

南黄海春季水团分析*

张启龙 翁学传 杨玉玲

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

提要 根据1992年5月在南黄海取得的CTD资料和两个断面(34°N, 36°N)的温、盐度和溶解氧资料, 利用“对应分析法”研究该海域的水团配置和特性, 并对其中的某些问题进行探讨。结果表明: 春季, 南黄海海域存在8个水团, 即黄海水、南黄海冷水团、青岛冷水团、黄海暖流水以及长江冲淡水、苏北沿岸水、成山角冷水和朝鲜西岸沿岸水; 南黄海冷水团是由黄海本地冷水和黄海暖流变性水组成, 其内部的温、盐性质并不十分均匀; 青岛冷水团来源于黄海沿岸水(渤南沿岸水), 具有独特的温、盐结构和长消过程, 是一个独立的水团而不是南黄海冷水团的组成部分。

关键词 南黄海 水团 南黄海冷水团

关于南黄海中、西部海域夏季的水团, 已有许多学者作过分析, 特别对黄海冷水团的研究尤为深入(赫崇本等, 1959; 管秉贤, 1963; Nakao, 1977; 翁学传等, 1988), 但是, 对该海域春、秋季水团的研究却较少。本文对南黄海海域春季的水团配置和特性进行分析。

1 资料和划分方法

1.1 资料 主要利用“科学一号”调查船于1992年5月19日—6月2日在南黄海取得的CTD资料(站位见图1a)。此外, 文中还引用了同年5月10—15日国家海洋局完成的南黄海34°N和36°N两个标准断面的温、盐度和溶解氧观测资料。

1.2 划分方法 采用“对应分析法”来划分研究海域的水团, 鉴于“对应分析法”的基本原理和使用原则已有详细介绍(张启龙等, 1985; 翁学传等, 1989; 翁学传等, 1992), 故在此不再赘述。

本文将南黄海1992年5月(春季)所获取的温、盐度和溶解氧资料作为独立变量进行计算, 得出了相应的因子点聚图。以下根据由这些因子点聚图分析得出的结果, 来具体研究南黄海海域春季水团的配置和特性, 并对其中的某些问题进行讨论。

2 水团配置和特性

2.1 水团配置

分析结果表明, 春季南黄海海域存在8个水团, 即黄海水、南黄海冷水团、青岛冷水团、黄海暖流水以及长江冲淡水、苏北沿岸水、成山角冷水和朝鲜西岸沿岸水(图1)。在上表层, 大部分海域为黄海水和黄海暖流水所盘踞, 仅在研究海域东北和西北两

*国家自然科学基金资助项目, 49176249号。张启龙, 男, 出生于1954年2月, 副研究员。

收稿日期: 1994年1月31日, 接受日期: 1994年5月10日。

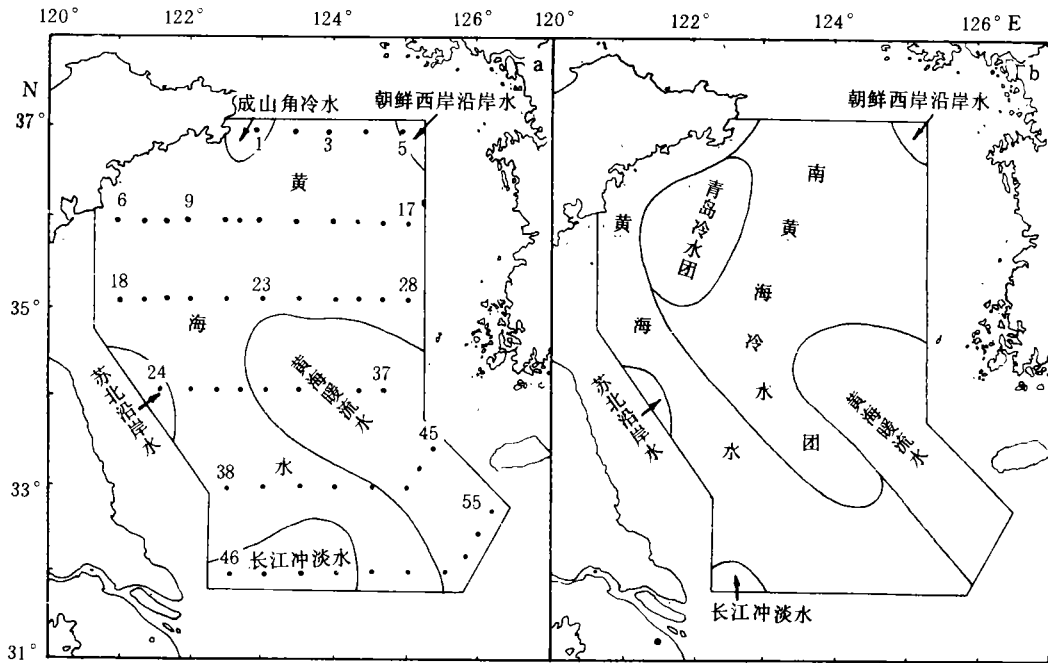


图1 南黄海水团配置

Fig.1 The distributions of water masses in the South Yellow Sea

a. 表层 (2m); b. 底层.

表示测站位置; 数字为站号.

隅、西侧和南侧, 分别出现范围不大的朝鲜西岸沿岸水、成山角冷水、苏北沿岸水和长江冲淡水。在深底层, 南黄海冷水团和青岛冷水团已相继形成, 潜居于黄海水之下; 黄海暖流水和朝鲜西岸沿岸水的分布范围与上层相近; 苏北沿岸水和长江冲淡水的分布范围已大为缩小。

2.2 水团特性

2.2.1 黄海水

该水团是由进入黄海的外海水与沿岸水混合后形成的。从温、盐性质看, 这一水团均一性较差, 具有明显的混合水特征。黄海水的温度, 表层 (2m 处, 全文同) 在 13.47—19.63 °C 间, 底层为 10.16—16.06 °C (表 1)。可见该水团表、底层的温度差异较大。其盐度相应为 31.40—32.67 和 31.68—32.66, 高于长江冲淡水和苏北沿岸水, 但又比黄海暖流水低。水团内部温、盐度分布的主要特点是水平梯度大, 并呈现出由于地理位置的差异而导致的南部高、北部低的分布趋势。

2.2.2 南黄海冷水团

南黄海冷水团是以低温为主要特征的季节性水团。春季是该水团的形成期。此时, 它的分布范围较大, 与黄海水、青岛冷水团和黄海暖流水相邻, 盘踞于 33°N 以北海域的深底层。由表 1 可见, 其底层的温、盐度范围分别为 7.17—12.01 °C 和 31.94—33.35, 均低于黄海暖流水但又高于青岛冷水团。由于受黄海暖流的影响, 南黄海冷水团内部的温、盐度分布呈现自北向南递增的趋势。

表 1 各水团温、盐特征值

Tab.1 The hydrographic characteristic values of each water mass

水团名称	层次	温度 (°C)	盐度	水团名称	层次	温度 (°C)	盐度
黄海水	表层	13.47—19.63	31.40—32.67	朝鲜西岸	表层	12.95	31.62
	底层	10.16—16.06	31.68—32.66	沿岸水	底层	6.97	32.10
南黄海冷水团	表层			苏北沿岸水	表层	16.81	31.49
	底层	7.17—12.01	31.94—33.35	底层	16.82	31.49	
青岛冷水团	表层			长江冲淡水	表层	15.78—18.87	30.32—31.83
	底层	5.66—8.46	31.55—32.82	底层	15.79	30.48	
黄海暖流水	表层	16.10—19.40	32.25—33.82	成山角冷水	表层	11.59	31.47
	底层	10.65—15.61	33.51—34.50	底层			

2.2.3 青岛冷水团 该水团是由来自北黄海的黄海沿岸水(渤南沿岸水)在当地环境影响下形成的。它和南黄海冷水团一样,也是以低温为主要特征的季节性水团。春季,它位于黄海水之下,展布于 $35^{\circ}05'—36^{\circ}45'N$, $121^{\circ}15'—122^{\circ}50'E$ 海域。它的分布范围并不大。从温、盐性质看,它具低温、中盐特征。在底层,其温度在 $5.66—8.46^{\circ}C$ 间,为研究海域诸水团中最低的;盐度为 $31.55—32.82$,低于南黄海冷水团。该水团内部的温、盐度分布较特殊,温度自中央向四周递增且等温线呈封闭状分布,与周围形成较强的温度梯度;等盐线也呈封闭状分布,但水平梯度较小。

2.2.4 黄海暖流水 黄海暖流水具高温、高盐特征。它呈舌状自济州岛西侧海域伸向南黄海。春季,黄海暖流水的主体位于 $123^{\circ}30'E$ 以东, $35^{\circ}N$ 以南的黄海东南部海域,占据了自表至底的整个水层。

根据因子点聚图中各站层点的分布特征,黄海暖流水又可划分为上层水和深层水两部分,其分界线大致位于 $30m$ 处。这两部分水的水平分布范围大致相近,只是深层水的水平位置比上层水略为偏东而已。无论是上层水还是深层水,其温、盐度分布都比较均匀,水平梯度也较小,且呈南高、北低的分布趋势。但是,由表1可以看出,该水团上层水和深层水的温、盐性质具有明显的差异。上层水的温度在 $16.10—19.40^{\circ}C$ 间,高于深层水($10.65—15.61^{\circ}C$),而其盐度为 $32.25—33.82$,低于深层水($33.51—34.50$)。

2.2.5 朝鲜西岸沿岸水 该水团是朝鲜西部沿岸入海径流与海水混合形成的混合水,它展布于朝鲜西岸近岸海域。出现在研究海域东北角的朝鲜西岸沿岸水仅是其边缘部分。从温、盐性质看,该水团具有典型的混合水特征。由表1可见,朝鲜西岸沿岸水的表层温度低于黄海水,而底层温度比黄海冷水团还低。

2.2.6 苏北沿岸水 这一水团是由江苏北部的射阳河等入海径流与沿岸海水混合形成的。本文涉及的苏北沿岸水仅是其东边缘部分。苏北沿岸水的温、盐性质比较均匀,垂向几乎不出现分层现象。这与其地处浅海、潮混合较强有关。该水团的温、盐值分别

为 16.81 °C 和 31.49, 略低于黄海表层水。

2.2.7 长江冲淡水 长江冲淡水是由长江入海径流与海水混合形成的。在研究海域, 它展布于长江口及其以北近岸区域, 呈舌状向东北方向伸展。该水团的主要特征是盐度较低 (30.32— 31.83)。春季由于太阳辐射增强, 长江冲淡水受热增温迅速, 因而其上表层温度较高, 为 15.78— 18.87 °C。

2.2.8 成山角冷水 成山角冷水是由位于深层的黄海冷水团涌升形成的。由于这部分水具有独特的演变过程, 因而其相对稳定的温、盐特征与黄海冷水团存在一定差异, 故将其视为一个独立的水体。成山角冷水存在于 4— 8 月 (夏综万等, 1983; 翁学传等, 1989)。春季, 它的分布范围较小, 仅展布于胶东半岛东端附近海域的上表层, 垂向所及深度大致与温跃层的深度相当, 约 20m。在其以深为黄海冷水团占据。成山角冷水以低温为主要特征。由表 1 可以看出, 在表层, 其温度比相邻的黄海水偏低约 1— 2 °C, 盐度却与黄海水基本相近。

3 讨论

根据水团分析结果, 对南黄海冷水团内部结构以及南黄海冷水团与青岛冷水团的关系这两个问题试作探讨。

3.1 南黄海冷水团的内部结构 如前所述, 南黄海冷水团是一个以低温为主要特征的季节性水团, 传统上认为它是冬季在本地形成的均一水体。然而, 本文分析结果表明, 春季, 南黄海冷水团是由黄海本地冷水和黄海暖流变性水组成的。由于这两个次级水团的来源不同和温、盐特征的差异, 使得春季南黄海冷水团内部的温、盐性质并不十分均匀。这具体表现在以下几个方面。

3.1.1 因子点聚特征 由图 2 可见, 表征南黄海冷水团的 21 个因子点大致分为两

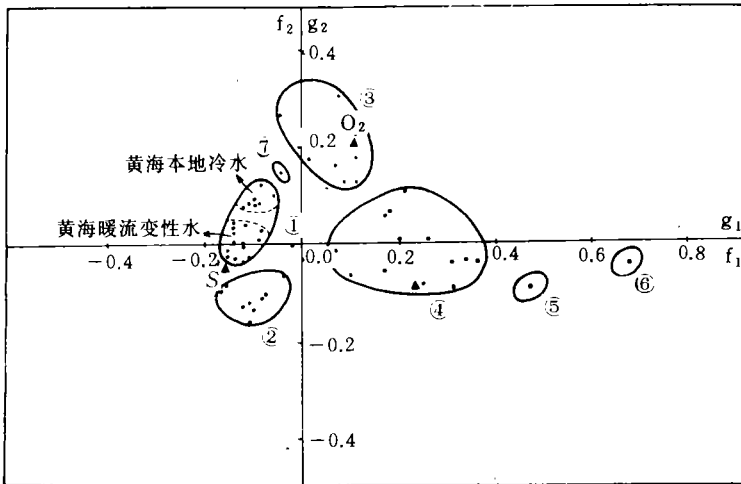


图 2 南黄海春季 (5 月) 底层因子点聚图

Fig.2 The bottom factor-points of the South Yellow Sea in spring (May)

① 南黄海冷水团; ② 黄海暖流水; ③ 青岛冷水团; ④ 黄海水; ⑤ 苏北沿岸水; ⑥ 长江冲淡水; ⑦ 朝鲜西岸沿岸水。

T, S, O₂, f₁, f₂, g₁, g₂ 的含义见张启龙等的文章 (1985)。

摊，分别与不同温、盐特征的黄海本地冷水和黄海暖流变性水相对应。黄海本地冷水是冬季保留下来的黄海本地水，具有低温、低盐特征；而黄海暖流变性水是指春季黄海暖流变弱南缩而残留下来的那部分水，其温、盐度均相对较高。

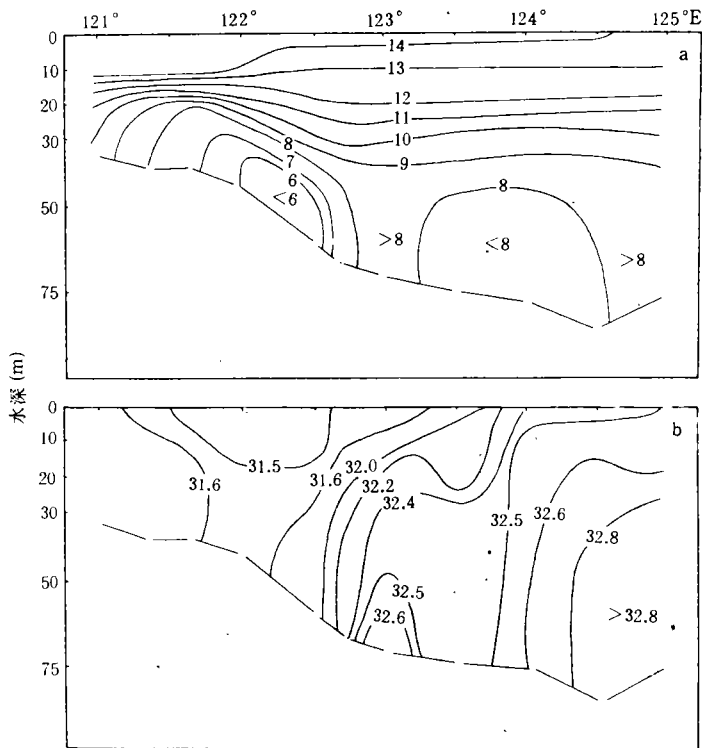


图3 36° N断面的温、盐度分布

Fig.3 The distributions of temperature and salinity on Section 36° N

a. 温度; b. 盐度.

3.1.2 温、盐结构 由图 3a 可以看出，36° N 断面 20m 以深低温区内，有两个低温中心。断面西侧的低温 ($T < 6\text{ }^{\circ}\text{C}$) 中心为青岛冷水团；东侧的低温 ($T < 8\text{ }^{\circ}\text{C}$) 中心乃是南黄海冷水团的主体。该主体的东、西两侧水温略高 ($T > 8\text{ }^{\circ}\text{C}$)。盐度分布 (图 3b) 也有类似之处，在主体内盐度偏低，而在主体两侧盐度偏高，特别在 123° E 附近出现一较小的高盐 ($S > 32.6$) 中心。在 35° N 断面 (图略)，除表征青岛冷水团的低温中心出现在断面西侧外，断面东侧的低温中心不复存在，而被一个弱的暖 ($T > 9\text{ }^{\circ}\text{C}$) 中心所取代。仅在该中心周围存有一狭窄的低温 ($T < 9\text{ }^{\circ}\text{C}$) 区。另外，该断面盐度分布也显示，在 123° E 和 124° E 附近各出现一个弱高盐中心。这些现象表明，冷水团内存留了部分黄海暖流变性水。另外，从深底层温、盐分布 (图略) 也能看到冷水团内存有部分黄海暖流变性水现象。在南黄海冷水团的底层，等温线大致呈舌状自北向南而后偏向东南伸展，而相应的等盐线南伸势力却较弱，仅在海域北部有一低盐区呈舌状向南扩展至 35° N 附近。由于受这股低温、低盐水舌的影响，海域东南部的高温、高盐

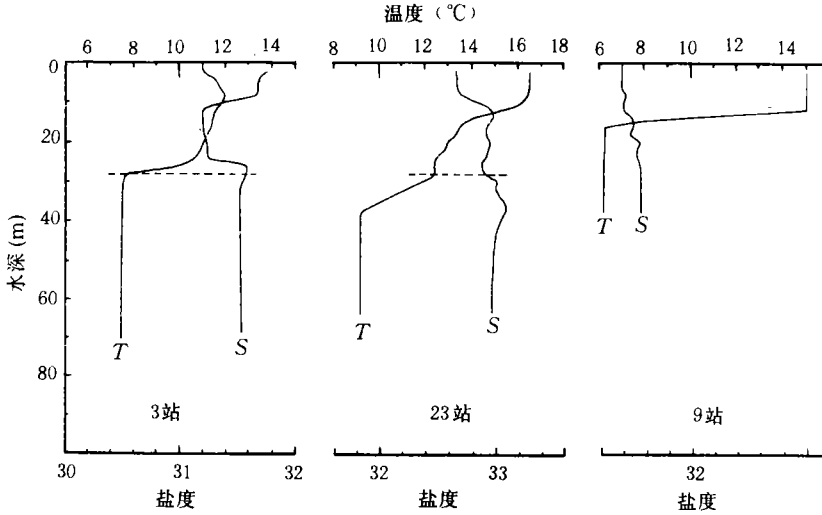


图4 温、盐度垂直分布

Fig.4 The vertical distributions of temperature and salinity of the South Yellow Sea Cold Water Mass in Spring (May)

水舌北伸势力较冬季大为减弱,且已向南退缩至 35°N 附近,但其前缘部分仍滞留于原地,成为低温、低盐区周围出现的温、盐度相对较高的水体,这也就是本文所指的黄海暖流变性水。

此外,春季南黄海冷水团内部温、盐性质的不均匀性还可以从温、盐铅直结构得以证实(图4)。图4中3站(37°N , 124°E)位于黄海本地冷水区,23站($35^{\circ}07'\text{N}$, 123°E)位于黄海暖流变性水域。由于这里着重分析黄海冷水团的内部结构,故仅讨论水深28m以下(图4a, b中虚线以下)的温、盐度分布情况。由图4a, b可见,两个测站的温、盐铅直结构具有明显的差异。这主要表现在:(1)温、盐值不同,3站的温、盐度均低于23站;(2)温、盐铅直结构不同,3站的温、盐度铅直均匀,但23站的温度出现了一个温跃层,而盐度分布与温度相对应,在出现温跃层处,盐度呈阶梯结构状分布。这些都表明,3站和23站28m以深的水体分属不同水团,前者为黄海本地冷水,而后者为黄海暖流变性水。

综上所述可见,春季,南黄海冷水团由黄海本地冷水和黄海暖流变性水这两个次级水团组成,由于这两个次级水团的来源不同和温、盐特征的差异,导致了春季南黄海冷水团内部温、盐特征并不十分均匀。

3.2 青岛冷水团与南黄海冷水团的关系 青岛冷水团早在全国海洋普查期间就已被发现¹⁾。由于受观测手段和资料的限制,对青岛冷水团未曾进行全面、系统研究,而仅有零星分析(郑东等,1983)。基于它和南黄海冷水团一样也是以低温为主要特征的季节性水团,因此许多学者大都粗略地将其视为南黄海冷水团的组成部分,即南黄海冷水

1) 全国海洋综合调查报告第四册,1964。

团的西侧冷中心。关于两者的关系迄今尚未有一致的看法。因此有必要对这个问题进行探讨。

根据以上分析不难看出, 春季, 青岛冷水团与南黄海冷水团有以下几点不同之处。

3.2.1 来源 青岛冷水团来源于黄海沿岸水(渤南海岸水), 它存在于4—6月间(郑东等, 1983)。南黄海冷水团是由黄海本地冷水和黄海暖流变性水组成, 其出现时间较长, 在4—11月间(翁学传等, 1989)。

3.2.2 温、盐性质 青岛冷水团的温、盐值低于南黄海冷水团。以水团内部的最低温、盐值而言, 前者分别为 5.66°C 和 31.55 , 而后者相应为 7.17°C 和 31.94 。

3.3.3 温、盐结构 青岛冷水团的温、盐度分布比较均匀, 这不仅表现在平面和断面分布上, 而且也反映在温、盐铅直结构上(图4)。图4中9站(36°N , 122°E)位于青岛冷水团中心区; 由图4c可以看出, 在较强的季节性主温跃层之下, 温度呈均匀状分布, 盐度也上下基本一致。可是, 南黄海冷水团内的温、盐度分布并不均匀。此外, 青岛冷水团的温、盐分布独具特色: 等温线呈封闭状分布, 在其外缘形成较强的温度梯度; 等盐线也呈封闭状分布, 但水平梯度较小。

由以上分析可以认为, 春季, 青岛冷水团是一个独立的水团, 而不是南黄海冷水团的组成部分。

4 小结

根据以上分析, 可得出以下结论。

4.1 春季, 南黄海海域共存在8个水团, 即黄海水、南黄海冷水团、青岛冷水团、黄海暖流水以及成山角冷水、朝鲜西岸沿岸水、苏北沿岸水和长江冲淡水。其中前4个水团为研究海域的主要水团。

4.2 春季, 南黄海冷水团处于形成阶段。它是由黄海本地冷水和黄海暖流变性水两个次级水团组成, 因而其内部的温、盐性质并不十分均匀。

4.3 春季, 青岛冷水团是一个独立的水团。它来源于黄海沿岸水(渤南海岸水), 具有独特的温、盐结构和长消过程, 因而它不应是南黄海冷水团的组成部分。

参 考 文 献

郑东, 张瑞安, 1983, 烟威及石岛近海春季水团分析, 海洋通报, 2(1): 61—68。

张启龙, 翁学传, 1985, 应用对应分析法划分夏季东海水团的初步研究, 海洋科学, 9(2): 14—18。

翁学传, 张以恩, 王从敏等, 1988, 黄海冷水团的变化特征, 海洋与湖沼, 19(4): 368—379。

翁学传, 张启龙, 1989, 山东近海的水团和海洋锋“山东近海水文状况”专著, 山东省地图出版社(济南): 55—70。

翁学传, 张启龙, 颜廷壮等, 1992, 台湾海峡中、北部海域春、夏季水团分析, 海洋与湖沼, 23(3): 235—244。

赫崇本, 王圆祥, 徐斯, 1959, 黄海冷水团的形成及其性质的初步探讨, 海洋与湖沼, 2(1): 11—15。

管秉贤, 1963, 黄海冷水团的水温变化及环流特征的初步分析, 海洋与湖沼, 5(4): 255—284。

夏综万, 郭炳火, 1983, 山东半岛和辽东半岛顶端附近水域的冷水现象及上升流, 黄渤海海洋, 1(1): 13—18。

Nakao, T., 1977, Oceanic Variability in Relation to Fisheries in the East China Sea and Yellow Sea, *Jour. of the Faculty of Marine Science and Technology Tokai University*, Special number, pp. 199—367。

ANALYSIS OF WATER MASSES IN THE SOUTH YELLOW SEA IN SPRING

Zhang Qilong, Weng Xuechuan, Yang Yuling

(*Institute of Oceanology, Chinese Academy of Science, Qingdao 266071*)

Abstract In this paper, the distributions and characteristics of water masses in the South Yellow Sea are studied by using “the comparison analysis method” based on May 19--June 2, 1992 CTD data and May 10—15, 1992 data on temperature, salinity and dissolved oxygen data obtained along two standard sections (34 °N and 36 °N) in the middle and western parts of the South Yellow Sea. The internal structure of the South Yellow Sea Cold Water Mass and its relation to the Qingdao Cold Water Mass are discussed. Some conclusions are as follows.

1. There are eight water masses, i.e., Yellow Sea Water, South Yellow Sea Cold Water Mass, Qingdao Cold Water Mass, Yellow Sea Warm Current Water, Chengshan Cape Cold Water, Western Korea Coastal Water, Northern Jiangsu Coastal Water and Changjiang River Diluted Water in the South Yellow Sea in spring.

2. In spring, the South Yellow Sea Cold Water Mass is in a formative period and is composed of two secondary water masses, the Yellow Sea Local Cold Water and the modified water of the Yellow Sea Warm Current, so its internal characteristics of temperature and salinity are not very uniform.

3. The Qingdao Cold Water Mass is an independent water mass in spring. It comes from the Yellow Sea Coastal Water (the South Bohai Sea Coastal Water) and possesses particular characteristics of temperature and salinity and growing and vanishing process, so it is not a part of the South Yellow Sea Cold Water Mass.

Key words The South Yellow Sea Water mass South Yellow Sea Cold Water Mass