

# 基于 PSR 模型的钦州湾近岸海域水环境绩效评估研究<sup>\*</sup>

陆明东<sup>1</sup>, 王 珏<sup>2</sup>, 冯琪琳<sup>2</sup>, 熊建华<sup>2\*\*</sup>, 蓝文陆<sup>3</sup>

(1. 南宁市环境应急与事故调查中心, 广西南宁 530021; 2. 广西大学资源环境与材料学院, 广西南宁 530004; 3. 广西壮族自治区海洋环境监测中心站, 广西北海 536000)

**摘要:**本研究以压力-状态-响应(PSR)模型为基础,在广西壮族自治区钦州湾构建钦州湾水环境绩效评估体系,测算 2010—2017 年该区域的环境绩效指数(EPI),并结合钦州市 2010—2017 年的生态环境建设与环保工作进展进行数据分析。研究表明,在 2010—2012 年,钦州市在污染减排方面取得明显成效,环境绩效明显向好;2013 年后由于高强度的工业化建设与海洋开发活动给环境带来巨大压力,环境绩效指数在 2013 年达到 47.42,为近几年最低。其后随着当地对环境问题的重视、环保投资力度的加大以及人们环保意识的日益增强,自 2014 年开始环境绩效指数出现较大幅度回升,后处于平缓状态,波动范围不大,环境质量有所提高。评估结果较好地反映了钦州湾附近海域的水环境变化趋势,为钦州湾的未来发展计划提供理论依据与数据支撑。

**关键词:**PSR 模型 钦州湾 近岸海域 水环境 绩效评估

中图分类号:X826 文献标识码:A 文章编号:1002-7378(2020)04-0383-09

DOI: 10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20210115.005

## 0 引言

随着滨海城市的发展,城市近岸海域带因其水陆兼备的独特优势和丰富的自然资源,为城市社会经济发展、生态环境建设和城市居民的休闲文化生活提供了良好的条件,日益成为城市开发建设的热点。近岸海域位于沿海经济带,是我国乃至世界上人口最密集和经济最发达的地区。占我国国土总面积 13% 的近岸海域承载了全国 40% 的人口和全国 60% 的 GDP。钦州市地处广西北海、钦州、防城港沿海三市的中心,

在北部湾经济区域与经济合作中占据明显的地理环境优势,休闲旅游、港口贸易、水产养殖等多种产业蓬勃发展,在广西沿海区域经济建设占有重要地位。近年来,钦州湾海域经济平稳快速发展<sup>[1,2]</sup>,伴随着大规模高强度的海洋开发活动,钦州湾海域生态环境因此面临巨大的压力。科学合理地开发利用海洋,是实现海洋资源可持续发展的必然要求。如何动态系统地评估区域水环境质量的状态和发展趋势,找出影响水环境质量的主要污染源和污染物的演变趋势,并对所采取的水环境保护措施和管理办法的有效性进行科学评估成为一个重要研究课题。作为 21 世纪

<sup>\*</sup> 广西科技重大专项课题“北部湾陆海统筹环境监测预警与污染治理技术研发与示范”(桂科 AA17129001)和广西科技基地和人才专项“澜沧江-湄公河水环境技术创新平台”(桂科 AD19110156)资助。

### 【作者简介】

陆明东(1983—),男,学士,主要从事环境应急事故处理研究。

### 【\*\*通信作者】

熊建华(1980—),女,博士,副教授,主要从事水污染控制研究,E-mail:happybear99@126.com。

### 【引用本文】

陆明东,王珏,冯琪琳,等.基于 PSR 模型的钦州湾近岸海域水环境绩效评估研究[J].广西科学院学报,2020,36(4):383-391.

LU M D, WANG J, FENG Q L, et al. Study on Performance Evaluation of Water Environment in Qinzhou Bay Based on PSR Model [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2020, 36(4): 383-391.

“海上丝绸之路”的重要国际窗口,广西钦州湾的近岸海域水环境质量对于维护区域海洋生态安全具有重要战略意义。

随着评估理论和技术体系的发展,区域环境绩效评估在环境保护及管理评估方面的作用不断得到认可。对某一区域而言,环境绩效评估<sup>[3]</sup>能衡量区域环境目标的实现情况,评估区域环境管理的有效性,进而对管理措施进行优化与完善。压力-状态-响应(PSR)模型是一种应用较广的区域环境绩效评估模型,该模型最初在20世纪70年代由加拿大统计学家David J Rapport和Tony Friend提出。2005—2006年,原国家环保总局同经济合作与发展组织(OECO)合作,利用PSR模型对我国自1990年以来的环境状况进行首次环境绩效评估,从而使该方法在我国得到广泛发展<sup>[4]</sup>。如熊建华等<sup>[5]</sup>根据PSR模型,结合“十二五”以来南宁市生态建设与环保工作进行环境绩效评估;彭靓宇等<sup>[6]</sup>通过PSR模型系统,分析由城市生态系统活力、环境质量、资源利用效率等7大指标类别组成的4层次天津市环境绩效评估指标体系,并对2006—2010年天津市的环境绩效进行评估。现阶段该模型已较为成熟,能将人类活动、环境问题、政策法规更好地结合起来<sup>[5,7,8]</sup>。本文基于PSR模型构建广西钦州市的近岸海域水环境质量评估完整体系,通过数据分析2010—2017年钦州湾近岸海域水环境质量、近岸海域水体富营养化程度、主要江河污染物入海量、沉积物环境质量等指标的变化趋势与存在的安全隐患,为钦州湾的未来发展计划提供理论依据与数据支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

钦州湾位于广西北部湾的顶部,属于我国南海北部湾的一部分,是广西重要的海湾。钦州湾是全球海洋和近海区域的重要组成部分,其沿海分布着红树林、海草床、珊瑚礁等重要生态系统和重要生态功能区。汇入钦州湾的河流众多,钦江和茅岭江是钦州湾河流径流入海量的主要来源,外湾由金鼓江和大风江两条河流,以及其他较小规模河流注入。

### 1.2 数据来源

本文选用的研究资料主要来源于2010—2017年的钦州市环境质量状况公报、环境统计公报、海洋环境状况公报、广西壮族自治区统计公报、国民经济和社会发展统计公报<sup>[9-11]</sup>等已公开的统计年度数据,根

据所研究内容,对数据进行筛选并选取部分进行研究,从源头上保证绩效评估数据的可信性与公正性。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 指标体系的构建

采用PSR模型,结合所选的研究区域,考虑评估的内容以及所选指标与研究内容的相关性,根据数据代表性原则、动态时效性原则、数据可获取性原则、政策相关性原则与体系精简有效性原则,以工业污染、市政污染、河流污染、水产养殖污染和港口污染为压力层;以水环境质量、海洋环境质量和排污口环境质量为状态层;以集中污染处理力度、环保达标率和投资力度为响应层,构建共36个指标的钦州湾近岸海域水环境绩效评估模型,各指标详见表1。首先借鉴国内外环境绩效研究成果<sup>[12-14]</sup>,用极差标准化方法<sup>[6,15-17]</sup>对数据进行标准化处理,获得正、负项指标,接着采用均方差赋权法确定指标体系中指标权重,然后通过加法合成法对综合环境绩效指数进行合成,计算环境绩效指数,构建完整的绩效评估体系。

#### 1.3.2 数据标准化处理

采用数据折线型无量纲法,结合钦州湾地区环境统计数据的特点与研究模型对数据进行标准化处理。根据选取指标对环境的友好程度,对指标进行正、负向分类,选用极差标准化方法把每项指标转变成0—1之间的数值,便于进一步处理,消除其量纲对评估结果的影响。具体方法如下:

$$\text{正向指标标准化 } T_{i\text{正}} = \frac{a_i - a_{\min}}{a_{\max} - a_{\min}}, \quad (1)$$

$$\text{负向指标标准化 } T_{i\text{负}} = \frac{a_{\max} - a_i}{a_{\max} - a_{\min}}, \quad (2)$$

其中: $T_i$ 表示数据标准化计算值, $a_i$ 表示计算年限值, $a_{\max}$ 表示年限中最大值, $a_{\min}$ 表示年限中最小值。

#### 1.3.3 指标权重的确定

根据PSR模型构建和指标选取原则,采用均方差赋权法对指标赋予权重<sup>[18,19]</sup>,避免人为因素和主观因素的影响。具体计算步骤如下:

$$\text{随机变量的均值 } E_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij}, \quad (3)$$

$$\text{随机变量的均方差 } \sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{ij} - E_i)^2}, \quad (4)$$

$$\text{权重系数 } \omega = \frac{\sigma_i}{\sum_{i=1}^n \sigma_i}, \quad (5)$$

其中,  $n$  为指标个数,  $X_{ij}$  是经数据标准化处理后的数值。

结合上述公式, 通过标准化后的数据求出各指标均方差, 观察指标间的离散程度, 最后赋予钦州湾近

岸海域水环境评估指标体系中各层次的权重, 得到压力层、状态层、响应层权重分别为 0.455 2, 0.345 9 和 0.198 8, 各评估指标权重见表 1。

表 1 钦州市环境绩效指数体系及权重分布

Table 1 Qinzhou environmental performance index system and weight distribution

准则层 Criterion layer	指标类别 Indicator category	序号 Serial number	指标层 Indicator layer	单位 Units	权重 Weight
压力层 Pressure layer	工业污染 Industrial pollution	1	工业废水排放总量 Total industrial wastewater discharge	$\times 10^4$ t	0.025 0
		2	工业化学需氧量排放量 Industrial Chemical Oxygen Demand (COD) emissions	t	0.038 9
		3	工业氨氮排放量 Industrial ammonia nitrogen (NH <sub>3</sub> ) emissions	t	0.025 3
		4	工业污染物入海量 Industrial pollutants into the sea	t	0.025 0
		5	工业污染物直排入海量 Industrial pollutants directly discharged into the sea	t	0.019 6
市政污染 Municipal pollution		6	生产总值 Total output value	$\times 10^8$ Yuan	0.023 6
		7	市政污水总量 Total municipal sewage	$\times 10^4$ t	0.023 4
		8	市政化学需氧量排放量 Municipal Chemical Oxygen Demand (COD) emissions	t	0.039 5
		9	市政氨氮排放量 Municipal ammonia nitrogen (NH <sub>3</sub> ) emissions	t	0.021 3
		10	市政污染物入海量 Municipal pollutants into the sea	t	0.019 0
		11	城镇人口密度 Urban population density	ind./m <sup>2</sup>	0.024 6
河流污染 River pollution		12	围填海面积 Area of reclamation	km <sup>2</sup>	0.026 7
		13	主要河流携带入海化学需氧量 Chemical Oxygen Demand (COD) carried by main rivers into the sea	t	0.031 1
水产养殖污染 Aquaculture pollution		14	主要河流携带入海重金属量 Heavy metals carried by main rivers into the sea	t	0.023 9
		15	水产养殖总产量 Total aquaculture production	$\times 10^4$ t	0.023 6
		16	水产养殖业污染物化学需氧量 Chemical Oxygen Demand (COD) of pollutants in aquaculture	t	0.022 0
港口污染 Port pollution		17	海港货物吞吐量 Port cargo throughput	$\times 10^4$ t	0.020 3
		18	船舶废水入海量 Discharge of ship waste water into sea	t	0.022 4
总计 Total					0.455 2

续表 1

Continued table 1

准则层 Criterion layer	指标类别 Indicator category	序号 Serial number	指标层 Indicator layer	单位 Units	权重 Weight
状态层 State layer	水环境质量 Water environmental quality	19	近岸海域一类、二类水质达标率 Compliance rate of Class I and Class II waters in coastal waters	%	0.025 2
		20	近岸海域三类、四类,劣四类水质比例 Ratio of Class III and Class IV to inferior Class V water quality in coastal waters	%	0.030 5
		21	海水功能区水质达标率 Water quality compliance rate of sea water function area	%	0.046 4
		22	主要海水产养殖区环境状况指数 Environmental condition index of main mariculture areas		0.027 5
		23	主要河流水质达标率(三类) Water quality compliance rate of main rivers (Class III)	%	0.046 4
	海洋环境质量 Marine environmental quality	24	主要河流入海断面达标率 Compliance rate of main river sections into the sea	%	0.032 1
		25	海域富营养化指数 Eutrophication index of sea area		0.036 7
		26	浮游植物多样性指数 Phytoplankton diversity index		0.024 0
		27	浮游动物多样性指数 Zooplankton diversity index		0.027 7
		28	工业排污口入海化学需氧量含量 Chemical Oxygen Demand (COD) in industrial outfalls	mg/L	0.028 5
排污口环境质量 Environmental quality of sewage outlet	29	市政排污口化学需氧量含量 Chemical Oxygen Demand (COD) in municipal outfalls	mg/L	0.020 9	
	总计 Total				0.345 9
响应层 Response layer	集中污染处理力度 Centralized pollution treatment	30	钦州市污水处理率 Sewage treatment rate of Qinzhou City	%	0.028 9
		31	集中式废水处理量 Centralized wastewater treatment capacity	$\times 10^4$ t	0.025 1
		32	集中式化学需氧量处理量 Centralized treatment capacity of Chemical Oxygen Demand (COD)	t	0.027 6
		33	集中式处理氨氮量 Centralized treatment capacity of ammonia nitrogen (NH <sub>3</sub> )	t	0.041 2
	环保达标率 Environmental compliance rate	34	工业废水入海排污口出水达标率 Compliance discharge rate of industrial wastewater into sea outfall	%	0.025 8
		35	市政废水入海排污口出水达标率 Compliance discharge rate of municipal wastewater into sea outfall	%	0.025 6
	投资力度 Investment	36	环保事业投资 Investment in environmental protection	$\times 10^8$ Yuan	0.024 6
	总计 Total				0.198 8

## 1.3.4 综合评价

通过加法合成法合成环境绩效指数(EPI)。为使结果简单易比较,把根据公式计算得到的指标 EPI

乘以 100,使得指标 EPI 在 0—100 内。根据环境绩效的概念,可知 EPI 值越大,表明该区域环境绩效越好;相反,EPI 值越小,则表明环境绩效越差,环境受

到一定程度的污染。

EPI合成方法如下:

$$EPI = \sum_{i=1}^n \omega X_{ij}, \quad (6)$$

式中 $\omega$ 为确定的权重系数, $X_{ij}$ 是经数据标准化处理后的数值。

## 2 结果与分析

### 2.1 环境绩效指数结果

合成环境绩效指数的目的在于帮助政策制定者发现环境问题,通过调查追溯环境问题的产生原因,并对环境政策的有效性进行评估,优化环境管理体系,为环境污染控制和环境保护提供参考,为生态文明建设和资源的可持续利用提出建议。通过计算得到2010—2017年钦州湾水环境绩效指数,具体详见表2。

表2 钦州湾2010—2017年水环境绩效指数

Table 2 Water environment performance index of Qinzhou Bay from 2010 to 2017

年份 Year	压力层 Pressure layer	状态层 State layer	响应层 Response layer	EPI
2010	25.20	24.53	0.17	49.90
2011	34.19	23.21	4.65	62.06
2012	27.05	19.50	8.33	54.88
2013	21.01	15.90	10.51	47.42
2014	20.05	21.10	16.29	57.44
2015	16.44	26.59	15.15	58.19
2016	15.97	21.74	17.25	54.97
2017	14.74	26.32	14.90	55.96
满分 Full mark	46.00	35.00	19.00	100.00

#### 2.1.1 压力层指标变化

压力层主要依据污染物排放量进行分类,由工业污染、市政污染、河流污染、水产养殖污染、港口污染5个指标类别构成,具体指标有18项。工业污染包括工业废水排放总量、工业化学需氧量排放量、工业氨氮排放量、工业污染物入海量、工业污染物直排入海量5类指标。如图1所示,工业废水排放总量和工业化学需氧量排放量变化趋势基本一致(图1a、b)。从2010年开始,工业废水排放总量和工业化学需氧量排放量明显下降,原因在于钦州市于2010年实施“十二五”期间主要污染物总量减排工作方案,截至

2013年钦州市化学需氧量排放量大幅削减,已完成“十二五”期间目标任务的78%。2013年后钦州市处于跨越式发展阶段,工业化和城镇化进程加快,导致污染物大规模排放,减排工作开展困难。后面由于钦州市政府扎实推进污染减排各项工作,从2014年开始,以硬措施完成硬指标,以行动力推进生态环境保护建设,使得工业废水排放总量逐年下降。钦州湾工业污染物入海量在2010—2011年略有下降,往后几年呈现整体平缓的上升趋势;工业氨氮排放量在2010—2012年呈现上升趋势,到2013年其排放量达373 t,此后一直为逐年减少态势,至2017年工业氨氮排放量仅有168 t。

市政污染由生产总值、市政污水总量、市政化学需氧量排放量、市政氨氮排放量、市政污染物入海量、城镇人口密度、围填海面积等7类指标构成。根据数据可知,钦州市市政化学需氧量排放量与围填海面积二者在2010—2011年呈现下降趋势;在2011—2017年,市政化学需氧量排放量波动幅度不大,而围填海面积在2014年达到最低,2015—2017年稳定在4 km<sup>2</sup>/a(图1b、e)。与此同时,城市管网建设项目未落实与城市工业的迅速发展导致市政污染物入海量在2011年急剧上升,围填海面积也出现小范围波动。总的来说,围填海面积和市政化学需氧量排放量变化趋势较为一致,市政污染物入海量2010—2017年逐年上升(图1b、c、e)。

根据数据可知,主要河流携带入海化学需氧量在2010年至2012年有小范围的波动;2012年至2013年大幅度增长,从2012年1.695 6×10<sup>4</sup> t上升到2013年的29.094×10<sup>4</sup> t;2014年回落到9.949 6×10<sup>4</sup> t,2014年至2017年内波动较小(图1d)。而主要河流携带入海重金属量从2010年到2016年一直呈下降趋势,自2016年则开始以较大速率增长,主要是该地区重金属企业对于重金属污染的危险性认识不足引起的(图1c)。由于科学的管理,钦州湾的水产养殖业总产量以一定的速率逐年增长,由2010年的43×10<sup>4</sup> t增长至2017年的60×10<sup>4</sup> t;而水产养殖业污染物化学需氧量的排放随着水产养殖总产量的增加也在逐年增加,但从2016年到2017年有回落的趋势(图1b、d)。钦州湾港口货物吞吐量与船舶废水入海量呈现逐步升高态势(图1a)。

从环境绩效上看,在2010—2017年前期钦州市节能减排工作取得较大进展,绝大多数压力层指标都出现明显下降,自2010年开始环境绩效指数有上升

趋势,2011年压力层的环境绩效指数最高,由此说明该年环境绩效较好;此后由于钦州湾工业化进程的大步推进,压力层得分逐年下降,在2017年下降至14.74。由此可知,钦州市响应国家号召进行节能减排工作,前期进展较为明显,具体表现在2010—2011

年间环境绩效指数持续向好;后期由于钦州市工业化进程加快、政府污染治理意识不到位与环保政策不完善等原因,钦州市环境绩效指数于2012—2014年持续走低。

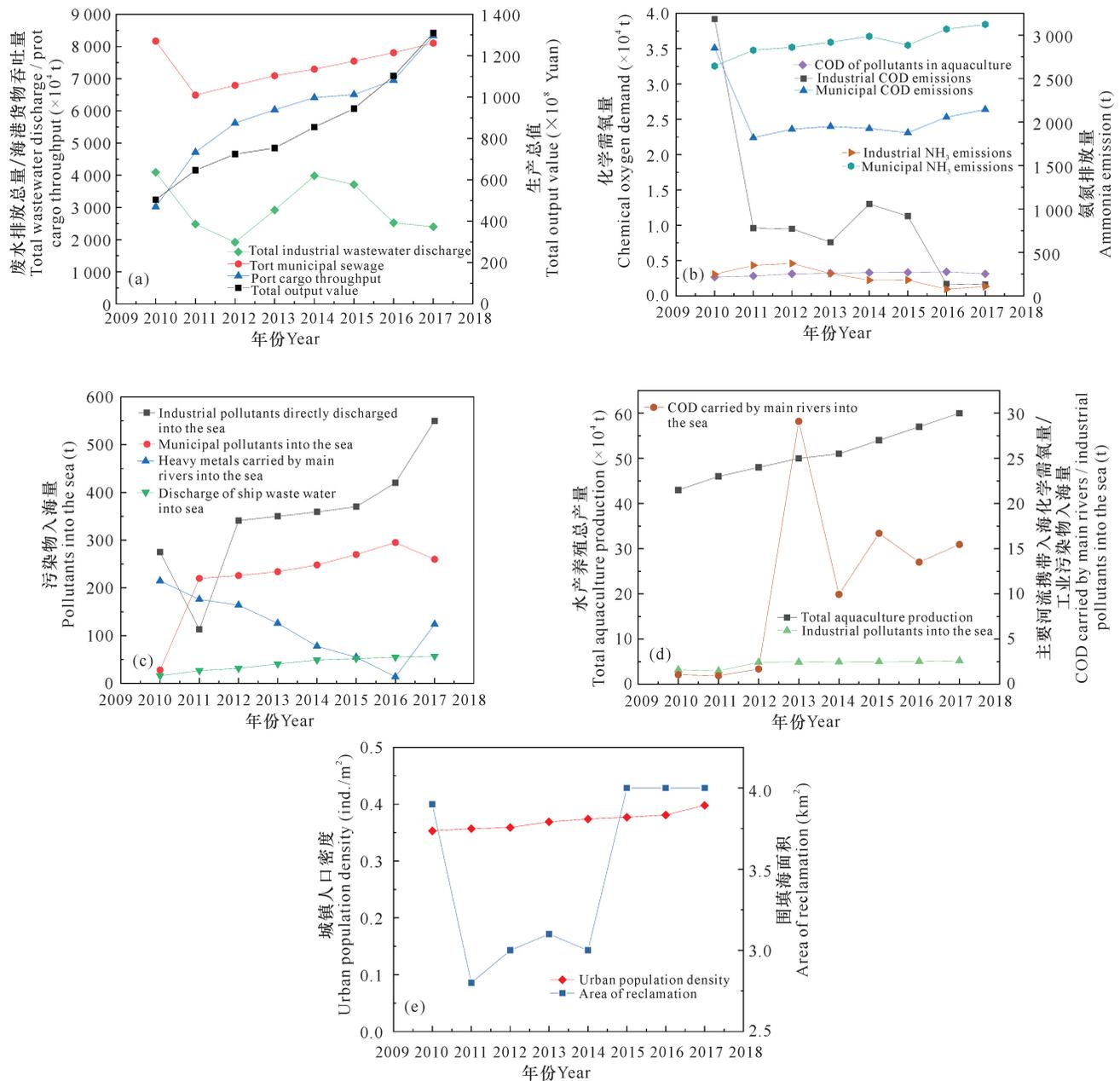


图1 压力层指标2010—2017年变化趋势图

Fig. 1 The change trend chart of the index of pressure layer from 2010 to 2017

2.1.2 状态层指标变化

状态层由水环境质量、海洋环境质量、排污口环境质量等3个指标类别构成,具体指标有11个。其中,海洋环境质量包括海域富营养化指数、浮游植物多样性指数与浮游动物多样性指数3类。由图2可见,钦州湾海域富营养化指数在2010—2011年有小

幅度的上升,自2011年起变化显著,2012年增长至3.06,其主要原因在于2012年水域发生两次化学有机物污染,导致水质异常,因此当年富营养化指数最高;之后两年又维持在1.20左右,在2014—2017年以较小速率上升。浮游植物多样性指数波动较为明显,在2014年达到最高点2.38;浮游动物多样性

指数在2010—2014年维持在2.50左右,而在2015年达到近年来的最大值3.26,随后于2016年跌至1.49,在2017年有所回升,波动较为明显(图2a)。

水环境质量由近岸海域一类、二类水质达标率,近岸海域三类、四类、劣四类水质比例,海水功能区水质达标率,主要海水产养殖区环境状况指数,主要河流水质达标率(三类)和主要河流入海断面达标率等6项指标构成。钦州湾海域一类、二类水质达标率自2010年的79%下降至2013年的33%,然后开始持续回升,在2016年达标率恢复至87%并趋于稳定,与三类、四类劣质水质所占比例的变化趋势完全相反。由于无机氯、活性磷酸盐和化学需氧量(COD)等污染源的任意排放,2013年第三季度海水水质为钦州湾海域近10年来最差。海水功能区水质达标率较为稳定,除去2013年稍有下跌,其余年间均稳定在66.70%左右(图2b)。

近几年来,钦州湾沿岸的城镇化、工业化进程加快,对入海污染物的控制未能充分有效地开展,钦州市工业排污口入海化学需氧量与市政排污口化学需氧量呈现波动中缓慢增长趋势(图2c)。

通过对上述具体指标的环境绩效分析,状态层的环境绩效指数从2010年开始至2013年一直处于下跌状态,从2010年的24.53跌至2013年的15.90,分析出现这种情况的可能原因是:钦州湾近岸海域一类、二类水质达标率这几年间逐渐降低,且2013年水质达标率为近年来最差,所以得分最低;同时,钦州市工业排污口入海化学需氧量含量和市政排污口化学需氧量在逐年增高。2013年后,钦州市政府坚持多方参与,协调配合机制,积极推进近岸海域水资源保护建设,近岸海域水质达标率明显提高,所以2014年状态层的环境绩效指数有所提高,增长的状态维持到2015年。2016年出现拐点是因为这一年的入海河流水质达标率下降至83.30%,浮游植物多样性指数和浮游动物多样性指数也明显降低,这些指标的下降可能导致该年环境绩效指数得分降低。总体上分析,2015年状态层环境绩效最好,2013年状态层环境绩效最差。

### 2.1.3 响应层指标变化

响应层对应集中污染处理力度、环保达标率与投资力度3项指标。响应层环境绩效指数自2010年开始一直保持较大速率上升,在2014年达到较高值16.29。响应层环境绩效指数持续上升的原因可能是:钦州市政府响应国家号召,加大了对环境保护的

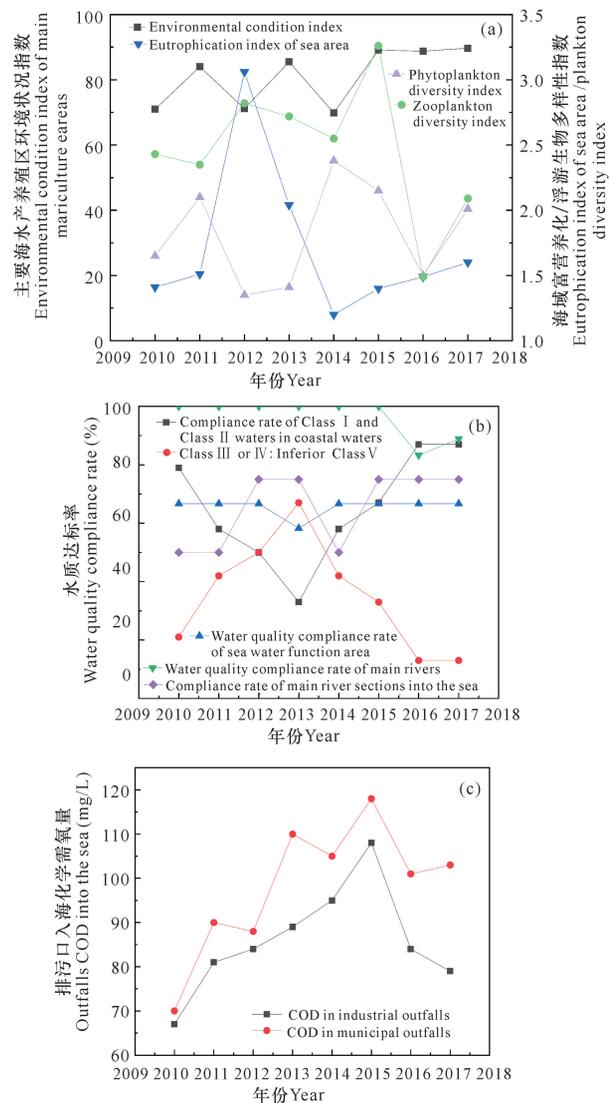


图2 状态层指标2010—2017年变化趋势图

Fig. 2 The change trend chart of the index of state layer from 2010 to 2017

投资力度,还有对工厂排污的综合整治,对集中式废水等的处理也在整治范围内,所以集中式废水、化学需氧量处理量和氨氮处理量在2010—2014年都有一定的增长,同时钦州市污水处理率、市政废水入海排污口出水达标率和环保事业投资额都有明显的上升(图3a,b)。工业废水以及市政废水入海排污口出水达标率下降、近岸海域的污染加重,是造成2015年与2017年出现较上一年环境绩效指数下降的主要原因。

总而言之,2010—2017年响应层环境绩效指数最高的是2016年,其次是2014年(表2)。2016年响应层环境绩效最高的原因是“十三五”规划开展乡镇集中式废水处理整治活动,同时加强对入海河流和近岸海域污染综合防治力度,实施入海河流综合整治工

程。最差的是 2010 年,原因是工业污染等未引起重视。

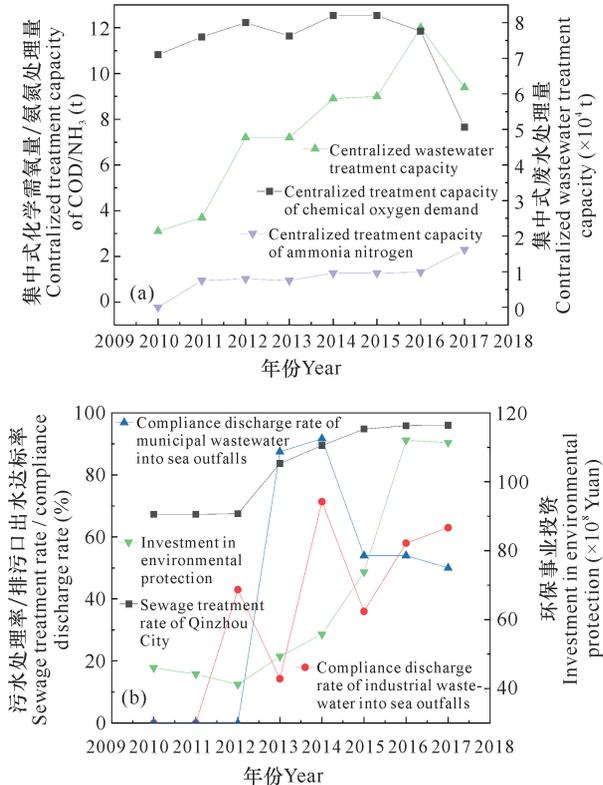


图3 响应层指标 2010—2017 年变化趋势图

Fig. 3 The change trend chart of the index of response layer from 2010 to 2017

## 2.2 环境绩效分析

从表 2 所给数据可以看出,钦州湾水环境绩效指数在 2011 年最高,表明该地区在 2010—2011 年度对于工业废水排放和市政污水总量等的控制取得显著的成效,且积极推进了钦州市污染减排工作。进入“十二五”计划中后期,2011—2015 年,由于钦州市经济实现跨越式发展,工业化和城镇化进程加大,工业废水排放、工业污染物直排和主要河流携带的入海化学需氧量明显上升,而环保投资出现小范围下降,导致环境绩效指数在 2011 年之后开始下跌,并在 2013 年降至最低 47.42。而后由于钦州市生态环境保护建设的积极推进,2014—2017 年环境绩效指数趋于平稳。

据钦州市海洋环境保护在“十三五”期间(即 2016—2020 年)的具体规划,污染控制指标、环境质量指标较之前均有所提高,约束性加强,预计在未来几年,压力层指标对环境的影响将得到有效控制。同时对生态环境保护、海洋管理指标也有相应的预期规划,所以在 2016 年之后,钦州湾水环境绩效应该会有

所提升。因此实现陆海协调规划,控制入海污染物排放,健全海洋环境监测体系,加强对海洋水质的管理,保护海洋功能区质量等仍是钦州市的生态环境建设与海洋环境保护工作的重点。

## 3 结论

本研究主要基于 PSR 模型,结合钦州湾 2010—2017 年生态环境数据与环保工作数据,对钦州湾近岸海域水环境绩效评估进行详细的探讨。

从环境绩效评估指数来看,在 2010—2011 年,钦州市积极落实污染减排工作,在环境保护目标方面取得明显成效,环境质量状况持续向好,环境绩效指数大幅度上升。而在 2012—2014 年,钦州市经济实现跨越式发展,工业化和城镇化进程加大,市政污染物入海量逐年增长,水产养殖业污染物化学需氧量也年年攀升,导致环境绩效指数在 2011—2014 年波动变化。其后由于环保建设的积极推进,2014 年后环境绩效指数为 54.97—58.19,无明显波动。自 2016 年进入“十三五”计划,钦州市海洋环境保护对于污染控制指标、环境质量指标等约束性加强,因此 2016—2017 年 EPI 指数出现上涨态势。

虽然 2014—2017 年间环境绩效趋于平稳,但数值上有降低趋势。为确保钦州市环境质量稳中求进,进行陆海协调规划、控制入海污染物排放、健全海洋环境监测体系、加强对海洋水质的管理、保护海洋功能区质量等工作仍是钦州市生态环境建设与海洋环境保护工作中的重点。

## 参考文献

- [1] 刘晓玲. 钦州湾近海污染现状与治理对策研究[D]. 南宁:广西大学,2019.
- [2] 罗盛锋,闫文德. 广西北部湾沿岸地区生态系统服务价值变化及其驱动力[J]. 生态学报,2018,38(9):3248-3259.
- [3] OECD. Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide [R]. Paris: OECD, 2008. DOI:10.1787/9789264043466-en.
- [4] Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). OECD environmental performance reviews: China 2007 [R]. Paris: OECD, 2007.
- [5] 熊建华,黄小卜,程昊,等. 基于 PSR 模型的生态建设环境绩效评估研究——以南宁市为例[J]. 环境与可持续发展,2016,41(5):150-153.
- [6] 彭靓宇,徐鹤. 基于 PSR 模型的区域环境绩效评估研究——以天津市为例[J]. 生态环境,2013(1):358-362.
- [7] 蒋洪强,王金南,程曦. 建立完善生态环境绩效评价考核

- 与问责制度[J]. 环境保护科学, 2015, 41(5): 43-48.
- [8] 乌兰, 周建. 论我国区域环境绩效评估的发展与应用[J]. 东岳论丛, 2012, 33(8): 171-174.
- [9] 肖鑫. 《2017年钦州市海洋环境状况公报》发布 全市海洋环境状况总体稳定[EB/OL]. (2018-09-25). [http://www.qinzhou.gov.cn/xwdt\\_239/zwyw/201809/t20180925\\_1445535.html](http://www.qinzhou.gov.cn/xwdt_239/zwyw/201809/t20180925_1445535.html).
- [10] 钦州市环境保护局. 2017年钦州市环境质量状况公报[R/OL]. (2018-01-25). [http://zwgk.qinzhou.gov.cn/auto2532/hjbh/kqzl/201801/t20180125\\_764683.html](http://zwgk.qinzhou.gov.cn/auto2532/hjbh/kqzl/201801/t20180125_764683.html).
- [11] 广西壮族自治区统计局. 广西壮族自治区统计公报[R/OL]. (2018-02-11). <http://tjj.gxzf.gov.cn/tjsj/>.
- [12] ZHAO J R, CHU F Y, JIN X L, et al. The spatial multiscale variability of heavy metals based on factorial kriging analysis: A case study in the northeastern Beibu Gulf [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2015, 34(12): 137-146.
- [13] 郭晓东, 郝晨, 王蓓. 空间视角下湖北省环境绩效评估及影响因素分析[J]. *中国环境科学*, 2019, 39(10): 4456-4463.
- [14] 魏微, 尚英男, 江沂璟, 等. 成都市环境绩效评估研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2018, 28(7): 80-85.
- [15] 李乾丰. 基于PSR模型下的中国稀土安全的评价分析[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2016.
- [16] 彭乾, 邵超峰, 鞠美庭. 基于PSR模型和系统动力学的城市环境绩效动态评估研究[J]. *地理与地理信息科学*, 2016, 32(3): 121-126.
- [17] 孙硕. 基于PSR模型的浙江海洋生态安全评价研究[D]. 舟山: 浙江海洋大学, 2017.
- [18] 王点. 基于PSR模型鄱阳湖湿地生态安全评价[D]. 南昌: 江西师范大学, 2016.
- [19] 朱婵婵, 文彦君, 宋海龙. 基于“压力-状态-响应”模型的宝鸡市生态环境敏感性评价[J]. *环境保护科学*, 2017, 43(2): 102-107.

## Study on Performance Evaluation of Water Environment in Qinzhou Bay Based on PSR Model

LU Mingdong<sup>1</sup>, WANG Jue<sup>2</sup>, FENG Qilin<sup>2</sup>, XIONG Jianhua<sup>2</sup>, LAN Wenlu<sup>3</sup>

(1. Nanning Environmental Emergency and Accident Investigation Center, Nanning, Guangxi, 530021, China; 2. School of Resources, Environment and Materials, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China; 3. Marine Environment Monitoring Center of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Beihai, Guangxi, 536000, China)

**Abstract:** Based on the pressure-state-response (PSR) model, the Qinzhou Bay water environment performance evaluation system in Qinzhou Bay, Guangxi Zhuang Autonomous Region was constructed. The environment performance index (EPI) of Qinzhou from 2010—2017 was calculated, the data were analyzed based on the progress of ecological environment construction and environmental protection in Qinzhou from 2010 to 2017. The results of the study showed that Qinzhou had achieved significant results in pollution reduction and its environmental performance had improved significantly in 2010—2012. After 2013, however, Qinzhou's environmental performance hit 47.42, which was the lowest in recent years due to the high-intensity industrial construction and marine development activities that had brought tremendous pressure to the environment. Later, with the increasing attention on environmental issues, investment in environmental protection and people's increasing awareness of environmental protection, the environmental performance index began to show a significant rebound, and then remained flat, with a small fluctuation range, and the environmental quality has improved since 2014. The evaluation result better reflects the changing trend of the water environment in the sea area near Qinzhou Bay, and provides theoretical basis and data support for the future development plan of Qinzhou Bay.

**Key words:** PSR model, Qinzhou Bay, inshore waters, water environment, performance assessment

责任编辑: 米慧芝