

利用红外云图研究东海黑潮的初步结果*

莫秦生

(中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所)

许政眼

(大连水产学院)

六十年代以来,有关国家不同程度地加强了对黑潮的研究,开展了一些国际性的调查研究(如CSK计划),取得了不少进展,我国学者也取得了若干重要结果^[5-9]。与此同时出现和发展起来的航天遥感技术在海洋学方面取得了广泛的应用。七十年代中期,这项技术已应用于黑潮研究。

本文利用诺阿(NOAA)气象卫星红外云图所示海洋表层相对温度场的信息,特别是温锋分布,描述冬、春季东海黑潮的若干特点,对发现的一些新情况作了初步探讨,并定性地给予了解释和分析。

一、资料与方法

本文选用的资料是国内气象部门多年接收的冬、春季(12月—5月)诺阿卫星甚高分辨率红外云图,地面分辨率约为1 km,温度灵敏度约为 0.6°K (300°K 处)。我们采用卫星红外云图研究黑潮是基于下列原因。

1. 卫星红外云图给出了海表温度场的信息

卫星红外云图是通过接收物体发出来的热红外辐射得到的。热红外波段,海水可以看作一个黑体,其辐射能是其表面温度 $T_{(K)}$ 的函数。云图影象上的灰度 D 与物体的温度 T 有如下近似关系¹⁾:

$$T = A \cdot D + C$$

式中 A , C 为常数。在黑白云图影象中,颜色深处,灰度值大、温度高;反之,灰度值小、温度低。在无云遮蔽的海域,云图所呈现的即是海表温度场。云图上灰度的梯度代表着温度的梯度分布,黑白对照极为明显的某些锋线则反映了该海域表层存在着温锋(或称温锋线)。近年来,利用卫星云图所反映的海表温度场和温锋已成为研究海洋的一种简便而重要的手段^[1-3,12,15,16,19,22]。

2. 黑潮的上表层温度场与温锋

黑潮是大洋性暖流,水温高是其水文要素的一个重要特点,冬季格外明显。由于冬季东海区的对流混合和涡动混合较为强烈,往往在150 m深的海水中(大陆架海域可达海

* 本文承管秉贤教授审阅,谨此表示衷心感谢。

收稿日期: 1983年3月26日。

1) 莫秦生, 1983年海表温度卫星遥感的外定标解译法(未刊稿)。

底)形成水文要素(尤其是水温)分布的垂直均匀层。冬季黑潮水系与东海其它水系之间的温差较大,往往形成明显的温锋线。文中所用云图,多是在强冷空气过后摄取的。此时,水体上、下混合较充分,水面气温比水温低,形成的水温垂直均匀分布具有较好的稳定性;天气极为晴朗,云图显示出大面积海域的表面温度场;水面上空气干燥,水汽吸收对红外辐射探测的影响较小,海表温度场及温锋均甚清晰。从连续时序的云图所示同一海域的温度场,具有一定时间(一日至数日,甚至数月)的稳定性和渐变性。在这种情况下,红外云图表征的海表温度场的分布特征及温锋,就可用来研究冬、春季黑潮上层水系的分布和变化。

3. 黑潮及其上表层的运动特性

黑潮全部的运动特性可用其断面流速分布来表示。

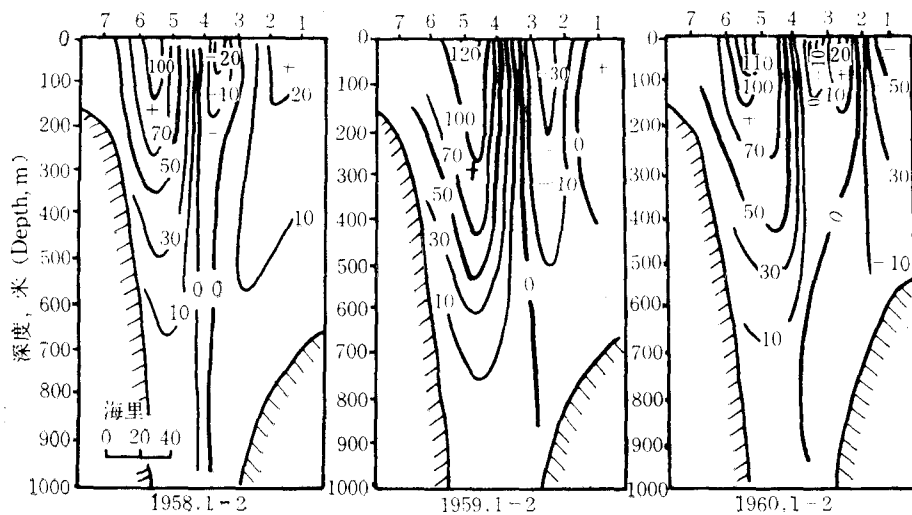


图1 黑潮G断面冬季的流速 (cm/s)
(引自管秉贤 1964^[3])

图1是东海G断面上的冬季流速分布。显见,主流等速线的轮廓似一组抛物线,即不同水层上极向流速的极大值几乎落在一条垂线上。1959年1月—2月,流速极大值基本位于测站4—5之间,流速 ≥ 100 cm/s的流核区可达200 m深处。断面上最大流速就在流核区的上层,基本处于流核的中央。显然黑潮的主体(以流核为中心)位于海洋的上层,在冬季,上层的流动情况大致反映黑潮主体的主要特征。

由此可见,由于冬、春季黑潮上层流高温性比较明显,并在一定程度上反映了黑潮主流系的特征,从卫星红外云图上又能明显看出表层海流的温锋线,这样就可利用卫星红外云图来揭示冬、春季黑潮的若干特征。本文以红外云图中两侧由明显温锋线包围的深色“带状”区代表黑潮表层的较暖水体,简称**暖核**,温锋线代表此暖核的边缘;取暖水区两侧温锋线之间中点的连线,代表黑潮表层暖核的轴线,简称**暖核轴**。

二、红外云图中的黑潮形态

在红外云图中,由海表温度场和温锋线显示的黑潮形态,在多方面表明与前人认识基本一致。但红外云图所示的大面积同步图象,又提供了许多新的信息,使我们对黑潮有了一些新的认识。

1. 黑潮进入东海时的形态

图版 I:a 是 1978 年春,黑潮沿台湾岛两侧进入东海时的云图照片。从照片的灰度可分辨出暖水区伸展的范围。其东支暖核温度较高,北上距离远,幅面也宽。在基隆以北存在一片冷水区并将东、西分支隔开。

黑潮暖核在穿越苏澳以东海脊时,幅面不断收缩,呈瓶颈状,且其暖核轴稍向右偏;进入东海后,幅面进一步变窄,同时又向左偏,最狭窄处约为 10 海里。此后,黑潮东支暖核又向右偏转,幅面也急剧增大,呈不对称的凸涡团状分布(参见图 5c)。暖核的整个形状类似一个“蘑菇”其中心约在 26°N , 120°E 处,位于 200 m 等深线的大陆架侧,半径约为 25 海里。在其东南方伸出一个呈姆指状的高温区,宽约 10 海里,长约 20 海里,其位置恰在 1000—2000 m 等深线的大陆坡海域的上方,与东北方向的东海黑潮主流相连接。在“蘑菇头”西侧有几个较小的指状分布,伸向基隆北部外海的冷水域,反映那里有一气旋式冷涡。在其它一些云图照片中也常发现凸涡团状高温水分布,但不一定呈蘑菇状,我们统称为凸涡团状分布。对此将在后面作进一步讨论。

2. 东海黑潮暖核的形态

黑潮暖核进入东海后,凸涡团状区域转向东,其在赤尾屿以南海面,又折向东北。东海中的黑潮暖核是一股温锋线形状明显,幅阔约在 10—30 海里左右的狭窄非等幅流(见图版 I:b)。黑潮暖核两侧,特别是西侧存在着不少涡状分布,与湾流西侧的锋涡分布相似^[16]。这些边缘锋涡在常规调查中不易被发现。

黑潮暖核进入吐噶喇群岛以西海域,向西、北、东三方面扩展,在九州岛西南再次形成一个范围较大的凸涡团状分布,在“凸涡团”的西侧同样出现若干个气旋式指状涡角,有

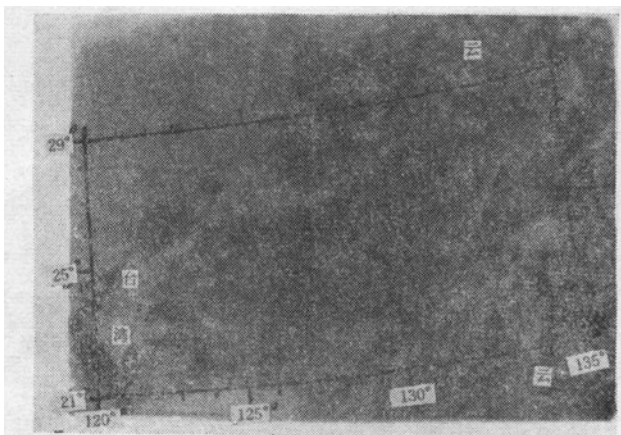


图2 北赤道中的暖水团块(1978年)
(诺阿-5甚高分辨率辐射计)

时其本身就是一个很大的混合区。黑潮再次从“凸涡团”区转向东,通过吐噶喇海峡流向太平洋。从图版 I:b 还可以看到,在琉球群岛东侧有一股辐阔较小的暖水带从西南向东北伸展,在吐噶喇海峡东部与从东海流出的黑潮暖核汇合,然后一同向东北方向延伸,这股暖水很可能就是沿琉球群岛东侧北上的暖流,其位置与测流浮标的轨迹有某种相似性^[17]。

3. 黑潮上表层流的脉动性

在红外云图中,东海黑潮暖核

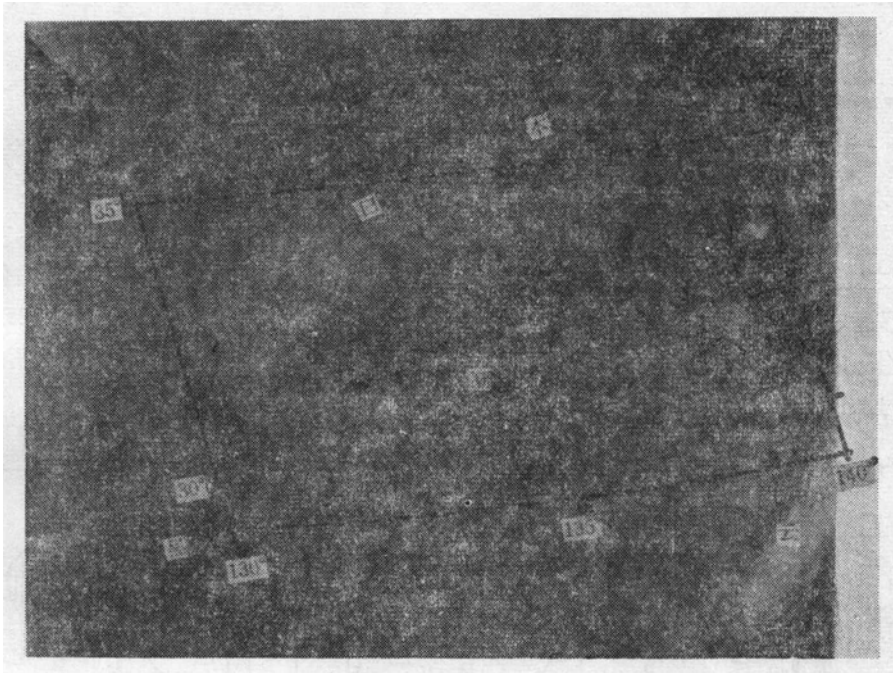


图3 日本南部外海的黑潮(1981年4月23日)
(诺阿-6 改进型甚高分辨率辐射计)

显示了明显的“不等幅”特性,有时甚至是不连续的(见图版 I:b)。如果以暖核幅度的宽窄及其连续程度表示黑潮上层流在运动过程中的瞬时动态分布特性,则它存在脉动性。这种现象在澳大利亚西部外海 Leeuwin 海流的卫星红外图象中也有发现^[20]。同时,我们还注意到:北赤道流区上层暖水呈絮团状,似由大大小小的暖水块和涡旋组成(图2),它们接踵西行在逼近台湾和吕宋岛时,向北偏转强化形成黑潮,这些絮团状水块似乎也沿流向伸长,并保持其温度特性。黑潮暖核进入东海时形成的凸涡团状分布也随时间消长变化,其温锋线表征了黑潮上层暖流在时间和空间上并不连续和恒定(见图版 I:a)。日本南部黑潮暖核其表面温度特性也常有所变化,幅面大小时而不一(见图3)甚至有“前后脱节”之势(见图4)。黑潮暖核锋线的这些复杂图式,似乎还与北赤道流絮团状暖水块的特性和运移有关。

在红外云图中,黑潮暖核这种温度特性的不连续和宽度的非等幅是常见的,相近于下述观点:“海流,一年中也并非均匀为等质水,常常是相异水质的海水形成水团而连续地流来;……如黑潮和对马海流,可认为是若干水团的集合”^[21]。从水文观测资料的平均状况看,黑潮是一条较稳定的连续边界流。然而从冬、春季红外云图上看,黑潮似为一条非等幅边界流,且具有显著的涡动性和脉动性。

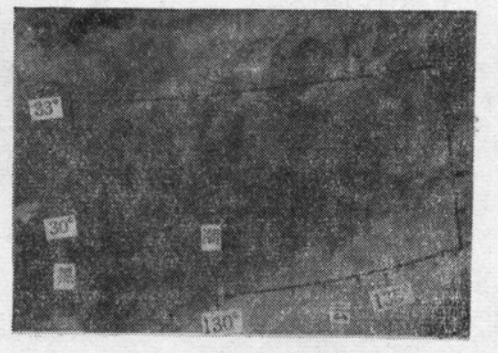


图4 吐噶喇海峡处黑潮
(1978年6月5日)
(诺阿-5 甚高分辨率辐射计 轨道 8359)

三、黑潮暖核的轴向

1. 黑潮暖核进入东海时的轴向

图 5(a-c) 是 1978 年春季的黑潮暖核轴的分布情况。黑潮在跨过苏澳-与那国岛海脊时,常先右偏,后左偏呈一长 S 形,这与有关冬季黑潮跨过海脊后,存在西偏的论述相近¹⁾。该轴线左偏的程度似与基隆西北海面气旋式冷涡强烈程度有关。冷涡越强,左偏越明显;反之,左偏程度较轻。从暖核轴线图可见,黑潮在跨越海脊时,仅产生了向右偏的趋势,并未“净右偏”。黑潮真正右偏似在钓鱼岛南面陡峭的陆坡区域,中心大约在 25.5°N, 123°E 附近。从宏观看,暖核轴线图所示黑潮在进入东海后的总趋势是“净右偏”的,这与前人的认识一致。

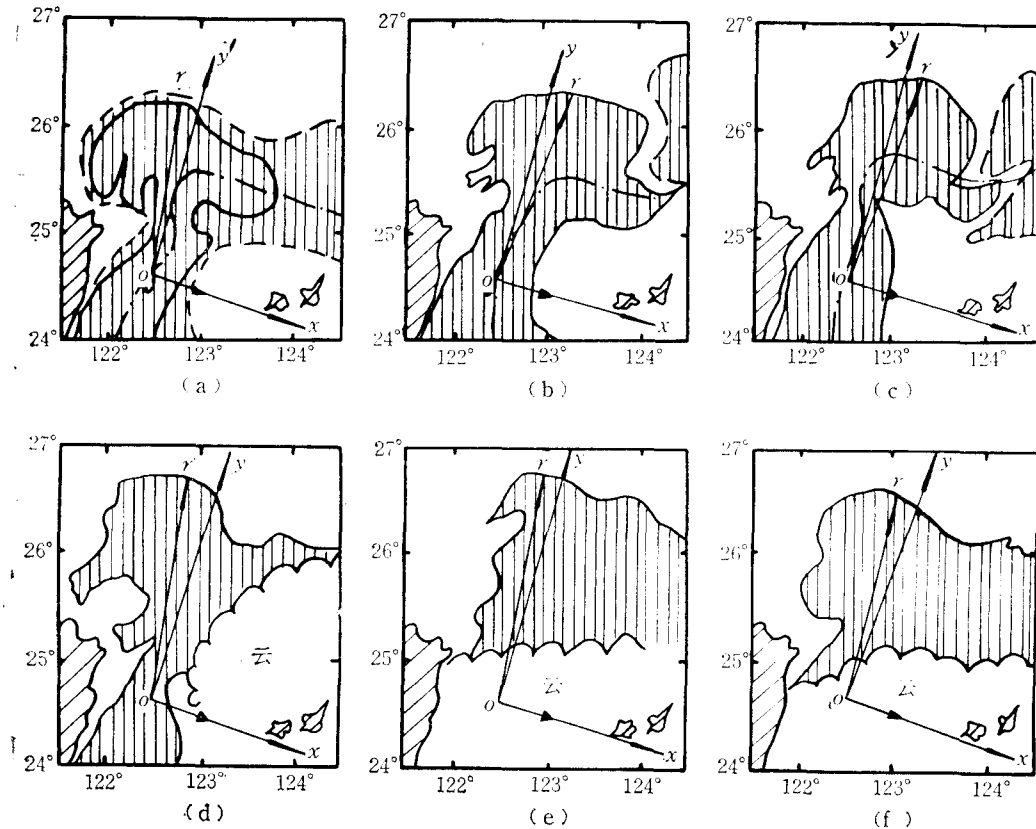


图 5 黑潮在进入东海后的轴线和宏观流矢

- a. 1978, 2. 27. $\theta = -5^\circ$, $r = 95$ 海里; b. 1978, 4. 12. 09:00 $\theta = +6^\circ$, $r = 109$ 海里;
c. 1978, 4. 12. 20:00 $\theta = +6^\circ$, $r = 116$ 海里; d. 1981, 1. 14. $\theta = -10^\circ$, $r = 120$ 海里;
e. 1981, 2. 9. $\theta = -4^\circ$, $r = 127$ 海里; f. 1981, 5. 7. $\theta = -7^\circ$, $r = 113$ 海里。

2. 黑潮暖核在东海区的轴向

1978 年春季黑潮暖核轴线,其位置及形状相对来说是稳定的(见图 6)。轴线呈波状

1) 顾玉荷, 1980. 台湾以东黑潮流轴位置季节变化的探讨. 中国科学院海洋研究所 30 周年学术讨论会论文摘要, 1-29.

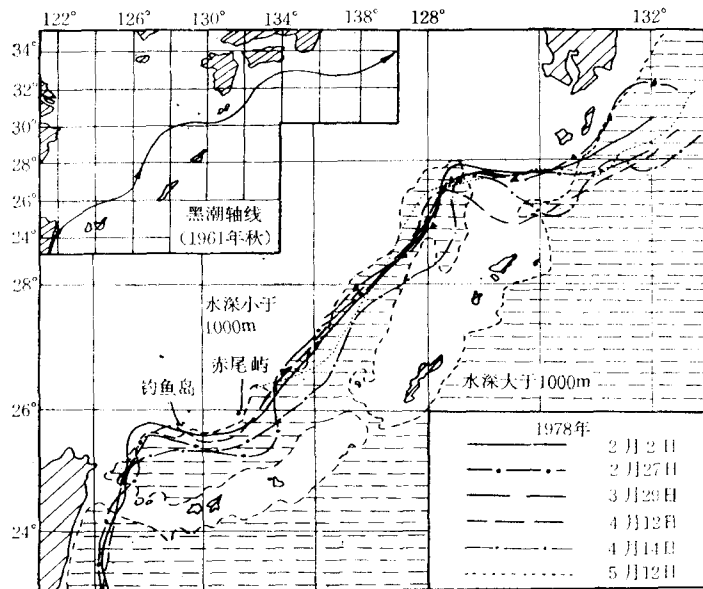


图 6 东海黑潮的暖流核轴线
(左上角黑潮轴线引自管秉贤 1964^[23])

弯曲,并存在三个弯点,这与管秉贤 1964 年提出的流轴图比较接近。图 6 还表明:(1)黑潮暖核轴三个弯点的位置是比较稳定的。第一个弯点在钓鱼岛西南(中心为 25.5°N , 123°E),黑潮在此右偏向东。第二个弯点在赤尾屿南部外海(中心为 25.5°N , 125°E),此处 1000 m 等深线显著地由东西向折为东北向;海底坡度甚陡;黑潮暖核轴向也从偏东转向东北。第三个弯点在冲绳海槽北端(中心为 29.5°N , 128.5°E),黑潮由此再折向东,进入太平洋;(2)在整个东海区,黑潮暖核轴基本沿着冲绳海槽西缘,特别是在 $26^{\circ}\text{--}29^{\circ}\text{N}$ 之间,轴向大约为 40° 左右,基本是稳定的;(3)黑潮暖核轴的波状弯曲从南到北顺流向为峰—谷—峰,这个配置是稳定的,未观测到它顺流传播的现象。但在不同时间弯点处轴线曲率是不同的,且辐线位置也相应地略有摆动,部分轴线上还迭加着高次波形,其产生和变动的规律尚不清楚,似与黑潮流势的强弱及两侧存在涡流有关;(4)黑潮在东出吐噶喇海峡时,其暖核轴的形态大致有两种情况:一种是从第三弯点斜向东北,从海峡北部进入九州东南海域,另一种是从第三弯点转向东南,从海峡南部进入太平洋,黑潮暖核轴约在奄美大岛以东同来自琉球群岛东侧的暖水汇合,然后向东流去。

四、讨 论

我们认为,冬季黑潮可以看作为密度呈均匀成层分布的上表层流。据位涡度守恒原理^[4],因海脊较窄,纬度变化不大,可认为科氏参数恒等,所以当海流由深水区进入浅水区时,即海流损失了涡度,产生反气旋右偏;而当海流由浅水区进入深水区时,相应地海流获得正的涡度增量,产生气旋式左偏。从偏转程度看,图 5 中的黑潮暖核轴形状似与 Neumann 型^[6]解释的结果相近。

2. 黑潮暖核在进入东海后出现的凸涡团状分布是一重要现象,反映了黑潮在该处的动力学状况,对研究黑潮的动态变化以及在今后开展黑潮变异的趋势预报有重要意义。基隆东北侧的凸涡团状分布形成的原因,我们认为是黑潮主流在跨过海脊后,流幅不断收缩,流速增强,犹如从一个喷口射出一股窄强流,当它冲向正面的大陆坡区域时,由于西、北两面均为较浅的大陆架,海流在此受陡坡地形阻挡,发生“壅塞”,部分表层流冲溢到大陆架,向北、西、东三个方向扩展,形成面积宽广的凸涡团状分布。凸涡团的左侧因台湾绕流作用和基隆北部冷水影响,产生气旋式冷涡;凸涡团的右侧受冲绳海槽“疏导”向东转移。

为了利用凸涡团状分布来描述黑潮主流进入东海时的特性,我们引入“宏观流矢”的概念,并选用下列的坐标系:以台湾岛东侧海岸的切线为基线(与经度交角约为 17°),从与那国岛作该基线的垂线,垂线与苏澳以东海脊的长轴方向一致。设垂线中点为原点 o ,建立 $x-y$ 直角坐标系, y 轴与基线平行,指向高纬, x 轴即为垂线,指向与那国岛方向。从原点 o 向凸涡团块温锋线靠近 y 轴的最远点作一矢量 r ,矢量 r 与 y 轴的夹角 θ 用来表征“宏观流向”(见图7)。 $\theta < 0^\circ$,宏观流矢 r 在 y 轴左侧;反之, $\theta > 0^\circ$, r 在 y 轴右侧。 r 的偏转,即 θ 的符号和大小,似与黑潮轴偏转及基隆北侧冷涡强弱程度有关。矢量 r 的长度表征凸涡团块冲溢的范围,间接与流势的强弱相对应(参见图5)。利用“宏观流矢”,可以从红外云图上得到有关黑潮进入东海时期势力变异的某种定量的认识。图5还表明,若有云层遮蔽部分凸涡团状分布时,利用这个方法也可能估测其流势特征。在今后开展黑潮变异趋势分析预报时,这可作为一个标志因子。

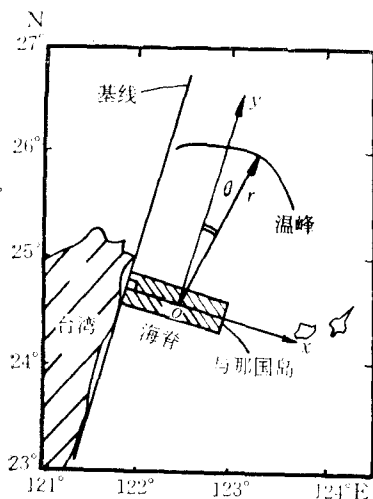


图7 宏观流矢坐标系

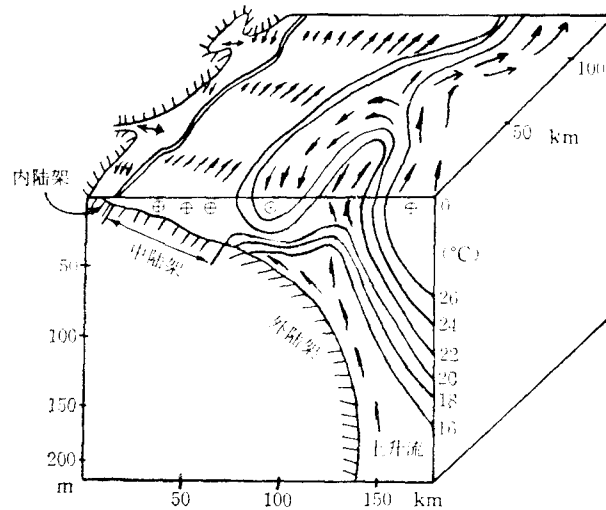


图8 湾流边缘锋涡与冷水上升示意图

(引自 Lee 1981年^[18])

黑潮在进入东海后出现“净右偏”,这是一种“宏观”现象。前面提到,黑潮右偏出现在东海大陆架外侧陡峭的陆坡区域。在黑潮暖核轴的第一弯点(钓鱼岛西南),海流受陡坡地形阻挡而“壅塞”。按位涡度守恒原理,“壅塞”将使海流损失部分涡度并产生反气旋偏转,使海流右偏。在黑潮流轴的第二弯点(赤尾屿南面)陆坡的坡度很大,等深线有明显的

发散趋势, 1000m 等深线从西向东, 又急剧转向东北。同理, 海流在此处将再次获得正的涡度增量, 促使它形成气旋式左偏。黑潮在通过两个弯点以后, 才稳定地沿海槽西缘流向东北, 这时与进入东海前的流向比较, 黑潮的流向“宏观地”表现为净右偏。

3. 在红外云图上, 暖核的左右侧温锋区常出现涡角状分布, 与湾流的“边缘锋涡”(见图 8) 类似^[18]。依 Chew 的观点^[13], 在边缘锋涡中存在一个弱反气旋运动(见图 9), 使暖性的锋涡不同其东侧的冷性气旋合并。若按此机制, 黑潮左侧的边缘锋涡应是相对稳定的, 这与红外云图的情况相接近。但在逆流的西侧是否有弱的东北流, 则需实测验证。



图 9 湾流边缘锋涡内的气旋运动示意图
(引自 F. Chew, 1981年^[13])

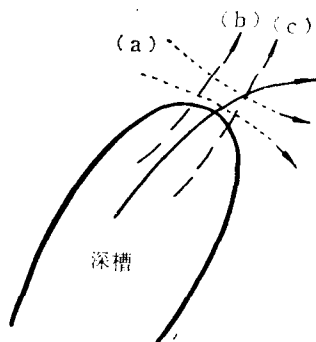


图 10 深槽北侧潮流引起的合成余流示意图
(据 Robinson^[21] 改绘)

Lee^[18] 运用断面水文资料, 证实湾流锋涡区有上升流, 其使营养盐向大陆架输送。我们认为黑潮边缘锋涡也许会对东海外大陆架区渔场机制产生重要影响。但是, 由于资料所限, 对于黑潮边缘锋涡的成长、移动和消失过程尚待进一步研究。

4. Robinson^[21] 指出潮流在经过一个底形有起伏的海域时, 涡度的变化主要受下列三个独立的机制的影响: (a) 位涡度守恒; (b) 侧向摩擦; (c) 底摩擦效应。由此在 Hurb 深槽(平均深度 80 m, 宽 3 km) 的端部沿深槽长轴向的潮流所引起的合成余流将偏在潮流右侧(图 10 中实矢线)。我们认为黑潮在冲绳海槽北端东转的现象与上述机制有关。黑潮在此海域形成凸涡团状分布的原因, 类似地也可用海流受陆坡地形阻挡而“壅塞”来解释。当然, 复杂的地形(包括吐噶喇海峡的引导作用)以及流势的脉动性, 会加剧此处的涡动混合, 并可能影响到黑潮进入太平洋的流向。

5. Stommel^[10] 在论述湾流的变异时指出, 湾流衰变后破碎为大大小小的水团或涡旋, 且同时并存着两种复杂过程: 一是每一碎块保持其位涡度, 但其大小与湾流本体值不同; 二是这些碎块受风混合和气候因子的影响而变性。他认为这种破碎实际上是能量散逸的过程, 并发生在湾流末端的有限海域区。

黑潮在越过苏澳以东海脊后产生的凸涡团状分布, 相当于黑潮的第一次“部分破碎”, “破碎”的水团或涡旋因受地形风和气候因子等的影响而变性, 对浙-闽外海混合水域及台湾暖流的形成作出一定贡献。同样, 在冲绳海槽北端出现的第二个凸涡团状分布, 相当于黑潮再次发生“部分破碎”, 形成九州西南的混合水域, 部分能量又转变成平流的动能, 形成对马暖流和黄海暖流。上述两个混合区温度特性的差异, 大概取决于黑潮暖核区海流这

种“部分破碎”的程度。前者,边缘涡动较弱,似与“破碎”时释放能量较小有关,混合水与

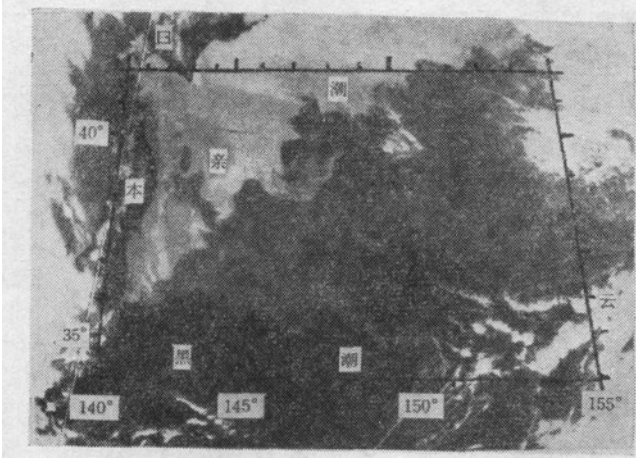


图 11 与亲潮相遇的黑潮(1978年4月23日)
(诺阿-5 甚高分辨率辐射计)

大洋水的特性相差也较大;后者,边缘涡动剧烈,混合水的特性更趋于大洋性,可能是“破碎”时释放出较多能量的缘故。黑潮主流在穿过吐噶喇海峡后,继续沿日本南部海岸流向东北,直至 35°N , 140°E 一带与亲潮寒流相遇才几乎“完全破碎”,释放出大量的能量,形成多叉和强涡累累的情景(见图 11),余者变性并形成北太平洋流。值得注意的是,黑潮的这三次“破碎”,均出现在暖核轴波状弯曲的“波峰”位置。这似乎与海浪在近岸出现的“崩

波”——波峰破碎,波形基本上不变并继续向岸传播的现象有某种相似之处。

本文研究表明:卫星红外云图能显示许多常规海洋调查时难以发现的中、小尺度的海洋现象,并为短周期动态研究提供了实时、同步的大面积资料。因此,红外云图不仅是一种佐证,也是一种优越性显见的手段,这将在黑潮等流系变异趋势的研究和预报以及渔场分析中发挥作用。

参 考 文 献

- [1] 郑全安, 1979. 遥感在海洋中尺度涡旋研究中应用及卫星照片实例解译。海洋学报 **1**(2): 342—357。
- [2] ——, 1981. 由 GMS-1 和 NOAA-5 卫星红外照片得出的黄、东海冬季海面温度模式。海洋学报 **3**(4): 523—534。
- [3] 莫秦生、郑建元, 1981. 卫星红外云图在海洋渔业中的应用。红外物理与技术 **10**(6): 48—52。
- [4] 景振华, 1966. 海流原理。科学出版社, 第 94 页。
- [5] 管秉贤, 1964. 黑潮流速流量的分布, 变化及其与地形关系的初步分析。海洋与湖沼 **6**(3): 229—251。
- [6] ——, 1978 年. 我国台湾及其附近海底地形对黑潮途径的影响。海洋科学集刊 **14**: 1—21。
- [7] ——, 1979. 东海黑潮变异研究的若干结果。海洋与湖沼 **10**(4): 297—306。
- [8] ——, 1980. 我们对黑潮研究的若干初步结果。海洋科学 **12**: 34—37。
- [9] ——, 1981. 苏澳-与那国岛断面上黑潮流速结构的特征及其季节变化。海洋科学集刊 **18**: 1—18。
- [10] 斯托美尔 (Stommel, H.), 1964. 湾流, 自然地理的反动力学说明(毛汉礼译)。国家科委海洋组办公室编辑出版, 第 97 页。
- [11] 须田皖次, 1948. 海洋科学(郑焕宇译, 1958)。科学出版社, 第 323 页。
- [12] 齐藤诚一, 1981. 人工卫星による东北海区にすける海洋前线システムの観測。北海道大学水产部業績集特别号: 11—22。
- [13] Chew, F., 1981. Shringles spin-off eddies and an hypothesis. *Deep Sea Research* **28A** (4): 379—391.
- [14] Evans, R. H. and O. B. Brown, 1981. Propagation of thermal fronts in the Somali Current System. *ibid.* **28A** (5): 521—527.
- [15] Hansen, D. V., G. A. Maul, 1970. A note on the use of surface temperature for observing ocean currents. *Remote Sensing of Environment* **1**: 161—164.
- [16] Harris, T. F. W., R. Legeckis and D. Forest, 1978. Satellite infra-red images in the Agulhas Current System. *Deep Sea Research* **25A** (6): 543—548.

- [17] Ishii, H., R. Saruwatari, Y. Ueno et al., 1982. Application of Drifting Buoys in Research. *Reportor Hydrographic Research* 17: 347—365.
- [18] Lee, T. N., L. P. Atkinson and R. Legeckis, 1981. Observations of a Gulf Stream Frontal Eddy on the Georgia Continental Shelf, April 1977. *Deep Sea Research* 28A (4): 347—378.
- [19] Legeckis, R., 1979. Satellite observation of the influence of bottom topography on the seaward deflection of the Gulf Stream off Charleston, South Carolina. *J. Physical Oceanography* 9: 483—497.
- [20] Legeckis, R. and G. Cresswell, 1981. Satellite observations of sea-surface temperature from off the coast of western and southern Australia. *Deep Sea Research* 28A (3): 297—306.
- [21] Robinson, I. S., 1981. Tidal vorticity and residual circulation. *ibid.* 28A (3): 195—212.
- [22] Weat, S., 1980. Ring around the Gulf Stream. *Science News* 118 (21): 330—332.

A PRELIMINARY STUDY ON THE KUROSHIO IN THE EAST CHINA SEA USING SATELLITIC IR IMAGES

Mo Qinsheng

(*Institute of Fisheries Machinery and Instrument of Chinese Academy of Fisheries Science, Shanghai*)

and

Xu Zhenglang

(*Dalian College of Fisheries, Dalian*)

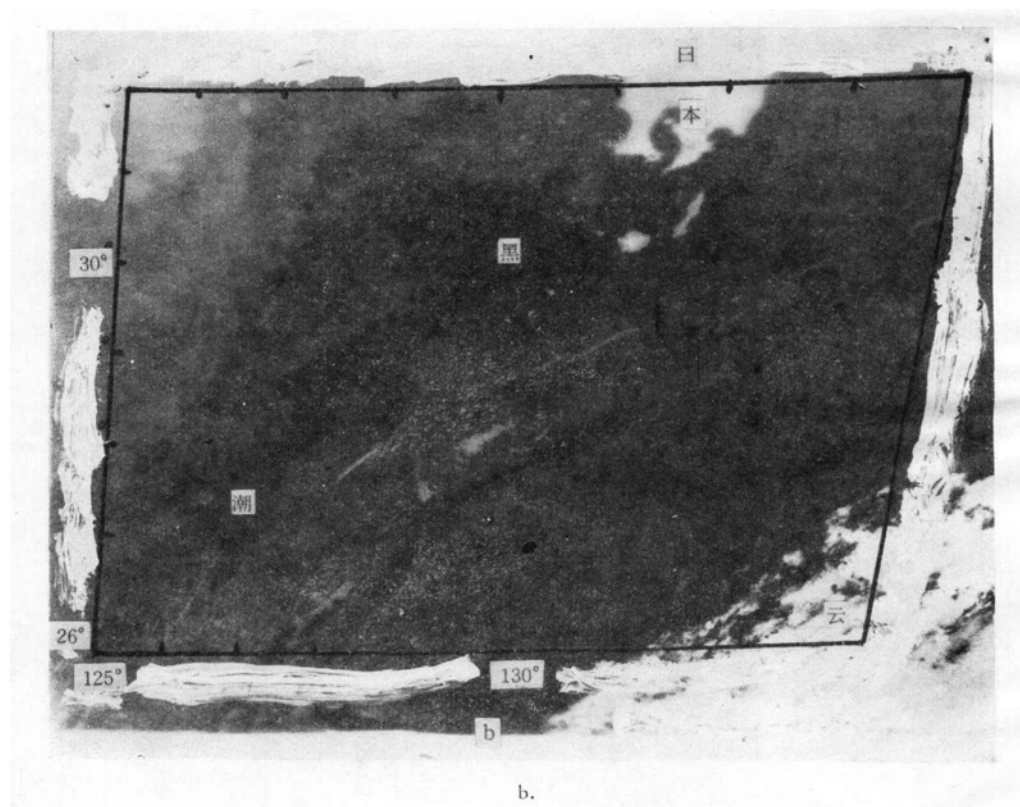
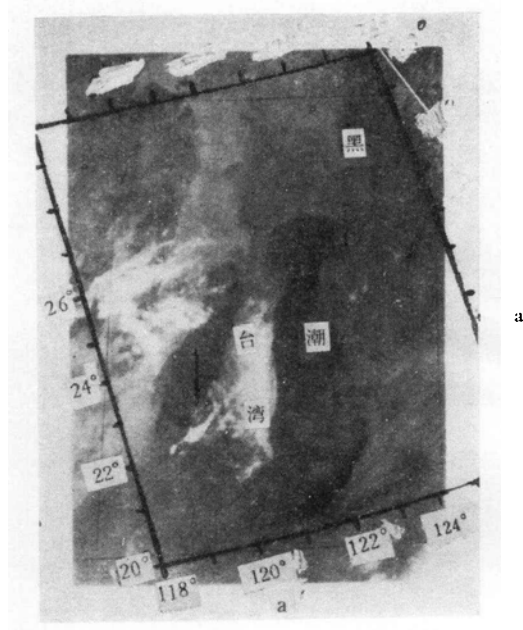
ABSTRACT

NOAA IR images showing the sea surface temperature fields and thermal front of the Kuroshio in the East China Sea during winter and spring 1976—1981 were received by China. They showed also that the flow of the Kuroshio warm water contracted like a bottle neck when passing over the under water ridge by north east of Taiwan, and that the axis of the warm water deflected to a s-shape.

Convex eddy warm water mass may be a result of the blocking effect of the continental slope on the Kuroshio in the north east area of Taiwan, and that followed varying with time may also be related to the strength of the current.

The core of the warm water appeared width being unequal, its shape varying frequently and having many margin eddies. Its axis appeared steady in wave-shape with the rightward deviation which was a result of effect of the continental shelf and its pulsation might be related to warmer water masses in the North Equator Current.

The variation of the Kuroshio was also briefly discussed and qualitatively analyzed with the mechanisms such as potential vorticity conservation, friction effect, frontal eddies dissipation and component of energy. The IR images may also help predict the short-term variation of the Kuroshio.



黑白影象

- a. 黑潮进入东海时的暖水形态(诺阿-5 甚高分辨率辐射计, 1978年4月12日20时, 轨道 7697);
- b. 东海黑潮的表面形态(诺阿-6 改进型甚高分辨率辐射计, 1981年3月5日)。