

# 城市污水再生利用的定位与发展

国家城市给水排水工程技术研究中心 郑兴灿

## 城市污水再生利用的发展定位

城市污水再生利用是一个高度复杂的系统工程，涉及政策导向、目标定位、用水途径、水质要求、技术选择、安全保障、经济效益、公众宣传、价格差异、付费原则等多个层面。从整体发展战略上看，再生水的开发利用具有资源循环利用和环境质量改善的双重属性，再生水的利用不仅可以增加有效供水量、缓解饮用水需求的增长，在缺水地区成为可靠的水源并降低用户的用水成本，而且可以削减排入水体环境的污染物总量（图1）。再生水的资源目标主要通过再生水的直接或者间接利用来实现，以缓解局部地区的缺水状况。

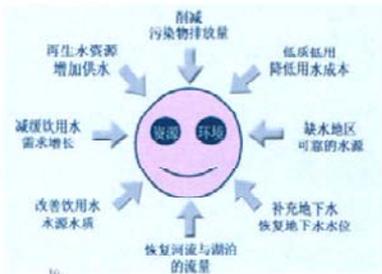


图1 城市再生水利用的环境与资源属性示意图

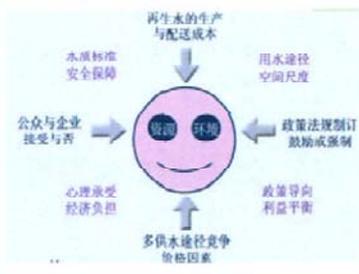


图2 城市污水再生利用的主要影响因素

从更深层次来讲，其重要功能是水污染物的削减，即再生水利用的环境战略属性。进一步延伸，就要更加强调整个污水的再生、复原过程，其目的不仅是污水的再生利用，而是水资源有效供给总量的最大化，这种最大化除了减少用水量和直接再生利用以外，更主要是强调通过人工强化的方式缩短水质的自然复原周期。

根据城市再生水利用的双重属性，考虑再生水战略的时候，应该考虑得更长远，通过再生水的各种利用方式，实现水体环境质量的整体改善，以保障饮用水水源的水质水量安全。同时通过补充地下水来恢复地下水的水位，以及补充所有天然、城市的河流和湖泊的流量，这个功能在今后经济社会发展中的作用会越来越得到加强。但这些功能的实现有待于几个关键因素的加强，包括公众与企业接受程度、生产和配送成本、多供水途径竞争价格因素等（图2）。

## 城市污水再生利用的技术导向选择

就城市污水处理工艺技术应用而言，我国20世纪80年代以前建设的城市污水处理厂大部分采用普通曝气活性污泥法（或者仅为一级处理），80年代中期开始全面推行污水二级生物处理，80年代中后期开始研究和应用污水生物除磷脱氮技术，90年代开始进入城市污水处理的快速发展阶段，改良A/A/O等除

磷脱氮工艺开始得到较为广泛的推广利用，污水处理厂的池型构造和曝气混合设备选择呈现多样化的发展特征。

进入21世纪后，再生水作为一种合法的替代水源，开始得到越来越广泛的利用，与此同时，污水中特殊污染物、微量污染物的去除以及污水处理厂出水对环境的影响开始得到关注。随着排放标准提高和水环境质量改善的实际需求，高性能、高标准、低消耗的除磷脱氮技术仍然是今后研究开发的重点方向。如图3所示，城市污水的高标准处理和再生水利用将逐渐成为水系统良性循环的重要组成部分。

目前我国城市污水处理的目标已经开始由单纯的“污水处理、达标排放”转变为以水质再生处理为核心的“水的循环再用”，由单纯的“水污染控制”上升为“水生态的修复和恢复”。城市污水处理与再生利用的技术选择呈现出多样化的变化趋势。

1、全面推行以除磷脱氮为核心的二级强化处理技术，并增加三级（深度）处理工艺，包括各种类型的絮凝沉淀技术、高效过滤技术和现代消毒技术，以及与人工湿地等生态净化处理技术的结合，实现污水的再生利用或者达到一级A排放标准。

2、由对污水单纯净化转变为以污水为原料的“再生水制造厂”，采用当代高新技术，如高标准除磷脱氮、微滤膜或超滤膜过滤、反渗透、膜生物反应器等，使处理后的再生水达到各种用水途径的水质要求，包括高等级用水的要求。

3、制订相关法规、政策和标准，控制水污染物排放量；



图3 城市用水过程主要环节的水质变化

通过产业结构调整、实施清洁生产和工业节水,减少工业废水及污染物排放;通过居民节水和使用低污染用品,减少生活污水及污染物排放。

## 城市污水再生利用发展的方向

1、强制与自愿相结合,推动再生水的利用。在严重缺水城市,建议推行强制使用再生水为主的管理与经济措施,规定应使用再生水的用户范围;在缺水城市和其他城市,主要以经济手段鼓励再生水的生产与使用。资源型缺水城市积极实施以增加水源为主要目标的城市污水再生利用工程,水质型缺水城市积极实施以削减水污染负荷、提高城市水体水质功能为主要目标的城市污水再生利用工程。

2、优先考虑城市景观环境和工业冷却等方面的利用。考虑经济效率和社会效益,再生水应首先供应到具有合理水质要求、较低生产和输配成本的用户。城市景观水体和园林绿化通常是首选。对于工业用水和其它方面的城市杂用水,用户的需水量相对恒定,对再生水收费也是可以接受的,可根据实际需求来确定是否优先发展。近几年,城市的快速发展导致城市景观环境用水和杂用水用量的显著增加,为再生水利用提供了潜力很大的市场需求(图4)。

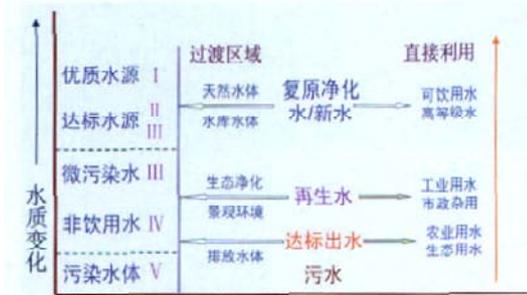


图4 城市水源水质目标与再生水利用路径示意图

3、集中式再生水系统与就地(小区)型再生水系统相结合。集中式系统的主要限制因素是配水管道系统的高成本投入,北京就是典型的例子,管网投资占总投资的比例已经很高,但仍然难以满足实际需要。污水处理厂附近的用水区域适宜选用集中式系统;不同用户的水质要求类似且用水量较大的工业、景观、河道补水和环境用水也适宜采用集中式系统。对于距离污水处理厂较远或污水管网未能覆盖的用水区域,适宜选用就地(小区)型再生水系统。一个再生水厂往往难以同时满足各种用户的不同水质要求和供水需求,就地(小区)型再生水系统可以成为较好的解决方案。在城市范围内,可以通过这两种方式的不同组合应用来获得较高的灵活性和经济效率。

4、建立城市污水再生利用的法规和技术标准。不论是

政府推动还是市场驱动,都需要建立相应的法规、政策和标准,对城市污水再生利用进行指导和监督。而且,先进、经济和可行的再生水生产技术的选择往往取决于合适的技术政策、标准和规范的约束与指导。国家及城市有关部门有必要进一步增强城市污水再生利用政策法规、管理体制、标准规范的研究和制定,并在实践中验证,不断修订和改进,以全面规范城市污水再生利用工程的规划、立项、设计、建设、改造和运营管理。

5、城市污水再生利用的综合规划与实施。目前还没有建立城市污水再生利用的规划机制。在城市建设总体规划中,对水资源综合利用的统一规划考虑不多,尤其是污水再生利用规划的纳入方面。城市总体规划和水资源利用规划中有必要考虑城市污水再生利用规划,并制订专门的再生水规划。污水处理的战略目标必须从传统的“污水处理,达标排放”转变到“污水的再生与循环利用”。

6、形成多元化的投资和市场竞争机制。再生水厂和配水管网的建设需要大量的资金,这肯定离不开政府财政资金的大力支持。但同时有必要建立一套能够吸引多元化投资渠道的体系,其中包括水价改革的合理定价机制、消除市场准入障碍,以及为投资者建立统一的市场准入标准和约束条件。需要引入和形成市场竞争机制,以提高再生水服务的运行效率并降低总服务成本。对于再生水的城市景观与生态环境应用,应以公共资金支付为主。

7、通过经济激励政策推动再生水设施的市场化运营。只有在再生水价格合理,且足以回收投资和运行成本的前提下,再生水项目才能实现市场化运作。从案例调查中发现,激励机制和有效的水价机制仍在研究制定中,且较低的水价是主要的限制因素。必须对现行的饮用水、污水处理和再生水价格机制进行改革,保持不同水资源价格之间的合理差距。强烈建议政府制定多目标的再生水价格政策,保障供应商成本回收和合理的收益,避免市场垄断,并通过合同或协议确保再生水使用单位的权利和利益。

8、从机构和管理方面提高再生水供给的服务水平。合理的服务价格水平下,再生水企业可以独立的进行交易,履行相应的责任,并提供合格的产品和服务。再生水服务可以认为是城市供水的一部分,可以在现行的供水管理体系中增加更严格的水质监测和管理功能。在城市污水再生利用中,政府应主要充当监督/管理者,政府应采取激励和约束政策,实现再生水服务的规模经济效益和竞争性环境条件,切实有效地推动城市污水再生利用工程设施的建设与运营,并建立有效监控监管体系。

9、强化对城市污水再生利用技术的研究开发。积极推动和支持城市污水再生利用的基础研究、应用研究、技术集成和示范工程建设,开发新工艺、新流程、新技术、新材料和新设备,引进和推广各种先进适用技术,全面推动城市污水再生利用的产业化和工程化。应重点通过工程应用和生产性研究,大力解决再生水水质保障、系统可靠性、供水稳定性以及健康和安全等方面的问题。

10、加强城市再生水利用的公众宣传和教育。实际上,目前仍有不少工业用户和城市居民从本质上将再生水看做污水,不愿意使用再生水。因此,有必要强化公众宣传,向用户解释水资源紧缺状况和使用再生水的重要性,使其对再生水水质和可靠性充满信心。就公众宣传和教育而言,国家和地方政府应充分利用可用的各种宣传媒体,并注重工程示范。其中一个成功的方法就是邀请公众参观考察污水再生和利用设施。 C