

鄱阳湖的水温

徐火生

(江西省鄱阳湖水文气象实验站, 星子)

欧阳幸福

(江西省星子县科学委员会)

摘要 本文分析了鄱阳湖水温时空变化、水温与气温、湖岸水温与湖中心水温等关系, 从而揭示了其基本变化规律: 年内湖水温垂直分布均匀, 梯度变化小, 而深层水温变化大, 随月气温变化而变化; 水温平面分布自北向南、由西往东逐渐升高; 大水体对周围气温有明显调节效果, 且水温和气温关系密切; 分析了年内水温最高、最低出现时间和变幅范围。

鄱阳湖位于长江以南, 江西北部。流域面积为 162 225km², 湖水面积相应 21m(吴淞基准面, 下同)时为 3960km², 为我国最大淡水湖泊。纳赣、抚、信、饶、修五河来水, 经调蓄从湖口吐滞长江。其水面形态是“高水汪洋一片, 枯水似河一线”。全年接受太阳辐射较多, 气候温和, 水量丰沛, 属“东亚季风气候”。

大水体对湖区气候起一定调节作用, 而气温又制约着水体水温的变化。

湖泊水温不仅是水体蒸发、水量平衡计算必需考虑的因素, 且是水质分析、泥沙沉积和水产生物研究不可缺少的资料。为探索鄱阳湖水温变化规律, 我站从 1962 年至现在一直进行定点观测, 1964—1973 年进行的流动航测, 定点观测站和流动观测垂线位置见图 1。

一、水温与气温的关系

大水体对周围气温有着调节性的作用, 见表 1、表 2 和图 2。从图、表中可见, 高温年或低温年水体站可调高 0.5—0.6℃; 沿湖站可调高约 0.2℃。高温年 1—2 月和 7—10 月水体站的调温效果在 0.7—1.0℃; 6 月和 12 月在 0.5℃。低温年 8—11 月水体站的调温效果在 0.8—0.9℃; 1, 3, 5, 6, 12 月在 0.4—0.5℃。低温年的调温时段短, 效果也差些。夏季调温效果酷夏比凉夏好, 秋季调温效果则相反。多年平均日温差以湖中心岛棠荫逐渐向湖滨增高, 这是因为大水体与陆地相比吸收太阳总辐射热量大, 透射率强, 平均反射率小。水的热容量大, 当 $T = 273\text{K}$ 时, 热容量为土壤的 2—3 倍。其次, 水体中存在着明显的垂直交换和水流交换, 将热量传递到水体深层, 然后通过蒸发把大量的潜热释放到大气中去。水体的辐射特性和热力特性成为大气热量的存储器, 调节着湖泊水体周围的气温, 使湖区出现了温暖湿润的小气候状况。

表 1 湖区站高温年与低温年湖泊的调温效果(单位: °C)

Tab. 1 Effects of modulation of water temperature in "warm" and "cool" years (°C)

项目	站类	月份	月份												全年	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
高温年	A	水体站	5.0	7.7	11.5	17.4	23.4	25.9	30.7	30.8	26.5	19.3	13.5	8.1	18.3	
		B	陆地站	4.3	6.7	11.2	17.3	23.1	25.4	30.0	29.8	25.7	18.5	13.3	7.6	17.8
		C	沿湖站	4.9	7.0	11.3	17.3	23.2	25.5	30.3	30.3	26.1	19.0	13.4	8.0	18.0
	1963年	C	都昌	4.6	6.6	11.4	16.9	22.8	25.3	30.3	30.4	25.9	18.7	13.0	7.7	17.7
			永修	4.7	6.7	10.9	17.0	22.9	25.3	29.8	29.9	25.4	18.2	13.0	7.5	17.6
			波阳	4.9	7.3	11.5	17.3	23.4	25.6	30.3	30.4	26.3	19.3	13.6	8.4	18.2
			余干	5.2	7.5	11.8	18.0	23.9	25.9	30.6	30.7	26.4	19.0	13.9	8.3	18.4
	1978年		B-A	-0.7	-1.0	-0.3	-0.1	-0.3	-0.5	-0.7	-1.0	-0.8	-0.8	-0.2	-0.5	-0.5
			B-C	-0.6	-0.3	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.3	-0.5	-0.4	-0.5	-0.1	-0.4	-0.2
	低温年	A	水体站	4.4	8.4	8.9	16.1	22.3	24.8	28.3	30.6	24.6	19.7	11.3	7.8	17.3
B			陆地站	3.9	8.0	8.5	15.9	22.4	24.3	27.9	29.7	23.8	18.8	10.5	7.4	16.7
C			沿湖站	4.2	8.1	8.5	15.9	22.5	24.5	28.1	30.1	24.1	19.3	10.9	7.5	17.0
1970年		C	都昌	3.8	7.6	8.2	15.5	22.2	24.3	27.8	29.9	23.8	19.1	10.7	7.1	16.7
			永修	3.9	7.6	8.2	15.7	22.2	24.2	27.8	29.6	23.7	18.7	10.4	7.3	16.6
			波阳	4.5	8.4	8.8	16.0	22.5	24.4	28.1	30.2	24.4	19.4	11.1	7.9	17.1
			余干	4.5	8.7	8.7	16.4	22.9	25.1	28.4	30.2	24.4	19.4	11.2	7.9	17.3
1976年			B-A	-0.5	-0.4	-0.4	-0.2	-0.4	-0.5	-0.4	-0.9	-0.8	-0.9	-0.8	-0.4	-0.6
			B-C	-0.3	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.4	-0.3	-0.5	-0.4	-0.1	-0.3

表 2 酷夏年与凉夏年的调温效果(单位: °C)

Tab. 2 Effects of modulation of water temperature in "hot" and "cool" summers (°C)

项目	站类	月份	月份							
			6	7	8	9	10	11	12	
酷夏年	水体站		0.5	0.6	1.1	0.8	0.3	0.3	0.2	
	沿湖站		0.1	0.2	0.6	0.4	0.5	0.1	0.1	
凉夏年	水体站		0.3	0.5	0.7	0.9	1.0	0.9	0.5	
	沿湖站		0.04	-0.1	0.2	0.4	2.5	0.5	0.2	

决定湖区气温的物理机制有气温的绝热变化和非绝热变化,后者是决定湖区气温等因素不同于周围陆地的主要原因。湖区水体热容量比陆地大,故有效辐射日较差湖区比陆地小,气温的日较差也小;传导作用也因水、气温的差异而进行热量交换;水面摩擦作用小,因而湖区乱流也就相对小于陆地;水在蒸发时吸收热量,相反水汽在凝结时放出热量也能使大气与地面进行热量交换。湖区与陆地的空气冷、热不同,在各自上空垂直空气存在差异,形成对流,影响湖区与陆地的气温。概言之,下垫面性质的迥然不同造成空气的

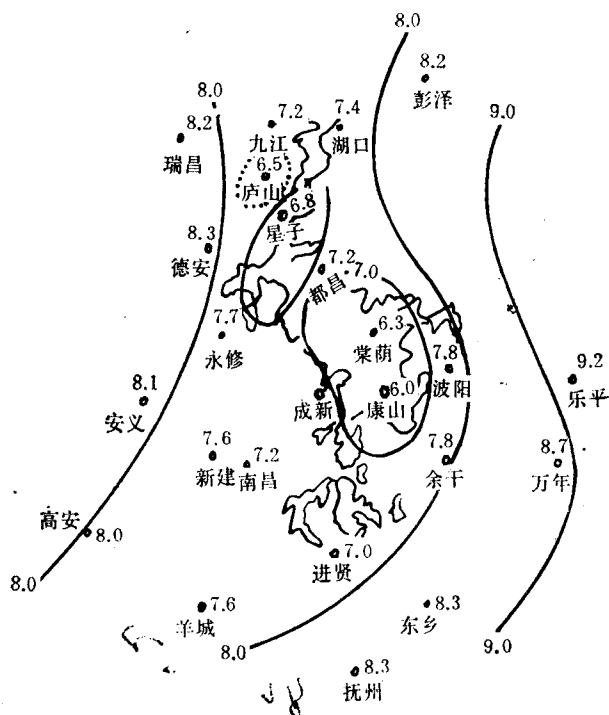


图2 湖区多年平均日温差分布

Fig. 2 Distribution of average daily water temperature variation in the Lake district

非绝热变化大,因此形成了湖区与陆地不同的气候特征。

水温主要受太阳热辐射的控制,还受到气温变化的制约,以及湖流、风浪、微地形、水质、湖底质等因素的影响。表3是湖岛和沿湖各站同步观测资料,从中可知,多年平均水温高于多年平均气温 1.1—1.9°C。大水体具有吸热快,储热量大,散热慢的特点而有个延续过程。从年内水温变化的升、降两个阶段看,3—7月升温期水温比气温高 0.5—1.1°C; 8—12月降温期水温比气温高 1.4—2.8°C。月平均水温与气温、月最高水温与气温、月最低水温与气温均属正相关:

表3 1982—1985年湖岛、沿湖站水温和气温

Tab. 3 water and air temperature from 1982 to 1985

水温、气温 (°C) 站名 年、月 平均	星子			都昌			荣荫			康山		
	水温	气温	温差	水温	气温	温差	水温	气温	温差	水温	气温	温差
1月	6.6	4.3	2.3	6.0	4.1	1.9	6.1	4.7	1.4	6.5	4.9	1.6
4月	17.2	16.7	0.5	17.6	16.5	1.1	18.2	17.1	1.1	18.2	17.3	0.9
7月	29.8	28.7	1.1	30.6	28.7	1.9	30.1	29.4	0.7	30.4	29.4	1.0
10月	21.0	19.4	1.6	21.3	19.1	2.2	21.2	20.1	1.1	21.7	20.2	1.5
多年	18.6	17.1	1.5	18.7	16.8	1.9	18.7	17.6	1.1	19.1	17.7	1.4

$$T_{\text{气}} = 1.03T_{\text{水}} - 2.2 \quad (\text{月平均}) \quad (1)$$

$$T_{\text{气}} = 0.97T_{\text{水}} + 2.3 \quad (\text{月最高}) \quad (2)$$

$$T_{\text{气}} = 1.16T_{\text{水}} - 8.1 \quad (\text{月最低}) \quad (3)$$

式中, T 为温度($^{\circ}\text{C}$)。

二、内湖水温与外湖水温

在同一时间和同一气温条件下,内湖和外湖水温有一定的差异(见表4)。表4是都昌城郊东湖(内湖)与外湖同步观测的水温资料,表中1月份内湖水温低于外湖,其原因是内湖放水捕捞,水深仅0.5m,其余各月份内湖水温高于外湖,多年平均内湖比外湖高 0.5°C 。因为内、外湖水体紊动强度不同,内湖相对外湖流速微小,湖面小风的吹程短,风浪不大;内湖水产养殖人工施肥改变了湖的自然底质。

鄱阳湖区内湖星罗棋布,内湖珍珠、鱼类和其他水生生物的养殖,需要考虑内、外湖水温的差异。

表4 内、外湖多年平均水温资料对比表

Tab. 4 Comparison of average water temperature in inner and outer Lake

项目		水温、气温 ($^{\circ}\text{C}$)		月平均				
		内湖	外湖	1月	4月	7月	10月	多年
水温	内湖			6.7	18.5	30.7	21.9	19.3
	外湖			6.9	17.6	30.6	21.3	18.8
水面气温				5.4	16.9	29.3	19.5	17.3

三、岸边水温和湖中水温的关系

将流动观测的湖中水温资料和湖岸边水温资料(选了星子断面为北部代表,棠荫断面

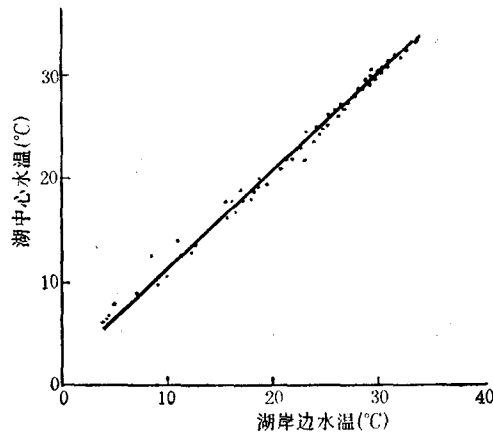


图3 鄱阳湖岸边水温与湖中心水温关系

Fig. 3 Relation between water temperature near the shore and that in central lake

为南部代表)进行同步订正,然后建立关系。共有点据 58 个,密集呈带状,关系颇好。就 58 个点据定一关系线,直线方程为:

$$T_{\text{中}} = 0.90T_{\text{南}} + 2.5 \quad (4)$$

应用(4)式计算的结果与实测值相比较,其相对误差 $\leq \pm 3.0\%$ 的有 31 个点,占总点据的 53.4%; $\leq \pm 5.0\%$ 的有 53 个点,占总点据的 91.4%; $\geq \pm 10.0\%$ 的仅为 5 个点,只有总点数的 8.6%。均方差 $\sigma = 1.06$,其精度能满足湖中心水温预报要求(见图 3)。

四、水温时空分布

(一) 水温的日、年内、年际变化

1. 水温日变化 以湖岛棠荫站为代表,鄱阳湖的水温日变化幅度在 2.5°C 以内,日最高水温出现在 15—17 时,日最低水温出现在 6—8 时。由于鄱阳湖水位非陡涨、陡落情况,日水温变化受水位影响小,水温日变化多为横向 S 型。

2. 水温的年内变化 从棠荫站 26 年平均逐月水温过程线(图 4)看,年内水温变化为两个阶段。以 8 月份为界,1—7 月份为上升阶段,8—12 月份为下降阶段。一年内以 1 月份水温最低(个别年份出现在 12 月份和 2 月份); 8 月份出现最高水温(个别年份出现在 7 月份)。从表 5 可见,年内各月份间的水温变化幅度在 $3.2\text{—}10.5^{\circ}\text{C}$ 范围以内。高温时期的 7—8 月份为最小。

表 5 1962—1986 年棠荫站年、月平均水温及变幅

Tab. 5 Statistics of yearly and monthly from 1962 to 1986 average water temperature and its variation range at Tangyin station

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
平均水温($^{\circ}\text{C}$)	5.1	6.3	10.7	16.7	22.3	25.5	28.8	28.7	24.8	18.9	12.5	7.1	17.2
变幅($^{\circ}\text{C}$)	5.5	8.8	10.0	9.6	10.5	4.8	3.2	4.2	5.2	9.9	7.7	6.8	34.7

3. 水温的年际变化 从棠荫站连续 26 年实测的水温资料统计中可知,历年最低水温为 0°C ,最高水温为 37.3°C ;历年极值变幅为 37.3°C ;多年平均水温 17.2°C 。最高年平均水温为 18.3°C ,最低年平均水温为 14.6°C ,最大变差 3.7°C 。最大年水温较差为 37.1°C (1978 年)。反映年际变幅和离散度的年平均水温的 C_v 为 0.025。就鄱阳湖大水体而言,水温年变化是较稳定的。

通过分析各月份的 C_v 值得知,月平均水温的年际变化: 1, 2, 12 三个月的 C_v 值最大 > 0.2 ; 11 月 C_v 为 0.09; 10 月 C_v 为 0.07; 4, 9 两个月 C_v 为 0.06; 6, 7, 8 月份 C_v 为 0.03; 5 月份 C_v 为 0.04。除 1, 2, 12 月份受其极值影响,水温离散度较大外,其余月份还是较稳定的。

气温与水温应有一定的关系,设 $\hat{T}_x = a + bT_w$,求得 F 检验为 38.90,给定显著性水平 $\alpha = 0.05$,则 $\lambda = 4.26$, $F > \lambda$,故两者具有线性相关关系。其最佳估计——期望值和 a, b , 相关系数 r 及上、下限见表 6。水温的频率分布见图 5,图 6。

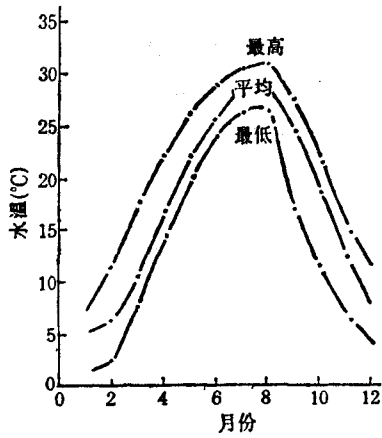


图 4 多年平均逐月水温过程线

Fig. 4 Average monthly water temperature

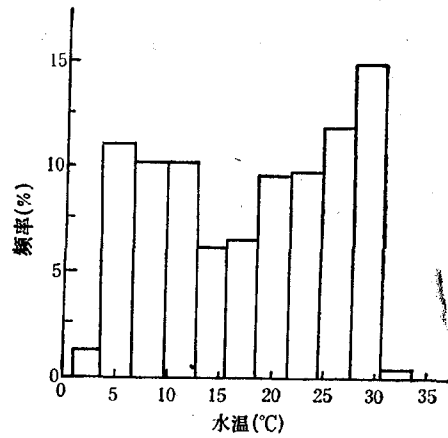


图 5 水温频率分布

Fig. 5 Distribution frequency of water temperature

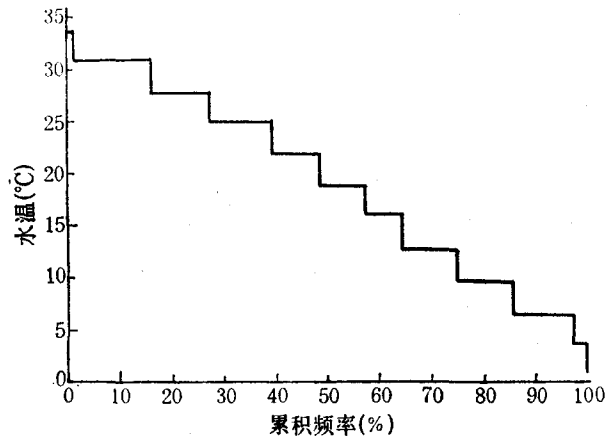


图 6 水温累积频率

Fig. 6 Frequency of accumulation of water temperature

表 6 水温、气温回归关系期望值

Tab. 6 Expected values of regression equation of water and air temperatures

期望值 (°C)	置信度 95%		a	b	r
	上 限	下 限			
40	48.6343	34.1657	-3.35	1.12	0.84

(二) 水温垂直分布和面上分布

以松门山为界,将湖体分为北、南两大部分。北部较之南部狭窄且深,为入江水道区;而南部水面宽阔,水深相对北部较浅,为主湖区。南、北部水域具有不同的水流特性和气

温上的差异。

1. 水温的垂直分布 鄱阳湖属吞吐性的过水湖泊,水流不断地对流交换,加上风浪等诸因素的影响,使大水体能够较好地进行混合、热量传递和迁移。因此,湖水温的垂直分布较均匀,水深方向没有明显的水温变化梯度,且深层水温变化也较为显著(图7)。图7a, b分别为北、南部水温垂直分布概化图¹⁾。鄱阳湖水温沿水深分布的明显特性有:水温沿水深方向的梯度变化很小,最大的也不超过 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{m}$;水温变化是随各月份的气温变化而变化。表明了鄱阳湖水温垂直分布近似地属于混合类型分布,而不属于成层类型分布。

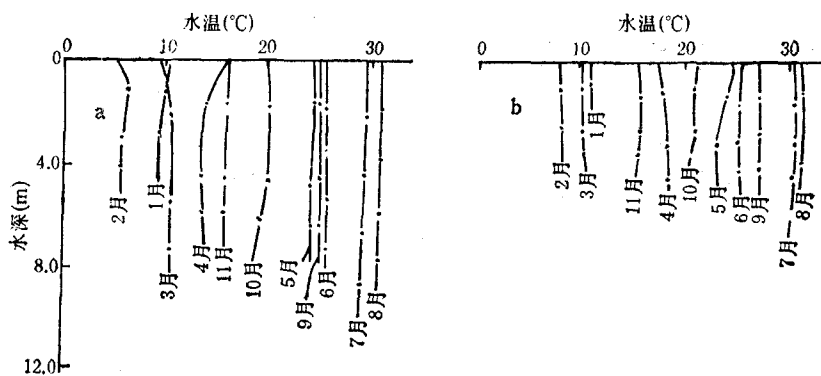


图7 鄱阳湖水温垂直分布概化图

Fig. 7 Vertical distribution of water temperature in Poyang Lake

a. 北部; b. 南部。

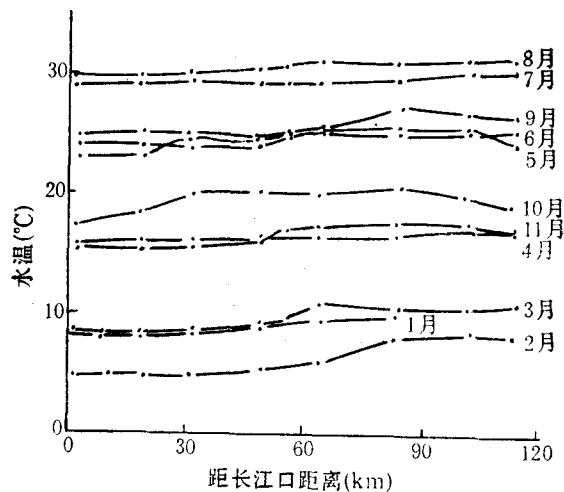


图8 鄱阳湖水温北、南分布概化图

Fig. 8 General distribution of water temperature from the north to the south of the lake

1) 概化即是把同一水域的若干垂线概括化成一般的分布。

表 7 1962—1983 年平均水温、气温

Tab. 7 Statistics of average water and air temperatures from 1962 to 1983

站名	水温、 气温 (°C)	月份												年平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
湖口	水温	6.3	7.2	11.5	17.0	22.5	26.3	29.1	29.9	25.7	20.3	14.6	8.6	18.2
	气温	4.3	5.6	10.3	16.2	21.6	25.0	28.7	28.8	24.2	18.6	12.3	6.5	16.8
星子	水温	5.9	6.8	10.9	16.5	22.1	25.9	29.3	30.0	25.5	19.7	13.8	8.4	17.9
	气温	4.6	6.0	10.7	16.6	21.8	25.2	29.0	29.0	24.6	19.0	12.7	6.9	17.2
都昌	水温	6.0	6.8	10.8	16.6	22.4	26.3	30.0	30.4	26.1	20.0	13.9	8.2	18.1
	气温	4.5	5.8	10.6	16.5	21.8	25.2	29.1	29.0	24.5	18.7	12.5	6.7	17.1
康山	水温	6.0	7.3	11.9	17.6	23.0	26.2	29.7	30.2	26.3	20.4	14.4	8.6	18.5
	气温	5.0	6.5	11.2	17.1	22.4	25.7	29.5	29.5	25.3	19.6	13.2	7.3	17.7
棠荫	水温	5.1	6.3	10.5	16.4	21.9	25.3	28.9	29.1	25.1	19.2	13.1	7.3	17.3
	气温	5.0	6.5	11.2	17.1	22.3	25.6	29.5	29.7	25.3	19.6	13.2	7.3	17.7

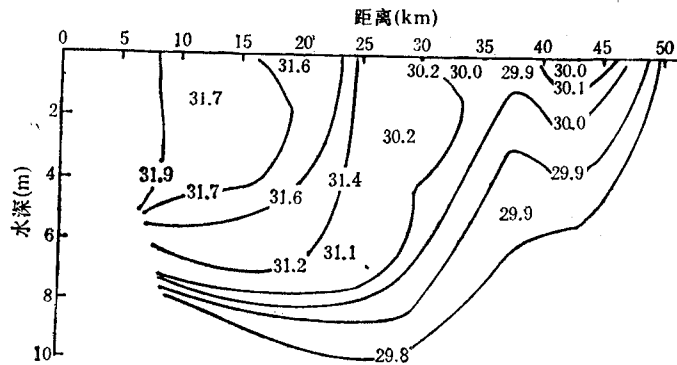


图 9 鄱阳湖东北部湖湾断面水温分布

Fig. 9 Distribution of water temperature cross section in the northeast of the lake

2. 水温在平面上的分布 鄱阳湖长达 170km, 最大宽度为 74km, 最小宽度仅为 3.0km, 最大水深 25.0m, 平均水深 8.4m (相应吴淞基面的水位 22m)。水温在平面上分布复杂, 本文采用自北往南分布概化和在北部、南部各取一横断面 (北部取星子断面; 南部取东北湖湾至东江闸的最宽断面) 作为自东往西分布, 以水温平面等值线示之 (图 1)。

(1) 自北往南分布: 从图 8、表 7 中来看, 自北往南的分布特点是各月均自北向南逐渐升高。这与湖的北部、南部气温的差异是相应的。表 7 反映了北部月平均气温比南部月平均气温低 0.5—0.8°C; 北部为入江水道区, 水深流急, 散热作用大。

另外, 2—4 月份, 越往南升高梯度变化越大; 在 10—11 月份愈往南水网区的浅水湖滨有偏低趋势, 这是冬季前后增温和冷却在不同水深表现出来的现象。

(2) 自东往西分布: 如图 9、图 10 所示, 东西向分布是由西岸向东岸逐渐增大。南

部主湖区东岸(东北湖湾)与西岸东江闸相比,流速小,流场受湖湾影响,风浪混合能量小,故水温在水平方向移动能量差;水色碧绿,太阳向水中直接透射率强。北部星子断面,西岸是主槽,水流急湍,混合作用和散热作用大;东岸则与其相反。

综上所述,鄱阳湖水温的平面分布一般来说,北部比南部低;西岸比东岸低;主流槽区比非主流槽区低。

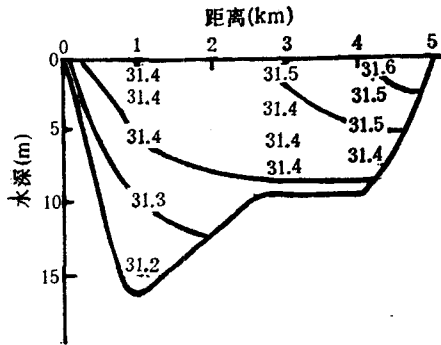


图 10 鄱阳湖北部星子断面水温分布

Fig. 10 Distribution of water temperature cross section in Xingzi, a county in the north of the lake

五、结 语

湖泊水温是随着时间和空间不断变化的。水温的变化还要决定于热状态,即决定于水体、大气和湖床之间的热交换。热量向垂直方向的移动是由混合过程完成的,而在水平方向的移动则是由湖流完成的。混合过程和湖流的强度与天文气象条件又有关。因此,湖水温的分布是非常复杂的。

文中概括了鄱阳湖水温沿水深方向的变化是一般的规律性。但是,在特殊的天文气象条件下局部水域还是存在着逆温、月层温等分布类型。

湖水温平面分布受着湖流、风动环流、水位涨落、湖盆形态、湖底质的不同产生的热交换、季节性的湖滨浅水区域与深水区域增温和冷却的差异、各河流注入湖内的水量和水温及混浊度、岛屿、湖湾特殊地理形态等诸因素的综合影响,致使鄱阳湖水温在平面上的分布不均匀而区别于其他湖泊。

由于鄱阳湖湖面大,流动航测时很难做到同步,因此,文中应用的资料有的是用同步订正的。

日、年内、年际水温变化以湖中心岛棠荫站为代表,已经过分析对照,它有较好的代表性。

参 考 文 献

- [1] 施成熙、梁瑞驹,1964年。陆地水文学原理。中国出版社,1—185页。
- [2] Б. Д. 扎依科夫,1963。湖泊学概论(秦忠夏译,1963年7月第一版,1981年第二次印刷)。商务印书馆,1—184页。

WATER TEMPERATURE IN POYANG LAKE

Xu Huosheng and Ouyang Xingfu

(Hydrometeorological Experiments Station of Poyang Lake, Jiangxi Province, Xingzi)

ABSTRACT

The article analyses the temporal and spatial change of water temperature, the relations between the water temperature and the air temperature in Poyang Lake.

1. The annual water temperature is vertically well-distributed, and the gradient varies slightly, but the monthly deep water temperature varies greatly.
2. The water temperature on the lake surface rises gradually from the north to the south and from the west to the east.
3. The large water body has an obviously regulative effect on the peripheral air-temperature. The water temperature and the air temperature are closely related.
4. The article further elucidates the maximum and minimum water temperature and the daily and annual range of amplitude.