

# 鄱阳湖湖流特性分析与研究

熊道光

(江西省鄱阳湖水文气象实验站, 星子 332800)

**提要** 根据1962—1983年大量观测资料研究表明, 鄱阳湖湖流主要有吞吐流和风生流, 因江湖关系而导致吞吐流呈顺畅型、倒灌型和顶托型分布。其时程变化规律是日变化小, 年内呈马鞍型变化, 年际变化显著且呈周期性。面上分布不均衡, 湖流大小的顺序是湖口水道、五河入湖区、主湖区、湖湾区。垂直分布, 顺畅型接近对数曲线, 倒灌型和顶托型复杂多变。低水河相, 流速大, 流向规则稳定; 高水湖相, 流速小, 流向紊乱多变。风生流对吞吐流的影响有显著的风向效应和水位高低、湖面宽窄的差异。

为了探求鄱阳湖湖流的运动规律, 我站于1962—1983年进行了47航次大面湖流观测, 并在康山、棠荫、都昌、星子设立了湖流观测站。共搜集了两万余点次资料。现依据这些资料, 对鄱阳湖湖流特性进行分析与研究。

## 一、湖流类型

鄱阳湖上纳赣、抚、信、饶、修五河和区间的162 225km<sup>2</sup>来水经湖口下泄长江, 其多年平均入江水量1 457亿m<sup>3</sup>, 平均每秒钟有4 620m<sup>3</sup>的水量进出湖盆, 从而形成了鄱阳湖最主要的湖流类型——吞吐流。鄱阳湖平均水深仅8.4m, 是浅水湖, 换水周期较短只有59d, 加上扰动拌和作用强烈, 由温差而产生的密度流出现的机会较少, 维持时间亦短。鄱阳湖的含沙量仅为长江的1/7, 若遇水位、落差等条件具备, 亦可产生异重流, 只不过其出现的机会更少, 影响范围也很小。鄱阳湖水域宽广, 湖区是江西省大风集中区域, 因而风生流是仅次于吞吐流的第二大湖流类型。

吞吐流因流态、流向、湖面落差、湖口出流的差别即江湖关系而呈顺畅型、倒灌型和顶托型。三种湖流典型分布见图1, 其分型指标如表1。

表1 鄱阳湖吞吐流分型

Tab. 1 Classification of the inflow and outflow in the Poyang Lake

类型	分型指标				典型式	测时	
	湖面落差(m)	湖口流量(m <sup>3</sup> /s)	湖口流向(方位)	湖口流速(m/s)		风向(方位)	风速(m/s)
顺畅型	>0.07	>1110	NE	>0.5	1971年6月第4航次	S	4.2
倒灌型	<0	<0	SW	<0	1971年8月第6航次	N	3.4
顶托型	0—0.06	0—1110	NE	<0.5	1964年7月第3航次	SSW	5.9

收稿日期: 1989年5月12日。

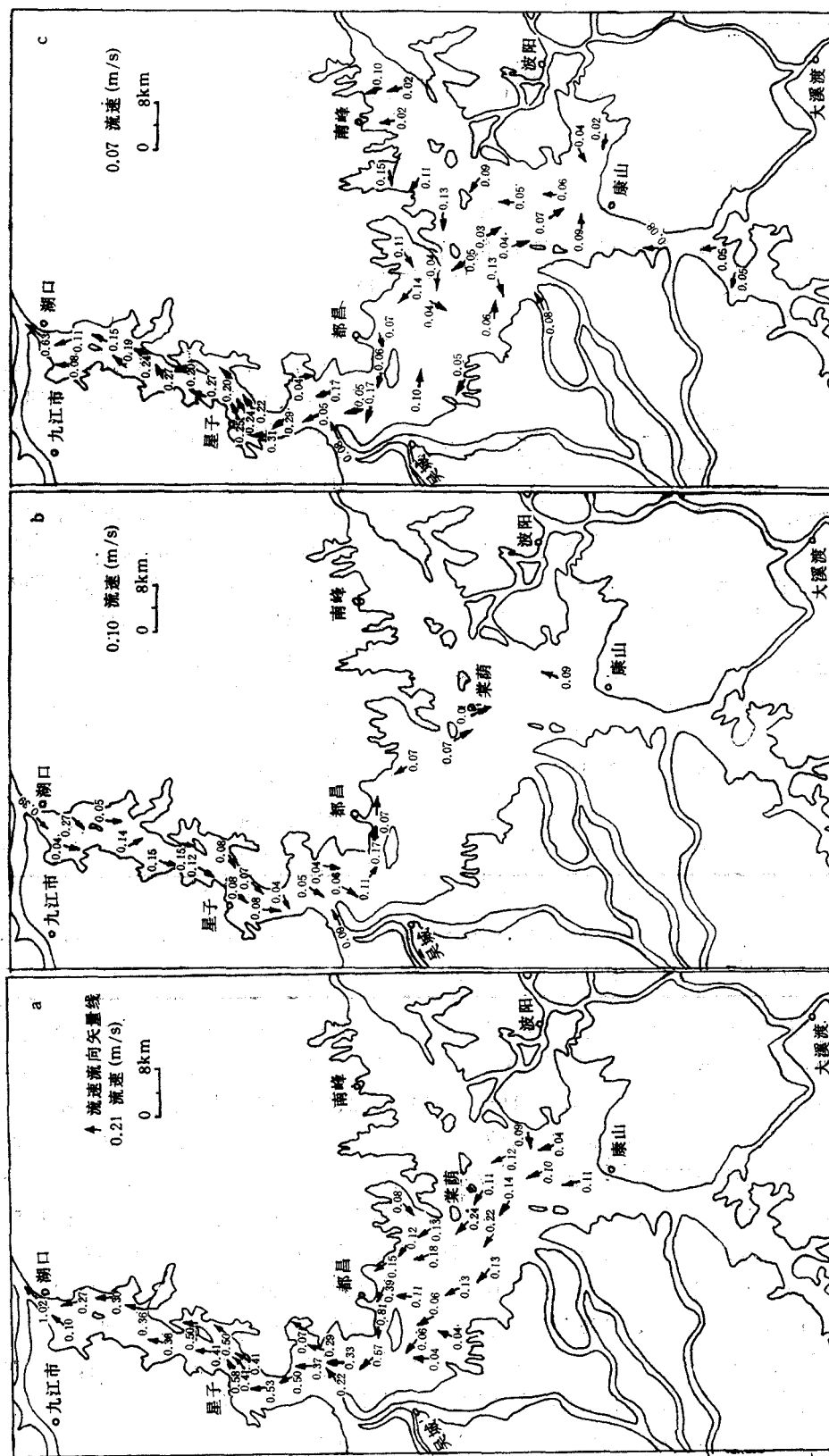


图 1 顺畅型(a),倒灌型(b),顶托型(c)湖流的分布  
Fig. 1 Distribution of lake currents

## 二、吞吐流的时空变化规律

鄱阳湖湖流与长江中下游的洞庭湖、太湖不同,有其独特的运动规律。

### 1. 时程变化规律

(1) 日变化 鄱阳湖出现顺畅型湖流时,其日变化幅度一般为 0.1—0.3m/s, 流向稳定少变;而出现顶托型和倒灌型湖流时,流速日变化幅度虽然绝对值较小,但其流向变化很大,一日之内,流向变化几十度,甚至有时变化 180°。当出现密度流时,湖流有明显的日变化过程<sup>[2]</sup>,如图 2 所示。

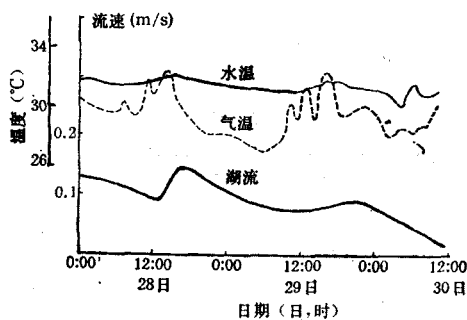


图 2 棠荫站 1964 年 7 月 28—30 日湖流过程线  
Fig. 2 Course line of lake current at Tangyin Station on July 28—30, 1964

(2) 年内变化 由于长江、五河流域内降水季节性变化和江、湖、河洪水遭遇组合的差异以及湖盆的调蓄作用,形成了湖流的年内马鞍型变化,如表 2。

(3) 年际变化 鄱阳湖湖流年际之间的变化,首先,表现在年年相似且基本呈马鞍型变化。其次,表现在流速大小呈周期性波动,从湖口站年最大流速的调和分析、功率谱分析、最大熵谱分析结果来看,其主要显著周期为 11 年,与五河入湖年水量的主要显著周期相同。第三,吞吐流三种类型出现的时间长短也有明显的差别。湖口站 1950—1986 年的 37 年中,顺畅型出现的时间最长,多年平

表 2 棠荫站 1965 年月、年平均湖流流速对照

Tab. 2 Monthly and yearly mean current velocities at Tangyin Station in 1965

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全 年
湖流流速 (m/s)	0.70	0.81	0.84	0.95	0.31	0.35	0.12	0.077	0.068	0.080	0.65	0.93	0.49
与年平均比(±%)	+43	+65	+71	+94	-37	-29	-76	-84	-86	-84	+33	+90	

均天数为 251d, 占 68.8%。其中 1954 年的最长,为 301d; 1958 年的最短,为 209d。顶托型出现时间,多年平均为 87d,占 23.8%。倒灌型出现时间最短,多年平均 27d,占 7.4%。其中 1958 年的最长 47d,而 1950,1954,1972,1977 年却未出现倒灌型湖流。第四,湖流年际变化幅度大且有显著的湖域性差异,如表 3 所示。第五,湖流年最大流速逐年增大和顶托、倒灌不断加重的趋势明显;将湖口站历年最大流速,按 5 年划分一个时段,并求得时段平均值。各时段的平均值与 1956—1985 年的平均值比较结果如下: 1956—1960 年平均值比多年平均值低 6.3%; 1961—1965 年的低 11.6%; 1966—1970 年的高 7.9%; 1971—1975 年的平均值与多年平均值相等; 1976—1980 年的高 1%; 1981—1985 年的高 10.1%。由此可见,1966 年以后流速有逐渐增大的趋势。同样,从湖口站历年最大流速过程上也可明显看到这一点。此外,还由于长江中下游洪水位日益抬高,长江对鄱阳湖的顶托、倒灌的频次不断增加,已由 1966 年以前的平均每年倒灌 1.94 次,增到 1966 年以后的平均每年 2.7 次,近 10 年平均每年发生倒灌 3.2 次。

表 3 鄱阳湖历年最大流速(m/s)变化特征值

Tab. 3 Varying eigenvalues of maximum current velocity in the Poyang Lake in the past years

站名	湖口站 (湖口水道下部)	星子站 (湖口水道上部)	都昌站 (主湖区)	棠荫站 (湖心区)	康山站 (湖体南部)	外洲站 (赣江控制站五河入湖代表)
多年平均值	1.89	1.68	0.85	1.21	1.51	1.89
历年最大值	2.85	1.90	1.08	1.28	2.07	2.75
历年最小值	1.16	1.38	0.59	0.94	0.98	1.23
变化幅度	1.69	0.52	0.49	0.34	1.09	1.52
变差系数 ( $C_v$ )	0.35	0.22	0.16	0.10	0.34	0.35

## 2. 空间分布规律

(1) 大面分布 由于五河入湖位置、入湖水量及其在时程分配上的差异和江湖、河湖关系, 加上湖区微地形的影响使湖流在面上的分布变得十分复杂。湖流在湖面上分布总的特征是, 湖的北部流速最大, 南部次之, 中部最小。在各部位中, 主槽流速大于滩地且流速大小与距主槽的距离成反比, 即离主槽愈远, 流速愈小。流向在主槽里较规则, 顺畅型和顶托型湖流沿着主槽由南向北流动, 倒灌型则与之相反。滩地流向较为复杂, 有旋流、环流、回流, 甚至流向不定。按流场特征, 全湖可分为 4 个典型湖域, 湖流分布如表 4。

表 4 鄱阳湖吞吐流分布情况

Tab. 4 Distributions of the inflow and outflow in the Poyang Lake

典型湖域	顺畅型				倒灌型				顶托型			
	流速(m/s)			流向 (方位)	流速(m/s)			流向 (方位)	流速(m/s)			流向 (方位)
	主槽		滩地		主槽		滩地		主槽		滩地	
	最大	一般			最大	一般			最大	一般		
湖口水道区	1.5—3	0.5—1.2	0.2—0.5	N	-0.3—-1.2	-0.2—-0.5	0—-0.2	S	0.3—0.8	0.5		N
五河入湖区	1—2	0.5—1	0.1—0.3	N	0.1—0.2	→0	→0	N	0.2—0.3	0.1左右		N
主湖区	0.8—1.5	0.3—1	0.1—0.3	主槽方向	-0.1—0.1	→0	→0	不定	0.1—0.3	0.1—0.2		主槽方向
湖湾湖汊区	<0.2			指向主槽	→0			不定	→0			不定

(2) 垂直分布 吞吐流顺畅型湖流出现时, 鄱阳湖呈河相, 其水文特征基本与河流一致, 流速的垂直分布同河流流速分布相近。分析 14 000 余点次实测资料, 其流速垂线分布接近对数曲线分布:

$$V = V_{\max} + \frac{V_*}{K} \ln \frac{y}{h}$$

式中,  $V$  为垂线上任意一点流速;  $V_{\max}$  为垂线上最大测点流速;  $V_*$  为动力流速,  $V_* = \sqrt{ghl}$ ;  $K$  为卡尔曼常数, 鄱阳湖湖流实测资料分析得:  $K = 0.5$ ;  $h$  为垂线水深;

$y$  为垂线上从河底向上起算水深。

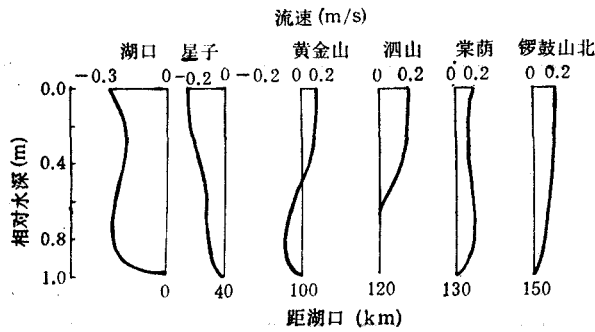


图3 倒灌型湖流沿程变化

Fig. 3 Course change of the encroachment lake current

吞吐流倒灌型和顶托型湖流出现时,鄱阳湖呈湖相,具有独特的湖泊水文特征。其流流流向分布比顺畅型复杂得多,鄱阳湖1964年10月8日倒灌型湖流垂直分布见图3。顶托型分布在垂直上更为复杂,随着长江顶托、倒灌的强度、五河来水量、湖泊调蓄功能的变化,湖中各处的垂线分布均不相同,但仍遵循着面大、底小这一普遍分布规律。

### 3. 吞吐流与水位的关系

从图4中可以看出:吞吐流在各级水位的变化特点是以水位接近漫滩点时流速最大。漫滩前,其水位与流速的关系同河流相似,即流速大小与水位高低成正比关系,水位在漫滩前越高流速就越大。漫滩后,水位与流速关系才显示其湖泊特性,即流速大小与水位高低成反比,水位越高流速就越小。此外,从水位、流速综合过程上亦可看到鄱阳湖吞吐流的特性:“低水似河流速大,高水是湖流速小”。

顺畅型垂线平均流速  $V_{cp}$  与垂线最大流速  $V_{max}$  之间的经验关系<sup>[1]</sup>,各湖域都有所差异,其平均情况是:

康山站(代表南部湖域)

$$V_{cp} = 0.93V_{max}$$

棠荫站、都昌站(代表主湖区)

$$V_{cp} = 0.88V_{max}$$

星子站(代表北部湖域)

$$V_{cp} = 0.86V_{max}$$

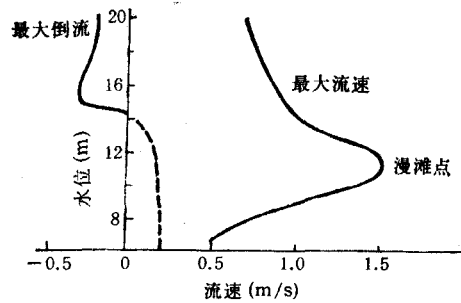


图4 星子站水位与最大流速的关系

Fig. 4 Relation between water level and maximum current velocity at Xingzi Station

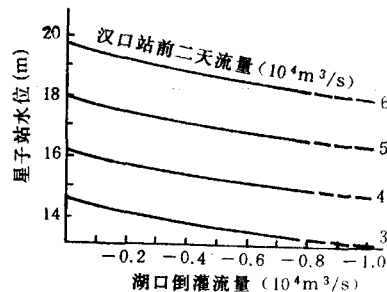


图5 鄱阳湖水位、汉口流量与湖口倒灌流量的关系

Fig. 5 Relation among water level of Xingzi Station, Hankou flow and the encroachment flow of the mouth of the lake

当湖流呈倒灌型时,流速与水位之间的关系较为复杂。从1950—1985年共发生倒灌90次,历时492d。其中倒灌发生的最高水位是在1983年,为20.10m,最低水位是11.14m。倒灌主要发生在18m水位以下,占整个倒灌次数的94.4%。图5揭示了倒灌与水位及长江流量之间的关系。

### 三、风 生 流

鄱阳湖是江西省大风集中区域和风能丰富区。湖区多年平均风速3.8m/s,棠荫站1982年4月8日实测最大风速为31m/s。瞬间最大风速在17m/s以上,或风力达8级以上的大风日数湖区多年平均24.4d。湖域水面上的风速一般比陆地大0.22—0.84m/s(10km),最多可达4m/s(10km)。湖区多年平均风能密度大于70W/m<sup>2</sup>,属重点风能利用区<sup>[3]</sup>。鄱阳湖目前通江面积为3210km<sup>2</sup>,容积为252亿m<sup>3</sup>。风生流是鄱阳湖仅次于吞吐流的第二大湖流类型。

#### 1. 风生流对湖面流态的影响

不论哪种湖流类型,如有风影响,都同时存在风生流。风生流对湖面流态的影响程度,除风生流本身的强度外,还同各类型湖流的强度有关。

(1) 风向效应 吞吐流顺畅型和顶托型的流向是SW→NE,当吹偏北风时,风生流流向与其相反,致使吞吐流的流速减小,流向偏离。当吹偏南风时,其效应相反。倒灌型的流向与顺畅型相反,其风向效应亦相反。

(2) 风生流与吞吐流的关系 风生流是伴随顺畅型、倒灌型和顶托型的一种特殊流型。风生流流速( $V_w$ )与吞吐流水面流速( $V_*$ )之间的关系,可由风生系数( $\beta$ )[等于风生流速( $V_w$ )除以水面风速( $W_0$ )]与吞吐流原水面流速( $V_*$ )及风向流向之夹角( $\alpha$ )的关系得知,其经验公式为:

$$V_* = 0.59e^{-27.5\beta} \cdot \cos \alpha$$

风生流除对吞吐流水平流动有影响外,还对吞吐流的垂线分布乃至整个流场都有较大的影响。如1970年7月27日10时棠荫站(33号测点)受大于m/s SSW向风影响,形成水面与水底之间0.22m/s(7.7m)的流速切变和110°/7.7m的流向切变。当时整个主湖区的流场都与风前迥然不同。

#### 2. 风生流的湖域性差异和时程上的变化

(1) 风生流的湖域性差异 由于下垫面的不同而引起风场的不均衡,使风生流在湖口水道区、主湖区、五河入湖区、湖湾湖汊区的湖面流态各有差异。在湖口水道区,水面较窄且水深较大,吞吐流终年都有较大的流速,风生流只能对吞吐流的表层流速起着增大或减小之作用。在主湖区,湖面广阔,吹程长,吞吐流强度又较弱,风生流的生成、发展及流场的调整、稳定都有相当大的空间。风生流不但影响湖水表层,而且还由于补偿流的需要,常在大风时形成较大范围的风生环流。如在龙头山东南多次出现直径大于20km的大环流,吹南风时这个环流为逆时针;吹北风时为顺时针。在主湖区中,又以老爷庙风区和瓢山风区的风生流强度大,常与风浪一起酿成海损事故。五河入湖区湖底地形复杂,且水深不大,风生流受到遏制,很难形成较大范围的流动。在湖湾湖汊区,吞吐流微弱,湖面也不开阔,风生流在此区得不到充分发育,只是对湖水表层有所影响。

(2) 风生流在时程上的变化 鄱阳湖水浅且范围较海洋小得多,风生流随风场而迅速变化。受副高和大水体的共同影响,鄱阳湖在夏季,特别是小暑前后有明显的风速日变化过程,即一日之内风速有一个起伏过程:通常是 8h 开始风速增大,至 12—14h 达到最大值之后又逐渐减小,至 18—21h 出现最小值。风生流比风速变化只滞后 0.5—2h。鄱阳湖年内风向变化的特征是全年北风居多,唯夏南风盛行。全年多年平均偏北风出现频率为 56%,偏南风占 30%。其中 1 月偏北风占 68%,偏南风占 14%;7 月则与此相反,偏北风占 30%,而偏南风却占 65%。湖心棠荫站 1 月多年平均风速为 3.4m/s,7 月为 4.6m/s。风场的分布决定了风生流在时程上的分布。同一风速所形成的同向风生流流速,7 月比 1 月大一倍以上。

### 3. 地方性风系对风生流的影响

鄱阳湖在夏季经常处于太平洋副热带高压的边缘,地面多辐散和反气旋的天气形势。由水-陆动力差异所造成的地方性风系对湖流的影响表现在:

(1) 湖陆风所形成的风生流 由于水陆温差的影响,鄱阳湖的湖陆风在夏季表现明显:每天上午 10h 左右形成湖风吹向陆地,到 14h 风速达到最大值,傍晚 19h 左右形成陆风吹向湖面。湖陆风在湖的东部比西部明显,南部大于北部。康山站 1965 年 7 月 14—18 日实测湖流过程与湖陆风的过程相应。

(2) 飏线大风所形成的风生流 飏线大风是鄱阳湖中地方性风系最强烈的一种,其特点是出现突然,持续时间短,风力大。如 1981 年 5 月 2 日 9 级北风,造成康山站壅水高达 0.35m,按鄱阳湖的风生流经验公式计算得流速 0.4m/s,超过当时吞吐流的流速 2 倍。

### 4. 鄱阳湖风生流经验模型

风生流流速( $V_w$ )大小,与风速( $W$ )、吹程( $D$ )、水深( $H$ )等因素有关,根据鄱阳湖实测资料分析得其经验公式:

$$V_w = 0.013W^{0.95}D^{0.05}H^{0.1}$$

鄱阳湖风生流,除了对湖面流态有所影响外,还会对湖流垂直分布乃至整个流场产生影响。同时,由于鄱阳湖水浅容量小,所以风生流和风浪能量之比很小,在风速 20m/s 之内,其比值为 10—15%,风的大部分能量都转化为水之波动。因此,对鄱阳湖风生流的特殊机制有待进一步深入研究。

### 参 考 文 献

- [1] 尹宗贤、张俊才,1987 年。鄱阳湖水文特征。海洋与湖沼 18(1)22—27。
- [2] 施成熙、梁瑞驹,1964。陆地水文学原理。中国工业出版社,1—290 页。
- [3] 《鄱阳湖研究》编委会,1988 年。鄱阳湖研究。上海科学技术出版社,15—117 页。

## ANALYSES OF THE CURRENT OF POYANG LAKE

Xiong Daoguang

(Hydrometeorological Experiments Station of Poyang Lake, Xingzi, Jiangxi Province, 332800)

### ABSTRACT

The temporal-spatial regularities of Poyang Lake were analysed on the 1962—1983 observations of lake current from 47 Voyages and 34 fixed vertical observation stations at Kangshan, Tangyin, Duchang and Xingzi.

The force that causes the occurrence of Poyang Lake current may be of gravity and wind-driven nature. The gravity current may be of the unimpeded encroached and blocked types each having its own characteristics.

Poyang Lake is Strongly affected by the inputs of Changjiang River and five offer saddle rivers. Its yearly variation of water volume is great and the current velocity in the main trough is greater than that in the beach area, varying inversely with the distance between them.

Wind-driven current is dominant when Strong wind prevails. A mathematic model was deduced for the wind-driven current in this paper.