

未来科技城人工湿地净化工程

项目位置：未来科技城滨水森林公园

项目规模：日处理量4万m³

建设时间：2013~2014年

3.1 现状基本情况

3.1.1 项目概况

未来科技城位于北京市昌平区小汤山镇和北七家镇温榆河绿色生态走廊两侧，未来科技城滨水公园建于未来城南区，依托老河湾修建而成，是以再生水为水源的绿色生态公园。未来科技城滨水公园陆地面积251.59万m²，以湿地，山林景观为主；其中景观水系水面面积合计为28.6万m²，包括中心湖（8.5万m²）、景观湿地（10.0万m²）、老河湾（9.3万m²）及叠水花台（0.8万m²），总蓄水量约为41万m³。

未来科技城滨水森林公园景观水系水质保障工程建设范围为滨水森林公园内的水体，包括温榆河老河湾、老河湾包围的中心湖，旨在通过水体循环、湿地生态净化等措施，保障公园水体水质，并充分展示湿地生态系统在水质净化、生物多样性恢复、生态景观构建、局部小气候改善等方面的多样功能；实现保障公园水系水环境质量的最终目标。工程建设直接费用9991.42万元，运行费用约为673万元/年。

3.1.2 水文地质条件

工程位于昌平区北七家镇，施工区域周边南临定泗路，东临京承高速，道路通畅，对外交通便利。

（1）水文、气象条件

本区气候属大陆性季风气候，四季分明，春季干旱多

风，夏季炎热多雨，秋季天高气爽，冬季寒冷干燥。多年平均气温为11.5~11.8℃，无霜期为200~203天。由于受大陆性季风气候影响，降水时间分布不均，多年平均降水量为574mm，雨量集中在6~8月，占全年降水量的76%左右。年际降雨量也极不均匀，降雨最多的1954年，年降雨1251.2mm，降雨量最少的1965年为370.9mm。根据昌平站实测资料统计，昌平站多年平均水面蒸发量约为2080mm（20cm口径蒸发皿）。历年大风日在16~60天之间，年平均大风日在35天左右，大风日主要集中在冬、春两季，尤其11~12月大风日约占全年的1/3。年平均风速2.6m/s，最大风速为24.7m/s（1983年4月29日），风向冬春季以西北风为主，夏、秋季以东风和东南风为主。

未来科技城地区最大月蒸发量为174mm/月，最大日蒸发量为5.8mm/d；根据现场取样实测试验数据，单位面积渗漏损失量为5mm/d，单位面积最大蒸发渗漏量为10.8mm。

（2）地质条件

建设场地属河漫滩地貌单元，位于温榆河河岸西南一侧，紧邻老河湾水域，地势较为平坦开阔，地面绝对标高27.80~31.62。本区地下水补给来源主要为大气降水入渗及温榆河、老河湾河道侧向渗流。地下水主要排泄方式为潜水通过包气带土层的毛细作用和植物的蒸腾作用向大气蒸发，其次为人工开采（如施工降水等）。区内地下水动态主要受大气降水、侧向径流补给、蒸发、人工开采等自

然因素和人为因素的影响，据调查场地内地下水年变化幅度可达2～3m。

根据1990年国家地震局颁发的1/400万《中国地震烈度区划图》（50年超越概率10%）圈定，工程区地震基本烈度为Ⅷ度。

3.2 工程建设目标

（1）保证未来科技城滨水森林公园景观水系补水水量：根据景观水系规划成果，对需水量进行核算，并制定补水方案，保证景观水系补水水量。

（2）保持未来科技城滨水森林公园景观水系水质：近期未来科技城滨水森林公园景观水系以再生水为主要补水水源，主要水质指标满足地表水Ⅳ类标准，水质保障措施应保证其在使用过程中水质不恶化，即保持景观水系主要水质指标满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中Ⅳ类标准。具体指标要求见表1。

表1 景观水系水质保障目标					
单位：mg/L					
项 目	COD _{Cr}	BOD ₅	TP	NH ₃ -N	DO
数值	30	6	0.3	1.5	≥3

3.3 总体布局

未来科技城滨水森林公园水质保障工程以水资源节约、高效利用为宗旨，利用再生水、地表水水源，通过水体循环，充分发挥湿地生态景观效果及其水质净化功能，辅以生物调控措施，建成“水体循环—人工湿地—生物调控”集成技术体系，为未来科技城中心公园提供水量水质保障。工程建设内容主要包含：补水工程、水体循环及泵

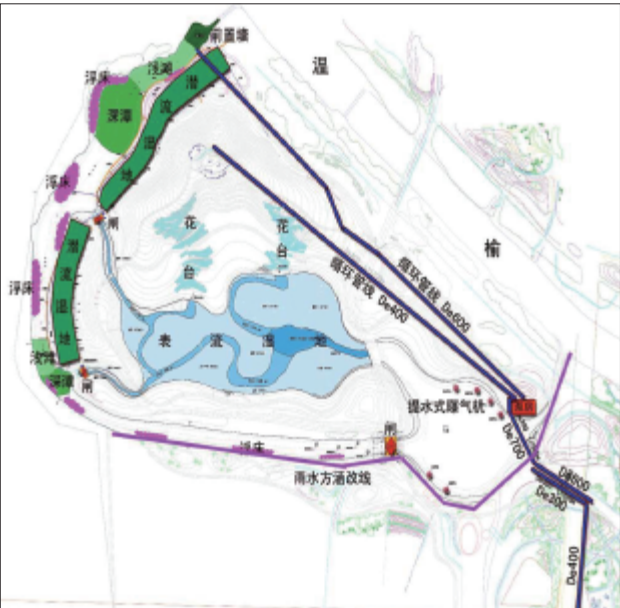


图1 未来科技城滨水森林公园水质保障工程总体布局

站工程、潜流人工湿地工程、老河湾水质保障工程、景观表流湿地工程、中心湖水质保障工程、闸坝调控工程、雨水方涵改线工程。

根据老河湾现状条件，结合滨水公园景观规划和未来科技城的建设规划，本工程建设布局为：老河湾与中心湖区的三个连通处共建设三座水闸来调节控制水位；老河湾和中心湖中布置水生植物、曝气机等原位生态处理工程，维持水质；老河湾和中心湖间的水面结合景观栈道、码头、明岛暗岛等布置景观表流湿地，对该部分水质进行净化处理；园区北部高山的南面布置两个叠水花台，通过跌水曝气净化水质；园区北部高山的西侧建立潜流人工湿地，对循环的再生水进行强化处理。

3.4 建设方案

3.4.1 补水工程

近期以北七家污水厂的再生水作为整体水系的补水水源。根据市政综合规划，利用再生水管线在定泗路的预留口进行再生水补水。补水工程包括从中水口沿定泗路向东至鲁疃西路附近，然后沿鲁疃西路向北，至中心湖附近向西通入中心湖，并在该处预留后期绿地建设所需的补水口。共埋设De400PE再生水管550m，通过此补水管线补充的7000m³/d再生水进入中心湖。

远期（2020年）以温榆河的水作为补水水源。根据规划，远期温榆河水位高于老河湾水位，温榆河水可从老河湾北部进口自流进入老河湾。远期补水时，通过老河湾与温榆河的连通闸引温榆河水进入公园景观水体，为景观水体补水。

3.4.2 水体循环及泵站工程

建设循环管道长2320m，泵站1座，从中心湖抽水，分两路循环线路输送至老河湾首端、潜流人工湿地、叠水花台，之后回归中心湖，实现循环净化，设计日循环水量4万m³，其中向老河湾输水2.1万m³/d、向潜流人工湿地输水1.4万m³/d、向叠水花台输水0.5万m³/d。

水体循环工程由中心湖抽水4万m³/d，设两路循环管线：

（1）管线1：从中心湖抽水0.5万m³/d，经DN600地埋管输送主山，经叠水花台至表流湿地入湖。

（2）管线2：从中心湖抽水3.5万m³/d，经DN300地埋管输送至老河湾首端，输送路线分为两个分支。分支1输水量1.4万m³/d，经两处潜流湿地处理后回到老河湾，然后入中心湖；分支2输水量2.1万m³/d，进入老河湾，经老河湾和表流湿地至中心湖。

3.4.3 潜流人工湿地工程

基于景观空间布局、可利用面积、循环水量、潜流湿地处理能力等综合因素，设计潜流湿地总面积为3.5万m²。

通过潜流人工湿地填料渗滤吸附及微生物、湿地植物吸收降解，使循环水流得到深度净化。潜流人工湿地分为并联独立的两个区，分别位于主山和西部辅山西侧，紧邻老河湾，呈南北向长条状布置，其中1区（主山西侧潜流湿地区）面积2.0万m²，2区（辅山西侧潜流湿地区）面积1.5万m²。潜流湿地正常设计处理水量为1.4万m³/d，最大设计处理水量为3.5万m³/d，相应水力负荷为0.4t/m²/d和1.0t/m²/d。

受地形条件限制，有机结合地形条件和水质净化需求灵活采用水平或垂直潜流湿地结构型式。其中：

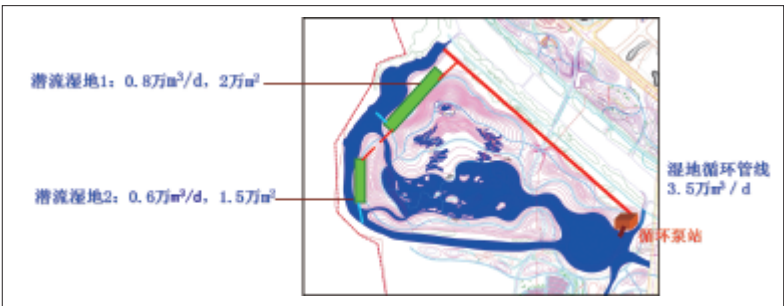


图4 潜流人工湿地示意图

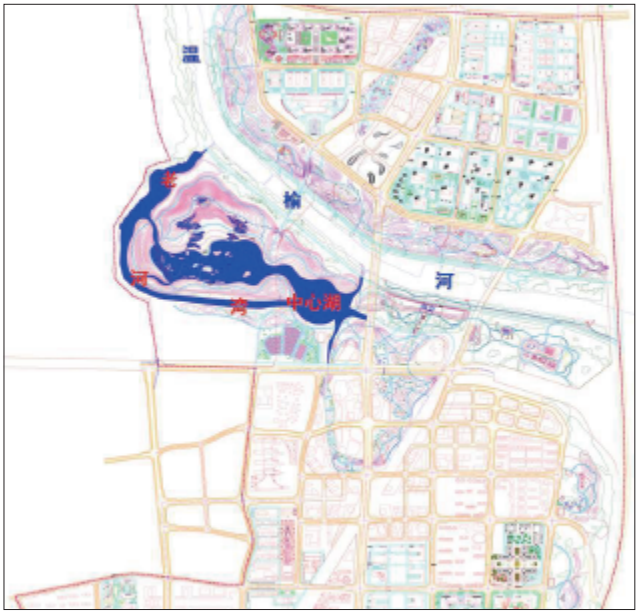


图2 再生水补水工程示意图

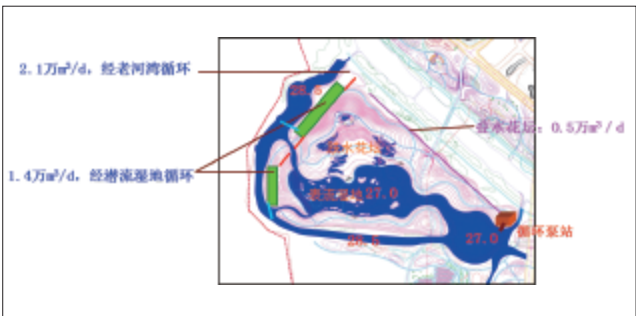


图3 水体循环及泵站工程示意图

1区潜流湿地单元采用水平潜流结构型式，区共设10个并联单元，单元尺寸宽30～45m，长40～55m。湿地外侧紧邻老河湾边缘，与老河湾浅水边滩结合，形成溪流景观，收集各潜流湿地单元的退水，在南端汇流后通过排水暗管将水流导入老河湾河中心处，溪流集水区与老河湾隔离，并设木栈道形成滨水游廊。

2区主要采用垂直流结构型式，设置3个串联单元，前端设计渗滤单元，面积约2600m²；经渗滤单元初步处理后，出水进入一级湿地单元，该湿地单元为上行垂直流湿地单元，面积约3180m²；一级湿地单元净化处理后进入二级垂直流湿地单元，面积约9100m²，最后由集水花管从底部收集经水位调节井调控后外排。湿地出水进入紧邻老河湾的溪流区，并最终排入老河湾中心处。

基于公园景观需求，潜流湿地床内所选植物主要为芦荻、千屈菜、菖蒲、鸢尾、芦苇。

3.4.4 老河湾水质保障工程

老河湾长1744m，宽约50~100m，面积9.3万m²。滨水森林公园建成后，老河湾的水流速度将非常缓慢，必须建设相应的水质保障措施以保证该河道内的水质不发生恶化。该段缓流河道的水质保障工程，保持老河湾现有基本断面形式不变，在清淤的基础上，结合深潭浅滩建设、水生植物恢复、人工曝气、人工浮床、生物链构建等措施进行，净水能力0.9万t/d。

为降低老河湾河底淤泥内源污染风险，对老河湾底部表层20cm的淤泥进行清理，清淤总量为29100m³。

建成深潭2处，浅滩2处。深潭区中心水深4m，深潭区及南部河段近岸边布置人工浮床，共计5000m²。前滩区保证1m深水水位，浅滩处种植水生植物，水生植物种类包括水葱、香蒲、菖蒲、鸢尾等挺水植物和苦草、黑藻、马来眼子菜等沉水植物，种植水生植物183190m²。

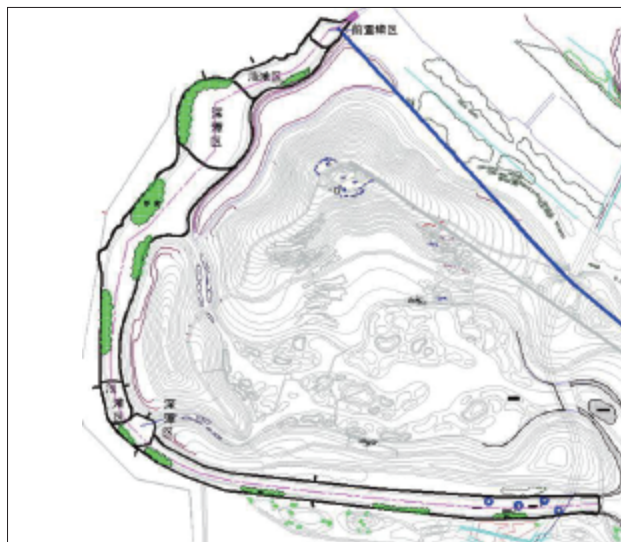


图5 老河湾水质保障工程示意图

在老河湾南部河段、老河湾橡胶坝前布置提水曝气机4台，以增加老河湾河道末端水体的流动和曝气，强化水体的自净功能。为构建该人工水体的生态系统，在河道内放养鲢鱼3030kg、鳙鱼3030kg，以促进老河湾生物链的形成，同时控制藻类过量繁殖。

3.4.5 景观表流湿地工程

结合景观需求，依据老河湾和中心湖之间区域小岛、深水区、浅水区等微地形，进行适当整理，建成以景观功能为主、水质净化功能为辅的表流湿地。

表流湿地面积10.0万m²，水力负荷0.17m³/m²·d，进水为老河湾进水和花台进水，合计进水流量1.7万m³/d，出水进入中心湖。

表流湿地内种植具有水质净化功能的挺水植物，包括千屈菜、蘆草、鸢尾、花叶芦竹、泽泻、美人蕉、香蒲、水葱、梭鱼草、芦苇等，挺水植物总种植面积为29178m²，种植水深为0.5m。浅水区种植浮叶植物（荷花），种植面积为1680m²，种植水深为1m。种植沉水植物（苦草、黑藻、金鱼藻、马来眼子菜），种植面积为2049m²，种植水深为1m。

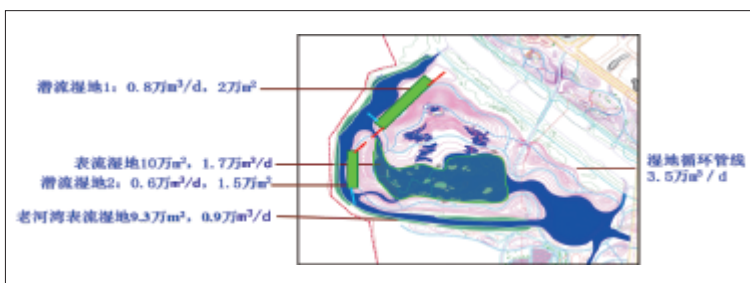


图6 景观表流湿地工程示意图

3.4.6 中心湖水质保障工程

中心湖水面面积8.5万m²，水深3m，在保证中心湖区敞水面积的前提下，采取人工曝气、水生植物恢复等生态工程措施来保障中心湖区的水质。

中心湖水质保障工程以景观水面为主、局部区域水质改善为辅。中心湖安装提水曝气机6台，布置太阳能曝气机1台，以增加死水区的水体循环流动。中心湖沿岸种植慈菇、水葱、鸢尾等挺水植物，种植面积合计8000m²。

3.4.7 闸坝调控工程

通过闸坝调控，实现老河湾和中心湖的不同水位，利用水位差强化水体的流动和水量分配。在老河湾东岸分流进入景观湿地的两个分流口处建设两座节制闸，控制由老河湾进入表流湿地的水量1.2万m³/d，进入中心湖水量2.3万m³/d。为控制湿地净化水量和保持河道景观水位，在老河湾出口处修建1座橡胶坝。

3.4.8 雨水方涵改线工程

为避免雨污水对公园景观水体的影响，对原有直接排入老河湾的排水方涵进行改线，将排水导入温榆河。沿老河湾南岸新建雨水暗涵，并修建半径50m的圆弧衔接段，将现状暗涵与新建暗涵连通，使雨水导入温榆河。在中心湖和主山北侧建设条形调蓄池，将部分雨水通过溢流管进入调蓄池进行收集，根据水质状况可用于灌溉和景观补水，保证雨水安全排除基础上实现水资源利用。



图7 中心湖水质保障工程示意图

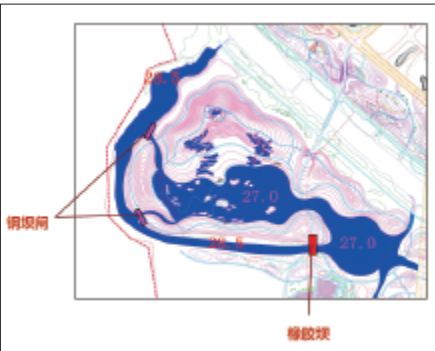


图8 闸坝调控工程示意图

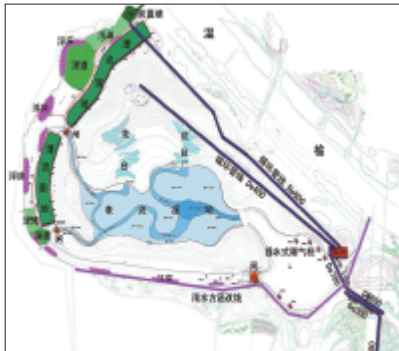


图9 雨水方涵改线工程示意图

3.5 工程投资

北京未来科技城滨水森林公园水质保障工程建设直接费用为9991.42万元。景观水系引水时间和水质保障措施运行时间为每年3~10月，工程年运行管理费总计为673万元，包括运行电费、再生水费、人工费、设备维修费、折旧费等。

3.6 工程效益

北京未来科技城滨水森林公园水质保障工程的实施，为未来科技城提供了清洁、生态的景观水体。同时充分发挥湿地生态系统在水质净化、生物多样性恢复、生态景观构建、局部小气候改善等方面的多样功能，实现公园水系水质改善和水生态景观构建，避免再生水水体因滞留时间过长及周边面源污染输入而造成水质恶化，确保公园水体主要水质指标维持地表水Ⅳ类标准以上，维持公园景观水系良好的水生态环境。

同时，水质保障工程的实施，有助于恢复当地水生生态系统，提高水生生物多样性。该区域浮游植物、浮游动物Shannon-Weiner多样性指数均大于1.5；水生植物Shannon-Weiner多样性指数大于1。