

# 钦州湾疏浚工程磷释放对海湾生态环境的影响<sup>\*</sup>

骆鑫, 彭小燕, 蓝文陆<sup>\*\*</sup>

(广西壮族自治区海洋环境监测中心站, 广西北海 536000)

**摘要:** 为了解近海工程疏浚对海湾生态环境的影响, 2015年7月, 分别在不同工期(施工期、非施工期)和潮时(高潮、低潮), 对广西钦州湾疏浚工程进行共4个航次的现场跟踪监测, 比较不同施工状态下疏浚工程对海湾生态环境的影响。结果显示, 疏浚工程的施工扰动使水体中悬浮物、溶解无机氮(Dissolved Inorganic Nitrogen, DIN)和溶解无机磷(Dissolved Inorganic Phosphorus, DIP)浓度显著增加。疏浚工程附近站点DIN和DIP浓度比对照站点大幅增加, 最大增幅分别为151.7%和580.0%, DIP增加幅度大于DIN增加幅度。疏浚活动导致沉积物营养盐释放, 明显改变了局部海区营养盐浓度的分布格局。在钦州湾外湾, 疏浚工程引起的内源磷元素释放强于氮元素, 改变了海湾的营养盐结构特征( $c_N/c_P$ 值)及浮游植物磷胁迫/限制状态, 可能引发水华或赤潮, 需要加以关注。

**关键词:** 钦州湾 疏浚工程 沉积物 磷释放 生态影响 营养盐 浮游植物

中图分类号: X123 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2020)04-0373-10

DOI: 10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20210115.006

## 0 引言

磷是维持海洋生物生命活动的重要生源要素, 其浓度和分布直接影响着海区初级生产力、浮游植物的种类、数量及分布<sup>[1]</sup>。近海沉积物是海洋水体中磷的重要源和汇, 沉积物中的可溶性磷形态的释出扩散是近岸海域海水溶解无机磷(Dissolved Inorganic Phosphorus, DIP)的一个主要来源<sup>[2,3]</sup>。近海疏浚工程剧烈搅动海水, 引起大量底泥悬浮, 往往导致内源磷爆发性释放, 使水体磷浓度增加<sup>[4,5]</sup>。而磷的过度释放会影响海水中营养盐状态和浮游植物的磷限制/

胁迫水平, 影响浮游植物的生长及其群落结构的变化和演替方向, 进而对生态系统的结构和功能产生深刻影响<sup>[6,7]</sup>, 因此, 开展关于疏浚工程磷释放对生态环境影响的研究十分重要。

在疏浚工程引起的沉积物磷释放研究方面, 目前对湖泊的研究比较多<sup>[8-10]</sup>, 对近岸海域和河口的研究相对较少<sup>[4,5]</sup>, 在广西近岸海域方面的研究更是趋于空白。已有的钦州湾研究结果表明, 入海河流的磷浓度在2001—2010年的近十年内增加有限, 但海湾的磷浓度却显著上升<sup>[11]</sup>, 导致这种现象的一个重要原因很可能是大型疏浚工程引起的沉积物磷释放。磷

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金项目(41466001)和广西科技计划项目(桂科 AA17129001, 桂科 AD17129041)资助。

### 【作者简介】

骆鑫(1991—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事海洋环境与生态研究。

### 【\*\*通信作者】

蓝文陆(1980—), 男, 博士, 教授级高级工程师, 主要从事海洋生态监测与预警研究, E-mail: dr.lan@139.com。

### 【引用本文】

骆鑫, 彭小燕, 蓝文陆. 钦州湾疏浚工程磷释放对海湾生态环境的影响[J]. 广西科学院学报, 2020, 36(4): 373-382.

LUO X, PENG X Y, LAN W L. Impact of Phosphorus Release from Qinzhou Bay Dredging Project on Bay Ecological Environment [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2020, 36(4): 373-382.

的大量释放很可能引起氮磷比结构的变化,改变钦州湾原本磷限制的状态<sup>[7,12,13]</sup>,对浮游植物群落结构的改变产生重要影响。近年来,广西局部近岸海域生态环境变化明显,如赤潮发生频繁<sup>[14-16]</sup>、浮游植物群落的生物量和群落结构发生变化等<sup>[17,18]</sup>,这些现象可能与内源磷释放存在密切联系。本研究通过对比钦州湾施工期与非施工期的不同潮时跟踪监测结果,分析疏浚工程引起的磷释放对海湾生态环境的影响,期为今后疏浚工程磷释放相关研究提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 采样时间与站点

近十年来随着钦州港的开发建设,钦州湾的围填海工程及航道疏浚工程较多。2015年夏季,钦州港保税港区东南端及三墩码头西南端的两处疏浚工程仍在实施。本研究分别于2015年7月9日和7月13日,在工程海区及其附近的钦州港海区共进行4个航次的综合调查(分别在每日高潮和低潮时各监测1次)。在工程附近海域共布设9个监测站点,编号为Q1—Q9。其中Q5和Q9分别位于保税港区东南端和三墩码头西南端疏浚工程附近,为疏浚施工工地附近海域;Q6和Q8均远离疏浚施工工地,且盐度分别与Q5和Q9接近,为对照海域(图1)。其中,2015年7月9日Q5和Q9处于施工期,7月13日处于非施工期。

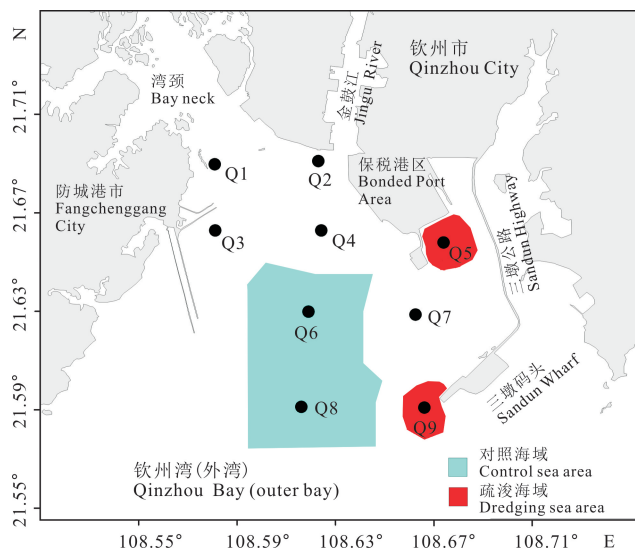


图1 监测站点分布

Fig. 1 Location of sampling stations

### 1.2 调查项目与测定方法

各站点采集表层海水样品(水面下0.5 m),使用

5 L有机玻璃采水器采集水样,同时用便携式多参数测定仪(Multi 350i)测定水温与盐度。采水器水样现场先分装1 L悬浮物(Suspended Solids,SS)样品(聚乙烯瓶),再分装营养盐样品。取500 mL营养盐样品经孔径0.45 μm醋酸纤维滤膜(滤膜先用体积比1:100 HCl溶液浸泡24 h,并用Milli-Q水洗至中性)过滤,滤液装于聚乙烯瓶中,冷藏保存并在采样完成后立即带回实验室测定。亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、氨盐氮和活性磷酸盐分别采用萘乙二胺分光光度法、镉柱还原法、次溴酸盐氧化法和磷钼蓝分光光度法(UV759)进行测定。DIN为亚硝酸盐氮、硝酸盐氮和氨盐氮三者浓度之和。各要素的采集、处理和分析方法按照《海洋监测规范》<sup>[19]</sup>执行,并采取现场空白样、现场平行样和标准样品进行质量控制。

### 1.3 数据处理与分析

本研究采用胡明辉等<sup>[20]</sup>提出的营养盐限制标准来评估近岸海域浮游植物生长的营养盐限制因素。判断方法:若 $c_N/c_P$ 值 $<8$ ,浮游植物受氮限制;若 $c_N/c_P$ 值 $>30$ ,浮游植物受磷限制。其中, $c_N$ 为海水中的溶解无机氮摩尔浓度, $c_P$ 为海水中的溶解无机磷摩尔浓度。

对环境参数的配对样本 $T$ 检验(Paired Samples  $T$ -Test)采用软件SPSS 16.0进行分析,等值线图采用软件Surfer 11.0进行空间插值并生成。各环境因子未检出的监测值在统计分析中按其检出限的一半纳入计算。营养盐浓度增幅计算公式为

$$Y = [(U_{\text{疏浚海域}} - U_{\text{对照海域}}) / U_{\text{对照海域}}] \times 100\%$$

其中, $Y$ 为增幅比例(%), $U_{\text{疏浚海域}}$ 为疏浚海域营养盐浓度( $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ), $U_{\text{对照海域}}$ 为对照海域营养盐浓度( $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 施工期与非施工期盐度、悬浮物浓度的对比

将盐度和悬浮物浓度按不同工期、潮时,两两之间进行配对样本 $T$ 检验,结果如表1。不同潮时(高潮与低潮)的盐度和悬浮物浓度均无显著差异( $P > 0.05$ )。不同工期的盐度无显著性差异。悬浮物浓度在施工期与非施工期之间均具有显著性差异( $P < 0.05$ ),表现为非施工期的浓度显著低于施工期。

表 1 不同工期盐度和悬浮物的配对样本 T 检验

Table 1 Pair-samples T test of salinity and suspended solids between different construction period

工期 Construction period	潮时 Tide time	盐度 Salinity	悬浮物浓度 Concentration of suspended solids (mg/L)
施工期 Construction period	高潮(a) High tide (a)	25.5	12
	低潮(b) Low tide (b)	25.3	11
非施工期 Non construction period	高潮(c) High tide (c)	25.5	5
	低潮(d) Low tide (d)	25.3	3
P	ab	0.782	0.367
	ac	0.782	0.008*
	bd	0.961	0.000*
	cd	0.105	0.010*

注: \* 表示存在显著性差异( $P < 0.05$ )

Note: \* indicates significant difference ( $P < 0.05$ )

4个航次中, 调查海区的盐度分布特征基本一致, 盐度最高值和最低值均分别出现在 Q9 和 Q1, 基本呈现由湾颈向外湾逐渐升高的平面分布特征, 盐度

等值线沿着东北-西南方向分布, 疏浚海域与对照海域的盐度基本一致(图 2)。

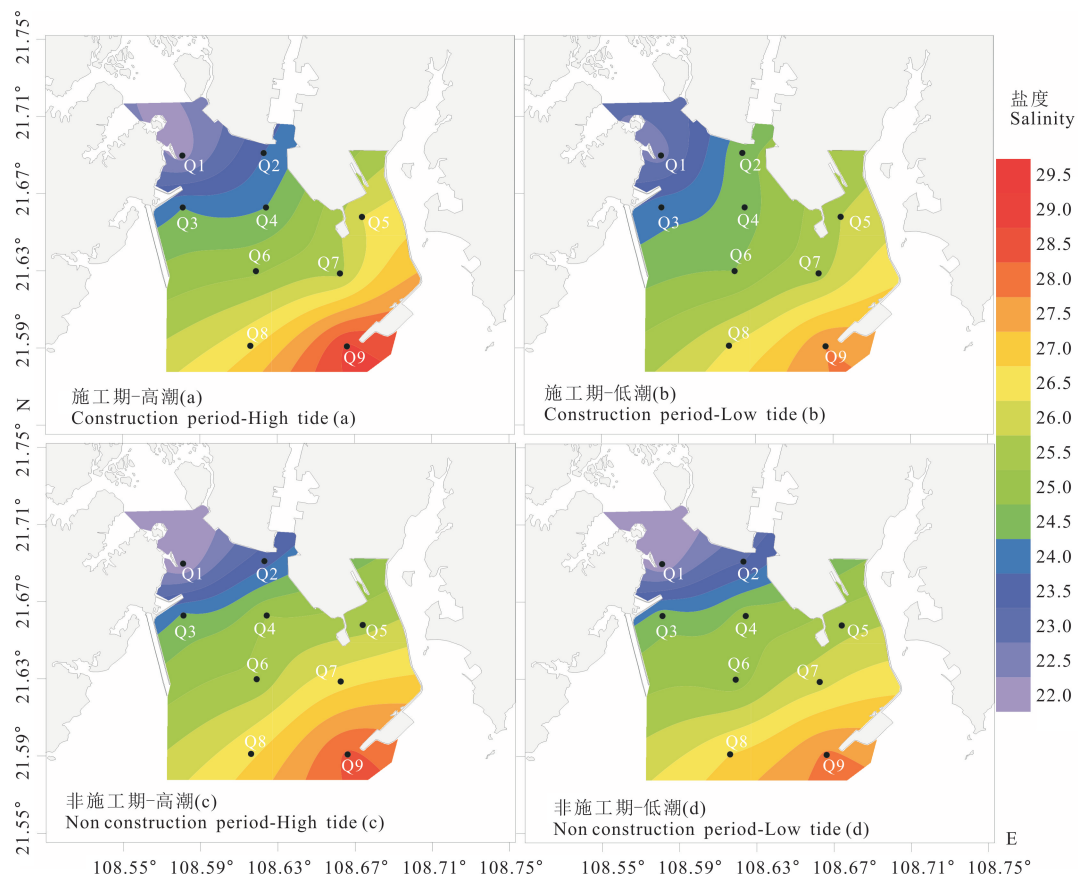


图 2 盐度的平面分布

Fig. 2 Horizontal distribution of salinity

施工期高潮时,研究海域悬浮物浓度最高值出现在保税港区东南侧 Q5 和三墩码头南侧 Q9,最低值出现在 Q4;低潮时最高值出现在钦州港保税区附近海域的 Q5,最低值出现在其南方的 Q7。非施工期时,研究海域高潮时悬浮物浓度最高值出现在 Q8,最

低值出现在 Q1 和 Q4。低潮时浓度最高值出现在 Q6,最低值出现在 Q1、Q2 和 Q4。施工期疏浚海域的悬浮物浓度明显高于对照海域,非施工期两海域之间无明显差异(图 3)。

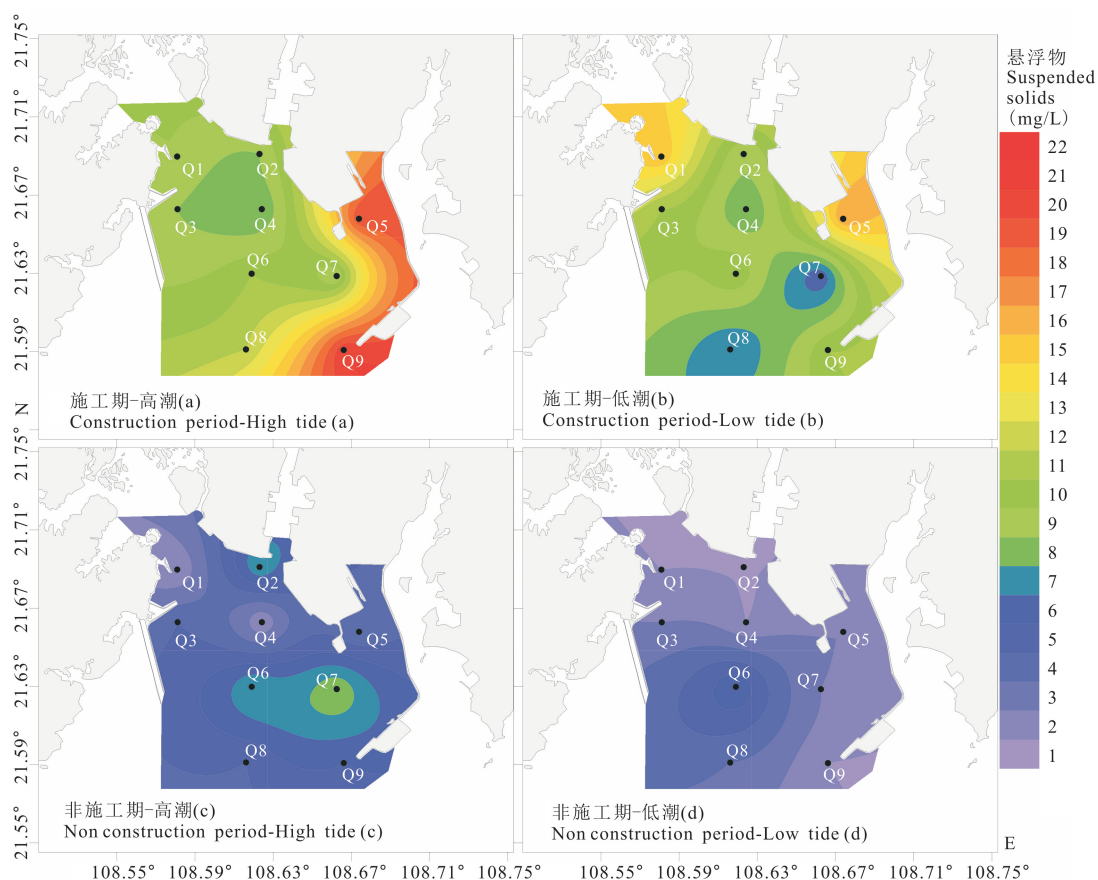


图 3 悬浮物的平面分布

Fig. 3 Horizontal distribution of suspended solids

## 2.2 施工期与非施工期营养盐浓度的对比

将溶解无机氮、溶解无机磷和  $c_N/c_P$  值按不同工期、不同潮时两两之间进行配对样本  $T$  检验。结果如表 2 所示,相同日期不同潮时之间,3 个指标均无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。  $c_N/c_P$  值在所有对比当中都无显著性差异, DIN 和 DIP 在相同日期、不同潮时之间无显著性差异。 DIN 和 DIP 在相同潮时、不同工期之间均具有显著性差异 ( $P < 0.05$ ), 表现为非施工期的 DIN 和 DIP 浓度显著高于施工期。

施工期研究海域高潮时 DIN 的浓度最高值出现

在 Q3,最低值出现在 Q8;低潮时浓度最高值出现在 Q2,最低值出现在 Q8。非施工期高潮时 DIN 的浓度最高值出现在 Q2,最低值出现在 Q8;低潮时浓度最高值出现在 Q1,最低值出现在 Q9。

4 个航次均基本呈现由湾颈向外湾逐渐降低的平面分布特征。施工期,疏浚海域附近的 Q7 和疏浚海域的 Q9 DIN 浓度高于对照海域的 Q6、Q8。非施工期时,疏浚附近海域 DIN 浓度与对照海域无明显区别(图 4)。



表 2 不同工期营养盐的配对样本 T 检验

Table 2 Pair-samples T test of nutrients between different construction period

工期 Construction period	潮时 Tide time	溶解无机氮 DIN ( $\mu\text{mol/L}$ )	溶解无机磷 DIP ( $\mu\text{mol/L}$ )	$c_N/c_P$ 值 $c_N/c_P$ value
施工期 Construction period	高潮(a) High tide (a)	6.63	0.14	104.7
	低潮(b) Low tide (b)	6.46	0.16	74.0
非施工期 Non construction period	高潮(c) High tide (c)	10.60	0.42	159.8
	低潮(d) Low tide (d)	9.89	0.43	121.2
P	ab	0.813	0.680	0.193
	ac	0.003 *	0.004 *	0.666
	bd	0.003 **	0.006 **	0.480
	cd	0.130	0.307	0.495

注: \* 表示存在显著性差异 ( $P < 0.05$ ), \*\* 表示存在极显著差异 ( $P < 0.01$ )

Note: \* indicates significant difference ( $P < 0.05$ ), \*\* indicates very significant difference

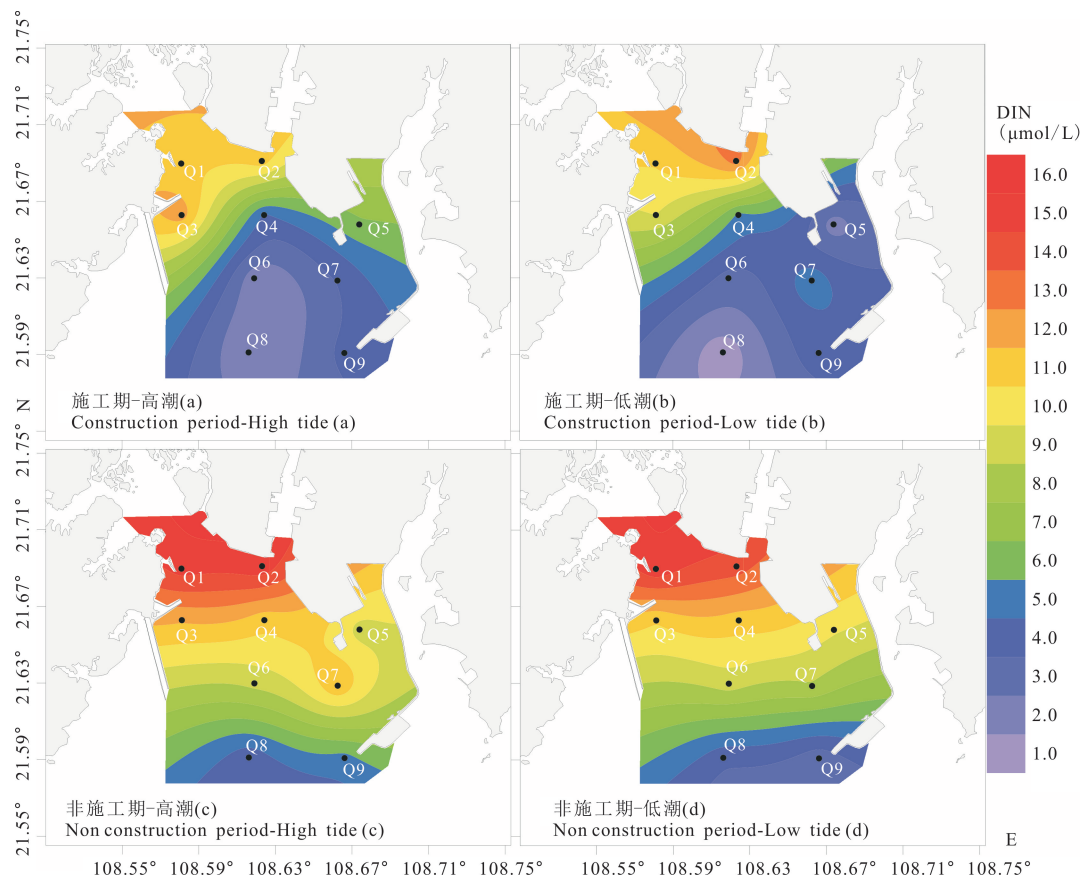


图 4 溶解无机氮的平面分布  
Fig. 4 Horizontal distribution of DIN

施工期时, 研究海域 DIP 的浓度高值区出现在湾颈的 Q1 和 Q2 (图 5), 此时处于疏浚海域 Q5 的 DIP 浓度明显高于周边海域, Q9 则明显高于 Q7 的 DIP 浓度 (图 5)。非施工期时, DIP 的浓度最高值与

施工期一致 (图 5), 此时 DIP 浓度的水平分布呈规律的、由北向南逐渐降低的分布特征, 疏浚海域 Q9 的 DIP 浓度和对照海域的 Q8 无明显差异 (图 4)。

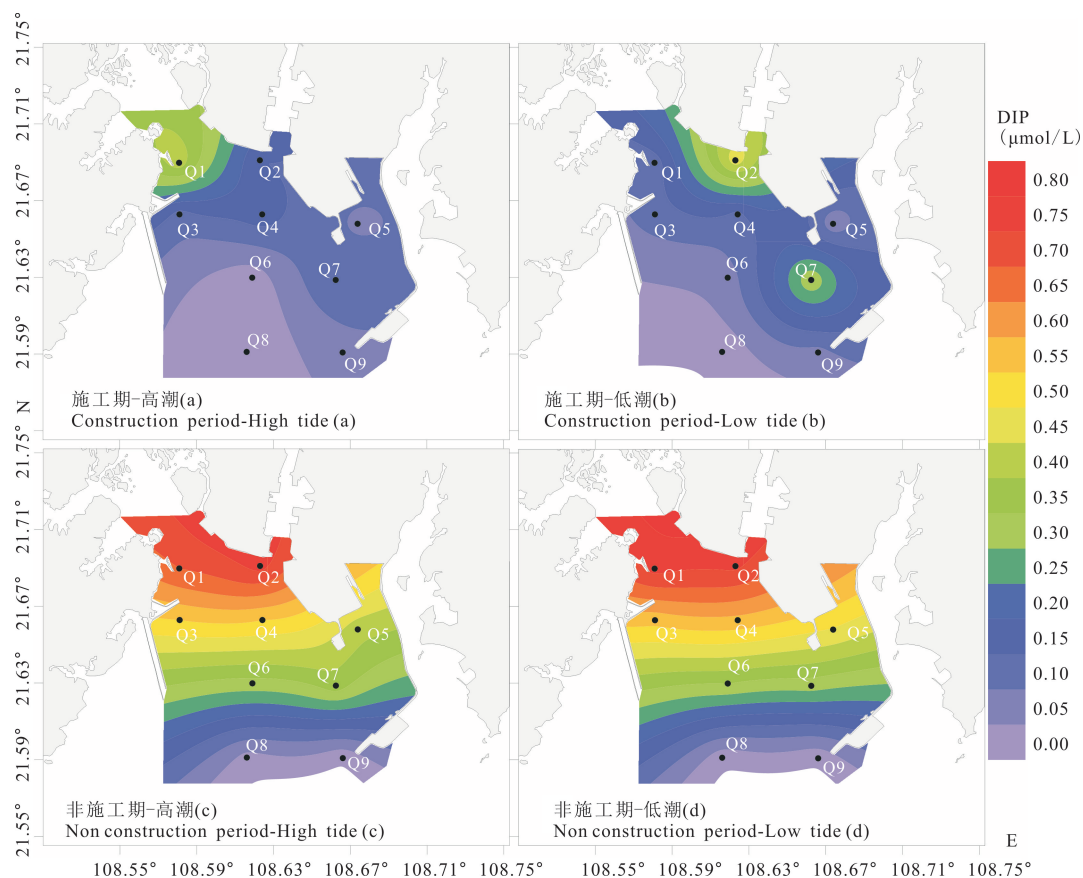


图5 溶解无机磷的平面分布

Fig. 5 Horizontal distribution of DIP

### 2.3 施工期与非施工期营养盐结构的对比

将疏浚海域(Q5, Q9)的数据与对照海域(Q6, Q8)的数据进行比较,结果如表3。在施工期高潮和低潮时,疏浚海域DIN的平均浓度分别比对照海域高出151.7%和62.9%,DIP平均浓度分别比对照海

域高出580.0%和84.0%,磷的增幅比氮更显著。在非施工期的高潮和低潮时,氮和磷的增幅较小,疏浚海域DIN平均浓度分别比对照海域高58.8%和低2.1%,DIP平均浓度分别比对照海域高18.1%和36.4%。

表3 疏浚海域与对照海域氮磷浓度变化的比较

Table 3 Comparison of changes in nutrition and phosphorus concentration between dredging sea area and control sea area

工期 Construction period	潮时 Tide time	站点 Stations	DIN 均值 Average DIN ( $\mu\text{mol/L}$ )	DIN 增幅 DIN increases (%)	DIP 均值 Average DIP ( $\mu\text{mol/L}$ )	DIP 增幅 DIP increases (%)
施工期 Construction period	高潮 High tide	Q5, Q9	5.58	151.7	0.085	580.0
		Q6, Q8	2.22	—	0.013	—
	低潮 Low tide	Q5, Q9	3.61	44.3	0.076	84.0
		Q6, Q8	2.50	—	0.041	—
非施工期 Non construction period	高潮 High tide	Q5, Q9	7.64	12.5	0.213	18.1
		Q6, Q8	6.79	—	0.180	—
	低潮 Low tide	Q5, Q9	6.75	-2.1	0.251	36.4
		Q6, Q8	6.89	—	0.184	—

表4列出了4个航次研究海域的 $c_N/c_P$ 情况,从表4中可以看出:(1)施工期研究海域 $c_N/c_P$ 平均值要低于非施工期;(2)施工期处于疏浚海域的Q5、Q9 $c_N/c_P$ 值明显低于对照海域的Q6、Q8,这种现象在非施工期不明显,说明工程疏浚会直接影响氮磷结构。

表4 不同工期各站点的 $c_N/c_P$ 值

Table 4 The  $c_N/c_P$  value of every station of different construction period

站点 Sites	施工期 Construction period		非施工期 Non construction period	
	高潮 High tide	低潮 Low tide	高潮 High tide	低潮 Low tide
	Q1	25.7	90.3	22.0
Q2	76.7	27.9	20.4	19.0
Q3	96.7	77.5	22.1	19.6
Q4	27.0	42.7	20.7	19.7
Q5	75.4	36.9	23.0	20.4
Q6	118.0	47.1	28.2	27.0
Q7	27.1	16.3	31.4	27.5
Q8	414.0	271.4	143.0	265.7
Q9	54.5	56.2	1 128.0	671.4
平均 Average	101.7	74.0	159.9	121.2

### 3 讨论

#### 3.1 疏浚工程对海湾营养盐分布格局的影响

河口海域的盐度可以用来反映入海径流汇在海水当中的比例,其主要受人海径流流量和降水量的影响<sup>[21,22]</sup>。在本研究的跟踪监测期间,研究海域及其入海河流上游区域无明显降雨,因此4个航次盐度平均值基本无变化(表1),平面分布特征也基本一致(图2)。汇入钦州湾的钦江和茅岭江的入海口主要位于茅尾海的北端,离本研究海域较远,因而高、低潮时盐度差距较小,加上监测调查的日期接近,不同日期的盐度也变化很小。

本研究结果显示 DIN 和 DIP 的浓度都呈现由湾颈到湾外逐渐降低的趋势(图4,5),总体上与盐度的分布趋势相反,这与大多数河口营养盐的研究结果一致<sup>[23]</sup>。高、低潮之间不论是平均浓度还是分布情况均基本一致(图4,5),说明不同潮时不同水动力条件对于钦州港海区 DIN 和 DIP 浓度影响比较小。相同潮时,施工期时研究海域的 DIN 和 DIP 浓度均显著低于非施工期(表2),可能是非施工期入海河流或钦

州港周边输入的氮磷污染物总量有所增加导致的,也有可能与海区连续疏浚使得沉积物营养盐在水体中不断累积有关。三墩码头和三墩公路的半封闭作用减弱了海水的水交换能力,一定程度上加强了营养盐浓度的累积效果。

相同潮时,施工期海湾水体中悬浮物浓度明显高于非施工期,靠近三墩公路及三墩码头的 Q5 和 Q9 均是研究海域悬浮物浓度的高值区。高浓度的悬浮物会降低水体的透光率,这有可能对浮游植物的生长造成负面影响。施工期时,疏浚海域悬浮物、DIN 和 DIP 的浓度都比对照海域高(图4,5),表明疏浚工程会引起沉积物中氮与磷的释放,尤其是 DIP 浓度增幅更明显(表3)。

人口密集且经济快速发展的河口地区,河口营养盐浓度梯度线与盐度梯度线具有高度重合的特征<sup>[21,22]</sup>。本研究中营养盐浓度总体上与盐度分布趋势相反,但营养盐浓度梯度线与盐度的梯度线却有一定夹角,并不是完全重合,尤其是施工期的 DIP 浓度梯度线,夹角最大。这是由于围填海与挖掘等施工会使土壤与沉积物当中的营养盐溶解于海水当中,使得营养盐的浓度上升<sup>[24]</sup>。施工期间,湾外东部三墩码头的施工引起附近海域(Q7 和 Q9)营养盐浓度升高,东部海域营养盐浓度总体高于对照海域,使得营养盐梯度线与盐度梯度线之间出现夹角,表明疏浚工程引起沉积物营养盐释放能够明显改变局部海区水体营养盐的分布格局。到了非施工期(7月13日),东部与中部海域的营养盐仍存在较小浓度差,这可能由于停工的时间还不足以供东部海域完成海水的全部交换,加上疏浚营养盐释放的累积效应,营养盐等梯度线与盐度梯度线仍存在着较小的夹角。

#### 3.2 疏浚工程引起的磷释放对浮游植物的影响

钦州湾近海工程疏浚使得沉积物营养盐释放到水体中,不仅导致附近水体营养盐的浓度升高,也改变了水体中营养盐的结构比例(表3,4)。营养盐是浮游植物生长必要因子,不同营养盐的结构比例会显著影响浮游植物的生长状况,因此疏浚工程造成水体营养盐及其结构比例变化,很可能对浮游植物产生影响<sup>[1-3]</sup>。施工期间所调查的钦州湾站点,除了个别站点之外, $c_N/c_P$ 值均大于30,根据浮游植物生长的最适 $c_N/c_P$ 值<sup>[25]</sup>、营养盐限制因素分析和评价方法<sup>[20]</sup>可以判断,研究海域的浮游植物受到磷限制,这也与钦州湾前期的研究结果相符<sup>[7,12,13]</sup>。钦州湾疏浚施工期间,沉积物开挖、吹沙、疏浚等大型工程的施

工剧烈搅动了海湾中的沉积物,引起施工附近海域(Q5、Q7和Q9)的DIN和DIP浓度上升(图4,5)。与此同时,施工引起的磷释放幅度高于氮(表4),导致施工期间附近海域 $c_N/c_P$ 值相对于未施工期间有不同程度减小(表3),尤其是靠外湾磷酸盐浓度很低的Q7和Q9,施工期 $c_N/c_P$ 值显著降低。这种变化导致部分海域解除磷限制状态,甚至个别站点 $c_N/c_P$ 值接近最适值<sup>[25]</sup>,为浮游植物的生长创造了良好的条件。在非施工期,除靠外海域之外,调查海区的 $c_N/c_P$ 值均小于30,表明调查海域的浮游植物已不受磷限制,这可能主要受到茅尾海、金鼓江及钦州港附近输入的磷酸盐增加的影响。另外,该现象可能与海区疏浚内源磷释放的累积效应有一定关系,因为非施工期的盐度没有明显减少,而且Q1—Q4附近的悬浮物浓度很低,本研究中也发现疏浚活动导致的营养盐释放过程中,水体DIP增幅明显大于DIN。

钦州湾近海疏浚工程可能解除附近海域的磷限制状态,使海水的 $c_N/c_P$ 值达到适合浮游植物生长的理想水平,进而可能引发浮游植物的大量增殖,甚至暴发赤潮。已有研究<sup>[7,12,13]</sup>表明,相对于DIN,钦州湾DIP浓度较低,使得该海域 $c_N/c_P$ 值普遍较高,处在磷胁迫或磷限制状态,这与本研究于施工期的研究结果基本一致(表4)。2011年庄军莲等<sup>[14]</sup>研究发现,钦州湾外湾及疏浚工程附近海域水体中的DIP浓度明显高于周边海域,这与本文“疏浚海域营养盐浓度高于周边对照海域”的结果基本一致,庄军莲等<sup>[14]</sup>认为这是导致当时该海域发生菱软几内亚藻和夜光藻赤潮的主要原因。在相对靠外的海区,营养盐浓度较低,浮游植物的吸收消耗使得营养盐接近枯竭,在这种情况下,即使较少的营养盐补充也能够被受营养盐限制的浮游植物高效利用而使其快速生长繁殖,因此在获得海底营养盐补充情况下出现低营养盐浓度、高浮游植物生物量的现象<sup>[26]</sup>。由此可见,虽然疏浚导致的磷释放量难以跟外部输入的相比,但持续的沉积物磷释放,使磷补充到表层水体对低营养盐海区浮游植物有着重要的意义。近年来钦州湾外源性磷输入变化不大<sup>[11]</sup>,在疏浚施工较少的十年前钦州湾鲜有赤潮的报道,但自2008年国务院批准钦州湾围填海工程项目以来,赤潮或水华的发生愈加频繁<sup>[14-16]</sup>,说明两者存在重要联系。加上钦州港所建的三墩公路和三墩码头引起海水动力条件的减弱,使得沉积物内源磷释放在海水中进行累积, $c_N/c_P$ 值可能持续向有利于浮游植物大量增殖的方向发展,赤潮的

暴发的可能性增加,可能造成水产养殖、旅游业和渔业捕捞的重大损失,需要加大这方面的关注。

## 4 结论

本研究表明,疏浚工程施工的扰动使水体中悬浮物浓度显著增加的同时,也使得水体中溶解无机氮和溶解无机磷的浓度显著增加。疏浚海域的DIN和DIP浓度比附近对照海域增幅分别可达到151.7%和580%,DIP增幅大于DIN增幅。疏浚工程导致沉积物营养盐释放,会明显改变局部海域的营养盐浓度及其分布格局。在钦州湾外湾,疏浚工程引起的内源磷元素释放要强于氮元素,这改变了海湾 $c_N/c_P$ 值等营养盐结构特征,可能消除浮游植物磷胁迫/限制状态并引发水华或赤潮,因此对疏浚工程引发的不良生态影响需要加以关注。

## 参考文献

- [1] LIN P, GUO L D, CHEN M, et al. The distribution and chemical speciation of dissolved and particulate phosphorus in the Bering Sea and the Chukchi-Beaufort Seas [J]. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 2012(81/82/83/84): 79-94.
- [2] PETKUVIENE J, ZILIOUS M, LUBIENE I, et al. Phosphorus cycling in a freshwater estuary impacted by cyanobacterial blooms [J]. *Estuaries and Coasts*, 2016, 39(5): 1386-1402.
- [3] KELLY-GERREYN B A, ANDERSON T R, HOLT J T, et al. Phytoplankton community structure at contrasting sites in the Irish Sea: A modeling investigation [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2004, 59(3): 363-383.
- [4] 矫恒晨, 王盼盼, 简慧敏, 等. 长江口及邻近海域沉积物再悬浮对水体磷酸盐的影响的模拟研究[J]. *海洋学报*, 2017, 39(4): 28-38.
- [5] 王晶, 李大鹏, 李勇, 等. 沉积物高强度扰动下生物有效磷的变化规律[J]. *环境污染与防治*, 2013, 35(3): 10-14, 19.
- [6] 李佳俊, 谭焯辉, 周林滨, 等. 南海东北部贫营养海区营养盐对浮游植物生长的限制[J]. *海洋通报*, 2016, 35(5): 562-570.
- [7] 覃仙玲, 陈波, 赖俊翔, 等. 钦州湾磷营养状态与浮游植物的碱性磷酸酶活性分析[J]. *海洋通报*, 2018, 37(2): 169-176.
- [8] 陈超, 钟继承, 范成新, 等. 湖泊疏浚方式对内源释放影响的模拟研究[J]. *环境科学*, 2013, 34(10): 3872-3878.
- [9] 余居华, 钟继承, 张银龙, 等. 湖泊疏浚对沉积物再悬浮



- 及磷迁移影响的模拟研究[J]. 环境科学, 2012, 33(10): 3368-3375.
- [10] 包先明, 陈开宁, 范成新, 等. 种植沉水植物和疏浚底泥对氮磷营养水平的影响[J]. 土壤通报, 2006, 37(5): 932-935.
- [11] 蓝文陆, 杨绍美, 苏伟. 环钦州湾河流入海污染物通量及其对海水生态环境的影响[J]. 广西科学, 2012, 19(3): 257-262.
- [12] 徐敏, 韩保新, 龙颖贤, 等. 钦州湾海域氮磷营养盐近30年变化规律及其来源分析[J]. 环境工程技术学报, 2012, 2(3): 253-258.
- [13] 覃仙玲, 陈尧云, 赖俊翔, 等. 钦州湾表层海水中总溶解态氮磷分布特征及季节变化[J]. 海洋环境科学, 2017, 36(3): 349-353.
- [14] 庄军莲, 姜发军, 柯珂, 等. 钦州湾一次海水异常监测与分析[J]. 广西科学, 2011, 18(3): 321-324.
- [15] 覃仙玲, 陈波. 广西沿海赤潮多发区高浓度氮磷营养元素来源探讨[J]. 广西科学院学报, 2018, 34(3): 222-227.
- [16] 彭在清, 李天深, 蓝文陆. 广西海域赤潮研究[M]. 北京: 海洋出版社, 2017.
- [17] 蓝文陆, 彭小燕. 茅尾海富营养化程度及其对浮游植物生物量的影响[J]. 广西科学院学报, 2011, 27(2): 109-112, 116.
- [18] 蓝文陆, 王晓辉, 黎明民. 应用光合色素研究广西钦州湾丰水期浮游植物群落结构[J]. 生态学报, 2011, 31(13): 3601-3608.
- [19] 马永安, 徐恒振, 于涛, 等. 海洋监测规范 第4部分: 海水分析: GB/T 17378. 4—2007 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [20] 胡明辉, 杨逸萍, 徐春林, 等. 长江口浮游植物生长的磷酸盐限制[J]. 海洋学报, 1989, 11(4): 439-443.
- [21] BARLETTA M, BARLETTA-BERGAN A, SAINT-PAUL U, et al. The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary [J]. Journal of Fish Biology, 2005, 66(1): 45-72.
- [22] EDWARD J M, KENNETH W A. Fish assemblages across the marine to low salinity transition zone of a temperate estuary [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2003, 56(5/6): 969-987.
- [23] BRICKER S B, LONGSTAFF B, DENNISON W, et al. Effects of nutrient enrichment in the nation's estuaries: A decade of change [J]. Harmful Algae, 2008, 8(1): 21-32.
- [24] RYDIN E, MALMAEUS J M, KARLSSON O M, et al. Phosphorus release from coastal Baltic Sea sediments as estimated from sediment profiles [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2011, 92(1): 111-117.
- [25] ALCOVERRO T, ROMERO J, DUARTE C M, et al. Spatial and temporal variation in nutrient limitation of seagrass *Posidonia oceanica* growth in the NW Mediterranean [J]. Marine Ecology Progress Series, 1997, 146(1/2/3): 155-161.
- [26] HU J, LAN W L, HUANG B Q, et al. Low nutrient and high chlorophyll a coastal upwelling system—A case study in the Southern Taiwan Strait [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2015, 166: 170-177.

## Impact of Phosphorus Release from Qinzhou Bay Dredging Project on Bay Ecological Environment

LUO Xin, PENG Xiaoyan, LAN Wenlu

(Marine Environmental Monitoring Center of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Beihai, Guangxi, 536000, China)

**Abstract:** In July 2015, in order to understand the impact of offshore dredging engineering on the ecological environment of the gulf, 4 marine environmental investigations in Qinzhou Bay were carried out during different construction (construction periods, non-construction periods) and tide time (high tide, low tide). The impact of dredging projects on the bay ecological environment under different construction conditions was compared. The results showed that the construction disturbance of the dredging project significantly increased the

concentration of suspended solids in the water body, and significantly increased the concentration of Dissolved Inorganic Nitrogen (DIN) and Dissolved Inorganic Phosphorus (DIP) in the water. The DIN concentration and DIP concentration of the station near the dredging project increased significantly compared with the control station, with the maximum increase of 151.7% and 580.0%, respectively. The increase of DIP was greater than the increase of DIN. Dredging activities resulted in the release of nutrients in sediments, which significantly changed the distribution pattern of nutrient concentration in local sea areas. In the outer bay of Qinzhou Bay, the release of endogenous phosphorus element caused by dredging project was stronger than nitrogen element, which changed the nutrient structure characteristics ( $c_N/c_P$  value) of the bay and the phosphorus stress/restriction status of phytoplankton, which might cause water bloom or red tide, which needed more attention.

**Key words:** Qinzhou Bay, dredging engineering, settlings, phosphorus release, ecological impact, nutrient salt, phytoplankton

责任编辑:符支宏

(上接第 372 页 Continued from page 372)

## Two New Records of Birds in Guangxi

SUN Renjie<sup>1</sup>, WANG Guangjun<sup>2</sup>, TANG Shangbo<sup>3</sup>, SONG Chao<sup>1</sup>, MO Guowei<sup>3</sup>

(1. Guangxi Key Laboratory of Mangrove Conservation and Utilization, Guangxi Mangrove Research Center, Guangxi Academy of Sciences, Beihai, Guangxi, 536000, China; 2. Guangxi Beihai National Coastal Wetland Park, Beihai, Guangxi, 536000, China; 3. Guangxi Beilunhekou National Reserve, Fangchenggang, Guangxi, 538000, China)

**Abstract:** This study reports two new records of bird distribution in Guangxi, namely *Thalasseus bengalensis* and *Limnodromus scolopaceus*, which has not been founded in Guangxi before. The recording time, site, number and brief morphological characteristic were described, and their classification and distribution were discussed preliminarily.

**Key words:** *Thalasseus bengalensis*, *Limnodromus scolopaceus*, new record, Guangxi, aquatic bird

责任编辑:陆雁



微信公众号投稿更便捷

联系电话:0771-2503923

邮箱:gxkxyxb@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxkx.ijournal.cn/gxkxyxb/ch>