

## 南海北部海域渔业生态环境健康状况诊断与质量评价

贾晓平, 李纯厚, 甘居利, 林 钦, 蔡文贵, 王增焕

(农业部渔业生态环境重点开放实验室, 广东省渔业生态环境重点实验室, 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东广州 510300)

**摘要:**利用1997~2002年的调查数据和资料,从海水水质、海水营养结构与营养水平、初级生产力水平、现存生物量水平等4个方面诊断与评价了南海北部海域渔业生态环境现状。渔业生态环境健康诊断方法:海水水质为单因子污染指数法和有机污染指数法(A值);营养结构为氮、磷、硅的含量水平以及三者比值判别法,营养水平为营养指数法(E值);初级生产力和饵料生物为水平分級法。渔业生态环境质量评价方法为综合指数法。结果表明,海域pH值的均值范围为8.07~8.15,溶解氧的范围为5.67~6.03 mg·L<sup>-1</sup>,无机氮的范围为3.04~4.15 μmol·dm<sup>-3</sup>,硝酸盐的范围为0.18~0.34 μmol·dm<sup>-3</sup>,均符合中国渔业水质标准(GB11607-89)或二类海水水质标准(GB3097-1997);有机污染指数(A值)范围为-0.411~0.237,营养水平指数(E值)范围为0.10~0.34,表明海水未受有机污染,海域处于贫营养状态。海域S:N:P的比值为14.8:13.2:1.11,海水营养结构总体上表现为硅和氮的比例偏低;初级生产力水平范围为5~1级,年平均值为3级,属“较高”水平级。浮游植物、浮游动物和底栖生物的现存生物量分别为3级、5级和4级,总体上属于中等水平。本次渔业生态环境质量综合评价的9项单因子指数值均低于1.0,而综合指数为0.58,表明南海北部海域渔业生态环境总体处于良好水平。然而,珠江口、粤东和粤西近海有局部海域无机氮和硝酸盐浓度超标,存在有机污染和富营养化的趋势。

**关键词:**渔业生态环境;健康诊断;质量评价;南海北部

**中图分类号:**X55 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2005)06-0757-09

海洋渔业生态环境是渔业生物资源赖以生存、生长和繁衍的基础,海洋渔业生态环境的优劣或变动会对渔业生物资源产生一系列短期或长期、直接或间接的影响。因此,保护和维系良好的海洋渔业生态环境,是海洋渔业资源可持续利用的基础。20世纪50年代以来,中国在南海北部海域进行过一系列海洋渔业生态环境调查和环境质量评价<sup>[1-9]</sup>。但是,这些调查和评价或仅限于南海北部的局部海域,或调查年代已较久远,或调查评价的项目有限,因此,难以对目前南海北部渔业生态环境健康与质量现状进行全面、系统、准确的评价。为了进一步了解和掌握南海北部渔业生态环境健康与质量状况,有效保护南海渔业生态环境,合理利用和科学管理海洋生物资源,于1997~2002年全面系统地调查了南海北部海域渔业生态环境状况。根据调查资料,从海水水质、海水营养结构与营养水平、初级生产力水平、现存生物量水平等4个方面综合诊断与评价

了南海北部海域渔业生态环境现状。

### 1 材料与方法

#### 1.1 调查与评价海域

采用的数据和资料取自国家专项HY126-02-03课题和广东省重大科技兴海项目(A200099E01)于1997~2002年分春季(2~4月)、夏季(5~7月)、秋季(8~10月)和冬季(11月至翌年1月)4个航次进行的南海北部海域渔业生态环境状况的有关调查数据和资料。本次调查与评价的南海北部海域包括台湾浅滩、粤东、珠江口、粤西、琼南和北部湾海域,调查站位的布设及评价海域的划分分别见图1和图2。

#### 1.2 样品的采集与分析方法

调查过程中所有样品的采集及分析方法均按《海洋监测规范》<sup>[10]</sup>所规定的方法进行。

收稿日期:2004-03-24; 修订日期:2005-03-30.

基金项目:国家海洋监测专项(HY126-02-03);广东省重大科技兴海项目(A200099E01).

作者简介:贾晓平(1949-),男,研究员,从事海洋渔业生态环境研究。E-mail:jiaxiaoping53@163.com

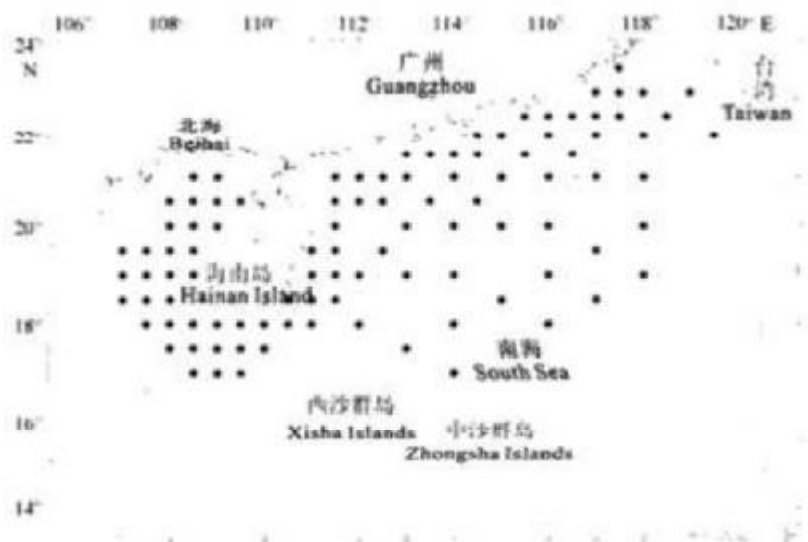


图1 南海北部海域渔业生态环境调查站位

Fig.1 Sampling stations for the fishery ecoenvironment in northern South China Sea

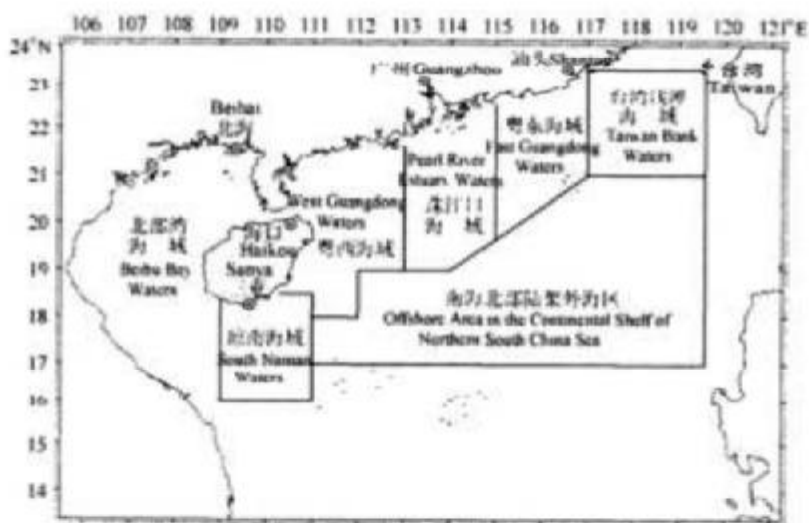


图2 调查与评价海域示意图

Fig.2 The survey and assessment waters

### 1.3 生态环境健康诊断方法

海水水质:水质因子采用单因子污染指数法诊断<sup>[11]</sup>,其诊断标准采用渔业水质标准(GB11607-89)和海水水质标准(GB 3097-1997)中二类海水水质标准。海水水质有机污染采用有机污染指数(A值)诊断<sup>[11]</sup>,分级标准见表1。

营养结构与营养水平:营养结构采用氮、磷、硅的含量水平以及三者间的比值进行诊断。一般而

言,海水中 DIN 和  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  的浓度在  $6\ \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  和  $0.5\ \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  才能满足浮游植物正常生长的需求,而 Si:N:P 比值的正常范围大体为 32:16:1。营养水平采用营养指数 E 值诊断<sup>[11]</sup>,分级标准见表1。

初级生产力:按水平分级进行诊断<sup>[11]</sup>,分级标准见表2。

现存生物量水平:按水平分级进行诊断<sup>[11]</sup>,分级标准见表2。

#### 1.4 生态环境质量综合评价方法

海域渔业生态环境质量综合评价方法详见有关文献<sup>[11]</sup>。一般情况下,当海域渔业生态环境无特定污染源或个别污染物造成突发性严重污染时,采用加和平均型综合指数法评价能很好地反映环境综合质量,评价公式如下:

$$PI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (1)$$

式中,PI 为环境综合质量指数, $P_i$  为各评价因子分指数,即海水水质指数、营养水平指数、初级生产力水平指数和饵料生物水平指数。

海洋渔场环境综合质量状况等级划分列于表 3。根据渔场环境质量综合评价公式计算所得的指数范围,同时综合考虑各方面因素,对待评渔场生态环境质量做出综合评价结论。

表 1 海水有机污染与海水营养水平分级<sup>[11]</sup>

Tab.1 Grade for organic pollution and nutrient level of sea water<sup>[11]</sup>

| 项目 Item                           | 等级 Grade          |             |                         |                          |                          |                           |
|-----------------------------------|-------------------|-------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
|                                   | 1 级 Grade 1       | 2 级 Grade 2 | 3 级 Grade 3             | 4 级 Grade 4              | 5 级 Grade 5              | 6 级 Grade 6               |
| 有机污染指数<br>Organic pollution index | <0                | 0-1         | 1-2                     | 2-3                      | 3-4                      | >4                        |
| 污染状况<br>Pollution status          | 优良<br>Excellent   | 清洁<br>Clean | 较清洁<br>Relatively clean | 轻度污染<br>Slight pollution | 中度污染<br>Medium pollution | 严重污染<br>Serious pollution |
| 营养水平指数<br>Nutrient level index    | 0-0.25            | 0.25-0.5    | 0.5-0.75                | 0.75-1.0                 | >1.0                     | >2.0                      |
| 营养水平<br>Nutrient level            | 低贫营养<br>Very poor | 贫营养<br>Poor | 中营养<br>Medium           | 中高营养<br>Relatively high  | 富营养<br>Eutrophic         | 高富营养<br>High Eutrophic    |

表 2 初级生产力和现存生物量水平分级<sup>[11]</sup>

Tab.2 Grade for level of primary productivity and food organism<sup>[11]</sup>

| 项目<br>Items                                                                                     | 等级 Grade        |             |                       |              |             |                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------|-----------------------|--------------|-------------|----------------|
|                                                                                                 | 1 级 Grade 1     | 2 级 Grade 2 | 3 级 Grade 3           | 4 级 Grade 4  | 5 级 Grade 5 | 6 级 Grade 6    |
| 水平状况<br>Level status                                                                            | 很高<br>Very high | 高<br>High   | 较高<br>Relatively high | 中等<br>Medium | 低<br>Low    | 很低<br>Very low |
| 水平指数范围<br>Index range                                                                           | <0.2            | 0.2-0.4     | 0.4-0.6               | 0.6-0.8      | 0.8-1.0     | >1.0           |
| 初级生产力 / $(\text{mg}(\text{C}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1})$<br>Primary productivity | >600            | 600-500     | 500-400               | 400-300      | 300-200     | <200           |
| 浮游植物 / $(\times 10^4 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3})$<br>Phytoplankton                         | >200            | 200-100     | 100-75                | 75-50        | 50-20       | <20            |
| 浮游动物 / $(\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$<br>Zooplankton                                         | >100            | 100-75      | 75-50                 | 50-30        | 30-10       | <10            |
| 底栖生物 / $(\text{g} \cdot \text{m}^{-2})$<br>Benthos                                              | >100            | 100-50      | 50-25                 | 25-10        | 10-5        | <5             |

表 3 海洋渔场生态环境质量分级<sup>[11]</sup>

Tab.3 Grade for ecological environment quality of marine fishing ground<sup>[11]</sup>

| 项目<br>Items         | 等级 Grade        |             |                       |              |             |                 |
|---------------------|-----------------|-------------|-----------------------|--------------|-------------|-----------------|
|                     | 1 级 Grade 1     | 2 级 Grade 2 | 3 级 Grade 3           | 4 级 Grade 4  | 5 级 Grade 5 | 6 级 Grade 6     |
| 指数范围 Index range    | 0.2             | 0.2-0.4     | 0.4-0.6               | 0.6-0.8      | 0.8-1.0     | >1.0            |
| 质量状况 Quality status | 优质<br>Excellent | 优良<br>Fine  | 良好<br>Relatively fine | 一般<br>Normal | 较差<br>Poor  | 很差<br>Very poor |

## 2 渔业生态环境健康状况诊断

### 2.1 海水水质

本次南海北部海域海水水质诊断选择 pH 值、溶解氧、无机氮、磷酸盐和有机污染指数(A 值)等 5 项诊断因子,诊断数据列于表 4。

南海北部海域 pH 年均值范围为 8.07~8.15,总平均值为 8.13,符合中国一类海水水质标准。溶解氧年均值范围为 5.67~6.03  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,总平均值为 5.85  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,高于中国渔业水质标准或二类海水水质标准值(5.0  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )。

表 4 南海北部海域海水水质状况[1997~2002]

Tab.4 Status of the seawater quality of the northern South China Sea (1997~2002)

| 海域 Waters                       | pH   | DO/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) | DIN/( $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) | $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}/(\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3})$ | A      |
|---------------------------------|------|--------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------|
| 全海域<br>Northern South China Sea | 8.13 | 5.85                                 | 3.63                                       | 0.28                                                           | 0.154  |
| 台湾浅滩 Taiwan bank                | 8.13 | 5.99                                 | 3.79                                       | 0.28                                                           | -0.059 |
| 粤东 East Guangdong waters        | 8.15 | 5.67                                 | 4.15                                       | 0.34                                                           | 0.023  |
| 珠江口 Pearl River estuary         | 8.15 | 5.79                                 | 3.71                                       | 0.33                                                           | 0.167  |
| 粤西 West Guangdong waters        | 8.07 | 5.84                                 | 3.91                                       | 0.33                                                           | 0.237  |
| 琼南 Southern waters of Hainan    | 8.15 | 5.80                                 | 3.18                                       | 0.24                                                           | -0.216 |
| 北部湾 Beibu Bay                   | 8.14 | 6.03                                 | 3.04                                       | 0.18                                                           | 0.411  |

南海北部海域无机氮年均值范围为 3.04~4.15  $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ,总平均值为 3.63  $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ,符合一类海水水质标准。春季南海北部无机氮浓度为 2.02  $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ,除珠江口海域外,其他各海域无机氮浓度均低于 2.0  $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 。夏季南海北部海域无机氮浓度为 4.96  $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ,其中粤西西部近海、粤西外海和北部湾局部海域无机氮浓度相对较高。秋季与春季相似(2.14  $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ),除台湾浅滩局部海域外,绝大部分海域无机氮浓度低于 3.0  $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 水平。冬季无机氮浓度处于一年中最高水平(6.50  $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ),其中粤东近海、粤东外海和粤西外海等局部海域无机氮浓度大于 10.0  $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ,但均未超过一类海水水质标准。

南海北部海域磷酸盐浓度范围为 0.18~0.34  $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ,总平均值为 0.28  $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ,符合一类海水水质标准。其中,春季南海北部大部分海域 0.20  $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 水平,但粤东东部近海和珠江口外海有小范围海域磷酸盐浓度超过一类海水水质标准值。夏季南海北部海域磷酸盐浓度为 0.48  $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ,珠江口和粤东局部海域超标。秋季和冬季南海北部海域磷酸盐浓度均回落(分别为 0.19  $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 和 0.21  $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ),其中,秋季珠江口近海、琼南外海和冬季粤西海域中部局部海域磷酸盐浓度超标。

南海北部海域有机污染指数(A 值)范围为 -0.411~0.237,平均值为 0.154,表明海水基本未受有机污染,属较好状态。

总体而言,南海海域的 pH 值和溶解氧均值符合一类海水水质标准和渔业水质标准;无机氮和磷酸盐总体上符合一类海水水质标准;有机污染指数很低,属优良水平级。因此,南海海域海水水质总体上为良好。

### 2.2 海水营养结构与营养水平

南海北部海水的营养结构与营养水平参数列于表 5。南海北部海域年均 Si:N:P 比值为 14.8:13.2:1.11,总体上表现为硅和氮的比例偏低。

南海北部海域的 Si/P 比值以春季最低,而冬季最高。春季南海北部各海区 Si/P 比均低于 5,硅比例偏低。夏季 Si/P 比值上升至 15.5,其中粤西、琼南和北部湾海域达到 20 以上。秋季 Si/P 比继续上升至 28.8, Si/P 比值趋于合理。冬季因磷浓度大幅下降而引起 Si/P 比值大幅上升,除粤西和北部湾海域外,其余海域的 Si/P 比值均高于 50,磷明显不足。

南海北部海域的 N/P 比值结构变化特点与 Si/P 比值的变化特点相似, N/P 比值呈春季小于夏季小于秋季小于冬季。春季除粤西海域 N/P 比值大于 8 外,其余海域 N/P 比值均小于 8。营养结构表现

为氮偏低。夏季和秋季南海北部海域 N/P 比值分别上升至 11.7 和 17.8, 营养比例结构趋于合理。冬季由于磷浓度大幅度下降, 导致 N/P 比上升至

78.8, 除粤西和北部湾局部海域 N/P 比小于 25 外, 其余海域的 N/P 比范围为 65~130, 营养结构表现为明显的磷偏低状态。

表 5 南海北部海水营养结构与营养水平(1997~2002)

Tab.5 Nutrient structure and level for the seawater of the northern South China Sea (1997~2002)

| 海域 Waters                    | 营养结构 Nutrient structure |      |      | 营养水平 Nutrient level |                   |
|------------------------------|-------------------------|------|------|---------------------|-------------------|
|                              | Si/P                    | N/P  | Si/N | E 值                 | 营养级               |
| 全海域 Northern South China Sea | 14.8                    | 13.2 | 1.11 | 0.18                | 贫营养 Poor nutrient |
| 台湾浅滩 Taiwan bank             | 12.8                    | 13.6 | 0.94 | 0.10                | 贫营养 Poor nutrient |
| 粤东 East Guangdong waters     | 12.9                    | 12.2 | 1.06 | 0.13                | 贫营养 Poor nutrient |
| 珠江口 Pearl River estuary      | 14.4                    | 11.4 | 1.26 | 0.21                | 贫营养 Poor nutrient |
| 粤西 West Guangdong waters     | 12.0                    | 12.0 | 1.00 | 0.34                | 贫营养 Poor nutrient |
| 琼南 South Hainan waters       | 14.9                    | 13.5 | 1.10 | 0.13                | 贫营养 Poor nutrient |
| 北部湾 Beibu Bay waters         | 21.9                    | 16.8 | 1.30 | 0.13                | 贫营养 Poor nutrient |

南海北部海域夏季和秋季的 Si/N 比值分别为 1.40 和 1.86, 其 Si/N 比值结构趋于合理, 而春季和冬季 Si/N 比值分别为 0.35 和 0.66, 硅明显偏低。

南海北部各海域的营养状态指数 E 值范围为 0.10~0.34, 平均值为 0.18, 表明南海北部海域海水的营养水平处于贫营养状态。其中, 各海域春季和秋季的 E 值均为 1 级水平, 而夏季珠江口外海和秋季粤西外海的局部海域达到了 3 级。

### 2.3 初级生产力水平

南海北部海域初级生产力水平列于表 6。南海北部海域春季初级生产力为  $274.0 \text{ mg(C)} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ , 总体水平为 5 级, 为一年中最低水平, 属“低”水平级。其中, 台湾浅滩东部、粤东近岸、粤西东部近岸和北部湾中西部海域的初级生产力水平相对较高,

达到 3~2 级, 属于“高~较高”水平级。水深大于 60 m 的大部分海域, 其初级生产力水平处于 6~5 级。夏季初级生产力为  $569.7 \text{ mg(C)} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ , 总体水平为 2 级, 达一年中最高水平, 属“高”水平级, 并呈近海高于外海的分布特征。秋季初级生产力水平下降 [ $368.2 \text{ mg(C)} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ], 总体水平为 4 级, 属“中等”水平级, 呈近海高外海低、东部高西部低的分布特征, 尤其以台湾浅滩一带海域初级生产力水平最高。冬季初级生产力水平高于秋季 [ $426.9 \text{ mg(C)} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ], 总体水平为 3 级, 属“较高”水平级, 尤其以粤西西部、粤东中部和北部湾中北部为最高。总体而言, 南海北部海域初级生产力水平范围为 5~1 级, 年平均值为 3 级, 属“较高”水平级。

表 6 南海北部初级生产力与水平等级(1997~2002)

Tab.6 Level and grade of primary productivity in the northern South China Sea (1997~2002)

| 海域 Waters                    | mg(C)·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> |           |           |           |            |
|------------------------------|----------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|
|                              | 春季 Spring                              | 夏季 Summer | 秋季 Autumn | 冬季 Winter | 平均 Average |
| 全海域 Northern South China Sea | 274.0(5)                               | 569.7(2)  | 368.2(4)  | 426.4(3)  | 409.7(3)   |
| 台湾浅滩 Taiwan bank             | 358.3(4)                               | 626.26(1) | 586.7(2)  | 369.0(4)  | 485.0(3)   |
| 粤东 East Guangdong waters     | 270.2(5)                               | 640.6(1)  | 435.7(3)  | 370.9(4)  | 429.3(3)   |
| 珠江口 Pearl River estuary      | 241.5(5)                               | 529.0(2)  | 380.8(4)  | 295.9(5)  | 361.8(4)   |
| 粤西 West Guangdong waters     | 212.7(5)                               | 518.2(2)  | 268.6(5)  | 627.9(1)  | 406.9(3)   |
| 琼南 Southern waters of Hainan | 284.1(5)                               | 643.2(1)  | 326.4(4)  | 450.0(3)  | 425.9(3)   |
| 北部湾 Beibu Bay                | 299.5(5)                               | 438.4(3)  | 223.6(5)  | 408.3(3)  | 342.4(4)   |

注: 括号内数字为初级生产力水平等级。

Note: The data in brackets mean grade of primary productivity.

## 2.4 生物现存量水平

### 2.4.1 浮游植物 南海北部海域浮游植物现存生物量水平的评价结果列于表7。

南海北部海域春季浮游植物生物量处于一年中最低水平,为  $26.75 \times 10^4 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ ,属5级水平,即“低”水平级。其中,除台湾浅滩东、西侧海域、粤西西部近海海域和北部湾西北部海域等局部海域浮游植物生物量水平达到3~2级,属“高~较高”水平级外,其他大部分海域均处于5~6级水平。夏季浮游植物生物量达到  $123.30 \times 10^4 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ ,为一年中最高水平,处于2级即“高”水平级,但其2级水平区域主要分布在60 m以浅的近海水域,其余大部分海域处于5级水平。

秋季浮游植物生物量下降( $68.69 \times 10^4 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ ),

为4级即“中等”水平级。但北部湾北部和海南岛西北侧海域浮游植物生物量水平达到2级,处于“高”水平级,其余大部海域处于5级水平。冬季浮游植物生物量水平仅次于夏季( $116.02 \times 10^4 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ ),总体也达到2级水平,其2级水平区域分布也与夏季相似,主要分布在60 m以浅的近海水域,其余大部分海域处于5级水平。综上所述,南海北部海域浮游植物生物量水平范围为6~1级,年平均为3级,属“较高”水平范围。其中以台湾浅滩和北部湾生物量水平最高,年平均达2级水平;其次是粤西和珠江口,为3级水平;琼南海域生物量水平最低,年平均为6级。

### 2.4.2 浮游动物 南海北部海域浮游动物生物量水平的评价结果列于表8。

表7 南海北部海域浮游植物生物量与水平等级(1997~2002)

Tab.7 Level and grade of phytoplankton mass in the northern South China Sea (1997 - 2002)

| 海域 Waters                    | 春季 Spring | 夏季 Summer | 秋季 Autumn | 冬季 Winter | 平均 Average |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
|                              |           |           |           |           |            |
| 全海域 Northern South China Sea | 26.75(5)  | 123.30(2) | 68.69(4)  | 116.02(2) | 83.69(3)   |
| 台湾浅滩 Taiwan bank             | 19.70(6)  | 427.23(1) | 32.50(5)  | 11.67(6)  | 130.27(2)  |
| 粤东 East Guangdong waters     | 3.07(6)   | 125.70(2) | 9.66(6)   | 66.79(4)  | 51.30(4)   |
| 珠江口 Pearl River estuary      | 1.61(6)   | 204.35(1) | 36.86(5)  | 81.27(3)  | 81.02(3)   |
| 粤西 West Guangdong waters     | 57.65(4)  | 8.27(6)   | 73.36(4)  | 173.69(2) | 78.24(3)   |
| 琼南 Southern waters of Hainan | 44.23(5)  | 57.90(4)  | 198.09(2) | 229.00(1) | 132.30(2)  |
| 北部湾 Beibu Bay                | 4.04(6)   | 4.46(6)   | 2.27(6)   | 2.30(6)   | 3.27(6)    |

注:括号内数字为浮游植物生物量水平等级。

Note: The data in brackets mean grade of phytoplankton.

表8 南海北部海域浮游动物生物量与水平等级(1997~2002)

Tab.8 Level and grade of food organism mass of zooplankton in northern South China Sea (1997 - 2002)

| 海域 Waters                    | 春季 Spring | 夏季 Summer | 秋季 Autumn | 冬季 Winter | 平均 Average |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
|                              |           |           |           |           |            |
| 全海域 Northern South China Sea | 16.89(5)  | 22.02(5)  | 17.06(5)  | 35.19(4)  | 22.05(5)   |
| 台湾浅滩 Taiwan bank             | 16.33(5)  | 65.96(3)  | 25.87(5)  | 33.84(4)  | 34.18(4)   |
| 粤东 East Guangdong waters     | 8.16(6)   | 24.71(5)  | 18.64(5)  | 38.81(4)  | 21.91(5)   |
| 珠江口 Pearl River estuary      | 15.23(5)  | 13.45(5)  | 12.76(5)  | 42.25(4)  | 18.81(5)   |
| 粤西 West Guangdong waters     | 19.56(5)  | 19.19(5)  | 16.73(5)  | 36.40(4)  | 21.99(5)   |
| 琼南 Southern waters of Hainan | 22.61(5)  | 16.87(5)  | 22.21(5)  | 27.70(5)  | 22.46(5)   |
| 北部湾 Beibu Bay                | 19.06(5)  | 9.42(6)   | 8.22(6)   | 37.18(4)  | 15.89(5)   |

注:括号内数字为浮游动物生物量水平等级。

Note: The data in brackets mean grade of zooplankton.

南海北部海域春季浮游动物生物量为  $16.89 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ , 总体为 5 级水平即“低”水平级。其中, 除台湾浅滩、北部湾北部、粤西近海和粤西外海等局部海域浮游生物量水平达到 3~2 级外, 其余大部分海域饵料水平为 6~5 级水平。夏季浮游动物生物量水平与春季相似 ( $22.02 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ), 总体也处于 5 级水平, 其饵料水平 3~2 级的区域主要分布在台湾浅滩和 60 m 水深以浅的近海海域。秋季浮游动物生物量水平与春、夏季持平 ( $17.06 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ), 为 5 级水平。其生物量水平 4 级以上区域主要分布在 60 m 以浅海域, 其余大部分海域为 6~5 级水平。冬季浮游动物生物量水平略高 ( $35.19 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ), 总体为 4 级水平, 其中以珠江口近海、粤西西部近海和台湾浅滩局部海域生物量水平相对较高, 达到 3 级以上, 其余大部分海域为 5~4 级水平。总体而言, 南海北部海域浮游动物生物量水平在 6~3 级, 平均值处于 5 级水平, 并呈近海高外海低的特点。在各海域中, 以台湾浅滩的生物量水平较高。

#### 2.4.3 底栖生物 南海北部海域底栖生物生物量

水平的评价结果列于表 9。南海北部海域春季底栖生物生物量为  $14.4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 处于 4 级即“中等”水平级。其中, 台湾浅滩东部、海南岛东南侧海域生物量水平最高, 达到 2 级, 为“高”水平级。其次为北部湾东北部和珠江口外海及其邻近海域, 生物量水平为 4~3 级。夏季底栖生物生物量水平与春季相当 ( $13.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ), 为 4 级水平。其中, 台湾浅滩、北部湾口外、粤西近海和粤西外海等局部海域的生物量水平相对较高。秋季底栖生物生物量水平降至 5 级 ( $9.4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ), 为“低”水平级。其生物量生物水平 2 级的区域出现在北部湾东北部小范围海域内, 此外, 粤东中部海域、粤西西部和琼南外海等局部海域生物量水平相对较高。冬季底栖生物生物量水平仍处于 5 级水平 ( $8.4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ), 其饵料水平 4 级以上区域主要分布在水深 60 m 以内的近海海域。综上所述, 南海北部海域底栖生物生物量水平范围为 6~1 级水平, 平均为 4 级水平, 属“中等”水平级。其中, 台湾浅滩和粤西海域生物量水平相对较高, 年平均为 4 级水平, 其余为 5 级水平。

表 9 南海北部海域底栖生物生物量水平与评价等级(1997~2002)

Tab.9 Level and grade of food organism of benthos in northern South China Sea (1997-2002)  $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$

| 海域 Waters                    | 春季 Spring | 夏季 Summer | 秋季 Autumn | 冬季 Winter | 平均 Average |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 全海域 Northern South China Sea | 14.4(4)   | 13.1(4)   | 9.4(5)    | 8.4(5)    | 11.3(4)    |
| 台湾浅滩 Taiwan bank             | 33.4(3)   | 20.0(4)   | 9.9(5)    | 10.6(4)   | 18.5(4)    |
| 粤东 East Guangdong waters     | 4.6(6)    | 11.6(4)   | 11.9(4)   | 8.3(5)    | 9.1(5)     |
| 珠江口 Pearl River estuary      | 9.9(5)    | 8.5(5)    | 6.9(5)    | 3.9(6)    | 7.3(5)     |
| 粤西 West Guangdong waters     | 15.6(4)   | 15.6(4)   | 7.3(5)    | 10.9(4)   | 12.3(4)    |
| 北部湾 Beibu Bay waters         | 8.7(5)    | 9.6(5)    | 10.8(4)   | 8.4(5)    | 9.4(5)     |

注: 括号内数字为底栖生物生物量水平等级。

Note: The data in brackets mean grade of benthos.

### 3 渔业生态环境质量综合评价

南海北部渔业生态环境质量单因子指数和综合指数列于表 10。

南海北部海域酸碱度处于较稳定状态, 溶解氧、无机氮、磷酸盐和有机污染指数 A 的质量指数分别为 0.72、0.27、0.55 和 0.23, 海水水质总体符合一类海水水质标准或渔业水质标准, 处于良好状态。

南海北部海域夏季和秋季海水营养结构比较合理, 但总体上硅和氮比例偏低, 海水营养状态属氮限制。南海北部海域营养状态指数 E 值为 0.34, 水体

总体处于贫营养状态。

南海北部海域初级生产力平均为 3 级, 环境质量指数(即水平指数)为 0.58, 属于较高水平区域。浮游植物生物量水平总均值为 3 级, 环境质量指数(即水平指数)为 0.53, 属于较高水平区域。浮游动物生物量水平总均值为 5 级, 环境质量指数(即水平指数)为 0.88, 处于较低水平。底栖生物生物量水平总均值为 4 级, 环境质量指数(即水平指数)为 0.78, 处于中等水平。

总体而言, 南海北部海域水质状况良好; 夏季和秋季海水营养结构较合理, 春季和冬季磷或氮供应

不足;水体未受明显有机污染,处于贫营养状态;初级生产力水平较高,饵料生物水平中等;南海北部海域渔业生态环境质量综合指数为0.58,总体处于良

好水平。然而,珠江口、粤东和粤西近海有局部海域无机氮和磷酸盐浓度超标,存在有机污染和富营养化的趋势。

表 10 南海北部渔业生态环境质量指数(1997~2002)

Tab. 10 Quality indexes of the fishery ecological environment of northern South China Sea (1997~2002)

| 海域<br>Waters                         | DIN  | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | A    | E    | DO   | 初级生产力<br>Primary<br>productivity | 浮游植物<br>Phytop-<br>lankton | 浮游动物<br>Zoop-<br>lankton | 底栖生物<br>Benthos | 综合指数<br>Synthetic<br>index    |
|--------------------------------------|------|----------------------------------|------|------|------|----------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------------|
| 全 海 域<br>Northern South<br>China Sea | 0.27 | 0.55                             | 0.23 | 0.34 | 0.72 | 0.58                             | 0.53                       | 0.88                     | 0.78            | 0.58<br>良好<br>Relatively fine |
| 台湾浅滩<br>Taiwan bank                  | 0.29 | 0.52                             | 0.20 | 0.28 | 0.67 | 0.50                             | 0.37                       | 0.75                     | 0.68            | 0.51<br>良好<br>Relatively fine |
| 粤 东<br>East Guangdong<br>waters      | 0.31 | 0.61                             | 0.21 | 0.30 | 0.78 | 0.54                             | 0.79                       | 0.88                     | 0.81            | 0.61<br>一般<br>Normal          |
| 珠 江 口<br>Pearl River<br>estuary      | 0.26 | 0.58                             | 0.23 | 0.37 | 0.74 | 0.68                             | 0.55                       | 1.00                     | 0.91            | 0.64<br>一般<br>Normal          |
| 粤 西<br>West Guangdong<br>waters      | 0.28 | 0.54                             | 0.25 | 0.47 | 0.72 | 0.58                             | 0.58                       | 0.88                     | 0.77            | 0.60<br>良好<br>Relatively fine |
| 琼 南<br>Southern waters<br>of Hainan  | 0.24 | 0.50                             | 0.20 | 0.30 | 0.73 | 0.64                             | 0.36                       | 0.87                     | 0.82            | 0.55<br>良好<br>Relatively fine |
| 北 部 湾<br>Beibu Bay                   | 0.24 | 0.45                             | 0.20 | 0.30 | 0.66 | 0.72                             | 1.00                       | 0.94                     | 0.94            | 0.66<br>一般<br>Normal          |

## 参考文献:

- [1] 广东省海岸带和海洋资源综合调查大队, 广东省海岸带和海洋资源综合调查领导小组办公室. 广东省海岸带和海洋资源综合调查报告[M]. 北京: 海洋出版社, 1987.
- [2] 广东省海岛资源综合调查大队, 广东省海岛资源综合调查领导小组办公室. 广东省海岛资源综合调查报告[M]. 广州: 广东科技出版社, 1995.
- [3] 国家海洋局. 南海中部海域环境资源综合调查报告[M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [4] 农牧渔业部水产局, 农牧渔业部南海区指挥部. 南海区渔业资源调查和区划[M]. 广州: 广东科技出版社, 1989.
- [5] 中国科学院南沙综合考察队. 南沙群岛西南部陆架海区底栖网渔业资源调查报告[M]. 北京: 海洋出版社, 1991.
- [6] 中国科学院南沙综合考察队. 中国水产科学研究院南海水产研究所. 南沙群岛西南部陆架海区底栖网渔业资源调查研究专集[M]. 北京: 海洋出版社, 1996.
- [7] 余勉余, 梁超愉, 李茂照, 等. 广东省浅海海洋增殖渔业环境及资源[M]. 北京: 科学出版社, 1990.
- [8] 郭金富, 李茂照, 余勉余, 等. 广东海岛海域海洋生物和商业资源[M]. 广州: 广东科技出版社, 1994.
- [9] 中国科学院南海海洋研究所. 南海海区综合调查报告(二)[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [10] 国家海洋局. 海洋监测规范[M]. 北京: 海洋出版社, 1991.
- [11] 贺晓平, 杜飞雁, 林 钦, 等. 海洋渔业生态环境质量状况综合评价方法探讨[J]. 中国水产科学, 2003, 10(2): 160~164.

## Diagnosis and assessment on the health status and quality of the fishery ecoenvironment of the northern South China Sea

JIA Xiao-ping, LI Chun-hou, GAN Ju-li, LIN Qin, CAI Wen-gui, WANG Zeng-huan

(Key Laboratory of Fishery Ecology Environment, Ministry of Agriculture & Guangdong Province, South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China)

**Abstract:** In order to understand the health status and quality of the fishery ecoenvironment in the northern South China Sea, a comprehensive and systematic survey was carried out in the waters from 1997 to 2002. In this paper, the present status of the fishery ecoenvironment in the northern South China Sea was diagnosed and assessed based on the data of sea water quality, sea water nutrient structure and nutrient level, primary productivity level and diet organism level. The diagnosis methods for health status of fishery ecoenvironment were: sea water quality—the method of single factor pollution index and organic pollution index (value A); nutrient structure—the method of analysis on N, P, Si concentrations and value range of N:P:Si; nutrient level—the method of nutrition index (value E); primary productivity and diet organism—the method of grade assessment, while the assessment method for fishery ecoenvironment was the comprehensive quality index method. The diagnosis results showed that the average values of pH, DO, DIN and  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  of the sea water, ranging 8.07–8.15, 5.67–6.23  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , 3.04–4.15  $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  and 0.18–0.34  $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ , respectively, were all within the limit values of Fishery Water Quality Standard (GB11607–89) or the Grade II standard of Sea Water Quality Standard (GB–3097–1997). While the ranges of organic pollution index (value A) and nutrition index (value E) were 0.411–0.237 and 0.10–0.34, respectively, showing none of organic pollution in the waters with a poor nutrient status. In addition, the ratio of Si:N:P in the sea water were 14.8:13.2:1.11, meaning lower Si and N levels in the nutrient structure of the sea water. The primary productivity of the waters, ranging from Grade 5 to Grade 1 with an average of Grade 3, was at a “relatively high level”. Among the diet organisms of the waters, the biomass of phytoplankton, zooplankton and benthic organisms were Grade 3, Grade 5 and Grade 4, respectively, with a “medium level” in general speaking. The comprehensive quality assessment results showed that the quality indexes of 9 factors (including DO, DIN,  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ , index A, index E, primary productivity, phytoplankton, zooplankton and benthic organism) were all lower than 1.0, and the comprehensive quality index was 0.58, which indicated the relatively fine quality of the waters. However, the concentrations of DIN and  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  in some inshore waters of Pearl River estuary, East Guangdong waters and West Guangdong waters exceeded the limit values of the standards, and an increasing trend of organic pollution and eutrophication was observed.

**Key words:** fishery ecoenvironment; health diagnosis; quality assessment; northern South China Sea