

对太湖流域综合治理问题的思考

王浩 王建华

【作者简介】 王浩，中国工程院院士，现为中国水利水电科学研究院水资源所所长。王建华，教授级高工，现为中国水利水电科学研究院水资源所流域水循环模拟与调控研究室主任。

【摘要】 太湖流域是我国经济发达地区，目前正面临着严重的水污染、洪涝灾害以及水质型、季节性缺水问题，其中水环境污染是太湖流域综合治理的主要矛盾。太湖流域三大水问题联系非常紧密，流域水循环是它们共同的基础，因此水问题的解决必须从流域水循环系统出发，全面统筹规划，通过建设节水防污型社会和促进水体循环工程体系“软硬”两种措施来综合解决。在治理实践中，要加速数字流域模拟平台建设，健全流域统筹、区域一体和公众参与管理体制，加强经济调节手段的运用，为流域综合治理提供科技支撑和体制机制保障。

【关键词】 太湖流域 水污染 水循环 节水防污型社会

太湖流域地处长江三角洲，总面积为 3.69 万 km²，流域内河流纵横、湖泊密集，为典型的平原水网地区，行政区划上分属江、浙、沪和皖四省（市），是我国经济最发达、最具经济活力的地区之一，以不到全国 0.4% 的土地和 3.2% 的人口，创造了 11.6% 的 GDP。太湖流域内人口密度大，经济活动密集，天然水循环速率缓慢，社会水循环通量大，单位国土上承载污染负荷高，水环境保护、防洪和供水压力很大。自上世纪八十年代，国家开始实施大规模的流域综合治理，目前流域防洪减灾工程体系已基本形成，大大增强了流域的防洪和供水安全保障。随着发展形势的不断变化，流域管理在注重防洪减灾的同时，也高度重视水资源合理配置、科学调度和有效管理，其中“引江济太”得到了国家的充分肯定和社会的广泛认可，节水防污型社会建设正在稳步推进，流域与区域联合执法机制与管理能力建设方面进展明显。经过长期的共同努力，太湖流域水利工作取得显著成绩，并成为全国水资源管理先进的地区之一，但由于流域特殊的自然地理条件和高强度的人类活动影响，该地区仍面临着十分严峻的水形势。以下就太湖流域综合治理中的几个主要问题谈谈初步的一些认识。

一、太湖流域可持续发展正面临着三大水问题

近年来，太湖流域经济社会快速发展，城市化、工业化和现代化进程不断加快，流域外围沿江、沿海的水情和工情也发生了较大变化，水环境污染、洪涝灾害和水资源紧缺仍然是太湖流域三大主要的水问题。

随着经济社会不断发展，太湖流域取、用、排水量不断增长，水环境质量也日益恶化。按照现行国家地面水环境质量标准，自上世纪七十年代以来，太湖湖体水质大体每十年左右下降一个等级。1996 年国务院专门部署了太湖流域的水污染治理工作，并批复了《太湖水污染防治‘九五’计划及 2010 年规划》，在其后几年，尽管有关部门和地方政府根据规划要求开展了大量艰苦的工作，但规划所确定的目标仍未如期实现。根据《太湖流域水资源公报》，2005 年太湖流域内 86 个一级水功能区，有 16 个功能区水质达标，达标率仅为 18.6%，2700km 评价河长中有 90% 的河长全年水质劣于 III 类，73% 的省界河流断面水质劣于 III 类；太湖整体处于富营养化水平，其中五里湖、梅梁湖和竺山湖的水质均劣于 V 类。总体来看，太湖流域水污染情势依然十分严峻，已成为流域经济社会发展的“瓶颈”因子，水环境保护工作是一项迫切、长期和艰巨的任务。

太湖流域素来是“畏涝不怕旱”，洪涝灾害是历史上最大的心腹之患。自建国以来，国家、流域和地方各省市在防洪除涝方面做了很大的努力，特别是 1991 年开始的太湖综合治理，所确定的十一项骨干工程均以防洪除涝为主要任务，大大提高了流域的防洪减灾能力，已达到能够安全抵御 1954 年洪水的标准，所建立防洪体系成功经受了 1999 年特大洪水的考验。但总体来看，目前的骨干工程体系仍然达不到防御不同降水典型的 50 年一遇的洪水标准，同时区域内排涝能力不断增强，许多小圩改造形成联圩，导致外河骨干防洪与圩内分散排涝的能力不相匹配。此外流域在洪水优化调度管理方面还有待加强，地面沉降加大了洪水外泄的难度，河道淤积、建设占地侵占水面，乱填、乱堵、乱设坝造成断头河、断头浜的问题严重，致使河道阻塞，水流不畅，进一步加剧了行洪的困难，因此新形势下流域防洪减灾与水资源调控能力与区域经济社会发展需求之间仍有较大差距，

洪涝灾害仍然是制约流域经济发展的重要因素。

另外,随着水环境污染的加剧,太湖流域水质型缺水和季节性缺水的问题也不容忽视。相关研究表明,太湖流域生活和工业对于优质水的需求量大约在 60 亿 m^3 以上,而目前流域内 I~III 类优质地表水资源量大约为 40 亿 m^3 左右,优质水主要分布在流域上游山区水库、太湖湖心区、东部湖区和太浦河,需求量主要分布在太湖流域下游地区,空间上不相匹配,流域水质型缺水问题比较突出,甚至一些主要饮用水水源地的水质也得不到有效保障。此外,如果太湖流域遇到“空梅”与少雨天气,由于大量水稻用水和蒸发,会造成太湖水位快速下降,季节性缺水问题也比较突出,如 1997 年 6 月太湖水位降至 2.57m,导致周围地区用水十分紧张。

二、水环境污染是太湖流域治理中的主要矛盾

太湖流域的三大水问题中,主要矛盾在不同时期有所差异。在历史上,洪涝灾害是这一地区的主要矛盾,公元十一世纪以来,太湖洪水累累为害,防洪除涝始终是一千多年以来太湖水利最根本性的问题。但自太湖流域综合治理骨干工程实施后,有效增加了太湖流域泄洪的骨干通道,很大程度上解决了太湖水网地区“有网少纲”的问题,为流域防洪除涝奠定了坚实的工程基础,所确定的一套控制准则,也为洪水期和枯水期太湖流域水量调度提供了技术标准。但另一方面,随着流域城镇化、工业化进程的推进和农业快速发展,取用水量和废污水排放量迅速上扬,以及化肥、农药施用量的增加和畜牧业养殖的发展,水生态环境恶化问题开始上升为太湖流域水问题的主要矛盾,原先的洪涝灾害退居到相对次要的地位,另外上世纪八、九十年代的突出的地下水超采问题,通过封井压采等一系列综合治理措施,目前已得到了有效控制。

对于太湖流域水环境恶化问题,一定要有一个全面充分的认识。首先,流域水污染影响的范围十分之广,危害十分之大。太湖流域的水污染目前已经发展为一种流域性的复合型污染,废污水中的一些“三致”物质很难通过净化来完全消除,不合格的饮用水直接威胁到人们的健康,同时通过食品、环境等悄然地吞噬人们的健康,如太湖流域一些污染严重的地区,各种稀奇古怪的病不断出现,上海市桃浦地区已经 20 多年招不到一个健康合格的飞行员;其二,太湖流域水环境污染带来经济损失是十分巨大的,国内有关专家计算了 1998 年太湖流域水污染经济损失总量为 468 亿元,约占当年 GDP 总量的 6%;其三,太湖流域水污染的形成是一个长期累积效应,目前已发展为水体和赋存环境一体化的系统综合污染,因此治理必然是一个长期的、需要付出巨大成本的艰苦过程。相关调查表明,仅太湖湖体 19.1 亿 m^3 的底泥中,就有 2.33 亿 m^3 受污染的流泥,成为太湖内生污染源;其四,太湖流域的水环境治理必须采取防治结合,防治兼重。要在加大污水处理力度、清淤、利用生态修复等措施基础上,更要重视大力发展清洁生产和循环经济,削减和控制污染的排放量,做到标本兼治。

在太湖流域综合治理过程中,要特别强调一点,就是流域内各级政府要注意尽快地、果断地加速转变区域“先污染,后治理”的传统经济增长模式,这必须要树立两方面认识,一方面要认识到太湖流域利用环境换取经济增长的传统发展模式已经到了必须刹车的地步,太湖流域在经历了“先污染”阶段,已经面临着严峻的水环境危机,不仅没有了继续污染的空间,如果持续污染,将会导致不可逆的甚至是毁灭性的灾难。而且随着污染程度的加剧,经济增长量也会不足以抵消用来污染损失与治理的成本,就单纯的经济帐也是不合算的;另一方面太湖流域目前也已经具备了污染治理的条件和基础。根据国际经验,大多数国家在发展过程中,都有过环境质量先随经济的增长而恶化,发展到一定阶段环境质量开始好转的历程。从恶化到好转的“环境库兹涅茨曲线拐点”的出现不同国家有所不同,如美国是在人均 GDP 达 1 万美元时才出现“拐点”,日本提前到大约在 8000 美元,北欧国家则更早一些。而目前太湖流域人均 GDP 已接近 1 万美元,因此完全有能力,开展流域污染综合治理,实现经济社会转型,尽快越过这一“拐点”,使得经济社会驶入良性发展轨道。

三、破解太湖流域水问题需要统筹兼顾、软硬兼施

太湖流域三大水问题看起来是三个相互独立的问题,而实际上三大问题联系极其紧密。对于水污染和洪涝灾害二者来说,水污染一方面是由于入河污染物过量所致,另一方面也与流域水体流动不畅、水循环更新速率过低,水体自净能力不足有密切关系,所谓“流水不腐”。而太湖流域洪涝灾害威胁的根本原因也在于流域地势低洼,中间易于积水,四周又有顶托所致。对于洪涝灾害与季节性缺水这两个对立的“水多”和“水少”问题也是如此,前者是由于排泄通道不畅,在中间水多时泄不出所致,后者也是因为引水通道不畅,在中间水少

时引不进所致,因而通道问题是二者共同的瓶颈。水污染和水质型缺水是一对因果关系,其中的内在联系一目了然。实际上,太湖流域三大水问题不仅存在着密切的联系,而且具有共同的基础,就是流域水循环。洪涝灾害和季节性缺水,实质上是流域水循环丰水过程和枯水过程及其对经济社会运行秩序的负面影响,水污染是指伴随着水量循环的水质劣变过程以及由此给经济社会系统带来的负面效应,因此流域三大水问题的解决均可以统一到流域水循环过程的科学调控上来,因此太湖流域水问题的解决应当而且必须坚持以流域水循环为基础,全面统筹规划,系统综合解决。

受密集人类活动影响,当前太湖流域水循环已经呈现出明显的“天然—人工”二元化特性,即完整的流域水循环由自然的“坡面—河道”天然水循环与“取—供—用—排”为基本结构的人工水循环耦合而成,两大循环之间的通量此消彼涨,水质相互依存。太湖流域多年平均自产水资源量 177 亿 m^3 ,而 2005 年取用水量却高达 355 亿 m^3 ,居民生活和二、三产业废污水排放量超过 60 亿 m^3 ,加上流域单位水体自净能力先天不足,污染物排放量超出了水环境承载能力,导致水质在循环过程中不断劣变。基于以上原因,从流域水循环调控出发,综合解决太湖流域三大水问题有两大要点,一是通过调控降低人工侧支水循环对于天然河道主循环的水质和水量影响,核心是减污和节水,通过减少入河排污量降低人工水循环对自然水循环水质影响,通过节水增加自然水循环通量,从而将人工影响控制在自然承载能力以内;二是保持自然水循环的完整性,畅通自然水循环的排补通道,以加速自然水循环速率,增加水环境容量和行洪引水能力。可以看出,太湖流域水循环调控的关键在于“减污扩容”。

上述以“减污扩容”为主要目的流域二元水循环的科学调控,具体实现途径包括“软硬”两大方面措施,其中“减污”主要通过以节水防污型社会建设为主要内容的“软”措施来实现。太湖流域内的张家港市是国家级节水型社会建设试点,已经取得初步经验,具体做法可以归纳为“一调、二并、三管、四循环”,其中“一调”就是优化区域产业结构,该市依托港口优势,在打造先进制造业基地的同时,大力发展高技术、高效益、低污染、低消耗的产业,仅 2004—2005 两年该市就劝阻和拒批高耗水、高污染项目 300 多项,关闭小化工、小电镀等高污染企业 28 家;“二并”就是调整产业与城镇布局,实行规模企业向园区集中、镇村工业向集聚区集中以及人口向城镇集中,变分散排污向集中排污,以便集中处理。截至目前,张家港市 436 个行政村已调减到 181 个;“三管”就是强化水资源节约与保护的行政管理,重点推行取水许可和排污口设置论证审批制度、取排水计量监控管理、取排水口显著标识制度等;“四循环”是加大水的循环利用,包括加强城镇污水集中处理回用以及工业企业、社区单元内部的循环利用,2005 年全市生活污水处理率达 85.7%,再生水回用率达到近 30%,工业用水重复利用率达到 85% 以上。通过以上措施,区域水生态环境状况有了明显改善。太湖流域的“增容”主要通过“硬”的工程技术措施来实现,其中最主要“增容”措施是“引江济太”工程。实践证明,该工程加快了水体流动,缩短了换水周期,提高了水体自净能力,对太湖水环境保护发挥了重要的作用。下一阶段,一方面应在科学论证的基础上适当扩大“引江济太”规模,加强闸站的科学调度与运行方式研究,同时进一步加强太湖水体“活化”环境建设和补水工程的科学布局研究,如包括沟通马山西太湖和梅梁湖、五里湖,从苕溪水系、南溪水系补水的研究等,完善流域和区域的水资源调配工程体系,提高水体循环速率。

四、加速数字流域模拟平台建设,为综合治理提供科技支撑

科学的规划、决策与管理需要科学技术的支撑。既然流域水循环是太湖流域三大水问题的共同基础,流域水问题的综合治理的实质是流域水循环的综合科学调控,因此流域水循环过程及其伴随的水质、水生态演变过程的仿真模拟与规律认知无疑就是流域综合治理共同的科学基础。为此,必须加速以流域二元水循环分布式模拟模型为核心“引擎”的数字流域建设,为太湖流域的综合治理提供有效的数字化集成平台。

针对现实中的三大水问题,太湖流域数字模拟平台主体构架主要由两大模型系统三大模块耦合而成,两大模型系统分别为流域二元水量循环演变模型和流域水质演化模型,前者主要用来描述水循环中水量演变过程,包括天然水循环的丰枯过程和人工取、用、耗、排过程,后者主要用来描述伴随的水质演变过程,其中流域二元水循环演变模型又由流域分布式水循环模拟模型和集总式的水资源调配模型耦合而成。考虑到太湖流域平原河网地区,分布式水循环模拟模型可以采取网格单元,即将流域按照 $1km^2$ 的正方形网格为划分为 36900 个单元,在每个单元铅直方向从上到下划分为植被或建筑物截留层、地表洼地储留层、土壤表层、过渡带层、浅层地下水层和深层地下水层,从降水到达地表开始,根据物理机制逐层计算冠层截流量、地表填

注量、地表径流量、土壤水、地下水以及蒸散发量。在平面结构上综合考虑各计算单元的高程、坡度与地表土地利用参数,将坡面径流由流域的最上游端追迹计算至最下游端,将河川径流由河道最上游端一直追迹至下游端,同时描述土壤水、地下水的水平向运移过程。通过以上垂直和水平两大分项水循环过程的刻画,就清晰量化地描述出了流域水循环三维过程。为反映人工取用水对于流域水循环的影响,还应构建集总式水资源调配模型,并将其与分布式流域水循环模拟模型耦合,整体构成流域二元水量循环演变模型,流域集总式水资源调配模型按照符合实际流程的逻辑关系对水资源配置和调度系统中的水资源储蓄、传输、供给、排放、处理、利用、再利用、转换等进行定量描述和计算。在流域二元水量循环过程得到系统模拟基础上,还应构建与之耦合的流域水质演变模型,包括流域侵蚀及泥沙子模型以及污染物迁移转化子模型。太湖流域水质模块是一种河网稳态和准动态的水质模型,可计算点源面源污染排放、取水口以及水网支流流入的河道与湖泊污染问题,可用于水质规划和研究污染负荷沿程变化对河流水质的影响,也能用于研究藻类生长和呼吸过程引起的溶解氧的日变化,还可用于研究污染物非恒定排放(如事故性排放、季节性或周期性排放等)对水质的影响。此外,太湖流域数字平台还可以预留出多个接口,根据实际的需求不断添加耦合专业模块,以增加和完善系统功能,如水生态演变模拟模块、多目标决策分析模块等。

数字流域平台的建设,为太湖流域三大水问题的解决提供了科技手段。对于洪涝灾害和枯水期季节性缺水问题,则采取“由上而下”的方法解决,具体将长江、钱塘江等外围河流作为边界条件,从降水或降水预报出发,根据下垫面和河流形态进行流域产汇流追迹模拟和计算分析,得到全流域河流、湖泊的分布式水位、流量状况,以此作为流域汛期防洪除涝和枯水期供水调度管理的基础。对水污染防治问题,则可以“由下而上”的方法解决,具体根据河湖断面水质监测状况,根据不同水功能区水质标准和流域水环境模拟,即可反演确定不同区域水体纳污能力和地区污染物排超量放状况,进而根据分布式模拟结果一直追迹到超量排污口,就完成了从水域纳污与陆域排污的对接,从而为污染物削减实施方案的制定提供了科学依据。太湖流域综合数字模拟平台一旦建成,就可以实现太湖流域水质和水量统一调度管理、防洪和资源统一调度管理、流域和区域统一调度管理。需要说明的是,太湖流域综合数字模拟平台建设和实施需要大量的分布式的观测信息为基础,因此在推进流域数字化的同时,必须加强流域水情和水环境基础监测设施体系建设。

五、管理体制改革的太湖流域综合治理的根本保障

太湖流域水污染问题,很大程度上是由于管理失效所致,而管理失效在很大程度上又是由于管理体制存在缺陷所致。总体看来,太湖流域水环境保护与管理体制在流域、区域和公众三个层面都存在一定缺陷,因而难以形成有效的防污治污运行机制,要大力推进水资源管理体制改革的,其核心是要“抓两头,促中间”,所谓“抓两头”就是要抓住顶层和基层两端,推进流域的统一管理和公众参与管理,“促中间”就是要促进区域陆域污染物达标排放管理与水域功能区水质达标管理的有效对接,为太湖流域综合治理提供体制保障。

流域是自然的水循环单元,以流域为单元综合管理水资源符合水循环的自然规律,另外我国政治体制是以行政区为单元实施经济社会管理,因此《水法》第十二条第一款规定“国家对水资源实行流域管理和行政区管理相结合的管理体制”,有效兼顾了水资源的自然属性和社会属性。对于流域管理和区域管理的事权划分上,《水法》也做出了明确的规定,即“流域管理机构在所管辖的范围内行使法律、行政法规规定的和国务院水行政主管部门授予的水资源管理和监督职责”。在太湖流域水资源管理中,尤其是水环境保护中,流域与区域相结合的管理体制中表现出明显的“一条腿长,一条腿短”,流域管理的权威性和有效性亟待加强,水资源没有真正做到按流域统一管理。今后一个时期,要着力增强太湖流域管理局在流域水资源保护中的宏观管理职能,提升流域管理的权威性的约束性。流域机构管理重点放在四个方面,一是对流域水资源和水环境进行统一规划,科学核定流域水域纳污能力、允许排污总量及其时空分布,并在建立与地方省市协调机制的基础上,完成允许排污总量分配,审查排污口设置,确定省界交接水质标准;二是推进流域管理的法制化进程,重点放在水功能区划制度、引水水源地保护区制度、取水排污总量控制制度、取水排污许可制度、水资源与水环境有偿使用制度等;三是加强流域水环境与生态状况的监测,建立流域水环境与生态科学评估体系,特别是行政区断面交接水质的监测以及区域排污和取用水宏观管理,以明晰水环境污染责任;四是完善促进流域水循环的工程总体布局,加强流域水资源的统一调度。

在区域层面上,由于陆域污染物排放管理和水域水环境功能区管理分属环保部门和水利部门,不仅管理是分离的,而在污染物排放的控制标准也不统一,因此就会出现即便是全范围陆域都实现了达标排放,水域功能区也是不达标的问题。此外,渔业、交通、旅游等部门也分别从单一的目标介入水域的开发与管理,分散化的管理体制导致水资源保护中缺乏有效的责任机制和的实现手段。因此必须深化太湖流域内区域水资源统一管理体制,当务之急是实现陆域排污管理与水功能区环境管理的对接,其结合点是入河排污口管理,水行政主管部门要根据水功能区划分确定允许排污总量,并将总量分解到各个地区甚至是排污口,环境主管部门以此作为陆域污染物排放削减和管理的依据。此外,地方政府还要通过法律法规的形式,强化水行政主管部门对于水资源统一管理的职能。

公众是区域环境使用权的拥有者,而一旦水环境遭到污染,他们还是首当其冲的受害主体,因此公众理应成为水环境保护与治理的决策参与者。在国际上,越来越多的国家在水环境保护中都积极引入公众参与,譬如在美国水污染治理的公共政策中,无论是联邦层次,还是州以及地方层次都采取了许多可行的办法鼓励公众参与,包括采取公众听证会、大型公众会议、公众委员会以及建立双向交流机制等方式,未经征询公众的意见,政府部门不能做出任何一项涉及行动的重大决定。太湖流域是我国经济社会发达地区,在流域综合治理中,应充分发扬民主,大力促进公众参与,具体在三个层次实施,一是尊重公众知情权,建立有效信息平台,及时发布信息,使公众了解水污染现状、治理规划和措施等;二是建立良好的沟通渠道,积极引入公众参与,充分听取并吸纳公众的意见和建议;三是注意在管理中发挥公众的监督和舆论作用,促进环境治理公共政策的实施。

六、建设太湖流域节水防污型社会要高度重视经济手段的运用

从经济学角度,水污染问题产生的主要根源在于外部性、公共产品属性以及产权缺失或是难以界定。基于上述三种原因,产生了环境治理的三大政策主张,即实行环境管制、征收环境税和排污权交易,这也是世界各国环境保护实践中的基本手段,其出发点都是力图将污染的负外部性内化到形成污染的生产和消费活动中去,以使这些活动的边际私人成本与边际社会成本相等,但另一方面三种途径在作用机制、环境效率和所需条件等方面又存在较大差异,应加以综合运用。

环境管制是传统的、环境效果最为直接的污染治理途径,也是我国长年以来一直使用的方法,达标排放就是具体实践途径之一,在今后太湖流域水环境治理中,仍应进一步加强管制力度。但科学的管制需要大量准确的信息为基础,同时管制应具有相对的稳定性,难以实时适应环境的变化,并且环境管制也没有使污染企业承担限额以外的外部成本,从这一点上来说也是不公平的,因此必须引入市场经济调节手段,最重要的一点就是征收排污费。目前在太湖流域水资源节约与保护中,经济调节机制还很不健全,一是在水费构成中,许多地区没有将排污费纳入水价核算成本,或是标准偏低,与流域水环境保护和综合治理成本不符,如苏州目前城市自来水供水价格为2.4—3.2元,其中水资源费仅为0.03元;二是在水费构成中,许多地区还存在着污水处理费征收标准偏低的问题,造成污水处理企业运行不正常;三是对于循环利用程度高、排污量低于限额的企业和单位的经济激励政策还不健全。今后应当核算流域和区域水环境保护与治理成本的基础上,科学确定区域排污费、水资源费与污水处理费征收标准,同时制定水资源节约与保护的经济激励政策,促进节水防污型社会建设。对于排污权交易来说,交易首先必须建立在排污权明晰的基础上,另外交易的范围也要与水体纳污能力空间分布相适应,太湖流域可率先开展排污权的分配工作,并在允许范围内开展交易试点探索,为全国积累相关经验。

参考文献

- [1] 张玉霞.环境污染治理途径的经济学分析.理论学刊, Vol138(8):36-38
- [2] 黄宣伟.论《太湖流域综合治理规划》的得失.湖泊科学, Vol14(3):203-208
- [3] 吴泰来.21世纪初太湖流域的水问题及其对策初探.水利发展研究, 2001(1):42-44
- [4] 朱威.太湖流域水质型缺水问题和对策.湖泊科学, Vol15(2):133-138