

# 惠州近岸海域水质营养盐含量分布状况与评价

钟淑清, 梁婷婷\*, 余清华, 肖思巧, 廖诗杰

惠州市海洋技术中心, 广东 惠州

收稿日期: 2022年8月21日; 录用日期: 2022年9月13日; 发布日期: 2022年9月21日

## 摘要

本文于2019年夏秋两季对惠州近岸海域20个站位进行采样检测, 运用富营养指数法和有机污染指数法对近岸海域水质营养盐分布状况进行评价分析。调查结果显示: 惠州近岸水质总体处于较好状态, 夏季COD (1.09 mg/L)和DIN (0.151 mg/L)指标均小于秋季COD (1.75 mg/L)和DIN (0.298 mg/L), 夏季DO (8.20 mg/L)和DIP (0.009 mg/L)指标均大于秋季DO (7.98 mg/L)和DIP (0.006 mg/L)。水平分布上, 夏季的COD、DIP和秋季的DO、DIP无明显分布差异, 而夏季的DO、DIN和秋季的COD、DIN在局部近岸地区出现高值分布, 整体上呈现近岸向远岸递减趋势。同时, 富营养指数评价法与有机污染指数评价法的结果显示: 夏季的富营养化以及有机污染程度均比秋季低。

## 关键词

指标, 营养盐, 评价分析, 趋势

# Distribution and Evaluation of Nutrient Salt Content in Water Quality in Coastal Waters of Huizhou

Shuqing Zhong, Tingting Liang\*, Qinghua Yu, Siqiao Xiao, Shijie Liao

Huizhou Marine Technology Center, Huizhou Guangdong

Received: Aug. 21<sup>st</sup>, 2022; accepted: Sep. 13<sup>th</sup>, 2022; published: Sep. 21<sup>st</sup>, 2022

## Abstract

A total of 20 stations in the coastal waters of Huizhou were sampled in the summer and autumn of 2019. Eutrophication assessment and organic pollution index were used to assess the distribution

\*通讯作者。

文章引用: 钟淑清, 梁婷婷, 余清华, 肖思巧, 廖诗杰. 惠州近岸海域水质营养盐含量分布状况与评价[J]. 海洋科学前沿, 2022, 9(3): 168-176. DOI: 10.12677/ams.2022.93018

of nutrient salts in the coastal waters. The results showed that the water quality in the coastal area of Huizhou was in a good condition. The indexes of COD (1.09 mg/L) and DIN (0.151 mg/L) in summer were lower than those in autumn (1.75 mg/L and 0.298 mg/L respectively), the indexes of DO (8.20 mg/L) and DIP (0.009 mg/L) in summer were higher than those of DO (7.98 mg/L) and DIP (0.006 mg/L) in autumn. In terms of horizontal distribution, there is no obvious distribution difference between COD and DIP in summer and DO and DIP in autumn, but DO and DIN in summer and COD and DIN in autumn have high value distribution in local nearshore areas, showing a decreasing trend from nearshore to far shore as a whole. At the same time, the results of eutrophication index and organic pollution index showed that the degree of eutrophication and organic pollution in summer was lower than that in autumn.

## Keywords

Indicators, Nutrient Salts, Evaluation Analysis, Trends

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

惠州的海洋资源非常丰富,沿海地带分布着众多的海岛和岩礁,湾内海岛集聚特征比较明显,海岛与海湾连成一个整体,形成了独特的地理区位特征。惠州所管辖的海域西面与深圳市交界,西南毗邻香港,东边与汕尾市接壤,南通向广阔的南海,坐拥大亚湾大部分海域与大亚湾口外的部分近岸海域、考洲洋以及红海湾西部海域。惠州市的大陆海岸线有 281.4 公里,海岛 162 个。

本文通过对惠州近岸海表层水质进行调查分析,摸清水质分布状况;利用营养评价法和有机污染指数评价法对惠州近岸海域的无机富营养状况进行分析评价,为惠州市的海洋开发、海洋环境保护和海域使用管理提供科学依据。

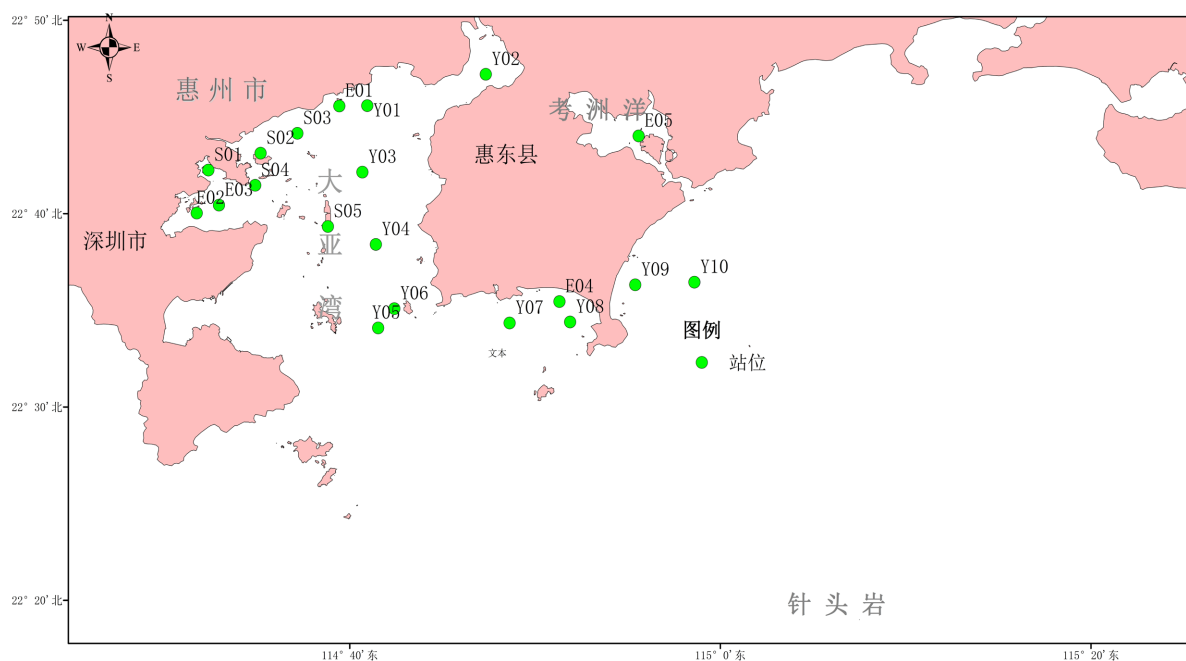
## 2. 材料与方法

### 2.1. 站位布置及样品采集

本研究于 2019 年夏季(6 月)和秋季(9 月)对惠州市近岸海域进行了两个航次的海水水质调查,共设置采样站位 20 个,采样站点分布见图 1。水质样品的采集严格按照《海洋监测规范第 3 部分:样品采集、储存与运输》(GB17378.3-2007) [1]要求,用 2.5L 有机玻璃采水器多次采集表层水于塑料桶中,分装,添加固定剂,并于 4℃ 条件下冷藏保存海水样品。

### 2.2. 样品检测分析

海水检测指标有溶解氧(DO)、无机磷(DIP)、无机氮(DIN)、化学需氧量(COD) 4 种指标。溶解氧(DO)运用多参数水质分析仪(德国 WTW Multi350i)进行现场测定;营养盐类样品用 0.45 μm 无机滤膜过滤后,无机磷(DIP)按照《海洋监测规范》GB17378.4-2007(39.1)磷钼蓝分光光度法测定;无机氮(DIN)包括亚硝酸盐氮、硝酸盐氮和氨氮三个指标,分别按照《海洋监测规范》GB17378.4-2007(37)、GB17378.4-2007(38.2)、GB17378.4-2007(36.2)测定;化学需氧量(COD)按照《海洋监测规范》GB17378.4-2007(32)碱性高锰酸钾法测定。



**Figure 1.** Map of sampling stations

**图 1.** 采样站位示意图

### 2.3. 数据整理

本文根据《惠州市海洋功能区化(2013~2020年)》[2]将各站位按照不同功能区域进行统计分析, 站位分类情况如表 1 所示。监测水质数据用 Excel 表格进行统计分析, 海水水质状况分布图采用 Sufer 和 ArcGIS 进行分析绘制。

**Table 1.** Each station is divided into functional areas

**表 1.** 各站位所在功能区划分

| 功能区 | 一类功能区   | 二类功能区                   | 三类功能区                   |
|-----|---|-------------------------|-------------------------|
| 站位点 | Y01、Y02、Y03、Y04、<br>Y05、Y06、Y07、Y08、<br>Y09、Y10 | E01、E02、E03、<br>E04、E05 | S01、S02、S03、<br>S04、S05 |

### 2.4. 评价方法

#### 2.4.1. 营养化指数法

富营养化的评价方法有潜在性富营养化评价法[3]、富营养化指数法[4]、模糊综合评价[5]和浮游植物群落结构指数法[6]等多种方法, 本文采用应用较为广泛的富营养指数法, 公式如下:

$$E = (C_{\text{COD}} \times C_{\text{DIN}} \times C_{\text{DIP}} \times 10^6) / 4500 \quad (1)$$

式中:  $E$ ——富营养化指数;  $C_{\text{COD}}$ ——化学需要量浓度, 单位为  $\text{mg/L}$ ;  $C_{\text{DIP}}$ ——无机磷浓度, 单位为  $\text{mg/L}$ ;  $C_{\text{DIN}}$ ——无机氮浓度, 即亚硝酸盐氮( $\text{NO}_2\text{-N}$ )、硝酸盐氮( $\text{NO}_3\text{-N}$ )、氨氮( $\text{NO}_4\text{-N}$ )的总和, 单位均为  $\text{mg/L}$ 。富营养化等级评价标准详见表 2。

**Table 2.** Classification criteria for eutrophication of water quality**表 2.** 水质富营养化分级标准

| 水质等级   | 贫营养     | 轻度富营养            | 中度富营养              | 重富营养                | 严重富营养         |
|--------|---------|------------------|--------------------|---------------------|---------------|
| 富营养化指数 | $E < 1$ | $1 \leq E < 2.0$ | $2.0 \leq E < 5.0$ | $5.0 \leq E < 15.0$ | $E \geq 15.0$ |

### 2.4.2. 有机污染指数法

有机污染物评价指数法[7] [8] [9] [10]是针对海水有机污染的综合评价方法,通过 COD、DIP、DIN 及 DO 四种水质因子进行换算得出结果对水质进行有机污染综合评价,公式如下:

$$A = \frac{DIN}{DIN_0} + \frac{COD}{COD_0} + \frac{DIP}{DIP_0} - \frac{DO}{DO_0} \quad (2)$$

式中: A 是有机污染评价指数; DIN、COD、DIP 和 DO 均为实际检测浓度,单位均是 mg/L,  $DIN_0$ 、 $COD_0$ 、 $DIP_0$ 、 $DO_0$  分别为海域水体中对应指标的评价标准浓度(mg/L)。有机污染指数所对应的污染程度级别见表 3。

**Table 3.** Classification of the evaluation of organic pollution levels**表 3.** 有机污染程度评价标准

| A 值    | <0 | 0~1 | 1~2    | 2~3  | 3~4  | >4   |
|--------|----|-----|--------|------|------|------|
| 污染程度分级 | 0  | 1   | 2      | 3    | 4    | 5    |
| 水质评价   | 良好 | 较好  | 开始受到污染 | 轻度污染 | 中度污染 | 严重污染 |

## 3. 结果与讨论

### 3.1. 水质含量分析

调查期间水质营养盐监测据海水水质标准分析[11],详细检测结果见表 4。

**Table 4.** Date of nutrient index content in summer and autumn, 2019**表 4.** 2019 年夏秋两季海水营养盐指标含量表

| 季节        | 夏季   |      |       |       | 秋季   |      |       |       |
|-----------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|
|           | 指标   | DO   | COD   | DIP   | DIN  | DO   | COD   | DIP   |
| 最小值(mg/L) | 5.50 | 0.54 | 0.004 | 0.063 | 7.90 | 0.90 | 0.003 | 0.042 |
| 最大值(mg/L) | 9.80 | 1.81 | 0.016 | 0.258 | 8.43 | 2.96 | 0.011 | 0.634 |
| 平均值(mg/L) | 8.20 | 1.09 | 0.009 | 0.151 | 7.98 | 1.75 | 0.006 | 0.298 |

#### 3.1.1. COD 化学需氧量

COD 是以化学方式测量水质样品中需要被氧化的还原性物质的量,它是一个重要的而且能较快检测有机物污染的指标。惠州海域夏季表层水 COD 含量平均值 1.09 mg/L,水质达标率为 100%;秋季 COD 含量平均值 1.75 mg/L,水质达标率为 85.0%。调查期间除了秋季 Y03、Y04、Y05 为二类水超出标准以

外, 其它站位均符合海洋功能区划要求。COD 含量的改变是影响赤潮发生的重要条件[12] [13], 而赤潮藻消亡后其残骸经过分解会释放出大量的有机物, 如 2020 年 6~7 月大亚湾海域爆发尖笔帽螺[14] [15]后, 造成周边海域海水中 COD 含量上升。

### 3.1.2. DO 溶解氧

海水中 DO 的含量是海水化学分析评价的一项指标, 它主要的来源是大气的溶解以及海洋里藻类以及浮游植物光合作用的释放。惠州海域夏季表层水 DO 含量平均值 8.20 mg/L, 水质达标率为 90.0%; 秋季 COD 含量平均值 7.98 mg/L, 水质达标率为 100%。调查期间除了夏季 Y09、Y10 站位为二类水超出标准以外, 其它站位均符合海洋功能区划要求。

### 3.1.3. DIP 无机磷

海洋中无机磷其主要来源是城市的生活污水、工业废水以及养殖废弃物。惠州海域夏季表层水 DIP 含量平均值 0.009 mg/L, 水质达标率为 100%; 秋季 DIP 含量平均值 0.006 mg/L, 水质达标率为 100%。调查期间所有站位均符合规定。

### 3.1.4. DIN 无机氮

无机氮是海洋浮游动植物生长繁衍必要成分, 同时也是海洋初级生产力与食物链的基础。惠州海域夏季表层水 DIN 含量平均值 0.154 mg/L, 水质达标率为 95.0%; 秋季 DIN 含量平均值 0.298 mg/L, 水质达标率为 75.0%。调查期间夏季 Y07 站位超出规定范围, 秋季 Y04、Y06、Y10、E04、S02 五个站位超出惠州海域功能区水质要求。

## 3.2. 水质营养盐含量水平分布状况

夏季营养盐含量水平分布状况见图 2, COD 含量呈现由东向西递增的趋势, 梯度分布比较明显; DO 含量在大亚湾内湾呈现由近岸向远岸递增的趋势, 在考洲洋内湾呈现由内湾向远岸递减的趋势; DIP 和 DIN 含量在大亚湾澳头港以及双月湾两侧海域较高, 均呈现由近岸向远岸递减的趋势, 可能由于近岸属于文体休闲娱乐区, 人口密集导致 DIP 和 DIN 含量聚集升高。

秋季营养盐含量水平分布状况见图 3, COD 含量在大亚湾内湾呈现由近岸向远岸递增的趋势, 在平海湾呈现由湾内向远岸递减的趋势; DO 含量在惠州市海域整体呈现由近岸向远岸递增的趋势; DIP 在巽寮湾对出海域含量较高, 其余海域均呈近岸向远岸递减趋势; DIN 含量在大亚湾石化区、巽寮湾以及双月湾两侧海域较高, 均呈现由近岸向远岸递减的趋势, 这一结论与姜犁明等[16]结论一致, 近岸向远岸递减, 梯度比较明显。

### 3.3. 富营养化指数分析

富营养化指在一定区域内, 水质随营养物质的增加而引发营养状况发生一系列变化的过程。本文运用富营养化指数评价法对功能区水质进行评价分析(图 4), 结果显示大亚湾海域夏季贫营养程度站位占 90.0%, 轻富贫营养程度占 10.0%; 秋季贫营养程度站位占 80.0%, 轻富贫营养程度占 20.0%。惠州市大亚湾海域夏季海水富营养化程度比秋季低。

### 3.4. 有机污染指状况评价

采用有机污染指数法对两季海水进行评价(图 5), 大亚湾海域夏季有机污染评价为良好的站位占 60.0%, 较好的占 35.0%, 开始受到污染的占 5.0%; 秋季有机污染评价为良好的站位占 50.0%, 较好的占 35.0%, 开始受到污染的占 15.0%。惠州市大亚湾海域夏季海水有机污染程度比秋季低。

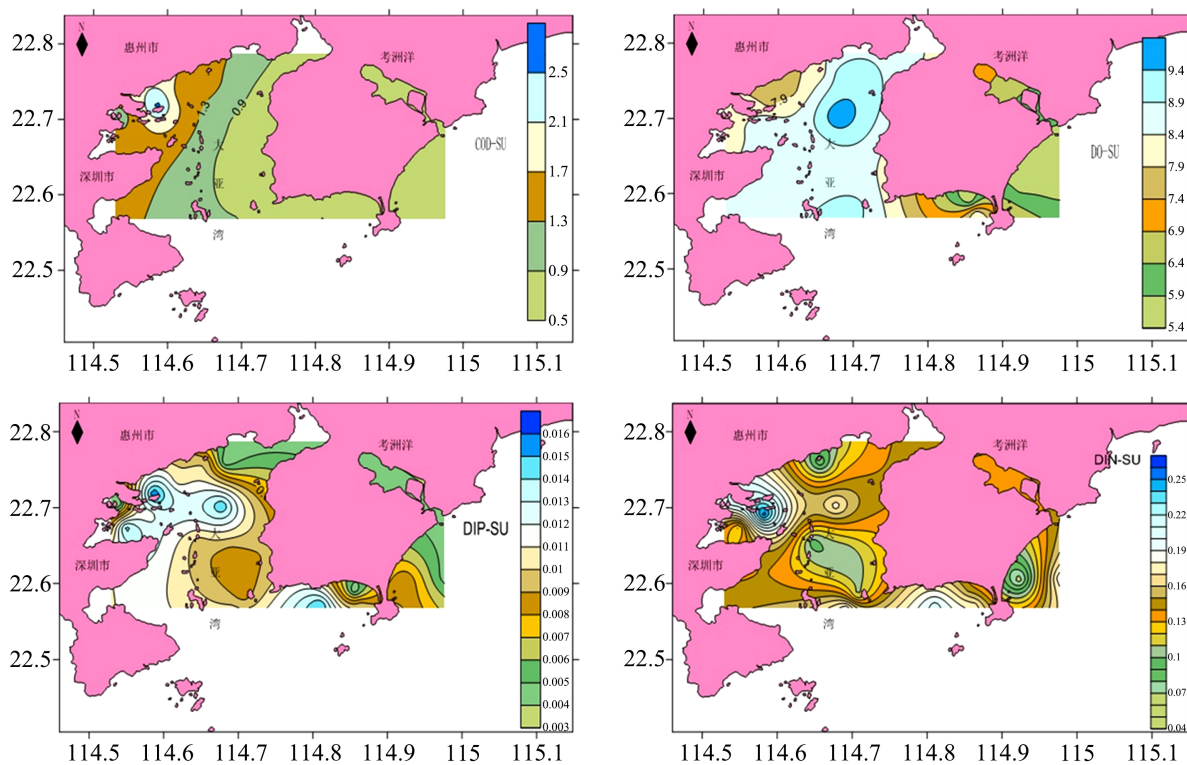


Figure 2. The horizontal distribution of COD, DO, DIP and DIN in summer

图 2. 夏季 COD、DO、DIP、DIN 含量水平分布图

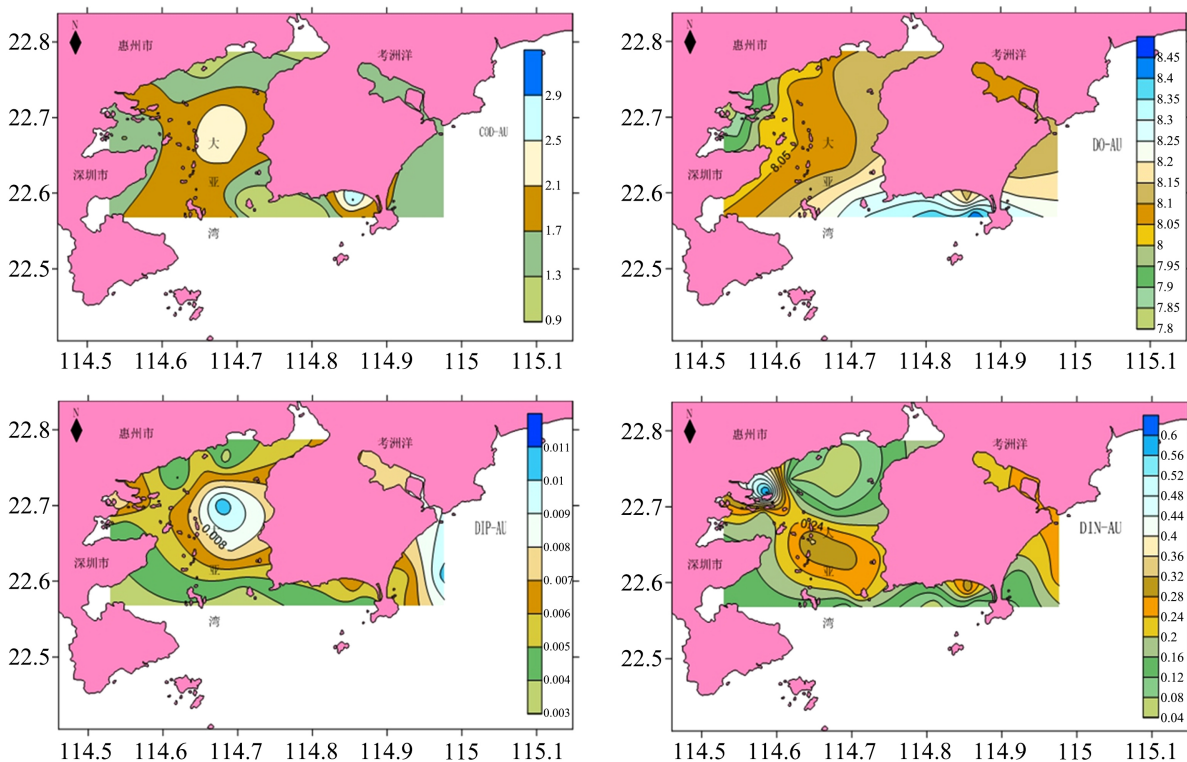


Figure 3. The horizontal distribution of COD, DO, DIP and DIN in autumn

图 3. 秋季 COD、DO、DIP、DIN 含量水平分布图

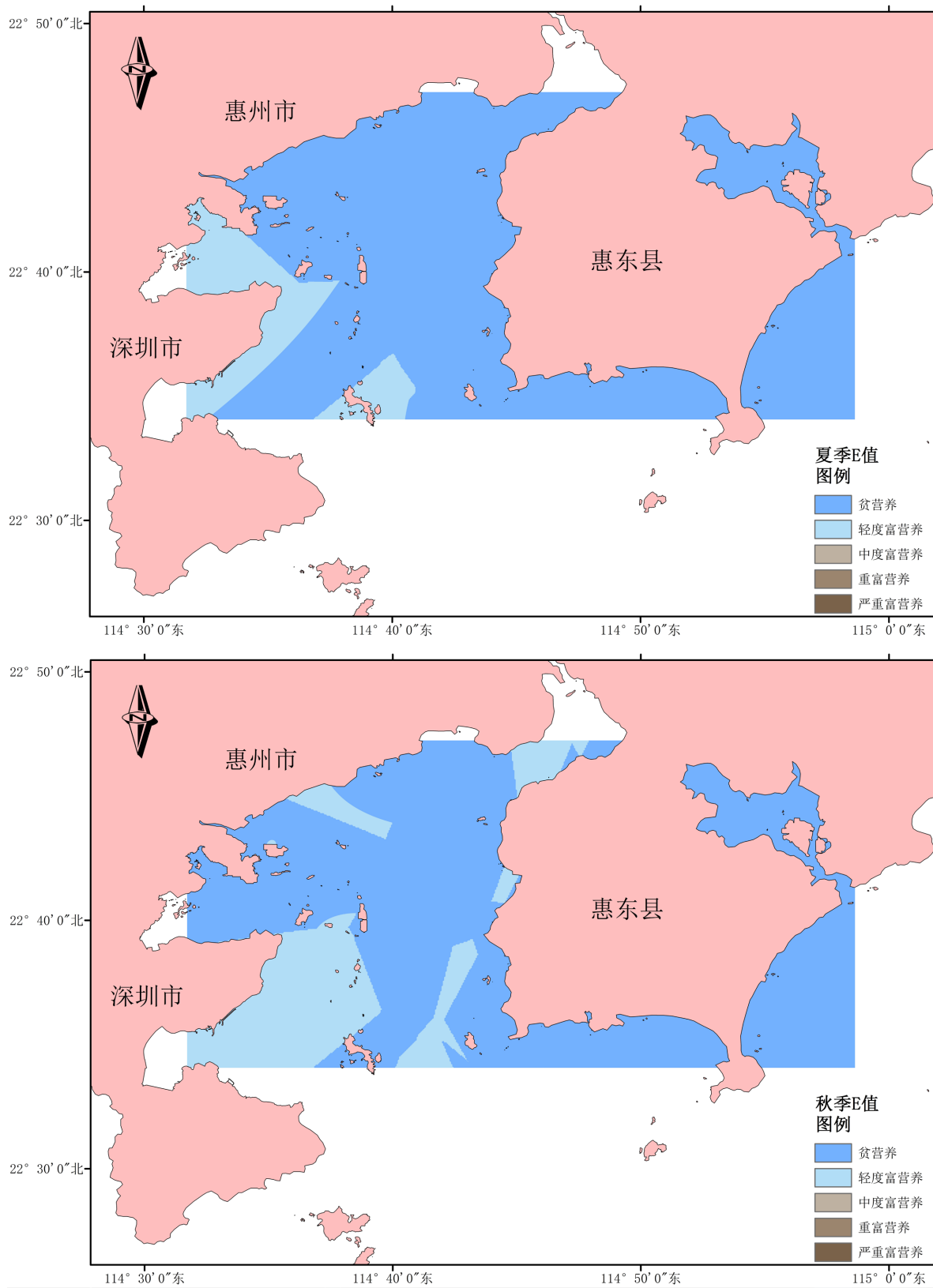


Figure 4. Map of eutrophy index in summer and autumn  
图4. 夏秋季节富营养指数分布情况图

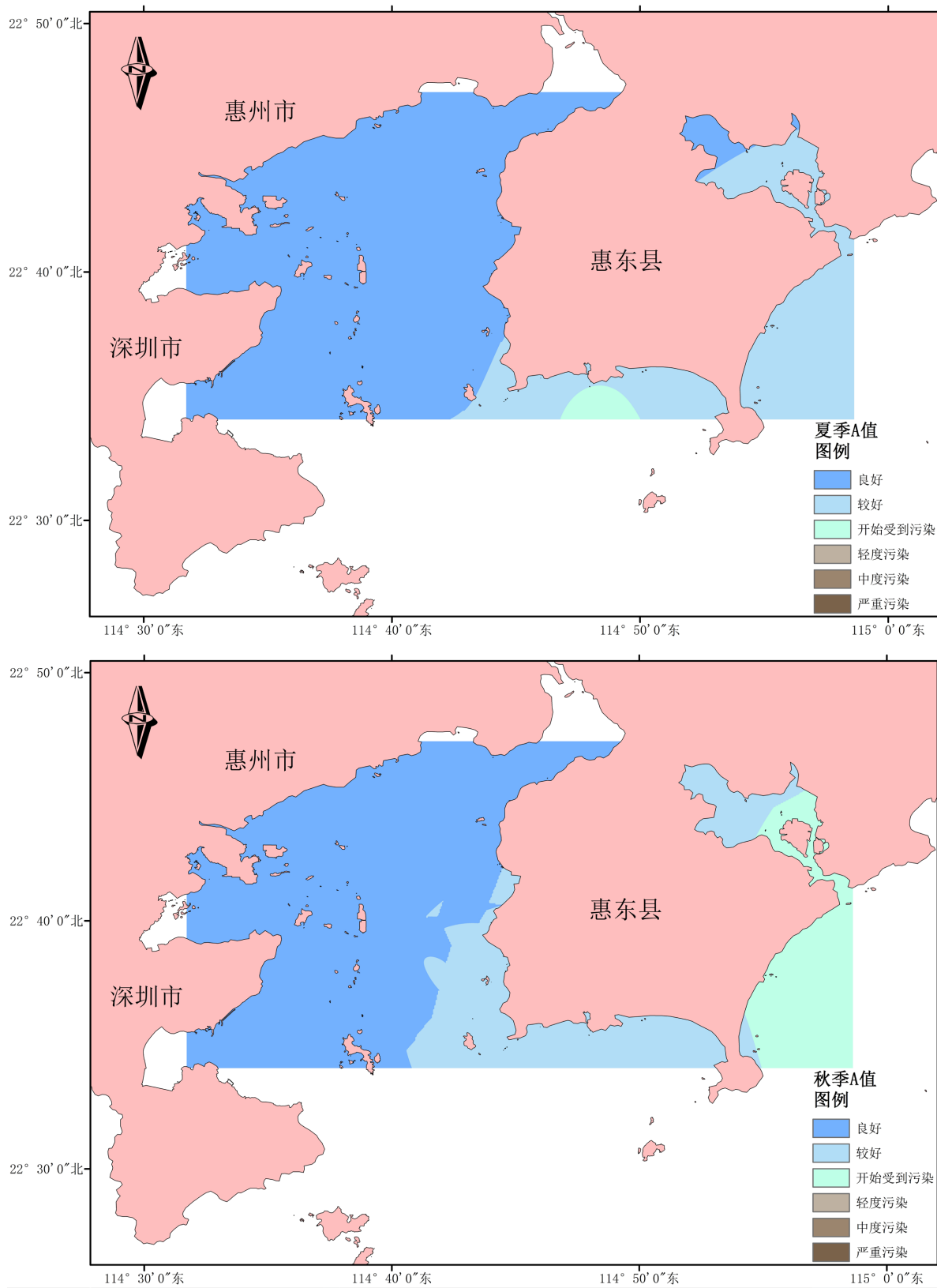


Figure 5. Map of organic pollution index distribution in summer and autumn  
 图 5. 夏秋季节有机污染指数分布情况图



## 4. 结论

2019 年夏秋两季对惠州近岸海区共设置了 20 个站位点进行采样检测, 分析了近岸海域海水的富营养化程度和有机污染程度。

1) 各指标含量分析: 夏季 COD 和 DIN 平均含量小于秋季; DO 和 DIP 平均含量相反, 夏季大于秋季。

2) 水平分布状况: 夏季的 COD、DIP 和秋季的 DO、DIP 无明显分布差异, 而夏季的 DO、DIN 和秋季的 COD、DIN 在局部近岸地区出现高值分布, 整体上呈现近岸向远岸递减趋势。

3) 评价结果: 惠州市大亚湾海域 2019 年夏季海水富营养化程度以及有机污染指数程度均比秋季低。

## 参考文献

- [1] 国家海洋局. GB17378-2007 海洋监测规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [2] 广东省人民政府关于惠州市海洋功能区划(2013-2020 年) [Z].
- [3] 张汉霞, 李希国, 卢伟华. 水环境质量评价指数法在东莞近岸水域水质评价中的应用[J]. 广东水利水电, 2010(5): 33-34.
- [4] 郭卫东, 张小明, 杨逸萍, 等. 中国近岸海域潜在性富营养化程度的评价[J]. 台湾海峡, 1998, 17(1): 64-70.
- [5] 熊德琪, 陈守煜. 海水富营养化模糊评价模式[J]. 海洋环境科学, 1993, 12(3-4): 104-110.
- [6] 李清雪, 陶建华. 应用浮游植物群落结构指数评价海域富营养化[J]. 中国环境科学, 1999, 19(6): 548-551.
- [7] 梁婷婷, 王军星, 余清华, 等. 考洲洋海域水质季节变化及评价方法初步研究[J]. 海洋开发与管理, 2021, 38(7): 96-102.
- [8] 张永山, 吴玉霖, 周景忠, 等. 胶州湾浮动湾角藻赤潮生消过程[J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(1): 56-61.
- [9] 李萍, 莫海连, 郭钊. 广西近岸海域水质状况调查与评价[J]. 科技通报, 2018, 34(7): 274-279.
- [10] 贾晓平, 林钦, 甘居利, 等. 红海湾水产养殖示范区水质综合评价[J]. 湛江海洋大学学报, 2002, 22(4): 37-43.
- [11] 中华人民共和国国家海洋局. GB 3097-1997. 海水水质标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.
- [12] 王修林, 孙培艳, 高振会, 等. 中国有害赤潮预测方法研究现状和进展[J]. 海洋科学进展, 2003(1): 93-98.
- [13] 张传松, 王修林, 石晓勇, 等. 东海赤潮高发区 COD 和石油烃分布特征及其与赤潮发生关系的初步研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(7): 1093-1096.
- [14] 钟锦明, 陈冰玲, 刘锦荣, 等. 2020 年大亚湾海域尖笔帽螺获得特征及其影响因素[J]. 海洋科学前沿, 2021, 8(1): 28-34.
- [15] 齐占会, 史荣君, 戴明, 等. 尖笔帽螺研究进展及其在大亚湾爆发机制初探[J]. 热带海洋学报, 2021, 40(5): 147-152.
- [16] 姜犁明, 董良飞, 杨季芳, 等. 大亚湾海域 N、P 营养盐分布特征研究[J]. 常州大学学报, 2013, 25(2): 12-15.