

## 太湖梅梁湾冬季湖流特征\*

罗澍葱<sup>1,2</sup> 秦伯强<sup>1</sup> 朱广伟<sup>1</sup> 张运林<sup>1,2</sup> 季江<sup>1</sup>

(1:中国科学院南京地理与湖泊研究所,南京 210008; 2:中国科学院研究生院,北京 100081)

**提 要** 2003年元月在盛行西北偏北风的情况下,对位于太湖北部的梅梁湾进行了面上湖流调查,发现梅梁湾湾口的湖流较为稳定,以向南流为主,且流速相对较大,最大达8 cm/s,梅梁湾西岸有稳定的向北流,而从五里湖口至拖山附近的梅梁湾东线湖水由北向南流动,且在中部附近分为两支,一支向西,再流向北以补偿西岸的向北流,另一支扩散至整个梅梁湾南部,向南流经湾口进入太湖。在梅梁湾东北部,发现有弱辐合中心,该范围内Chl.a和TP、TN的含量明显高于周围水域。从所有点的垂直运动判断,梅梁湾水流以弱上升运动为主,大小为2 cm/s以下。从水量平衡分析,以梅梁湾流入太湖为主要特征,水量补给主要来自于北部的五里湖和直湖港及武进港。

**关键词** 湖流 水动力 太湖

**分类号** P343.3

浅水湖泊中,在水动力如波动和底层湖流作用下,底泥的悬浮作用会明显造成水体中总磷(TP)、总氮(TN)及悬浮物(SS)浓度的迅速升高,这时内源营养盐的释放量远高于外源输入量<sup>[1]</sup>,当底泥悬浮进入水体以后,其迁移与输送主要决定于湖流特征。因此,弄清太湖在不同季节中的湖流特征至关重要。

对太湖湖流特征的实地调查始于1960年7月,中国科学院南京地理与湖泊研究所等<sup>[2]</sup>多家单位对太湖进行了全面、系统的调查,得到了太湖夏季偏南风作用下的盛行流场,1997年和1998年秦伯强等<sup>[3]</sup>分别对太湖梅梁湾口和整个梅梁湾进行了水动力及其他相关因子的综合调查,获得了夏季梅梁湾内的盛行流场。本文基于2003年1月对太湖梅梁湾的湖流调查,分析了该地区冬季在西北偏北风(太湖冬季典型风场为西北风<sup>[4]</sup>)影响下的流场特征。

### 1 观测方法与结果分析

本次调查在梅梁湾共设置点位14个(图1)。流速测量采用适合于浅水的声学多普勒剖面仪(ADP),频率为3.0 MHz,剖面时间间隔为60 s,垂直方向以25 cm分辨率共分成10层,流速仪固定在采样快艇上,同步测量了各点的透明度、风向风速、水深和表层水温,并采集了表层水样,分析了TP、TN、SS和Chl-a。观测期间所测各项指标列于表1,可以看出,主要风向为西北偏北,风速介于2-3级之间,水深除湾口的1-3号点及14号点稍大以外,其他各点间水深相差无几,透明度较大的区域位于梅梁湾西岸,如4,5,6,8号点透明度均在70 cm以上,同时上述点的营养盐浓度也相对较低,14号点的透明度最小,悬浮物浓度最大,远高于其他各点的悬浮物

表1 2003年1月19日太湖梅梁湾各观测点风向风速、水深、水温和透明度

Tab.1 Observed wind, water depth, transparency and surface water temperature at all the sampling sites

点号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
风速(m/s)	3.6	4.4	3.9	4.6	2.5		2.8	3.6	3.4	3.5	3.1		2.4	2.8
风向(°)	330	315	320	300	28.5		330	290	340	310	350		340	340
水深(m)	2.5	2.6	2.6	2.4	2.3	2.2	2.4	2.1	2.2	2.3	2.4	2.2	2.4	2.6
水温(°C)	5.6	5.4	5.8	5.8	5.8	5.8	6.1		6.4	6.4	6.1	5.8	6.1	5.9
透明度(cm)	55	50	50	90	90	70	55	70	65	65	55	55	55	30

\* 中国科学院重大项目(KZCX1-SW-12)和国家自然科学基金(40071019)联合资助。

2003-03-10 收稿,2003-09-30 收修改稿。罗澍葱,男,1972年生,博士研究生; Email: lcluo@niglas.ac.cn.

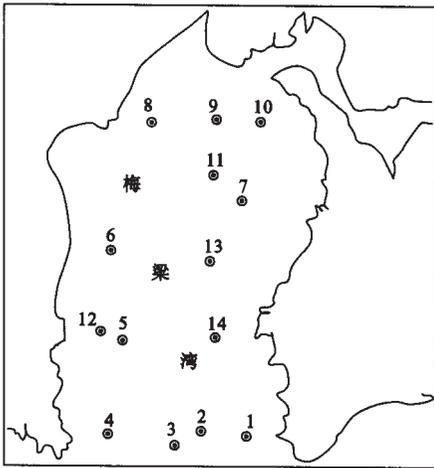


图 1 14 个观测点在梅梁湾的位置  
 Fig.1 The 14 mooring site locations  
 at Meiliang Bay

浓度,而根据湖流观测结果,该点的垂直运动较强,又临近边界,故较强的上升流将底层水体中的各种物质带至表层,导致了较低的透明度和较高的悬浮物浓度。

从流矢量判断(图 2),各点在时间序列中水平流的流速流向变化较大,显示出紊乱特征,但从南北分量来看,又存在一定规律,如位于湾口的 1,2,3 号点,其观测时间内均为向南流,而位于西岸的 6 号点,在水下 1.6 m 深度以上的各层均向北流,且 13 号点的向南流也较明显。从 14 个观测点在水面下 60 cm(图 3A,代表上层)、135 cm(图 3B,代表中层)、210 cm(图 3C,代表底层)和深度平均(图 3D)的流矢量分布可以看出,垂直方向上流向上并没有太大差别,与深度平均流向基本相同。各点流矢量与风向之间的夹角较小(表 1),因此可知,冬季在梅梁湾内受西北风影响时,在整个水体的不同深度上,会产生流向基本相同且与风向平行的风生流。ADP 观测到的垂直湖流数据显示,大部分点不同深度上均为垂直向上流,流速较大的为 2, 3,8,13 和 14 号点,最大速度达 2 cm/s,在西岸的 5,6 和 12 号及东北部的 9 和 10 号点在水体上层存在下沉运动,但中下层的上升运动显著。从梅梁湾中部以北,存在西岸向北流而东

岸向南流的顺时针环流(图 3C),其中东岸的向南流在行进至 13 号点南部附近时分为两支,一支继续向南经 14 和 1 号点流入太湖,另一支向西再分叉,分成南北两股支流,向南流经 12,5 和 4 号点进入太湖,向北支流汇入 6 号点以补偿西岸的向北流,因此在 6 号点附近水体上层存在下沉流。从 9,10 和 11 号点流向判断,在该范围内可能存在小尺度辐合区,一者受 8 号点附近入湖河道的影响,使 8 号点出现向东流,二者受北面五里湖水补给的影响,汇入该辐合带内,因辐合而导致水体上层的下沉运动。水样分析数据显示,上述 3 点与其他各点相比,总磷和总氮浓度和叶绿素 a 含量较高,其中 11 号点的叶绿素 a 浓度远高于其他各点,也进一步证明了该小尺度辐合区的存在。从所有点的垂直运动分析,基本以上升运动为主,而水体环流北部为弱顺时针环流,南部以向南流为主,因此从总体判断,冬季受西北风影响时,在梅梁湾的水量交换主要以湾内向太湖输出为主,而输出的水量依靠 8 号点附近的直湖港和武进港、五里湖及梅梁湾东部的梁溪河口的输入平衡。

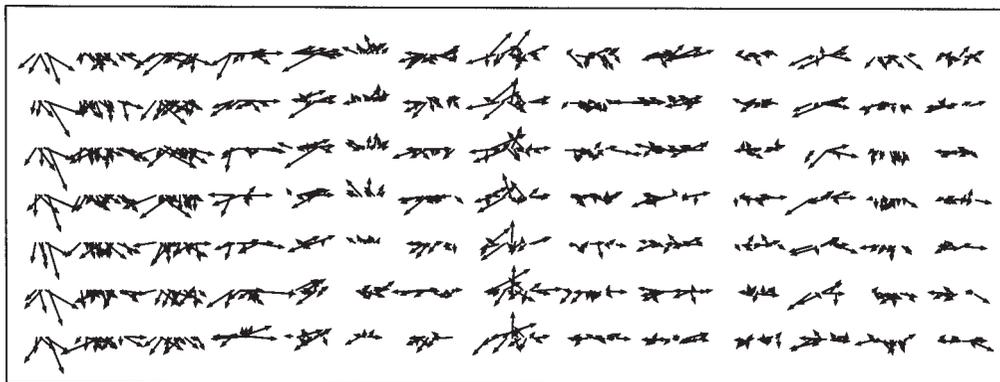


图 2 各观测点的水平流 (相邻时间间隔为 1min, 从左至右依次为 14 个观测点, 从上至下依次为水面以下 60,85,110,135,160,185,210cm 处);

Fig.2 Observed horizontal current at all the mooring sites (from left to right) at 1 minute interval at different layers ( 60,85,110,135,160,185,210cm below surface from the 1st to the 7th row)

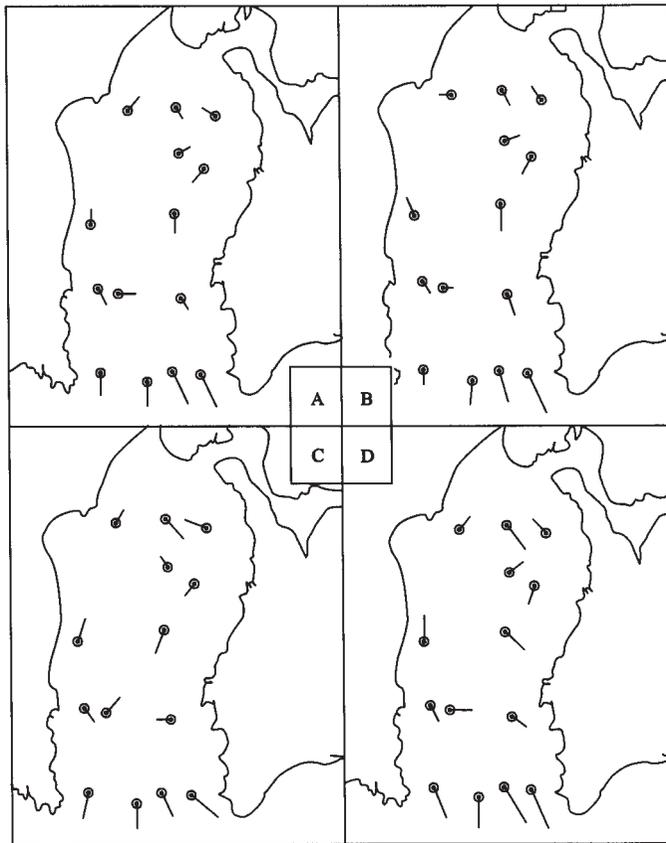


图3 各层观测点湖流矢量(A,B,C为表层下60,135,210cm; D为垂直平均流)

Fig.3 Current vectors of all the 14 mooring sites

(A:60cm; B:135cm; C:210cm below surface; and D:the mean depth)

## 2 讨论与结论

关于太湖水动力特征的调查,一直为许多专家学者所重视,但也是研究中的难点,一是太湖面积较大,很难以取得在同一时刻湖流的空间分布特征,而在不同时刻的面上调查,由于风向的随机特征,又难以反映整体环流情况,特别是在浅水区域,整个水体中流向随风向而频繁改变。但是,水动力特征又与营养盐的空间分布特征相联系,梅梁湾夏季蓝藻水华频繁爆发而冬季却鲜为可见,除了与水温、光照强度和营养盐浓度等条件有关外,还与夏季盛行风场有关,夏季在东南风影响下,以往的模拟结果<sup>[5-7]</sup>和实际调查结果<sup>[8]</sup>显示,梅梁湾的水量交换以太湖流入梅梁湾为主,所产生的水位势能由风的动能所平衡。因此,无论是基于理想模式的水动力模拟结果,还是野外实际调查,二者之间相互补充,都能在很大程度上反映太湖的水动力特性。但是,在大多水动力模式中,没有考虑出流入流的实际影响,即使虑及了该因素,因水动力方程是在诸多假设条件下,经过理想化后得出,故模拟结果与实际情况间仍存在一定差别,特别是关于小尺度的辐合辐散区,在模拟结果中更难以反映出,所以此时对湖流、波浪及营养盐浓度的综合调查尤为重要。

冬季在西北偏北风影响下,环流形势为在梅梁湾北部存在一弱顺时针环流,且在东北区域小范围内存在辐合区,表层有下沉运动,并伴有表层水体中营养盐浓度较高的现象。在梅梁湾南部,整体由湾内流向太湖,且该区域内上升运动较明显。从整个梅梁湾的垂直运动判断,大部分地区以上升流为主,从水量交换分析,整个

梅梁湾呈现水量输出的特征,而其补给来自于西北部及东部沿岸的入湖河道和北部的五里湖。上述结果对了解冬季梅梁湾营养盐在水动力作用下的输送情况、空间分布特征及水量交换情况有着重要的参考意义,也为对冬季梅梁湾环流的模拟提供了参照基准。

### 参 考 文 献

- 1 Jing Lou, David J Schwab. A model of sediment resuspension and transport dynamics in southern Lake Michigan. *Journal of Geophysical Research*, 2000, **105**(C3): 6591-6610
- 2 中国科学院南京地理与湖泊研究所等. 太湖综合调查研究报告. 北京:科学出版社,1965:1-84
- 3 秦伯强, 胡维平等. 太湖梅梁湾水动力及相关过程的研究. 湖泊科学, 2000,**12**(4):328-334
- 4 陆鸿滨, 魏桂玲. 太湖的风效应. 气象科学, 1989, **9**(3): 291-301.
- 5 胡维平, 濮培民, 秦伯强. 太湖水动力学三维数值试验研究——2.典型风场风生流的数值计算. 湖泊科学,1998,**10**(4):26-34
- 6 梁瑞驹, 仲金华. 太湖风生流的三维数值模拟. 湖泊科学,1994,**6**(4):289-297
- 7 王谦谦. 太湖风成流的数值模拟. 河海大学学报(增刊 2),1987:11-18
- 8 黄漪平等. 太湖水环境及其污染控制. 北京:科学出版社,2001

## Current Circulation Pattern in Winter Meiliang Bay, Lake Taihu

LUO Liancong<sup>1,2</sup>, QIN Boqiang<sup>1</sup>, ZHU Guangwei<sup>1</sup>, ZHANG Yunlin<sup>1,2</sup> & JI Jiang<sup>1</sup>

(1: *Nanjing Institute of Geography and Limnology, CAS, Nanjing 210008, P.R.China;*

2: *Graduate School of CAS, Beijing 100039, P.R.China*)

### Abstract

Hydrodynamics in shallow lake has been paid more and more attention to since it has profound effect on sediment resuspension and nutrients transportation in recent years. An investigation to current circulation pattern was made in Meiliang Bay, Lake Taihu on 19 January 2003 and a conclusion has been drawn that the water at the mouth of Meiling Bay moves to Lake Taihu stably with a peak speed 8cm/s, and the water located along the west shore moves toward the north and it is in opposite style on the east side. The current along the east shore branches off to the west to compensate for mass loss and to the south to flow into Lake Taihu. An convergence center was found in the northeast area of Meiling Bay with high nutrients concentration. The water ascends in most areas and flows into Lake Taihu totally with supply from the rivers located along shore and Lake Wuli.

**Keywords:** Current; hydrodynamics; Lake Taihu