研究论文 · Linn ARTICLE

## 黄海暖流源区附近温盐结构及其季节变化

放<sup>1,2</sup>,于 非<sup>1</sup>,王建丰<sup>1,3</sup>,司广成<sup>1</sup>,李 昂<sup>1,2</sup>,周文正<sup>1,2</sup> 胡

(1. 中国科学院海洋研究所、山东 青岛 266071; 2. 中国科学院大学、北京 100039; 3. 国家海洋局海洋--大气 化学与全球变化重点实验室, 福建 厦门 361005)

> 摘要:为探究不同季节下黄海暖流在源区的状态,利用韩国海洋数据中心(Korea Oceanographic Data Center)发布的水文数据,对黄海暖流源区附近温盐结构及其季节变化进行了分析。结果表明:年平均 状态下对马暖流在济州岛东南存在向西向入侵的趋势、其入侵存在明显的季节变化:秋季最强、冬、春 季开始减弱、夏季最弱。济州岛西侧、约在 33°30′N、125°30′E 处存在一支伸向西北的高盐舌、该高盐 舌盐度同样具有明显的季节变化:冬季最强、春季开始减弱、夏季降至最低、秋季盐度开始缓慢回升。 黄海区盐度的变化要滞后于对马暖流区盐度变化。冬季朝鲜沿岸水南下入侵程度最强、能到达 34°N 以 南的位置。

关键词:黄海暖流源区;对马暖流;季节变化 中图分类号: P722.6 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2016)07-0160-10 doi: 10.11759/hykx20150814001

作为唯一一支向黄海输运外海高盐水的海流<sup>[1]</sup>、 黄海暖流的起源长期以来就备受人们关注。关于黄 海暖流起源。存在多种看法。传统观点认为黄海暖流 是对马暖流在济州岛东南的分支<sup>[2-4]</sup>。进入 20 世纪 80年代以来, 越来越多的学者对此提出不同的看法。 Beardsley 等<sup>[5]</sup>认为黄海暖流是起源于台湾暖流: Fang 等<sup>[6]</sup>根据模式结果提出、黄海暖流水冬季源自 台湾--对马暖流系统,夏季台湾--对马暖流并未进入 黄海、而是经济州海峡汇入对马海峡。汤毓祥等[1] 认为黄海暖流是从对马暖流与东海陆架水交汇形成 的锋面中衍生出的、具有混合水的特性。乐肯堂<sup>[7]</sup> 在探讨冬季黄海暖流起源时提出、黄海混合水及朝 鲜沿岸水同样参与了混合。

虽然学者们对于黄海暖流源区水的组成存在争 议,但是无疑都认为黄海暖流水来至于济州岛附近 海域。Kondo 等<sup>[8]</sup>指出对马暖流在沿黄海海槽西侧流 入黄海形成黄海暖流的过程中、会有少部分从中分 离、按顺时针方向绕济州岛运动。Lie 等<sup>[9-10]</sup>根据卫 星漂流浮标和 CTD 资料证实了绕济州岛的济州暖流, 并认为黄海暖流是在济州岛西侧与济州暖流分离。 汤毓祥等[11-12]认为对马暖流与陆架水混合后进入济 州岛西侧后分为两支: 盐度较高的一支绕济州岛运 动,成为济州暖流;盐度较低的一支继续向西北,最 终进入黄海、成为黄海暖流。

黄海暖流冬季最为强盛、且存在显著的季节变

化。郭炳火等<sup>[13]</sup>指出黄海暖流生成于冬季、春季开始 减弱,夏季消失。汤毓祥等<sup>[12]</sup>认为仅从温、盐结构上 看, 黄海暖流只存在干冬春季节, 夏季消失。 王辉武 等[14]在分析实测资料后指出黄海暖流在秋季开始出 现,冬季成熟,春季减弱,夏季消失。刘传玉等<sup>[15]</sup>指 出黄海暖流源区表层存在南北两支锋面、其研究表 明该锋面从 11 月下旬于济州岛西部生成并向西北方 向扩展,1、2月份锋面强度达到最大,2月下旬锋面 向东南方向退缩并在 3~5 月消失。对于黄海暖流维 持机制的认识、中韩学者存在较大分歧。Hsueh 等<sup>[16]</sup> 认为冬季黄海暖流并非持续存在而是在北风作用下 的间隙性流动, Lie 等<sup>[10]</sup>进一步提出该北向流只有在 强于该海域的潮汐余流时才能进入黄海。汤毓祥等[1] 认为黄海暖流至少在冬季及初春是稳定存在的; Yu

收稿日期: 2015-08-14; 修回日期: 2015-10-09

基金项目: 国家自然科学基金(40776019,41176018,41306021); 国家海 洋局海洋-大气化学与全球变化重点实验室开放基金课题(GCMAC1306); 国家自然科学基金委员会-山东省人民政府联合资助海洋科学研究中 心项目(U1406401); 国家自然科学基金委员会-创新研究群体科学基金 (41421005)

<sup>[</sup>Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.40776019, No. 41176018, No. 41306021; the Fund of Key Laboratory of Global Change and Marine-Atmospheric Chemistry, State Oceanic Administration, No.GCMAC1306; NSFC - Shandong Joint Fund for Marine Science Research Centers, No.U1406401; NSFC- Innovative Group Grant, No. 41421005]

作者简介: 胡放(1991-), 男, 硕士研究生, 主要从事近海环流研究, E-mail: hufangd@hotmail.com; 于非, 通信作者, 男, 博士生导师, 研 究员,主要从事近海环流和大洋环流研究, E-mail: yuf@gdio.ac.cn

研究论文 · ┃:⑪ ARTICLE

等<sup>[17]</sup>通过分析 ADCP 及锚定浮标的资料后, 指出黄海暖流至少在月平均尺度上是稳定存在的。

综上所述, 黄海暖流存在显著的季节变化。而作 为黄海暖流的源地, 济州岛附近海域的季节变化会 对黄海暖流的季节变化产生重要影响。本文依据韩 国海洋数据中心(Korea Oceanographic Data Center, KODC)发布的温盐资料, 对黄海暖流源区附近的温 盐结构特征及其季节变化进行了分析。

## 1 资料方法及断面位置

KODC 发布的 NSO (National Serial Oceanographic observation, 1961 至今)资料是一组覆盖了韩 国周围海域的 25 条断面实测资料, 观测频率为 2 个 月一次, 某些断面为一季度一次, 详见 http://kodc. nfrdi.re.kr/page?id=eng\_index。 该资料包含海水温度、盐度、气温、风速、风 向等项,其中温、盐数据为标准层数据,具体层次为 表层、10、20、30、50、75、100、125 m、底层。 本文采用了济州岛周围的9条断面(图1)的温盐资料, 资料覆盖区域为31°30'~34°43'N,124°~127°42'E,站 位经向间隔约为 0.5°N,结向间隔约为 0.3°E。其中 203 断面、204 断面、311 断面、312 断面、313 断面、 314 断面的观测频率为每2个月一次,315 断面、316 断面、317 断面观测为每季度一次。本文对2000~2013 年间冬(2 月)、春(4~5 月)、夏(8 月)、秋(10~11 月) 的资料进行多年平均,来探讨黄海暖流的温盐特征 及季节变化。为便于分析,我们将 32.8°~35°N、 124.2°~126.1°E 之间的区域称为黄海运(A 区),定 义 31.2°~33.1°N、126.1°~128°N 之间的区域称为对马 暖流区(B 区)。



图 1 数据覆盖区域地形及站位 Fig. 1 Topography and station locations in the study area

## 2 底层水的平均分布

#### 2.1 底层水年平均水平分布

Yu 等<sup>[17]</sup>指出, 黄海暖流在月平均尺度上稳定 存在, 且底层最强。为了验证黄海暖流源区是否存 在支持黄海暖流存在的流动, 对 2000~2013 年 75 m 层温盐数据进行了多年平均, 如图 2 所示。其中温 度水平分布图(图 2a)反应出黄海冷水团对黄海区的 影响, 并有向济州海峡入侵的趋势。乐肯堂<sup>[7]</sup>将 34.3 作为对马暖流水的盐度下限, 盐度水平分布图(图 2b)显示:大于 34.3 的高盐对马暖流水水常年盘踞 在济州岛东南,并存在沿东南-西北斜向入侵黄海 的趋势,海区西南被黄海混合水(以南下黄海沿岸 流为主)占据<sup>[17]</sup>,二者之间形成极强的盐度锋面。受 到黄海混合水的挤压,黄海暖流源区产生一个向西 北的高温高盐分支,在 33°30′~34°30′N、125.5°E 以 西延伸出黄海暖流高盐舌<sup>[1]</sup>。黄海区年平均盐度在 33~33.7 之间。另外,34°N 以北、125.5°E 附近可以 看到朝鲜沿岸水南下入侵的痕迹,将在文中对此进 行详细讨论。



图 2 多年平均 75 m 层温度(a, 单位: ℃)、盐度(b)水平分布图 Fig. 2 Horizontal distribution of annual average temperature (a) and salinity (b) at 75 m

#### 2.2 底层水的季节性分布

冬季是黄海暖流最强的季节,温度(图 3a)和盐 度(图 3e)水平分布图显示,34°N 附近出现较强锋面。 在对马暖流区,315 断面处可以看到盐度大于 34.3、 温度大于 15℃的高盐暖舌向西延伸,其延伸范围向 西超过 126.2°E。冬季该区域底层盐度平均值为 34.29。黄海区,可以看到核心盐度大于 33.9、核心 温度大于 12℃的甚强高盐暖舌延伸至 124.2°E,冬季 黄海区底层平均盐度为 33.47。

春季温(图 3b)、盐(图 3f)水平分布状态与冬季相 似。但是,对马暖流水西向扩展有所减弱,而黄海区 也存在微弱的降温减盐现象。温度水平分布图(图 3b) 显示,黄海冷水团开始向东海扩展,东海北部底层 冷水开始形成<sup>[18]</sup>。而在黄海区,12℃等温线仅能到达 125°E 以东海域。盐度水平分布(图 3f)显示,对马暖 流区,盐度大于 34.3 的对马暖流水仅能向西延伸至 126.7°E,该区域底层平均盐度降低为 34.11;与此同时,黄海区的高盐舌的核心盐度降为 33.7,该区域底层平均盐度降为 33.39。

与冬、春两季不同,夏季 75 m 层温度水平分布 表现出不同的形态。图 3c 显示,黄海冷水团向东南 的扩展达到最强:向南,14℃等温线与北部冷水相接; 向东,14℃等温线甚至可以进入济州海峡到达 126.5°E 附近。从 75 m 层盐度水平分布图(图 3g)来 看,对马暖流区,对马暖流水纬向的入侵达到最弱, 盐度为 34.3 的等值线退缩到 127°E 以东,该区底层 盐度降为 34.09;黄海区仅能看到 33.1 的高盐舌向西 北入侵,该区底层平均盐度降至 33.14。

秋季,温度水平分布图(图 3d)显示,东海北部冷 水消失,黄海冷水团相对夏季有所退缩,但仍然占





图 3 75 m 层温度(a~d, 单位: ℃)、盐度(e~h)的季节分布 Fig. 3 Horizontal distribution of seasonal temperature (a-d) and salinity (e-h) at 75 m

据着黄海区北部的大部分区域。75 m 层盐度水平分 布图(图 3h)显示,对马暖流区,对马暖流水向西入侵 的范围迅速扩大,315、316 两个断面处都能看到大于 34.3 的高盐舌, 其向东可延伸至 126°E(超过冬季)。 底层平均盐度迅速增加为 34.36(大于冬季); 黄海区, 能够看到盐度大于 33.3 的高盐舌向西北入侵, 底层 平均盐度同样开始增加,但仍然小于冬季,仅为 33.19。

通过对 34.3 等盐度线的分析(图 3e、3f、3g、3h), 我们发现盐度大于 34.3 的对马暖流水在 75 m 层的西 向入侵程度存在明显的季节变化:冬季能向西入侵 到 126.2°E;春季西侵程度有所减弱,向西只能到达 126.7°E;夏季对马暖流水向东退缩至 126.7°E;秋季, 对马暖流水西侵程度迅速增加,并超过冬季,能够 到达 125.9°E 附近,对马暖流区底层平均盐度同样 在秋季达到最高值 34.36(表 1)。黄海区底层盐度的 变化相对对马暖流区盐度变化存在一定滞后性,底 层盐度在冬季取得最高值 33.47;春季有所降低, 变为 33.39;夏季降至最低,仅为 33.14;秋季缓慢

表1 A、B两区底层盐度的季节变化

Tab. 1Seasonal variation in bottom layer salinity in<br/>areas A and B

区域	冬季盐度	春季盐度	夏季盐度	秋季盐度
А	33.47	33.39	33.14	33.19
В	34.29	34.11	34.09	34.36

增加为 33.19。

### 3 调查海区海水的垂直分布

#### 3.1 对马暖流水的季节性分布

从 75 m 层平面图(图 3)来看, 315 断面(图 4)位于 对马暖流西向入侵最强处,是探究高温高盐对马暖 流西向入侵程度变化最具代表性的断面。315 断面的 盐度垂直分布显示,冬季:盐度大于 34.3 的对马暖 流水在 125.2°E 以东的海域整层都有分布。而到了春 季,盐度 34.3 等值线退至 126.5°E 以东,盐度大于 34.3 的高盐水仅分布在在 30 m 以深的水层,等盐度 线开始倾斜。夏季,长江冲淡水贡献增强,极强的盐 跃层开始形成,表层完全被低盐沿岸水占据,盐度 大于 34.3 的对马暖流水被进一步压缩,仅存在于 126.7°E 以东的 80 m 以深的区域。秋季,对马暖流上 层盐度跃层消失,对马暖流水最先在底层开始向西 入侵,盐度为 34.3 等值线线在 70 m 处向西扩张至 125.9°E。315 断面盐度垂直分布显示,秋季对马暖流 水仅出现在底层,但其西向入侵程度却大于冬季。



Fig. 4 Vertical distribution of salinity at Section 315

#### 3.2 黄海海区温、盐断面结构

为了探究黄海海区温盐的垂直分布,我们选取 了 2 条断面进行分析。313 断面(图 5)位于高盐舌所 在位置,具有较好的代表性;312 断面(图 6)位于 34°N 附近,较好地反映了朝鲜沿岸水的对该区域的 贡献。

313 断面在垂直方向上同样具有明显的季节变 化(图 5)。从温度断面图来看,冬季,垂直方向上混 合非常均匀均匀,断面右侧被高温的外海水占据, 13℃等温线向西扩展至 125°E。春季, 黄海冷水团开 始形成并向济州岛方向扩展, 温度断面显示 13℃等 温线相比于冬季向东退了半个经度。夏季, 海区表层 辐射增温明显, 10~20 m 处出现很强的温度跃层, 跃 层以下能看到黄海冷水团向断面东部扩张。秋季, 海 表开始降温, 温跃层强度降低, 黄海冷水团开始向 西北消退。从盐度断面图来看, 冬季盐度段面混合同 样均匀, 34.1 的等盐度线扩展到 125.2°E。到了春季, 高盐水西侵程度减弱, 盐度大于 34.1 的高盐水只存



Marine Sciences / Vol. 40, No. 7 / 2016





在于 125.9°E 以东的位置, 等盐度线开始发生倾斜。 夏季, 断面 10~20 m处出现了甚强的盐度跃层, 断面的 最高盐度仅为 33.7, 且只分布在 125.5°E 以东的 50 m 以深的位置。秋季断面表层盐度开始增加, 盐度跃层 下压至 30 m 附近, 断面东部底层盐度开始增加, 有 大于 33.9 的高盐水出现。 臧家业等<sup>[19]</sup>总结前人的工作后指出, 黄海东侧 的朝鲜沿岸流在冬至初春能够沿 40~50 m 等深线南 下至 34°N 附近海域, 最终沿海洋锋北侧向东进入济 州海峡。图 3 显示出相似的情况: 冬季低盐冷舌南下 入侵程度最强, 到达 34°N 以南; 春季以后其南下入 侵就开始减弱; 到了夏、秋季节, 沿岸水南向入侵更



海洋科学 / 2016 年 / 第 40 卷 / 第 7 期



Fig. 6 Vertical distribution of seasonal temperature (a–d) and salinity (e–h) at Section 312

弱,并且增温明显,已经表现为高温低盐形态。312 断面则清晰的反映出朝鲜沿岸水在垂直方向上的季 节变化。图 6a 和图 6e 显示:冬季朝鲜沿岸水向南的 入侵程度非常强,温度小于 8℃、盐度低于 33 的朝 鲜沿岸水<sup>[7]</sup>占据了 125.6°~125.8°E 之间、40 m 以浅 的层次。春季以后其向南入侵已经不明显。我们认 为冬季朝鲜沿岸水对黄海暖流的影响最为强盛,能 到达 34°N 以南;春季以后朝鲜沿岸流似乎在 34°N 以北就已经完成转向,汇入济州海峡。

## 4 结语和讨论

本文利用覆盖黄海暖流源区的 KODC 资料对黄 海暖流源区附近的温盐结构特征及其季节变化进行 了分析。结果表明:年平均状态下,位于济州岛东南 的高盐对马暖流水存在西向入侵的趋势,对马暖流 水在底层的西向入侵存在明显的季节变化:冬季, 大于盐度 34.3、温度大于 15℃的对马暖流水在 32.5°N 处向西入侵,最大可延伸至 126.2°E,此时, 对马暖流水在整层都有分布;春季,对马暖流水的 西向入侵开始减弱,等盐度线开始发生倾斜,高温 高盐的对马暖流水退至 126.5°E 以东,垂直方向上则 被下压至 30 m 以下;夏季,对马暖流水的西向入侵 程度最弱,且仅分布在 80 m 以浅的层次;秋季,对 马暖流水在底层迅速向西扩展,其西向入侵程度甚 至超过冬季,到达 126°E 以西的海域。

济州岛西侧, 在 33°30′N、125°30′E 处常年存在 一支伸向西北的高盐舌。相对于对马暖流水的西向 入侵的季节变化, 该高盐舌核心盐度的季节变化滞 后: 在 75 m 水层, 冬季高盐舌盐度达到最高, 为 33.9; 春季高盐舌盐度降低至 33.7; 夏季迅速降低至 33.1; 秋季, 虽然济州岛以南的对马暖流水西向入侵 迅速增强, 但黄海区高盐舌盐度并未迅速响应, 仅 缓慢增加至 33.3。

从垂直方向上看:冬季,对马暖流水能够涌升 至海区表层;春、夏季节,等盐度线发生倾斜,对马 暖流水逐渐被下压至底层;秋季,对马暖流水迅速

研究论文 • ∭ ARTICLE

从底层向西入侵。

黄海暖流具有混合水的特性<sup>[1]</sup>。但在不同的季节, 参与混合的各部分所占比重不尽相同。冬季,对马暖 流水所占比重最重,与此同时,朝鲜沿岸水也参与 了混合;春季,对马暖流及朝鲜沿岸水向黄海区的 入侵减弱,黄海冷水团开始形成并向济州岛方向扩 展,参与到黄海暖流的混合之中;夏季,对马暖流入 侵程度最弱,黄海冷水团占据了济州岛西侧海域, 黄海暖流消失;秋季,虽然对马暖流迅速向西扩张, 黄海暖流开始形成<sup>[14]</sup>,但济州岛西侧仍被黄海冷水 团占据,此时对马暖流水在黄海暖流水中所占较弱。

参考文献:

- 汤毓祥, 邹娥梅, Lie H J. 冬至初春黄海暖流的路径 和起源[J]. 海洋学报, 2001, 23(1): 1-12.
   Tang Yuxiang, Zou Emei, Lie H J. On the origin and path of the Huanghai Warm Current during winter and early spring[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2001, 23(1): 1-12.
- [2] Uda M. The results of simultaneous oceanographical investigations in the Japan Sea and its adjacent waters in May and June, 1932[J]. J Imp Fish Exp Sta, 1934, 5: 57-190.
- [3] Uda M. Results of simultaneous oceanographic investigations in the Japan Sea and its adjacent waters during October and November, 1933[J]. J Imp Fish Exp Stn, 1936, 7: 91-151.
- [4] Nitani H, Beginning of the Kuroshio[C]//Stommel H, Yoshida K. Kuroshio, Its Physical Aspects. Tokyo : Univsity of Tokyo Press, 1972: 129-163.
- [5] Beardsley R C, Limeburner R, Yu H, et al. Discharge of the Changjiang (Yangtze river) into the East China sea[J]. Continental Shelf Research, 1985, 4(1): 57-76.
- [6] Fang Y, Zhang Q H, Fang G H. A numerical study on the path and origin of the Yellow Sea Warm Current[J]. The Yellow Sea, 1997, 3(1/2): 18-26.
- [7] 乐肯堂. 冬季黄海暖流水的起源[J]. 海洋学报, 1992, 14(2): 9-19.
   Le Kentang. The origin of the Huanghai Warm Current

in winter[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1992, 14(2): 9-19.

- [8] 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, Extent: 19-66.
- [9] Lie H J, Cho C H, Lee J H, et al. Seasonal variation of the Cheju warm current in the northern East China Sea[J]. Journal of Oceanography, 2000, 56(2): 197-211.

- [10] Lie H J, Cho C H, Lee J H, et al. Does the Yellow Sea Warm Current really exist as a persistent mean flow?[J]. Journal of Geophysical Research: Oceans (1978–2012), 2001, 106(C10): 22199-22210.
- [11] 汤毓祥, 邹娥梅, 李兴宰, 等. 初春南黄海水文特征 及环流状况的分析[J]. 海洋学报, 1999, 21(5): 1-11. Tang Yuxiang, Zou Emei, Lie H J, et al .Analysis of hydrographic features and circulation situation in the southern Huanghai Sea in early spring. Acta Oceanologica Sinica[J], 1999, 21(5): 1-11.
- [12] 汤毓祥, 邹娥梅, 李兴宰, 等. 南黄海环流的若干特 征[J]. 海洋学报, 2000, 22(1): 1-16.
  Tang Y X, Zou E M, Lie H J, et al. Some features of circulation in the southern Huanghai Sea[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2000, 22(1): 1-16.
- [13] 郭炳火, 邹娥梅, 熊学君. 黄海, 东海水交换的季节 变异[J]. 海洋学报, 2000, 22(ZK): 13-23.
  Guo Binghuo, Zhou Emei, Xiong Xuejun. Seasonal variation of sea water exchange between the Yellow Sea and the East China Sea[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2000, 22(ZK), : 13-23.
- [14] 王辉武. 黄海暖流季节和年际变化研究[D]. 青岛: 国家海洋局第一海洋研究所, 2008.
  Wang Huiwu. Study on seasonal and inter-annual variations of the Yellow Sea Warm Current[D]. Qingdao: The First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, 2008.
- [15] 刘传玉, 王凡. 黄海暖流源区海表面温度锋面的结构 及季节内演变[J]. 海洋科学, 2009, 33(7): 87-93.
  Liu Chuanyu, Wang Fan. Distributions and intra-seasonal evolutions of the sea surface thermal fronts in the Yellow Sea warm current origin area[J].
  Marine Sciences, 2009, 33(7): 87-93.
- [16] Hsueh Y, Lie H J, Ichikawa H. On the branching of the Kuroshio west of Kyushu[J]. Journal of Geophysical Research: Oceans (1978–2012), 1996, 101(C2): 3851- 3857.
- [17] Yu F, Zhang Z, Diao X Y, et al. Observational evidence of the Yellow Sea warm current[J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2010, 28: 677-683.
- [18] 苏育嵩,李凤岐,马鹤来,等.东海北部区域底层冷水团的形成及其季节变化[J].青岛海洋大学学报,1989,S(1):1-14.
  Su Yusong, Li Fengqi, Ma Helai, et al. Formation and seasonal variation of bottom cold water mass in northern area of the East China Sea[J]. Journal of Ocean University of Qingdao, 1989.S(1),:1-14.
- [19] 臧家业,汤毓祥,邹娥梅,等.黄海环流的分析[J]. 科学通报,2001,46(增):7-15.

Zhang Jiaye, Tang Yuxiang, Zhou Emei, et al. Analysis of the Yellow Sea circulation[J]. Chinese science bulletin, 2001, 46(ZK): 7-15.



# Thermohaline structure and seasonal variation near the Yellow Sea Warm Current source region

HU Fang<sup>1, 2</sup>, YU Fei<sup>1</sup>, WANG Jian-feng<sup>1, 3</sup>, SI Guang-cheng<sup>1</sup>, LI Ang<sup>1, 2</sup>, ZHOU Wen-zheng<sup>1, 2</sup>

(1. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3. Key Laboratory of Global Change and Marine-Atmospheric Chemistry, State Oceanic Administration, Xiamen 361005, China)

**Received:** Aug. 14, 2015 **Key words:** the Yellow Sea Warm Current source region; the Tsushima Warm Current Water; seasonal variation

**Abstract:** Historical hydrological data released by the KODC (Korea Oceanographic Data Center) were used to analyze the thermohaline structure and its seasonal change near the Yellow Sea Warm Current source region. The results showed that the westward invasion trend of the Tsushima Warm Current Water in the southeast of the Cheju Island peaks in autumn, begins to weaken in winter and spring and is weakest in summer. At the same time, a salty tongue appears west of Cheju Island (33°30'N, 125°30'E) all year round, and its salinity shows a lagging seasonal variation, which begins to rise in autumn, peaks in winter, weakens in spring and is weakest in summer. The southward intrusion of the North Korea Costal Water peaks in winter and can reach south of 34°N.

(本文编辑:李晓燕)