雨污旅行记

本报记者 冯维静 关一 文

玉带河畔东南部，坐落着北京城市副中心最大的污水处理厂，方圆46平方公里范围内的污水，将在这里完成一套『脱胎换骨』的奇妙旅程。污水分为生活污水、工业废水和初期雨水三大类，城市里每天都会产生很多污水，这些污水都去哪里？又是如何被循环再利用？记者一探究竟。

污水重生第二水源 一天“变出”18万吨清水

北至温榆河、西至朝阳交界、南至万盛南街、东至北运河，方圆46平方公里范围内的生活污水，都汇流于北京碧水再生水厂，这里承担着城市副中心84%的污水处理任务。生活污水到该厂区溜达一圈，不到24小时便变成18万吨清亮的再生水。

一滴滴污水从各小区、市政下水道或者雨水收集管走过，在污水收集总管汇集相遇。接下来，污水提升泵站将“成群结队”的污水提升到水质净化厂。顺利抵达净化厂后，污水净化之旅的首站，便是预处理流程，在这里，污水将经历“体积测试”。

在粗格栅及进水泵房，体积较大的杂质及垃圾会因“太胖”而停留于此，顺利通过的污水将继续面临细格栅及沉砂池的考验，完成这一步之后，污水中绝大部分肉眼可见的砂砾及固体垃圾便成功与水体分离。

北京信通碧水再生水有限公司（简称北京碧水再生水厂）始建于2002年，主厂区位于6米深的地下，2015年改扩建后日处理污水能力达到18万吨，峰值处理水量21.2万吨，是全区最大的再生水厂。今年年初，北京碧水再生水厂被北京市科学技术委员会、中关村科技园区管理委员会、北京市科学技术协会授予北京市科普基地称号。

从厂区北侧通道沿缓坡来到地下，是长达400米的廊道，副总经理史乃彪告诉记者，廊道两侧分布着污水处理单元，污水经市政排水管道送进污水厂处理净化，经过格栅间、曝气沉砂池、生化池、二沉池、高密沉淀池、膜池，最后经紫外线消毒，出水可达京标B标准。

尽管是污水处理厂，但这里却闻不到臭味。秘密就在几个大箱子里，在预处理与生化车间，半空中几条涂着蓝绿漆的长方体管道汇入了6个箱体。“这是生物除臭箱，内部有微生物填料，用来处理臭气。”工作人员介绍，这项生物除臭技术可以收集厂内所有环节产生的臭气，降解成二氧化碳和水，无害排放。这套世界领先的技术具有国内自主知识产权，处理效率较传统除臭技术提升3至5倍，香港维多利亚港水环境治理中就用到了这项技术。

“生化池和二沉池是污水处理的核心单元，能够处理80%以上的污染物。”史乃彪解释，目前，碧水再生水厂采用了国内自主知识产权的第五代分布式下沉再生水生态系统，以活性污泥法为基本原理，以活性污泥法、生物膜法以及二者结合的方法作为主流技术。所谓“污泥”其实是数量庞大的微生物菌胶团，它们聚集起来像泥一样。这种工艺方法的原理是向污水中曝入空气，好氧微生物繁殖形成污泥状絮凝物，以悬浮菌胶团为主要形式的微生物群，用来吸附和氧化去除污水中的污染物，从而实现水净化。

曝气是污水处理关键环节，能耗占全厂的50%以上。它的作用是为好氧微生物提供氧气。传统曝气系统纯手动操作，曝气量不好掌握。这里采用了精准曝气智能系统，通过3大类26个探头监测生化单元、精准曝气，较以往能节省曝气量25%，节省电耗10%。

早些年碧水再生水厂周围没有居民区，当时采用美国深池露天曝气技术，随着城市副中心的建设发展，周边涌现了大量的居民区，这项技术渐不适应周边环境。从2015年改造开始，碧水再生水厂转而采用具有国内自主知识产权的第五代分布式下沉再生水生态系统，将处理设施全部置于地下，成为首个国内专有技术超越并替代美国技术的典范。

“第五代分布式再生水生态系统兼顾了出水水质、成本和运行稳定性，能更低成本稳定达到地表Ⅳ类水标准，能有效解决水质黑臭、河道生态基流补水和城市综合用水问题。”史乃彪说。

对于污水处理过程中的污泥废料，“十四五”期间，碧水再生水厂将启动污泥低温干化技术应用，该技术的优势在于不添加任何药剂将污泥含水率处理至10%—60%，实现减量化。若以污泥含水率可处理至40%为例，出厂污泥体积至少减少四分之三，相应的运输及处置费用也能减少四分之三，如此推算，一年将减少上千万元污泥处置费。

一方面节能增效，一方面还能利用污水产生能量。

据介绍，碧水再生水厂有3台水源热泵，用于污水能量回收。其原理是利用水与空气的温差，实现热量传递：夏季，将建筑物中的热量转移到水源中；冬季，从相对恒温的水源中提取能量，利用热泵原理通过空气或水作载冷剂提升温度后输送至建筑物中。水源热泵消耗一个单位的能量，可以得到四倍以上的热量或冷量，而且污染零排放，是名副其实的清洁能源。这套系统可为周边20万平方米的市政建筑提供制冷、供热。

碧水再生水厂还将323亩地上面积全部规划为碧水地上景观公园，污水经过地下水厂一系列科技处理净化后，主要水质指标可达到地表Ⅳ类水质，水厂顶部采用园林绿化形式，既美化环境、又能海绵蓄水。

留住“天上水” “海绵”理念融入城市建设方方面面

雨水除了和污水一起被收集起来变成再生水，还有一部分回补于地下水，通过一段长途旅行——渗、滞、蓄、净、用、排，回收再利用。

几场雨后，运潮减河绿道上，饱满的线形叶子连片生长，像是铺上了一层厚厚的草毯。轻轻拨开草面，露出一个个长方形的一体化草盘。“你看这水渗得就这么快。”区海绵办工作人员介绍，植物下面依次是基质土、过滤的无纺布、用来吸水和过滤雨水的陶粒层和2厘米的储水层，这就是为什么下着雨，地面基本没有积水的原因，雨水基本都被这些草毯“喝掉”了。

在牡丹雅园小区海绵城市改造中，技术人员曾把半瓶水倒在了地上做实验，水迅速下渗，不到十秒就不见了，地面只是微微湿润。“步行道采用的透水沥青材料，透水效果好，能加快雨水下渗。”技术人员解释称，步行道采用的是双层透水沥青，沥青颗粒的嵌合缝隙较大，可使部分雨水直接渗入到地下，路面与下凹绿地的标高差距是25厘米，相较普通绿地可以承接更多雨水。记者细看步行道和绿地之间的路缘石，发现石上还有孔隙，具有排水功能。地上有可见的孔隙，地下也藏孔隙。下雨时，雨水会经由地下的孔隙流入空心的排水路缘石中，路面上未被渗透的雨水则从地上的孔隙流入排水路缘石，而后一起经地下排水管引到下凹绿地进行滞留净化，养护绿地。

小区绿地被改造成了下凹式，同样用来渗蓄雨水，雨水经过层层过滤净化后下渗，回补地下水的同时，通过新建的盲管，被收集进调蓄系统中；暴雨时，超标雨水经过雨水花园中间的溢流口，排入小区地下管网。小区里还有一座废弃的污水处理站，也被改造成雨水调蓄设施，预计总蓄水量将达到4057立方米，用于小区绿化灌溉、清洗地面、洗车等。

北京建筑大学的博士生郑贵莖参与了副中心多个海绵改造的方案咨询，他说，针对不同的建设项目，设计人员会反复现场踏勘，因地制宜量身打造设计方案，添加不同的“海绵元素”。就拿通州哈佛摇篮幼儿园建设的屋顶花园项目来说，它既能提高建筑颜值、节省空间，又能驻留雨水、降低气温，如今，幼儿园教学楼两千平方米的屋顶郁郁葱葱，成为孩子们最爱的地方。

经过5年多的探索与实践，城市副中心已形成了生态城全域建设海绵城市优秀示范片区及镜河、运河商务区、城市绿心等一批特色优质典范项目。截至2022年底，副中心城市建成区面积为71.78平方公里，海绵城市建设达标区域面积27.18平方公里，建设达标比例为37.87%，圆满完成副中心海绵城市建设达标比例35%的目标要求。海绵城市建设理念融入城市建设的方方面面，新建小区、老旧小区改造、市政道路、公园绿地等各类建设项目都开始通过透水铺装、植草沟、绿色屋顶、下沉式绿地、雨水花园、地下调蓄池、景观水体等海绵设施来实现“渗、滞、蓄、净、用、排”，仅试点区范围雨水调蓄设施调蓄量就达12万方左右，大大缓解了城市内涝问题，提升了人居环境。

经过多年规划治理，城市副中心初步形成了“上蓄、中疏、下排、有效滞蓄利用雨洪”的防洪排涝工程体系。2017年至今，实施了80余个雨洪积蓄区，完善城市副中心防洪排涝体系，仅行政办公区年度绿化灌溉、道路浇洒、镜河生态补水等利用再生水就达1526万立方米。

减河公园通过海绵设施实现雨水下渗、滞蓄。

城市绿心森林公园是副中心海绵城市建设优质典范项目之一。

小区下凹式绿地可渗蓄雨水。

牡丹雅园小区海绵城市改造中，步行道采用透水沥青材料，能加快雨水下渗。

雨污分流改造 雨污水有路可排、有地可去

雨水、污水都有各自“归宿”，但新的问题来了：如果城市的排水系统混乱，原本进入污水管道的污水也会顺着雨水管道进入河道，不仅容易产生短时内涝，导致河道污染，还会加重污水处理厂的负担。于是，雨污合流管网改造工程成为近年来北京城市副中心一项持续进行的民生工程。雨水通过雨水管网直接排放到河道，而生活污水则通过污水管网收集后，送到污水处理厂处理，水质达标后再“放行”。

怎样让雨水和污水各行其道？相关部门在老旧小区改造中选择了精细化截污纳管，从“管住每个污水口”，到“管到每户居民”。在西营前街小区老旧小区改造中，建筑外墙上可做雨水立管的，就安装雨水立管；不具备条件的，则在地面上安装“雨污分流器”；污水管网多的地方，则做“沉淀池”。

农村也在有序推广雨污分流相关工作，其中由城市副中心水环境治理PPP建设项目、美丽乡村建设污水项目等工程实施的村庄污水管线改造，目前已完成了第一阶段村外污水治理工作，正在开展第二阶段的村内污水管网完善，进一步提高管网覆盖和污水收集水平，实现污水的有序排放。

“以前废水池是裸露的，很脏、气味又难闻，现在改造好了，基本上没异味，也更美观了，住起来更舒心了。”于家务乡南三间房村村民吴大爷说，以前村里生活污水无序排放，造成道路泥泞不堪、气味难闻、环境脏乱差等问题，自从村里修建了污水排放管网、污水处理站，方便家家户户管道接入，改善了村民的生活环境。

截至目前，全区累计完成372个村的美丽乡村污水治理及村外截污工程，全区污水处理率由2015年的67.2%提升至2022年的94.5%。副中心还将逐步完善村内雨污水管线及污水处理设施，实现“污水不外排、不露天”，到2025年，达到农村污水处理设施全覆盖。

本版摄影 常鸣 唐建

北京碧水再生水厂承担着城市副中心84%的污水处理任务，地下处理污水，地上为景观公园。