;茅尾

海, 砷和铜超标率为 6.5%; 防城港湾, 锌和铅超标率分别为 8.6%、6.7%; 珍珠湾, 锌超标率为 10.0%。反映出广西沿岸海湾沉积物重金属污染有加重的变化趋势, 此外, 生活污水、规模养殖、港口船舶等不同途径排放入海的污染物及其废水、污水也会造成海岸带重金属污染趋势的加重。

2 面临的问题

2.1 临海工业企业布局部分重叠

广西沿海城区/县城工业园规划整合度低, 不利于资源优化配置及产业链延伸。广西沿海三市临海工业园以重化工业布局外, 沿海的有些市县也根据本地现有企业情况和资源禀赋出发, 规划建设了多个工业区, 而工业区的产业规划导向趋同。此外, 除了临海工业区外, 沿海的市县也设置了多个城区产业园。市县间、城区内的产业园主导产业也多有同构化倾向, 如北海市工业园、北海市高新技术产业园区、北海市出口加工区、钦州中国-马来西亚产业园、钦州高新技术开发区、灵山县工业区、防城港市大西南临港工业区等。从整个北部湾经济区来看, 沿海三市的临海工业区、各市县的产业园规划的主导产业部分重叠, 造成了资源及环境容量的争夺, 不利于污染物的综合治理。广西沿海经济区应整体全面规划各个产业园区的导向及其定位, 城市之间要整合资源, 实现资源的优化配置, 实施错位的发展战略, 在重大项目和重大产业布局上, 充分考虑各个城市的资源环境优势与限制因子, 避免雷同、重复建设。

按照《广西北部湾经济区发展规划》要求, 防城企沙工业园区主导产业为钢铁业, 而根据 2012 年环境统计, 沿海三市的铁合金冶炼及有色金属制造共有 29 家, 其中钦州市辖区多个工业园就分布 27 家, 而产值较大的铁合金冶炼企业则建于北海铁山港。在磷化工布置方面, 根据《广西北部湾经济规划》, 钦州港工业区应布置磷化工, 然而目前防城港的磷化工企业的产值占了广西沿海三市产值的 88.2%。此类现象反映了各地在产业园区的规划建设上缺乏协调性, 产业的布局与《广西北部湾经济区发展规划》要求存在明显矛盾。

临海工业企业布局重叠, 不但不利于资源的优化配置, 而且工业企业都存在环境污染问题, 尤其是重化工业。重复建设, 就是意味着污染潜在风险加大, 对人口、环境、资源的影响就会更加严重。

2.2 环境风险污染物种类多样化

随着《广西壮族自治区工业和信息化发展“十二五”规划》的实施, 一批依托原油炼制企业副产品为原

料的石化企业将建成投产, 这些石化企业除溢油风险外, 将增加甲醇、苯类、酯类、丙烯腈等石化有机污染物泄露风险。除此之外, 临港工业园区的生产项目中, 污染物种类产生多样化, 许多含有风险项目, 存在潜在的环境污染风险, 如磷酸泄漏会造成极大的环境风险。“十二五”期间, 广西还将依托炼油、石化两大项目, 将建成沿海大型储油工程, 原油和成品油码头, 深度开发石油化工后续产品, 发展乙烯、丙烯腈、芳烃、合成树脂、合成橡胶、合成纤维、重交沥青等。此外, 根据北部湾港总体规划, 考虑到广西沿海临港工业的大发展, 港口吞吐量会突变, 加之西部大开发对广西港口需求, 广西北部湾港 2015 年和 2020 年货物吞吐量将分别增加到 2 亿 t 和 3.5 亿 t。防城港渔湾港区、钦州港金鼓港区、大榄坪港区和铁山西港区将兼顾石油和化工类接卸, 这些港区要逐步实行分工承接不同类型的货物种类, 例如, 液体化学品主要由金谷港区的鹰岭作业区和金鼓江作业区承担接卸。主要危险品主要类别有石油制品及其他散装液体化学品, 其中后者主要包括甲醇、乙醇、硫酸、农药和磷酸等; 石化危险品主要由防城港渔湾港作业区承担接卸, 主要危险品主要类别有燃料油、汽油、柴油、甲醇、乙醇、石脑油等。这些石化品种不但种类多样, 而且还有毒及易燃, 一旦发生事故灾害, 就会危及生命和财产的安全, 同时还造成环境污染风险。

2.3 应对海上溢油污染风险处置能力不足

广西沿海海上溢油污染风险处置能力主要集中于海事部门, 但设备的配置及使用存在如下问题。(1) 广西区域性的溢油应急处置中心主要是以钦州溢油应急反应基地为主的区域溢油应急处置中心, 设备包括“海特 191”中型溢油应急回收船和国家中型应急设备库, 其中“海特 191”中型溢油应急回收船可一次性回收中高粘度浮油 640m³, 收油效率每小时可达 200m³, 国家中型应急设备库具备一次控制 500t 溢油综合清除能力。其功能主要为钦州港及周边海域应急服务, 特别是防止溢油向茅尾海红树林自然保护区和海洋公园漂移, 降低溢油进入茅尾海和污染茅尾海内生态敏感区的风险。设备库选址位于勒沟作业区。北海及防城港目前还没有溢油应急处置基地, 应对海上溢油污染风险处置能力明显不足;(2) 目前广西沿海溢油应急设备大部分分散储存于企业的应急设备库中, 而目前港区内各企业没有签订联防联控协议, 一旦其他海域发生较大的溢油事故, 不能及时将各企业的应急设备调往现场处置溢油事故;(3) 广西沿海三市港区现已建成的码头业主还有相当部分没有进行防治船舶污染海洋环境风险评估, 正在生产的

码头、港口大部分没有按照《港口码头溢油应急设备配备要求》配备相应的防治污染设备和器材。

另外,溢油应急设备主要用于油类等难溶于水的物品收集处置,难以处置易溶于水的化学物品。由此可见,随着广西沿海工业发展及港口码头船舶的增多,环境污染的风险增大,应对海上溢油污染风险处置能力不足。

3 污染风险分析

广西海岸带海洋环境污染风险影响主要来源于临岸石化工业企业污染、有色金属重金属污染、船舶溢油污染等。广西沿海钦州、北海、防城港三市现有石油开采炼制及石油产品加工企业 5 家、油类贮存库 12 家、涉油港口及码头 8 个,其中规模最大的为中石油广西石化钦州 1000 万 t 炼油项目、中石化北海炼化项目(20 万 t/年聚丙烯项目)。除海上石油开采位于涠洲岛西南方约 30km 的海域外,其它石油炼制企业分别位于铁山港、钦州港经济开发区。这些石油开采及加工企业每年都将向近岸海域排放大量的工业废水,对近海海域环境质量造成不同程度的影响。

3.1 石化工业企业污染风险

根据《广西壮族自治区工业和信息化发展“十二五”规划》,“十二五”期间,广西依托两大炼油、石化项目,将建成沿海大型储油工程,原油和成品油码头,深度开发石油化工后续产品,发展乙烯、丙烯腈、芳烃、合成树脂、合成橡胶、合成纤维、重交沥青等,原油加工能力规划达到 2600 万 t,乙烯 100 万 t,芳烃 100 万 t。其中,钦州港、涠洲岛将建成 30 万 t 级原油码头及其配套工程,钦州港将建成 2000 万 t 原油储备库等工程。这些石化工业企业主要分布在铁山港湾口西侧啄罗作业区、涠洲岛西北部及西南部、钦州港经济开发区的三墩及金鼓江口沿岸、防城港东湾、企沙半岛西部海域。根据规划布局及潜在环境风险分析,涠洲岛西南部油田区是溢油和石化有机物污染的易发区域,存在溢油事故和石化有机物泄露的环境污染风险。

3.2 有色金属重金属污染风险

广西工业与信息化“十二五”规划指出:要充分利用广西地缘及沿海港口优势,引进国外红土镍矿资源,采用国内外先进适用冶炼技术,积极发展镍、铬合金及其精深加工不锈钢产品,延伸不锈钢产业链,开发不锈钢制品。沿海三市工业与信息化“十二五”规划对镍铬合金及其精深加工产业发展也有了明确目标,规划建设的项目分布在沿海工业园区,原料主要来自海外,采取先进生产工艺和完善的污水、雨水收

集处理设施后,废水可以做到不外排,生产厂区废水对海域的影响不大。但是,来自海外的原料矿地质环境复杂,部分原料含有重铬、镉等金属,装卸过程中如果撒落在码头前沿水域,直接造成港口附近海域水体和沉积物中铬、镉重金属含量升高;进港的红土镍矿等原料在码头露天堆放,而目前大部分堆场没有完善的雨水、渗滤液收集处理设施,遇到降雨,码头区初期雨水、堆场渗滤液收集不完全处理不达标,直接从码头前沿排入海域,造成港口码头附近海域水质、沉积物重金属含量升高。从 2000~2012 年水质监测结果看,广西近岸海域水质重金属污染指标的变化明显,重金属含量很低,2008 年以来污染指数基本维持稳定状态(小于 0.15),从检出率分析,汞、镉的检出率有上升的趋势;2012 年,广西近岸海域表层沉积物重金属污染指数有上升趋势。由此可见,随着“十二五”沿海有色金属冶炼项目的增加,势必会影响到沉积物重金属含量升高的可能。

3.3 船舶溢油污染风险

随着广西沿海地区港口建设快速发展,每年进出港的船舶数量快速增加,2001 年至 2009 年,广西沿海各港口进出港船舶数量增加 5 倍;2001~2012 年,广西沿海港口货物吞吐量增长 10 倍,说明进出港船舶大型化趋势明显,船舶装载燃油数量及燃油仓单仓燃油量增加,一旦发生船身损坏的溢油事故,将会产生较大溢油事故风险。特别是钦州港,自 2009 年以来,货物吞吐量年均增长约 1000 万 t,进出港船舶大型化更加明显,除布置了原油码头外同时还有海上原油过驳装卸作业,成为我国沿海港口海上原油过驳的第一大港,发生溢油事故的风险的可能性更应该引起我们的关注。

4 防治对策

海洋带环境污染物来源主要有工业企业、船舶和港口、城市生活、海水养殖、农业面源等,本文针对这 5 个方面提出相应的防治对策。

4.1 工业企业

积极贯彻《循环经济促进法》和《清洁生产促进法》,以循环经济和清洁生产为手段,加强工业园区和工业企业的物质综合利用和循环利用,节约能源,减少污染物排放。坚持自愿性清洁生产审核与强制性清洁生产审核相结合的原则,积极推进清洁生产实施,从源头和生产全过程控制污染物产生和排放,重点开发研究节能、节水、污染防治和资源综合利用技术,制定和颁布实施排放入海主要污染物总量控制管理办法,减少污染物的入海排放。加强沿海地区各市

工业企业和入海直排口的环境监管和达标考核,确保实现达标排放。新建排污口选址必须充分考虑海域水质保护需求,设置不合理的排污口要予以调整或取缔。调整产业结构,优化产业布局,逐步形成有利于资源节约和环境保护的工业体系。加强工业企业准入机制建设,严格限制资源消耗型、环境污染型企业在沿海地区的布局。加强工业企业园区化建设,实施工业园区集中排污、废水集中处理、限制零星向海排放的制度,采取综合治理措施,减轻海洋环境污染。

4.2 船舶和港口

强化船舶和港口污染防治管控,实施船舶及其相关活动的污染物零排放计划。加强船舶污染物接收处置设施建设,规范船舶污染物接收处理行为,完善主要港口船舶污染物接收处置设施建设,配备油污水回收船,对港口船舶油污水压载水、洗舱水集中处理,达标排放;加强渔港渔船的监督管理,新建渔港要同步建设废水、废油、废渣回收与处理装置,中心渔港和一级渔港要安装废水、废油、废渣回收处理装置,满足渔船油污水等的接收处理要求,并依法办理危险废物经营许可证,禁止随意向渔港和渔业水域倾倒垃圾、废旧鱼箱等废弃物,要设置渔港生活垃圾接收处理设施和设备,实现集中统一处理,防止垃圾污染。

在近岸海域航行的船舶实施含油污水“铅封”,实现近岸海域船舶含油污水“零排放”。在远洋船舶和沿海外贸港口中配置船舶压载水和沉积物灭活设施的设施,防止外来生物入侵。在煤炭、矿石运输量较大的港口新建雨污水应急系统,满足暴雨时收集初期雨水的需要。

4.3 城镇生活

沿海城镇生活污水的排放给近岸海域环境造成直接的污染。所以,一要加快城镇生活污水处理厂和配套管网建设,坚持“厂网并举,管网先行”,与城市道路、旧城改造、小区建设等工程统筹考虑、协调实施的措施,减少城镇生活污水的污染;二要强化城镇生活垃圾污染控制,加快建立合理的生活垃圾收运、处理处置体系,统筹城乡生活垃圾处理与管理,推进城市生活垃圾处理向无害化、减量化、资源化发展。合理布局和建设生活垃圾处理设施,促进不同区域城市的生活垃圾处理设施协调发展。进一步提升城市生活垃圾无害化处理能力和处理水平,配套完善城市垃圾转运设施。大力推进县城的生活垃圾无害化处理设施建设,重点建立和完善县城生活垃圾收运体系。进一步推进生活垃圾处理收费制度,完善生活垃圾处理市场竞争机制,推动生活垃圾处理产业化发展;三要加快完善城镇污泥处置及污水再生利用工程,积极鼓

励污水再生利用工程建设,建立健全污水再生利用产业政策,加强新工艺新技术的开发利用,提高污水再生利用水平,合理处置污水处理厂污泥,鼓励污泥的无害化综合利用。

4.4 海水养殖

大力发展生态渔业,减少氮磷污染物排放。加大对海洋水产养殖项目的管理,根据环境容量,合理调整养殖布局,科学确定养殖密度,优化养殖生产结构。加快推进养殖池塘标准化改造,改进排水系统,配备水质净化设备,推广应用节水、节能、减排型水产养殖技术和模式,大力发展工厂化循环水养殖,推广高效安全配合饲料,减少养殖污染排放。禁止直接向海投放肥料,改善养殖环境和生产条件。加强标准化海水养殖示范场(区)的建设,对新建的养殖场要严格执行“三同时”环保验收的制度。逐步推行养殖废水废弃物处理与利用技术,严格控制养殖污水的排放,对养殖废水污染的管理要纳入总量控制,在相对集中的规模化养殖场或养殖小区,建设废水处理利用设施,有效治理养殖集中区的污染,减轻海水养殖业的污染,发展生态健康养殖。

4.5 农业面源

入海流域的农业面源污染是重要的污染源之一,许多河口或海湾的污染都是通过河流将流域农业面源的污染输送到海域的,最终污染海域环境。所以,要强化流域农业面源的污染治理,大力发展农业清洁生产,积极建设生态农业示范区,推广测土配方施肥、保护性耕作、节水灌溉、精准施肥等农业生产技术,实施农田氮磷拦截,在现有农田排灌渠道基础上,通过生物措施和工程措施相结合,改造修建生态拦截沟,吸附降解农田退水中的营养元素,改善净化水质,促进循环再利用,减少农田氮磷流失。推进病虫害绿色防控,淘汰高毒、高残留农药,推广节能减排型种植制度,推广先进的化肥、农药施用方法;推进农村废弃物资源化利用,因地制宜建设秸秆、粪便、生活垃圾、污水等废弃物处理利用设施,合理有序发展农村沼气,推进人畜粪便、生活垃圾、污水、秸秆的资源化利用。制定相关政策措施,回收利用废旧地膜,推广使用可降解地膜,解决农田“白色污染”。

参考文献:

- [1] 陈宪云,刘晖,董德信,等.广西主要海洋灾害风险分析[J].广西科学,2013,20(3):248-253.
Chen X Y, Liu H, Dong D X, et al. Analysis of Guangxi marine disaster risk[J]. Guangxi Sciences, 2013, 20(3): 248-253.
- [2] 蓝锦毅.港口建设对广西海洋生态环境影响分析及污染

- 防治对策[J]. 广西科学院学报, 2011, 27(2):149-151.
- Lan J Y. Analysis of the influence of port construction on marine ecological environment condtion in Guangxi and countermeasures for pollution[J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2011, 27(2):149-151.
- [3] 庄军莲. 广西涉海工程项目建设对海洋环境的影响分析[J]. 广西科学院学报, 2011, 27(2):152-155.
- Zhuang J L. Marine project construction and its influence on marine environment in Guangxi[J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2011, 27(2):152-155.
- [4] 雷富, 陈宪云, 张荣灿, 等. 广西北部湾近岸海域夏季海洋环境质量评价[J]. 广西科学, 2014, 21(优先出版)
- Lei F, Chen X Y, Zhang R C, et al. Application the Nemerow index to comprehensive assessment of sea area environmental quality of Guangxi Beibu Gulf coast in summer[J]. Guangxi Sciences, 2014, 21(in press)
- [5] 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, 30(3):170-175.
- Zhang R C, Chen X Y, Lei F, et al. Eutrophication level assessment of Qinzhou Bay coastal waters in June[J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2014, 30(3):170-175.
- [6] 罗万次, 苏搏, 刘熊, 等. 北仑河口附近海域冬季海洋环境质量评价[J]. 广西科学院学报, 2014, 30(2):107-111.
- Luo W C, Su B, Liu X, et al. Winter marine environmental quality assessment around the Beilun estuary[J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2014, 30(2):107-111.

(责任编辑:尹 闯)