

文章编号: 1674 - 5566(2013)02 - 0260 - 06

长江口水域水体结构的季节变化

刘 浩, 许文珊

(上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306)

摘 要: 通过对比不同季节长江口水域温度和盐度的观测数据, 深入分析了该水域温、盐跃层的季节分布特征和变化规律后发现: 长江口水域的温度(热)层化现象一般形成于春季, 并在夏季最为显著, 进入秋季后逐渐减弱, 而在冬季该水域的温度在垂直方向基本是均匀分布, 显示出较强的垂向热混合过程。另一方面, 该水域的盐度分布特征主要受长江冲淡水的影响, 因此在长江径流量最大的夏秋季节盐度层化现象最为显著, 春季较弱, 而冬季在东北季风作用下, 长江冲淡水的影响主要局限于沿岸一带, 长江口外的盐度垂向混合较为充分。在此基础上对引起水体结构季节变化的动力机制进行了探讨, 对于进一步了解主要营养盐和污染物在该海域的分布特征和运输规律具有重要的指导意义。

研究亮点: 与以往主要关注长江口水水平环流、长江冲淡水发展以及盐水入侵的研究不同, 本文首次全面地描述了长江口水域水体垂向结构的季节变化规律, 并就动力机制进行了理论上的分析, 对于进一步了解主要营养盐和污染物在该海域的分布特征和运输规律具有重要的指导意义。

关键词: 长江冲淡水; 层化混合; 温度; 盐度; 长江口水域

中图分类号: X 832

文献标志码: A

长江口水域的动力过程具有鲜明的季节性特征。一般认为影响这一海区的水平环流系统主要包括长江冲淡水、杭州湾环流、苏北(黄海)沿岸流以及由长江口南下的闽浙沿岸流和流经台湾海峡北上的台湾暖流。另外, 在长江口外海区还存在由上述环流之间的切变效应以及黑潮主流或分支弯曲所产生的各种中尺度的气旋或反气旋涡, 伴随上述涡旋的强度不尽相同, 因此对本海区水体结构的影响也随季节而差异。以往研究显示: 在河口海湾等陆架海区, 潮汐和风浪的混合强度对局地的水体结构具有很大影响^[1-2]。甚至有学者认为: 正是由于局地海表热通量以及河流冲淡水所形成的上层海水的稳定层化结构和趋于破坏这种稳定层化结构的垂向混合过程的此消彼长, 才导致了水体结构呈现出季节性的变化特征^[3]。水体结构的变化会对水体中营养盐的输移和分布产生重要影响。当水体垂向混合充分时, 深层海水的营养盐可以被带到光透层, 有利于藻类的光合作用; 而当水体层

化结构显著时, 温、盐跃层能够有效阻止上下水层的物质交换。因此, 通过观测数据分析, 认识长江口水域水体结构的季节变化特征及主要动力机制, 对于深入了解长江冲淡水所携带的营养盐和污染物的输移和分布具有重要的科学意义。

1 研究方法

采用 2003 至 2004 年度 4 个季节观测的温度和盐度数据进行研究。由于在观测过程中, 某些站点的仪器出现故障, 导致该站点某一季节的数据出现缺失。为了确保不同季节数据的可比性, 本文只采用了 4 个季节都有观测数据的站点进行对比分析。具体站点位置见图 1, 由图可见这些站点基本涵盖了长江冲淡水的主要流经路径。

采用海表底温差法研究水体温度(热)层化^[4], 该方法在之前研究渤海水体层化结构时得到比较好的应用^[5]。具体做法是: 以表层和底层海水的温度差作为海水层化和混合的判别依据, 当海表底温度差 $\Delta T < 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 水体视为充分

收稿日期: 2012-09-03 修回日期: 2012-09-24

基金项目: 上海市教育委员会创新项目(12ZZ165); 上海海洋大学博士启动基金(B8206070004)

作者简介: 刘 浩(1972—), 男, 副教授, 研究方向为近岸海洋动力学。E-mail: haoliu@shou.edu.cn

混合, $\Delta T > 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水域为热层化区,而 ΔT 的值介于二者之间的水域即为温度锋面(潮汐锋)。

采用计算海水表层和底层盐度差方法研究盐度层化。将海表底层的盐度差 $\Delta S < 2\text{ psu}$ 的水域视为充分混合区, $\Delta S > 5\text{ psu}$ 的水域为盐度层化区,而 ΔS 介于上述数值之间的水域即为盐度锋面。为了对上述方法进行佐证,还会给出 9 至 14 号站点这一断面上温度和盐度的垂直剖面图进行分析。

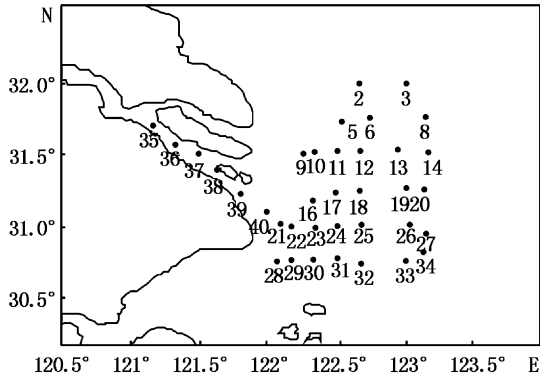


图 1 长江口水域调查站位

Fig.1 Sampling station in Estuary of Yangtze River

2 长江口水域水体结构的季节变化特征

2.1 温度(热)层化的季节特征

图 2 给出了长江口水域表层和底层海水温度

度差的等值线图,从图中可以看到:这一区域海水温度的层化现象在春季开始变得明显起来,这主要是由于进入春季,随着日照时间和强度显著增加,进入表层海水的太阳辐射通量也随之增加,进而产生了季节性的温跃层;而就空间分布来看,这一季节水体层化现象的强度是从长江口向东北方向逐渐增强的(海表底温差增大)。进入夏季,长江口水域的热层化现象依然显著,只不过随着长江入海流量的显著增加,长江口近岸水域基本都受长江冲淡水的影响(长江水本身的表底层温度差比较小),进而导致热层化水域的起始位置,或者说是受长江冲淡水影响较小水域的位置,远离岸线而向海方向拓展。又因为,该水域夏季主要受西南季风的影响,由于长江冲淡水的羽流是向东北方向发展的^[4],因此不同于春季的空间分布,夏季水体层化的强度是向东南方向逐渐增强的,主要表现为海表底温差增大。进入秋季,由于受日照时间和强度减弱的影响,海水表层逐渐失去热量,导致海表底温度差减小,意味着热层化强度减弱。而在冬季,研究水域的海表底温度差进一步减小,即温度垂向分布趋于一致,说明该海区的水体在垂向处于充分热混合的状态。

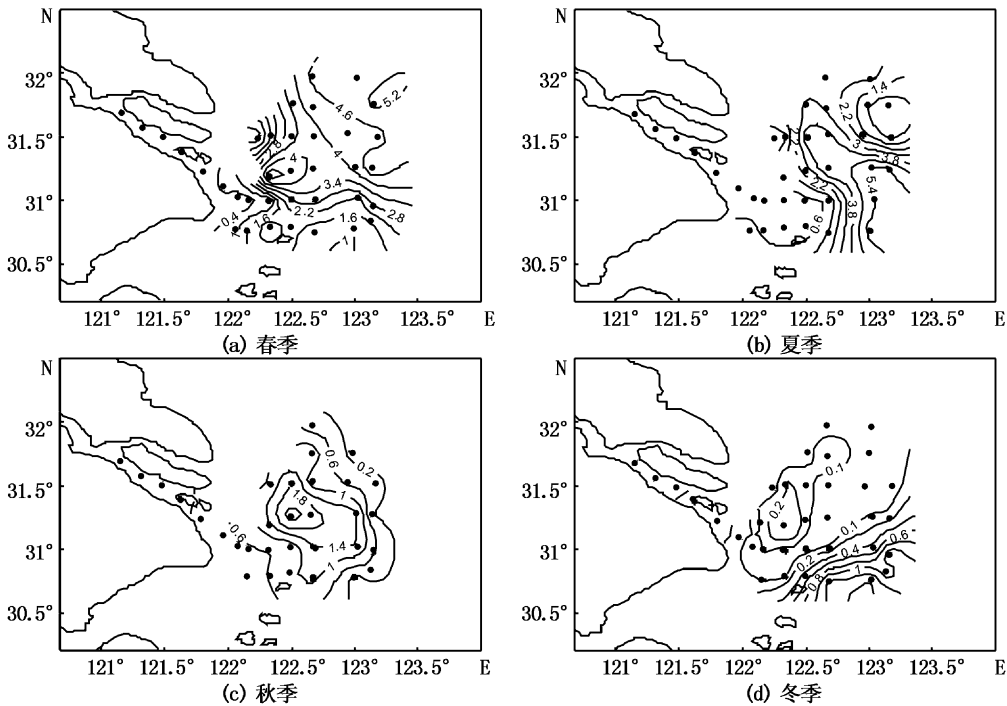


图 2 长江口水域表层和底层海水温度差($^{\circ}\text{C}$)的等值线分布

Fig.2 Distribution of isoline of temperature difference between surface and bottom water in Estuary of Yangtze River

2.2 盐度层化的季节特征

以径流量而言,长江是世界第三、中国第一大河,因此长江口水域的盐度分布显著受到长江冲淡水的影响。以往调查显示,长江入海流量也随季节变化,每年的夏秋季达到峰值^[5]。从图3显示的长江口水域盐度层化的季节特征来看,春季已经开始出现盐度层化现象,夏秋季的层化程度最为显著。其中秋季盐度的层化特征与温度的情形存在着明显的差别,因为该水域的温度

层化现象在秋季已经明显减弱。冬季由于受东北季风影响,再加上长江入海径流为全年最低值,因此长江冲淡水对研究海域盐度的影响仅局限于靠近海岸的狭长地带,而其它水域则呈现盐度充分混合的状态,这与温度的分布特征相一致,因此说明在冬季时,长江口水域垂向基本是充分混合的,由此可以进一步推断营养盐及其它可溶性物质具有类似的垂向分布状态。

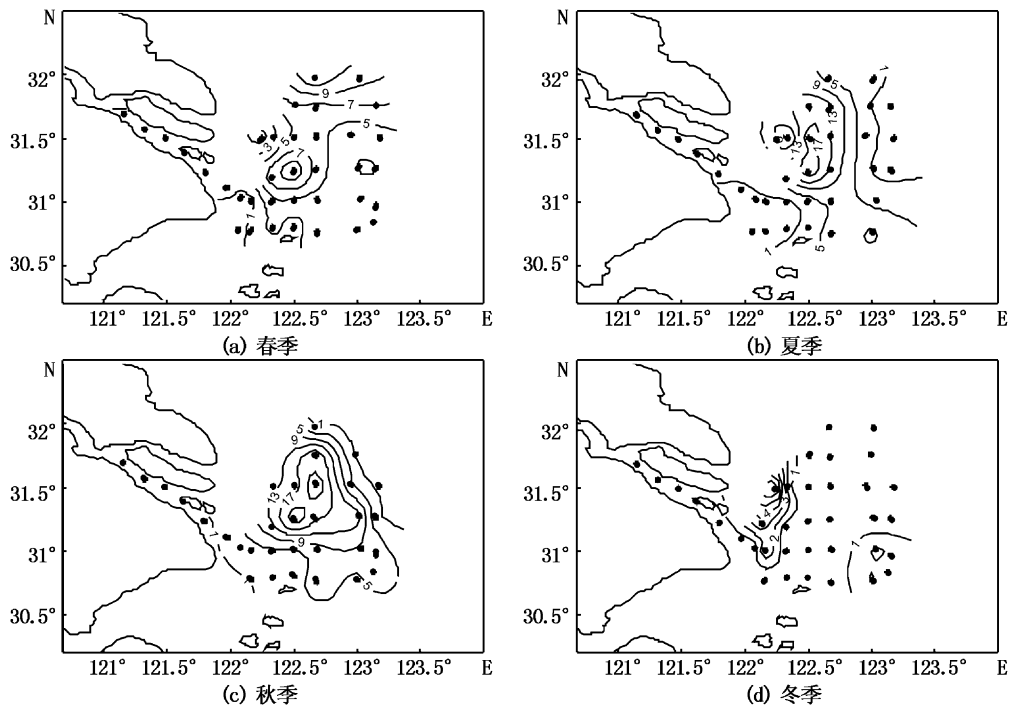


图3 长江口水域表层和底层海水的盐度差的等值线分布

Fig.3 Distribution of isoline of salinity difference between surface and bottom water in Estuary of Yangtze River

3 动力机制的分析

本文观测的水文数据虽然可以描述研究水域水体结构的季节变化特征,但显然还不足以揭示造成上述变化过程的动力机制。鉴于这一问题的重要性,下面仅根据有限的观测数据对这一问题从理论上进行简单的探讨。

一般来说,引起水体垂向混合的动力过程主要包括潮汐、风浪、内波、上升下降流以及各种原因形成的中尺度涡等;而维持水体稳定的因素主要是太阳辐射、降水以及河流冲淡水等。太阳辐射使得表层海水温度升高,降水和河流冲淡水使得上层海水盐度减小,其结果都可以形成稳定的上轻下重的水体层化结构。正是上述制约水体

结构变化的两种动力机制此消彼长,交互作用,才最终导致长江口水域水体结构(包括温度结构和盐度结构)呈现季节性的变化特征。

春季,北半球的日照时间和强度都较冬季显著增长^[8],既形成有利于藻类春季水华的有利条件,同时也使得上层水体因受热而温度升高,进而产生温度(热)层化现象,如图4a所示。实际上这种层化现象在较深的水域更加明显,这是因为一方面在近岸水浅处主要受长江冲淡水影响,海表底温差并不显著,另一方面浅水区的垂向混合过程更显著。夏季的太阳辐射进一步增强,理论上讲,这时海水的温度层化现象应该更加显著。在湖泊或近封闭的海湾(如渤海),上述推断无疑是正确的。但是长江口是一个开放的水域,

除了有局地的水动力过程,还受到远场动力过程的影响。有观测显示:台湾暖流在夏季可以延伸到长江口,带来高温高盐的底层海水^[9];另外,夏季的西南季风可在长江口外引起较强的上升流^[10],这些都决定了夏季该水域的温度(热)层化现象没有变得更加显著(图4b)。进入秋季,伴

随日照时间和强度的减弱,维持水体稳定的动力过程也随之减弱,导致垂向的热混合过程变强。因此,这时水体的热层化现象已经变得不明显了。冬季,无论是太阳辐射还是海淡水都达到全年低值,整个研究水域都呈现垂向热混合状态。

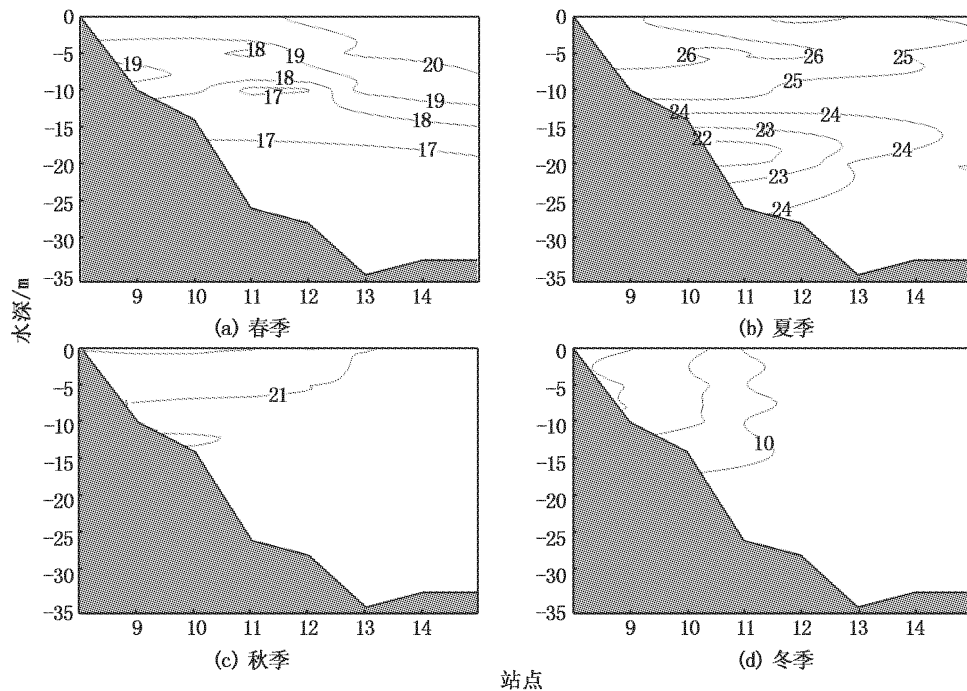


图4 长江口9-14号站点垂直断面的温度分布(°C)

Fig. 4 Temperature distribution of vertical section at stations 9-14 in Estuary of Yangtze River

如前所述,近岸河口水域的盐度分布主要受入海河流的影响,入海径流量越大,盐度层化现象越显著。从图5可以看到:在夏秋季节,长江口水域的盐度层化现象非常显著,相比而言秋季更显著一些。这是因为在夏季西南季风的作用下,长江口外存在较强的上升流^[10],进而促进盐度在垂直方向的混合。春季盐度层化现象较弱,冬季在东北季风作用下,长江冲淡水的影响基本局限于河口沿岸水域,在不受河流影响的水域,盐度在水体的垂直方向上基本是充分混合的。

就混合过程而言,研究海域的潮汐潮流都是以半日潮为主,不存在显著的季节性差异,显然不是造成长江口水域水体温盐结构季节变化的主要原因。东亚季风夏季以西南风为主,冬季以东北风为主。前者在长江口外形成上升流,后者在长江口形成下降流,都有利于水体的垂向混合。只不过在夏季,水体稳定机制(太阳辐射和

长江冲淡水)强于水体的混合机制,因此水体表现出温盐层化现象;而在冬季,太阳辐射和入海径流量均降到全年的低谷,水体稳定机制不足以抑制水体的混合过程,因此水体呈现温盐垂向均匀混合的状态。至于其它混合过程,如风浪破碎以及内波等,以本文目前的观测数据很难给出细致的分析,这里就不再赘述了。

4 结论

与以往主要关注长江口水平环流、长江冲淡水发展以及盐水入侵的研究不同,本文首次全面地描述了长江口水域水体垂向结构的季节变化规律,并就动力机制进行了理论上的分析,得到了一些有意义的结论。

长江口海域的温度和盐度在冬季基本是垂向均匀分布的,而春季开始出现层化现象,夏季层化现象更加显著,而秋季温度的层化现象由于

日照减少等原因开始减弱,但是盐度层化现象由于长江冲淡水的影响依然非常显著。通过动力机制分析,可以认为东亚季风、太阳辐射以及长

江冲淡水入海径流的季节变化是导致水体结构季节变化的基本原因。

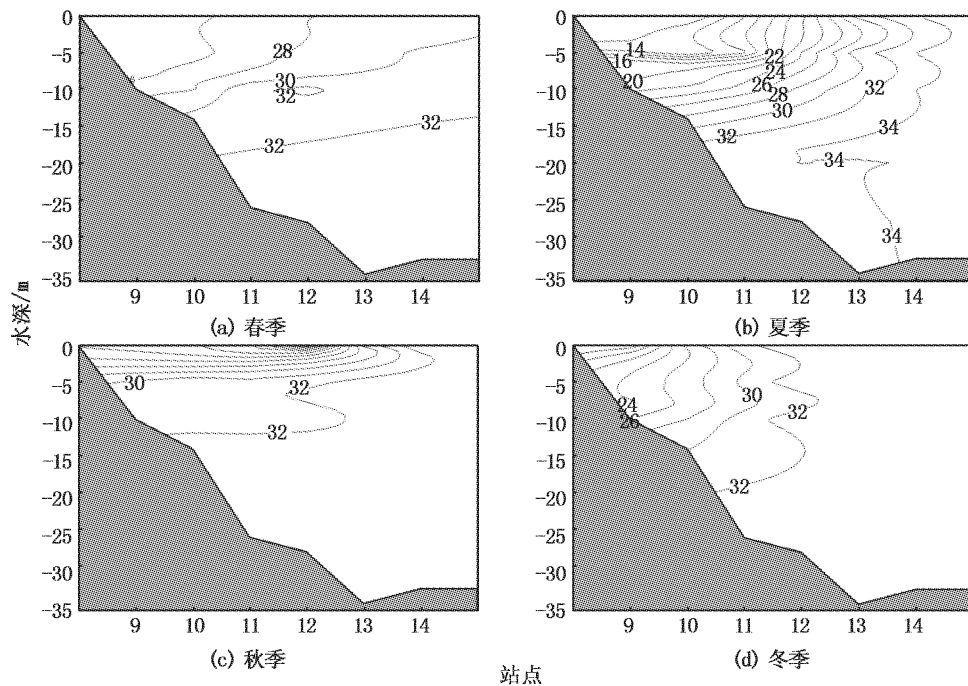


图5 长江口9-14号站点垂直断面的盐度分布

Fig. 5 Salinity distribution of vertical section at stations 9-14 in Estuary of Yangtze River

参考文献:

- [1] 范新峰,刘洪生,杨红. 长江口盐通量估算的数值模拟研究[J]. 上海海洋大学学报,2010, 19(4): 521-528.
- [2] 张宇,钟俊生,蒋日进,等. 长江口沿岸碎波带浮游动物种类组成及季节性变化[J]. 上海海洋大学学报,2011, 20(2): 252-258.
- [3] SIMPOSN J H, HUNTER J R. Fronts in Irish Sea [J]. Nature, 1974, 250: 404-406.
- [4] LODER J W, GREENBERG D A. Predicted position of tidal fronts in the Gulf Maine [J]. Continental Shelf Research, 1986, 6: 397-414.
- [5] LIU H. Annual cycle of stratification and tidal fronts in the Bohai Sea A model study [J]. Journal of Oceanography, 2007, 63(1): 67-75.
- [6] CHEN C S, XUE P F, DING P X, et al. Physical mechanisms for the offshore detachment of the Changjiang Diluted Water in the East China Sea [J]. Journal of Geophysical Research, 2008, 113 (2): 1-17.
- [7] 陈国珍,钮国义,文圣常,等. 渤海、黄海、东海地图集—水文分册[M]. 北京:海洋出版社,1992.
- [8] 刘浩,尹宝树. 一个可用于实时计算的太阳辐射模型[J]. 海洋与湖沼,2006, 37(6): 493-497.
- [9] GUO X Y, MIYAZAWA Y, YAMAGATA T. The Kuroshio onshore intrusion along the shelf break of the East China Sea: the origin of the Tsushima Warm Current [J]. Journal of Physical Oceanography, 2006, 36: 2205-2231.
- [10] LV X G, QIAO F L, XIA C S, et al. Upwelling off Yangtze River estuary in summer [J]. Journal of Geophysical Research, 2006, 111(11): 1-19.

Seasonal variation of the water column in the Estuary of Yangtze River

LIU Hao, XU Wen-shan

(*College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China*)

Abstract: The seasonal variation of water column is investigated by analyzing the observed temperature and salinity in the Yangtze Estuary. It is found that: the temperature stratification comes into being in spring along with the increase of the solar radiation; it becomes enhanced in summer and weakens in autumn, respectively; it vanishes in winter due to the strong vertical mixing mechanism as well as the decrease of solar radiation. On the other hand, the salinity distribution is affected by the runoff of Yangtze River. Therefore, the salinity stratification is the most obvious in summer and autumn, and it is not that apparent in spring. In winter, the northeaster prevails, and the Yangtze diluted water is confined to the coast, so the salinity is well mixed in the vertical. Furthermore, the dynamic mechanisms governing the seasonal variation of the water column are discussed. The above knowledge is essential for better understanding the distribution and transport of main nutrients and pollutants in the Yangtze Estuary.

Key words: Yangtze diluted water; stratification and mixing; temperature; salinity; the Estuary of Yangtze River