

我国湖泊富营养化的发生机制与控制对策



中国科学院陈宜瑜院士以书面形式作了题为“湖泊富营养化的定义和演化历史重建”的总评述报告(由谢平和秦伯强代读)。图为谢平在宣读报告。



谢平研究员以“富营养化对湖泊生态系统结构的影响与反馈”为题作中心议题报告。报告中特别讨论了水体富营养化与湖泊生态系统结构和功能的相互作用机制问题。



秦伯强研究员在中心议题报告中探讨了“太湖沉积物悬浮动力机制与内源释放的概念性模式”。

[查看更多相关图片...](#)

香山科学会议第202次学术讨论会综述

近些年来,因经济的快速发展,资源利用强度加大,导致我国湖泊生源要素严重富集,生态系统退化,蓝藻水华频繁暴发,湖泊富营养化呈现迅猛发展的趋势。研究湖泊富营养化的发生机制与控制对策,可为湖泊生态环境的整治提供理论基础依据,也是我国基础研究领域亟待解决的重大科学问题。

香山科学会议于2002年4月11~13日在浙江省湖州市召开了以“我国湖泊富营养化的发生机制与控制对策”为主题的第202次学术讨论会。中国科学院武汉水生生物研究所谢平研究员、国家环保总局环境科学研究院金相灿研究员和中国科学院南京地理与湖泊研究所秦伯强研究员担任本次会议执行主席。来自中国科学院、高等院校等单位的40多位专家出席了研讨会。

富营养化(Eutrophication)一词原用于描述植物营养物浓度增加对水生态系统的生物学效应,但富营养

化很难严格定义，因为任何一个水体的营养性质的描述常常是相对于以前的情况，而且每个水体对营养盐响应存在差异。

中国科学院陈宜瑜院士在“湖泊富营养化的定义和演化历史重建”总评述报告中介绍了湖泊富营养化概念历史沿革。形容词 eutrophe、mestrophe 和 oligotrophe 最初被 Weber (1907) 用于描述决定泥炭沼泽发展初期植物群落的营养状态。Naumann (1919) 则用这3个词描述含有低、中或高浓度氮、磷和钙的淡水湖泊类型。Lindeman (1942) 在其“The trophic-dynamic aspect of ecology”经典之作中，认为富营养化是湖泊发展过程中的自然过程。此后，Vollenweider (1968) 率先用磷和氮对湖泊的营养状态作定量依据提出一个分类系统。OECD (1982) 扩大了营养状态划分的指标，将叶绿素和透明度也包括进来，并用每个变量的组平均值和标准差，发展了一种边界开放的系统。到20世纪中后期，当富营养化及其影响成为人们关注的问题时，其所指的是人为富营养化 (artificial eutrophication)，即由社会的城市化、植物营养物的工农业利用及其废弃物的排放等所引起的。

谈到发展湖泊富营养化治理技术时，他指出必须先弄清湖泊营养状况的自然演化规律和趋势是什么？目前该湖的富营养化程度是在加重还是在减轻？人类活动在哪些方面影响湖泊的生态系统？位于长江中下游地区在洪泛平原上发展起来的浅水湖泊，其营养本底在历史上是否比较高，如果没有人类活动的影响是否也会趋于富营养化等问题。他强调在推断历史上湖泊水体营养状况的基础上，要进行湖泊营养状况演化历史的重建。进行湖泊富营养化治理时，同时要考虑湖泊营养本底的情况，在重视湖泊外源性污染控制的同时，重视湖泊内源性的污染的控制。

会议就生态系统对于湖泊富营养化响应研究；浅水湖泊的营养本底与内源污染释放机制；湖泊富营养化治理与流域管理；蓝藻水华暴发机制研究等四个中心议题进行深入的学术交流和了热烈的自由讨论。

谢平研究员做了题为“富营养化对湖泊生态系统结构的影响与反馈”的中心议题报告。他指出，富营养化治理的巨大困难，使人们不得不重新认识水体富营养化与水生态系统的极为复杂的相互作用关系，特别是在浅水湖泊，这种相互作用机制对富营养化的表现形式和进程可能更为重要。他探讨了水体富营养化与湖泊生态系统结构和功能可能的相互作用机制：1) 水体富营养化的成因及水体营养类型的划分；2) 富营养化对湖泊生态系统结构的影响；3) 生态系统结构变化对湖泊富营养化的反馈；4) 水体富营养化与水环境安全，重点关注蓝藻毒素特别是微囊藻毒素的产生、迁移及其对人类饮用水源安全的影响。

秦伯强研究员探讨了“太湖沉积物悬浮动力机制与内源释放的概念性模式”。他说，我国长江中下游地区的绝大多数湖泊是浅水湖泊，都面临着富营养化。在浅水湖泊的富营养化治理方面，底泥内源负荷量、内源释放问题一直是一个有争议的问题，也导致对许多削减营养负荷的措施，如底泥疏浚等颇存争议。他强调，湖泊沉积物的悬浮对湖泊的内源释放、水体的透明度并进而对初级生产力产生严重影响。他以太湖为例阐述了浅水湖泊中动力作用与泥沙悬浮影响，并在此基础上估算了太湖内源动态负荷的数量，提出了有关大型浅水湖泊内源释放的概念性模式。

金相灿研究员在题为“我国湖泊富营养化发生机理与控制技术”的中心议题报告中分析了我国湖泊富营养化的现状和发展趋势，指出中国多数城市湖泊水体已处于严重富营养化状态；大部分中型湖泊也进入富营养化状态，部分已达重富营养化；五大淡水湖也具备了富营养化发生条件，太湖和巢湖已进入富营养化状态。湖泊水质恶化，生态系统遭到破坏。根据湖泊污染和富营养化控制的经验，他提出以控源(控制污染源)和生态修复相结合的湖泊富营养化控制对策。

中科院水生生物所刘永定研究员以“淡水水体的蓝藻水华”为题，介绍了蓝藻水华的基本概念、分类和确定蓝藻水华形成的指标、世界上和我国蓝藻水华暴发的情况，讨论了蓝藻水华的暴发机制。按目前已有的研究结果，蓝藻水华暴发一般有生物学机理和非生物学机制。生物学机制包括正常的和非正常功能的内在因素以及化学调节、生理需求、营养竞争、食物链的生态相关性和外部入侵的外在原因；而非生物学因素包括物理因素、化学因素的驱动作用以及抑制作用。

中科院海洋研究所周名江研究员以“海洋中赤潮的发生机制与原因分析”为题，对我国的有害赤潮的发展趋势、相关研究进展及对策进行了综合评述。华东师范大学陈吉余院士在发言时指出，湖泊污染会产生海洋污染。对于河口，流域是源，河口是汇，也有外源和内源。浙江大学理学院唐孝威院士在发言中认为，湖泊富营养化下底泥沉积物与人类活动密切相关，是个的多因子复杂的动态系统。

会议从我国实践情况出发，剖析了我国浅水湖泊富营养化的特点、生物化学和生态演化过程与发生机制，以及湖泊富营养化产生的生态学原因和经济的社会的的原因，深入探讨了在认识湖泊富营养化与生态系统退化的机理以及探索湖泊富营养化的有效控制技术和方法方面面临的科学技术问题。

1、水生生态系统对湖泊富营养化相应机制

富营养化是自然演变过程，但不能忽视人类活动对富营养的促进作用。湖泊富营养是一个状态，而富营养化指的是一个过程。湖泊富营养化是人类社会活动对湖泊的影响导致的湖泊自然演变过程的浓缩。另有人认为，水华暴发是生态系统对富营养化的响应。关于氮和磷导致湖泊富营养化和蓝藻水华暴发问题。有不同见解：1) 湖泊磷含量较低时，有可能成为导致富营养化和蓝藻水华暴发的限制因子。2) 磷的含量急剧增加时，pH，水深、温度、光照、波浪、风和生物因素等其他因子中的一种有可能成为新的限制因子。3) 我国农业和生活发展水平，决定了向水体输入的氮和磷的影响还将在很长一段时期内存在。需要建立适合我们国家的标准，并确定相关的概念。我国的富营养化标准不能简单地套用欧洲的标准，特别是浅水湖泊，不能简单地用透明度等来划分。目前富营养化的量化、定义尚不明了，沼泽化与富营养化的差异，以及用什么指标(N, P, C, Si, Ca)来指示湖泊富营养化的程度等问题也值得讨论。需要加强对重点湖泊的长期观察，获得基本数据以准确定义。欧洲的湖泊都有非常完整的长期观测资料，记录了从开始富营养化演替为贫营养化的过程，值得借鉴。必须明确目前经济条件下的控制策略。污染治理最重要的是削减污染源的排放。控源是第一位，生态系统的修复是第二位。重视水库生态系统的稳定，保持水库良好的水质与环境。

2、浅水湖泊的营养本底与内源污染释放机制

水动力学条件与作用。蓝藻水华爆发常常跟随一次较大的风浪，可能是由于水动力作用引起沉积物悬浮，促使底泥中氮和磷的释放，同时又可能使蓝藻细胞从底泥中释放。需要建立一个多因素的动态的模式，帮助确定湖泊底泥中磷的释放机理。需要建立一个合适的模式，进一步研究湖泊营养盐颗粒态的再悬浮和再沉降对富营养化的综合效应。必须重视微生物和水生生物的影响。微生物和酶能分解环境中有机物，因此有机物浓度高也可能是引起蓝藻暴发的因素之一。湖泊底泥中营养盐是源还是汇？需要通过对不同的区域不同情况（有无底泥和高等植物等）进行长期的监测。关注有机态的碳、氮、磷在整个底泥循环过程中的作用机理。武汉东湖近年发生的甲藻水华，其引发因子就是有机碳。植物产生信息因子等有机物还需要进一步研究。底泥疏浚治理富营养化湖泊问题。是否需要疏浚，不能一概而论，疏浚的方法也应有所不同。迫切需要建立统一标准来衡量某个区域的底泥量以及释放量，制定相应的政策，统筹规划管理。

3、湖泊富营养化治理与流域管理

富营养化的研究重点和控制重点概念不能混淆。湖泊富营养化的研究要从整个湖泊的控制、管理、工程等总体考虑。必须首先对湖泊的外源和面源污染的控制，其次才是去除内源污染负荷、工程修复和生物修复等。重视点源和面源污染控制，进行生态系统的恢复和重建。内源污染不断富集情况下，重点要控制内源性负荷问题，揭示内源释放的机制；同时要加强对湖泊富营养化面源问题的研究，发展生态恢复相关的理论。藻型湖泊的改良。浅水湖泊可用生态结构改造的方式，以水草代替藻类，构建一个立体生态系统达到生态修复的目标。其中关键需要创造适宜的环境，采用环境改善技术，提高透明度和降低水深。注意湖泊生态修复可能引发的问题。生态湿地修复过程中，植物有机物积累过程可能产生病原菌污染，促使产生大量生物量积累腐败进而加速湖泊沼泽化的进程。利用高等植物进行湖泊治理工程可能带来生态健康问题。生态系统改良中如果利用外来种，应重视其生态安全性。另外，在利用水生蔬菜构建的人工湿地并作为蔬菜进入食物链时，需要考虑健康的敏感问题。目前的污水排放对湖泊的影响现状令人担忧。那种以为点源的问题已经基本解决的观点是不切实际的。很多工业污染源并没有彻底地进行治理，整个湖泊仍然受到大量点源的污染。

湖泊生态恢复是个漫长过程，不会一蹴而就，需要一个长期的认识和实施过程。一个湖泊富营养化缘于其生态系统已完全破坏，是个生态病。从自然规律看，生态恢复本身往往需要十分漫长的过程，不能指望在短期内能看到实际效果。对于这一自然规律要逐步让管理层接受，不能仅仅关注短期效应。科学家要认识到富营养化治理的艰巨性，力争在理论性认识上获得重大突破。发达国家的湖泊同样有过贫营养-富营养-贫营养的过程，因此我们要对湖泊富营养化治理有信心。

4、蓝藻水华暴发机制

蓝藻水华的暴发与其生理特性有关。蓝藻水华暴发可能是个上行效应，外部环境的改变导致了水生生态系统

的变化，在不同的营养等级条件下，蓝藻水华的爆发机理有可能是不一样的。关于水华蓝藻爆发机理研究方法。目前对生物学诱发机理研究深度还不够。爆发机理的核心问题应当是基因片断。机理研究要由简到繁，再由繁到简。有不同层次，从宏观到分子水平。需要从分子生物学、生理学、生态学、互动生物学等学科交叉上寻找突破点。蓝藻水华暴发的预测。目前已有的生态模式太多，太复杂，可以建立简单的数模。研究手段不能停留在监测上，水动力学实验要加强示踪实验。湖泊的预警机制不能仅仅在于水体本身，而是要与流域的经济活动相联系起来。

应该借鉴海洋赤潮的相类似的研究方法，加强联合研究与协作。赤潮发生的现象和机理与蓝藻水华的暴发有很多相似性。各部门和有关单位业已开展的基础研究或者应用技术和工程，应该联合起来，数据要共享。要努力搞出自己的东西，满足目前国家需求。

湖泊富营养化可以控制，但任重道远

谢平、金相灿和秦伯强三位执行主席最后做了总结发言。

1、应该充分认识我国目前湖泊富营养化的问题的重要性、严重性以及解决问题的迫切性。湖泊富营养化已经成为新世纪限制我国经济可持续发展的因素之一。在欧洲的Constance湖，湖边的三个国家主要就是根据科学家的食物链理论，规范人们的生产和生活活动，已逐步恢复贫营养化。这表明湖泊富营养化是可控制的，能够改善的，但任重道远。

2、有效地控制面源和点源污染是湖泊富营养化的治理的重要的前提。有些湖泊至今还有近70 %的外来污水没有截流，而仅仅在湖泊中进行科学研究和生态治理，很难从根本上解决富营养化问题。加强点源控制，对城市污水处理厂的出水该考虑生态处理过程。继续开展对面源污染的多发性、多样性的研究。探索主要面源污染物的形成过程及其量化特征，了解污染物在界面间的迁移过程及其再分配规律，注重发展农业面源污染的控制技术。面源控制要适合国情，目前亟待开展的工作一是技术的标准化，二是相关政策的制定与落实。

3、浅水湖泊是我国大部分湖泊的基本特色，应特别给予关注。我国富营养化形成与蓝藻水华暴发的机理研究，深度与广度还不够。在开展大尺度的综合因子，如气象因子和水文因子对湖泊富营养化和蓝藻水华暴发诱导研究的同时，要注重研究水土界面微生态环境中的生物地球化学循环过程对富营养化的贡献，揭示物理、化学和生物学作用对内源营养物质释放及其生物可利用性的形态转变规律。研究湖泊富营养化和蓝藻水华暴发机理，要重视湖泊环境的基础数据的长期积累。重视水华暴发的生物学机制和诱发因子等基础研究。注意发展微量元素的分析等技术手段，充分吸收相邻学科的经验和技术，加强与其他学科的交叉和学术交流。建议有关部门作出统一的规划，规范常规基础数据的获取，建立湖泊富营养化研究的网站，实现资源数据共享。

4、水生生物群落是湖泊的主体，生态系统的良性循环及其演替过程对水质和湖泊的功能具有十分重大的影响。生态系统的响应、蓝藻暴发的机理、食物链结构的变化以及生态恢复等基础研究都需要加强。蓝藻水华暴发

需要不同层次的理解，应该在种群水平上探讨，而且不仅仅存在一个物种，应该关注整个水生生态系统中各个营养级，要从初级生产力到其摄食者不同层次进行广泛的机理研究。在水生高等植物与治理的关系上还需要更多的研究来验证。

5、解决湖泊富营养化问题涉及到自然科学、工程技术、社会科学和管理科学，研究思路要将整个流域环境一并考虑。科学家是从机理着手，要有重要的科学认识和足够的数据提供给政府，为政府决策提供依据。技术是从治理介入，提供适合我国国情的湖泊富营养化治理技术；行政则是实施管理，保证各个层面的协调和有效运作。

6、缺乏统一的指导是目前众多湖泊中所普遍存在的问题。专家建议，应该成立一个权威的机构，实施湖泊、河流以及流域的统一管理。要考虑到国家经济发展的需求；内源和外源全方位治理；促使研究队伍更紧密的结合，社会科学与自然科学的结合，加强信息和数据的交流。

7、加强对水库的富营养化问题的重视。水库是供水的载体，直接关系到人们的生活质量，应给予充分重视。

参会人员名单：

谢 平 研究员 中科院水生生物所

金相灿 研究员 中国环境科学院

秦伯强 研究员 中科院南京地理与湖泊所

周 琪 教授 同济大学

李世杰 研究员 中科院南京地理与湖泊所

胡传林 研究员 水利部中科院水库渔业所

陈英旭 教授 浙江大学

周名江 研究员 中科院海洋所

陈伟民 研究员 中科院南京地理与湖泊所

王松霈 研究员 社科院

尹大强 教授 南京大学

杨柳燕 副教授 南京大学

李文朝 研究员 中科院南京地理与湖泊所

胡维平 研究员 中科院南京地理与湖泊所

吕锡武 教授 东南大学

陆根法 教授 南京大学

王晓蓉 教授 南京大学

俞立中 教授 华东师范大学

杨林章 研究员 中科院南京土壤所

宋立荣 研究员 中科院水生生物所

刘永定 研究员 中科院水生生物所

周易勇 研究员 中科院水生生物所

尹澄清 研究员 中科院生态环境中心

李 伟 研究员 中科院武汉植物所

孔繁翔 研究员 中科院南京地理与湖泊所

谈建康 博士 中科院南京地理与湖泊所

王国祥 博士教授 南京师范大学

张建英 副教授 浙江大学

沈德中 教授 中国农业大学

孙 耀 研究员 农业部黄海水产研究所

陈吉余 院士 华东师范大学

唐孝威 院士 浙江大学

赵生才 研究员 香山科学会议

杨炳忻 教授 香山科学会议

唐 威 主任记者 人民日报社

赵 彦 主任记者 科学时报

[会议申请书](#)

[会议图片](#)

[关闭](#)