**关闭“看海模式”？城市水污染控制系统五大技术问题分析**

今年将是人类环境保护历史的重要一年，全球将广泛讨论有关人类未来可持续发展的两项重大议程，环境问题将再次成为当今世界政治的核心议题。这两个议 题一是关于2015年千年目标后的全球可持续发展新目标的确定；其二是在今年年底的巴黎气候峰会，人类将为把2050全球温度升高控制在两度之内进行最后 的努力。这两项议程所设定的目标高低标志着人类在应对全球环境挑战时是否采取一致行动的意愿中能否取得新的拐点。

　　在过去30年中，中国 的环境保护一直在蹒跚前行。不论在战略还是执行层面，环境保护在国家经济社会发展中的地位日益提高，但却始终面临着两个尴尬的状况，其一是环境质量整体恶 化局部改善的态势基本没有改变；其二是尽管拥有技术进步等后发优势，我们一些主要污染物的人均GDP峰值并没有如OECD等国家的经济与环境关系所揭示的 那样早些到来。造成这两个问题的原因是多方面的，但从技术层面上看，过多短期功利性的技术措施、污染控制目标的单一与不合理、以及整体污染控制方案缺乏成 本和可行性分析等均值得我们反思。由于政策和技术等诸方面的问题，在城市水污染控制中大量出现了重调水轻治理、重地上轻地下、重景观轻排放、重水线轻泥 线、重建设轻运行、重末端轻源头、重规模轻质量等问题，使得我国不论城市区域层面还是环境行业的整体投资与技术效率不高。

　　坦率地讲，我 国的污染治理基本上延续的是发达国家的技术体系。我们在技术复制过程中所表现出的宏观问题除早期经验不足外，深层次的原因可能更主要的是我们在治理体系上 的严重不足。今年将在去年“大气十条”的基础上，国家出台“水十条”，新修订的《环境保护法》也已于2015年1月1日正式实施，希望这些新的强有力的举 措带来的不仅仅是更多的财政投入、更严厉的惩处和更高大的控制目标，而是能够有效推动环境保护治理体系的深层次改革，在政策、技术和管理层面，真正形成制 度化的长期性、整体性和科学性的解决方案。各种研究表明，中国环境质量的整体恢复需要10～20年的时间，我们能走得多快、走得多好、能否达到目标，将依 赖于我们在新的一轮全球环境浪潮推动下，抓住国家经济和社会转型这一难得的战略机遇期，能否在治理体系上尽早建立起有效遏制环境恶化的制度性拐点。

　 　水是城市发展的重要自然资源、经济资源、社会资源和生态基础要素。早在2002年的南非约翰内斯堡可持续发展世界首脑会议上，水问题即被列为五大可持续 发展的世界性挑战之首。人类对水环境问题的强烈关注反映了不同国家在其历史上寻求各自发展进程中的共同经验：水资源具有不可替代的特殊战略性地位。全球 化、城市化和技术创新是本世纪推动自然和人类社会变化的核心动力，人口的增长和人口向城市的聚集所带来的水环境问题将长期成为全球亟待解决的重要问题。从 本质上看，水问题是一个流域性和局域性的问题，它的全球化更多体现在全球各个地区都面临着不同程度的水问题，而在局域层面上，水设施又表现了明显的自然垄 断性。水的这两点属性决定了在治理空间上技术方案选择的多样性和治理成效上对整体技术集成而非单一技术的依赖。因此在这里，本文将不讨论单一水污染控制技 术的发展问题，而是从宏观视野提出5个问题，以与大家共同商榷。

　　1、关于城市水污染控制技术体系问题

　 　去年是活性污泥工艺诞辰一百周年，我们在广泛庆祝活性污泥法在解决城市水环境问题中所发挥的核心作用时，也要清醒地认识到，一百年来，相对于影响世界变 化的各种革命性、颠覆性技术的蓬勃发展，城市水污染控制技术的进步实在是微小的、极其迟缓的(incremental)。在城市中，不论是在污水的排放方 式、收集模式上，还是在处理流程上，都在固有的传统布局、结构和工艺线上展开和修补。技术应用的模式也仍然停留在工艺选择、设计、经验积累(know- how)、规范这一传统的土木工程的实践范式中。即使信息、传感和控制技术已广泛深入到今天几乎人类生活的所有方面，城市排水系统的运行仍然停留在粗放 式、经验式、开环的非现代工业化的范畴。

　　百年来，城市排水系统一直缺乏技术变革的动力。究其原因可能来自两个方面，其一是城市基础设施 的巨大投资和自然垄断特征所带来的技术锁定效应，即新技术的产生只能在原有技术结构基础上才更易于应用；其二是现有的技术体系较好地解决了OECD国家的 城市常规水污染问题。对于我们来说，技术体系上的跟踪与复制无疑是一种安全的、易于实现的模式，这也是为什么过去30年来我们的城市排水系统建设基本沿循 了欧美技术模式，而学术界很少对这一模式的合理性产生过集体反思和批判，从而在技术和学术上深入探讨是否可以找到更好的突破性的、革命性的新范式 (paradigm)。

　 　到目前为止，全球只有OECD国家整体上完成了城市化和现代化进程，人类至少还有6个甚至更多同样体量人口的国家将以更快的速度完成城市化和现代化进 程。关于城市水问题的解决方案，今天最大的科学争论是两个问题，一是目前的城市水污染控制技术模式是否可以解决未来全球城市化所带来的水问题，其二是在技 术广泛进步的今天，这一技术模式是否在经济上仍然是最佳可行方案，从而更好地减轻人类社会特别是老龄化社会的环境负担。第二个问题显然更为复杂，但至少在 第一个问题上的答案已经走向了否定。由于人口密度的大幅增加和超大城市在发展中国家的大量出现，不论在地理空间、自然容量还是在城市与乡村的营养物质平衡 上，以及用水形态的变化上，都从质上(critical mass)改变了人类对城市排水设施的控制目标要求。例如，全球性的活性氮失衡已经呈现出与气候变化同样急迫的全球性挑战。气候变化所带来的极端干旱和降 雨冲击的增多，对城市水环境设施的脆弱性和适应性提出了新的要求。因此，在我们寻求今天城市水问题的技术模式时，必须以批判性思维，在学术上以全球的视角 和更长远的眼界来提出我们的问题导向。

　　国家科技、建设和环保等部门历来高度重视水污染控制技术的研发，不论是基础研究、还是863计 划、攻关项目和支撑计划，都进行了广泛的布局和支持。特别是在“十一五”期间，启动了国家水重大专项，这是迄今为止人类历史上对水污染控制技术投入强度最 大的一次整体化、集团式攻关，几乎国内所有的重要研究单位都加入其中。通过几年的努力，城市主题在污水处理厂一级A升级改造、污水回用、排水管网收集、城 市面源污染控制、污泥处理处置、城市黑臭河道水质改善等方面取得了一系列技术突破，推动了相关技术的应用和成熟，带动了城市排水设施的建设和提标。但遗憾 的是，水重大专项主要面向的是我国今天急迫解决的水环境污染问题和相关的现实工程需求，因此在技术体系的设计上不得不在传统的学术范式框架内展开，主要注 重空间上的技术集成和短期的技术示范方案。但就技术发展而言，如果我们今天不生活在未来，我们明天只能生活在过去。因此，如前所述，我们几十年的科研布局 还不是从长远的系统技术需求上进行思考，这意味着我们未来的技术产出和选择将会越来越依赖于今天的技术路线。今天我们需要学术界跨越传统的城市排水体制和 结构、跨越传统的处理工艺流程概念、跨越传统的土木工程设计方法、跨越自身所熟知的学术领域和知识范畴，以长远的、全球和区域城市化水问题而非城市水问题 为导向，探索建立新的水环境技术范式。

　　2、关于建立地方和行业水环境治理绩效体系问题

　 　技术创新的动力来自于充分的市场竞争和法律约束。我国环保法明确规定地方政府是环境保护的责任人，但遗憾的是，本次修改后的环保法只对企业提出了明确的 法律惩处约束，对由地方政府负责的社会排污(如生活污水排放)却仍停留在较弱的法律约束上。在法律约束不健全的制度环境下，对于区域垄断性的水行业，不论 资产和运行的归属性质如何，我们必须尽快建立起全国性的、公开的、可核实的、真正的绩效标杆体系。各国的经验证明，没有这样的标杆体系，即使传统技术体系 的改进也将极其缓慢，我们仍将是一个以资本、行政而非技术为主导的行业，而这样的行业是没有全球竞争力和技术突破希望的。英国水行业市场化改革的成功不仅 是打破垄断、引入外来资本，更重要的是建立了一套绩效标杆体系，从而带动了整个行业在有序的竞争中大幅提高行业效率。只要我们的市场仍停留在无序、低价的 恶性竞争中，就难以形成对技术的依赖。国家水专项城市主题中曾专门设立绩效研究课题，但研究成果甚不理想，其核心原因不仅在于课题没有探索采取先进的数据 采集技术，更在于数据的不可获得。但是，今天中国的排水市场已经完全国际化，大量国际企业参与城市水设施的运行与建设，我们没有理由以数据保密为借口来阻 碍绩效体系的建立。在大数据时代，数据公开不仅有助于水行业数据挖掘技术的创新，更将有助于建立透明、规范的市场监督体系，从而推动行业的技术进步。

　　3、关于集成技术问题

　 　即使在传统的城市排水体系中，城市水污染控制技术的有效性也首先依赖于设施的空间布局以及收集系统的体制和规模结构的设计，他们不仅影响城市排水系统设 施的波动性、负荷强度和冲击性，更是经济性和长期损耗的主要影响因素。如排水管网及其运行模式不仅影响污染物的沉积、降解以及由此导致的管网腐蚀，而且对 污水处理厂的运行负荷冲击、溢流量等带来不可忽视的影响。但由于早期集成技术和空间分析技术的匮乏和认识的局限性，学术界的主要兴趣一直在“厂”的处理工 艺技术上，或处理工艺的组合上，严重忽视了在城市空间上对各种水污染控制设施和技术的集成技术的研究。今天，随着空间技术、信息技术、传感器和模拟技术的 快速发展，城市排水系统的数字设计和数字运行已经成为可能，特别是海绵城市理念的提出对低影响开发设计的需求，全面拓宽了城市排水设施传统的“网—厂”结 构，而成为“面—网—厂”结构，这无疑会大幅提升城市的排水系统设计的整体效益。新技术的出现要求改变城市排水设施现有的规划设计程序，传统的、经验式的 “总规—详规—设计”的规范模式已经成为科学设计和集成城市水污染控制设施的制度羁绊。今天，城市排水设施已经开始进入到像设计冰箱这样工业产品的技术发 展阶段，我们这一行业应当建立新的规划与设计规程。也只有这样，排水设施的规划与设计才能与城市的生态设计理念实现真正的底层结合，从而成为城市设计的核 心专业而非依附专业，

　　4、关于运行对技术选择的约束问题

　 　随着污水处理厂大规模投入使用，我国已进入城市排水系统以运行为主体任务的阶段。但历史上，不同于其他的工业化设计过程，我们在技术选择和设施设计上很 少全面考虑城市水环境设施运行对技术和设计的需求。这带来两个方面的突出问题，其一是妨碍了运行效率和效果的提升，近年的国际经验表明，传统污水处理厂的 能效可以有30%以上的提高空间，但在我国仅由于泵的设计不合理，就极大限制了运行效益的提升。早期的研究表明，污水处理厂的多点进水和多点回水可以有效 提升污水处理厂的处理效率和处理稳定性，随着在线传感器的不断应用，污水处理厂可以实现更灵活的运行，以更好地调整系统各个部分负荷与污泥浓度之间的关 系。但由于设计上的忽视，污水处理厂的运行技术改进空间受到了极大限制。其二是同一类设施和工艺缺乏规范化和标准化要求，尽管各技术工艺在处理效率上相差 很小，但各种工艺和工艺组合却五花八门，非标设计和部件也过多。表面上看，这种选择催生了各种技术的创新，但这种小的技术创新与进步却为运行和维护带来了 高昂的成本和极大的不便。下一阶段，我国的污水处理设施建设将面向县镇，中小污水处理厂的建设将成为主体，与大型污水处理厂相比，其运行将更不稳定，同时 由于人员素质的限制，对解决其运行中出现的问题也将更加困难。因此通过开展区域性的最佳工程实践，是否强制性地建立标准化、规范化的工艺设计已经成为一个 需要急迫讨论的问题。这一问题的核心是需要从运行效率和成本的角度判断和评估多大的技术效率提升可以突破这些标准化的限制，从而使这一制度不成为技术创新 的障碍。

　　5、关于控制标准和成本效益问题

城市污水处理设施的设计目标从来都是与区域环境质量和容量密切相关的，世界各国也都是依据设施的规模确定排放标准。但我们目前在污水排放标准上，不论区 域排放点在哪里、不论污水处理厂的大小如何，一律采取同一标准。这种做法看起来公平与严格，但事实是极不科学、不合理的。它忽略了不同规模污水处理厂对排 放环境影响的不同以及由此带来的不同运行成本，忽略了城市整体排水设施的设计效益，特别是源头控制对减排的益处可以减轻下游水厂的处理水平。为解决这一问 题，我们必须改变现有的排水体制，要将国家对排水标准的监管从水厂上升到城市水体质量的监管，而将城市污水处理厂的监管权力和标准设定留给地方，真正体现 地方是环境保护责任主体的权利与义务的统一。