

太湖与长三角区域一体化发展： 地位、挑战与对策¹

陈雯^{1, 2, 3**}, 刘伟^{1, 4}, 孙伟^{1, 2}

(1: 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

(2: 中国科学院流域地理学重点实验室, 南京 210008)

(3: 中国科学院大学, 资源与环境学院, 北京 100049)

(4: 中国科学院大学, 北京 100049)

【摘要】太湖及太湖流域在长三角自然和经济地理空间具有举足轻重的地位,更是长三角区域一体化发展国家战略实施的关键地区.在当前区域一体化高质量发展背景下,太湖治理面临新的形势和任务,也面临一系列新的挑战,着重体现在水环境治理形势更加复杂严峻和水资源供给压力不断提升两方面.传统水陆分割治理难以解决湖泊问题,行政区治理难以适应区域一体化发展要求,水资源共享和付费机制尚未建立等问题,对长三角区域一体化进程也构成了较大阻滞.太湖问题绝不局限于太湖本身,需要从湖泊一流域系统视角构建资源、环境、生态、社会与经济多要素协调统筹治理的新体系,考虑水陆空间协同治理与开发和不同次区域经济、社会、自然效益的均衡,以推动长三角区域一体化高质量发展.基于此,研究提出新背景下的太湖及流域治理思路:推动太湖水资源生态环境之间以及与流域经济社会的联动,撬动长三角生态环境一体化的思维创新;探索关键卡脖子技术研发和流域管理综合集成的科学体系,推动长三角资源环境领域的创新一体化发展;探索太湖流域跨行政区域的水生态环境共治、水资源共享和绿色发展机制,牵动一体化协调制度的改革创新.

【关键词】太湖;湖泊流域系统;长三角一体化;水资源环境共保共治共享

长江三角洲(以下简称长三角)区域范围包括上海市、江苏省、浙江省、安徽省全域(面积 35.8 万 km²).2018 年,长三角区域一体化发展上升为国家战略.2019 年,中共中央、国务院印发《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》,提出以创新、协调、开放、绿色、共享发展理念,打造全国发展强劲活跃增长极、高质量发展样板区、率先基本实现现代化引领区、区域一体化发展示范区、新时代改革开放新高地.其中,太湖位于长三角地区的核心地带,是中国第三大淡水湖泊,由长江和钱塘江下游泥沙堰塞古海湾形成,为长三角城市提供非常重要的生态系统服务功能^[1];而太湖流域地跨江苏、浙江、安徽、上海三省一市,面积

¹2020-11-02 收稿;2020-12-20 收修改稿.

中国科学院 A 类战略性先导科技专项“美丽中国生态文明建设科技工程”(XDA23020102)和 2019 年度江苏省级太湖科研课题(TH2019304)联合资助.

通信作者: Email:wchen@niglas.ac.cn.

约 36900 km², 分别占全国的 0.4% 和长三角的 10.27%; 2019 年太湖流域总人口 6164 万人, 国内生产总值 96847 亿元, 分别占长三角的 27.1% 和 40.8%; 人均 GDP 达到 15.7 万元, 是全国的 2.2 倍, 是长三角的 1.5 倍, 是长三角经济最发达、人口最密集地区 and 一体化高质量发展先行区^[2], 率先推进太湖流域以水环境共治、水资源共享为重点的生态环境一体化, 以产业创新合作、公共服务共享和交通基础设施共建为核心的经济社会一体化, 是实现长三角区域经济社会和生态环境全面一体化的关键。因而, 科学认识太湖在长三角区域一体化发展中的重要位置和作用、存在问题和挑战, 科学制定一体化对策, 有利于更好促进太湖流域的综合系统治理, 更好支撑长三角区域一体化国家战略的实施。

1 太湖及流域为什么对长三角非常重要?

1.1 太湖为长三角提供非常重要的生态系统服务功能

太湖以其独特的优越自然条件在维系和支撑着自身及长三角生态平衡, 强大的生态系统服务功能支撑着流域乃至更大区域发展。生态功能作用受损, 也将影响长三角可持续发展。首先, 太湖是环湖地区的水资源供给地。太湖水面面积 2338km², 平均水深 1.89m, 多年平均蓄水量 49.6 亿 m³^[3], 2010-2019 年太湖年平均供水 15.4 亿 m³², 供水保障仍是重中之重。第二, 太湖以其历史最高水位计的 80 亿 m³ 总库容发挥着调蓄洪水、抵御洪涝的关键作用, 特别是随着环湖土地的高强度开发、圩区建设与河网水系的变动, 流域水网联通性和调蓄洪水能力下降, 防洪压力陡增, 太湖的调蓄作用更为重要^[4-6]。第三, 太湖洪水大量营养物质的沉积, 使土地肥沃基底远胜于长江北岸高沙土地区^[5], 奠定了富庶鱼米之乡的自然基础^[6]; 而城镇化和农业污染使土壤保持服务功能下降^[7], 进而对农产品质量安全有较大影响。第四, 太湖作为区域生态平衡调节池, 极大缓解了上海、苏州、无锡等环湖城市建设用地扩张带来的生态赤字压力, 提升了长三角城市群生态资源环境承载力。另外, 太湖还发挥着水产养殖、水上航运、文旅休闲等其他重要功能价值。

1.2 太湖流域长期占据长三角经济

社会发展的先锋位置

太湖流域开发历史悠久, 一直是长三角地区乃至全国经济社会发展重地, 是我国最古老的农业文化遗址之一、栽培稻谷区和重要农业区, 吴越文化鲜明。隋唐以后, 太湖地区修建江南大运河, 成为国之漕赋重地和经济文化重镇, 近代又成为民族工业的摇篮。改革开放以后, 苏南模式和浦东开发开放带动的全球化, 推动工业化城镇化飞速发展^[8-9], 继续保持其作为长三角主力和一体的示范引领区^[10]。太湖流域专利授权量约占长三角总数的 50%, 专利外部转移量占 52%; 企业并购中买方和标的企业主体约占长三角的 70%^[11]; 合作建设园区数约占 60%^[12], 是金融、项目、技术、品牌等要素的重要输出地区^[10], 正是太湖流域发展促进了长三角社会经济巨大变革。

1.3 太湖流域是长三角区域一体化

发展战略实施的关键地区

太湖流域城镇化工业化发展, 同样也伴随着资源环境问题的日益凸显。苏浙沪共享太湖水, 统筹太湖水安全、水环境、水资源、水生态, 是推动区域合作的开端, 更是长三角区域一体化中绕不开的绿色发展核心问题。太湖流域以水为媒, 水资源水环境水安全有较好区域联动。

防洪水利设施建设和水资源调度率先付诸行动, 在人与洪水的较量中, 筑圩建坝、疏浚河网、洪水蓄泄都需要流域上下游合作行动。太湖治水有着长期合作基础, 防洪水利设施建设和调度是长三角跨界一体化的先行内容。其中, 太浦河就是一条跨沪苏

²根据水利部太湖流域管理局发布的 2010-2019 年度“太湖流域及东南诸河水资源公报”计算得出。

浙、连通太湖与黄浦江的排洪通道，在吴江—青浦等边界地区曾小埭与大埭林立，边界排水河道屡屡出现干系“卡脖子河段”，排水不畅；加之上海曾在 1970s、1980s 在西部边界地区兴建“青松大控制”，埭区加大包围，阻挡和延缓太湖上游来水，使得洪水时出现严重水障。1991 年大水时被迫采取爆破手段，打开水障。

随着太湖水环境问题日益突出，特别是 2007 年太湖“无锡水危机事件”暴发之后“铁腕治污、科学治太”的跨界水环境综合治理排上了议事日程，倒逼产业结构调整^[13-15]。2019 年 11 月太湖流域核心区的上海青浦、江苏吴江、浙江嘉善，成立长三角生态绿色一体化发展示范区，承担区域协调机制的试验示范任务。

未来太湖地区作为长三角的开路先锋，在长三角区域一体化发展战略的深入实施过程中大有可为。以水治理为纽带，将率先推进水环境共治、水资源共享、水生态共保、水安全共建的生态环境一体化；通过更大区域范围的产业链和创新链构建，促进并加速流域的产业结构优化调整，率先推进产业与环境均衡、区域协调发展的经济社会一体化。

2 长三角区域一体化高质量发展背景下

的太湖新挑战

长三角区域一体化发展国家战略实施进入加速期，太湖及流域作为战略实施的关键地区，面临着更加复杂严峻的新形势，给太湖治理带来了新任务和新挑战，对长三角区域一体化高质量发展也形成较大影响。

2.1 太湖水治理形势更加复杂严峻，水环境共治、水陆统筹更加迫切

2.1.1 太湖水治理形势更加复杂严峻 目前太湖水环境治理取得阶段性成果，2008–2019 年连续 12 年实现了国务院确定的“确保饮用水安全，确保不发生大面积湖泛”目标，水质状况有一定改善。2018 年太湖水质总体评价为 IV 类，主要水质指标中总磷为 IV 类，总氮为 V 类，氨氮为 I 类，高锰酸钾指数为 III 类，部分水质指标相比 2007 年有明显改善^[3]。但当前太湖营养盐来源及浓度波动规律不明，总氮浓度波动中下降，总磷浓度波动较大^[16-17]，水质变化规律不明，机理尚未明晰，太湖治理进入了瓶颈期。并且，太湖富营养化和蓝藻水华暴发问题，还未得到有效控制^[16-19]。2017 年太湖平均富营养指数为 61.6，为中度富营养，仅比 2007 年降低了 0.7^[3]，同年太湖蓝藻水华面积出现历史最高值，最大面积 1582 km²，几乎覆盖除少数湖湾以外的所有湖域^[19]。有研究指出十多年来太湖的外源污染负荷并没有减少，同时内源负荷也因为蓝藻水华的持续而加重，加之气候变暖、流域风速下降以及极端天气事件频发等气象水文条件变化，使得太湖治理更加复杂^[16,19-20]。

太湖水质改善、生态安全与水量变化密切结合在一起。“引江济太”工程投入运行后，早期对太湖水质提升和增加水资源供给发挥了显著作用^[21]，但有研究指出其对太湖水质提升作用的边际效应在减小^[22]。“引江济太”携带的氮大多以溶解态排出湖区，而磷则以颗粒态逐渐沉积湖中，随微囊藻生长消耗水体溶解氧而逐渐释放到水体中，引起太湖总磷的反弹^[23]。人为的水利工程调度对太湖出、入湖水量的影响逐渐占据主导作用^[24]，造成太湖水体流动加快、太湖换水周期缩短、太湖水位被逐渐抬升，进而很有可能引起新的生态环境风险^[25]。

可见，十多年来太湖整治重点主要在“水清”上，而决定湖泊自净能力和功能的水生态修复工作才刚刚起步。太湖仍然面临着水生态保护和修复的严峻任务。

2.1.2 水陆分割治理难以解决湖泊问题，亟需向水陆同治转型 “污染在水里，根子在岸上”。湖泊问题的源头在流域。但是流域水环境管理多头，缺乏统筹，难以形成部门合力，水利部门依据水法管水面，环保部门管污染物排放，住建部门管污水厂建设，发改部门管投资项目，自然资源部门管用地指标等。

其次,陆域污染源控制难度大.城镇空间开发蔓延粗放,工业污染排放依然较严,部分城区雨污仍没有实现分流等^[15,28];农业空间农药化肥施用量仍较多;生态空间水源及生态涵养功能下降^[29],大部分沟塘湖荡水质较差,河沟积累污染物在大雨洪水后集中入湖^[16,30-32],增加对下游及湖体的营养盐输出影响.外源难以控制,太湖治理的目标就难以达到.特别是城镇开发空间和农业生态保护空间的配置没有和资源环境承载力相匹配,造成空间失衡,对环境破坏较大^[33-34].污染企业布局和建设用地空间拓展,没有受到生态水敏感性和环境容量的空间约束^[35-36],2007年以后的产业布局调整付出了惨痛而巨大的代价^[14-15].

2.1.3 行政区治理难以适应区域一体化发展要求,亟需向区域协同治理转变 局地行政局限,使得上下游行政区在跨界水体功能定位、产业准入、水生态环境、监测和执法上常常不能形成统一标准,影响流域水治理和水质提升.省际跨界水环境问题尤为突出,太湖流域34个省界河流断面,2018年达到或优于III类仅有19个,占比55.9%,而这一比例在2007年为22.9%,2013年仅为15.6%^[3].跨界地区群体性污染事件频发.1993-2005年上游江苏吴江与下游浙江嘉兴之间发生重大水污染事件13起,其中,1995年“臭鱼堵门”和2001年“沉船断河”两起重大公众环境事件曾引起中央政府高度重视.

行政区式的水环境治理容易导致经济发展和环境保护目标的区域协同性较差.由于各地管理主体扮演着企业化地方角色大都考虑自身的需求,上下游和地区之间合作联动不强.上游发展经济,可能带来下游污染和损失;而下游为保护饮用水,对上游提出较高环境标准要求,使上游发展权受限.双方互不相让,导致跨界水环境共治迟迟得不到有效落实^[26-27].太湖流域跨界水环境共治机制尚未全面形成,仅有部分区域在重点跨界水体环境联保共治行动上先行先试.江苏苏州和浙江嘉兴两市政府在中央和两省政府的高位施压下,从2002年开始逐步建立以断面联合监测、信息互通、环保联合督察、联合办公为主的污染防治合作机制;同时镇级之间建立联席会议、联合组织、联合调解、预测预警4项工作制度,率先形成了“联合河长制”^[26].长三角生态绿色一体化发展示范区签订生态环境合作框架协议,全面复制推行“联合河长制”,探索建立标准、监测和执法“三统一”的生态环境保护制度,共同出台重点跨界水体联保专项方案.联动制度的推广仍有待时日.

2.2 太湖水资源供给需求提升,水资源供给统筹较为迫切

2.2.1 太湖水资源供给压力不断提升 太湖流域人口密集且不断增长,水资源总量大,但人均水资源量近10年最大值(2016年)为729m³,只有全国多年平均水平的1/3^[3].而太湖用水量节节攀升,2019年太湖流域用水消耗总量85.6亿m³,其中生产耗水量占比89.0%,平均耗水率25.3%,人均城镇和农村居民生活用水量分别为157和114L/d,万元工业增加值用水量62m³,农田灌溉每平方米平均用水量0.67m³³,节水还有较大提升空间.这也一定程度加剧了水资源供给紧张.

太湖流域水资源并非非常富足.太湖年出入湖水量多年均值分别94.7亿m³和92.1亿m³,出的比进得多,太湖换水周期从270天左右缩短到180天左右^[37].“引江济太”等工程投入运行后,入湖水量明显上升,2010s的平均值为116亿m³,高出1980s-1990s平均值39亿招,出湖水量约增加18.63亿招,其中江苏方面入湖水量增长53%,占总增量的84%;而浙江方面南排工程分流,清水入湖减少6%.流域内水资源供需赤字的区县个数逐年增加,上海五区全部依赖客水供给或.因而太湖流域不得不充分利用长江等过境水资源,2019年太湖流域供水总量338.7亿m³,其中长江水资源供水200.1亿m³,占比达到59.1%,相比2007年提高了近20个百分点⁴.近年随着太湖水质好转,不仅江苏城市,上海、湖州等周边城市都提出在太湖增加取水的强烈需求,水资源供给压力趋大.太湖水系和水环境格局可能因为水资源利用发生变化,并对太湖的总磷及富营养化和沼泽化可能产生新的生态环境风险.

2.2.2 水资源共享和付费机制尚未建立,水资源供给迫切需要向供需统筹转变 流域水环境治理具有明显的外部性.上游缺乏治理导致下游遭受污染,引起环境负外部性;上游加强治理带来下游环境受益,享受环境正外部性.当前水环境共治机制建立在“谁污染谁治理”的原则上,但水治理只谈成本共担、不谈利益共享,“谁使用谁付费”原则在太湖流域没有体现.基于入湖污染负荷占比的太湖水环境治理成本共担机制又往往忽略了治理的环境正外部性,并未有效实现环境治理责任和环境受益的均衡,水资源无偿使用造成无节制和浪费.太湖水并非取之不尽、用之不竭,水资源供给迫切需要向供需统筹转变.于供给侧需要

³水利部太湖流域管理局,2019年度“太湖流域及东南诸河水资源公报”.

⁴根据水利部太湖流域管理局发布的2007和2019年度“太湖流域及东南诸河水资源公报”计算得出.

考虑水资源供给的生态影响,合理测算水资源供给总量;于需求侧则要做好陆域水资源定价以及节约利用和污染减排工作.不谈太湖的水质保障投入以及保障生态安全前提下的可调用水量,实则以局地利益为重,缺乏大局观,不利于水资源节约、可持续利用.这意味着需要加强在保障太湖生态安全前提下,进行太湖水资源科学合理配置调度的相关测算研究或迎.

3 长三角区域一体化高质量发展背景下的太湖

及流域治理思路

太湖及流域的统筹系统治理是长三角区域一体化高质量发展的关键内容.一体化发展的思路,十分契合太湖湖泊流域治理的整体统筹思维,目前条块割裂、水陆分割的管理已经不能适应湖泊流域系统复杂性和问题解决迫切性的新挑战.湖泊流域系统治理复杂,既关联水资源、水生态、水环境及水安全的统筹,也涉及水陆空间协同开发、经济社会与山水林田湖自然生命共同体的均衡发展,更为关键的是行政区分割下的管理合作.环湖城市及上海应先行先试,将长三角区域一体化发展的国家战略要求与太湖及流域综合治理的现实需求相结合,探索太湖治理及湖泊流域一体化管理新机制,进而推动长三角区域一体化高质量发展.

3.1 推动太湖水资源生态环境之间以及与流域经济社会的联动,

撬动长三角生态环境一体化的思维创新

鉴于水系统的复杂性以及水陆系统的交互影响,未来太湖的工作必须以流域一体化和要素协同的思路,将其置于流域经济社会发展调控和“四水”统筹(水资源、水生态、水环境、水安全)以及“山水林田湖”治理的一个巨系统之中.

以水陆环境综合治理和管理的一体化,为长三角空间协同与人地和谐提供科学路径.推动传统水治理向流域综合治理转变,统筹“四水”治理,并与“山水林田湖”生态系统治理联系起来,将其纳入到流域人口、资源、环境、生态、社会与经济多要素协调发展的综合治理框架中.推动水陆联动治理和空间协同开发,探索污染物全周期过程治理、山水林田湖统筹、区域及城乡共治的系统治理方式,在治理湖泊内源污染同时,进一步控制外源污染输入,严格入湖污染物浓度和总量的双管控;推动太湖湖体和湖荡、上游小流域水源涵养区、重要入湖通道、主要过水湖泊、重要疏水通道、河湖岸带等重要生态区域联动保护和重大生态修复工程的同时,积极推动流域增长模式转型和绿色生产生活方式发展;按照主体功能区战略要求,统筹流域土地利用空间管控,实现陆域空间开发与水生态环境约束的空间协同网,为长三角跨区域生态保护和环境发展提供范例.

在此基础上,建立健全“条块联动”的流域环境一体化协同管理体系.包括环境指标、底线标准、环境监测、跨界区域、多元主体等内容的一体化协同管理.环境指标内容协同,既要对流域内不同地区制定统一可比对的环境管理目标,也要针对特定地区制定差异化指标内容;底线标准协同“一体化”不代表每个地方的环境标准一样,其标准高低要和流域内不同子区域的资源环境承载力和发展水平协同;环境监测协同,借助在线监测、大数据、人工智能、仿真模拟等技术体系,建立完善流域环境质量动态监测体系;跨界区域协同,依据分工协作、成本共担、利益共享的区域一体化思路,联合推动跨界地区环境合作治理,建立跨区域执法联动制度和信息共享制度,探索联保共治的新方式方法;最后还要推动政府、企业、社会多主体力量的协同.3-2 探索关键卡脖子技术研发和流域管理综合集成的科学体系,推动长三角资源环境领域的创新一体化发展

太湖及流域资源环境与经济社会的高质量协调发展,既需要地区的多要素联动,也需要技术研发及创新领域的合作.为此,在加强研发水治理的关键卡脖子技术同时,要推动科学技术研究的集成和学科联动,在创新链中明确科学研究重点和统筹关键点.

加强水治理的关键卡脖子技术攻关.包括水治理技术攻关,特别是对水污染削减、水生态修复技术、水利工程技术等重点领域的技术攻关,疏浚底泥处置、湖泊草型生态系统培育等关键技术难题的攻克;还包括生态绿色技术攻关,低碳技术、绿色生产、

资源节约高效利用、城乡工业和生活废水处理、农业面源污染处理等一系列重点领域的技术攻关和创新。

率先推动水要素和水陆一体化研究,开展湖泊流域系统的关键要素静态和动态变化监控、响应互馈关系模式以及不同情景的要素演化与效应的研究,加深对湖泊一流域复杂系统的认识和强化湖泊一流域大模型构建.至少包含以下三部分内容:在深刻揭示湖泊一流域水文过程、生物化学过程、营养盐产生和输移过程、气象气候条件变化等过程的基础上,开展湖泊内部过程模型和流域地表过程模型耦合的大模型构建的相关研究;构建评估流域最佳发展方式及其合理性的模型,用以评估不同情景下的经济、社会、自然效益的均衡,同时要考虑不同子流域的空间开发差异,容许不同地区探索适合自身的经济、社会、自然协同发展的综合开发模式;另外,还可以加强技术的集成应用创新,选取城市社区、知识乡村、小流域等不同地理单元,结合地方现实需求和关键问题,甄选各类技术适用性及组合技术体系,开展技术集成应用示范,进而形成区域性技术集成方案与应用路径。

3.3 探索太湖流域跨行政区域的水生态环境共治、水资源共享和绿色发展机制,

牵动一体化协调制度的改革创新

首先,建立健全太湖水共治一共享机制.太湖水资源共享机制必须和水环境共治机制紧密结合起来,二者密不可分,是辩证统一的.水资源受益如何进行分配、共享决定了水环境治理成本如何共担;同样,只谈共享不谈共治也是不可持续的,只有水环境共治机制建立起来了,才能长效保障水资源的供给、共享.探索太湖流域跨行政区域的水生态环境共治和水资源共享机制,需要遵循“谁污染,谁治理”和“谁使用,谁付费”的双向原则,从共同利用水资源的现实需求出发,探索沪苏浙地区太湖水生态环境共保共治的方式方法.关键在两个方面,一是建立完善水资源分配机制,在水资源紧张的太湖流域地区,水资源的分配实际上是各地发展权的分配,意味着区域各地的发展规模需要在水环境资源约束下进行水资源调度的协调;二是建立起长效的流域生态补偿机制,涉及受益补偿和污染赔偿的双向机制,达到环境治理主体和环境受益主体的均衡.以往太湖水环境治理的地方任务主要由江苏省来承担,随着苏浙沪共享太湖水资源格局的形成,未来的太湖水生态环境治理必需由沪苏浙三地进行协商合作.尤其以太浦河生态补偿机制建设最为紧迫,上、下游地区对同一条河流功能定位的差异,使得下游更高环境标准的偏好带来上游环境治理成本投入的增大,类似这样的问题该如何协调尚未有实质性的协调方案.建立起以水资源定价补偿形式的生态补偿机制可能会是一个非常有益的尝试。

其次,建立健全生态优势转化为发展优势的机制,探索绿色发展新方式.生态要素相对充裕的地方就形成了生态优势,可以理解为一地区内能带来经济和社会效益的生态价值总和.大力发展生态经济,促进生态优势转化为经济社会发展优势,是实现自然和经济双赢的绿色发展新模式网.一个地区的生态优势转化路径,依赖于经济增长和生态保护之间的权衡.不同开发强度的城镇、农业、生态三类国土空间,有着不同发展方向、管控要求和生态优势转化路径.城镇空间应该严格控制建设用地规模,降低空间开发强度,在符合生态承载力的前提下提高建筑密度和产出强度,以“生态+”促进城镇空间及用地增值,吸引高端资源要素,发展高附加值新经济.农业空间要保持原有空间肌理和景观韵味,通过乡村转型和技术植入,提高农业附加值和农业空间效率,提升农民素质和收入.生态空间应当实施严格保护,提升生态服务功能,通过生态补偿方式保障生态优势长期持续和稳定提升。

致谢:诚挚感谢王苏民研究员、董雅文研究员为本文修改撰写提供了宝贵意见。

4 参考文献

[1] Jia JM, Luo W, Du TT et al. Valuation of changes of ecosystem services of Tai Lake in recent 10 years. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(7): 2255 次 4. DOI: 10.5846/stxb201306031280. [贾军梅,罗维,杜婷婷等.近十年太湖生态

系统 服务功能价值变化评估. 生态学报, 2015, 35(7): 2255-2264.]

[2]Chen W, Yenneti K, Wei YD et al. Polycentricity in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration (YRDUA) : More cohesion or more disparities? Sustainability2019, 11(11) : 3106. DOI: 10.3390/su11113106.

[3]Taihu Basin Authority of Ministry of Water Resources. The health status report of Taihu Lake (2018) . [http : //www. tba. gov. cn/slbthlyglj/thjkzkgb/content/slthl_09f7d6b21629439f9891_c7fd70ad49d8. html](http://www.tba.gov.cn/slbthlyglj/thjkzkgb/content/slthl_09f7d6b21629439f9891_c7fd70ad49d8.html). [水利部太湖流域管理局. 太湖 健康状况报告(2018).]

[4]Wang YF, Xu YP, Zhang QY et al. Influence of stream structure change on regulation capacity of river networks in Taihu Lake Basin. Acta Geographica Sinica, 2016, 71 (3) : 449-458. [王跃峰, 许有鹏, 张倩玉等. 太湖平原区河网结构变 化对调蓄能力的影响. 地理学报, 2016, 71(3) : 449-458.]

[5] Gao JF, Mao R. Classification of polders and analysis of flood waterlogging in Taihu Lake basin—the case of west Taihu Lake. J Lake Sci 1993, 5(4) : 307-315. DOI: 10.18307/1993.0403. [高俊峰, 毛锐. 太湖平原圩区分类及圩区洪涝 分析以湖西区为例. 湖泊科学, 1993, 5(4):307-315.]

[6] Gao JF, Lu MF. Preliminary analysis on the polder construction in the Jiangsu-Zhejiang Shanghai boundary district of the lower reaches of Taihu Basin. J Lake Sci, 2004, 16(3) : 203-208. DOI: 10.18307/2004.0302. [高俊峰, 陆铭峰. 太湖 流域省市边界圩区建设问题初探. 湖泊科学, 2004, 16(3) : 203-208.]

[7] Liu Y, Bi J, Lv JS. Trade-off and synergy relationships of ecosystem services and the driving forces: A case study of the Taihu Basin, Jiangsu Province. Acta Ecologica Sinica, 2019» 39 (19) : 7067-7078. DOI: 10.5846/stxb201808091690. 攻 J 洋, 毕军, 吕建树. 生态系统服务权衡与协同关系及驱动力——以江苏省太湖流域为例. 生态学报, 2019, 39(19): 7067-7078.]

[8] Wei YD. Beyond the Sunan model: Trajectory and underlying factors of development in Kunshan> China. Environment and Planning A, 2002, 34(10) : 1725-1747. DOI: 10.1068/a3567.

[9]Wei YD, Leung CK. Development zones, foreign investment, and global city formation in Shanghai. Growth and Change, 2005, 36(1):16-30. DOI: 10.1111 /j. 1468-2257. 2005. 00265. x.

[10]Chen W, Sun W, Yuan F eds. Integrated space of the Yangtze River Delta region: Cooperation, division and differences. Beijing: Commercial Press, 2018. [陈雯, 孙伟, 袁丰. 长江三角洲区域一体化空间: 合作、分工与差异. 北京: 商务 印书馆, 2018.]

[11]Wu J, Wei YD, Chen W. Spatial proximity, localized assets, and the changing geography of domestic mergers and acquisitions in transitional China. Growth and Change, 2020, 51 (3) : 954-976. DOI: 10.1111/grow. 12387.

[12]Zhang P, Chen W, Wu JW et al. Research progress and prospects of cooperation zones: Cooperation type, cooperation motivation ,and cooperation effect. Tropical Geographyf 2020, 40(4):589-603. [张鹏, 陈雯, 吴加伟等. 合作园区类型、 合作动力与效应的研究进展与展望. 热带地理, 2020, 40(4) : 589-603.]

-
- [13]Gao S, Wei YH, Chen W. Effects of environmental regulation on location choice of pollution4ntensified manufacturing enterprises in Wuxi City. J Lake Sci, 2012 , 24 (6) : 883-890. DOI: 10.18307/2012.0611. [高爽,魏也华,陈雯.环境规 制对无锡市区污染密集型制造业区位选择的影响.湖泊科学, 2012, 24(6):883-890.]
- [14]Yuan F, Wei YD, Chen W. Economic transition> industrial location and corporate networks : Remaking the Sunan Model in Wuxi City, China. Habitat International, 2014, 42: 58-68. DOI: 10.1016/j.habitatint.2013.10.008.
- [15]Yuan F, Wei YD, Gao J et al. Water crisis, environmental regulations and location dynamics of pollution intensive industries in China: A study of the Lake Taihu watershed. Journal of Cleaner Production, 2019, 216: 311-322. DOI: 10.1016/ j.jclepro.2019.01.177.
- [16]Qin B, Paerl HW, Brookes JD et al. Why Lake Taihu continues to be plagued with cyanobacterial blooms through 10-years (2007-2017)efforts. Science Bulletinf 2019, 64(6) : 354 瑚 56. DOI: 10.1016/j.scib.2019.02.008.
- [17]Wu T, Qin B, Brookes JD et al. Spatial distribution of sediment nitrogen and phosphorus in Lake Taihu from a hydrodynamics-induced transport perspective. Science of the Total Environment> 2019, 650: 1554-1565. DOI: 10.1016/j. scitotenv.2018.09.145.
- [18]Qin BQ, Yang GJ, Ma JR et al. Dynamics of variability and mechanism of harmful cyanobacteria bloom in Lake Taihu, China. Chin Sci Bull, 2016, 61(7) : 759170. [秦伯强, 杨桂军, 马建荣等.太湖蓝藻水华“暴发”的动态特征及其 机制. 科学通报, 2016 , 61(7) : 759770.]
- [19]Qin BQ. Shallow lake limnology and control of eutrophication in Lake Taihu. J Lake Sci, 2020, 32 (5) : 1229-1243. DOI: 10.18307/2020.0501. [秦伯强. 浅水湖泊湖沼学与太湖富营养化控制研究. 湖泊科学, 2020, 32(5): 1229-1243.]
- [20]Zhu W, Hu SY, Feng GY et al. Effects of great floods on phosphorus in shallow lakes: A case study of Lake Taihu in 2016. J Lake Sci, 2020, 32(2): 325-336. DOI: 10.18307/2020.0201. 洗伟, 胡思远, 冯甘雨等. 特大洪水对浅水 湖泊磷的影响: 以 2016 年太湖为例. 湖泊科学, 2020, 32(2) : 325-336.]
- [21]Gao Y, Mao XW, Xu WD. Analysis of the influence on the Lake Taihu and the area around: Diversion from the Yangtze River to the Lake Taihu. Journal of China Hydrology, 2006, 26(1) : 92-94. [高怡, 毛新伟, 徐卫东. “引江济太” 工程 对太湖及周边地区的影响分析. 水文, 2006, 26(1) : 92-94.]
- [22] Wang XM, Zhai SH, Zhang HJ et al. Research on appropriate hydraulic retention time on basis of water quality improvement of Lake Taihu. J Lake Sci, 2017, 29(1) : 9-21. DOI: 10.18307/2017.0102. 巨洗民, 翟淑华, 张红举等. 基于 水质改善目标的太湖适宜换水周期分析. 湖泊科学, 2017, 29(1) : 9-21.]
- [23]Zhu W, Xue ZP, Zhang YM et al. Effect of water diversion from the Yangtze River to Lake Taihu on total phosphorus rebound after 2016. J Lake Sci9 2020, 32(5) : 1432-1445. DOI: 10.18307/2020.0518. 苏伟, 薛宗璞, 章元明等. “引江济太” 对 2016 年后太湖总磷反弹的直接影响分析. 湖泊科学, 2020 , 32(5) : 1432-1445.]
- [24]Ji HP, Wu HY, Wu J. Variation of inflow and outflow of Lake Taihu in 1986-2017. J Lake Sci, 2019, 31(6) : 15251533. DOI: 10.18307/2019.0612. [季海萍, 吴浩云, 吴娟. 1986—2017 年太湖出、入湖水量变化分析. 湖泊科学, 2019, 31(6) :

[25]Zhang YL, Qin BQ, Zhu GW. Long-term changes in physical environments and potential implications for the eco-environment of Lake Taihu in the past four decades. *J Lake Sci*, 2020, 32(5) : 1348-1359. DOI: 10.18307/2020.0503. [张运林, 秦伯强, 朱广伟. 过去 40 年太湖剧烈的湖泊物理环境变化及其潜在生态环境意义. *湖泊科学*, 2020, 32(5): 1348-1359.]

[26]Chen W, Wang J, Sun W. Cost-efficiency mechanism and game-action of inter local governmental cooperation in the Yangtze River Delta Region. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74 (2) : 312-322. [陈雯, 王珏, 孙伟. 基于成本—收益的长三角地方政府的区域合作行为机制案例分析. *地理学报*, 2019, 74(2) : 312-322.]

[27] Yang MJ, Yang K, Li G et al. The cooperation mechanism of water resources protection in trans boundary river based on game theory: A case study of the Taipu River in the Taihu Lake Basin. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(6):1232-1244. [杨梦杰, 杨凯, 李根等. 博弈视角下跨界河流水资源保护协作机制——以太湖流域太浦河为例. *自然资源学报*, 2019, 34(6):1232-1244.]

[28] Li Y, Zhou S, Zhu Q et al. One-century sedimentary record of heavy metal pollution in western Taihu Lake, China. *Environmental Pollution* 2018, 240: 709-716. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.05.006.

[29] Xu X, Yang G, Tan Y et al. Ecological risk assessment of ecosystem services in the Taihu Lake Basin of China from 1985 to 2020. *Science of the Total Environment*, 2016, 554/555: 7-16. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.02.120.

[30] Zhang Y, Su Y, Liu Z et al. Sedimentary lipid biomarker record of human induced environmental change during the past century in Lake Changdang, Lake Taihu basin, Eastern China. *Science of the Total Environment*, 2018, 613-614: 907— 918. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.185.

[31]Zhao Z, Jiang Y, Li Q et al. Spatial correlation analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and organochlorine pesticides (OCPs) in sediments between Lake Taihu and its tributary rivers. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2017, 142: 117-128. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2017.03.039.

[32]Zhao Y, Xue Q, Su X et al. First identification of the toxicity of Microcystins on pancreatic islet function in humans and the involved potential biomarkers. *Environmental Science & Technology* 2016, 50 (6) : 3137-3144. DOI: 10.1021/acs.est.5b03369.

[33]Chen W, Sun W, Zhao HX. The spatial imbalanced pattern and state assessment of regional development. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(10) : 1209-1217. [陈雯, 孙伟, 赵海霞. 区域发展的空间失衡模式与状态评估——以江苏省为例. *地理学报*, 2010, 65(10) : 1209-1217.]

[34]Zhang SS, Zhang L, Zhang LC et al. Coupling relationship between polluting industrial agglomeration and water environment pollution in southern Jiangsu of Taihu Lake Basin. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(6) : 954-962. [张姗姗, 张磊, 张落成等. 苏南太湖流域污染企业集聚与水环境污染空间耦合关系. *地理科学*, 2018, 38(6) : 954-962.]

[35]Sun W, Chen W, Liu CG. Correlation evaluation of water sensitivity and construction land expansion in Lake Taihu Basin. *Resources and Environment in the Yangtze Basin* , 2019, 28(7): 1575-1582. [孙伟, 陈雯, 刘崇刚. 太湖流

域水敏性与 建设用地扩张的关联评价. 长江流域资源与环境, 2019, 28(7): 1575-1582.]

[36]Sun W, Chen W, Chen C et al. Constraint regionalization of water environment and the guidance for industrial layout: A case study of Jiangsu Province. J Geogr Sci, 2011, 21(5): 937-948. DOI: 10.1007/si 1442-011-0891-0.

[37]Huang CL, Li X, Sun YY. Water age distribution of the Lake Taihu and impact of the Yangtze River to Lake Taihu Water Transfer Project on the water age. J Lake Sci, 2017, 29(1) : 22-31. DOI: 10.18307/2017.0103. [黄春琳, 李熙, 孙永 远. 太湖水龄分布特征及“引江济太”工程对其的影响. 湖泊科学, 2017, 29(1): 22-31.]

[38]Ou WX, Liu C, Tao Y. An analysis of spatio-temporal evolution of water supply and demand in Taihu Basin. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2020, 29(3) : 623-633. 欧维新, 刘翠, 陶宇. 太湖流域水供给服务供需时空演变分析. 长江流域资源与环境, 2020, 29(3): 623-633.]

[39]Gu LH, Lai JW, Cheng YY et al. Influences of flow regime changes on water quality of river networks in Wuzhong District, Suzhou. Environmental Engineering, 2018, 36(1) : 25-31. 顾炉华, 赖建武, 程扬等. 水情变化对平原河网水质输移影响模拟研究: 以苏州吴中河网为例. 环境工程, 2018, 36(1): 25-31.]

[40]Zhang GX, Chen YQ, Wu YF. Commentary on eco4hydrological regulation for integrated river basin management. Scientia Geography Sinica, 2019, 39(7): 1191-1198. [章光新, 陈月庆, 吴燕锋. 基于生态水文调控的流域综合管理研究 综述. 地理科学, 2019, 39(7) : 1191-1198.]

[41]Chen W. Research and preliminary practical exploration of land use zoning and spatial governance of river basin: A case study of Taihu Basin. J Lake Sci, 2012, 24(1) : 1-8. DOI: 10.18307/2012.0101. [陈雯. 流域土地利用分区空间管制研究与初步实践——以太湖流域为例. 湖泊科学, 2012, 24(1) : 1-8]

[42]Chen W. Ecological economy: A win-win new development paradigm of the nature and economy. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2018, 27 (1) : 1-5. DOI: 10.11870/cjlyzyyhj201801001. [陈雯. 生态经济: 自然和经济双赢的新发展模式. 长江流域资源与环境, 2018, 27(1) : 1-5.]