

# 九龙江口- 厦门湾表层盐度分布特征 及其与潮汐的关系

刘广平<sup>1</sup>, 胡建宇<sup>1,2\*</sup>, 陈照章<sup>2</sup>, 邱青岭<sup>1</sup>

(1. 厦门大学 海洋与环境学院, 亚热带海洋研究所,

2. 近海海洋环境科学国家重点实验室(厦门大学), 福建 厦门 361005)

**摘要:** 根据 2006~2007 年九龙江口- 厦门湾海域 5 个航次的调查结果, 分析该海域表层盐度的分布特征及其随潮时的变化. 结果表明: 河口区, 表层盐度分布随潮变化; 因受外海高盐水和九龙江冲淡水影响的不同, 高潮前 1~2 h, 河口海域表层盐度北部随时间降低, 而南部则随时间略有升高; 厦门湾海域存在明显的冲淡水锋面, 其位置及强度也随潮变化.

**关键词:** 河口区; 表层盐度; 九龙江口

中图分类号: P 731.1

文献标识码: A

文章编号: 0438-0479(2008)05-0710-04

河口海域是陆源淡水和外海高盐水的耦合地带, 海洋动力学特征相当复杂, 在物质输送、沉积、水文、生态等海洋过程中起着重要作用, 近年来日益受到人们的关注<sup>[1]</sup>. Su 和 Wang 等曾对长江口<sup>[2]</sup>和杭州湾<sup>[1,3]</sup>进行了调查和研究. 应秩甫<sup>[4]</sup>、茅志昌<sup>[5]</sup>和胡方西等<sup>[6]</sup>也分别报道了珠江口和长江口的研究结果. 最近, 韦蔓新等<sup>[7]</sup>对广西南流江口的盐度分布进行了分析.

九龙江是福建省第二大河流, 流域面积约为  $1.47 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 由北溪和西溪构成, 年平均径流量分别为  $8.9 \times 10^9 \text{ m}^3$  和  $3.7 \times 10^9 \text{ m}^3$ , 在龙海市附近汇南溪与海水交汇<sup>[8]</sup>. 河口区以正规半日潮潮流为主, 涨潮时向内, 落潮时向外; 受冲淡水影响, 表层余流顺流向东, 底层余流则溯江而上; 潮流转流时刻落后于高、低潮时刻<sup>[9-10]</sup>. 另外, 因受到河口区东北部厦门西港涨、落潮海水的影响, 使得本河口区水文状况、温盐结构等更加复杂.

自 20 世纪 60 年代以来, 九龙江口一直是海洋工作者调查和研究的重要区域. 王伟强等<sup>[11]</sup>、张远辉等<sup>[12]</sup>和温生辉等<sup>[13]</sup>曾报道了九龙江口盐度分布的研究结果, 然而这些研究缺少时间序列或重复观测, 较少涉及盐度分布随潮时的变化.

本文利用多个航次表层盐度的实测数据, 分析研究九龙江河口区和厦门湾口区(117.97°~118.16°E, 24.35°~24.45°N, 图 1) 表层盐度的分布特征及其与潮汐的关系.

## 1 资料来源

2006 年 5 月 1 日, 厦门大学进行了九龙江口海域多个断面表层温盐的走航式重复观测. 此外, 2006 年 6 月 20 日至 7 月 3 日、8 月 20~24 日和 8 月 27 日至 9 月 1 日, 以及 2007 年 7 月 8~16 日, 厦门大学参与邻近海域的一些海洋调查, 在“延平 2 号”调查船途径九龙江口和厦门湾口区区域时也进行了一个断面(T1-T3 断面)表层温盐的多次走航观测. 调查仪器采用美国 Seabird 公司生产的 SBE21 表层温盐仪, 配有精确的 GPS 定位仪.

## 2 断面上的盐度分布特征及其与潮汐的关系

### 2.1 河口区

T5-T6 断面位于嵩屿和屿仔尾连线以西海域(图 1), 是厦门西港海水与九龙江河水的交汇处. 在 2006 年 5 月 1 日(农历四月初四, 大潮) 12:35~13:10 之间的涨潮过程(高潮时刻 14:19)中, 对 T5-T6 断面进行了连续 4 次的走航观测(图 2). T5-T6 断面观测期间的表层盐度在 25.26~17.35 之间, 呈南部较低、北部较高的分布状态, 断面南、北部盐度大约相差 8.0, 而且在观测时间内, 随着涨潮过程的继续, 断面北部的盐度逐渐下降, 而南部盐度则随时间略有升高. 可见, 此时虽然仍在高潮前 1~2 h 的涨潮过程, 但该断面的表层已经开始受到九龙江冲淡水的影响, 随着涨潮过程的继续, 冲淡水逐步扩散到断面北部的表层, 使其盐度逐渐下降, 而断面南部仍受外海水影响, 盐度略

收稿日期: 2008-04-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(40576015)资助

\* 通讯作者: hujy@xmu.edu.cn

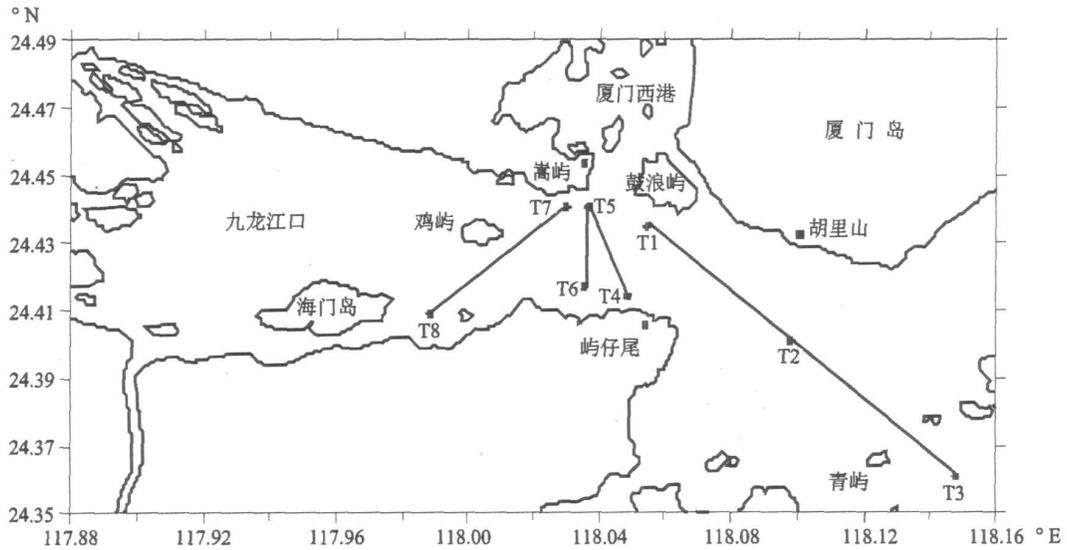


图 1 研究海区调查断面图

Fig. 1 The sections in the studied area

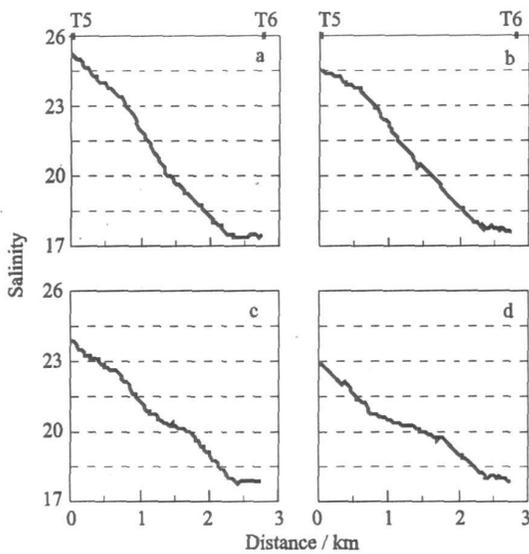


图 2 T5-T6 断面表层盐度分布曲线

a. 12: 36~ 12: 43; b. 12: 45~ 12: 52; c. 12: 55~ 13: 02; d. 13: 04~ 13: 11

Fig. 2 Distributions of sea surface salinity along section T5-T6

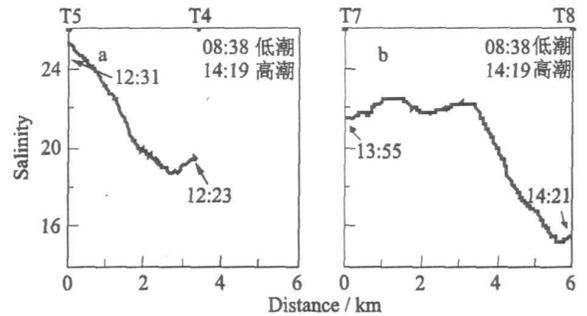


图 3 断面表层盐度分布曲线

a. T5-T4; b. T7-T8

Fig. 3 Distributions of sea surface salinity along section T5-T4 ( a) and T7-T8 ( b)

有升高. 另外, 涨潮期间 T5-T4 和 T7-T8 两断面表层盐度分布(图 3) 也呈现出南部较低、北部较高的状态, 断面表层盐度分别在 25. 33~ 18. 74 和 22. 50~ 15. 17 之间.

T5-T6 断面表层盐度分布特征与 1997 年 12 月 24 日(小潮) 涨急和落急时进行的盐度断面观测结果<sup>[11]</sup> 基本一致, 表层盐度都呈南部较低、北部较高的分布状态. 此结果也与涨急和落急时的数值模拟结果<sup>[14]</sup> 基本相符, 但河口区表层盐度, 高潮时呈南部较

高而北部较低的状态, 而低潮时则与高潮时呈相反的状态. 这表明: 高潮时之后, 河口区表层盐度南部逐渐下降而北部逐渐升高; 从落急至涨急时, 盐度呈南部较低而北部较高的状态; 在涨急之后, 盐度南部逐渐升高而北部逐渐下降; 至高潮时, 盐度呈南部较高而北部较低的状态.

### 2.2 湾口区

湾口区位于胡里山- 屿仔尾连线以东海域(图 1), T1-T3 断面表层盐度分布随潮时变化较大(图 4、5). 退潮时(走航期间), 该断面不同潮时可在多个海域观测到表层盐度的锋面现象, 分别位于: (1) 鼓浪屿南部海域(高潮后 2. 2 h, 图 4 a), 由厦门西港海水和九龙江冲淡水交汇形成, 断面上锋面区内盐度为 12. 73~ 24. 98, 沿断面的锋面宽度 2. 4 km, 盐度梯度分量 5. 1 km<sup>-1</sup>; (2) 胡里山南部海域(高潮后 2. 6 和 3. 7 h, 图 4 a 和 4 b), 其中高潮后 2. 6 h 的锋面是九龙江冲淡水

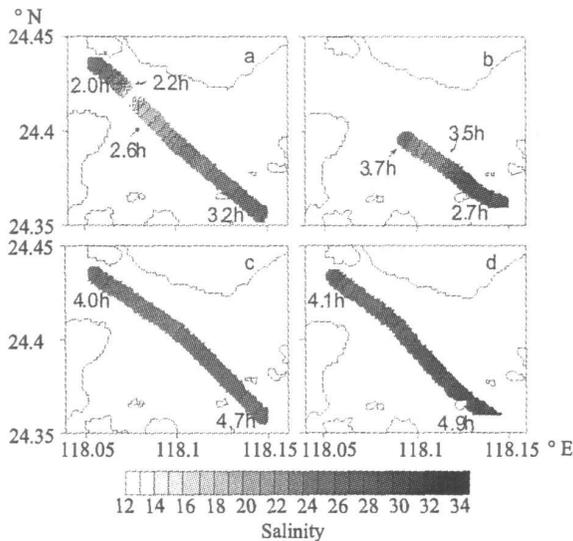


图4 退潮时 T1—T3 断面表层盐度分布(标注为高潮后时刻)

a. 6月20日(小潮); b. 7月2日(小潮); c. 8月27日(大潮); d. 7月8日(小潮)

Fig. 4 Distributions of salinity of surface water along section at ebb tide

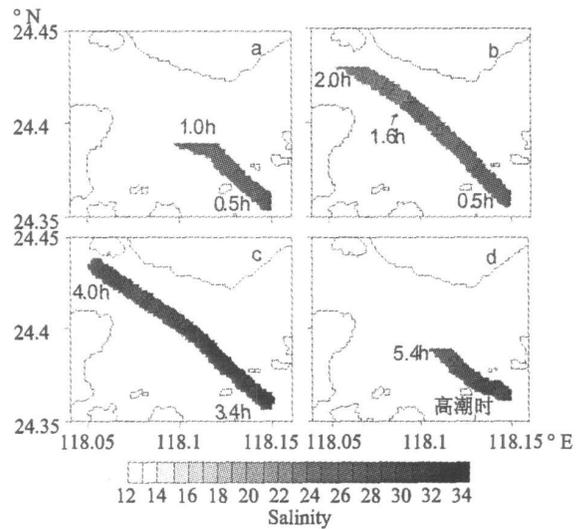


图5 涨潮时 T1—T3 断面表层盐度分布(标注为低潮后时刻)

a. 8月31日(小潮); b. 8月24日(大潮); c. 7月16日(大潮); d. 8月20日(中潮)

Fig. 5 Distributions of salinity of surface water along section at flood tide

与外海水交汇形成,断面上锋面区内盐度为 12.73~24.40,沿断面的锋面宽度 4.3 km,盐度梯度分量  $2.7 \text{ km}^{-1}$ ; (3) 青屿西北海域(高潮后 3.5 h,图 4 b),是由九龙江冲淡水(有部分厦门西港海水的混入)与外海水交汇形成,断面上锋面区内盐度为 22.80~30.28,沿断面的锋面宽度 2.9 km,盐度梯度分量  $2.6 \text{ km}^{-1}$ .涨潮时(走航期间),也可观测到锋面现象,位于胡里山南部海域(低潮后 1.6 h,图 5 b),是由外海高盐水与九龙江冲淡水交汇形成,断面上锋面区内盐度为 23.27~27.19,沿断面的锋面宽度 0.6 km,盐度梯度分量  $6.5 \text{ km}^{-1}$ .而在其它走航期间(图 4 c、d,5 a、c、d),没有观测到明显的盐度锋面.

由上述分析可知,退潮时,九龙江表层冲淡水与厦门西港海水、外海高盐水分别形成了明显的盐度锋面.结合数值模拟结果<sup>[14]</sup>可以得出,退潮时,九龙江冲淡水顺流而下,盐度分布呈舌状向东南伸展,冲淡水舌与海水交汇形成锋面(高潮后 2.2 和 2.6 h,图 4 a;高潮后 3.5 和 3.7 h,图 4 b);落急之后,湾口区主要由舌状分布的冲淡水控制,断面处于冲淡水舌主轴部分,走航期间没有观测到明显的锋面(图 4 c、d);涨潮时,湾口区受外海水影响较大,海水与冲淡水主要在胡里山南部海域交汇,形成锋面(低潮后 1.6 h,图 5 b);涨急之后,湾口区主要由外海水控制,盐度分布比较均一,走航期间没有观测到明显的锋面(图 5 c、d).表层盐度分布随潮的变化,反映出表层盐度分布和潮流的时间

变化周期基本相同<sup>[14]</sup>.

另外,退潮时,由于九龙江冲淡水与厦门西港的海水不同步,冲淡水把来自厦门西港的海水挤到鼓浪屿岸边,因此,在鼓浪屿以南的海域出现两种颜色截然不同的水体(厦门西港海水和九龙江冲淡水),在嵩屿至胡里山以南海区的连线上,形成一条明显的“流隔带”<sup>[10,15]</sup>.本文所观测到的九龙江表层低盐水与厦门西港海水交汇形成的锋面位置与王伟强等<sup>[11]</sup>、温生辉等<sup>[13]</sup>观测结果十分接近.

### 3 结论

(1) 河口区表层盐度分布随潮变化;因受外海高盐水和九龙江冲淡水影响的不同,高潮前 1~2 h,河口海域表层盐度呈南部较低、北部较高的分布状态,而且盐度北部随时间降低,而南部则随时间略有升高.

(2) 九龙江口存在着河水和海水交界的冲淡水锋面,盐度锋面的分布位置和强度反映了表层盐度分布特征及其随潮的变化.退潮时,九龙江冲淡水与外海高盐海水交汇,形成了明显的冲淡水锋面,低潮后 3.5 h 在青屿西北海域可观察到.涨潮时,外海高盐水及九龙江河水之间,也形成了盐度锋面,低潮后 1.6 h 在胡里山南部海域可观察到.

(3) 退潮时,九龙江冲淡水与厦门西港海水的交汇处存在明显的冲淡水锋面,形成了一条明显的“流隔带”.在高潮后 2.2 h,锋面沿断面的盐度梯度分量达

到  $5.1 \text{ km}^{-1}$ , 位于鼓浪屿南部海域.

### 参考文献:

- [1] 苏纪兰, 王康堪, 李炎. 杭州湾的锋面及其物质运输[C]// 中国海洋学文集(2). 北京: 海洋出版社, 1992: 1- 12.
- [2] Su Jilan, Wang Kanshan. Changjiang River plume and suspended sediment transport in Hangzhou Bay [J]. Continental Shelf Research, 1989, 9(1): 93- 111.
- [3] 王康堪, 苏纪兰. 杭州湾锋面的结构特征[C]// 中国海洋学文集(2). 北京: 海洋出版社, 1992: 13- 21.
- [4] 应秩甫. 珠江口伶仃洋锋的类别及其对沉积的影响[J]. 热带海洋, 1994, 13(2): 25- 32.
- [5] 茅志昌. 长江河口盐水入侵锋研究[J]. 海洋与湖沼, 1996, 26(6): 643- 649.
- [6] 胡方西, 胡辉, 谷国传, 等. 长江河口盐度锋[J]. 海洋与湖沼, 1995, 26(5): 23- 31.
- [7] 韦蔓新, 何本茂, 童万平. 广西南流江口海域盐度的锋面特征及其与环境因子的关系[J]. 台湾海峡, 2006, 25(4): 526- 532.
- [8] 洪华生, 王卫平, 张玉珍. 九龙江流域生态环境需水量初步研究[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2006, 45(6): 819- 823.
- [9] 国家海洋局第三海洋研究所. 厦门港海洋环境综合调查报告(I) [J]. 台湾海峡, 1987, 6(4): 337- 357.
- [10] 陈金泉, 傅子琅, 何发祥, 等. 厦门湾潮、余流及其对泥沙、污染物质迁移的影响[J]. 台湾海峡, 1985, 4(1): 16- 19.
- [11] 王伟强, 张远辉, 黄自强. 九龙江口- 厦门港河口盐度锋面的特征[J]. 台湾海峡, 2000, 19(1): 82- 87.
- [12] 张远辉, 王伟强, 黄自强. 九龙江口盐度锋面及其营养盐的化学行为[J]. 海洋环境科学, 1999, 18(4): 1- 7.
- [13] 温生辉, 汤军健, 黄自强, 等. 厦门港退潮锋面的动力分析[J]. 台湾海峡, 1999, 18(4): 437- 444.
- [14] 林建伟. ECOMSED 模式对厦门湾漫滩过程的三维模拟[D]. 厦门: 厦门大学, 2007.
- [15] 曾刚. 厦门港湾海流分布特征[J]. 台湾海峡, 1987, 6(1): 1- 7.

## Distribution Characteristics of Sea Surface Salinity and Its Relations to Tide in Jiulongjiang Estuary- Xiamen Bay

LIU Guang ping<sup>1</sup>, HU Jian yu<sup>1,2\*</sup>, CHEN Zhao zhang<sup>2</sup>, PI Qing ling<sup>1</sup>

(1. Institute of Subtropical Oceanography, College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University,  
2. State Key Laboratory of Marine Environmental Science (Xiamen University), Xiamen 361005, China)

**Abstract:** According to 5 cruises of observations in the Jiulongjiang Estuary- Xiamen Bay during 2006 and 2007, we analyzed the distribution characteristics of sea surface salinity as well as its variability with tide. The results showed that the sea surface salinity varied with tide in the estuary. Due to the different influence of oceanic water with higher salinity and fresh water from the Jiulongjiang River, the salinity in the southern estuary increased with time at 1~ 2 hours before high tide. However, the salinity decreased with tide in the northern estuary. Obvious plume fronts were detected in the Xiamen Bay, and their location and strength varied with tide.

**Key words:** estuary; sea surface salinity; Jiulongjiang Estuary