

4

八号桥大型仿自然复合功能湿地工程

项目位置：官厅水库八号桥永定河入库口附近河道滩地

项目规模：建设总面积约210.1万m²，设计规模26万m³/d

建设时间：2018～2019年

4.1 现状基本情况

4.1.1 项目概况

2009年，为贯彻落实国家《京津冀协同发展规划纲要》以及“环保水务先行”的工作要求，北京市水务局编制《永定河生态廊道建设规划》，正式启动永定河治理工作。永定河作为京津冀生态发展的主轴，不仅是首都的生态屏障，更是京津冀区域协同发展、可持续发展不可替代的生态文明载体；“官厅水库八号桥入库湿地工程项目”是永定河生态廊道建设及官厅水库生态恢复的重要组成部分。

永定河八号桥仿自然复合功能湿地工程位于河北省怀来县官厅水库八号桥永定河入库口，其上游主要河流为桑干河和洋河，两河在张家口市怀来县交汇后（即为永定河）经八号桥断面流入官厅水库。为改善永定河入库水质，利用长约3.5km，宽约700m的河道及滩地，建设总面积约210万m²的仿自然河道湿地，设计净水规模3m³/s，折合约26万m³/d，预期将于2019年6月份完成主体工程施工。

4.1.2 水文地质条件

（1）水文、气象条件

八号桥湿地位于永定河入库口滩地，官厅水库满库时为库区，低水位时为库滨带。

该项目位于河北省怀来县，属典型的半干旱大陆季风性气候区，冬季较长，干燥寒冷，盛行西北风，夏季较短，春秋多风沙，冷暖变化显著。据怀来县气象站资料统计，多年平均气温为9.4℃，6～8月气温较高，月平均气温22.4～24.3℃之间，12月份及翌年1、2月气温较低，月平均气温为-7.7～-4.4℃。极端最高气温达到42.2℃，极端最低气温-23.3℃。该区域冰期较长，初冰期在上年11月底到12月初，终冰期在下年的3月中下旬，最大河心结冰厚度达0.58m。本地区地表土每年11月开始冻结，次年4月份解冻，土层冻结深度为70～90cm。该区域多年平均降雨量为407.5mm，降水量年际变化大；官厅水库年平均蒸发量多在1200～1400mm以上。

根据八号桥水文站统计，2006～2015年永定河上游来水平均流量3.24m³/s，近十年最大流量37.2m³/s。据



图1 八号桥仿自然复合功能湿地工程

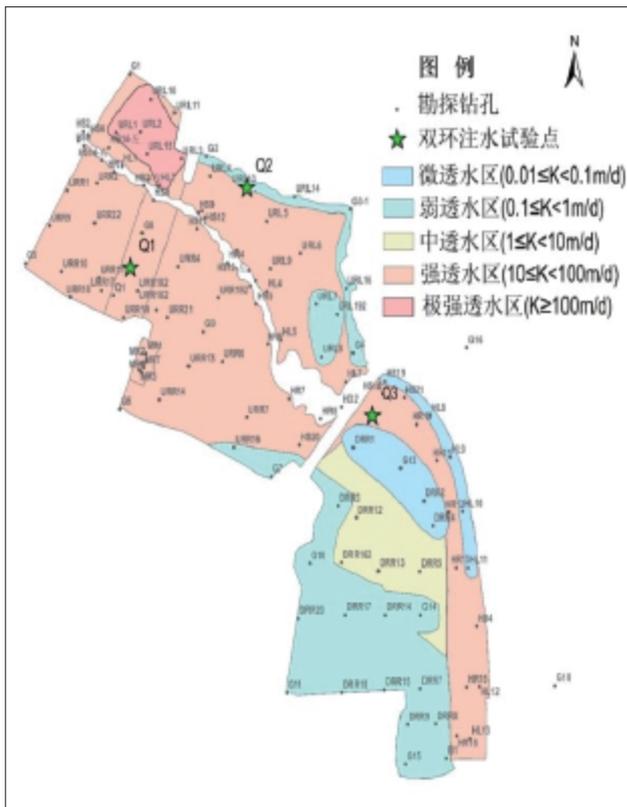


图2 示范区土壤渗透系数

2006~2015年八号桥水文站流量的累积发生频率统计,其中流量小于 $2.0\text{m}^3/\text{s}$ 的累积发生频率为45%,小于 $3.0\text{m}^3/\text{s}$ 的累积发生频率为63%。

(2) 地质条件

根据区域地质资料,延怀盆地内沉积有巨厚的(最大厚度大于2300m)第四系及第三系沉积物。盆地四周出露有中元古界蓟县系砂质灰岩、白云岩、砂页岩等沉积岩及中生代火山岩系等。其中第四系地层主要为表层耕植土、全新统粉砂、上更新统圆砾,局部分布有粉土质黄土、粉细砂。

工程建设区域透水系数在 $0.1 \sim 100\text{m}/\text{d}$,大部分区域属于中、强透水区。

4.1.3 水质现状

官厅水库的目标水质为II类水,根据北京市环保局公布的水环境质量状况,官厅水库水质全年基本稳定在IV类水。为保障官厅水库入库水质,同时根据“水十条”考核要求,八号桥断面水质应达到地表III类标准,但官厅水库

八号桥水文站水质监测数据显示，该断面现状水质为V类（主要超标指标为TN和TP）。

从八号桥断面年内水质变化趋势分析，断面水质随季节具有一定变化，总体趋势表现为11月至来年4月（也即低温期），水质最差，为IV~V类，此时间段内COD、氨氮和TP等指标均出现不同程度的超标现象；随温度升高断面水质区域好转，汛期6~9月份，水质明显好转，基本能达到III~IV，而此时段内亦出现COD和TP的超标显现。总体而言，现状八号桥断面水质除TP超标外，还存在COD、氨氮污染物指标浓度季节性变化大，不能稳定达标的现象。

4.2 工程建设目标及需求

该工程位于官厅八号桥位于永定河入库口，是污染入库的咽喉，在此建设湿地工程的工程任务主要包括净水永定河来水、控制入库污染，退耕还湿、恢复湿地生态，配合河北怀来县国家湿地公园试点工作，建设湿地公园水利基础条件。

湿地建设主要处理永定河水，与黑土洼湿地系统共同构成永定河入库水源净化功能目标，同时构建生态系统，恢复永定河河道生态，防止水土流失，为区域环境改善创造良好条件。

除了水质净化功能外，工程利用官厅水库滩地建设表流型水质净化湿地，通过合理的地形塑造、植物配置等，形成溪流、湖泊、跌水等不同水力形态构建的芦苇荡、荷花塘、生物岛、百花园等不同的湿地景观，为提高区域水环境，2022冬奥会和2019年世园会提供了良好的环境支撑。

4.3 工程布置

4.3.1 总体布局

示范工程总体布置遵循河道现状格局，按照因地制宜的原则，根据现状高程，沿顺河道方向，河道主槽与大秦铁路、沙蔚铁路、八号公路桥、丰沙铁路将湿地系统划分为三个处理区，以保障净化永定河入官厅水库水质为主要功能目标，结合表流、塘、潜流等人工湿地结构特征和技术要点，同时借鉴生物脱氮除磷技术原理，集成溪流湿

地、森林湿地、岛屿湿地、表流湿地、潜流湿地，以仿自然湿地形式进行总体设计；同时，按照湿地水质净化要求，充分利用土地面积，发挥湿地净化效率，对各个功能区进行区域划分和优化组合。

根据各区位置关系，在设计处理规模下，对各区进行水量分配，左三区通过河道勾连形成第一处理区，总面积63.8万 m^2 ，右前三区形成第二处理区，总面积69.7万 m^2 ，右四区形成第三处理区，总面积74.1万 m^2 ，其中左一区、左二区为第一处理区预处理，右一区 and 右二区为第二处理区预处理，左三区和右三区为主处理，右四区为精处理，形成内部串联的两个并联式的表流湿地处理工艺。

根据各区处理功能，第一处理区和第二处理以漫流式表流湿地为主，模拟天然湿地特征，形成溪流特征湿地（第一处理区），岛屿滩涂特征湿地（第二处理区），第三处理区以单元式表流湿地为主，以一定水力方式流动，形成梯田特征湿地。



图3 示范工程总体布置图

4.3.2 工艺流程

三个处理区既独立，又相互联系，形成湿地网络。根据湿地总体布置，三个分区按照面积大小，第一处理区处理规模1 m^3/s ，第二处理区串联第三处理区，处理规模2 m^3/s ，总处理最大水量3 m^3/s 。

在永定河上游来水小于2.0 m^3/s 时，第一处理区及第二处理区出水均进入第三处理区进行再净化。当上游来水大

于 $3.0\text{m}^3/\text{s}$ 时，剩余河水自河道主槽进入河道下游。当上游来水大于 $40\text{m}^3/\text{s}$ 时，湿地地区全部行洪，漫流过水，洪水过后恢复运行。

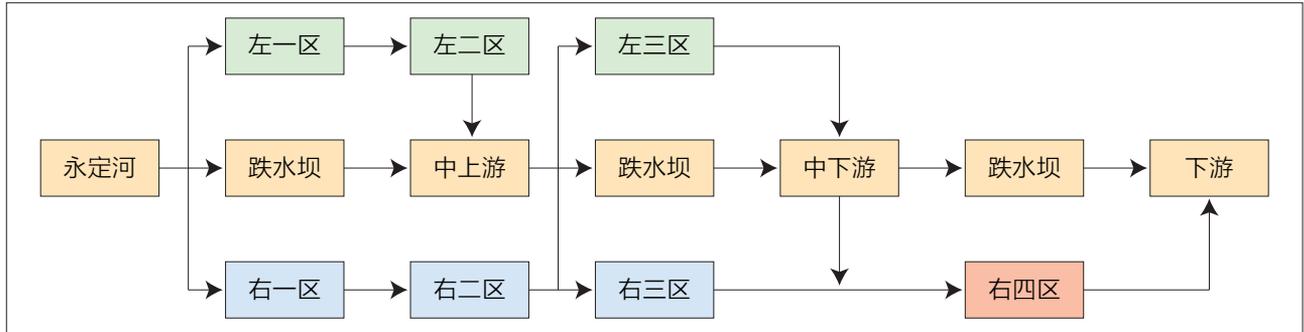


图4 示范工程系统流程图

在永定河上游来水小于 $2.0\text{m}^3/\text{s}$ 时，第一处理区及第二处理区出水均进入第三处理区进行再净化。当上游来水大于 $3.0\text{m}^3/\text{s}$ 时，剩余河水自河道主槽进入河道下游。当上游来水大于 $40\text{m}^3/\text{s}$ 时，湿地地区全部行洪，漫流过水，洪水过后恢复运行。

4.3.3 分区布置

分区湿地按照现状地形地势为基础进行土方挖填整理而成，通过开挖引水溪流使河道与湿地连接，自永定河主槽引水，通过溪流和湿地，使河水在湿地中穿行。设计中秉承自然生态理念，综合集成溪流、生态塘、表流湿地、潜流湿地各自优点，通过深水、浅水、急流、缓流、以及水位变动、截留、沉淀等物理措施，筛选冷季型沉水植物、耐低温微生物等生物措施，基于底泥调理的缓释钙基除磷等强化措施，以及保障冬季冰封期越冬运行等湿地结构优化，构建形成生境空间丰富、结构形态自然、水质高效净化的仿自然复合功能湿地。

① 第一处理区

以漫流式表流湿地为主，模拟天然湿地特征，疏挖若干溪流，通过勾连、交互形成交错的线条式湿地，形成条带状湿地特征，构建形成溪流特征湿地，总面积 35.2万m^2 。

第一处理区通过水生植物优化配置技术，根据湿地设计水位，综合考虑污染物高效净化、季节交替衔接、景观提升等综合目标要求，于浅水区种植以水葱、菖蒲、水芹菜、慈姑等为主的挺水植物，深水区采用茳草、苦草、马来眼子菜、金鱼藻等为主的沉水植物。

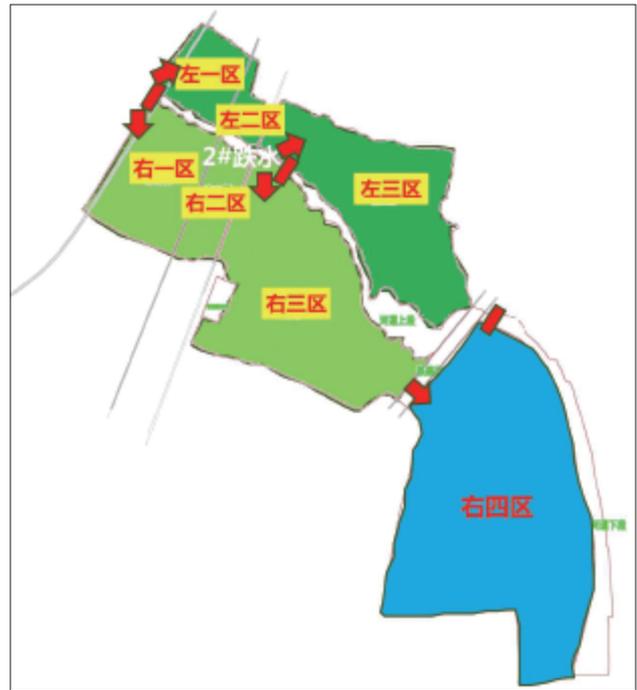


图5 示范工程分区布置图

第一处理区又分为三个区域（左一区、左二区、左三区），面积分别为 5万m^2 、 2.2万m^2 和 28万m^2 。其中，左一区和左二区为第一处理区的预处理单元，左三区是第一处理区的主处理场所，形成面积 28.0万m^2 的溪流湿地净化区。

② 第二处理区

主体以岛屿湿地设计，利用现状田埂及局部地形改造，形成水面、小岛、湿地的分散式湿地景观特征。湿地总面积 48.8万m^2 ，根据湿地布置又分为三个区域（右一

区、右二区、右三区），面积分别为11.6万m²、5.2万m²和32万m²。其中，右一区 and 右二区为第二处理区的预处理单元，分别为森林湿地区和溪流湿地区；右三区为岛屿湿地，利用现状田埂及局部地形改造形成，岛屿湿地分为四个部分：主湖区、鱼鳞湿地、生物塘和连通溪流。

第二处理区综合集成水位/流量调控、立体生态浮岛构建、水生植物优化配置等多项技术，根据场地现状进行布置。

右三区主湖区通过微地形构建，创建若干植物岛屿，形成大量点状分散包括水面、绿道、浅滩等多元素的湿地；同时，对湖区内挺水、沉水植物进行优化配置；

鱼鳞湿地为对其水体流量、挺水时间进行有效调节，采用码放铅丝石笼导水的方式，使水流形成折返式流动，导水石笼设置为鱼鳞型特征。同时在湿地内部进行底部基质的优化配置，增加微生物附着面积，强化水生植物-基质-微生物的综合净水作用。

生物塘内进行水位起伏设计，中央最大水深2.0m，最小水深0.5m，形成不同类型好氧区域，强化净水效果；同时根据塘中水位深浅，进行立体生态浮岛构建和水生植物优化配置，最终成立体式生物净化塘。

③ 第三处理区（右四区）

以表流湿地为主，总体成梯田特征布置，总面积71.5万m²。区域内利用现状场地内西侧中部鱼塘，疏挖形成水生稳定塘，其余地块形成内部串联的三个并联式表流湿地区（北区湿地、东区湿地、南区湿地），面积分别为13.6万m²、4.3万m²和29.5万m²。

第三处理区为整个示范工程的精处理区，以建成集水质保障、生态修复、景观提升等复合功能为一体仿自然湿地系统为目标，基于北方低温河流高标准水质保障仿自然湿地构建技术体系，集成短程硝化反硝化、高效稳定除磷、湿地水位/流量调控、筛选冷季型沉水植物、耐低温微生物等生物措施多项技术措施；在该区域内建成1万m²湿地试验区，采用潜流湿地为主，配套表流湿地和生物塘进行布置，旨在进行关键技术的应用研究与优化提升，保障冬季冰封期越冬运行，同时该区域也作为整个工程的水质强化净化单元。

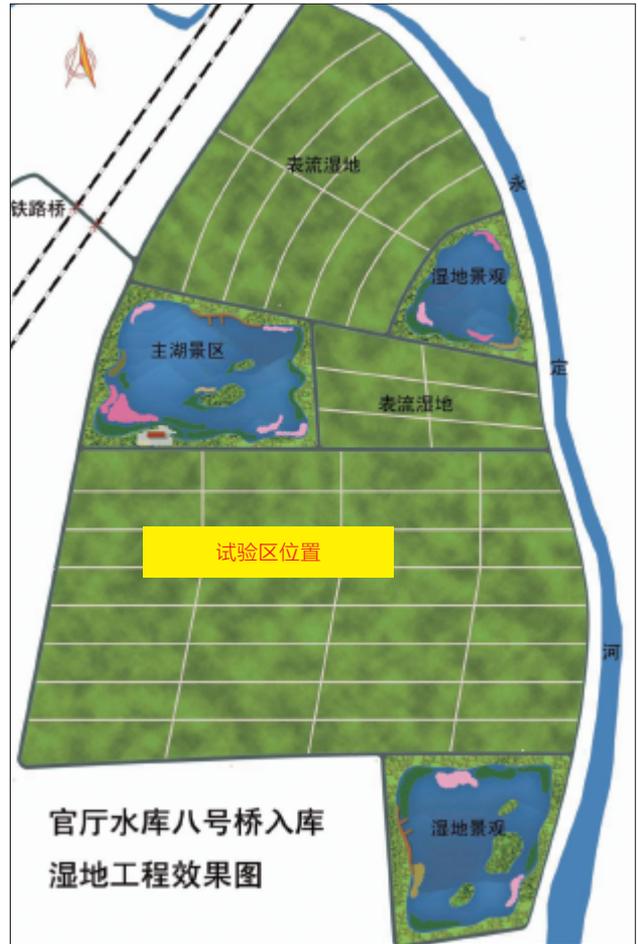


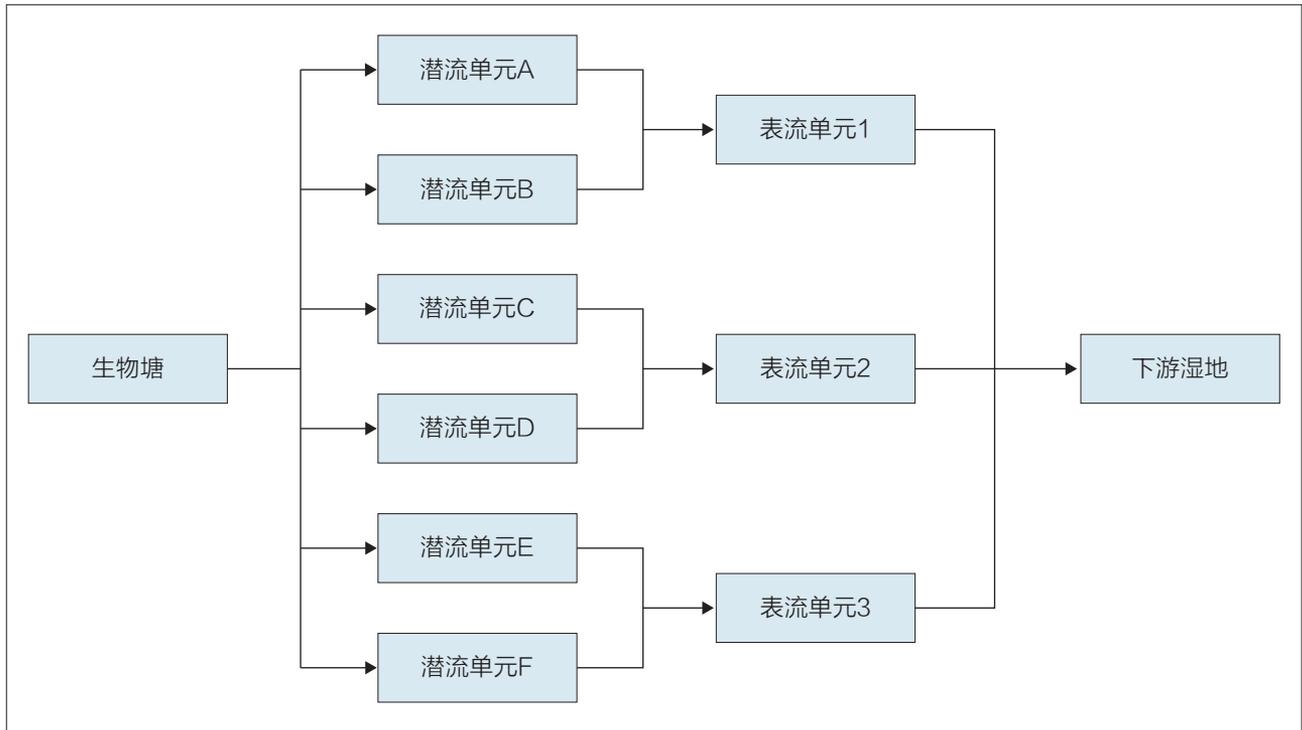
图6 第三处理区平面布置图

生物稳定塘：利用现状场地内鱼塘，疏挖形成3个配水生物稳定塘，总面积14.7万m²。生物稳定塘向北侧、东侧及南侧湿地单元布水，通过重力自流布水；湿地内整体水流均自西向东，最终通过集水驱汇集至南侧生物塘，出水进入永定河。

表流湿地区：采用梯田型布置，自生物稳定塘取水，并重力自留布水，不仅节省运行电力成本，同时通过水位与湿地内流量的变化和调控，形成不同溶氧环境，促进对污染物质的净化。基于高效稳定除磷技术研究成果，在表流湿地单元内局部掺混或增设高效除磷填料，强化仿自然表流型湿地对TP的强化去除效果。系统选用去污能力强、适应能力强的水生植物进行优化配置，建造良好的水生植物生态群落。

潜流湿地区：在单元湿地区布置少量潜流湿地，总体形式主要为渗滤单元、潜流湿地单元、除磷表流湿地单元

和强化生态塘等多工艺分级优化组合。试验区内重点基于仿自然湿地形式，借鉴生物脱氮除磷原理，进行湿地结构优化和基质材料、水生动植物优化配置，对仿自然湿地强化生物脱氮、湿地基质缓释除磷、低温期越冬运行等关键技术进行深入研究。试验区分为6个单元并联和串联的组合形式，其工艺流程如下：



4.4 工程投资

八号桥大型仿自然复合功能湿地工程总投资37026.88万元，经估算，工程年需运行费用约633万元。

4.5 工程效益

该工程秉承自然生态理念，充分利用河滩地空间及地形，综合集成溪流、生态塘、表流湿地、潜流湿地等多种形态，构建形成生境空间丰富、结构形态自然、水质高效净化的仿自然复合功能湿地。通过深水、浅水、急流、缓流、以及水位变动、截留、沉淀等物理措施，筛选冷季型沉水植物、耐低温微生物等生物措施，基于底泥调理的缓释钙基除磷等强化措施，以及保障冬季冰封期越冬运行等湿地结构优化，建设高效湿地净化系统，最大限度地将污染物从湿地系统中去除，预期水质净化效率为30%，将较大的改善永定河入库水质，减少污染源，提高水库水质，为恢复官厅饮用水功能具有重要意义。

同时通过工程建设，有利于库区周边的生态恢复和生态保护，有利于生物多样性的保护和人类生存环境的改善，对提高永定河生态、增加水源涵养、改善水土流失状况具有重要作用。