

# 太湖地区生态环境演变的人为驱动

姜昊 (中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 浙江杭州 310012)

**摘要** 太湖地区是我国经济文化的中心地区之一,对长三角的区域可持续发展具有重要作用,而太湖是其核心。对太湖湖区面积、湖区人口、湖区水环境和湖区生物多样性等方面的资料进行了历史还原和整理,得到其各自的发展轨迹,并进行了互比及因素之间的相关分析。结果表明:在整个历史时期中,人口数量及人为作用方式的变化对太湖地区生态环境演变有着重要影响,而且影响力随着时间推移有不断变大趋势。在这个基础上,总结出太湖地区生态环境演变人为驱动的过程和模式,可为今后治理太湖生态环境提供理论基础与思路。

**关键词** 太湖;面积;人口;污染;生物多样性;人为驱动

中图分类号 S181.3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)27-09513-05

## The Human-Induced Drive on the Development of Taihu Lake Eco-environment

JIANG Hao (Hydro China Huadong Engineering Corporation, Hangzhou, Zhejiang 310012)

**Abstract** Lake Taihu catchment is an economic and cultural centre area of China, and it plays an important role of the sustainable development of Yangtze River Delta. Based on the historical rebuilding and coordination of the area, population, aquatic environment and biodiversity of Taihu Lake, we know how they were developed respectively. And then we compared these factors mutually to find the relationship between them. The result showed that in the long history of this area, the human-induced driving has play an important role and the effect enhanced while years passed. Finally, we got the human-induced mode and process which drives the ecological environment development, which provides us the practical possibility of human-induced treatment of the Taihu Lake.

**Key words** Taihu Lake; Area; Population; Pollution; Biodiversity; Human-induced driving

湖泊作为一种自然综合体,对我国文明形成与发展有着重大影响,但也不可避免地受到人为因素的反作用<sup>[1]</sup>。从蛮荒到后工业时代,人类活动对自然体的作用逐步加强<sup>[2]</sup>。

近年来,对湖泊生态环境演变的人为驱动有所报道,主要集中在湖区水体富营养化<sup>[3-8]</sup>、由富营养化引发的生物量与种类变化<sup>[9-12]</sup>,以及宋代与建国以来湖区面积及土地格局变化<sup>[13-17]</sup>等方面;但对湖区在更长历史时期的生态环境变迁的人为驱动研究还未见报道。因此,该研究在我国史料丰富且传承有序的基础上,以太湖为研究对象,从中国史籍中地理、人口、水利和农业,以及近几十年来湖区面积、生物量、生物种类、流域工农业生产及人口等数据和资料的分析入手,展示各历史时期人类活动对太湖生态环境的影响,探讨太湖生态环境历史变迁的人为驱动机制;旨在为当今太湖的合理利用及综合治理提供参考。

## 1 研究区概况

太湖流域位于长江三角洲南侧,西连天目山余脉的低山丘陵,东距东海不足百里,地跨江苏、浙江、安徽与上海三省一市,以江浙为主<sup>[18]</sup>。流域地势西高东低,大致以丹阳-溧阳-宜兴-湖州-杭州一线为界,分平原与山地丘陵两大部分。东部为太湖平原,是全流域的主体,约占太湖流域总面积的80%,河网密集,湖泊众多,江河湖海相通;西侧山地丘陵,构成太湖流域的分水岭,约占流域面积的20%<sup>[19]</sup>。太湖面积2 292 km<sup>2</sup>,为中国第三大淡水湖泊<sup>[1]</sup>。太湖流域地处

北亚热带与中亚热带的过渡地带,气候温和湿润;土壤主要有潮土和水稻土<sup>[20]</sup>。该地区有陆地生态系统和水生生态系统及其过渡地带,其中占主体的各类湿地具有很强的生态过滤功能,对于保护太湖生态环境和生物多样性具有重要作用<sup>[21]</sup>。历来对该地区的研究有很多分类方法,笔者采用行政区划的划分方法,研究范围包括江苏省的苏州、无锡、常州三市以及浙江省的嘉兴和湖州两市。

太湖流域历史悠久,文明发达。在环太湖区域的马家浜、罗家角、崧泽、草鞋山、圩墩、良渚等200余处发现有新石器时代的文化遗存,最早的距今逾7 000 a,是中华文明发展较早的区域之一<sup>[1,22-23]</sup>。良渚文化时期(5~4 kaBP),该地区的社会文明已经进化到相当高度,出现了早期社会分工和社会分化<sup>[22]</sup>。随后,该区域出现了吸收中原文化元素的马桥文化,意味着太湖地区与中原地区在那个时期就已经有较深层次的交流<sup>[24]</sup>。该区域孕育了灿烂的吴文化<sup>[25]</sup>,而汉末兴起的江东士族一直到唐朝都有着重要的政治地位和文化地位<sup>[26-28]</sup>。中唐以来,该地区更是成为整个中国最重要的经济中心之一<sup>[1,29]</sup>。与此同时,以太湖地区为中心的南方学派在宋、明、清、民国都对中国的文化以及学术发展起着重大作用<sup>[30-33]</sup>。解放至今,该区域依旧是中国经济发展的发达地带,以不到全国0.4%的国土面积创造了约占全国1/8的国民生产总值,同时依然保持着中国文明的发达地区的地位<sup>[1]</sup>。

## 2 研究方法

自然环境数据包括湖区面积、湖区物种数以及湖区污染指标3个方面。其中清代以前的数据主要来自于该区域各朝地方志及四库全书收录的有关部分;清代至20世纪中期数据则参考了这一时期的方志<sup>[34-36]</sup>以及时人专著,如金友理的《太湖备考》<sup>[37]</sup>等。对太湖面积的记载散见于各个时代的各类古籍中,其中包括地理专著、人物游记、诗作、前人笔

**基金项目** 十二五科技支撑计划重大水利水电工程生态恢复与环境保护技术及示范(2012BAC06B01);江苏省科技厅太湖专项资助(BK2007149)。

**作者简介** 姜昊(1983-),男,江苏扬州人,工程师,博士,从事湿地生态演变研究。

**鸣谢** 文章写作过程中得到中国科学院南京地理与湖泊研究所窦鸿身先生诸多帮助,特此感谢。

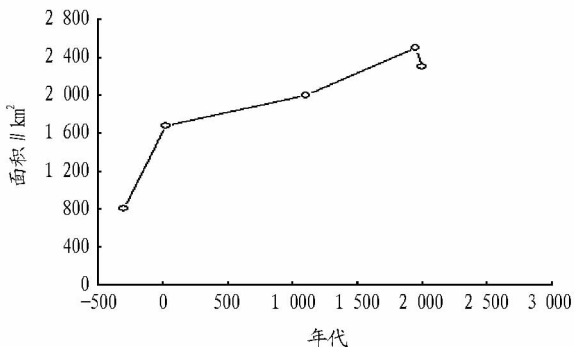
**收稿日期** 2014-08-11

记以及前人考古发现记录等<sup>[34-37]</sup>。由于诗歌中多用虚数,所以并未采纳诗歌里关于湖区面积的数据。将上述数据与近年钻孔分析所得沉积地层钻孔剖面资料、黄土沉积分布范围、湖盆地形分析以及考古发掘等资料印证<sup>[38-43]</sup>,得到湖区面积变化图。近60年来的数据则参考了建国后各时期的调查及近年发表的一些区域相关研究资料。社会数据则主要包括该区各时期人口数量及纳粮数量。解放前的数据参考了各个历史时期史书和近人对古代人口税赋研究的专著《中国历代户口、田地、田赋统计》<sup>[44]</sup>,解放后的数据则参考了国家编制的该区各年年鉴以及5次人口普查的结果<sup>[45-46]</sup>。该区资料众多,该研究所采用的史料,多数来源于历代治学严谨的知名学者主编的正史或同时在几种史料中得到证实的资料。同时对不同来源资料作互比,取有较好的一致性的数据。

依梁方仲先生《中国历代度量衡变迁表》<sup>[44]</sup>对面积数据进行单位统一换算后,获得各参数的时间动态。将之与作为参照的全国发展变化的曲线对比,对出现异常波动的年份进行历史还原,查询有关历史事件,分析事件和具体原因之间的因果联系,由此得出湖区生态环境人为驱动的模式。

### 3 结果与分析

**3.1 湖区面积演变** 一些研究认为,太湖的形成很可能是由于突发洪水,于低地泛滥,集水成湖。而这样的突发洪水与人类活动息息相关<sup>[38,43]</sup>。太湖成为大湖面在战国时期,至清,一直缓慢扩展(图1)<sup>[1,43]</sup>。这一趋势不仅由史书中的面积数据给出,历史时期的几次发现对此也予以了证实。古书《吴县水利志》曾载,1075年大旱,太湖水位骤减,东太湖干涸,湖底出现有丘墓、街道、水井、树干等。1986年在吴县通安乡西太湖湖底,挖出战国时古井4口,井中清理出汉代文物。这些发现都定性地说明了自太湖成大湖面以后,一直处于扩大状态。其间,虽然唐宋元明数朝围垦不断,但洪水泛滥又会吞噬耕地,使湖面扩大,所以总体呈扩大趋势<sup>[1,43]</sup>。清后,由于围垦强度过大,湖区面积开始不断缩小,这样的趋势一直延续到了近10年才有所缓解<sup>[1,13]</sup>。研究表明,太湖地区一直处于沉降阶段<sup>[1]</sup>,原本应扩大的湖面反而缩小,显见自然以外的人为因素是其主要驱动力。



注:负数表示公元前。下同。

图1 太湖湖面面积的变化

**3.2 湖区人口演变** 该区是中华文明相当重要的一个分

支,但直至唐朝,中国整个经济、文化以及人口的中心还是在北方<sup>[47]</sup>。晋后,太湖地区人口一直保持着高速增长,逐渐成为了新的人口中心。与此同时,江南地区特别是太湖地区也成为中国最重要的粮食产地和赋税来源。唐朝,该地区纳粮占全国比例约为2.9%,北宋时这个数字增长为7.9%,及至南宋,为16.8%,到清朝甚至达到31.1%<sup>[44]</sup>。这样的纳粮强度和该地区人口发展趋势是一致的。

国以民为本,民以食为天;人口不断增多和耕地数量有限始终是太湖地区发展的主要矛盾。对比图2和图3可以看出,两者总体增长趋势一致,但太湖地区相较全国人口的增长有3次明显的异动。

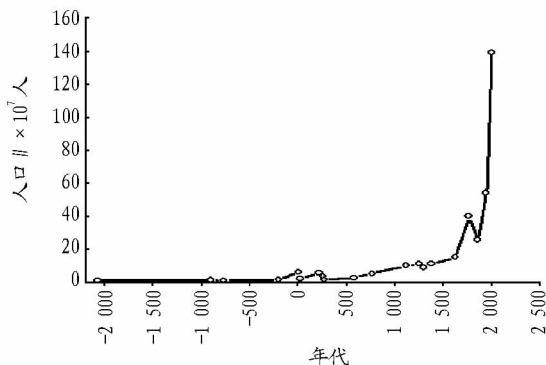


图2 全国人口数量变迁

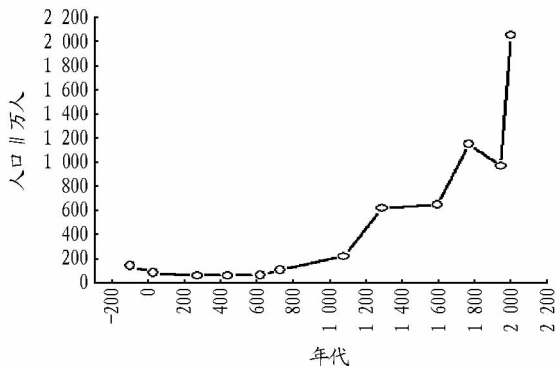


图3 太湖地区人口数量变迁

第一次异动出现在魏晋时期。虽然两组数据同呈下降趋势,但太湖地区的人口下降比例(30.2%)明显小于全国同期下降比例(71.4%),这说明该区在这一时期有大量人口流入的事件。这一数据异动和历史事件吻合。据载,西汉末,王室式微,王莽摄政,社会动乱,出现第一次北民南迁太湖地区高峰,这次迁徙实际为后来吴地发展奠定了人口基础。后至三国,征战连年,人口数量急剧减少,这一趋势直到晋朝建立才得到一定缓解。晋朝人口稀少,但由于西晋末年永嘉之乱,导致相当人数南迁太湖,这是太湖地区又一次大规模的迁徙。这次大规模的迁徙还扩展到了整个长江流域,此前整个南方都处于一种地广人稀的局面<sup>[48-50]</sup>。

第二次异动则出现在隋唐之间。经对比,发现这一时期太湖地区人口增长率为260.9%,远高于全国人口增长率的208%。这个变化也从史实得到了印证。据载,隋唐一统后,中国经济进入一个高速发展时期。经济增长、文化繁荣、政

治稳定,人口亦伴随着这些外部因素变化而大幅增长。至盛唐,中国人口达到高峰。终唐一朝,太湖地区人口数量迅速增加。安史之乱使得大批北方民众又一次集中南迁至太湖流域,这次南迁之后,南方人少北方人多的人口不平衡情况逐渐得到改变<sup>[51-52]</sup>。

第三次异动出现在宋元之间,也是3次变动中幅度最大、影响最广的一次。这一时期该地区人口增长率达到了283.1%,但同期全国人口却是减少了11%。这一异动也有相应历史背景。宋朝人口首次过亿,而军事实力较弱。相比唐朝,中央政府更仰仗南方经济,因此经济中心南倾。这次异动使得南方人口超过北方,成为中国新的人口和经济中心,长江流域也开始逐渐取代黄河流域成为中国历史发展的主角<sup>[53-54]</sup>。这一时期的变化也奠定了此后太湖地区的人口基础。

今天,太湖已经成为全国乃至世界人口密度最大的地区。从西汉元始2年(公元2年)会稽郡人口密度的12.3人/km<sup>2</sup>,发展至唐代时江南东道人口密度为31.44人/km<sup>2</sup><sup>[44]</sup>,再到现在的1000人/km<sup>2</sup><sup>[55]</sup>,太湖地区人口发展速度惊人,而为这些人口生存和发展而付出的生态环境代价也相当巨大。

**3.3 湖区水环境演变** 湖区水体污染是伴随着近代工业的兴起而出现的。因此,太湖流域的污染过程和太湖流域现代工业发展历程应当相吻合,早期有污染而无治理的时期更是如此。

太湖地区近代工业发端较早,洋务运动之后,就开始有零星的工业发端,但这些工业产业规模都不是很大。1882年由左宗棠奏准开办的徐法国驿煤矿在当时已经属于江苏境内实力较强的工业企业,但就是这样一个由左宗棠、李鸿章等人主持着重发展的企业,也仅维持7年时间就惨遭倒闭命运。相较之下,太湖地区那些中小型企业就更加不堪,而且其时太湖地区工业主要以污染较少的轻工业为主<sup>[56]</sup>,这样的工业规模和工业模式对水体的污染程度应该是有限的。这个结论可以从20世纪60年代,太湖地区水质依旧能够保持一类水标准<sup>[1,43]</sup>这一事实中得到印证。因此大体上可以认为,从远古时期到清末,太湖水几乎没有污染;从清末到建国初期,太湖水污染即使有,也极轻微。

真正的规模性污染出现在20世纪60年代之后。建国初,国家对太湖地区主要发展战略定位在农业基地,于是20世纪60年代、70年代大量湖滩被围垦。70年代开始,农药、化肥大规模进入我国农业生产领域,作为农业基地的太湖地区农药、化肥污染比较严重。伴随着该地区的工业化进程,工业污染在70年代末、80年代初逐渐抬头,并以惊人速度发展。除外源污染外,内源污染在湖区水环境恶化中也起着重要的作用。在富营养化地区,原本可以通过水生植物的大量生长降低污染<sup>[57]</sup>,但太湖地区高强高密度的渔业养殖以及围网的养殖方式导致水生植物退化,使太湖失去了一个重要的污染输出途径<sup>[38]</sup>。内源外因的合力结果使得太湖污染加剧,以污染指标COD<sub>Mn</sub>为例,1960年含量仅1.90 mg/L,1988

年上升至3.30 mg/L,1995年则达到了5.53 mg/L,35年间增长了2.9倍(表1)。其中,前28年增长1.40 mg/L,仅后7年就增长了2.23 mg/L,前后的增长速度比达6.4倍,如不整治,这个趋势还要加大。同时由于该区域人口众多,因使用现代工业制品而产生的生活污染也随着工业化进程同步增大<sup>[11,58]</sup>。据1994年统计资料,由城镇生活污水排放的TN、TP和COD分别占全流域总量的25.1%、70.5%和42.1%,生活污水已成为太湖重要的污染源,这些污染物大多通过河道汇聚湖泊。除了从水体中测得的数据,对MS、DLS短沉积岩芯的研究也印证了这一趋势<sup>[7]</sup>。综上所述,解放后,特别是近30年来,人为因素正在以空前速度污染着整个太湖流域,人类对由水体污染引发的一系列生态问题有着不可推卸的责任。

表1 太湖水质指标变化<sup>[59-61]</sup>

年份	总无机氮	氨氮	总氮	磷酸根磷	总磷	化学耗氧量
1960	0.050	0.04	-	0.020	-	1.90
1981	0.894	0.05	0.90	0.014	-	2.83
1988	1.115	0.13	1.84	0.012	0.032	3.30
1995	1.157	-	3.14	0.011	0.111	5.53
1999	1.790	0.25	2.57	0.004	0.105	4.99

**3.4 湖区生物多样性演变** 史载太湖地区物产丰富,种类繁多。由于古代没有科学的物种命名法,有同物不同名或同名不同物的情况存在;同时由于缺少科学的分类方法及调查手段,对物种数量的统计也不很精确。但毫无疑问,随着人类活动的加剧,湖区物种在古今之间发生了相当大的改变。据载,太湖优势鱼种曾有白鱼、鳊鱼、鲫鱼、鲢鱼、鳙鱼、斑鱼、鲈鱼、鳊、鲢、破浪鱼、银鱼和鳊残鱼<sup>[37]</sup>等10多种,而现在则演变为鲚、银鱼、鲈、鲤、鲫、鳊、鲂、乌鳢及鳊等<sup>[1]</sup>,种类组成发生了不少变化。据嘉兴市志记载,太湖地区养殖渔业大规模兴起于明清之际,而鱼种组成也随着这个进程的深入得以改变<sup>[62]</sup>。

建国后,湖区生物多样性发生了很大改变。从1960年到1993年,西太湖浮游藻类减少了6种(由91种降至85种),同时数量增加了3000倍(2.22 × 10<sup>4</sup> 个/L增至7.712 × 10<sup>4</sup> 个/L)<sup>[1]</sup>。而东太湖浮游藻类则减少了17种(由59种降至42种);东太湖地区鱼类种数减少了58种(由106种降至48种)(表2)。同时,水体透明度降低,水草生长被抑制,生物量锐减,也就间接地影响植食性鱼类和草上产卵鱼类的发展。浮游动物的生物量和种类的下降也会通过食物链的作用影响到鱼类数量和种类。如1985年和1986年太湖银鱼产量曾达2100 t,而1987~1993年均产量仅1687 t,至1995年

表2 东太湖地区生物多样性变化<sup>[11,56]</sup>

物种类群	种数(调查时间)	种数(调查时间)	变化情况
鱼类	106(1980~1981)	48(2002~2003)	-58
浮游藻类	59(1960~1961)	42(1993~1994)	-17
水生植物	66(1960~1961)	74(1996~1997)	+8
底栖动物	55(1959~1960)	81(1981~1982)	+26

银鱼汛期仅开捕一周即宣告结束<sup>[1]</sup>。人工养殖尚且如此,自然物种就更不能幸免。

#### 4 讨论

**4.1 湖区面积和湖区人为作用的关系** 研究中提及的3次大异动都指向该区人口大幅增加。为养活湖区新增人口,在湖区土地总量一定的情况下,人类开始了不断与水争田的历程。太湖地区与水争田的方式主要有围田、圩田以及充分利用自然条件的葑田等。

围田是指以围筑堤岸的方式向水面争得的新耕地,也称湖田,史载宜兴“县多湖田”。圩田则是指将已耕熟田筑以堤围或圩岸的水利田。围田所得的新拓耕地在耕熟之后一般要建为圩田。历史时期大量圩田是由围田改造而成的:宋代江阴境内的芙蓉湖,“周围一万五千三百顷,又号三山湖,今皆为圩田”;嘉定二年(1209年)湖州境内修筑堤岸“变草荡为新田者凡十万亩”;绍兴年间,太湖“濒湖之地,多为军下兵卒侵据为田”,“盖队伍既众,易于施工,累土增高,长堤弥望,名曰坝田”(坝田是围田的别称)<sup>[16]</sup>。围田等方式有效地增加了可耕地面积,据《琴川志·版籍》载,理宗时常熟有围田2 916.8 hm<sup>2</sup> (54 016 亩),约占全县总耕地数13 067 hm<sup>2</sup> (241 982 亩)的1/4。葑田主要有自然和人工两种方式。北宋有载“吴中陂湖间,菱蒲所积,岁久根为水充荡,不复与土相着,遂浮水面,动辄数十丈,厚亦数尺,隧可施种植拼凿,人据其上,如木筏然,可撑以往来,所谓葑田是也。”葑田最初是自然形成的,当地人民受其启发,有意“以木缚为田丘,浮系水面,以葑泥附木架上,而种艺之,故谓之架田。”这种方式虽然于水利无害,但各地实际存在可能不多。只能作为南宋时人多地少,人们被迫想方设法扩大耕地的一种反映而已。

此外,太湖地区人民还种植水生作物作为耕地的延伸,并多以莲藕和菱角种植为主。文献记载“荷莲之根为藕,出于葑门南塘最佳”(《姑苏小志》);“藕出梅湾北莲塘,甘嫩胜高邮”(雍正《横山志》)。此外,湖荡及稻田的低洼处广泛被用来种植茭白、芦苇、菹菜、茨等植物。这些植物种植量很大,有“菱露苇荻,弥望无际,几不辨涯岸。至港口之内支干各河,脚割则无处不有,圈占堆填,日新月异”(清·庄有恭,查禁茭芦鱼簖告示)的记载。

清末以来,地方豪强大规模无计划围垦使得整个湖区面积继续大规模缩小。到了民国,军阀混战,湖区水利更缺乏统一有效管理。建国后,政府组织对湖区进行了一番整治,但初步治理后,出于经济需要,政府又组织对湖区进行了大规模高强度开发。由于高度统一的中央政府有着巨大权威,加之现代化机器开始在湖区发挥作用,湖区经历了最严重的缩小时期。仅建国以后,被围湖垦殖的湖泊就达239个,占建国初期原有湖泊总数708个中的33.8%,建圩面积528.5 km<sup>2</sup>,占建国初期面积3 884.9 km<sup>2</sup>的13%,因围垦而消失或基本消失的湖荡16个,面积约161.3 km<sup>2</sup>,其中太湖围垦面积160.17 km<sup>2</sup>,占湖区围垦总面积的30.3%<sup>[1]</sup>。

但从古至今日益加强的围垦力度并没有使湖区消失,历史上太湖面积有总体增大的趋势,直至今日也还保持着2 292

km<sup>2</sup>的面积,维持着全国第三的大湖风貌<sup>[1]</sup>。这一方面是由于人类围垦活动在使湖区面积大幅减小的同时,也使得湖区蓄水能力大幅降低。遇水灾年份,则湖水泛滥,淹田围湖导致耕地面积缩小,湖区面积扩大。另一方面,人为活动对湖泊入海口,亦即吴淞口的作用使得入海水道变窄,导致排水不畅,因而湖区面积反而增大<sup>[43]</sup>。因此湖区面积绝对减少并不明显,但湖区面积受到人为因素的影响还是显见的,总而言之,历史时期太湖湖区面积的扩大与缩小都与人为活动密切相关。

**4.2 湖区水环境和生物多样性的联系** 该区生物多样性和物种组成的演变既有自然因素又有人为因素的作用。近年在太湖地区的百余个钻孔孢粉鉴定分析,已将太湖地区自晚第四纪以来古植被演化情况揭示得比较清楚。从35 000年前含云杉、冷杉的森林草原发展到现今含针叶树的阔叶林的过程,就是太湖地区植物种群因气候,地形等自然环境变化以及植物种群自身演替而变化的过程<sup>[43]</sup>。

近代以来,随着湖区人口的增加,工农业生产发展,水体污染,湖泊被大量围垦,水利建设又造成江湖阻隔,加之人类过度捕捞,这些因素都严重影响了生物生存环境,导致生物多样性降低(图4)。

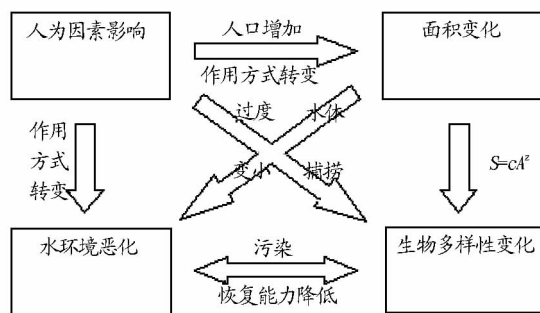


图4 太湖地区生态环境演变的人为驱动模式

水体污染直接影响着湖区的生物多样性。太湖水体污染状况严重,据报道,素以生命力顽强著称的水花生在太湖的某些地区亦无法生存<sup>[63]</sup>。研究表明,湖区水体富营养化与藻类爆发呈正相关<sup>[64-65]</sup>。大量爆发的藻类导致溶解氧浓度迅速降低,直接导致鱼虾、螺蛳等水生物大量死亡,对生物多样性有着负面影响。

除了水体污染之外,水利建设造成江湖阻隔导致生境破碎化对生物多样性的负面影响也显而易见。首先破碎化导致水体形成大量小生境斑块,而每个斑块的大小很可能不足以维持一个局部种群生活<sup>[66]</sup>;其次,在生境总体面积一定的情况下,破碎化的生境拥有更长的生境边缘,这样个体进入非适宜生境范围的机率增大,同时威胁个体也更有机会接触被威胁个体<sup>[67]</sup>。这些都将增加种群死亡率,同时降低繁殖率,而这对物种多样化无疑是有害的<sup>[68]</sup>。

**4.3 湖区面积和生物多样性的联系** 湖区面积大幅缩小也是生物多样性减少的一个重要因素。根据岛屿的种数-面积关系原理,生境面积越大,种数越多。在同等条件下,生境

面积决定了初级生产力大小,而初级生产力大小正是生物生活数量的一个重要制约因素,所以生境的面积与物种数呈显著相关,用公式表达为  $S = cA^A$  (其中  $S$  代表物种数,  $A$  表示生境面积)<sup>[69]</sup>。通过公式分析可以看出,中国历史时期不断对太湖湖区进行围垦导致湖区面积减小会对该地区物种多样性产生消极影响。

因此,人类活动导致的湖区面积减小、水体污染和生境破碎这些后果对太湖地区生物多样性有不利影响。研究表明,由于西北部湖区水体的污染与富营养化程度逐年加重,导致湖体生态系统急剧退化,水生高等植物快速减少。除沿岸尚存芦苇间断分布外,沉水植物已基本消亡,与之相对,蓝藻等浮游植物疯长<sup>[46]</sup>。西太湖鱼类种数从 20 世纪 60 年代的 160 种,减少至目前的 60 ~ 70 种,洄游性鱼类几乎绝迹。而东太湖鱼类数量则由 106 种减少至 48 种<sup>[11]</sup>。西太湖地区底栖生物物种减少,耐污类种群增大,生物多样性下降<sup>[56]</sup>;东太湖地区虽然底栖生物多样性有所增加,但某几种生物拥有绝对优势的生物量,如果污染加剧,环境选择将淘汰不耐污染物种,对生物多样性不利<sup>[11]</sup>。同时,一些耐污的外来种引入虽会增加其物种多样性,但会改变其土著生态系统结构,导致原生态系统失衡。人为活动对湖区生物多样性的影响之大,可谓惊人。

## 5 结论

综上所述,可以看到整个历史时期太湖地区生态环境在人为驱动下的演变过程。随着湖区人口的增加和人力作用方式的转变,人为因素已经影响了湖区水环境,湖区面积和湖区生物多样性等方面,已经超越自然因素成为湖区发展主宰力量。虽然近几十年来,人为因素对湖区的驱动大多是非良性驱动,但人为力量的强大还是为湖区提供良性人为驱动提供了现实可能性;同时,对历史时期湖区生态环境人为驱动的系统研究则为良性驱动提供了现实的可能性。因此,可以在认识历史时期人为作用方式及其影响的基础上,结合现代生态学研究,搞好太湖地区的生态环境重建。

## 参考文献

- [1] 窦鸿身,姜家虎. 五大淡水湖[M]. 合肥:中国科技大学出版社,2003.
- [2] VERBURG P, HECKY R E, KLING H, et al. Ecological consequences of a century of farming in Lake Tanganyika[J]. *Science*, 2003, 301: 505–507.
- [3] SCHINDLER D W. Eutrophication and recovery in experimental lakes: Implications for lake management[J]. *Science*, 1974, 184: 897–899.
- [4] DEE MITCHELL. Eutrophication of lake water microcosms: Phosphate versus nonphosphate detergents[J]. *Science*, 1971, 174: 827–829.
- [5] CHAPRA S C, ROBERTSON A. Great lakes eutrophication: The effect of point source control of total phosphorus[J]. *Science*, 1977, 196: 1448–1450.
- [6] HUANG W Y, GAO G, SHU J H, et al. The Effect of phosphorus in detergents on algae growth in Taihu Lake[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2003, 15(4): 320–326.
- [7] LIU E F, SHEN J, ZHU Y X, et al. Geochemical records and comparative study of the sediments in the Western Taihu Lake[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2005, 25(1): 102–107.
- [8] XIE H B, YU X G, ZHANG Y L, et al. The impact of regional difference of industrialization on water quality in Taihu Basin: A case study on Wuxi and Huzhou[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2004, 16(4): 349–355.
- [9] MICHIO HORI. Frequency-dependent natural selection in the handedness of scale-eating cichlid fish[J]. *Science*, 1993, 26: 216–219.
- [10] YANG Z F, SHI W G, CHEN L Q, et al. Ecological environment succes-

- sion and countermeasure of East Taihu Lake[J]. *China Environmental Science*, 2003, 23(1): 64–68.
- [11] LIU W L, HU W P, CHEN Y G, et al. Temporal and spatial variation of aquatic macrophytes in West Taihu Lake[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(1): 159–170.
- [12] CHEN L Q, LIU Y, YANG Z F, et al. Ecological succession and sustainable development in Taihu Lake[J]. *Journal of China Normal University (Natural Science)*, 2003, 4: 99–106.
- [13] YIN L Q, JIANG N, YANG Y B, et al. Dynamic change of Lake Taihu Area during the past 15 years based on remote sensing technique[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2005, 17(2): 139–142.
- [14] LI X G, JIANG N, ZHU X H, et al. Study on lake surface area change of major lakes in the Taihu Basin during the past 30 years[J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2006, 4: 17–24.
- [15] 虞云国. 略论宋代太湖流域的农业经济[J]. *中国农史*, 2002, 21(1): 64–74.
- [16] 丁晓蕾. 历史时期太湖地区生态环境变化状况研究——以与水争田为中心[J]. *池州师专学报*, 2005, 19(2): 87–90.
- [17] 潘清. 清代太湖流域水利建设论述[J]. *学海*, 2003(6): 110–114.
- [18] 商务印书馆编辑部. 中国的湖泊[M]. 上海: 商务印书馆, 1986: 45–46.
- [19] 王栋, 史运良, 王腊春. 浅析太湖流域水资源系统退化与修复对策[J]. *水资源保护*, 2003(6): 41–42.
- [20] 商务印书馆编辑部. 中国的土壤[M]. 上海: 商务印书馆, 1986: 134–135.
- [21] 苏州政协协办长三角发展论坛: 保护我们的母亲湖[EB/OL]. (2007-09-27) <http://cppcc.people.com.cn/GB/34962/35008/6319980.html>.
- [22] 王书敏. 史前太湖流域社会复杂化进程初步研究[J]. *东南文化*, 2006(3): 10–16.
- [23] 黄建康. 良渚文化神徽解析[J]. *东南文化*, 2006(3): 17–22.
- [24] 曹峻. 试论马桥文化与中原夏商文化的关系[J]. *中原文物*, 2006(2): 40–45.
- [25] 赵建中. 无文化的源头辨析[J]. *江南学刊*, 2006(6): 146–148.
- [26] 唐长孺. 魏晋南北朝史论拾遗[M]. 北京: 中华书局, 1983.
- [27] LIU X. On the complex process becoming nobles in the Wei and Jin Dynasties from celebrities in the late Han Dynasty[J]. *Journal of Xuchang University*, 2005, 24(6): 23–28.
- [28] GU X M. A tentative investigation on the rise and decline of the scholar-official south of the Yangtze in the Tang Dynasty[J]. *Journal of Literature, History and Philosophy*, 2005, 4: 88–95.
- [29] 李菁. 陆龟蒙所见晚唐太湖地区的社会经济状况[J]. *中国社会经济史研究*, 2002(2): 52–56.
- [30] 张朋川. 元代太湖地区画家和道教文化[J]. *南京艺术学院学报*, 2007(1): 14–19.
- [31] 孟彭兴. 16、17 世纪江南社会之不变及文人反应[J]. *史林*, 1998(2): 34–43.
- [32] 赵振祥. 论唐代商业经济对文学的影响[J]. *上海师范大学学报*, 1998(2): 35–41.
- [33] 唐力行. 明清以来苏州、徽州的区域互动与江南社会的变迁[J]. *史林*, 2004(4): 1–12.
- [34] 苏州府志县(同治)[M/OL]. 超星图书馆电子版(<http://202.119.47.40:8080>).
- [35] 常州府志县(康熙)[M/OL]. 超星图书馆电子版(<http://202.119.47.40:8080>).
- [36] 湖州府志(成化)[M/OL]. 超星图书馆电子版(<http://202.119.47.40:8080>).
- [37] 清·金友理. 太湖备考[M]. 南京: 江苏古籍出版社, 1998.
- [38] 秦伯强, 罗激葱. 太湖生态环境演化及其原因分析[J]. *第四纪研究*, 2004, 24(5): 561–568.
- [39] 孙顺才, 郑长苏, 华乐芬. 太湖形成演变与现代沉积作用[J]. *中国科学(B辑)* 1987, 16(12): 1329–1339.
- [40] 蒋新禾. 太湖地区第四纪以来孢粉组合和古环境演变[J]. *南京地理与湖泊研究所集刊*, 第 7 号, 1990: 10–25.
- [41] 王开发. 长江三角洲表层沉积孢粉藻类组合[J]. *地理学报*, 1982, 37(3): 261–271.
- [42] 王开发. 崧泽遗址的孢粉分析与研究[J]. *考古学报*, 1980(1): 59–66.
- [43] 孙顺才, 黄漪平. 太湖[M]. 北京: 海洋出版社, 1993.
- [44] 梁方仲. 中国历代户口、田地、田赋统计[M]. 上海: 上海人民出版社, 1980.

个条件的方法,对火焰原子吸收光谱分析法中的燃助比、燃烧器高度、灯电流等条件进行了试验,以确定最佳的仪器工作条件,结果见表2。

表2 仪器测定条件

元素	灯电流	乙炔流量	空气流量	燃烧器高度	波长	光谱带宽
	mA	L/min	L/min	mm	nm	nm
Cu	3	1.2	6	4	324.7	0.2
Ca	3	1.6	6	6	422.7	0.4

**2.3 共存元素影响** 据文献<sup>[5]</sup>,在火焰原子吸收光谱法测定铜、钙等元素时,一般不受共存元素的影响,在相对偏差小于±5%的情况下,2 000 倍的钾、2 000 倍的钠,对铜、钙等元素的测定不干扰。铜、钙浓度相差 300 倍时相互之间无干扰。

#### 2.4 标准曲线的绘制

**2.4.1 铜标准曲线的绘制。**在7个分别编号的100 ml 容量瓶中,按编号依次加入已经稀释至50.0 μg/ml 的铜标准溶液0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 ml,最后再各自加入15 ml 浓硝酸,用超纯水稀释至刻度,按最佳测定条件测定铜的吸光度。所得回归方程和相关系数为: $C(\mu\text{g/ml}) = 7.883A, r = 0.9987$ 。

**2.4.2 钙标准曲线的绘制。**分别在7个100 ml 容量瓶中加入吸量管加入20%氯化锶溶液1.00 ml、浓硝酸0.5 ml,再分别加入50.0 μg/ml 钙标准溶液0、1.00、2.00、4.00、6.00、8.00、10.00 ml,用超纯水定容,在原子吸收分光光度计上测定各溶液的吸光度。所得回归方程和相关系数为: $C(\mu\text{g/ml}) = 8.74A, r = 0.99898$ 。

**2.4 样品分析结果和加标回收试验** 分别称取处理好的金艳、金果和红阳3种猕猴桃各6份样品,按上述微波消解方

式进行消解,按原子吸收测定方法进行测定。同时再称取金艳、金果和红阳3种猕猴桃各3份并加入一定量的钙、铜进行加标回收试验,结果见表3。

由表3可见,金艳、红阳、金果3种猕猴桃中,铜含量依次为0.058、0.076、0.063 mg/g,钙含量依次为1.812、1.530、1.539 mg/g,回收率为94%~106%,RSD为3.3%~4.7%。

表3 测定结果与回收试验

元素	品种	测得值	RSD	加入量	测得总量	回收率
		mg/g	%	mg/g	mg/g	%
Cu	金艳	0.058	3.5	0.025	0.082	96
	红阳	0.076	4.5	0.025	0.100	96
	金果	0.063	3.3	0.025	0.087	94
Ca	金艳	1.812	4.5	0.639	2.41	94
	红阳	1.530	4.7	0.587	2.15	106
	金果	1.539	3.3	0.639	2.14	94

### 3 结论

从试验结果可以看出,铜含量红阳>金果>金艳,钙含量金艳>金果>红阳。微波消解火焰原子吸收光谱法在样品消解时试剂用量少,引入的干扰比较小,消解快速,操作简便;FAAS测定的准确度高,结果可靠,方法的回收率为94%~106%,RSD为3.3%~4.7%。

#### 参考文献

- 王夔. 生命科学中的微量元素分析与数据手册[K]. 北京:中国计量出版社,1998.
- 傅永怀. 微量元素与临床[M]. 北京:中国医药科技出版社,1997.
- 陈炳卿. 食品污染与健康[M]. 北京:化学工业出版社,2002.
- 李守淳. 无机元素在人体内的生物学作用[J]. 南昌教育学院学报,1999(3):50-54.
- 李述信. 原子吸收光谱分析中的干扰及其消除方法[M]. 北京:北京大学出版社,1987.
- ZHU S Q. Ichthyological survey of Lake Taihu during 2002-2003[J]. Journal of Lake Sciences,2004,16(2):120-124.
- 陈伟民,吴庆龙. 太湖生态系统结构与演化[M]. 北京:科学出版社,2004.
- HUANG X W. Layout and Integrated Management of Taihu Basin[M]. Beijing:China Water Resources and Hydropower Press,2000:1-20.
- YANG H R, XIE Z R, YANG D Y. Several change in Holocene and Evolution of Lake Taihu[M]. Beijing: Geological Publishing House,1985:49-64.
- 嘉兴市志编辑委员会. 嘉兴市志[M]. 北京:中国书籍出版社,1997.
- 黄国胜. 太湖污染忧思录[EB/OL]. http://www.fec.com.cn.
- LIU S Y, MA F, ZHANG J Q, et al. Studies on biodiversities in eutrophication process of landscaping water body in Northern China[J]. Acta Scientiae Circum Stantiate,2007,27(2):337-341.
- LI X P. Lake eutrophication research and control in USA[J]. Ziranazhi, 2002,24(2):63-68.
- HAILA Y. A conceptual genealogy of fragmentation research. Island biogeography to landscape ecology[J]. Ecology,2002(1):321-334.
- GRONMBRIDGE B. Global Biodiversity Status of the Earth Living Resources' Complied by the World Conservation Monitoring Centre [M]. Cambridge, U. K Chapman and Hall, London, 1992.
- 万晓军. 生境破碎化与生物多样性[J]. 中学生物学,2005(10):4-6.
- 李博. 普通生态学[M]. 北京:高等教育出版社,2002.

(上接第9517页)

- 浙江省统计局,国家统计局浙江调查总队. 2006年浙江省国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. 中华人民共和国国家统计局网站(http://www.stats.gov.cn).
- 江苏省统计局,国家统计局江苏调查总队. 2006年江苏省国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. 中华人民共和国国家统计局网站(http://www.stats.gov.cn).
- 太湖水利史稿编写组. 太湖水利史稿[M]. 南京:河海大学出版社,1993.
- (宋)范晔. 后汉书[M]. 北京:中华书局,1965.
- (晋)陈寿. 三国志[M]. 北京:中华书局,2007.
- (唐)房玄龄等. 晋书[M]. 北京:中华书局,1974.
- (唐)魏征等. 隋书[M]. 北京:中华书局,1973.
- (宋)欧阳修,宋祁. 新唐书[M]. 北京:中华书局,1975.
- (元)托托等. 宋史[M]. 北京:中华书局,1985.
- (明)宋濂等. 元史[M]. 北京:中华书局,1976.
- 匿名. 蓝藻给人一点颜色看看 专家:太湖事件是当头棒喝[EB/OL]. (2007-06-01). http://www.chinanews.com.cn/gn/news/2007/06-01/949037.shtml.
- 范西成,陆保珍. 中国近代工业发展史(1840-1927)[M]. 西安:陕西人民出版社,1991.
- 窦鸿身,濮培民,张圣照. 太湖开阔水域凤眼莲的放养试验[J]. 植物资源与环境,1995,4(1):54-60.