

“城市生命线”如何更健康

——访同济大学环境科学与工程学院副院长吴德礼

中国城市报记者 孙雪霏

“十五五”时期,我国预计将建设改造地下管网超过70万公里,新增投资需求超过5万亿元。这不仅是基础设施投资的数字跃升,更是城市发展理念的深刻转型——供排水管网被提升至“城市生命线”的战略高度。从频繁内涝到黑臭水体,从供水漏损到水质隐患,管网问题直接关乎水安全、资源利用与公共健康。如何让这条“生命线”更绿色、更智慧、更具韧性?中国城市报专访同济大学环境科学与工程学院副院长、上海污染控制与生态安全研究院执行副院长吴德礼,解读从理念到实践的系统跃迁。

理念领航: 从末端治理转向系统循环

中国城市报:地下管网如今被明确为“城市生命线”。这一战略定位将带来哪些根本性改变?其紧迫性何在?

吴德礼:这标志着城市水系统治理的根本性理念跃迁。核心是从过去孤立的、被动响应的“末端治理”,转向全局的、主动调控的“系统循环”模式。紧迫性源于水资源短缺、水环境污染和内涝风险等多重压力。

理念的根本改变首先体现在价值认知上。过去管网常被视为需要持续投入维护的“成本中心”,甚至是“负资产”。新战略视角下,高效健全的管网是保障水资源安全、回收能源与资源、降低环境风险的核心基础设施,其价值体现在城市生态系统的健康与可持续性上,成为真正的“价值源泉”。

其次是系统关联性重塑。管网将不再是“孤岛”,其必须与污水处理工艺协同(如保持污水浓度),与雨水管理设施协同,与区域能源规划协同(如利用污水热能),形成“厂—网—河—湖—泥”一体化有机生命体。

最后是驱动从“粗放建设”到“精准运维”的转变。管网高漏损意味着水资源流失,污水收集效能低制约再生水利用。新理念驱动重点从规模扩张的新建,转向对既有系统的精细化诊断、修复与智能运维,更关注管网全生命周期综合成本效益。

中国城市报:如何评价当前我国供排水管网的整体效能?最突出的系统性挑战是什么?

吴德礼:我国城市供排水管网规模已跃居世界首位,这是了不起的成就,但必须“重质”。当前整体效能仍有巨大提升空间,最突出挑战是“系统性的效能衰减与协同失灵”。

结构性隐患深重。大量超期服役管道破损、腐蚀严重,不仅造成15%—20%的供水漏损,更导致恶性循环:污水外渗污染,雨水内渗稀释污水,使污水处理厂在处理“伪污水”,浪费处理能力与能耗。

功能性缺陷普遍。老城区雨污混接、错接广泛存在,降雨时混合污水直排河道,是导致水体黑臭“痼疾”的主因。管网与泵站能力不匹配、流向不合理等问题也导致局部淤积、冒溢。

智能化水平滞后。多数管网仍“看不见、摸不着”,缺乏在线监测点,难以构建精准水力模型,调度依赖经验,无法优化预警。

资源化链条断裂。管网多被仅看作传输通道,其作为资源回收“第一现场”的潜能被忽视。污水中的化学能、热能未有效利用,管网效能低也影响后续污泥资源化。

德国、日本等国的核心经验是:“诊断先行、立法保障、长期投入”。他们将管网健康视为水环境安全基石,这值得我们借鉴。

技术筑基: 向绿色低碳聚焦资源循环

中国城市报:在“双碳”目标下,供排水管网如何实现节能降耗?有哪些创新技术与策略?

吴德礼:供排水管网的节能降耗是实现水务绿色转型的关键。

实现节能,系统优化是根本。核心工具是水力模型与智能调度。利用实时数据驱动模型,相当于装上“智慧大脑”。通过泵站联合智能调度,使其高效运行、避开用电高峰,可显著降耗。荷兰“智慧水网格”项目通过中央优化系统,将泵站群能耗降低10%—15%。此外,非开挖修复技术既能恢复结构安全,也能降低管道内壁粗糙系数,减少水力损失与能耗。

更具前瞻性的是将管网变为能量回收“基础设施”。一是在有落差管道中安装微型水力涡轮机,将势能转化为电能,“就地取能”。二是污水热能回收。污水温度稳定,是极佳热源。在管网中安装热交换器,可为沿线建筑供暖制冷。瑞典斯德哥尔摩某片区利用污水热能满足了区内80%的供暖需求。这预示着排水系统可从“能耗末端”转变为“城市能源基础设施的重要组成部分”。

中国城市报:管网改造会影响污泥的产量与性质。“十五五”时期应优先推广哪些污泥处理技术?如何破解产业链衔接难题?

吴德礼:管网改造后,污泥产量可能增加,有机质含量也可能更高。这既是挑战——处置压力更大;更是机遇——可以为资源化利用提供更优质的原料。

优先推荐两条技术路线:

一是“高级厌氧消化+”技术组合。这是实现“能源回收+资源循环”的旗舰路线。通过热水解、超声波等预处理技术,可大幅提升厌氧消化产气效率(沼气产量提升30%—50%)。沼气可发电或提纯为生物天然气。关键是从消化液中回收80%以上磷,磷是关乎国家粮食安全的战略性资源。沼渣经稳定化处理后,可安全地用于土地改良。

二是“高效低碳干化+资源化利用”。针对土地紧张的大城市,关键是发展太阳能干化等低碳技术。干化后污泥可协同焚烧回收热能,需重点管控二噁英等污染物排放。

破解产业链难题迫在眉睫。首要任务是完善《污泥土地利用》系列标准,建立基于风险评估的分类体系。推动从“政府补贴处置”向“资源化产品价值驱动”转变,探索“处理服务费+资源化产品收益”商业模式,建立政府绿色采购制度,鼓励跨区域共建共享处理中心。像广东省深圳市在“厂网一体化”运营和探索“焚烧为主、厌氧消化为辅、土地利用为补充”的多元化技术路线方面,已提供了有益经验。

中国城市报:管网是水质安全的关键防线。改造中应重点关注哪些技术环节以应对新污染物等风险?

吴德礼:管网是保障水质

安全旅程中最漫长,也最脆弱的一环。

改造中,管材与内衬是基础。必须全面淘汰易腐蚀管材,推广使用球墨铸铁管、不锈钢管、优质塑料管等。修复旧管时优先采用食品级内衬,杜绝“红水”“黄水”及微生物滋生。

管线改造,水质稳定性控制是关键。需要优化消毒剂投加策略,在保障微生物安全的同时抑制消毒副产物生成。对老旧小区,需要特别防范重金属溶出风险。

关于新污染物,管网稳定、密闭的输送是末端深度处理(如高级氧化、膜技术)发挥效能的前提。因此,改造需为未来水厂升级预留接口和空间。同时,一个健全的管网系统也是溯源管控利器,可以辅助锁定工业、医疗等潜在新污染物排放源。未来通过布设在线监测仪,建立预警平台,可快速溯源并隔离风险,将公共健康风险降到最低。

机制固本: 以系统管理实现协同最优

中国城市报:地下管网涉及水务、住建、环保、城管等部门管理。如何构建跨部门协同机制以实现系统最优?

吴德礼:城市管网管理“政出多门”是普遍难题,但必须破解,这需要机制与模式双重创新。

在机制上,建议推动成立“城市水系统管理委员会”。由市领导牵头,统筹水务、生态环境、住房城乡建设、城管、财政、自然资源和规划等部门,赋予其审批综合规划、协调重大项目、考核部门绩效、统筹分配资金的实权,打破“部门墙”。

在运营模式上,应大力推广“厂—网—河(湖)一体化”运维模式。将污水处理厂、排水管网、泵站、沿河闸坝乃至污泥设施等打包交由一个专业运营主体负责。这样运营方才有内在动力优化整个系统。例如,通过精准调度减少雨天溢流污染,既能保护河道,也能降低污水处理厂负荷与风险,实现系统总成本最低和整体效益最大化。上海市苏州河综合整治成功案例,其背后强有力的跨部门协调机制功不可没。

中国城市报:“十五五”时

期,标准、政策与管理规范方面最迫切需要完善什么?

吴德礼:标准是行动的指挥棒和度量尺。当前最需完善以下几类:

第一,建立管网效能评价标准。从“污水收集处理率”等总量指标,转向“污染物(COD)收集率”“雨天溢流污染控制率”“单位管长输水能耗”等强度与质量指标,引导从“建了多长”转向“管得多好”。

第二,污泥资源化出路标准。这是打通循环经济“最后一公里”的关键。必须加快出台鼓励安全资源化的国标与技术规程,明确不同等级污泥产物在土壤改良等不同场景的应用规范。

第三,系统推行碳排放核算标准。建立覆盖“管网—处理—污泥”全链条的碳核算方法,将碳排放强度纳入项目评价体系,引导低碳化发展。

第四,数据与智能标准。统一传感器数据格式、通信协议与模型规范,打破数据孤岛,为构建“城市级水系统数字孪生”奠定基础。

中国城市报:对于各地“十五五”管网规划与建设,您最核心的建议是什么?

吴德礼:最核心的建议是:“系统思维,精准施策”。

必须摒弃“重厂站、轻管网”“重末端、轻源头”“重建设、轻运维”的惯性思维。将供排水管网、污水处理厂、污泥设施、受纳水体乃至雨水管理等作为有机整体进行顶层设计,统一规划与协同建设。

行动的第一步,也是至关重要的一步,是投资于全面的精准诊断,切忌盲目上马工程。在投入巨资改造前,必须舍得花一笔“小钱”,运用管道机器人、声呐探测、在线监测等手段,给管网做“CT扫描”,建立“健康档案”。基于精确数据,才能找准症结,制定靶向方案。例如在雨污分流上,新建区须严格要求,建成区要实事求是,有时建设调蓄设施、推进源头改造是更科学的策略。

同时,要把长期运维和智能化管理的资金与规划,前置到项目总投资中考虑。再先进的管网,缺乏持续“健康管理”,效能也会迅速衰退。必须像重视建设一样,重视其全生命周期的智慧运维,这才是对城市未来真正地负责。