

夏冬季北黄海水体浊度分布特征研究*

王勇智^{1,2,3} 鞠霞^{2,3} 乔璐璐¹ 鲍献文¹

(1. 中国海洋大学 青岛 266100; 2. 国家海洋局第一海洋研究所 青岛 266061;
3. 海洋环境科学和数值模拟国家海洋局重点实验室 青岛 266061)

提要 应用 2007 年 1 月和 7 月国家 908 专项北黄海区块水体调查获取的浊度等资料, 分析了夏季和冬季北黄海海域水体浊度的水平和垂向分布特征, 初步阐述了夏、冬季北黄海水体浊度分布具有南北高, 中间低的特征。无论是夏季还是冬季, 山东半岛东北沿岸和辽东半岛东南沿岸为高浊度区, 中部海域受北黄海冷水团的影响而维持低浊度。夏季, 北黄海冷水团导致的水体层结效应产生了“水障”作用——悬浮物只能沿岸分布和输送; 冬季, 山东半岛东端外海的强海流切变锋阻碍了悬浮物的纬向输送。此外, 研究还发现由于黄海冷水团和黄海暖流的作用, 导致夏、冬季黄海中部的沉积动力环境有所差异。

关键词 浊度; 温度; 北黄海冷水团

中图分类号 P736.2 **doi:** 10.11693/hyh20130900134

北黄海为陆架浅海, 形似一平行四边形的洼地, 中央地势平坦, 等深线呈半圆形分布, 中部为水深较大的黄海槽, 地势逐渐向南黄海倾斜, 自济州岛伸向渤海海峡, 深度自南向北逐渐变浅。北黄海面积约 $7.13 \times 10^4 \text{ km}^2$, 平均水深 38m, 最大水深 85m。北黄海表层沉积物以陆源碎屑物为主, 局部有残留沉积, 表层沉积物自岸向海呈由粗到细的带状分布, 沿岸海域以细砂为主, 并有砾石等粗碎屑物质, 东部表层沉积物主要源自朝鲜半岛, 西部表层沉积物为黄河的早期物质, 中部深水区是泥质为主的细粒沉积物, 主要是黄河输入的物质(孙湘平, 2006)。北黄海东临渤海, 南接南黄海, 是渤海和南黄海之间进行悬浮物输运以及水交换等的一个重要通道, 并且, 北黄海 10m 等深线距海岸线较近, 水深和地形的特征对北黄海悬浮物的分布和输送具有重要的影响。

悬浮体分布和输运的研究在海洋环境、海洋地质学和海洋生态学等领域有重要的作用(秦蕴珊等, 1982, 1986; 谢钦春等, 1983; 杨作升等, 1989, 1991; 苏健等, 2001; 杨海丽等, 2007; 王勇智等, 2012, 2013)

在我国长江口、渤海、莱州湾和黄、东海等海域都曾开展过悬浮物分布和输运的研究。而在北黄海海域, 由于长期缺乏大面和断面的水体浊度等数据观测, 故北黄海悬浮体分布和输送的相关研究较少。因此, 利用中国海洋大学于 2007 年 1 月和 7 月在北黄海开展的多个站位的温度、盐度、密度和浊度等因素的调查数据(908 专项 ST02 区块), 分析了夏、冬季北黄海海域水体浊度的分布和变化特征, 观测站位及调查海域水深见图 1。

浊度是一种光学效应, 它反映了光线在透过水层时受到的阻碍。海水浊度是指悬浮物均匀分布于海水中的可溶性微小颗粒物质或可溶性有机与无机化合物等对海水中入射光线的散射、吸收导致光线的衰减程度, 是表征海水光学现象的物理特征指标。虽然, 浊度数值的大小并不能直接代表悬浮物的质量浓度, 但它可以间接反映悬浮物质量浓度的变化, 海水浊度的大小与水体中悬浮物质量浓度分布有直接关系, 并且在以往的研究中均认为浊度与悬浮物的质量浓度存在线性关系(苏健等, 2001; 翟世奎等, 2005; Li *et*

*山东省自然科学基金, ZR2013DQ001 号; 国家海洋局青年海洋科学基金, 2013G42 号; 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目, GY0213G20 号。王勇智, Email: wangyongzhi@fio.org.cn

通讯作者: 鞠霞, 助理研究员, E-mail: juxia@fio.org.cn

收稿日期: 2013-09-23, 收修改稿日期: 2013-12-15

al, 2009; 乔璐璐等, 2010; 王勇智等, 2012)。因此, 利用浊度和悬浮物质量浓度之间的线性关系, 可得到悬浮物质量浓度的变化。

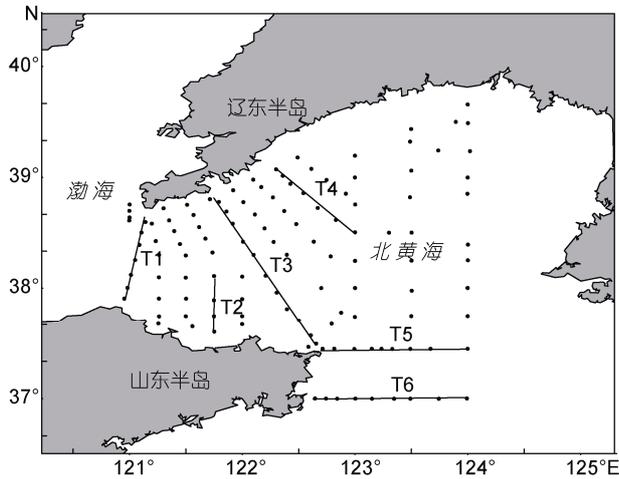


图 1 夏、冬季北黄海调查观测站位分布图

Fig.1 Distribution of the stations in the northern Yellow Sea in summer and winter

因此, 根据北黄海水体浊度与悬浮物质量浓度之间的线性关系, 对浊度(T)与悬浮物质量浓度(S)进行线性拟合。拟合结果表明, 除夏季表层水体受生物和人类活动等因素影响, 拟合结果较差外(平均相关系数为 0.86), 10m、20m、30m、50m 和底层水的浊度和悬浮物质量浓度的相关系数均在 0.90 以上, 说明调查海域的悬浮物质量浓度和浊度之间表现出相同的变化趋势, 见表 1(Li *et al.*, 2009)。

表 1 夏、冬季表层、30m 和底层悬浮物质量浓度 S 和浊度之间 T 的拟合关系

Tab.1 The regression between suspended matter concentration and turbidity in surface 30m and bottom in summer and winter

季节	层次	拟合公式	相关系数
夏季	表层	$S=1.9636T+1.7564$	0.64
	30m	$S=1.4770T+0.1725$	0.95
	底层	$S=1.1520T-0.0982$	0.94
冬季	表层	$S=1.1465T+0.1313$	0.96
	30m	$S=1.0026T+0.2100$	0.97
	底层	$S=1.4157T+0.1937$	0.96

1 夏季北黄海海域浊度分布特征

1.1 夏季北黄海海域浊度大面分布特征

夏季, 北黄海海域水体浊度分布呈现出近岸浅水区浊度高, 远海深水区浊度低, 南北高, 中间低的

分布特征。中下层水体浊度的分布与等深线的走向较为相似, 即高浊度海域主要分布在山东半岛东北沿岸和辽东半岛东南沿岸, 北黄海中部海域水体浊度始终维持最低, 渤海海峡中部的水体浊度也较低, 与水色卫星的遥感图片较为符合(Yang *et al.*, 2007)。

调查海域表层水体浊度高值区主要分布在河口、岬角和部分海湾地区(图 2), 如山东省蓬莱、成山角沿岸和辽宁省庄河、旅顺近岸水域。夏季, 北黄海表层海域存在着 4 个高水体浊度区, 分别位于辽东半岛南端的旅顺和庄河近岸海域, 以及山东半岛的蓬莱和成山角近岸海域, 其中蓬莱至成山角沿岸表层水体浊度约为 0.5—4.0FTU, 旅顺至庄河口沿岸表层水体浊度约 0.5—2.5FTU。其他海域的海水浊度均较小, 尤其在北黄海中部和渤海海峡中部表层至底层水体浊度很小。10m 层的浊度分布特征与表层较为相似, 但高浊度海域面积较表层有所增加, 以蓬莱至烟台沿海、庄河口附近以及山东半岛东端的成山角近岸海域最为显著, 蓬莱和成山角近岸 10m 层浊度最大分别约为 5.5FTU 和 3.5FTU, 渤海海峡中部和北黄海中部海区的 10m 层水体浊度基本为 0。随着水深的不断加深, 调查海域的水体浊度也逐渐增加, 至 30m 层, 表层水体浊度高值区的影响范围也随之扩大, 水体浊度分布与等深线的走向趋于平行。在成山角沿岸 30m 层浊度最大值较表层增加约 2 倍, 达到约 9.2FTU, 由于该海域少有河口, 故沿岸流携带的悬浮物和沉积物再悬浮对水体浊度贡献较大; 庄河口至长海县海域 30m 层水体浊度也有所增加, 应为河口径流影响所致, 最大浊度为 3.5FTU; 北黄海中部 30m 层浊度分布与表层和 10m 层较相似, 浊度很小, 但底层水体浊度要明显高于表层, 河口周边水体浊度高; 渤海海峡中部与北黄海冷水团中心区域从表层到底层浊度很低, 山东半岛北部沿岸海域水体浊度要显著高于辽东半岛南部沿海, 山东半岛成山角附近海域的水体浊度最高, 可达 40FTU 以上, 大连湾至庄河和蓬莱至烟台附近底层水域的浊度也相对较大。

1.2 夏季北黄海典型断面浊度分布特征

受到夏季稳定的水体层结以及相对较弱的动力环境影响, T1—T6 断面的浊度分布基本上呈现出近岸海域底层水浊度相对高、中上层水浊度低、深水区(>30m)浊度普遍很低的特征。T1 断面横跨渤海海峡, 北起大连市南侧的老铁山水道, 南至山东省蓬莱市。T1 断面水体浊度自表层至底层逐渐增加, 但断面的

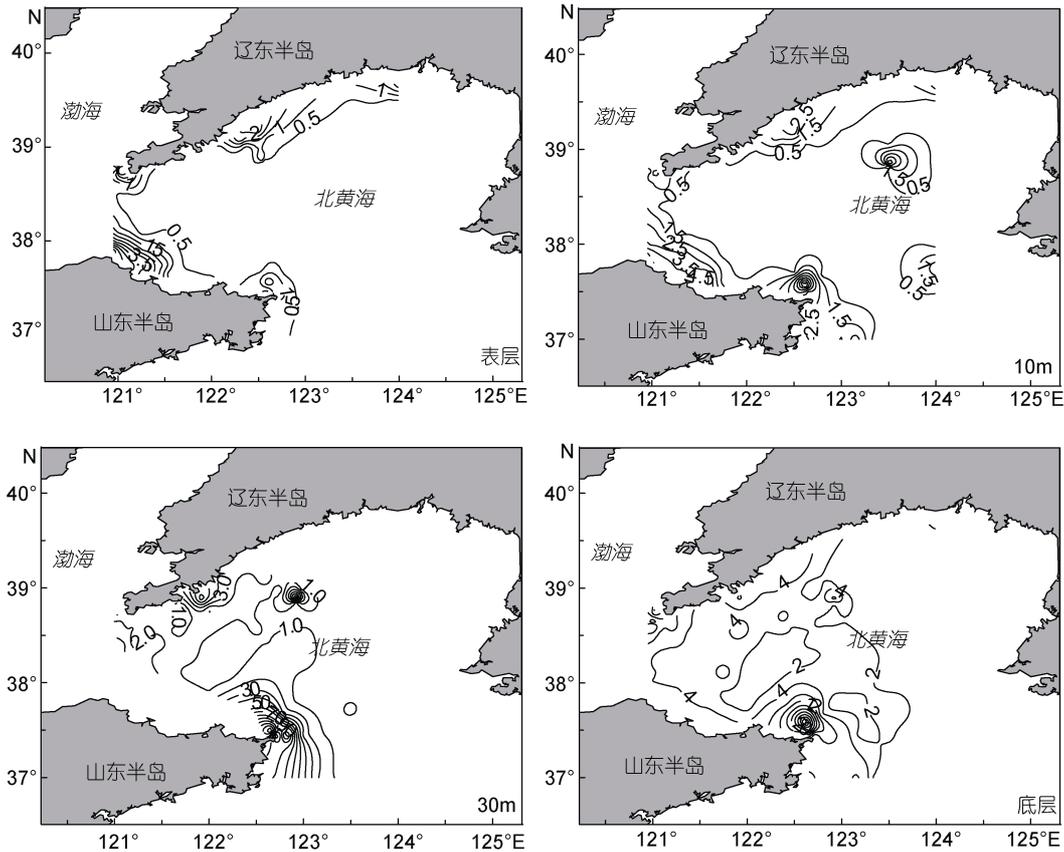


图2 夏季北黄海海域浊度分布(单位: FTU)

Fig.2 Turbidity contours in summer in the northern Yellow Sea (unit: FTU)

两端,即老铁山水道和蓬莱近岸中下层海域浊度较高,最大浊度约为5—7FTU,断面中间的庙岛群岛海域浊度较小,浊度约为2—4FTU。蓬莱沿岸海域水深较浅(约在15m至20m之间),浊度垂向分布较均一,根据前人的研究成果,夏季表层水体易受到生物和人为等影响而导致高浊度,而且蓬莱近岸海域属沙质海岸,表层沉积物多为砂质和粉砂质(海洋图集编委会,1993),沉积物再悬浮的影响应较小。因此,夏季,蓬莱沿岸海域表层水受生物和人为等因素的影响较大,而中层以下高浊度水体可能受到鲁北沿岸流携带的悬浮物的影响,而少有局地沉积物再悬浮物。夏季,渤海海峡以北海域由表层至底层均是入流区,老铁山水道属强入流区,该区海岸类型为基岩海岸,沉积物粒径较粗,故T1断面北部底层高浊度应是辽东半岛沿岸流携带悬浮物所致。T2断面南端起点位于威海与烟台的中间海域,除底层水最大浊度为4.5FTU外,该断面中上层水浊度较小,约在0.5—3.5FTU之间,表层水的浊度接近0。T3断面横跨辽东半岛的大连湾至山东半岛成山角,由图3可见,成山角底层水浊度最高,最高可达到32FTU,应为成山

角附近海域强海流作用所致,表层沉积物中部分细颗粒物再悬浮,与鲁北沿岸流携带的沿途再悬浮沉积物共同造成了本区高浊度的现象。T2断面中部中下层水体浊度最小,约为0.5—4FTU,结合夏季北黄海底层温度分布可看出(见图7),该区域为夏季北黄海底冷水团的中心区域。T4断面北起长海县东北海域,向西南接近北黄海的中心区域。夏季,该断面呈现出近岸海域和底层水浊度高的特点,其中以长海县东北附近中下层水浊度为最高,可达4FTU,而断面中部的中层水浊度基本为0。T5断面高浊度区位于成山角以西海域的近底层水,即在山东半岛东侧的泥质沉积带附近(李军等,2012),底层水最大浊度可达到10FTU,可能是由山东半岛沿岸流引起的沉积物再悬浮所致,而泥质沉积带以东海域水体浊度迅速减小,在泥质沉积带的东侧海域形成较为明显的沿沉积带分布的浊度锋面,锋面以东中上层水浊度基本为0,锋面以东的底层水浊度也基本在1—2FTU之间,可能是不同性质水团之间的分界海域。T6断面的浊度分布与T5较为相似,不同的是泥质沉积带附近海域底层水最大浊度略小,约为8FTU。

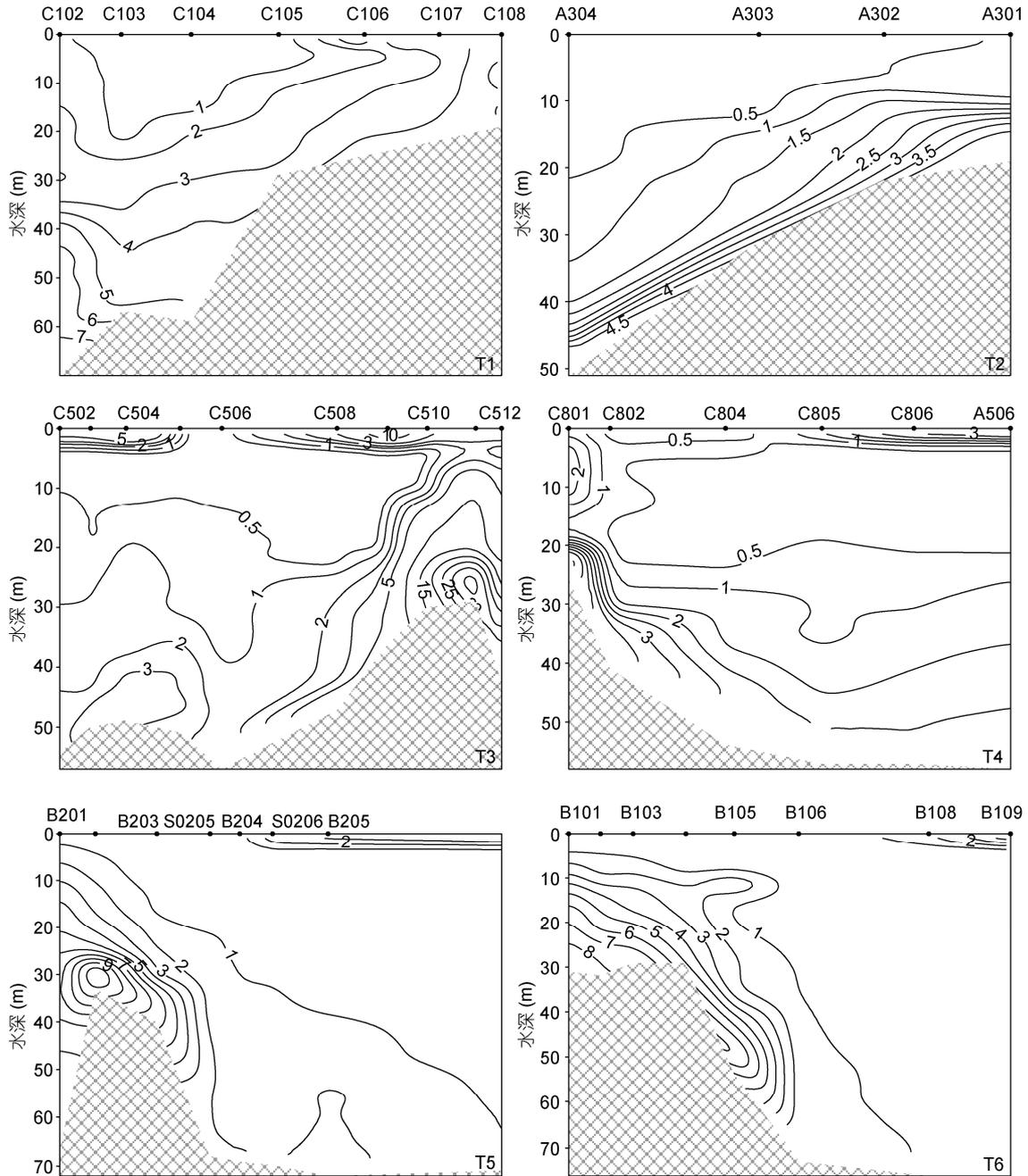


图3 夏季 T1—T6 断面浊度分布图(单位: FTU)

Fig.3 Turbidity profiles at transections (T1—T6) in summer (unit: FTU)

2 冬季北黄海海域浊度分布特征

2.1 冬季北黄海海域浊度大面分布特征

冬季,北黄海水体浊度较夏季有显著的增加。由于水体层结作用消失,浊度垂向混合较好,各层次水体浊度值基本相当。浊度水平分布特征与夏季较相似,夏季的高浊度海域在冬季的浊度均有所增加,浊度分布和等深线基本平行,强流区的水体浊度要明显

高于弱流区,北黄海中部海域水体浊度依然为最低(图4)。

受冬季风的影响,辽东半岛和山东半岛的沿岸流均有所加强,受此影响山东半岛东北沿岸和辽东半岛东南沿岸的沉积物再悬浮显著,使山东半岛自蓬莱至荣成以及辽东半岛的庄河至旅顺周边近岸海域的水体浊度随之增加,形成明显的沿岸高浊度带,最高浊度均达到 24FTU。鲁北沿岸流经过蓬莱后,随

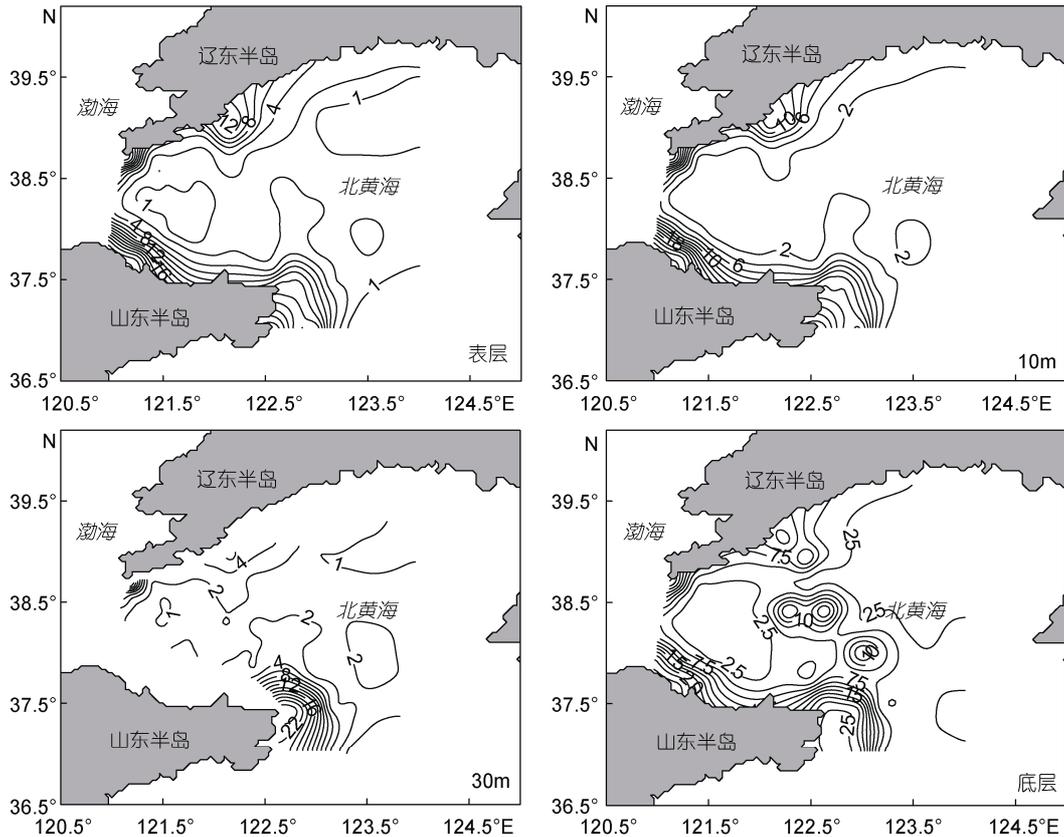


图4 冬季北黄海海域浊度分布(单位: FTU)

Fig.4 Turbidity contours in winter in the northern Yellow Sea (unit: FTU)

着流幅逐渐增大, 沿岸流的流速也随之有所减小, 故烟台与威海之间的近岸海域浊度要小于蓬莱和成山角海域, 最高浊度约为 14—18FTU。荣成以南沿岸海域的沉积物再悬浮显著, 形成了一条沿岸高浊度带, 虽然最高浊度较夏季增加 2—4FTU, 但高浊度水体影响面积和夏季基本相当, 基本位于 35m 等深线以浅海域, 而 35m 以深海域浊度与夏季类似, 浊度迅速减小, 形成了较为显著的浊度锋面, 该锋面的长度约为 60km。辽东半岛东南沿岸存在两个高浊度区, 分别位于庄河口以南海域和老铁山水道附近, 最大浊度分别为 12FTU 和 16FTU, 且从表层至底层的垂向混合好, 由于大连湾海域水深和动力条件的差异, 故大连湾海域的浊度较低。冬季, 北黄海中部海域的表层、10m 和 30m 层的水体浊度为最低, 基本维持在 1—2FTU 左右, 但至底层, 自长海县至成山角连线附近海域底层水浊度突然增加至 4—12FTU, 从而形成一个类似条状的高浊度区, 将北黄海中部的低浊度水体一分为二。

2.2 冬季北黄海典型断面浊度分布特征

冬季各断面的浊度较夏季均有较大的增加, 以

近岸浅水区的浊度增加最为显著, 垂向混合也较好(见图 5)。T1 和 T2 断面的近岸浅水区浊度较夏季增加约 6—12FTU, 近岸海域水体浊度最高, 随着离岸距离的增加, 水体浊度迅速减小。T1 断面中蓬莱和老铁山沿岸的浊度较高, 两者的最大浊度相当, 约为 22—24FTU, 庙岛群岛海域的浊度依旧很小, 约为 2—5FTU。T2 断面整体浊度较小, 30m 以浅的近岸海域垂向混合较好, 浊度约在 2.5—6FTU, 30m 以深海域的水体呈现出较弱的层结现象, 底层水浊度约为 2.5FTU, 中上层水浊度约为 1—1.5FTU。T3 断面的 30m 以浅海域浊度较大(位于大连市附近), 可达到 24FTU, 但随着水深的增加, 浊度则迅速减小, 30m 以深海域的中上层浊度为 1—2FTU, 底层浊度为 4FTU。T4 断面的高浊度区位于断面的北部, 即长海县附近海域, 垂向混合较好, 浊度最高为 14FTU, 但随着水深增加, 浊度迅速减小。T5 和 T6 断面中, 浊度锋面依旧位于 35m 等深线附近海域, 其强度大大增强, 浊度最高值可为夏季的 2—3 倍, 最大浊度位于泥质沉积带附近, 表明冬季该沉积区的再悬浮现象显著。虽然锋面两侧水体垂向混合均匀, 但水体浊

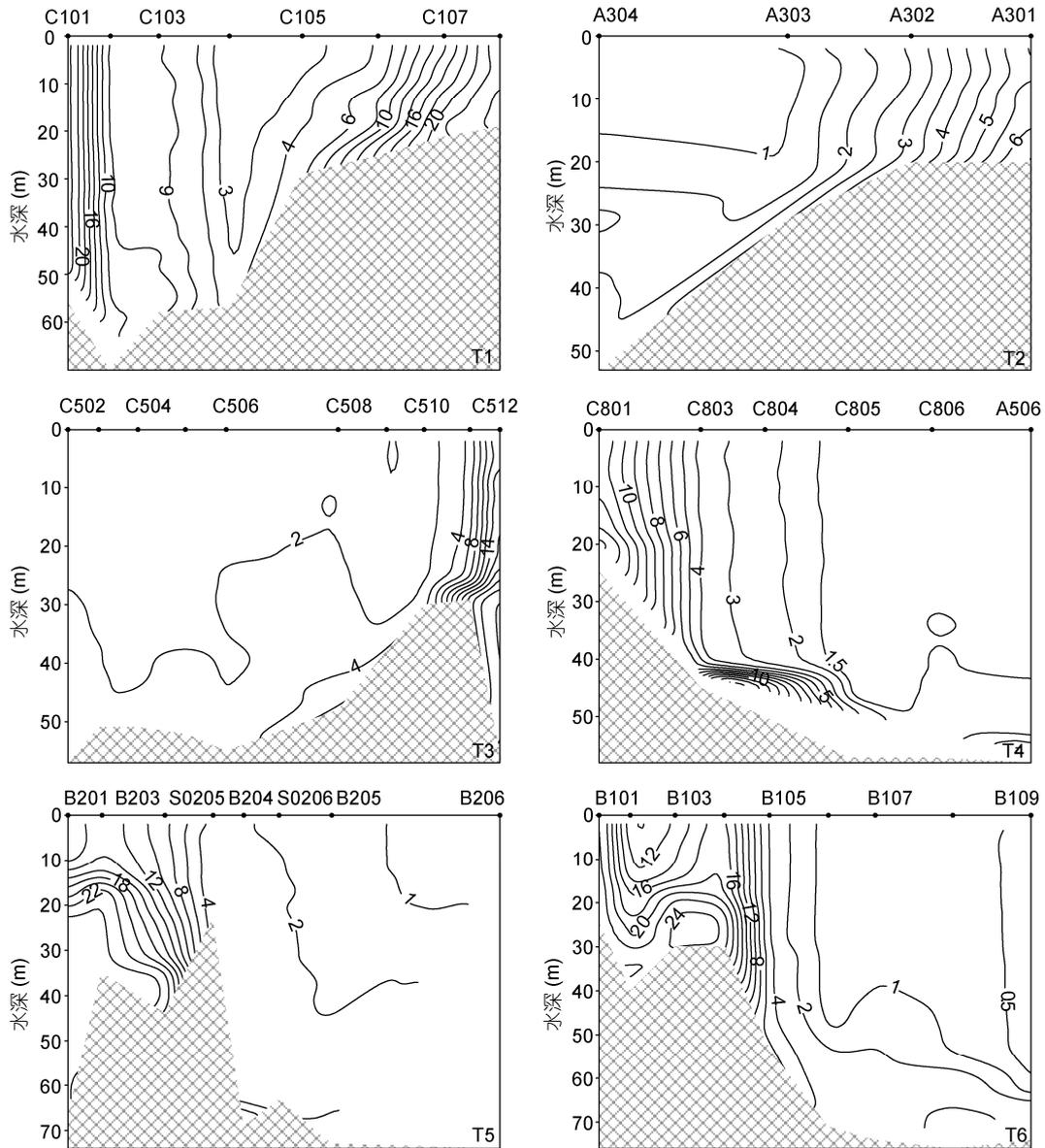


图 5 冬季 T1—T6 断面浊度分布图(单位: FTU)

Fig.5 Turbidity profiles at transections (T1—T6) in winter (unit: FTU)

度却有较大的差异, 锋面以东浊度迅速减小, 表明在冬季风作用下, 虽然山东半岛东端外海的泥质沉积带上表层沉积物大量再悬浮, 但悬浮物基本不能穿越锋面进入黄海槽中, 只能沿岸输送。

3 浊度分布与水团的关系

夏季, 北黄海冷水团的特征在 25m 层水深逐渐显现出来, 至底层其低温高盐的特征进一步加强, 8 °C 等温线的影响海域面积约占调查海域近 40%(图 6)。结合夏、冬季 T1 至 T6 断面温度分布(图 7 和图 8), 可发现夏季北黄海水体的垂向层结稳定, 北黄海

冷水团的冷中心位于 25m 以深海域, 夏季北黄海海域浊度分布与温度较为相似: 高浊度和高温度水体主要分布于近岸浅水区, 形成 2 条高浊度带, 分别是辽东半岛东南沿岸和山东半岛的东北沿岸, 温跃层影响海域的浊度较小, 而在近岸浅水区中, 温度锋面和浊度锋面的分布和位置基本相同, 北黄海冷水团影响范围内的海域总体浊度较低, 以冷中心所在区域的浊度和温度为最低。

夏季, 随水深的增加, 调查海域受北黄海冷水团的影响渐渐加大。所以, 北黄海的垂向水体层结自浅水向深水区逐渐加强。由夏季 T1 至 T6 断面浊度的

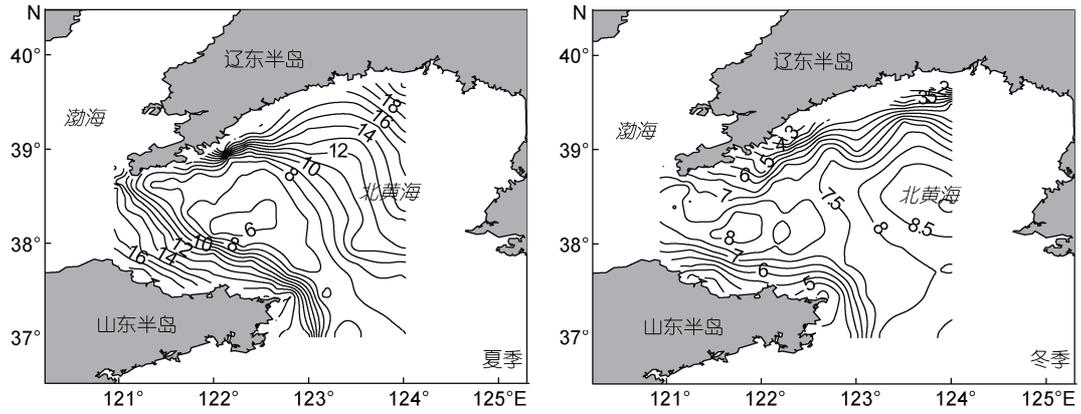


图 6 夏季和冬季底层温度分布图(单位: °C)

Fig.6 Temperature contours in bottom layer in summer and winter in the southern Yellow Sea (unit: °C)

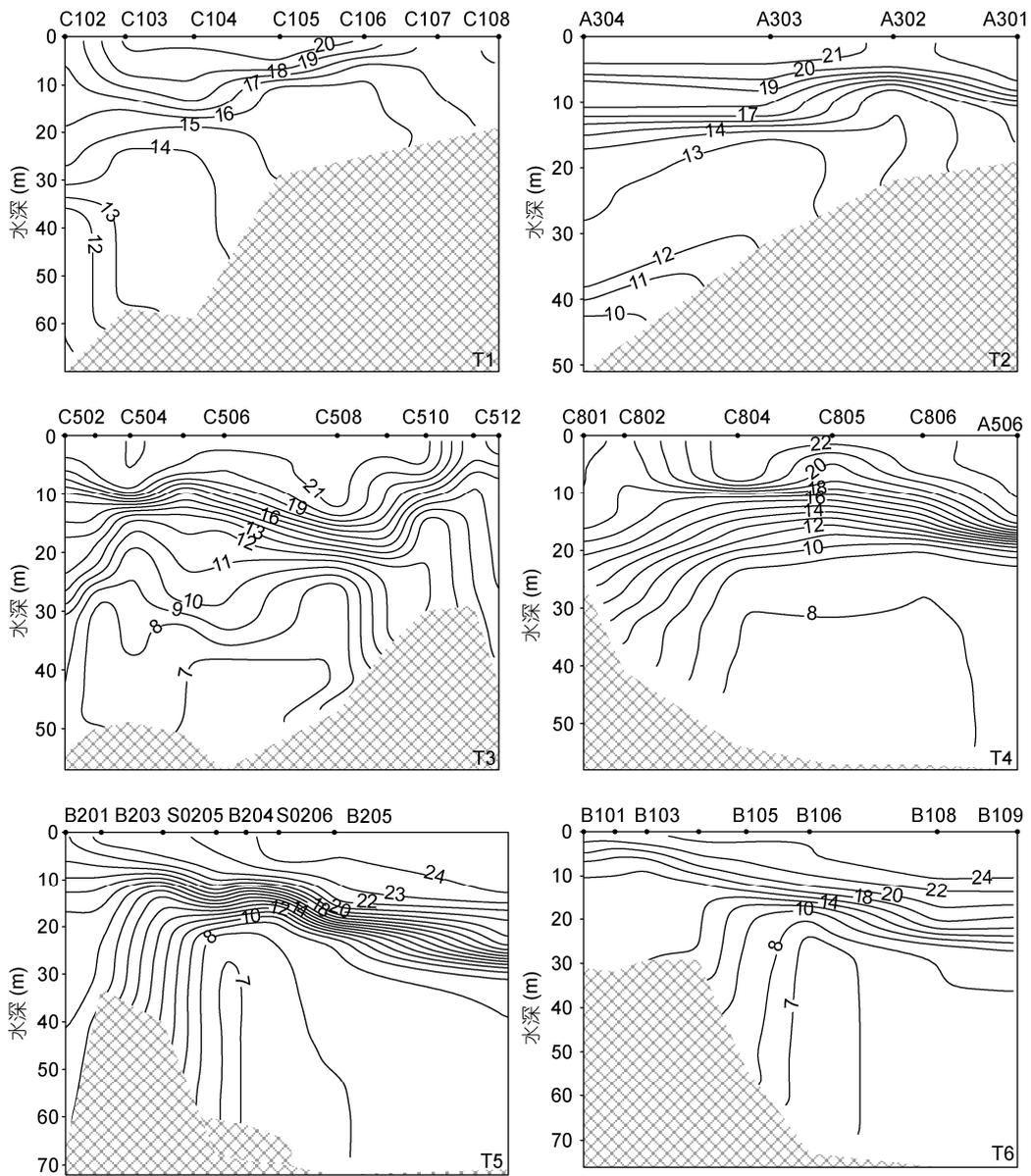


图 7 夏季 T1—T6 断面温度分布图(单位: °C)

Fig.7 Temperature profiles at transections T1—T6 in summer (unit: °C)

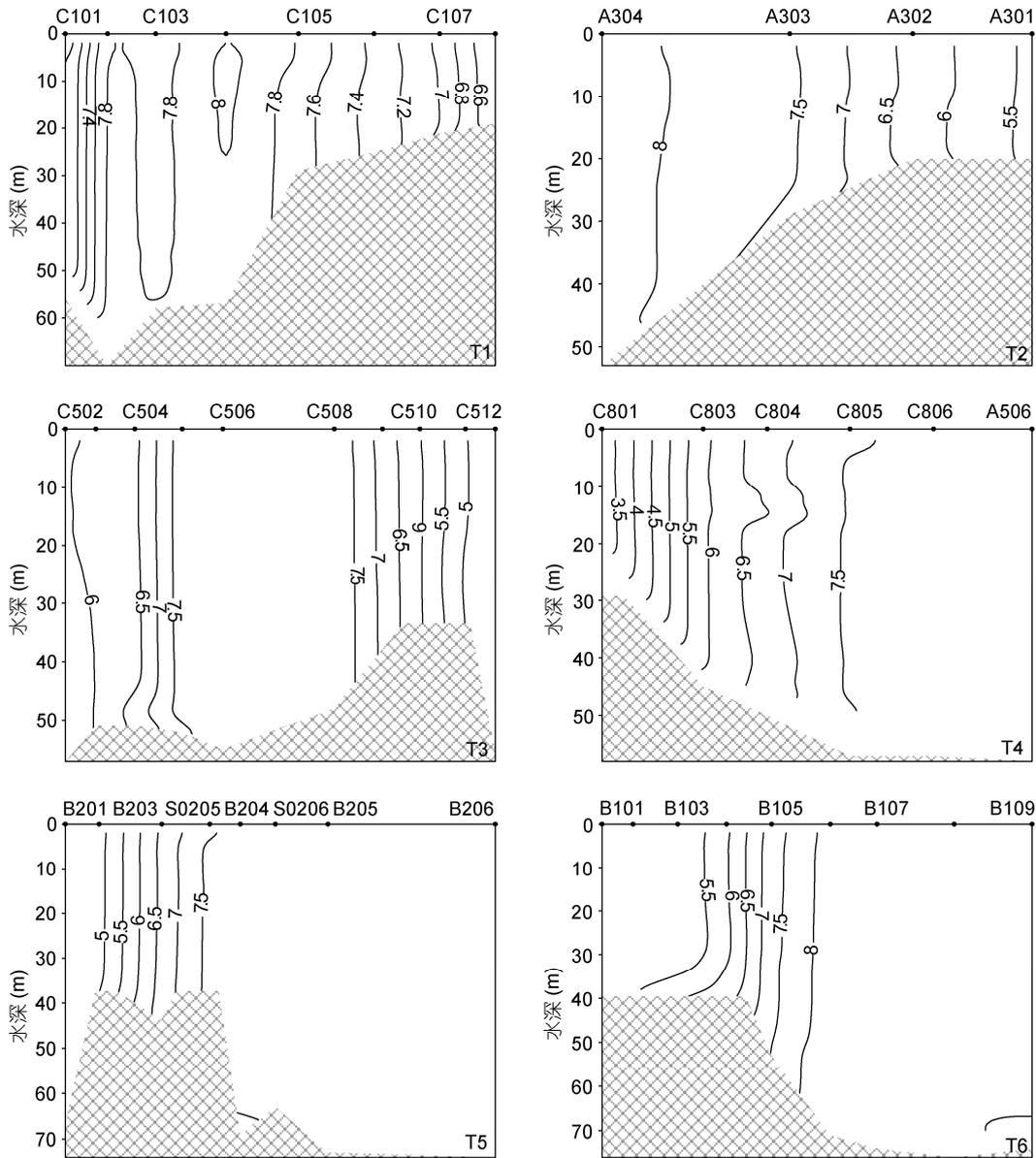


图 8 冬季 T1—T6 断面温度分布图(单位: °C)

Fig.8 Temperature distribution of sections T1—T6 in winter (unit: °C)

分布可发现, 夏季山东半岛和辽东半岛近岸的高浊度水体与北黄海冷水团控制海域之间在垂向上存在着显著的温度和浊度锋面, 导致沿岸高浊度水基本不能进入北黄海冷水团影响的海域中, 该现象在山东半岛东岸尤为显著。故夏季北黄海冷水团对北黄海近岸海域悬浮物的分布起到了屏障的作用: 由于环流场结构中穿越水团的分量很小, 在山东半岛东部海域阻碍了沿岸悬浮物的向东输送, 在辽东半岛沿岸阻止了近岸悬浮物的向南输送, 渤海海峡的悬浮物输送功能被限制在南北两端的登州水道和老铁山水道, 从而使得近岸高浊度水体少有越过锋面, 只能

沿岸分布和输送, 高浊度水体多分布在约 20—30m 等深线以浅海域内, 与水色遥感卫星图片的结果较为一致。从夏季 T1—T6 断面浊度和温度分布可看出, 在近岸海域水体浊度分布与等温线基本平行, 近岸浅水区水体垂向层结较好, 在一定程度上也抑制了中下层悬浮物向上层扩散。此外, 从夏季北黄海底层水温度分布可发现(图 7), 冷水团的前锋已抵达老铁山水道的中段, 随着老铁山水道向西逐渐变窄, 流速逐渐加强, 使大连湾至旅顺沿岸底层水的浊度也随之增高, 从 T1 和 T3 断面温度浊度和温度分布中均发现断面北部 10m 到 20m 水深的浊度值比底层水浊度

梯度较大,水深又恰好与温跃层的深度相一致,相当于一个浊度的跃层。

冬季,北黄海海域近岸温度低,而南黄海中心区域温度高(图6),海水温度垂向混合高(图7)。然而,各断面的水体浊度分布却与温度分布不尽相同,在沿岸流作用较强的近岸浅水区域,水体浊度与温度的分布具有较好的一致性,如山东半岛北部和东部沿岸,以及老铁山水道,说明在冬季风的作用下,沿岸流显著加强,使得沿途沉积物再悬浮显著。并且,T1断面中山东半岛北部沿岸20m以深、T3断面中30m以深和T5、T6断面35m以深海域水体浊度迅速减小,说明山东半岛北部和东部沿岸海域冬季再悬浮沉积物的主要输送方式是沿岸输送,而向黄海槽的悬浮物输送量很小,其原因在于冬季在山东半岛南下沿岸流的东侧还存在一支北上的逆风补偿流,两支流的流向平行(乔璐璐,2008;Chen *et al*,2012),但流向相反,产生的切变使得沿岸再悬浮沉积物只能沿岸输送,而不能纬向输送。在北黄海的中部,存在2个明显的浊度低值区,从冬季底层水温度分布可发现,浊度低值区分别对应两个低温区,温度约为7.5—8°C,应为夏季北黄海冷水团的残留水体,该区域水深较深,受沿岸流和黄海暖流的影响较小,故沉积物不易再悬浮,故呈现出两个低浊度区。将北黄海冬季2个低浊度区分隔开来的是一个较为明显的高浊度带,底层最高浊度可达到12FTU,结合北黄海冬季环流场可看出,黄海暖流在经过山东半岛东端外海后,逐渐向

西偏转,部分与辽东半岛沿岸流汇合,最终通过老铁山水道进入渤海,而该高浊度带恰好对应黄海暖流西偏的路径上,由于T5和T6断面中泥质沉积带东侧的浊度很小,故该高浊度带应是黄海暖流导致沿途表层沉积物的局地再悬浮。因此,冬季北黄海中部海域的沉积动力环境与北黄海南部海域有所差异。

4 结论

通过分析908专项的夏、冬季北黄海区块的水体调查资料,发现无论是夏季还是冬季,山东半岛和辽东半岛沿岸水体浊度较高,北黄海中部和渤海海峡海域浊度较低。夏季,北黄海海域水体浊度分布呈现出近岸浅水区浊度高,远海深水区浊度低,南北高,中间低的分布特征,浊度分布与等深线分布较为相似,北黄海中部海域水体浊度始终维持最低。水体垂向稳定的层结对水体浊度分布具有较大的影响,高浊度和高温度水体主要分布在近岸浅水区,温跃层附近海域的浊度相对较小,近岸浅水区的浊度锋面与温度锋面的分布和位置基本相同,北黄海冷水团中心区域水体浊度很小。夏季,北黄海冷水团对悬浮物的分布产生了“水障”的效应:阻止了辽东半岛和山东半岛沿岸的悬浮物向北黄海中部海域分布和输送。冬季,随着冬季风和沿岸流作用的加强,近岸海域水体浊度大大增加,但由于山东半岛东端外海的逆风补偿流和黄海暖流的作用,在山东半岛东端外海与沿岸流行成了显著的流速剪切,导致冬季山东半岛沿岸悬浮物大都沿岸输送。此外,黄海暖流经过山东半岛东端外海逐渐向西偏转,引起了北黄海中部沉积物的局地再悬浮,产生了一个呈条状分布浊度带,将冬季北黄海中部低浊度水体分成一东一西两块。

参 考 文 献

- 王勇智,乔璐璐,杨作升等,2013.近岸强海流切变锋作用下悬浮沉积物的输送和沉积——以山东半岛东端外海为例.沉积学报,31(3):9—19
- 王勇智,乔璐璐,鲍献文等,2012.夏季北黄海水体浊度分布特征的初步研究.中国海洋大学学报,42(6):1—8
- 乔璐璐,2008.冬季大风事件下渤海海环流及泥沙输运过程研究.青岛:中国海洋大学博士论文,41—52
- 乔璐璐,李广雪,邓声贵等,2010.夏季渤海湾中北部悬浮体分布.海洋地质与第四纪地质,30(3):23—30
- 孙湘平,2006.中国近海区域海洋学.北京:海洋出版社,10—14
- 苏健,江文胜,孙文心,2001.渤海中南部悬浮物海洋调查

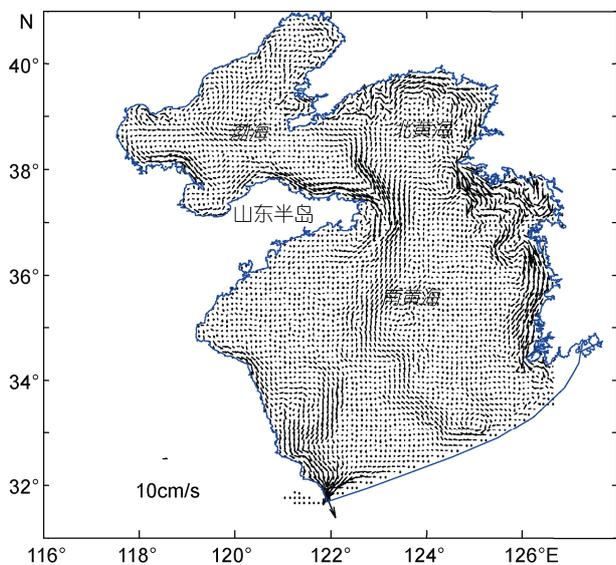


图9 渤海冬季中层水环流图(乔璐璐,2008)

Fig.9 Circulation in the middle layer in Bohai Sea and Yellow Sea in winter (Qiao,2008)

- 资料分析. 青岛海洋大学学报, 31(5): 647—653
- 李 军, 胡帮琦, 窦衍光等, 2012. 中国东部海域泥质沉积区现代沉积速率及其物源控制效应初探. 地质论评, 58(4): 745—756
- 杨作升, 王兆祥, 1989. 渤海莱州湾夏季悬浮体的分布和运移. 青岛海洋大学学报, 19(14): 49—61
- 杨作升, 郭志刚, 王兆祥等, 1991. 黄、东海毗邻海域悬浮体内与水团的对应关系及影响因素. 青岛海洋大学学报, 21(3): 55—69
- 杨海丽, 郑玉龙, 黄 稚, 2007. 海南近南海海域浊度与悬浮颗粒物粒径的分布特征. 海洋学研究, 25(1): 34—42
- 秦蕴珊, 李 凡, 1982. 渤海海水中悬浮体的研究. 海洋学报, 14(2): 191—200
- 秦蕴珊, 李 凡, 郑铁民等, 1986. 南黄海冬季海水中悬浮物的研究. 海洋科学, 10(6): 1—6
- 海洋图集编委会, 1993. 渤海, 黄海, 东海海洋图集(地质分册). 北京: 海洋出版社, 27
- 谢钦春, 张立人, 周福根等, 1983. 长江口外临近陆架悬浮物质的特征和运移. 东海及其它陆架沉积作用国际学术讨论会文集, 1: 400—412
- 翟世奎, 张怀静, 范德江, 2005. 长江口及其邻近海域悬浮物质量浓度和浊度的对应关系. 环境科学学报, 25(5): 694—699
- Chen Q Q, Zhu Y R, 2012. Holocene evolution of bottom sediment distribution on the continental shelves of the Bohai Sea, Yellow Sea and East China Sea. *Sedimentary Geology*, 273(15): 58—72
- Li Z, Bao X W, Wang Y Z, 2009. Seasonal distribution and relationship of water mass and suspended load in North Yellow Sea. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 27(4): 907—918
- Li Y, Li A C, Huang P, 2012. Sedimentary evolution since the late Last Deglaciation in the western North Yellow Sea. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 30(1): 152—162
- Liu J P, Milliman J D, Gao S *et al*, 2004. Holocene development of the Yellow River's subaqueous delta in North Yellow Sea. *Marine Geology*, 209: 45—67
- Yang Z S, Liu J P, 2007. A unique Yellow River-derived distal subaqueous delta in the Yellow Sea. *Marine Geology*, 240: 169—176

WATER TURBIDITY IN THE NORTHERN YELLOW SEA IN SUMMER AND WINTER

WANG Yong-Zhi^{1,2,3}, JU Xia^{2,3}, QIAO Lu-Lu¹, BAO Xian-Wen¹

(1. *Ocean University of China, Qingdao 266100, China*; 2. *The First Institute Of Oceanography, SOA, Qingdao 266061, China*; 3. *Key Laboratory of Marine Science and Numerical Modeling of State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China*)

Abstract Using temperature, turbidity, and concentration of suspended matter observed in summer and winter in our national project National Coastal Sea Comprehensive Investigation and Evaluation in the northern Yellow Sea (No. 908-ST02), horizontal and vertical water turbidity distributions in summer and winter were analyzed. Results show that high turbidity was in the north and south of the northern Yellow Sea, and low in the middle of the northern Yellow Sea in summer and winter, persistently. High turbidity was found along the Shandong Peninsula and Liaodong Peninsula and low turbidity in the middle of the northern Yellow Sea in both seasons. In summer, the northern Yellow Sea Cold Water Mass prevented the suspended matter along coast to the north and east of Shandong Peninsula from transporting eastwards; and in winter, a shear front generated by upwind compensation current along peninsula prevented the latitudinal transportation of suspended matter. Moreover, the interaction of the Yellow Sea Cold Water Mass and the Yellow Sea Warm Current resulted in different sedimentary environments in the central part of the northern Yellow Sea.

Key words water turbidity; water temperature; the northern Yellow Sea Cold Water Mass