

利用卫星图像对黄海表层水系的分析*

苏育嵩

(青岛海洋大学海洋环境学院, 青岛 266003)

苏洁

(青岛海洋环境预报区台, 青岛 266033)

提要 根据 1984 年 2 月—1987 年 11 月期间卫星遥感磁带资料, 利用美国全球 SST 模式反演海表温图像, 对黄海区表温及水系(包括流系、冷水带和海洋锋)的分布特征及其季节变动进行分析, 分析结果为: 黄海区存在暖水系与沿岸水系, 冬季构成西部环流与东部环流。黄海夏季表层东西两侧存在两条南北向的冷水带, 在冷水带中出现几个低温中心, 其中以辽南低温中心持续时间最长(从 4 月至 12 月), 黄海区海洋锋有冬季型与夏季型之分。

关键词 卫星图像 黄海 表层水系

青岛海洋大学光信息实验室根据 1984 年 2 月至 1987 年 11 月期间的卫星遥感磁带资料¹⁾, 利用美国全球 SST 模式, 实现了中国海域海表温度的反演, 准确度在 1℃ 之内。本文则根据所得的卫星图象描绘成水温分布图进行水系分析。如果略去年际间的差异, 则选择不同年份的资料, 基本上可代表不同季节及各月的水系分布。这次收集的资料包括朝鲜西岸海域, 给研究整个黄海区水系提供了有利条件。这里所谓水系, 是包括流系、冷水带和海洋锋, 有关它们的分布特征及季节变动, 已有文献(中国自然地理, 1979; 苏育嵩, 1989; 赵保仁, 1987; 佐原勉, 1979; Asaoka 等, 1966) 可为本文分析作一辅证。

1 流系

1.1 黄海暖水系 本海区的暖水系由黄海暖流及台湾暖流构成, 其中主要是黄海暖流携带来的高温、高盐水, 而台湾暖流只在个别时候可北上进入黄海水域。黄海暖流总是从济州岛南部进入黄海, 可分为冬季型暖水系及夏季型暖水系。

1.1.1 冬季型暖水系 冬季型暖水系一般从 10 月形成, 可维持到翌年 3 月(图 1), 是本海区冬半年比较强盛和相对稳定的暖水系。黄海暖流进入黄海后分为两个分支: 一支向西北指向青岛、连云港间, 称为黄海暖流西分支, 11—12 月强盛时可抵达岸边; 另一支向北经过北黄海由渤海海峡中部进入渤海, 称为黄海暖流北分支, 12—2 月势力最强。北分支可以认为是黄海暖流主干, 又有三个小分支: 其一通过济州岛海峡向东流, 一般情况下总是加进自北部沿朝鲜西岸流来的沿岸冷水, 混合后流入日本海(图 1a, b, c); 其二, 在

* 国家自然科学基金及国家“八五”重点项目联合资助项目, 49176249 号, 85-903-08-01。

苏育嵩, 男, 出生于 1930 年 6 月, 教授。

收稿日期: 1994 年 9 月 5 日, 接受日期: 1995 年 1 月 17 日。

1) 国家气象局卫星中心提供

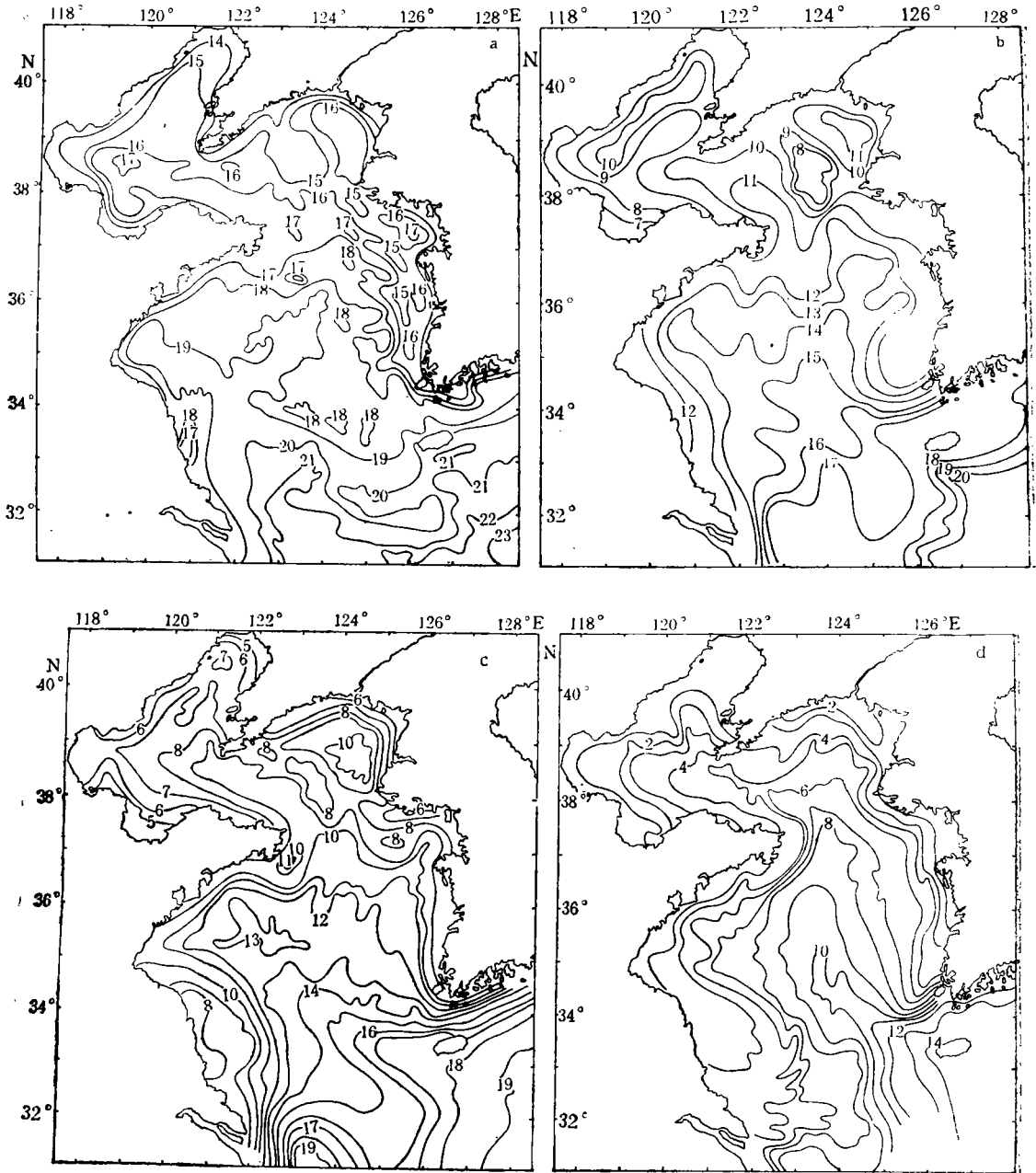


图 1 海表温分布(冬季型)

Fig. 1 Distribution of sea surface temperature (winter type)

a. 1985. 10. 7; b. 1987. 11. 9; c. 1986. 12. 10; d. 1984. 2. 18.

仁川海域折向东流,然后汇入朝鲜西部沿岸流南下(图 1b,c);其三,进入北黄海海域的小分支。这三个小分支都是顺时针流动的(图 3)。

1.1.2 夏季型暖水系 夏季型暖水系从 4 月至 9 月出现(图 2),势力较冬季弱,且不甚

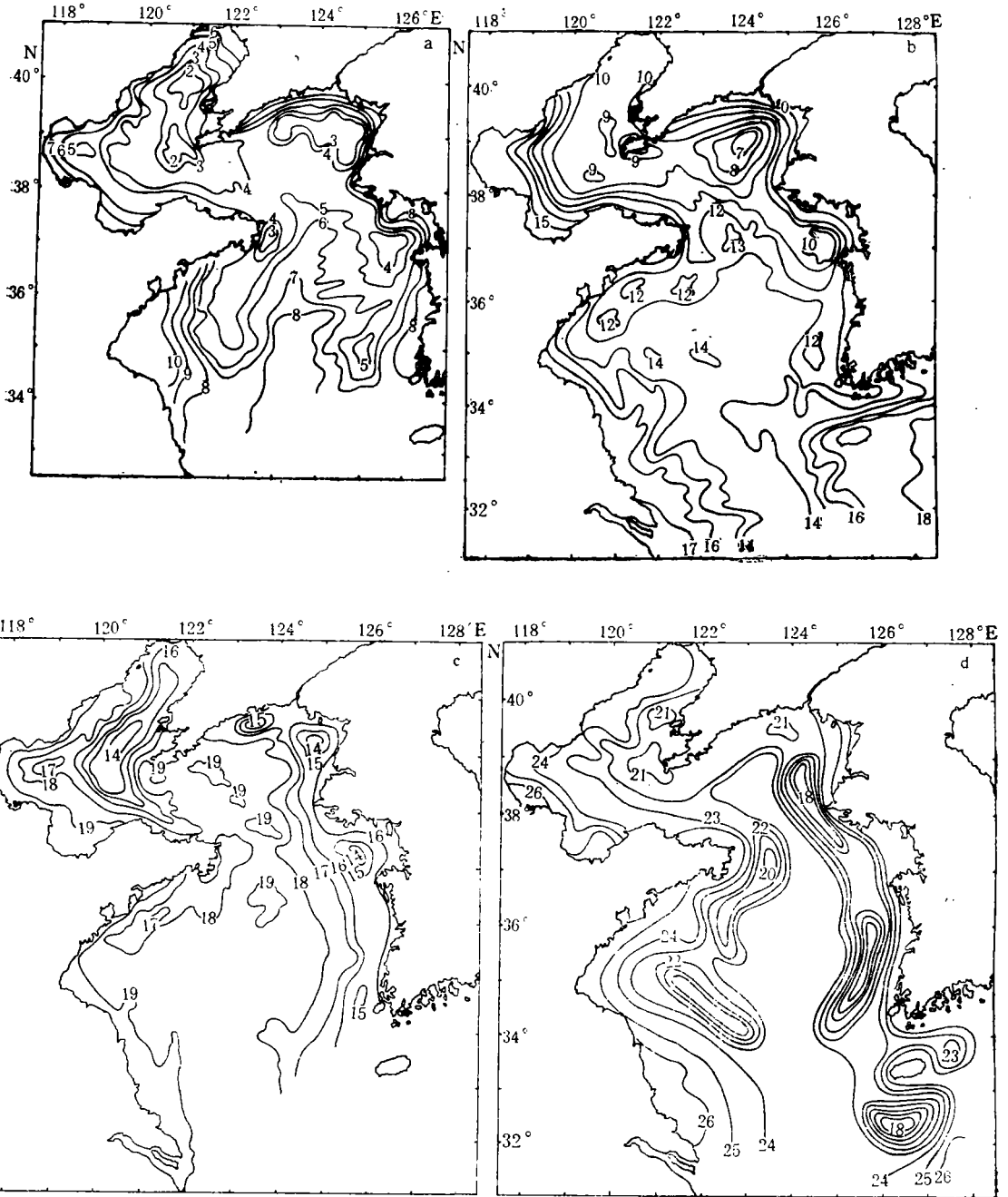


图2 海表温分布(夏季型)

Fig. 2 Distribution of sea surface temperature (Summer type)

a. 1987. 4. 12; b. 1987. 5. 17; c. 1986. 6. 18; d. 1986. 8. 29.

稳定。在夏季,有时因济州岛南部出现势力较强的涌升冷水,黄海暖流被迫转向,绕过冷水南缘向西,并与北上的台湾暖流汇合后从黄海中部流入黄海(图2d),这一现象在黄海流系中是比较少见的。夏季黄海暖流尽管势力较冬季弱,但其暖水余脉仍可北上至北黄

甚至进入渤海。此外, 夏季型暖水系与冬季型暖水系最大的差别是不存在西分支(图 4)。

1.2 沿岸水系 沿海岸流动的常年性低盐水, 冬季为低温, 夏季为高温。在中国大陆沿岸和朝鲜沿岸都存在沿岸流, 流向大多向南。

1.2.1 黄海沿岸水 冬季, 从渤海湾起的鲁北、鲁南沿岸水, 黄海的苏北沿岸水和东海的浙闽沿岸水, 是南北联成一体, 贴岸流动的低温水系, 1—3 月势力最强(图 1d)。在这一水系中, 从 11 月开始, 在长江口附近有一股强盛的低温冷水折向东南流向东海中部, 是为有名的黄海冷水, 在表层其势力可达 30°N (图 b—d), 黄海冷水与黄海暖流西分支、苏北沿岸流构成黄海冬季环流(图 3)。

春季, 沿岸区域从 4 月开始增温, 此时沿岸流转为高温水, 其外侧仍有一低温冷水带存在。在成山角附近, 沿岸水有时向西南贴岸流动(图 2b), 有时直接向南流入南海(图 2a), 有时这两支流同时存在(图 2c, d), 这种情况可维持到夏末。

夏季, 当 6 月长江冲淡水势力向东扩展时, 便在长江口处割断了表层沿岸水南北的联系。但在底层向东南流向东海的沿岸水依然存在, 只是此时的沿岸水为高温水, 不能再以黄海冷水命名, 鉴于其长年存在, 而温度又有较大的季节差别, 所以将这一沿岸水连同苏北沿岸水统称为黄海沿岸水。

秋季, 沿岸降温, 沿岸流又为冷水性质。在 11—12 月, 当黄海暖流西分支强盛时, 在青岛、连云港间可将沿岸流割断。

1.2.2 朝鲜西部沿岸水 包括源自辽东湾东部的辽西沿岸水, 北黄海的辽南沿岸水和朝鲜西部沿岸水, 其温盐性质及季节变化与黄海沿岸水类似。

冬季, 从辽南到朝鲜南端, 沿岸水形成一连续的低温带(图 2a)。春季沿岸增温, 其外侧留下几个相对稳定的冷水区, 从 4 月一直维持到 9 月初(图 2a—d)。当秋、冬季黄海暖流强盛时, 在朝鲜南端形成明显的海洋锋(图 1b—d)。在全年中, 济州岛北部的海峡区多为东向流所控制, 因此朝鲜沿岸水可以同外海水系混合后从济州岛海峡流入日本海。

从宏观的角度看, 黄海暖流(冬季为西分支, 夏季为北分支)与中国大陆的沿岸流构成逆时针向的黄海西部环流(以冬季最为显著, 故又称黄海冬季环流), 以及黄海暖流(北分支)与朝鲜沿岸流构成顺时针向的黄海东部环流(图 3, 图 4)。

以上分析结果, 与文献(中国自然地理, 1979)的研究结果十分吻合。

2 冷水带及低温中心

黄海夏季表层冷水带及其低温中心是该海区重要的海洋学现象之一, 是黄海水系的重要组成部分。对这一现象的专门研究尚不多见。从卫星遥感反演图像(图 1, 2)中看出, 这一现象明显存在, 本文仅就其分布特征及变动规律作一简要分析。

2.1 冷水带的分布特征 黄海区从 4 月沿岸增温后, 在沿岸高温水与海区中部暖流水之间开始出现东、西两条南北向冷水带, 一直维持到 9 月降温才消失。西冷水带分布于山东、江苏的近海区域; 东冷水带源自渤海的辽西、北黄海的辽南和朝鲜西岸的近海区(图 2, 4)。其中辽西的冷水有时与西冷水带为一系统, 而与东冷水带明显分离。在这两条长冷水带中出现几个低温中心, 以辽西、辽南、仁川、木浦和鲁南等几个低温中心较显著(图 2), 其中辽南低温中心持续时间最长, 从 4 月出现后可保持到 12 月才消失。

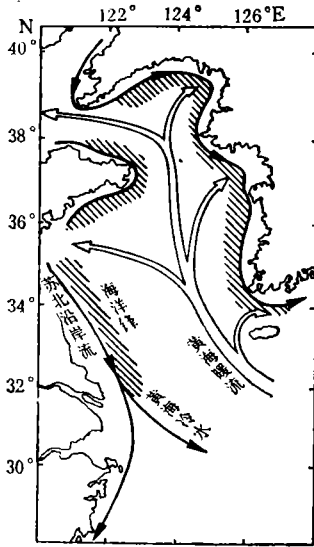


图3 黄海表层流系及海洋锋 (冬季)

Fig. 3 Current system and ocean front of sea surface in Yellow Sea (winter)

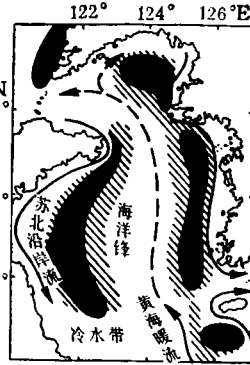


图4 黄海表层流系、海洋锋及冷水带(夏季)

Fig. 4 Current system, ocean front and cold water band of sea surface in Yellow Sea (summer)

在冷水带存在的季节里,其温度普遍较沿岸区和中部海区的温度低 2°C 以上,尤其是低温中心的温度可比周围的低 5°C 以上。冷水带的温度南北分布随季节有所不同,例如4月份(图2a),冷水带温度由北至南逐步增高:辽西低温中心温度为 2°C ,辽南低温中心为 3°C ,朝鲜西岸为 $4-5^{\circ}\text{C}$;而山东近海低温中心则为 $3-4^{\circ}\text{C}$ 。在8月份(图2d),冷水带温度变为由北至南逐渐降低:辽西低温中心为 21°C ,辽南低温中心和朝鲜西岸低温中心为 18°C ,山东、江苏近海则为 $19-20^{\circ}\text{C}$ 。而这时沿岸及黄海中部海区的温度均在 25°C 以上。

2.2 辽南低温中心 上已述及,辽南低温中心持续时间最长(4—12月)。但对于它的存在尚鲜为人知,对于它的形成及移动规律也未见任何报道。

从逐月的卫星图片资料可以看出,辽南低温中心实际上由两个形成不同并非同源的低温中心组成:一个形成于春季,为春季低温中心(图5a);一个形成于秋季,为秋季低温中心(图5b)。春季低温中心系冬季余留的低温水体,当4月沿岸增温后形成于北黄海北部海区,低温中心区温度为 3°C ,5月随着沿岸继续增温,其低温中心范围逐渐缩小,中心区温度增至 7°C 。6月该低温中心为暖流所迫,挤向朝鲜西岸处,范围明显缩小,中心区温度为 14°C 。8月随着沿岸流南下,中心温度为 18°C ,10月消失。与此同时,10月沿岸开始降温,新的沿岸冷水从辽南沿岸南下形成新的秋季低温中心。从图1a可以清楚看出,此低温冷水是从岸边流向北黄海中部的,11月于北黄海中部形成闭合的低温中心,中心区温度为 8°C 。12月暖流加强时,范围缩小,温度仍为 8°C ,1月完全消失。

因此,除冬季外,北黄海辽南区域于春、夏、秋三季表层均存在一个低温水域。该低温水域的强弱和移动,与黄海底层冷水团以及暖流和沿岸流的变动有密切关系,而上述现

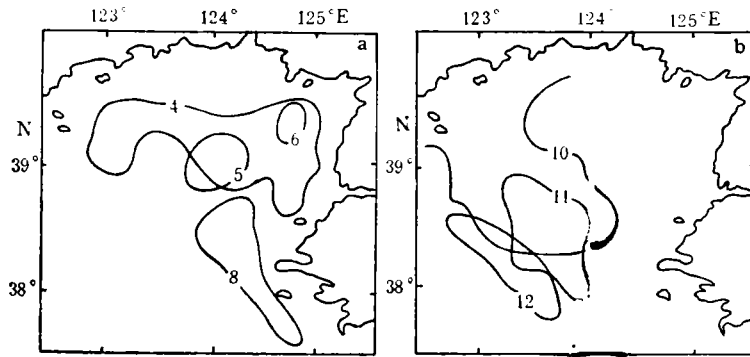


图 5 辽南低温中心的逐月变化

Fig. 5 Monthly variations of Liaonan Low Temperature Centres

a. 春季; b. 秋季。

(图内数字为月份)

象的变化又与沿岸海区的扇贝养殖密切相关。因温差剧变而引起扇贝大量死亡的事件时有发生,已引起海产养殖业的关注。

其余几个低温中心均形成于 4 月,至 9 月消失(图 2)。它们的季节变动情况,此处从略。

3 海洋锋

黄海区域,在中国大陆与朝鲜近岸区域,全年均分别出现东西两条南北向的锋带。这两条锋带具有明显的浅海锋的区域性特征和季节性特征。

3.1 冬季型海洋锋 冬季,在黄海中部黄海暖流的暖水系与东、西两侧沿岸流的冷水系之间,分别存在东、西两条连续的冷锋带,水温分布为靠岸侧低,外侧高,即冬季型海洋锋(图 3)。其西锋带起自鲁北、鲁南、苏北直到江浙的近岸区,从 11 月开始形成,这时因黄海暖流西分支强盛,有时可达岸边,西锋带在连云港附近被暖流切断。到冬季 1—2 月沿岸流强盛时才连成一体。东锋带从 10 月起在朝鲜西南端的黄海暖流源地已很明显,到 12 月整个朝鲜西岸的锋带已连成一条带状分布,南部的锋带可穿过济州岛海峡,冬季黄海暖流强盛时,又缩回到朝鲜西南部。

3.2 夏季型海洋锋 春季沿岸增温后;冬季型的锋带结构发生变化,此时沿岸流靠岸一侧为高温水,其外侧出现冷水带。冷水带外侧的表层又为暖流作用下的高温水;下层则为黄海底层冷水团所盘据。因此,表层在冷水带与外侧高温水之间形成上层海洋锋;而底层在冷水带与外侧冷水团之间出现冷水团锋。上层海洋锋与下层冷水团锋构成有名的黄海内陆海洋锋,一般分布于水深 50m 处,因此又称 50m 锋。靠岸处的水温上下均匀分布,外侧上层为高温水,下层为低温水,这是典型的内陆锋结构特征。夏季型海洋锋从 5 月出现,10 月消失,其中 8 月最明显,此时,西锋带起自成山角至苏北一线;东锋带由定州起可延至济州岛南部(图 4)。此外,当陆地增温迅速时,在沿岸高温水与冷水带之间也可能出现沿岸海洋锋。

4 结语

黄海区存在暖水系与沿岸水系,冬季构成西部环流与东部环流。

夏季表层东西两侧存在两条南北向的冷水带,在冷水带中出现几个低温中心,其中以辽南低温中心持续时间最长(从4月至12月)。

海洋锋有冬季型与夏季型之分。

参 考 文 献

- 中国科学院《中国自然地理》编委会, 1979, 中国自然地理——海洋地理, 科学出版社(北京), 91—115。
 苏育嵩, 1989, 黄、东海地理环境与环流系统分析, 青岛海洋大学学报, 19 (1, II): 145—158。
 赵保仁, 1987, 南黄海西部的陆架锋及冷水团锋区环流结构的初步研究, 海洋与湖沼, 18(3): 217—226。
 佐原勉, 1979, 东シナ海の水系分布, 海と空, 54(4): 135—148。
 Asaoka, O. and Moriyasn, S. 1966, On the circulation in the East China Sea and the Yellow Sea in winter, *Oceanogr. Mag.*, 18(1—2): 3—81.

ANALYSIS ON SEA SURFACE WATER SYSTEM IN THE YELLOW SEA USING SATELLITE IMAGES

Su Yusong

(College of Physical and Environmental Oceanography, Ocean University of Qingdao, Qingdao 266003)

Su Jie

(Qingdao Regional Centre Marine Forecasting, Qingdao 266033)

ABSTRACT

Analysis of the distributive characteristics and seasonal variations of the Yellow Sea current system, cold water band and ocean front in winter and summer by using satellite images showed that the warm water system and coastal water system in the Yellow Sea have obvious seasonal characteristics. In winter, the coastal current on both sides of this sea links up from north to south and forms with the warm current of the central area, the West Circulation and East Circulation respectively. In the warm season, in the east side and the west side of the Yellow Sea surface layer are two cold water bands distributing from north to south and some low temperature centres in them. The Liaonan Low Temperature Centre is the longest in continued period (from April to December). It is composed of two low temperature centres: one is formed from winter's remnant water; another is formed from coastal cold water flowing southwards. The ocean fronts of the Yellow Sea can be divided into winter and summer types. The cold water bands are as important oceanic phenomenon in the Yellow Sea as the ocean front.

Key words Satellite images Yellow Sea Sea surface water system