

Distribution Characteristics of Dissolved Oxygen and Salinity in Sea Water in the East China Sea in Winter

Shanshan Ran^{1,2}, Yu Shi^{1,2}, Yifan Yang^{1,2}, Huang Huang^{1,2}, Hairong Su^{1,2}, Jie Xu^{1,2}, Jine Liu^{1,2*}, Hao Chen³

¹Jiangsu Centre for Collaborative Innovation in Geographical information Resource Development and Application, Environment School of Nanjing Normal University, Nanjing Jiangsu

²Jiangsu Engineering Laboratory of Water and Soil Eco-remediation, Nanjing Jiangsu

³Yancheng National Nature Reserve, Yancheng Jiangsu

Email: 543097971@qq.com, *liujine@njnu.edu.cn

Received: Jan. 2nd, 2018; accepted: Jan. 18th, 2018; published: Jan. 25th, 2018

Abstract

Dissolved oxygen and salinity indicate marine environment quality. An investigation on the East China Sea was conducted in the winter of 2014. Nine transections with 1m slots including 49 sampling sites were set, and data of the dissolved oxygen, salinity and temperature was obtained and analyzed. The results showed that: 1) The dissolved oxygen content of seawater of the East China Sea is between 1.31 mg·L⁻¹ to 8.40 mg·L⁻¹. The average surface dissolved oxygen was 7.00 ± 0.26 mg·L⁻¹, while the average bottom layer dissolved oxygen was 4.33 ± 0.99 mg·L⁻¹. The dissolved oxygen content in all the transections showed the similar distribution pattern of which the value decreased gradually from inshore area to the offshore. In the whole study area the dissolved oxygen content decreased from northwest to Southeast. The dissolved oxygen content of all transections showed similar vertical distribution pattern that the surface layer values were significantly higher than that of the bottom layer, and the dissolved oxygen content decreased sharply at certain depth, then tended to be stable. 2) The salinity content of the East China Sea is between 29.60‰ to 34.00 ‰. Generally salinity of inshore area was lower than that of offshore area, and the maximum salinity occurred in the southeastern of the study area. The salinity increased vertically with the water depth, and climbed up sharply at certain depth, then kept table level at bottom layer. The vertical salinity changes of inshore showed wider range than that of offshore. The distribution of dissolved oxygen and salinity in the East China Sea were affected by multiple factors.

Keywords

The East China Sea, Dissolved Oxygen, Salinity, Distribution Characteristics

*通讯作者。

东海冬季海水溶解氧、盐度的分布特征分析

冉珊珊^{1,2}, 时宇^{1,2}, 杨一帆^{1,2}, 黄黄^{1,2}, 苏海蓉^{1,2}, 徐杰^{1,2}, 刘金娥^{1,2*}, 陈浩³

¹南京师范大学环境学院, 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 江苏 南京

²江苏省水土环境生态修复工程实验室, 江苏 南京

³江苏盐城国家级珍禽自然保护区, 江苏 盐城

Email: 543097971@qq.com, *liujine@njnu.edu.cn

收稿日期: 2018年1月2日; 录用日期: 2018年1月18日; 发布日期: 2018年1月25日

摘要

海水溶解氧、盐度对于海洋生态环境有一定指示作用。2014年冬季设置9个断面, 49个站位, 以1 m为间隔, 调查东海近岸海域海水表层至底层冬季溶解氧、盐度变化, 分析结果如下: 1) 东海近岸海域冬季海水溶解氧含量在 $1.31\sim 8.40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间, 表层溶解氧平均含量约 $7.00\pm 0.26\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 底层溶解氧平均含量约 $4.33\pm 0.99\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。各断面溶解氧含量由近岸向海下降, 变化范围逐渐减小。在整个研究区域内, 溶解氧含量从西北向东南方向下降。在垂直方向, 溶解氧表层含量高于底层, 在一定深度溶解氧含量急剧下降, 在底层趋于稳定。2) 东海近岸海域冬季海水盐度在 $29.60\text{‰}\sim 34.00\text{‰}$ 之间, 近岸海域盐度低于远海, 最大值出现在研究区域的东南部。东海海域盐度随深度增加而增加, 在一定深度急剧升高, 底层海水盐度稳定; 近岸海域盐度垂直变化范围大于远岸。东海海域溶解氧和盐度变化受多种因素影响。

关键词

东海, 冬季, 溶解氧, 盐度, 分布特征

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

海水溶解氧(Dissolved Oxygen, DO)作为重要的海水环境指标, 对海区内生态环境状况有重要意义[1]。深层海水 DO 含量一般较稳定, 变化幅度较小; 而近岸海水 DO 含量受到多种因素影响, 变化幅度大, 其分布特征复杂。海水 DO 的垂直分布受到多种因素影响, 表层氧含量一般受水温控制而处于饱和状态; 在水体分层时期, 在透光层因浮游植物的光合作用强而出现较高的氧含量, 并在次表层形成氧的最大值[2] [3], 因此, 透光层中氧含量多少直接反映了该海区初级生产力状况。在光合作用区以下的水层则因为有机质的分解而耗氧, 氧含量随深度的增加而明显降低。东海 DO 垂直分布也存在最大值[4], 有研究表明东海北部 DO 最大值成因是由于水温和生物的相互作用[5]。随着人类活动增强, 受人类影响较大的近岸海域与河口区在夏季存在着大面积的缺氧现象, 给当地海洋经济、环境、社会发展带来不利影响, 比如美国密西西比河口的墨西哥湾北部[6]。我国东海海域长江入海口也出现了 $13,700\text{ km}^2$ ($\text{DO} < 2\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$)的缺氧区, 氧亏损量高达 $1.59 \times 10^6\text{ t}$ [7]; 在长江口临近海域夏季存在 $20,000\text{ km}^2$ 的低氧区[8]。DO 是水体经过与大气的氧气交换或经过化学、生物化学等反应后溶解于水中的分子状态的氧, DO 的浓度与空气中氧的分压、水温、风速、水深、水

中各种盐类和藻类的含量、生物及非生物耗氧以及光照强度等多种条件有关[9]。在特定海域中 DO 的分布和变化是多种因素综合影响的结果。海水盐度是指海水中全部溶解固体与海水中量之比。盐度的变化可以改变浮游植物细胞膜的渗透率，从而影响浮游植物对海水中营养盐和微量元素等的利用[10]。影响海水盐度的主要因素有河流径流注入、气候因素、洋流因素等。沿海海域的盐度受河流径流注入较大。东海营养盐的输入途径主要包括河流输入、大气沉降、东海与相邻海区进行海水交换和沉积物水界面交换等途径[11]。对海水 DO、盐度分布的定期监测研究具有重要意义，本研究利用国家自然科学基金委员会 2014 年冬季共享航次监测结果，对东海冬季 DO 和盐度分布特征进行分析，为东海海域生态环境质量研究提供参考据。

2. 研究区域与研究方法

2.1. 研究区概况

研究区域主要是东海海域，这次航行属于国家自然科学基金资助 2014 冬季东海共享航次项目，此次在东海近海海域布设调查断面 9 条，共取 49 个站位(图 1、表 1)。最北断面位于舟山普陀区附近海域，最南断

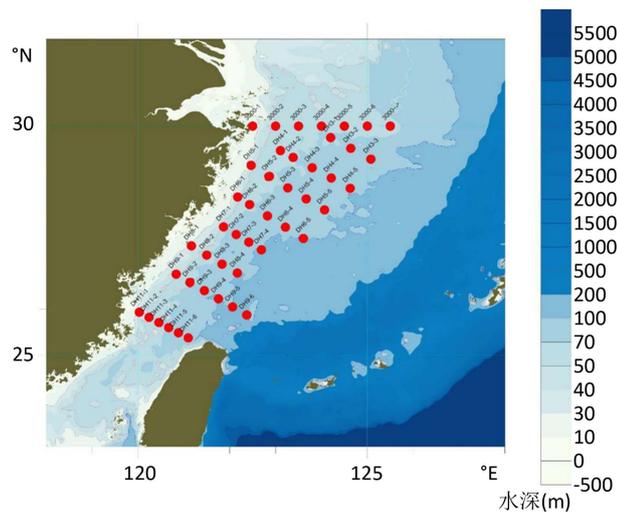


Figure 1. Transections and sampling sites distribution in the study area
图 1. 本研究断面及站位分布

Table 1. Descriptions of transections and sampling sites in the study area
表 1. 研究区断面设置与站位描述

| 断面名称 | 站位 | | | | | | | 断面描述 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| 3000 | 3000-1 | 3000-2 | 3000-3 | 3000-4 | 3000-5 | 3000-6 | 3000-7 | 由北向南，断面 3000 至断面 DH11，覆盖研究区域；各断面近岸到远海分布 1-7 个站位。每个站位连续采集深度 1 m 至底层混合水样，每层间隔 1 m。 |
| DH3 | DH3-1 | DH3-2 | DH3-3 | | | | | |
| DH4 | DH4-1 | DH4-2 | DH4-3 | DH4-4 | DH4-5 | | | |
| DH5 | DH5-1 | DH5-2 | DH5-3 | DH5-4 | DH5-5 | | | |
| DH6 | DH6-1 | DH6-2 | DH6-3 | DH6-4 | DH6-5 | | | |
| DH7 | DH7-1 | DH7-2 | DH7-3 | DH7-4 | | | | |
| DH8 | DH8-1 | DH8-2 | DH8-3 | DH8-4 | | | | |
| DH9 | DH9-1 | DH9-2 | DH9-3 | DH9-4 | DH9-5 | DH9-6 | | |
| DH11 | DH11-1 | DH11-2 | DH11-3 | DH11-4 | DH11-5 | DH11-6 | | |

面福州长乐白沙礁所在区附近海域。东海海域属于亚热带和温带季风气候,年平均水温 $20 \sim 24$ °C,年温差 $7 \sim 9$ °C。东海大陆架平均水深 72 m,但是大部分海域的水深为 60~140 m,大陆架外缘在水深 120 m 到 200 m,长江、钱塘江、甌江、闽江等四大水系是注入东海的主要江河,东海潮汐多属半日潮,最大潮差 6~9 m。影响东海的水团主要有浙江沿岸冲淡水、黄东海混合水团、台湾暖水流和黑潮水团。

2.2. 研究方法

2.2.1. 样地选择与采样方法

在研究区域的 49 个站位(图 1)利用 Niskin 连续采集深度 1 m 至底层海水混合水样,每层间隔 1 m,三个平行,DO 使用 Winkler 碘量法测定,营养盐水样在现场经 $0.45 \mu\text{m}$ 醋酸纤维滤膜过滤后,用分光光度计按《海洋调查规范》(GB 12763.4-91)进行现场测定。分析 DO、盐度分布特征。采样方法、层次和测定方法均按《海洋调查规范》进行,采集的海水样品在船上于 12 h 内测定完毕。

2.2.2. 数据统计分析

本研究并采用 Origin、Excel、ArcGis 等相关软件进行相关性分析、数据统计、图像处理。

3. 结果与分析

3.1. DO 的分布特征

3.1.1. DO 的水平分布特征

冬季,风力较大,海空交换作用剧烈,大气中氧气大量溶入海水,加上温度的大幅度降低,氧气在海水中溶解度增加,海空交换进入的氧气大部分被冷却的海水所吸收,海水中 DO 达到全年的最大值[12]。东海近岸海域冬季海水 DO 平均含量在 $1.31 \sim 8.40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间,除断面 3000 的平均值偏低,东海近岸海域 30 m 以上的海水 DO 含量均大于 $6 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,符合国家一类海水标准($\geq 6 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$),30~100 m DO 含量介于二类和三类海水标准($4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \sim 5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$)之间,少数底层站位符合四类海水($\leq 3 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$)。表层 DO 平均含量约 $7.00 \pm 0.26 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,底层 DO 平均含量约 $4.33 \pm 0.99 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

东海近岸海域不同的深度(3 m, 10 m, 20 m, 30 m, 40 m)海水 DO 含量水平分布呈现出不同规律(图 2)。在 3 m、10 m、20 m、30 m、40 m 深度 DO 含量分别在 $5.37 \sim 8.40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $5.31 \sim 8.09 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $5.25 \sim 7.91 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $5.13 \sim 7.23 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $1.31 \sim 6.34 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间。在深度 3 m、10 m、20 m 处,除断面 3000 外,各断面 DO 含量由近岸向海递减,且 DO 含量波动范围由近岸向海逐渐减小。深度 30 m 处,断面 3000 的 DO 含量波动较大,呈现先增加后减少的波动,断面 DH11 变化趋势与之相反。深度 40 m 处,除断面 3000、断面 DH3 和断面 DH5,各断面 DO 含量由近岸向海趋于稳定。断面 3000 在不同的深度 DO 含量明显低于其他断面,在站位 3000-1 至 3000-4 之间尤为明显,可能是因为该断面位于杭州湾东侧,为钱塘江入海口,江水带有大量的有机物及有机物被分解的产物铵、甲烷,这些物质被继续氧化,消耗水体中的 DO [13];同时由于河口水动力较强,携带低 DO 水体流经此处;大量的泥沙使得水体透明度极小,限制了光合作用,这些因素致使河口区水体 DO 饱和度很低。

近岸浅水区向深水区 DO 含量波动范围逐渐减小,浅水区水体 DO 含量变化幅度大,而深水区含量变化幅度小,相对稳定。这是由于近岸海域受人类活动、淡水注入等影响较大。此外东海近岸海域浅水区热容较小,秋冬季东海近岸海域时常发生台风等季节性气候变化,使得海水气温变化幅度剧烈,使得浅水区水平面 DO 变化波动较大。

在整个研究区域内,DO 含量呈现从西北向东南方向降低的趋势。在表层 0~10 m (图 3 左)近岸海域 DO 含量均呈西南到东北逐渐降低趋势,低氧区出现在东海东北部河口附近,且存在两个明显的低氧区,

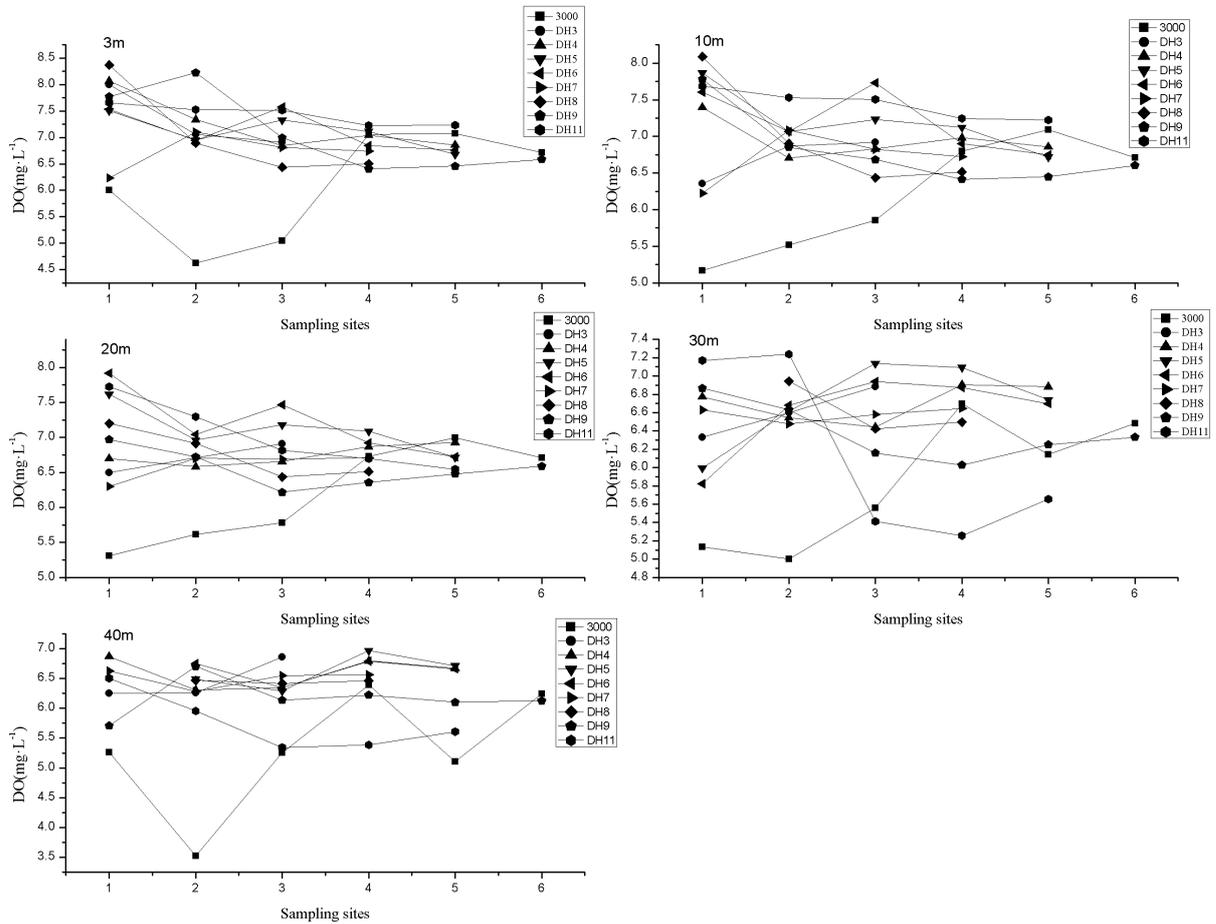


Figure 2. The distribution of dissolved oxygen content in different depth (3 m, 10 m, 20 m, 30 m and 40 m)
图 2. 各站位不同深度(3 m, 10 m, 20 m, 30 m, 40 m) DO 分布

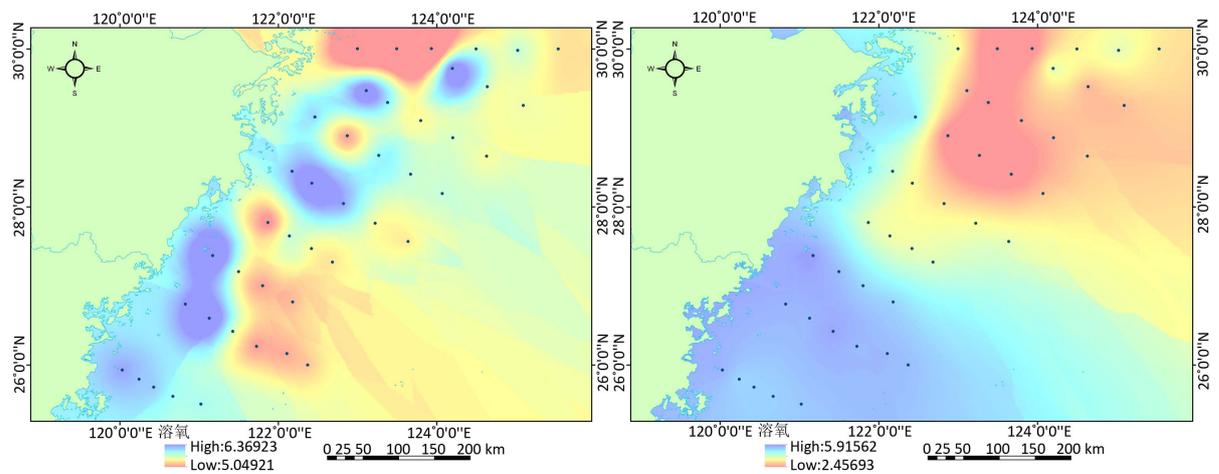


Figure 3. Top layer and bottom layer dissolved oxygen changes in offshore marine areas of the East China Sea
图 3. 东海近岸海域表层(左图)、底层(右图) DO 含量变化

表层 DO 变化较为复杂, 可能受影响因素较多。但总体上近岸 DO 含量高于远岸海域。底层 DO 含量也呈现出西南向东北方向降低的趋势(图 3 右), 低氧区相对表层发生了南移现象, 且两个低氧区合并, 范围扩大至断面 3000 至断面 DH6 之间。和表层相比, 底层低氧区的存在可能更多地受到河口的影响。

3.1.2. DO 的垂直分布特征

海水中悬浮物含量较高,海水透光层薄,随着深度的增加,光合作用逐渐减弱,海洋生物呼吸作用逐渐加强,所以总体上各断面表层 DO 含量明显高于底层,垂直方向波动范围由近岸向海逐渐减小;在一定深度 DO 含量急剧下降,之后趋于稳定(图 4)。断面 3000 的 5 个站位(3000-1 由于水深太浅,数据缺失)中,站位 3000-2DO 含量垂直变化不大;其余 4 个站位 DO 在 30~60 m、38~65 m、55 m、25~35 m、40~50 m 之间急剧下降,之后趋于稳定。断面 DH3-1、DH3-2、DH3-3DO 在深度 5~10 m、42~60 m、42~65 m 急剧下降,之后趋于稳定。断面 DH4 的 5 个站位 DO 急剧变化在 50~75 m 之间。断面 DH5 除 DH5-1 波动较大外,剩余 4 个站点在 50~70 m 之间下降。断面 DH6 除 DH6-1 波动较大外,其余 5 个站点在 50~80 m 之间急剧下降。断面 DH7 中 DH7-1 在 40~50 m 急剧下降,其余站点在 70~85 m 之间急剧下降。断面 DH8 除 DH8-1 外其他站点在 30~80 m 之间急剧下降。断面 DH9 波动相对较大但同样存在急剧下降的深度范围。断面 DH11 在 10~40 m 之间 DO 急剧下降。

东海海水中悬浮物、泥沙含量较高,海水透光层较薄,随着海水深度的增加,水生植物光合作用逐渐变弱,海洋生物的呼吸作用逐渐增强,溶氧含量逐渐降低。另外大部分站点数据表明在 30~80 m 内 DO 会急剧下降,是由于存在着一条从东北方向至西南方向的低温水流,此为浙江沿岸流的流经的海区,沿岸流海区水中包含大量有机质,水体中的氧被消耗,加之生物活动会加速耗氧量,并且又无法及时得到补充,所以沿岸流流经的海区海水透明度较大,颗粒有机物较少,耗氧程度比较慢,饱和度较低。各断

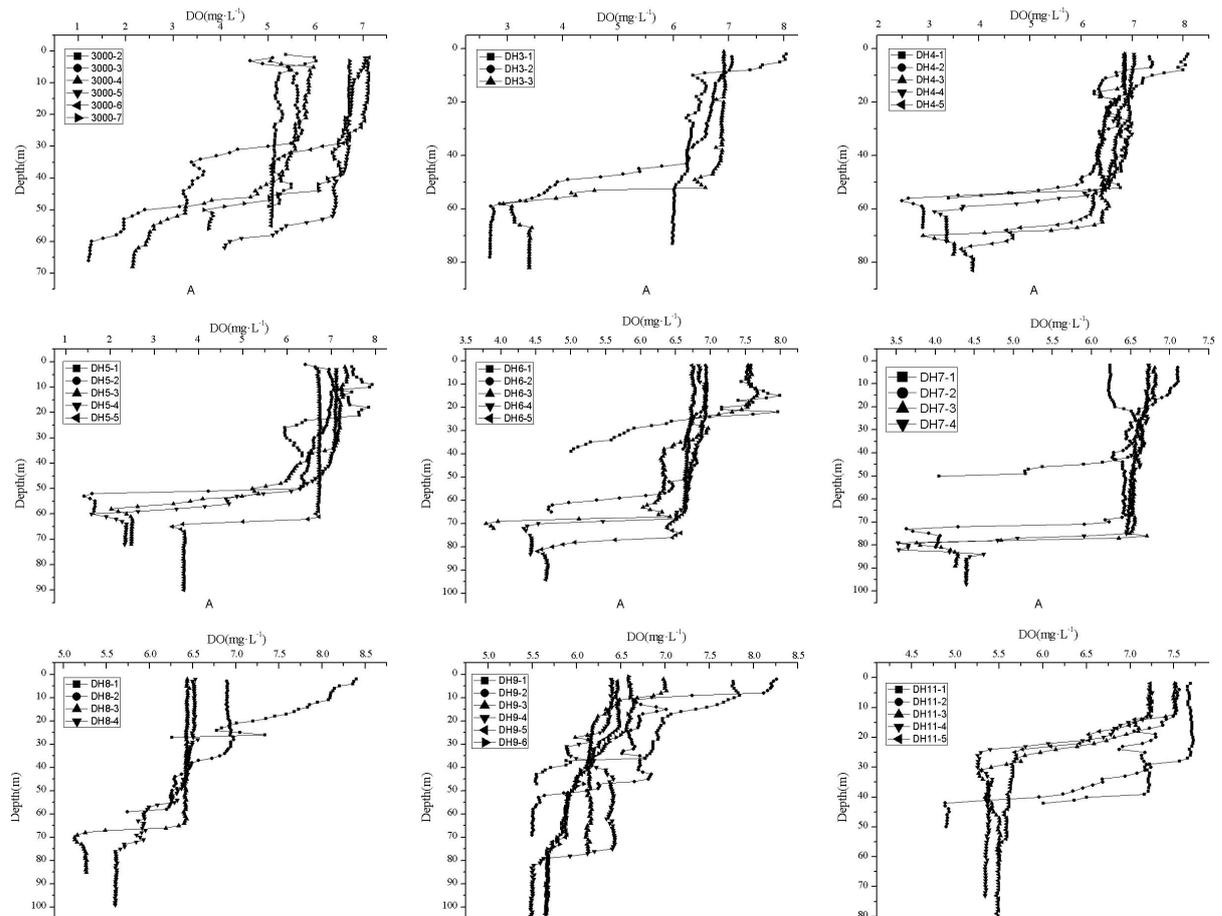


Figure 4. Vertical distribution of dissolved oxygen in all sampling sites
图 4. 各站位 DO 垂直分布图

面站位 DO 垂直变化幅度呈现由近岸向海逐渐减小,这可能与近岸站位受沿岸流、江河冲淡水及其带来大量的有机质、人为因素影响较大,近岸海域条件比较复杂,导致 DO 的含量变化较大,垂直分布波动较大。

3.2. 盐度的分布特征

3.2.1. 盐度的水平分布特征

东海近岸海域冬季海水盐度含量在 29.60‰~34.00‰之间,除断面 3000 表层断面的平均值偏低以外,东海近岸海域 30 m 以上的海水盐度在 31.75‰~33.75‰之间。近岸海域盐度偏低、远海海域盐度偏高,盐度最大值出现在研究区域的东南部。以研究区域内表层(图 5 左)10 m 和底层(图 5 右)盐度水平分布为例,表层 10 m 和底层盐度变化均为近岸低,远岸高,且盐度分布等值线与海岸线基本平行,盐度最大值出现在研究区域的东南部。从物理机制上来看,海水温度越高,蒸发量越大。冬季近岸海域温度受大陆影响,温度较远海海域低,所以蒸发量较小,近岸海域盐度较低[14]。江河入海径流量也是影响盐度的重要因子[15],陆地的江河入海带来大量淡水,对海水有一定的稀释作用,江河径流在开阔区域形成一个冲淡水低盐区,近岸的等盐线基本与海岸线平行。所以近岸海域盐度相对远海低。东南部海水盐度最高,可能受高温高盐黑潮暖流的影响[13] [16] [17],研究区东南部受气候影响,水温相对较高,冬季降水量较少,蒸发量大,因此东南部盐度较其他区域高。

3.2.2. 盐度的垂直分布特征

东海海域盐度垂直变化总体为随深度增加而增加(图 6),各站位盐度在特定深度急剧增加,然后趋于稳定,近岸盐度垂直变化范围大于远岸。盐度的垂向分布,总体上具有上、表层盐度较低,下、底层盐度较高的分布规律[18]。东海海域盐度垂直变化可能是受陆源淡水影响。陆源淡水输入主要来自长江口,长江冲淡水在不同季节有不同的分布形态。在枯水季节,在冬季强大的北风作用下,长江冲淡水经杭州湾和舟山群岛一带南下,在一条狭窄带内沿岸向南输送[19] [20],即冬季沿岸向南扩展;在夏季洪水期,长江径流量增加,长江冲淡水入海后先向东南方向运动,随后转向南。长江径流入海后形成冲淡水,因其密度比海水密度小而飘浮在海水之上,影响表层海水的盐度[8] [21]。表层冲淡水向北扩展至 32.5°N,向东扩展到外海范围广至 124.5°E [22]。各站位盐度在特定深度急剧增加可能是受台湾暖流的影响。

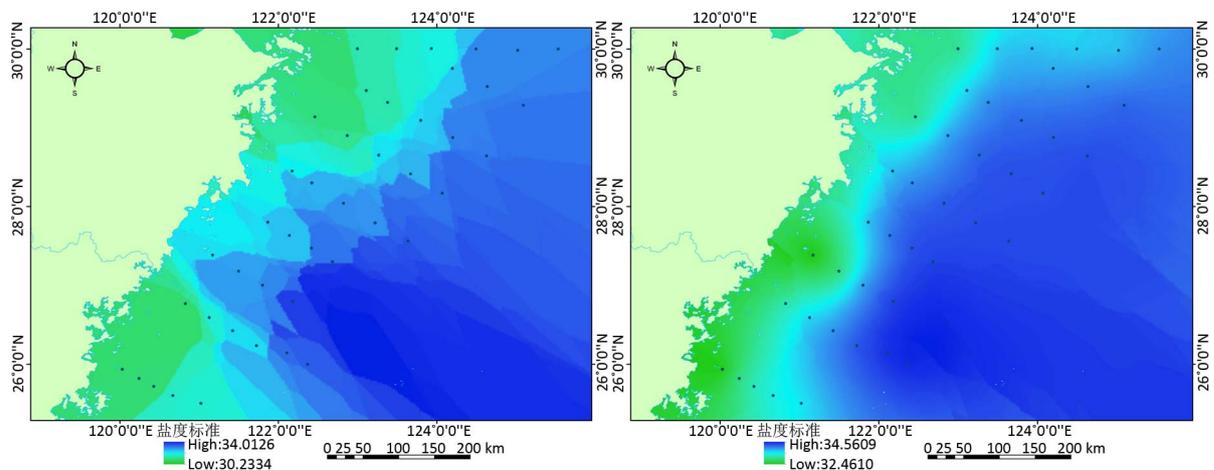


Figure 5. Surface 10 m horizontal and bottom layer salinity changes in offshore marine areas of the East China Sea

图 5. 东海近岸海域表层(左图)、底层(右图)海水盐度水平分布图

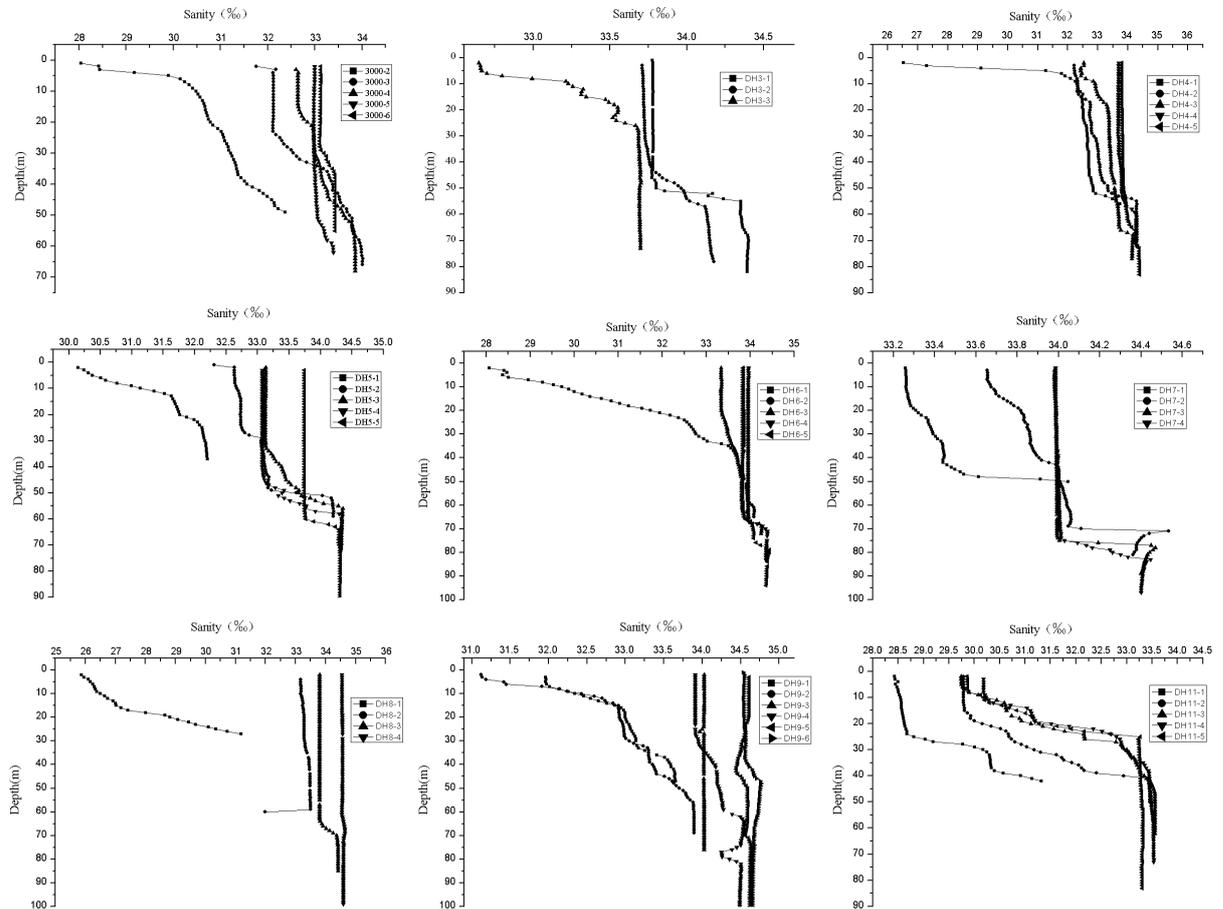


Figure 6. All sampling sites' salinity vertical distribution
图 6. 各站位盐度垂直分布图

4 结论

1) 东海近岸海域冬季海水 DO 含量在 $1.31\sim 8.40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间, 表层 DO 平均含量约 $7.00 \pm 0.26\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 底层 DO 平均含量约 $4.33 \pm 0.99\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。在水平方向上, 各断面 DO 含量由近岸向海下降, 且 DO 含量变化范围也逐渐减小; 在整个研究区域内, DO 含量自西北向东南下降。在垂直方向, 各断面的 DO 表层含量明显高于底层, 且在一定深度 DO 含量急剧下降, 之后趋于稳定; 各站位 DO 垂直变化范围由近岸向海逐渐下降。

2) 东海近岸海域冬季海水盐度在 $29.60\text{‰}\sim 34.00\text{‰}$ 之间, 近岸海域盐度偏低、远海海域盐度偏高, 盐度最大值出现在研究区域的东南部。垂直方向上, 东海海域盐度随深度增加而增加, 且在特定深度急剧增加, 之后相对稳定; 近岸盐度垂直变化范围由大于远岸。

致 谢

感谢陈力, 余培培同学在数据分析方面的帮助。

基金项目

国家自然科学基金项目(41273082 和 40973053)、国家科技支撑计划项目(2012BAC07B01)和江苏省环保课题(2017021)资助。

参考文献 (References)

- [1] 石晓勇, 陆茸, 张传松, 等. 长江口邻近海域溶解氧分布特征及主要影响因素[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版)自然科学版, 2006, 36(2): 287-290.
- [2] Joseph, L. (1972) Distribution of Dissolved Oxygen in the Summer Thermocline. *Journal of Marine Research*, **30**, 138-147.
- [3] Tijssen, S.B. and Wetsteyn, F.J. (1984) Diurnal Pattern, Seasonal Change and Variability of Oxygen in the Water Column of the Oyster Ground (North sea) in Spring-Summer 1981. *Netherlands Journal of Sea Research*, **18**, 13-30.
- [4] 顾宏堪. 黄海溶解氧垂直分布的最大值[J]. 海洋学报, 1980, 2(2): 70-79.
- [5] 项有堂, 陆鸣民, 郑锡建. 东海海域夏季溶解氧垂直分布最大值[J]. 海洋通报, 1991(1): 18-23.
- [6] Rabalais, N.N., Turner, R.E., *et al.* (2002) Gulf of Mexico Hypoxia, A.K.A. "The Dead Zone". *Annual Review of Ecology & Systematics*, **33**, 235-263.
- [7] 李道季, 张经, 吴莹, 等. 长江口外氧的亏损[J]. 中国科学, 2002, 32(8): 686-694.
- [8] Wei, H., He, Y., Li, Q., *et al.* (2007) Summer Hypoxia Adjacent to the Changjiang Estuary. *Journal of Marine Systems*, **67**, 292-303.
- [9] 韩建宁, 吴春江. 池塘溶解氧动态模型的研究[J]. 农业工程学报, 1994, 10(2): 52-58.
- [10] 蒋城飞, 付东洋, 李强, 等. 秋季湛江港和入海口温盐结构及生态特征[J]. 海洋学报, 2016, 38(11): 20-31.
- [11] 董书航. 东海营养盐分布特征及跨陆架交换研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2015.
- [12] 董景岗, 王海霞, 李伟. 天津近岸海水溶解氧分布特征[J]. 天津科技大学学报, 2009, 24(3): 26-30.
- [13] 卢勇, 李宏亮, 陈建芳, 等. 长江口及邻近海域表层水体溶解氧饱和度的季节变化和特征[J]. 海洋学研究, 2011, 29(3): 71-77.
- [14] 任惠茹, 康建成, 李卫江, 等. 东海黑潮表层盐度分布特征及其影响因素[J]. 热带海洋学报, 2011, 30(5): 55-61.
- [15] 管秉贤. 东海西部沿岸海域冬季的逆温跃层现象及其与环流的关系[J]. 海洋科学进展, 1999(2): 1-7.
- [16] 周晓静, 李安春, 万世明, 等. 东海陆架表层沉积物粘土矿物组成分布特征及来源[J]. 海洋与湖沼, 2010, 41(5): 667-675.
- [17] 王家栋, 类彦立, 徐奎栋, 等. 黄海冷水团及周边海域夏初小型底栖动物现存量及空间分布研究[J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(3): 359-366.
- [18] 叶小凡, 王宇东, 沈尧峰. 灰鳖洋海域冬季的盐度分布特征和水体混合分析[J]. 浙江水利科技, 2007(6): 24-25.
- [19] 袁耀初, 苏纪兰, 赵金三. 东中国海陆架环流的单层模式[J]. 海洋学报, 1982, 4(1): 1-11.
- [20] 袁耀初, 管秉贤. 中国近海及其附近海域若干涡旋研究综述 II. 东海和琉球群岛以东海域[J]. 海洋学报, 2007, 29(2): 1-17.
- [21] 中华人民共和国科学技术委员会海洋组海洋综合调查办公室编. 全国海洋综合调查资料(第一册)——渤、黄、东海水文气象和化学要素大面观测记录[M]. 1958.9-1959.12.
- [22] 张竹琦. 黄海和东海北部夏季底层溶解氧最大值和最小值特征分析[J]. 海洋通报, 1990(4): 22-26.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2376-4260, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: ams@hanspub.org