

中国科学院专报信息

(123)

中国科学院科学传播局

2019年5月16日

太湖总磷浓度十年居高不下 中科院专家建议科学管控加强修复

太湖水体污染控制与治理的成效一直受到国家与社会高度关注，是“十三五”期间我国水污染治理的两个典型区域之一。自2007年蓝藻水危机事件以来，太湖已经历十年多的高强度治理，水体总氮浓度显著下降，但总磷浓度改善有限，2017年还出现明显反弹。磷是湖泊富营养化和蓝藻水华暴发的关键性因子，其浓度、负荷和迁移转化很大程度关系到水体浮游藻类生物量和蓝藻水华暴发的强度。近来，随着天气逐渐转暖，太湖蓝藻水华又开始逐渐出现。为正确认识太湖总磷长期居高不下的原因，中科院南京地理与湖泊研究所研究员秦伯强等专家综合中科院太湖湖泊生态系统研究站和环保、水利部门的长期观测数据进行了综合分

析，建议强化外源磷负荷控制、实施流域生态修复，科学管控内源磷负荷，加强湖体生态修复，加强长江引水对入湖磷负荷影响的分析评估。

一、十年治太负重前行，总磷浓度居高不下

2007年5月份无锡市饮用水危机事件以来，国家和省市各级政府对于太湖开展了一系列大规模治理，治理力度与强度前所未有。虽然取得一定成绩，但太湖富营养化和蓝藻水华形势仍不容乐观，当前太湖流域的治理仍处在负重前行阶段。一方面，大量治理措施使太湖总氮浓度显著下降，供水安全得到保障，说明治理的方向是正确的、办法是科学的。另一方面，太湖流域社会经济仍处于高速发展阶段，仅上游湖州、无锡和常州三个城市2018年GDP较2007年即分别增长203%、201%和258%，平均十年时间增长2倍有余，表明太湖仍承受巨大环境压力，其改善程度只是控制水质的量变阶段，远没达到根治污染、清波重现的质变阶段。

据中科院太湖站逐月监测数据显示，污染相对较重的北太湖2018年总氮、总磷和叶绿素a浓度分别为2.46毫克/升、0.132毫克/升和39.1微克/升。对比2007年，总氮浓度降低47.3%，但是总磷只降低19.4%，而叶绿素a浓度反而升高75.4%。环保部门监测的数据也反映了同样的情况，2018年太湖湖体总氮和总磷浓度分别为1.38毫克/升和0.087毫克/升。相比于2007年的2.81毫克/升和0.102毫克/升，总氮浓度持续下降，总磷浓度则先降后升，并且在2017和2018年居高不下，显著高于《江苏

省“十三五”太湖流域水环境综合治理行动方案》提出的 2020 年太湖湖体总磷低于 0.05 毫克/升的水质目标。

二、原因分析

1、流域外源负荷虽有所下降，但仍维持高位水平并且年际波动显著。依据环保部门监测的入湖河流水质数据和水利部门提供的入湖水量数据，计算得到的 2007-2017 年太湖入湖河流总磷通量，对比太湖流域管理局《太湖健康报告》的入湖磷通量数据，两者多年均值都在 2000 吨左右。环保局数据显示，2007-2013 年的入湖磷通量从 2233 吨下降到 1416 吨，但 2016 和 2017 年又上升到 2579 吨和 1572 吨，虽有下降但仍维持高位水平并且年际波动很大。

2、“引江济太”增加外源磷负荷，并导致磷分布空间再分配。根据江苏省水资源公报，2017 年太湖流域江苏境内沿长江口门引水量共约 84.6 亿方，占太湖年入湖水量的 76.1%；而长江总磷浓度约为太湖湖体的 2 倍，高磷背景长江水的持续调入给太湖水体入湖磷负荷带来复杂的影响。研究表明，“引江济太”会造成总磷浓度在竺山湾明显下降和在梅梁湾缓慢下降，而在贡湖湾、湖心区、胥口湾以及南部湖区均呈现不同程度上升。望虞河引水与太浦河排水可导致西北湖区总磷浓度下降，而东部湖区总磷浓度上升，使原本集中在西北湖区的污染向水质较好的东南部湖湾扩散，引发该区域草型生态系统退化和藻型生态系统扩张。

3、内源磷负荷蓄积量大，蓝藻水华暴发和水生植被退化加剧

底泥向水体的磷释放。太湖是典型的大型浅水湖泊，动力扰动再悬浮和藻类等生物泵吸作用造成底泥内源营养盐大量释放。底泥再悬浮通量的高频观测显示，藻型湖区底泥磷释放通量是水草区的 16 倍。因此，尽管太湖底泥平均污染程度不高，但由于对水相磷供给的效率高、总负荷大，特别是蓝藻水华造成 pH 值升高和底部厌氧，能够大量泵吸底泥中的磷进入水体而支撑蓝藻水华的高存量维持。据调查，太湖仅表层 3 厘米底泥中赋存的易释放活性磷就达 1500 多吨。同时，太湖出流的磷含量显著低于入流，使得每年滞留太湖的磷总量都在 1000 吨左右，在外源负荷没有得到根本改善的情况下，底泥磷仍处于不断蓄积阶段。因此，水生植被覆盖成为影响磷内源释放量的关键因素。遗憾的是，2016 年洪水的暴发及不恰当的水草收割管理，导致太湖水生植被明显萎缩，较 2007 年减少 200 多平方公里，极大加剧磷的内源^①释放。

4、水体总磷浓度短期内无法达到地表水 III 类水标准。根据环保部门 2007-2018 年太湖水体总磷年均值变化曲线进行拟合，剔除 2017 和 2018 年因气候异常引起的磷浓度异常值（图 1），可以发现在不发生水文、气候异常的情况下，太湖水体总磷下降到 0.050 毫克/升的时间是 2029 年。按照 5% 的波动估计，最快下降到 0.050 毫克/升的时间是 2025 年，最慢是 2037 年。需要说明的是，这一拟合还没有考虑 2016 年大面积水草退化，以及 2017 年极端天气引起的高强度水华造成的 2017 和 2018 年总磷浓度异

^① 内源污染主要指进入湖泊中的营养物质通过各种物理、化学和生物作用，逐渐沉降于湖泊底质表层。

常现象。据此推断，2020年太湖水体总磷浓度达到 III 类水的目标是不切实际的。

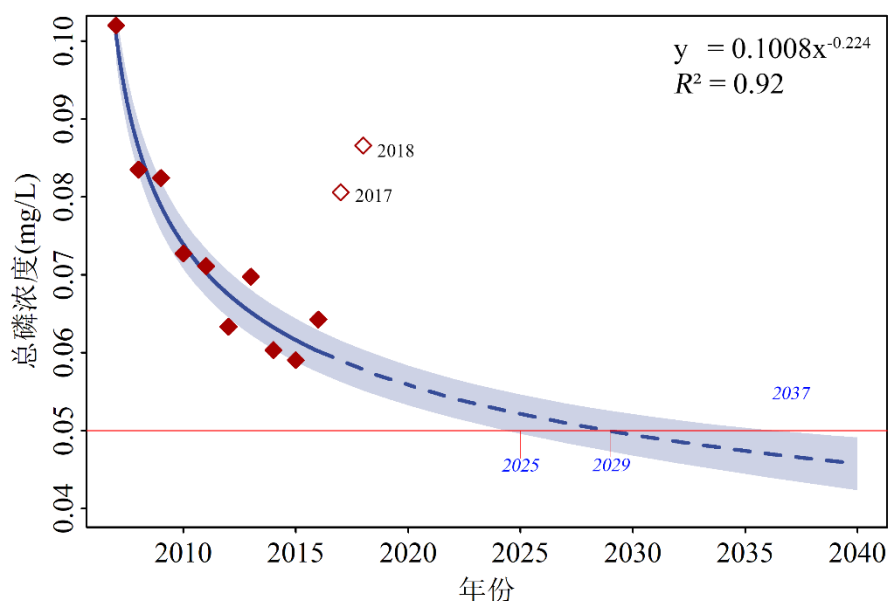


图 1 2007-2018 年太湖水体总磷浓度变化及趋势拟合与未来变化预估（2019-2040 年）

三、总磷治理对策建议

1、强化外源磷负荷控制、实施流域生态修复。 严格实施“控磷为主，协同控氮”的流域“减排”策略，把上游西北部小流域作为重点区域，以提高污水处理厂的污水截留率及提标改造为重要抓手，强化一级保护区内农村面源治理及入湖河道支浜的淤积污染治理。同时，太湖流域河网密度大、湖荡众多，其密集的河网湖荡湿地在调蓄水量、保护生物多样性、拦截污染物方面都具有不可替代的作用，必须强化合理利用入湖河网湖荡湿地群的自净能力，实施流域整体生态修复，最大可能降低外源磷输入。

2、科学管控内源磷负荷，加强湖体生态修复。 继续强化蓝藻水华监测预警，研发和推广蓝藻精准打捞和高效抑藻技术，有效降低水体中颗粒态磷含量；实施颗粒态磷沉降滞留区局部挖深截

留和埋藏工程，对滞留区和水华易聚集水域重污染底泥实施精准生态清淤，遏制污染湖区的内源磷蓄积和释放；深入分析东南部湖湾水生植被退化机理，科学确定太湖水生植被恢复区域，精细化管理太湖水位，通过自然与人工干预相结合促进水生植被恢复，抑制底泥磷释放。

3、加强长江引水对入湖磷负荷影响的分析评估。“引江济太”最初作为一项应急措施，在解决2007年无锡水危机时发挥了重要作用，也为缓解太湖枯季水资源短缺作出贡献。但在周边水域都受到污染，长江水体磷浓度显著高于太湖的情况下，其引清释污作用就会打折扣。特别是近年镇江、常州等地沿长江口门引流冲污以改善城区黑臭河道水质，最终导致大量外源营养盐进入太湖。此外，引流也会改变夏季湖流流态，促使北部水域高磷浓度和富含蓝藻的富营养化浑浊水随着湖流向东南湖湾迁移，破坏东南湖湾清水状态和草型生态系统。建议加强长江引水的综合分析评估，确定科学、合理和生态安全的引水方案。

作者：

秦伯强，中国科学院南京地理与湖泊研究所研究员，研究领域：水环境科学

张运林，中国科学院南京地理与湖泊研究所研究员，研究领域：湖沼学

朱广伟，中国科学院南京地理与湖泊研究所研究员，研究领域：

域：水环境科学

高光，中国科学院南京地理与湖泊研究所研究员，研究领域：
生态学

施坤，中国科学院南京地理与湖泊研究所副研究员，研究领域：
环境遥感

邓建明，中国科学院南京地理与湖泊研究所副研究员，研究领域：
生态学

(中国科学院南京地理与湖泊研究所)

发送：中央办公厅、国务院办公厅

签发人：刘剑 责任编辑：李濛、刘英楠 Tel: (010) 68597557