

春季浙江南部海区溶解氧、pH值和营养盐 分布特征及相互关系研究

王玉衡 蒋国昌 董恒霖

(国家海洋局第二海洋研究所, 杭州)

浙江南部近海位于暖温带海区, 受长江、钱塘江径流为主的浙江沿岸流影响, 并提供

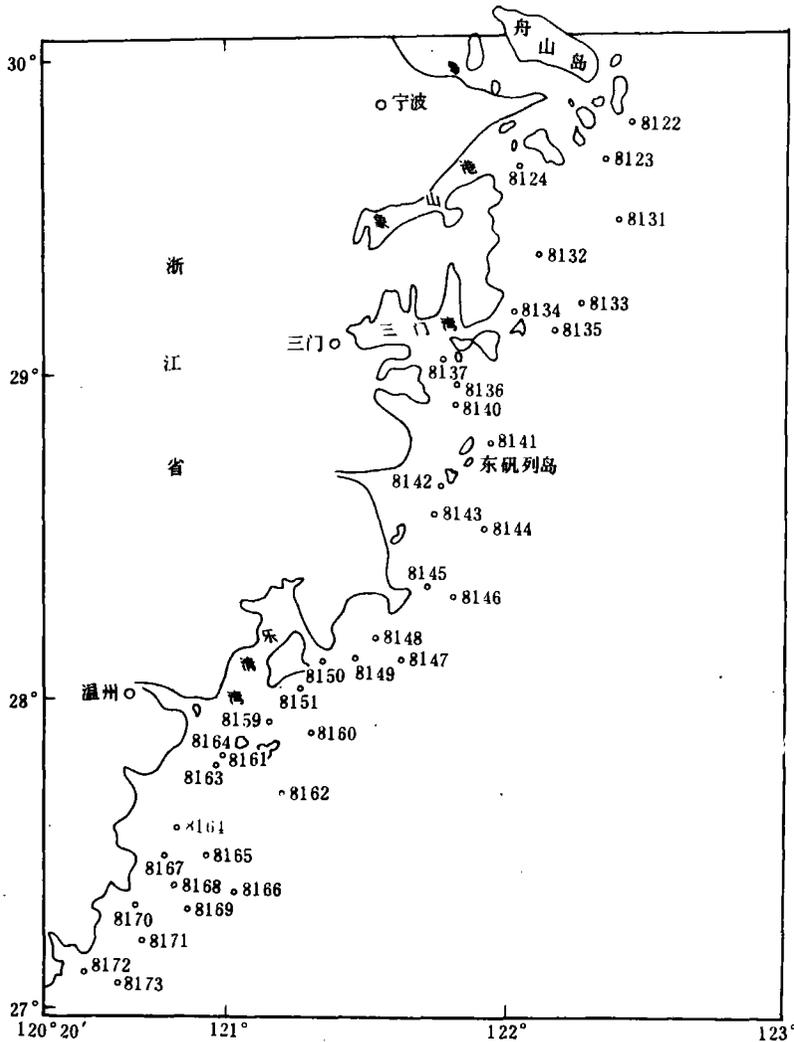


图1 调查站位图

本文于1989年4月8日收到, 修改稿于1989年10月4日收到。

丰富的营养盐类。台湾暖流在不同时期的盛衰对该海区亦有较大影响。适宜的海区温度，丰富的营养盐类使浮游生物大量生长，因此是我国重要渔场之一。

调查海区（站位布设如图1）除1958年海洋普查进行过化学海洋学方面的研究外，30年来对该海区这一学科的研究甚少。本文利用我国海岸带调查资料，并以春季（5月份）调查资料为主，详细探讨了化学要素分布特征，并讨论了它们之间的相互关系。

一、分析方法和准确度

- (1) 溶解氧 以碘量法（Winkler）测定。样品分析最大误差小于0.03ml/l。
 - (2) pH值 用pHs-3型pH计电测法测定，误差约为0.01pH单位。
 - (3) 营养盐 用Strickland-Parsons规定的方法于分光光度计上现场测定。
- 海水样品以南森采水器采集，营养盐样品经0.45 μ m微孔滤膜过滤。

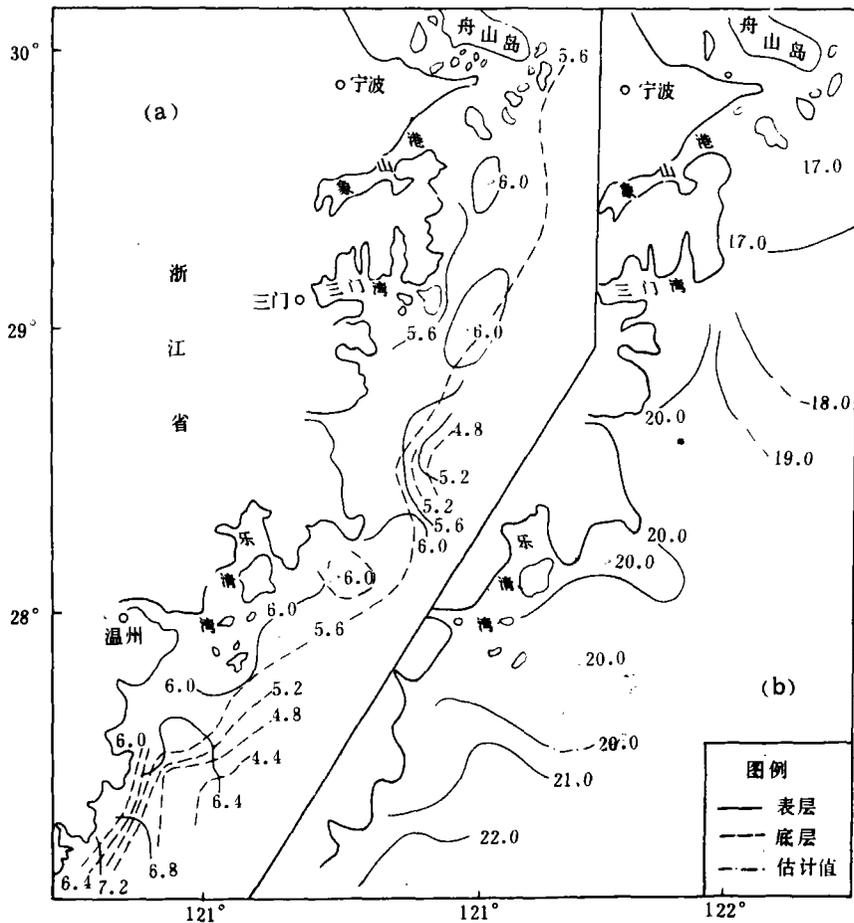


图2 表层溶解氧含量 (a) 及海水温度 (b) 平面分布

二、调查结果

(一) 溶解氧含量

浙江南部海区溶解氧含量平面分布如图2a,由图看出,表层氧含量多呈块状分布,总趋势由北向南逐渐增加,出现了与海水温度(图2b)由北向南升高相一致的特殊分布.氧含量最大值出现在温州湾以南的8172站,量值为 7.63ml/l ,最小值出现在台州湾的8144站,量值为 5.13ml/l .底层氧含量分布趋势与岸线平行,沿岸高,外海低,量值范围在 $6.4-4.4\text{ml/l}$ 之间,水平变化梯度较大,沿岸外侧与表层相比约减少 $2.0-2.4\text{ml/l}$,这与春季存在着较强层化现象密切相关.

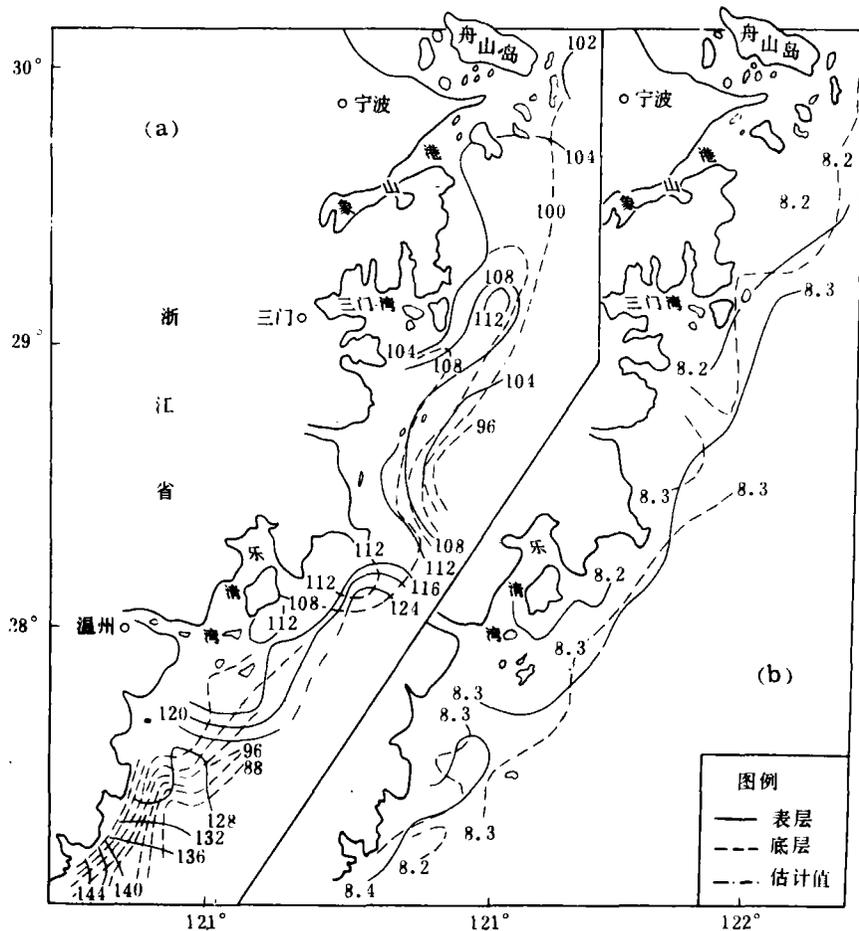


图3 底层溶解氧饱和度 (a) 及pH值 (b) 平面分布

(二) 溶解氧饱和度

调查海区表层溶解氧饱和度均呈过饱和状态(图 3a), 出现了由北向南逐渐增加的异常分布现象, 椒江口以南海区氧饱和度已大于108%, 尤其飞云江口以南海区其饱和度达130%以上, 8172站达到了152%的全区最高值。溶解氧饱和度平面分布的另一特点是近岸高远岸低, 水平梯度较大, 这与春季近岸海区光合作用强有着密切的关系。

底层溶解氧饱和度平面分布与表层趋势基本一致, 而且多数站位为过饱和或近饱和状态。与表层相比饱和度略低, 温州湾以南海区外侧已出现不饱和现象, 最低饱和度为84%, 这与调查海区外侧春季存在着明显跃层密切相关。春季溶解氧饱和度和溶解氧含量分布不论是表层还是底层都一致出现了随海水温度由北向南升高而逐渐增大的趋势, 这种分布与春季的特殊环境紧密相关。

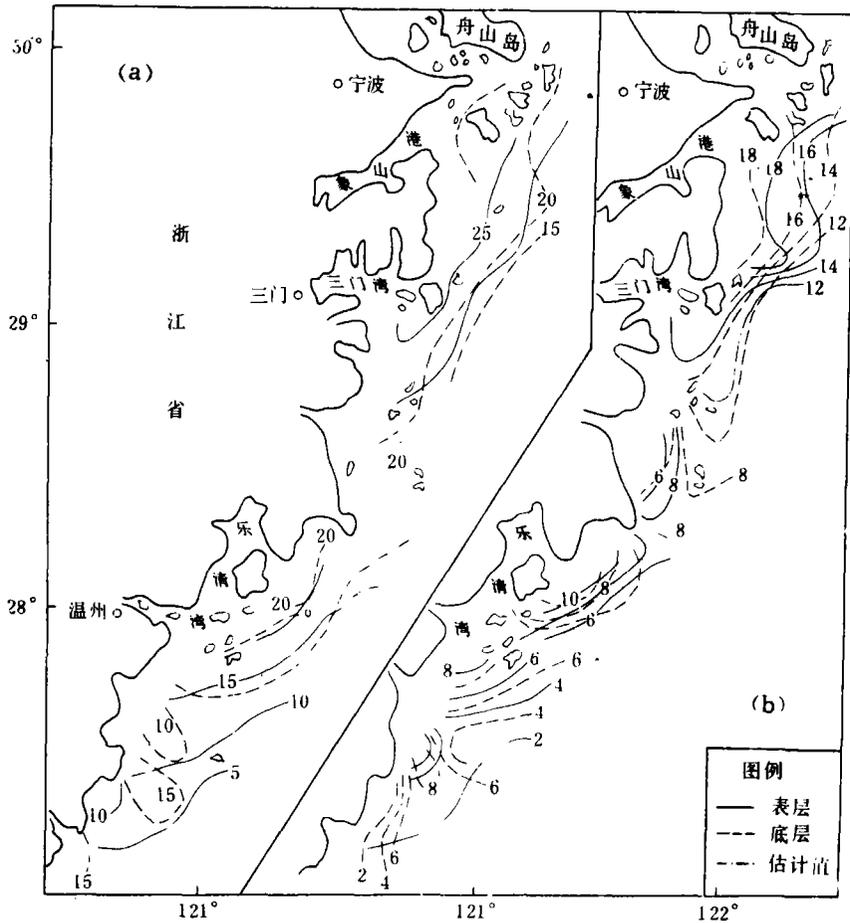


图 4 表底层 $\text{SiO}_3 - \text{Si}$ (a) - $\text{NO}_3 - \text{N}$ (b) 平面分布图

(三) 海水 pH 值

春季 pH 值平面分布如图 3 b, 具有沿岸低, 外海高的分布特征, 并随纬度的降低 pH 值由北向南逐渐升高. 图 3 b 表明, 大目洋海区已出现 8.20 pH 值等值线, 三门湾以南海区表、底层均处在 8.30 pH 等值线范围内, 而浙江最南部海区多数站位 pH 值已高达 8.40 左右, 最高值出现在 8165、8168、8170 等站位, 其值均为 8.43 pH 单位, 这种现象只能是春季光合作用影响的结果.

底层 pH 值的分布与表层基本相似, 三门湾以南海区多数站位 pH 值表层大于底层, 这是该海区径流淡水影响较弱的结果.

(四) 营养盐

春季由于浮游植物的大量生长, 浙江南部海区营养盐含量很低, $\text{PO}_4\text{-P}$ 含量部分海区已不能检出. $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ (图 4) 含量表、底层分布总趋势为沿岸高, 远岸低. 并较清晰的显示了由北向南逐渐降低的趋势. 在研究海区的北部 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 最大等值线分别为 25.0 和 18.0 $\mu\text{mol/l}$, 在南部分别降至 10.0 和 6.0 $\mu\text{mol/l}$. 但在瓯江口海域比南北两侧营养盐稍有增加, 显然是瓯江径流的影响, 但影响范围甚小, 没有改变总分布趋势.

三、讨 论

(一) 海水溶解氧与温度的相互关系

海水中溶解氧含量与海水温度一般成反比关系. 5 月份浙江沿海除杭州湾外出现了随着海水温度的升高溶解氧含量增加的特殊现象 (图 2), 相应溶解氧饱和度亦随温度的升高而增大. 引起上述现象的原因在于: 春季有适宜的海水温度, 丰富的营养盐类, 浮游生物生长由北向南增强, 再加水体稳定度高, 光合作用放出的大量氧不能及时排入空气中, 造成了溶解氧含量高, 饱和度大, 并由北向南逐渐增加.

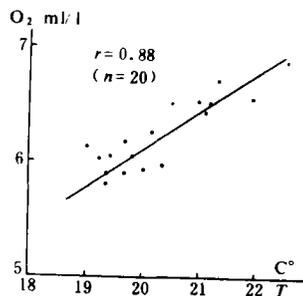


图 5 $\text{O}_2\text{-T}$ 相关关系图

为证实这种现象的正确性, 并考虑到上述现象的存在是由北向南逐渐增强, 为此我们选取了调查区最南部 20 站位, 以表层氧含量和表层海水温度进行回归分析 (图 5), 得到了满意的结果, 相关系数 $r = 0.88 (n = 20)$, 各点均分布在直线两侧, 说

明春季在浙江南部海区确实存在着随海水温度由北向南增高, 氧含量逐渐增加的事实.

(二) 海水 pH 与温度的相互关系

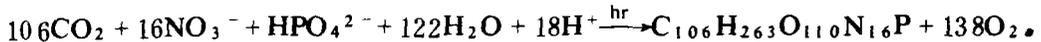
当海水温度升高时, CO_2 向空中逸出, 海水中 CO_2 的减少将导致海水 pH 值的升高。Gieskes 的研究给出了海水温度对 pH 值影响为:

$$\text{pH}_{t_2} = \text{pH}_{t_1} + a(t_1 - t_2).$$

根据上式, 调查海区水温由北 (16°C) 向南 (22°C) 增加了 6°C , 海水温度对 pH 值的最大影响不会超过 0.06 pH 单位, 然而实际上 pH 值的变化则由调查海区北部 8.10 左右, 上升到调查海区南部的 8.40 左右, 这种 pH 的变化范围显然不单纯是海水温度变化的结果。而瓯江径流又不像黄河径流属高碱度河水^[2], 因此 pH 值这种升高更重要的因素是光合作用。

(三) 海水中溶解氧和 pH 值的相互关系

由上述讨论得知, 春季氧含量由北向南增加, 其原因主要由光合作用引起的, 光合作用遵循下列方程:



方程表明光合作用过程除吸收 N、P 等营养要素外, 还吸收大量的 CO_2 , 海水中 CO_2 的减少导致 HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 的比例相对增加, 因而 pH 值升高。为了进一步证实调查海区这种现象确实存在, 我们把调查海区南部的站位表层溶解氧含量与 pH 值进行回

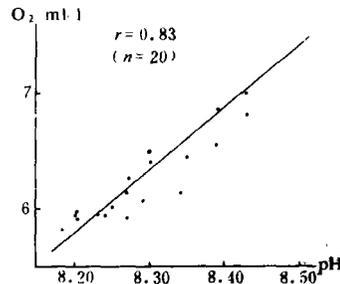


图 6 O_2 - pH 值相关关系图

归分析, 得到了令人满意的结果(图 6)。图 6 表明溶解氧含量与 pH 值都接近直线分布, 相关关系 $r = 0.83$ ($n = 20$), 这就从另一角度证明了光合作用是导致溶解氧含量高、氧饱和度高以及 pH 值高的原因。

(四) 营养盐含量与浮游植物总生物量

由上述讨论得知, 调查海区海水中溶解氧含量、pH 值均随纬度的降低, 水温的升高量值增大, 营养盐含量则反之, 并得出这是由于光合作用由北向南逐渐增强引起的。为了进一步证实这一结论的正确性, 我们引入浮游植物总生物量¹⁾加以证实, 并选取研究海区最北部的 8122—8124 站与研究海区南部的 8170—8173 站的表层营养盐含量和总生物量列入表 1。

由表 1 看出研究海区北部比南部营养盐含量高得多, 而浮游植物总量南部又比北部高得多。若分别取北部三个站位和南部四个站位的平均值则 $\text{PO}_4\text{-P}$ 北部是南部的 5 倍多, $\text{NO}_3\text{-N}$ 北部是南部的 10 倍多, $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 北部是南部的 3 倍多。浮游植物总量南部是北部的 37 倍多。

1) 浮游植物总生物量数据由本所生物室提供。

表1 营养盐与浮游生物量对照表

	8122	8123	8124	8170	8171	8172	8173
PO ₄ -P	0.57	0.40	0.71	0.09	0.00	0.00	0.29
NO ₃ -N	18.60	15.4	28.1	2.29	2.69	1.50	1.27
SiO ₂ -Si	22.9	20.7	20.8	9.41	9.41	4.40	2.32
生物量 × 10 ⁷	2.52	1.78	1.93	26.0	24.2	57.5	43.8

单位: 营养盐: $\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ 生物量: 个 m^{-3} 。

表中还看出南部海区磷氮含量已开始限制浮游植物的生长, 也就是浮游植物在南部海区已高到了极限值。当然不论是营养盐含量由北向南的降低, 还是浮游植物总量由北向南的增大, 都是渐变过程。然而在此不可能把所有站位数据列出, 仅能进行南北对比研究。并且营养盐含量和浮游植物总量也受离岸远近和港湾口水体的影响, 但上述浮游植物总量随营养盐由北向南降低而增大是极其明显的。

影响该海区溶解氧含量、氧饱和度、pH值以及营养盐分布, 除上述原因外, 还有长江、钱塘江等河流的径流, 浙江沿岸流和台湾暖流等因素。它们的消长对上述化学要素的高低, 特别是对季节变化起着较大的作用。而在秋冬季节可能起着决定性的作用, 这种情况文献〔3〕作了详细的讨论。

参 考 文 献

- 〔1〕 Gieskes, J. M., Effect of temperature on the pH of seawater, *Limnol. Oceanog.*, **14**(1969), 5: 679—684.
- 〔2〕 孙秉一等, 黄河口及邻近海域水体中总碱度的研究, *海洋学报*, **10**(1988), 3: 294—301.
- 〔3〕 王玉衡等, 浙江沿海港湾水化学研究, *海洋学报*, **10**(1988), 3: 302—307.
- 〔4〕 Boto, K. G. *et al.*, Dissolved oxygen and pH relationships in northern Australian mangrove water ways, *Limnol. Oceanog.*, **27**(1981), 6: 1176—1178.
- 〔5〕 Sousa, S. N. De, S. Y. S. Singbal, Chemical oceanography of the Arabian Sea; Part 6. Relationship between nutrients and dissolved oxygen in the Central Basin, *INDIAN J. MAR. SCI.*, **26**(1986), 3: 153—161.
- 〔6〕 Sasamal, S. K. B. K. Sahu, R. C. Panigrahy, Monthly variations in some chemical characteristics of nearshore waters along the South Orissa coast, *INDIAN J. MAR. SCI.*, **15**(1986), 3: 199—200.
- 〔7〕 Jonathan H. Sharp, Thomas M. Church, Biochemical modeling in coastal water of the Middle Atlantic states, *Limnol Oceanog.*, **26**(1981), 5: 843—854.