

东海西部近海春、秋季水团特征分析

朱 佳¹, 胡建宇^{1,2*}, 杨龙奇¹, 陈照章¹, 孙振宇^{1,2}

(1. 厦门大学海洋与地球学院, 近海海洋环境科学国家重点实验室, 福建 厦门 361012;

2. 南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海), 广东 珠海 519082)

摘要: 水团的季节分布特征及温盐结构的时空变化, 对近海水文、气候和渔场位置都有着重要影响。本文基于东海西部近海春、秋季航次的温盐深实测资料, 分析了温度和盐度在平面上和垂向上的空间分布特征, 并采用模糊聚类法及T-S相似度法将调查海域的水团划分为5个: 闽浙沿岸水、混合水、台湾暖流水、黑潮表层水及黑潮次表层水。闽浙沿岸水在沿岸呈带状分布, 春季其与混合水交汇时形成狭长的温、盐锋面。黑潮表层水春季占据了远岸海域75 m以浅的绝大部分海域, 并在50 m层向岸延伸出两条高盐水舌; 秋季仅分布在调查海域东北角, 在东南部则被台湾暖流水取代。黑潮次表层水在春、秋季均存在跨陆架的涌升现象, 秋季涌升至50 m层, 并将台湾暖流水截断为南、北两部分。

关键词: 东海西部近海; 水团; 模糊聚类法; T-S 相似度法

中图分类号: P 731.23 **文献标志码:** A

东海陆架位于东亚季风区, 在冬季盛行东北季风, 在夏季盛行西南季风。季风及太阳辐射的季节变化对东海环流和水文特征产生重要影响。本文研究海域(图1)位于东海西部近海、长江口以南、水深浅于100 m的东海陆架区, 由北向南分布有渔山、温台、闽东渔场, 近岸岛屿众多, 等深线分布密集。以往研究表明, 东海陆架存在3支重要流系: 一是沿岸南下的闽浙沿岸流; 二是黑潮的东海段; 三是起源于台湾东北和台湾海峡, 跨过陆坡穿越到东海陆架, 并与沿岸水体混合的台湾暖流^[1-7]。有研究表明台湾暖流的向岸分支顺着等深线沿水下深槽持续北上, 能够上溯至长江口外^[8]。这些流系的强弱和范围, 决定着东海陆架的水文结构及水团的分布和性质, 而水团的分布和变化对渔场的形成和位移, 以及渔季和渔获量的变化也至关重要。

以往对东海水团的研究主要应用聚类分析法^[9-20], 结合Fisher型逐步判别法^[21]、对应分

收稿日期: 2021-07-21 **录用日期:** 2021-10-07

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFC1406302); 国家自然科学基金青年基金(42106005)

***通信作者:** hujy@xmu.edu.cn

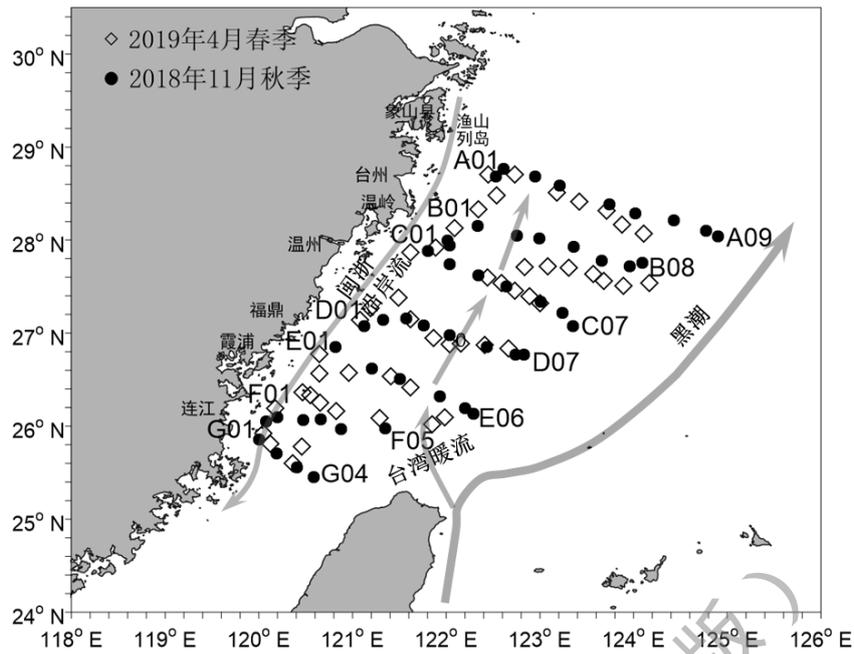
析法（包含T-S图解法）^[12,22-25]、曲线族拟合法^[26]和四边形法^[27]等方法对东海以及浙江近海的水团进行划分，并阐述各水团的特征和水系边界的季节变动规律。综合已有研究结果，东海的水团总共可归结为以下10类：大陆冲淡水、黄东海混合水、东海表层水、东海混合水或东海暖水、台湾暖流水、东海次表层水、黑潮表层水、黑潮次表层水、黑潮次-中层水和黑潮中层水。

关于东海西部近海的水团研究虽不少，采用的水团分类法多为传统的方法，且关于东海西部近岸的水团研究多集中于夏季型和冬季型^[10,12-16,21,25]，对于春、秋季过渡型水团的刻画较少^[19,24]，指出春季与冬季相比，表层江浙沿岸水和台湾暖流表层水范围东移；秋季与夏季相比，表层江浙沿岸水西缩，台湾暖流表层水略向北扩展，底层的台湾暖流深层水消失^[19]。Qi 等^[20]将东海西部近岸的四季水团划分为陆架沿岸水、黄海表层水、黄海底层水、东海表层和东海深层水，并未划分台湾暖流。吴晓丹等^[24]根据夏季长江口附近海域的断面 T-S 曲线虽划分出了台湾暖流和黑潮表层水，但仅限于夏季和垂直断面方向上。本文基于 2018 年秋季和 2019 年春季东海西部近海调查航次的实测数据，分析该海域的温、盐平面与断面的分布及特征，通过模糊聚类法及近年新发展出的 T-S 相似度法^[28]划分水团，给出直观的立体分布图，并对台湾暖流水和黑潮次表层水进行划分和讨论，是对东海西部近海春、秋季的温、盐分布和过渡型水团细致结构的补充，也为进一步了解台湾暖流的季节变化和黑潮水分支的前锋及路径的时空变化提供资料。

1 数据与方法

1.1 数据来源

2018 年 11 月 17 日—12 月 4 日与 2019 年 4 月 8 日—4 月 23 日，厦门大学于 119.5°~125.5° E，25°~29° N 海域范围内进行为期 28 天和 16 天的秋季和春季航次调查，分别在 49 和 50 个站点（图 1），使用温盐深（CTD）剖面仪采集数据。从北向南共 7 条断面：A01-A09、B01-B08、C01-C07、D01-D07、E01-E06、F01-F05 及 G01-G04。



图中灰色箭头示意黑潮、台湾暖流、闽浙沿岸流。

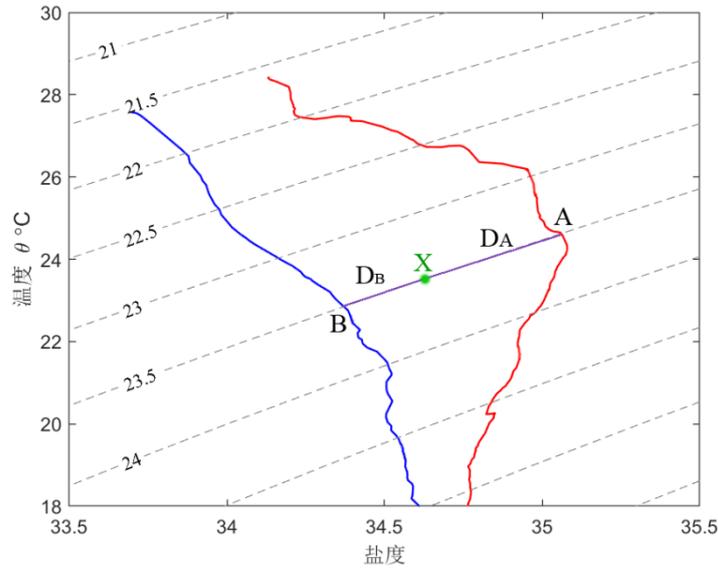
图1 东海西部近海调查站点分布

Fig. 1 Schematic map of observation stations and the major aspects of the shelf currents system

1.2 水团分类方法

T-S 相似度法主要是计算水体样本与典型水团曲线在等密面上的温、盐相似度从而划分水团的一种方法，是传统水团分类法的有效补充。本文先采用模糊聚类法而后应用 T-S 相似度法，其优势在于，可在聚类法等传统水团分类结果的基础上进一步准确地确定水团边界，划分标准具有更加明确的物理意义。T-S 相似度法在南海北部的水团划分上已取得了初步进展^[28]，成功地划分出了南海次表层水与太平洋次表层水的界限。T-S 相似度法简要介绍如下：

定义 T-S 相似度 (TSSN, Γ) 为某个随机水样本与典型水团的相似度，数值为 0~1 之间。如图 2 所示，X 为某水样，A、B 分别为 X 沿着其所在等密线与典型水团 T-S 曲线的交点。



图中红线和蓝线分别代表典型水团 A 和 B 的 T-S 曲线，虚线为等密度线，绿点 X 代表某一个水样的 TS 点。

图 2 T-S 相似度法的示意图

Fig. 2 Schematic diagram for calculating the T-S similarity number

参数被定义为：

$$\Gamma = \frac{D_A}{D_A + D_B}, \quad (0 \leq \Gamma \leq 1) \quad (1)$$

其中， D_A 和 D_B 是 X 与交点 A、B 的距离，分别为：

$$D_A = \int_{S_A}^{S_x} \sqrt{1 + \left(\frac{dT}{dS}\right)^2} dS \quad (2)$$

$$D_B = \int_{S_x}^{S_B} \sqrt{1 + \left(\frac{dT}{dS}\right)^2} dS \quad (3)$$

在此 S_A 、 S_B 、 S_x 分别为 A、B 和 X 点的盐度。由以上 3 个公式可推出， Γ 的值越接近 0，代表 X 水样与典型 A 型水团的相似度越高；反之， Γ 的值越接近 1，代表 X 水样与典型 B 型水团的相似度越高。我们将 $\Gamma=0.5$ 作为划分 A 型与 B 型水团的分界值。

2 温盐结构

2.1 温盐平面结构

在进行水团分类前，先对调查海域的温、盐分布特征进行分析。图 3 和图 4 分别是东海

西部近海春季（2019年4月）和秋季（2018年11月）各层的温、盐平面分布图。

由图 3(a)可见，春季的温度分布呈现近岸低远岸高、西北低东南高的整体趋势。低温区沿近岸呈带状分布，低温中心位于渔山列岛南面的 28~29° N 近岸 0~20 m 层，最低温出现在 C01 站的 5~20 m 处，低至 13.9 °C。沿低温区的外侧有一条明显的水平温度梯度带分布，从 C02 站到 C03 站（约 65 km），两站温差可达 7.8 °C。相对高温区位于台湾岛西北附近海域，最高可达 24.1 °C，最高温出现在 E04 站的 0~40 m 层。值得注意的是，由于次表层水跨陆架向东海西部陆架区涌升^[29]，50 m 处相对高温区迅速缩小至 E04 站区域，其北面均被低于 19 °C 的水体所占据。

近岸低盐区基本与低温区相吻合（图 3(b)）。受闽浙沿岸水的影响，渔山列岛附近的盐度低于 28.0，最低盐度 26.48 出现在 C01 站的表层。近岸的低盐水与远岸水交汇，形成了一条狭长的盐度梯度带，C01 站与 C03 站的表层盐度差可达 8.3。远岸的 2~50 m 层可见两条盐度大于 34.70 的高盐水舌，朝西和西北方向延伸至调查海域中部，其中 C07 站大约 50 m 层的盐度大于 34.8。75~100 m 层，高盐水舌汇集成一体，盐度保持在 34.8 左右。

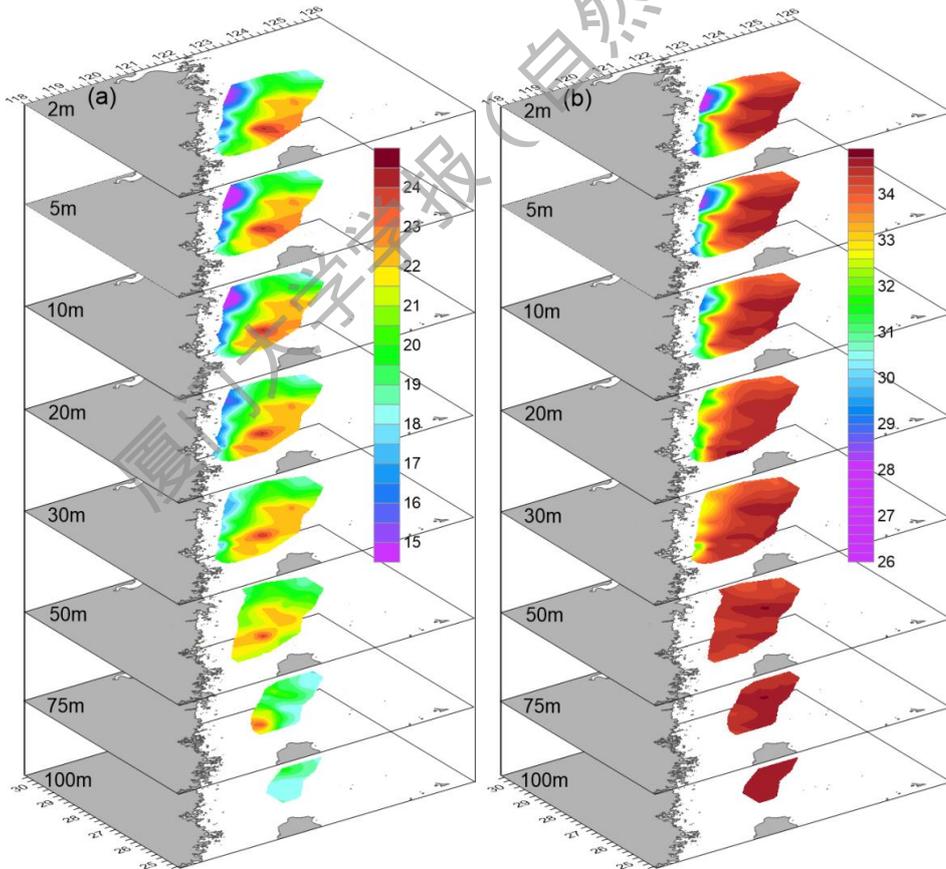


图 3 东海西部近海春季（2019年4月）的温（a）、盐（b）平面分布

Fig. 3 Distributions of temperature (a) and salinity (b) in the western East China Sea in spring (April, 2019)

由图 4(a)可见，调查海域秋季的温、盐分布与春季有所不同，表层多为高温区所覆盖。比起春季，秋季近岸的低温区强度、范围明显减小，水平温度锋面不复存在，近岸与外海的温差约 2.1 °C。南、北各有一个高温中心，北部的高温区在 5~75 m 层均可见，位于离岸最远的 A09 站，温度 24.0 °C；南部的高温区在 2~30 m 层位于台湾岛北面的 E04 和 F05 站，50~75 m 层则南移至靠近台湾岛西北的 F05 和 G04 站，温度均在 23.7 °C 以上。值得注意的是，受黑潮次表层水涌升的影响，在调查海域南部边缘的 50 m 层出现一个低温高盐区，打破了高温区原本较完整的分布格局。

秋季沿岸冲淡水的强度和范围较春季均明显减弱，冲淡水贴岸南下，因调查站位离岸较远，图 4(b)的中南部近岸才观测到冲淡水的踪迹，最低盐度约 29.9。冲淡水在中部的 C、D、E 3 个断面向外扩散。

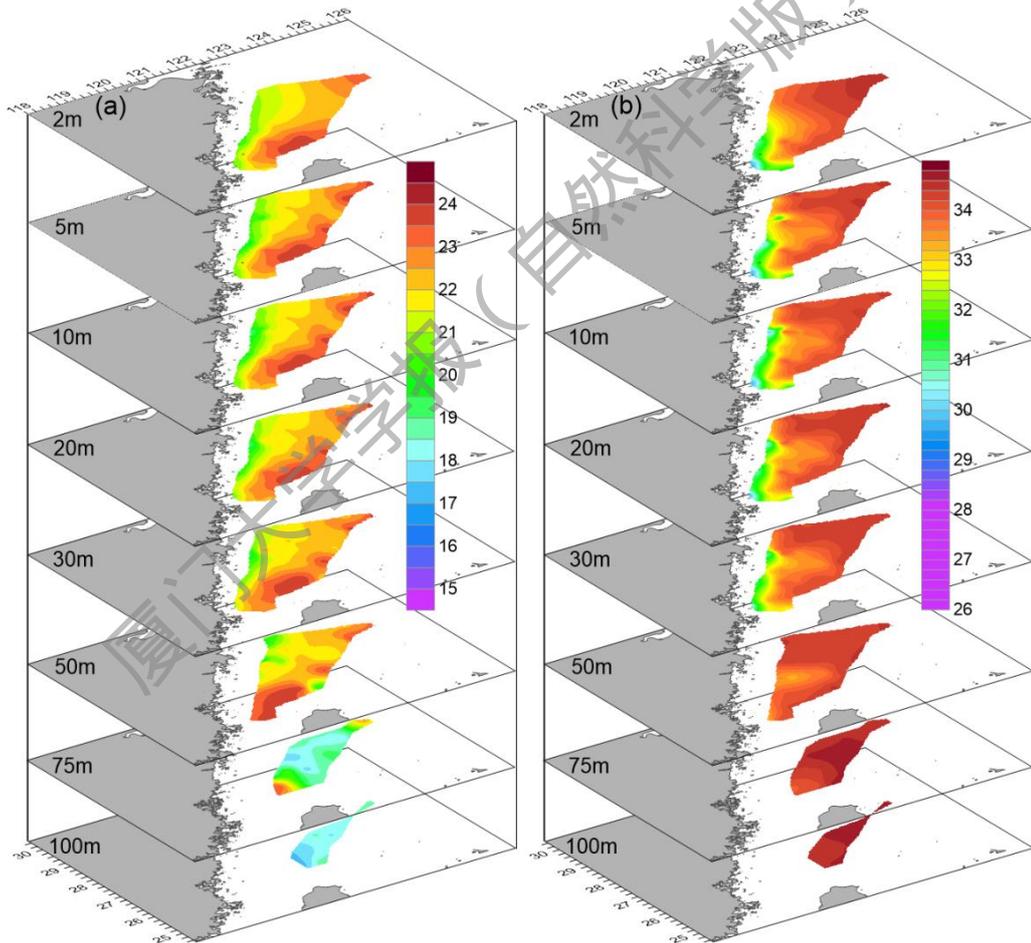


图 4 东海西部近海秋季（2018 年 11 月）的温 (a)、盐 (b) 平面分布

Fig. 4 Distributions of temperature (a) and salinity (b) in the western East China Sea in autumn (November,

2018)

2.2 温盐断面结构

图 5 和图 6 是春季和秋季的温、盐断面分布图。由图 5 的断面分布上看 (B 断面遮挡较多, 故未画出), 春季, 温度低于 17°C 且盐度小于 31.5 的低温低盐水分布于各断面的近岸站点, 厚度可达 25 m; E 断面的中部存在一个高温水柱, 位于 E04 站, 影响深度可达底层, 其中 0~40 m 的温度可达 24.1°C , 由表至底的水温较其它站位高出 $2.0\sim 5.8^{\circ}\text{C}$ 。D 断面远岸站点的底层, 以及 C 断面和 E 断面的远岸站点由表及底的盐度均大于周围站点, 在 34.7~34.8 之间, 显示出黑潮水的高盐性质。

秋季 (图 6), 断面温、盐结构显示出温度近岸低、远岸高、底层低、上层高, 盐度近岸低、远岸高、上层低、底层高的总体趋势。

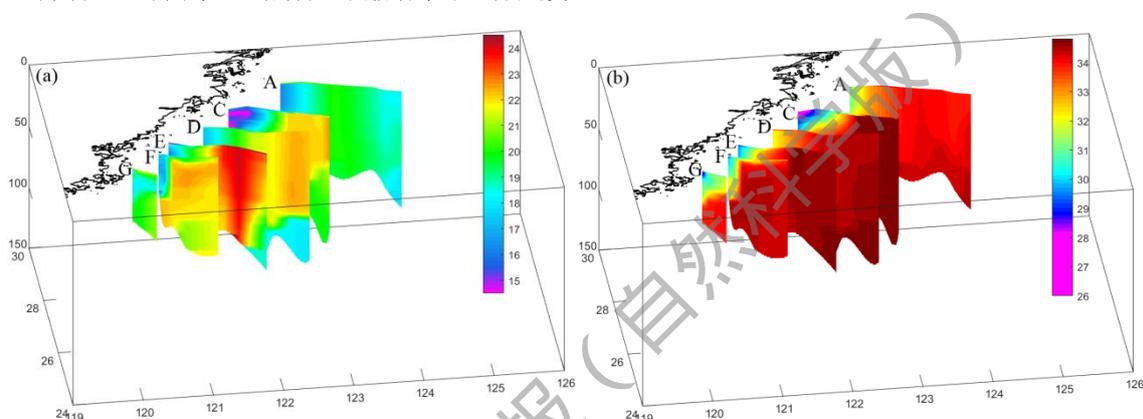


图 5 东海西部近海春季 (2019 年 4 月) 的温 (a)、盐 (b) 断面分布

Fig. 5 Cross-sections distributions of temperature (a) and salinity (b) in the western East China Sea in spring (April, 2019)

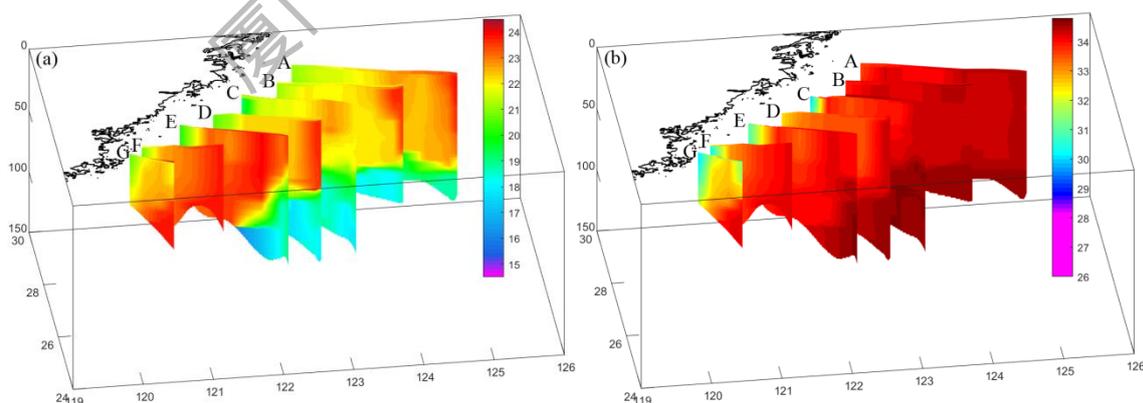


图 6 东海西部近海秋季 (2018 年 11 月) 的温 (a)、盐 (b) 断面分布

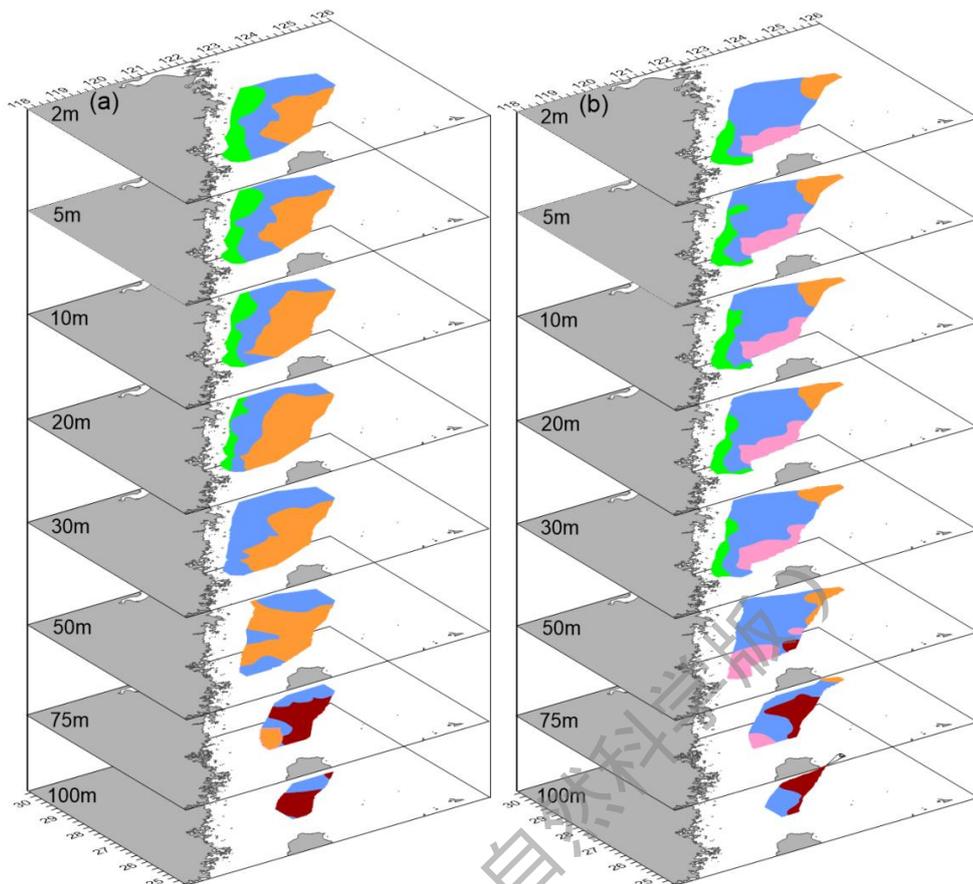
Fig. 6 Cross-sections distributions of temperature (a) and salinity (b) in the western East China Sea in autumn (November, 2018)

3 水团分类

采用模糊聚类法对春、秋季的温盐资料进行水团初步划分，而后应用 T-S 相似度法在初步划分的基础上，对各水团进行再划分并确定水团边界。结果（图 7）显示，调查海域可初步划分为 5 类水团：闽浙沿岸水（F）、混合水（M）、黑潮表层水（KS）、台湾暖流水（SW）及黑潮次表层水（KU）。其中，混合水（M）指的是沿岸水、台湾暖流水和黑潮水三者的混合，是水团特征介于三者之间的水体。春、秋季各水团的温、盐核心值见表 1。

春季（图 7(a)），闽浙沿岸水 F 分布在近岸区域的表层至 20 m 层，盐度核心值为 29.5；黑潮表层水 KS 主要分布在远岸的 50 m 以浅，50 m 层 KS 延伸出两条水舌向近岸逼近，75 m 层以下高盐的黑潮次表层水 KU 跨陆架涌升，将 KS 逼退至台湾海峡北口附近；混合水 M 在 30 m 层分布范围最大，其下随着 KS 和黑潮次表层水 KU 的加强，M 的分布范围逐渐缩小。

秋季（图 7(b)），闽浙沿岸水 F 集中在近岸区域的 30 m 层以上，且往南、向外扩展至台湾海峡北口，盐度核心值为 31.5；黑潮表层水 KS 分布在调查海域的东北角，温、盐核心值分别为 23.5 和 34.4；KS 由表层至 75 m 层均可见，但范围随着深度增加，逐渐向东北退缩。台湾暖流水 SW 分布在 50 m 以浅的调查海域东南部，在 50 m 层因黑潮次表层水 KU 的涌升从而被隔断成南大北小的两个部分，随着 KU 在 75 m 层以下的强度和范围逐渐增强，SW 也被混合水 M 取代。



绿色-闽浙沿岸水 (F), 蓝色-混合水 (M), 橘色-黑潮表层水 (KS), 粉色-台湾暖流水 (SW), 深红色-黑潮次表层水 (KU)。

图 7 东海西部近海春季 (a) 与秋季 (b) 的水团分布

Fig. 7 Water mass classification in the western East China Sea in spring (a) and autumn (b)

表 1 东海西部近海春季与秋季的各水团温、盐核心值

Tab. 1 Core values of temperature and salinity of water masses in the western East China Sea in spring and autumn

水团	春季		秋季	
	T (°C)	S	T (°C)	S
F	15.6	29.5	20.4	31.5
M	20.1	32.9	21.8	33.0
KS	22.4	34.5	23.5	34.4
SW			23.0	34.2
KU	17.8	34.7	18.7	34.6

4 讨论

关于调查海域内的闽浙沿岸水和黑潮水的来源、特征和范围, 以往研究已基本达成共识,

但对台湾暖流的季节分布和来源仍存在争议。传统的台湾暖流指的是具有高温高盐特征，由南向北流经我国闽、浙沿岸的海流。有学者认为台湾暖流是常年存在的^[1-2, 29-34]，也有论据表明台湾暖流深层水属季节水团，仅存在于暖半年（4—9月）^[19]。同时也有研究结果显示冬季台湾暖流并未入侵东海^[35-36]，或仅在50 m层或底层入侵东海^[38]。

从本文所获的温、盐结构和水团分类结果来看，2019年4月春季分布在调查海域东南部50 m以浅的高温高盐水体，虽然其位置与以往研究中的台湾暖流分布范围相吻合，但其盐度（ $34.3 \leq S \leq 34.8$ ）又高于台湾暖流表层水（ $33.1 \leq S \leq 34.2$ ）^[19, 38]，因此该水体特性更贴合黑潮水^[39-41]，亦可能属于两者的混合。考虑到台湾暖流的定义、来源以及该水体所处深度，我们将其暂归为黑潮表层水KS。此外，2018年11月秋季位于调查海域75 m以浅的高温水体，东北角34.4的盐度核心值要明显高于东南部的34.2的盐度核心值，且二者的分布并不连续，故东北角的水体属于黑潮表层水KS，而东南部的水体属于台湾暖流水SW。

最后还需一提的是，因各流系变化可能存在较大的年际变动，本文基于两个航次观测得出的水团分布结论具有一定的局限性，还缺乏调查海域夏、冬季的实测数据，故在季节变化和延续的讨论上尚不完整，还需在今后的研究中继续完善补充，并搜集温度、盐度以外的其他参数，尝试将台湾暖流表层水和黑潮表层水KS这两者明确地划分出来。

5 结论

在2019年4月春季及2018年11月秋季两个航次调查中，东海西部近海的温、盐分布在平面和垂向上存在空间分布差异，同时在水团分布上也具有明显的季节变化特征。主要结论如下：

1) 调查海域春、秋季可划分为5个水团：闽浙沿岸水、混合水、台湾暖流水、黑潮表层水及黑潮次表层水。

2) 春季，低温低盐的闽浙沿岸水呈带状分布，与远岸水交汇处形成了一条狭长的温度、盐度梯度带。黑潮表层水占据了远岸海域75 m以浅的大部分区域，并在50 m层延伸出两条向岸的高盐水舌。

3) 秋季，闽浙沿岸水的强度和范围明显减弱，温度和盐度锋面不复存在，调查海域南、北部50 m以浅各有一个高温区，分别是台湾暖流水和黑潮表层水，南部的台湾暖流水在50 m层被涌升的黑潮次表层水隔断成两部分。

致谢：感谢黄志达、黄汝辉等参与现场观测。

参考文献：

- [1] 翁学传, 王从敏. 台湾暖流水的研究[J]. 海洋科学, 1985, 9(1): 7-10.
- [2] 翁学传, 王从敏. 关于台湾暖流水的研究[J]. 中国海洋大学学报自然科学版, 1989, 19(1): 159-168.
- [3] YANG D, YIN B, LIU Z, et al. Numerical study of the ocean circulation on the East China Sea shelf and a Kuroshio bottom branch northeast of Taiwan in summer[J]. Journal of Geophysical Research: Oceans, 2011, 116, C05015.
- [4] YANG D, YIN B, LIU Z, et al. Numerical study on the pattern and origins of Kuroshio branches in the bottom water of southern East China Sea in summer[J]. Journal of Geophysical Research: Oceans 2012, 117, C02014.
- [5] LIU Z, GAN J, WU H, et al. Advances on coastal and estuarine circulations around the Changjiang Estuary in the recent decades (2000–2020)[J]. Frontiers in Marine Science, 2021, 8: 102553.
- [6] LIU Z, GAN J, HU J, et al. Progress of studies on circulation dynamics in the East China Sea: The Kuroshio exchanges with the shelf currents[J]. Frontiers in Marine Science, 2021, 8: 620910.
- [7] LIU Z, GAN J, HU J, et al. Progress on circulation dynamics in the East China Sea and southern Yellow Sea: Origination, pathways, and destinations of shelf currents[J]. Progress in Oceanography, 2021: 102553.
- [8] ZHU J, CHEN C, DING P, et al. Does the Taiwan warm current exist in winter [J]. Geophysical Research Letters, 2004, 31: L12302.
- [9] 苏育嵩, 喻祖祥, 李凤岐. 聚类分析法在浅海水团分析中的应用及黄、东海变性水团的分析[J]. 海洋与湖沼, 1983, 14(1): 1-13.
- [10] 李凤岐, 苏育嵩, 喻祖祥. 聚类分析法在浅海变性水团分析中的试验[J]. 海洋学报, 1983, 5(6): 675-686.
- [11] 李凤岐, 王凤钦, 苏育嵩, 等. 黄、东海域春季水团的模糊分析[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 1989 (s1): 35-46.
- [12] 许建平. 浙江近海上升流区的水团分析[J]. 海洋学研究, 1984, 6(3): 281-292.
- [13] 苗育田, 于洪华, 刘清玉. 1984年夏季东海水团的聚类分析[J]. 海洋与湖沼, 1987, 18(4): 388-395.
- [14] 王凤钦, 李凤岐, 苏育嵩. 变性水团软划分的一种FUZZY模式[J]. 青岛海洋大学学报, 1989(S1): 60-68.
- [15] 卢中发. 模糊目标函数聚类算法及其在东海黑潮水团分析中的应用[J]. 海洋学报, 1989, 11(3): 265-274.
- [16] WANG F, LI F, SU Y. Elastic classification of modified water mass in shallow sea[J]. Journal of Ocean university of Qingdao, 1989, 5(s1): 462-473.
- [17] 杨冬梅, 李凤岐, 苏育嵩, 等. 水团分析中的模糊数学方法[J]. 海洋与湖沼, 1992, 23(3): 227-234.
- [18] ZHOU D, LIANG Y, ZENG C. Oceanology of China Seas: water masses in China Seas[M]. Amsterdam: Springer, 1994: 3-17.
- [19] 张启龙, 王凡. 舟山渔场及其邻近海域水团的气候学分析[J]. 海洋与湖沼, 2004, 35(1): 48.
- [20] QI J, YIN B, ZHANG Q, et al. Analysis of seasonal variation of water masses in East China Sea[J]. Chinese Journal of Oceanology & Limnology, 2014. 32(4): 958-971.
- [21] 洪波, 杨红. Fisher型逐步判别法在东海水团判别中的初步应用[J]. 海洋渔业, 2005, 27(2): 143-149.

- [22] 苏育嵩, 李凤岐, 王凤钦. 渤、黄、东海水型分布与水系划分[J]. 海洋学报, 1996, 18(6): 1-7.
- [23] 潘玉球, 黄树生. 水团相互作用与东海高密水环流的演变[J]. 东海海洋, 1997, 15(2): 1-14.
- [24] 吴晓丹, 宋金明, 李学刚. 长江口邻近海域水团特征与影响范围的季节变化[J]. 海洋科学, 2014, 38(12): 110-119.
- [25] LIAN E, WU H, YANG C, et al. Kuroshio subsurface water feeds the wintertime Taiwan Warm Current on the inner East China Sea shelf[J]. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 2016, 121, 4790-4803.
- [26] 张媛, 吴德星, 林霄沛. 东海PN断面水团分布的季节变化[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2009, 39(3): 369-374.
- [27] CHEN C, RUO R, PAI S, et al. Exchange of water masses between the East China Sea and the Kuroshio off northeastern Taiwan[J]. *Continental Shelf Research*, 1995, 15(1): 19-39.
- [28] ZHU J, ZHENG Q, HU J, et al. Classification and 3-D distribution of upper layer water masses in the northern South China Sea[J]. *Acta Oceanologica Sinica*. 2019, 38(4): 126-135.
- [29] BEARDSLEY R, LIMEBURNER R, YU H, et al. Discharge of the Changjiang (Yangtze River) into the East China[J]. *Continental Shelf Research*, 1985, 4(1-2): 57-76.
- [30] GUAN B, MAO H. A note on circulation of the East China Sea[J]. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 1982, 1(1): 5-16.
- [31] FANG G, ZHAO B, ZHU Y. Water volume transport through the Taiwan Strait and the continental shelf of the East China Sea measured with current meters[J]. *Elsevier oceanography series*, 1991, 54: 345-358.
- [32] SU Y, WENG X. Water masses in China seas, in *Oceanology of China Seas*[M]. Netherlands: Kluwer Academic, 1994: 3-16.
- [33] GUAN B, FANG G. Winter counter-wind currents off the southeastern China coast: A review[J]. *Journal of Oceanography*, 2006, 62(1): 1-24.
- [34] ZHU J, HU D, XIAO C. Observed residual currents off the Changjiang (Yangtze) River mouth in wintertime of 1959 and 1982[J]. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 2004, 22(3): 244-249.
- [35] QIU B, IMASATO N. A numerical study on the formation of the Kuroshio Counter Current and the Kuroshio Branch Current in the East China Sea[J]. *Continental Shelf Research*, 1990, 10(2): 165-184.
- [36] NAIMIE C, BLAIN C, LYNCH D. Seasonal mean circulation in the Yellow Sea—a model-generated climatology [J]. *Continental Shelf Research*, 2001, 21: 667-695.
- [37] KONDO M. Oceanographic investigations of fishing grounds in the East China Sea and the Yellow Sea, 1: Characteristics of the mean temperature and salinity distributions measured at 50m and near the bottom[J]. *Bulletin of the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory*, 1985, 62: 19-55.
- [38] 王从敏. 夏季的台湾暖流水—对1981年7月台湾以北断面温盐资料的初步分析[J]. 海洋科学, 1983, 4: 1-4.
- [39] 赵瑞祥, 刘志亮. 台湾东北部黑潮次表层水入侵的季节变化规律[J]. 海洋学报, 2014, 36(1): 20-27.
- [40] 赵瑞祥, 刘志亮. 台湾东北部黑潮表层水入侵东海陆架的季节变化规律[J]. 海洋科学, 2015, 39(7): 118-123.
- [41] YANG D, YIN B, CHAI F, et al. The onshore intrusion of Kuroshio subsurface water from February to July and a mechanism for the intrusion variation[J]. *Prog Oceanogr*, 2018, 167: 97-115.

Characteristics Analysis of water masses in the western East China Sea in spring and autumn

ZHU Jia¹, HU Jianyu^{1,2*}, YANG Longqi¹, CHEN Zhaozhang¹, SUN

Zhenyu^{1, 2}

(1. State Key Laboratory of Marine Environmental Science, College of Ocean and Earth Sciences, Xiamen University, Xiamen 361012, China; 2. Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory (Zhuhai), Zhuhai 519082, China)

Abstract: The seasonal distribution characteristics of the water masses and the temporal and spatial variation of temperature-salinity structure have important influence on the hydrology, climate and fishery locations of offshore waters. Based on the CTD data during spring and autumn cruises in the western East China Sea, the spatial distributions of temperature and salinity are analyzed, and 5 water masses are classified by using the fuzzy clustering method and T-S similarity method: the Min-Zhe coastal water, the mixed water, the Taiwan Warm Current water, the Kuroshio surface water and the Kuroshio subsurface water. The Min-Zhe coastal water is distributed in a zonal pattern along the west coast, and it forms a long and narrow strong front of temperature and salinity when it intersects with the mixed water in spring. The Kuroshio surface water occupies the offshore area shallow than 75 m in spring, with two high salinity water tongues extending to nearshore at the 50 m layer; in autumn, the Kuroshio surface water is only distributed northeast of the investigated region but is replaced by the Taiwan Warm Current water in the southeast. The Kuroshio subsurface water upwells across the continental shelf in both spring and autumn, and it upwells to 50 m in autumn, cutting off the Taiwan Warm Current water into two parts.

Keywords: western East China Sea; water mass; fuzzy clustering method; T-S similarity method