

### 蓝藻水华治理应放宽控氮、集中控磷， 以大幅度降低污水处理成本

湖泊富营养化及随之暴发的蓝藻水华成为中国以及世界许多国家面临的重大环境问题。普遍认为，除控磷处理外，富营养化治理需要严格控制氮的排放，并投入巨资开展污水脱氮处理。然而，我们对长江流域 40 多个湖泊进行了多年比较研究，发现无论总氮浓度高低，湖水总磷浓度都是限制浮游藻类生长的最重要因素，藻类总量决定于总磷而不是总氮，从而证明在野外条件下控氮并不能减少藻类总量（相关成果发表在 2008 年 5 月出版的英国刊物《淡水生物学》）。同年 8 月，加拿大和美国的科学家基于对一个湖泊近 40 年的长期实验湖沼学研究，也提出了湖沼富营养化治理无须控氮的观点：削减水体氮的输入反而大大促进固氮蓝藻的发展；只要磷充足且有足够的时间，固氮过程就可使藻类总量达到较高水平，从而使湖泊仍保持高度富营养状态。

若要限制生物生长，其必须因子控一即可。这两项研究共同揭示了一个规律，即在较长的时间尺度上单纯消减氮负荷不能控制浮游藻类的总量，反而诱发固氮蓝藻水华生长。自然生物固氮和闪电固氮不断把空气中存在大量氮元素，转化到水体中的氮元素，但是好在水体中的磷没有类似的补充途径，且磷化合物大多溶解性较差。在污水处理中，脱氮需要通过硝化和反硝化过程，工艺复杂，成本较高，而除磷则相对较容易，通过沉淀和絮凝等方法即可去除水中 80%~95% 的磷，成本较低。对于藻类生长而言，氮磷均为必须元素，如此看来控磷成为长期有效治理湖沼富营养化、限制藻类生长的最重要因素。

为了早日解决中国面临的湖泊富营养化及蓝藻水华危机，我们建议：

#### 1 尽快开展试点工作，放宽控氮、集中控磷，降低污水处理厂运营成本

中国湖沼富营养化及蓝藻水华问题日趋严重，最根本的治理措施是截污。然而，由于成本太高，许多污水处理厂难以正常运行。与其让污水处理厂闲置，不如试行只除磷、少脱氮或不脱氮。建议有关部门在全国不同区域的污水处理厂开展在加强除磷处理的基础上，可以适当放宽或取消氮排放限制的试点工作，以便大幅度降低污水处理成本。同时监测相关水体富营养化和蓝藻水华的动态，实际验证水处理效果，进而总结经验，向全国推广。杭州西湖已在无意中开展了试验：引入的钱塘江水氮含量很高，尽管只开展了除磷处理，湖中藻类仍得到有效控制。

#### 2 修订污水排放标准和地表水质量标准，提高或取消有关氮的最高限值

根据前述最新研究，富营养化治理无需控氮，有关水体中氮含量限值的标准应依据对人和生物的直接毒性而确定。但中国现行的有关标准对此作了非常严格的限制，《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)和《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)对总氮的限值分别为 15~20 mg/L(一级 A、B 标准)和 0.2~1.0 mg/L(可作饮用水源的 I-III 类水体)，而《生活饮用水标准》(GB 5749-2006)规定硝酸盐氮可达 10~20 mg/L。显然，关于氮的限值可以大幅度提高甚至取消，以便制定经济可行的管理控制目标。建议资助有关单位开展不同形态氮的生态毒理学和氮循环通量研究，并结合上述试点工作，依据水体的不同功能重新制定有关氮的排放标准和水质标准。

#### 3 建立大型实验湖沼学平台，全湖检验蓝藻水华暴发机理和防治措施

富营养化及蓝藻水华治理需要建立在对客观规律的正确认识基础之上。尽管国内外已在水华发生机理方面开展了大量的研究，但经过大尺度严格验证的普适性规律仍然不多。原因是多数研究基于室内分析和小型装置，难以模拟生态系统复杂的真实情况。除了区域比较研究外，揭示大尺度的水生态规律必需在真实的水体中开展操纵模拟实验。加拿大已在安大略建立了由 58 个小型湖泊组成的实验湖区，解决了水生态学的若干关键问题，前述实验即是其一。因此，建议国家在长江流域或其他地区划定一定面积的湖泊群为实验湖区，建立大型实验湖沼学平台，在全湖尺度上验证富营养化等宏观生态机理，检验蓝藻水华防治措施及其他环境技术的实际有效性，以使国家关于水环境治理的决策建立在坚实的科学基础之上。

——中国科学院水生生物研究所研究员 王洪铸  
中国科学院水生生物研究所助理研究员 王海军

### 自主兴建运行大型城市生活垃圾焚烧发电厂 与两袋两洗烟气净化技术

大型垃圾焚烧发电技术能使城市生活减容减量、废物发电，是发达国家处理城市生活垃圾的主要手段。中国自 2000 年以来陆续兴建、在建或等待批建的数十座大型城市垃圾焚烧发电厂，其中绝大多数是以 BOT(Build-Operate-Transfer)模式兴建。然而，目前国内所有 BOT 建设的垃圾焚烧烟气净化工艺简陋，烟气净化系统均只由一级半干式喷雾干燥系统和活性炭吸附系统、袋式除尘器组成，它正好将发达国家采用的有活性炭吸附的工艺简化一半，违背运行以环境安全为第一的宗旨。从“公共产品价格达到最低”的角度讲，中国垃圾焚烧发电 BOT 建设运行实际状况不但未使相关城市居民受益，反而有可能会在当地形成二次污染源。

为了北京将要新建的大型城市生活垃圾焚烧发电项目不致形成二次污染源，净化后的烟气能真正达到发达国家普遍采用的欧盟 European new Directive 2000/76/E (EU- Standards 2005)排放标准，特向北京市有关部门建议，自主兴建运行使用两袋两洗烟气净化技术的大型城市生活垃圾焚烧发电厂。

1) 自主兴建模式可采用 EPC 工程总承包 (Engineering Procurement Construction, 设计采购施工总承包) 方式进行。

2) 北京市对拟建的大型城市生活垃圾焚烧发电项目应采用正确完善的使用活性炭吸附的烟气净化两袋两洗工艺，即：SNCR-回收活性炭粉管道喷入（一级脱除二恶英）-袋式除尘器-一级酸洗（脱除焚烧尾气中酸性介质中的 HF、HCl）-二级酸洗（脱除焚烧尾气中酸性介质中的硫化物）-新鲜活性炭粉管道喷入（二级脱除二恶英）-袋式除尘器。这种完善的两袋两洗烟气净化工艺与发达国家普遍采用的静电除尘器-二级酸洗-SCR 工艺相比造价和运行费用均较低；与国内现行简化工艺相比大约增加设备投资为 800 万元，但考虑支付垃圾处理费和绿色发电的价值，北京市市政至少可以节约 15 年的垃圾处理费，每年 2 800 万元。

(中国科协海智计划办公室《海外科技工作者建议》2008(11))

——加拿大高级工程师、德国工学博士 张文阳

本栏目专门刊登广大读者就促进科学技术发展提出的意见和建议，欢迎国内外科技工作者及各级科协、学会投稿。

(责任编辑 宁方刚)