



# 2018年中国水利学会大禹奖

## 非常规水源补给型河流污染控制与水质改善集成技术及应用

获奖等级： 三等奖

完成单位： 北京市水科学技术研究院

完成人员： 李其军、王培京、马宁、何刚、战楠、顾永钢、金桂琴、白文荣、李垒、赵立新

### 一、立项背景

海河流域地处我国北方半干旱地区，天然水资源禀赋不足。其中，北运河水系是我国北方半干旱平原水河流的典型代表，也是海河流域重污染河流的典型代表，存在着清洁水资源短缺、河流水体污染严重、水生态功能退化等突出问题，具体表现在：1) 地表水资源总量不足，河流环境流量动力学过程弱化紊乱；2) COD浓度大幅下降，普遍接近50毫克/升，已出现治理拐点；3) 氨氮污染问题十分突出，尤其氨氮耗氧效应显著；4) 河流生态系统结构遭到破坏，生态功能急剧退化。面对日益凸显的非常规水源补给特性及其治理难题，仅以传统的单项污染源治理和开源节流模式已不能完全解决海河流域水污染严重和水资源短缺的问题，实现河流水质改善极具挑战。

### 二、研究思路及关键技术

#### 1、总体思路

基于北运河水系（北京段）总体呈现“两头高、中部低”的污染空间分布特征，按照“流域统筹、分段施策”的总体策略，系统开展并实施了北运河水系“沙河水库段小流域污染综合控制与循环利用-温榆河段低污染河道旁路生态净化-通州段干流补水净化协同生态调控”的综合治理方案，研发并集成了一系列水污染控制与水质改善关键技术，建立非常规水源补给河流水质改善技术集成体系并示范应用。

#### 2、关键技术

(1) 构建沙河水库段小流域水污染控制与循环利用成套技术，实现主要入河污染物显著削减

a) 开发城镇污水处理厂出水生态净化技术，打造面向水生态安全的城镇生态污水处理厂，实现冬季COD和氨氮去除率分别高达98.0%和99.3%

b) 攻克北方村镇生活污水低耗能易管理技术2项，实现了出水水质稳定达标，吨水处理成本均不超过0.2元，突破制约农村地区村庄污水处理长效运行屏障。

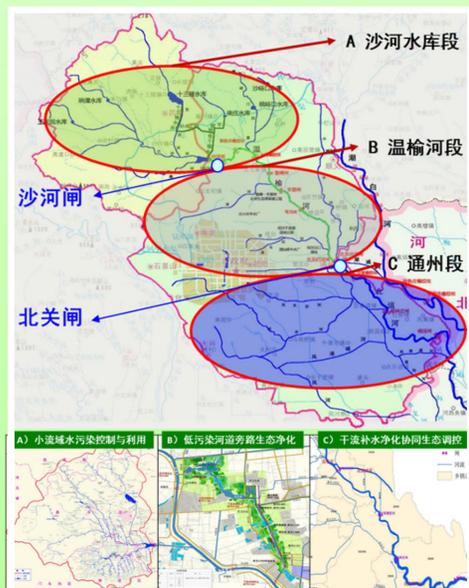


图1 北运河水系污染控制与水质改善治理思路

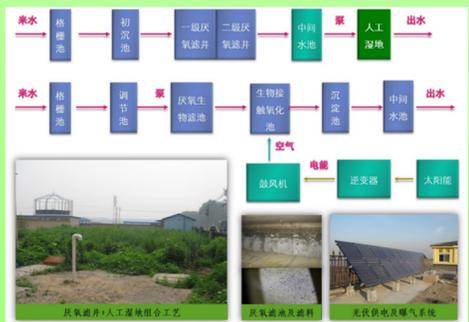


图3 北方村镇生活污水低耗能易管理技术  
(a) 厌氧滤井+跌水曝气人工湿地  
(b) 厌氧滤池+太阳能曝气生物接触氧化

图2 南口污水处理厂出水湿地生态净化工程

(a) 工程实景图；  
(b) 处理流程图



中国水利学会



# 2018年中国水利学会大禹奖

## 非常规水源补给型河流污染控制与水质改善集成技术及应用

c) 建立以小流域为单元的水污染控制与循环利用技术体系并实践，创新提出源头污染治理保护水源、污水深度净化补给河流、安全回补地下再利用的治理模式

(2) 构建潜流人工湿地数学优化模型，突破温榆河段低氨氮污染河流旁路净化成套技术，支撑龙道河由劣V类到IV类水质提升和温榆河干流的长期水质保障目标

a) 以脱氮除磷为核心，自主研发的高效复合潜流人工湿地技术，脱氮除磷效率分别为90%和80%以上，水质从V类提高至IV类，塘—表流湿地系统实现了长效持续控藻



图4 以小流域为单元的水污染控制与循环利用技术体系

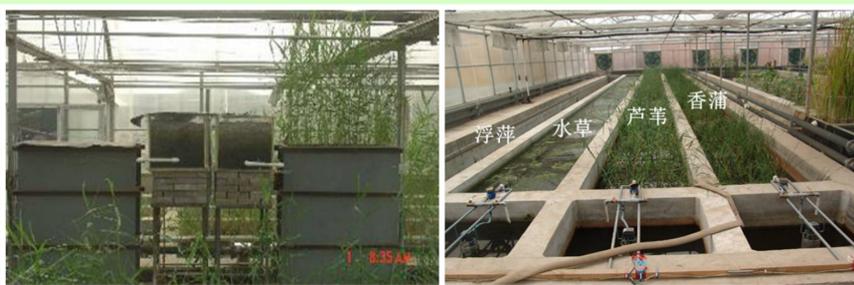


图5 高效复合潜流人工湿地技术  
(a) 竖向层叠式复合流湿地 (b) 塘—表流湿地串联技术

b) 基于FEFLOW软件平台，构建潜流人工湿地数学优化模型，揭示潜流湿地内部溶质的运移转化规律，实现湿地不同设计方案下的情景模拟，指导优化人工湿地的设计运行方案

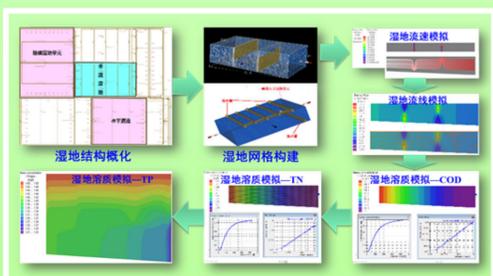


图6 基于FEFLOW平台的潜流人工湿地优化

(3) 突破重污染河段水质改善成套技术，创新形成了外源强化处理—内源物化控制—河道原位修复的重污染城市河道干流治理模式

a) 构建了基于水生态安全的厌氧好氧耦合生物滤池—臭氧—新型生物活性炭反应器，显著提升对难降解有机物的去除能力和出水水质，技术节能特征明显

b) 种植高效脱氮除磷耐寒水生植物—预埋设固体缓释碳源—添加高效好氧反硝化细菌的路线，形成北方河道型湿地支撑的城市景观水系原位净化组合措施，发挥原位净化、面源治理和生态修复协同作用



图7 北运河补水净化示范工程  
(a) 工程实景图； (b) 处理流程图

c) 集成补水水质净化—河道湿地原位净化—生态河道建设模式创新，建成北运河重污染河段水质改善技术综合示范区，水质基本达到地表水V类标准，实现污染减排、水质改善和生态修复的综合治理





# 2018年中国水利学会大禹奖

## 非常规水源补给型河流污染控制与水质改善集成技术及应用

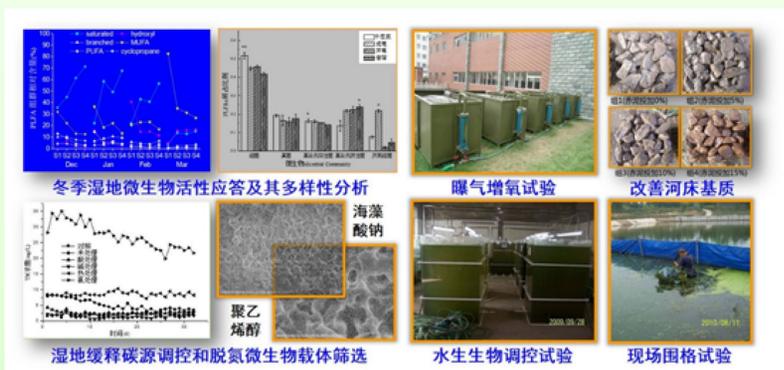


图8 北方河道型湿地支撑的城市景观水系原位净化组合措施

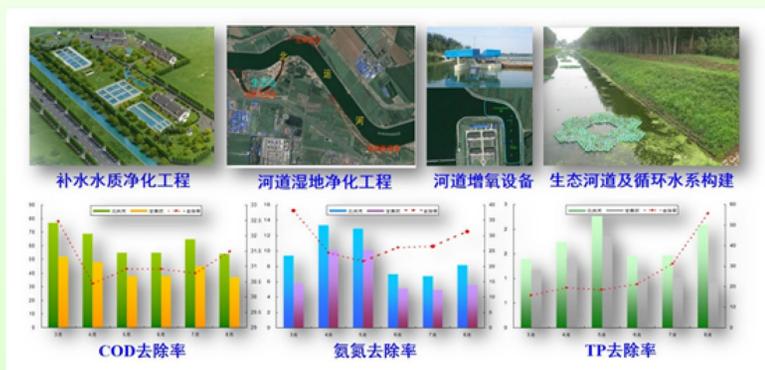


图9 补水水质净化-河道湿地原位净化-生态河道建设综合模式

### 三、成果及应用

1、在污染控制与治理方面，在沙河水库段建设城镇污水处理厂出水生态净化工程和一系列生活污水处理工程，在温榆河段建设了生态治理和环境整治工程，在通州区段实施北运河补水净化示范工程，实现了流域上下游协同治污。

2、在再生水循环利用方面，清洁小流域工程提高了水资源承载力，年可以将5400万吨再生水用于农田灌溉；南口污水处理厂出水生态净化工程年可供应再生水1400万吨；北运河补水净化工程每天可提供3万吨景观用水，节约水资源1095万方/年。

3、在河道生态修复方面，大幅降低河流水体污染物负荷，温榆河水质改善效果明显，水生态环境得到一定程度的恢复；通州区段提升了滨河森林公园的环境保护和生态景观价值。

4、在用水结构优化方面，流域内再生水替代清水使用量由2008年的3.5亿方提高到2011年的5亿方。用水效率显著提高，万元GDP水耗由2008年的23.7方下降到2011年的14.8方。

5、在流域水质改善方面，北运河河道水质逐年好转，榆林庄闸国控考核断面化学需氧量（COD）平均值从2008年的52.2毫克/升下降到2011年的36毫克/升，连续四年顺利通过国家考核，氨氮指标连续三年逐渐下降。

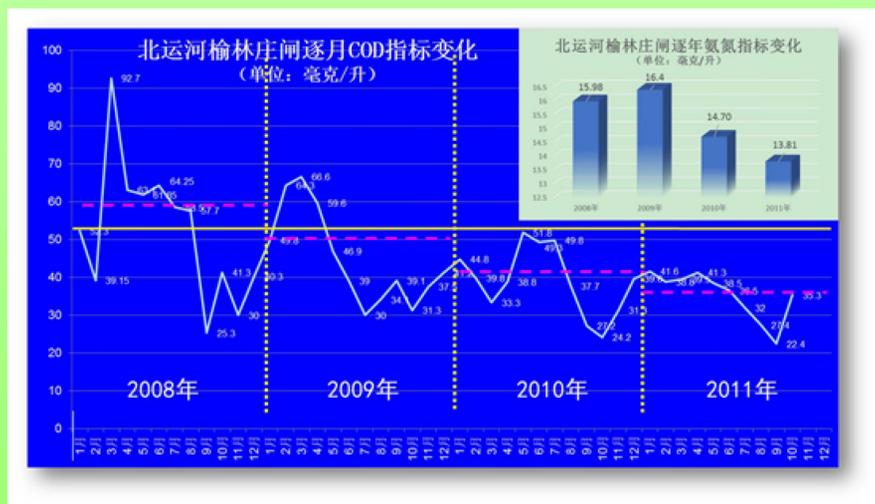


图10 北运河干流榆林庄闸国控考核断面逐年水质变化

