

城北减河和潮白河（向阳闸－河南村橡胶坝）生态修复工程

项目位置：城北减河和潮白河（向阳闸－河南村橡胶坝）

项目规模：生物调控示范区12.5万m²；人工快速渗滤水体净化技术示范工程20处；河道强化型缓冲带水质工程1.05万m²

竣工时间：2008年9月

13.1 项目基本情况

13.1.1 潮白河水系基本情况

潮白河流域处于半湿润、半干旱的华北平原区，发源于燕山北麓，流经京、津、冀三省市，于北塘附近入渤海，总流域面积19354km²，属海河水系，是海河北系四大河流之一。

潮白河是北京境内第二大河流，流经密云、怀柔、顺义、通州四区县，上游主要支流为潮河和白河，汇流入密云水库，水库以下两河于密云县河槽村附近汇合，始称潮白河。北京境内干流全长83.5km，流域面积5688km²，北京境内潮白河流域图见图1。

潮白河不但是北京市重要的排水行洪河道，而且是重要的地表和地下水源地及自然风景河道。截止到2006年底，除密云水库外北京市境内潮白河流域还有大中小型水库40个，总库容47.35亿m³，为北京市社会经济发展提供了宝贵的水资源；同时潮白河还是北京市地下水源地的重要聚集地，上游密云水库有自来水九厂（150万t/d）、京密引水渠、白河引水渠向城市供水；下游沿河主要有怀柔应急备用水源地、自来水八厂、引潮入城、顺义自来水厂、燕京啤酒厂、通州、东方化工厂等水源地，日供水能力

超过全市自来水供水能力的1/3。长期以来，潮白河流域以其有限的水资源，以牺牲当地生态环境为代价，支持着北京城市的发展。过量开采水资源，造成了潮白河流域水环境严重失调，难以实现水资源可持续利用。

自1991年以来，潮白河进行了多次大规模规划治理，2006年又对牛栏山至河南村橡胶坝之间长约12km的河段进行了大规模整治。经过多次治理和整治，目前潮白河的防洪、蓄水、供水及沿河交通等基础设施已基本形成，周边环境得到明显改善。但是，自1999年以后，由于连续干旱，上游来水量减少，潮白河河道开始干涸，至2008年前向阳闸以下河道基本无水，昔日碧波荡漾的景象荡然无存；同时随着社会经济的快速发展，城市规模和人口规模的日益膨胀，工农业生产生活用水急剧增加，沿岸水资源过度开采，使地表水和地下水资源均严重匮乏，在很大程度上制约了当地的社会经济发展。

13.1.2 城北减河概况

城北减河位于顺义城区北部，穿越顺义区南北城区，为自小中河上段分洪至潮白河的排洪河道，由于未来将在城北兴建卫星新城，因此城北减河将为城区内主要河道，位置和作用将愈加重要。

城北减河全长4.0km，起自小中河海洪闸上游，在潮白河向阳闸下游4.1km处入潮白河。根据《潮白河顺义牛栏山桥～河南村坝段整治工程初步设计报告》，整治后的城北减河河道局部放宽，以增加水面，扩宽后的河道主槽宽度62.9～138.5m，糙率 $n=0.025$ ，河底纵坡0.00017；河道断面采用复式梯形断面加小直墙型式，具体断面形式为：从河底线以1:3的坡通过1m宽平台接小直墙，平台高程高于河底高程1.5m；直墙顶高程与巡河路高程相同为29.7m，比常水位29.5高20cm；巡河路宽4m，巡河路外侧以缓坡与防洪堤顶相接。

城北减河10年一遇设计洪峰流量为49m³/s，因近几年连续干旱，目前河道内来水量很少。此外，部分河道底泥淤积严重，最深处近5m。

图2为引温济潮工程建成补水前城北减河河道状况。



图2 “引温济潮”工程来水前城北减河河道状况



图1 北京段潮白河流域主要水系分布图

13.1.3 潮白河（向阳闸—河南村橡胶坝）概况

潮白河由顺义区北部的密云、怀柔入境，纵贯顺义区南北，是区内最大的过境河流，境内流程38km，下游至南庄头村出境入通州区。在本区境内，有怀河、牯牛河、小中河上段、小东河、箭杆河汇入。潮白河在本区汇流面积451.2 km²，多年平均流量1309m³/s。

潮白河昔日水丰林茂，滩地广阔，水质清洁，区间流域年平均降雨量675mm，超过全市平均值。随着城市供水量加大，沿河水源地数量增加，加之连年干旱，河道径流量逐年减少。1999年以后北京地区遭遇特大干旱，苏庄水文站年径流量1999年仅为35万m³，2000年以后几乎为零。

潮白河在密云、怀柔附近出山口下游形成冲洪积扇地形，进入顺义牛栏山段已属平原河流，河床滩地宽阔。向阳闸—河南村橡胶坝河段长约7.3km。因连续干旱，向阳闸至河南村橡胶坝河段自1999年开始至2008年一直断流，河道内仅有少量蓄水。由于河道干涸，无序开采砂石资源导致石沙盗采严重，河道内坑坑洼洼，杂草密集丛生，垃圾成堆。

自1991年以来，顺义区对潮白河开始了治理，2006

年又对牛栏山至河南村橡胶坝之间长约12km的河段进行了大规模整治。根据《潮白河顺义牛栏山桥～河南村坝段整治工程初步设计报告》，整治后该段河道将满足50年一遇防洪标准。河床为复式断面，主河道宽200～800m，河道纵坡为1/3000。整治工程在原有河堤基础上进行了改造和加高：向阳闸至河南村坝左堤采用微地形形式加高，平均加高2.3m，加高堤长7.3km；向阳闸至城北减河长约4.0km的右堤采用微地形形式加高，平均加高3.3m；城北减河至俸伯桥长约0.9km的右堤采用具有防浪效果的御浪墙加高，平均加高0.9m，俸伯桥至河南村坝右堤保持原有堤防形式不变。

图3为引温济潮工程建成补水前潮白河河道状况。



图3 “引温济潮”工程来水前潮白河河道状况

13.2 问题与需求分析

自1999年以后，由于连续干旱，上游来水量减少，潮

白河河道开始干涸，至2008年前向阳闸以下河道基本无水，昔日碧波荡漾的景象荡然无存；同时随着社会经济的快速发展，城市规模和人口规模的日益膨胀，工农业生产生活用水急剧增加，沿岸水资源过度开采，使地表水和地下水资源均严重匮乏，在很大程度上制约了当地的社会经济发展。潮白河水环境问题主要表现在以下方面：

（1）地表水资源量不足，河道干枯断流

因近几年连续干旱，降雨量减少，城市供水量增加，造成潮白河地表水资源量严重不足。根据苏庄水文站实测资料，1999年起地表径流量骤减，2000年后几乎为零。目前干流只能在橡胶坝处及排污口处有小量水面，主要支流已无径流。

（2）地下水严重超采，水位持续下降

根据顺义区水资源调查和评价，顺义区1980～2000年多年平均地下水储量一直处于亏损状态，累计亏损超过5.5亿 m^3 ，2006年平均地下水水位比1980年下降了20.53m，累计亏损超过10亿 m^3 ，地下水漏斗区水位已低于海平面10m以上。

（3）水质污染严重，生态环境恶化

根据2004年《北京市水环境质量调查与评价》报告，潮白河干流有水处水质均为劣Ⅴ类，地下水水质顺义段氨氮和挥发酚类均有超标，表明本区地表水和地下水均已受到一定程度污染，潮白河生态环境呈现逐渐恶化的趋势。

13.3 设计目标与任务

示范区自城北减河至河南村橡胶坝河道由窄渐宽，水体流速也由快至缓，最后在河南村橡胶坝前形成相对静止的水域，由于水体中氮、磷等营养物质含量过高，当水温、光照等外部条件合适的情况下示范区极易会发生水华。

通过水体富营养化防治关键技术研究 and 示范工程建设，确保示范区内水体水质不低于引温济潮工程来水水质——除总氮外其它大部分指标达到地表水Ⅲ类水体标准，水体透明度达到60～80cm，削减营养负荷。

13.4 工程设计

13.4.1 工程总体布置

潮白河（顺义段）水质改善和保护关键技术与示

范项目中建设的示范工程包括生物调控技术示范工程、人工滤层+滤井循环净化技术示范工程、辐射井循环净化技术示范工程、河道强化型缓冲带水质净化示范工程、生物浮床技术示范工程、人工强化推流曝气技术示范工程等。项目建设规模为生物调控示范区12.5万m²；人工快速渗滤水体净化技术示范工程20处；河道强化型缓冲带水质工程1.05万m²。工程总体布置图如图4。

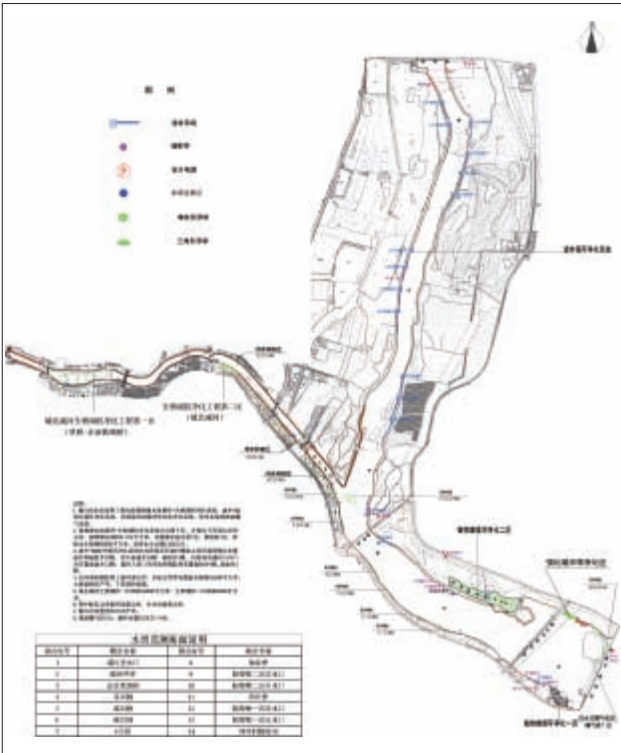


图4 潮白河（顺义段）水质改善示范工程总体布置图

13.4.2 工程建设及运行

潮白河水质改善示范工程于2008年7月完成主体工程建设，2008年9月完成单元工程验收，部分示范工程试运行。2009年4~10月，全部示范工程正常运行。

4.2.1 城北减河生物调控净化工程

由于城北减河两岸均为水泥护砌，且大多数河段水深较深，河岸难以进行水生植物的恢复。根据现场考察及地形图分析，结合减河河道条件和水力及水环境状况，并考虑管理、维护等因素，水生植物净化工程布置在草桥—防洪闸之间河道内，长度约2.8km。城北减河生物调控净化示范工程面积共57700m²，分为两个区：第一区（草桥—京承铁路桥）面积50000m²，种植的水生植物主要是

香蒲和金鱼藻，分别种植约200000株和500000株；第二区（双兴桥）面积7700m²，种植水生植物荷花，种植15400棵。

（1）第一区（草桥—京承铁路桥）

城北减河生物调控净化工程第一区位于草桥—京承铁路桥之间。2007年9月前，该河段河道干枯，河道底质为泥底，两岸及底部岸边2m左右均为水泥护砌（图7和8）。由河段地形图分析可知，该河段底部高程较高，蓄水后水位较浅，有利于河道中部水生植物的恢复；同时，根据对潮白河流域的历史状况调查，减河草桥段在断流前曾经生长过水生植物。鉴于上述原因，确定城北减河草桥段为生物调控示范工程建设的区域之一，具体实施范围为草桥以下至京承铁路桥，全长2.8km，总面积约50000m²。



图5 2007年城北减河草桥段（东西向）



图6 2007年城北减河草桥—京承铁路桥

该区域示范工程于2008年5月开始建设，主要建设内容包括种植香蒲200000株，种植金鱼藻500000株。2008年6月~11月，该示范区香蒲生长正常，且香蒲密度逐渐增加，生长面积逐步扩大（见图7），香蒲区周边还出现荇菜等浮叶植物。2008年金鱼藻生长状态一般，在铁路桥附近可见少量金鱼藻。



图7 城北减河生物调控第一区(草桥－京承铁路桥)植物生长状况（2008年9月）

2008年冬季对城北减河第一区的香蒲等挺水植物进行了适度的收割，2009年该区域水生植物重新萌发并生长繁茂（见图8）。与2008年相比，沉水植物生长明显增加，草桥－京承铁路桥一带的金鱼藻、小茨藻等沉水植物大量生长，该区域的透明度大幅增加，水质得到明显改善。



图8 城北减河生物调控第一区(草桥－京承铁路桥)植物生长状况（2009年7月）

（2）第二区（双兴桥）

城北减河由于原来的河道整治工程，河道两岸均进行过硬化施工，河底进行过清淤，因此城北减河水深较深，堤岸固化，难以开展普通的水生植物恢复。

城北减河生物调控净化工程第二区位于双兴桥下游右岸，该区域是河岸边的大片较高的滩地（图9），相对河底而言，该区域高程较高，其水位适于种植水生植物。由于该区域底部全部为大块砾石，无法种植挺水和沉水植物；若将砾石全部移走，又存在难以机械施工、手工作业工程量过大的问题。因此，本示范工程将该区域确定为荷花种植区，移走部分砾石，剩余部分砾石改造成荷花的围隔，在每个砾石围隔内种植荷花，既减少了砾石搬运的工作量，又可以控制荷花生长区域。



图9 2007年城北减河双兴桥段（南向）

第二区于2008年6月建成，总面积7700m²，共种植荷花15540株。2008年建成后该区植物生长正常，植物繁茂，花期正常；2008年底对该区域植物进行了收割；2009年春天该区域荷花自然萌发并迅速生长，植物密度优于2008年。

城北减河生物调控净化工程第二区建成后，该区域生态景观发生明显改变（图10），这一区域成为城北减河上休闲娱乐的重要场所。大面积的荷花在改善景观的同时，也发挥着水质净化、改善生态环境的作用。



图10 2008年和2009双兴桥的水生植物状况（左图为2008年，右图为2009年）

4.2.2 潮白河生物调控示范工程

潮白河生物调控示范工程是充分利用河道两侧现有低洼地带，对其进行适当改造，将河水引入其中，最终返回到河道，从而与河道内水体形成循环。在水塘中种植挺水植物、沉水植物，利用其生长净化水体，提高净化能力的同时美化景观环境。塘边浅水地带种植挺水植物，以芦苇、干屈菜、慈姑和菖蒲等景观效果好的品种为主，塘内种植睡莲、荷花和凤眼莲等。潮白河生物调控示范工程分植物塘一区 and 植物塘二区两个部分。

城北减河生物调控净化工程第二区建成后，该区域生态景观发生明显改变（图10），这一区域成为城北减河上休闲娱乐的重要场所。大面积的荷花在改善景观的同时，也发挥着水质净化、改善生态环境的作用。

(1) 植物塘一区



图11 植物塘一区原貌和建成后效果

植物塘一区位于河道右岸堤内，河南村橡胶坝上游，由两个串联的小型鱼塘改造而成，总面积8000m²。由于该区域位于河南村橡胶坝右岸的缓流区，极易成为水华藻类聚集地，因此必须在此区域建立示范工程，通过植物净化作用和局部水体流动措施，控制水华的发生。

植物塘一区采用自流进水、推流出水的进出水方式，将河水通过自流引入水塘中，在塘尾设潜水推流器，将水抽出，回到河道，使水体在水塘内形成流动，从而与河道内水体形成循环，潜水推流器推流量为360m³/h。坑塘周边浅水区种植水生植物水葱、苦草、鸢尾、慈姑、荷花等7个品种，种植面积3355m²，种植株数8720株。

示范工程于2008年5月开工建设，包括进水口改造、出水口改造、水生植物种植等项工程，于2008年8月建成。工程完工后即开始运行，水生植物生长和推流器运行均正常。

(2) 植物塘二区

由于潮白河河道宽阔，城北减河来水在进入潮白河后流速明显变缓，在潮白河现有营养水平条件下，缓流水体极易发生水华。因此，选择潮白河段的可利用坑塘建成生物调控示范区，通过水体流动和植物净化作用来抑制水华的发生。

植物塘二区示范工程位于潮白河左岸堤内，俸伯桥至彩虹桥之间，由三个废弃的坑塘改造而成（原状见图12），总面积60000m²。由于该示范区整体面积过大，为保障示范工程附近交通，将1号塘和2号塘完全连通，保留2号塘和3号塘间的堤路，2号和3号塘之间的水体流通过堤路下安装的推流器完成。



图12 植物塘二区3个池塘原貌（从左至右分别为1号塘、2号塘和3号塘）

示范工程采用提水进、自流出的进出水方式，进水口位于潮白河，通过2台提水水泵提水进入植物塘，每台水泵流量为400m³/h。水流流经1号和2号塘后，通过堤路下安装的推流器进入3号塘。出水口位于3号塘的两个桥下，桥下设立铅丝石笼以保证植物塘水位。植物塘二区共种植茭草、苦草、慈姑、黄菖蒲、水葱、千屈菜、香蒲、芦苇、狐尾藻、荷花等水生植物13种，共计22425m²，88140株（图13）。

该工程内容包括进水口改造、出水口改造、2号塘与3号塘间推流曝气机安装、水生植物种植等。工程于2008年5月开工建设，2008年8月建成并试运行。2009年工程运行正常，冬季未进行植物收割。



图13 植物塘二区3个池塘水生植物状况（从左至右分别为1号塘、2号塘和3号塘）

4.2.3 潮白河人工滤井循环净化技术示范工程

在向阳闸至河南村橡胶坝段两岸布置人工滤井16眼，其中左岸9眼，右岸7眼。单井出水量200~300m³/h（根据各井水位的变化而不同）。人工滤井为钢筋混凝土结构，井直径2.0m，高度在3.5~4.5m之间，井内布置潜水泵；滤床长10m，宽7.5m，高1.6m，外围结构为浆砌石，滤床内铺直径75mm的滤水管，滤水管与直径500mm的收集管连接，把收集的水汇集到滤井，提水引向来水上游200m处，其中出水口2个，滤水管及收集管均为UPVC塑料管。人工滤床填料直径从0.5至32mm，主滤层为砾石、粗砂和铁矿砂。



图14 渗滤井建设状况

工程内容包括土方开挖、滤床墙体砌筑、安装集水管及滤水管、装铺填料、安装井筒、安装电气设备等。该工程于2008年4月开始建设，2008年7月工程完工（图14~15）。由于目前潮白河土坝—向阳闸的河道难以维持正常水位，因此布置在该区域的渗滤井暂未正常运行；土坝—河南村橡胶坝河岸边的滤井均运行正常。

人工滤井循环净化示范工程不仅可以通过人工快速渗滤技术进行水质改善，还能通过水泵的作用使一定范围的水体发生循环流动，对于潮白河水质改善具有明显效果。



图15 建成后的渗滤井

4.2.4 潮白河辐射井示范工程

利用成熟的辐射井技术预防水体水华的发生是首创。辐射井技术包括水平孔技术和竖井技术，水平孔起到收集水的作用，竖井是水体聚集的地方。在潮白河水体富营养化防治示范工程中，辐射井作为防治水体富营养化的技术之一，在应用方面得到了很好的展示。

辐射井示范工程布置在俸伯桥至河南村橡胶坝之间，河道左右岸各布置2眼。辐射井的竖井深12m，井内布置潜水泵。滤水管在竖井周围分散布置，通过滤水管收集到的过滤后的浅层地下水集中到辐射井内，每根滤水管长20~30m。由于河道上层含水层为细砂及粉细砂，为增大出水量，水平布置成两层共16个水平孔。在右岸的1号、2号辐射井出水量60m³/h、在左岸的3号、4号辐射井出水量100m³/h。



图16 辐射井建设状况

该示范工程于2008年6月开始建设（图16），2008年9月工程完工并运行（图17）。工程内容包括制井管、浇注护筒、制作泥浆、钻孔、安装竖井、管外回填、安装水平井管等。

辐射井技术用于河道水质改善和富营养化控制，是一种积极有效的新型技术手段。由于辐射井出水为浅层地下水，其水质指标显著优于普通的补水水源，此外地下水水温较低，在进入河道水体时可获得增加水体流动、降低污染物浓度和降低水温等三种效果，对于夏季河道水体富营养化的防治效果显著。



图17 建成后运行中的辐射井

4.2.5 河道强化型缓冲带水质净化示范工程

河道强化型缓冲带水质净化技术是利用陆地和水域之间的过渡带，构建净化设施，人工调控其生态系统结构，构建或恢复受到破坏的或退化的生态系统，使其得到恢复和重新发展，并有益于水环境质量和生态功能的改善。该技术与景观建设相结合，可以达到改善水质、修复生态和美化景观的多重效果。针对河南村橡胶坝附近水域水面宽阔、水体流动性差的特点，在岸边构建强化型缓冲净化带，充分利用水生植物的吸收功能对该区域水质进行净化，改善水质，保证此处水域的水体质量。同时工程设计考虑景观效果，通过与景观建设相结合，构建优美的河岸景观。

本课题的河道强化型缓冲带水质净化示范工程位于潮白河的左岸，紧邻河南村橡胶坝，面积10500m²，种植荷花、干屈菜、水葱等水生及湿生植物5个品种，种植植物38660株。



图18 缓冲带种植的荷花



图19 缓冲带种植的芦苇

4.2.6 生物浮床技术示范工程

根据潮白河、城北减河水体景观设计的要求，在研究水体难以开展其他水质改善措施的区域建造生物浮床，总面积为3470m²，浮床上布置不同高度、不同形态的水生或陆生植物，利用植物花、叶的不同形状和颜色构筑浮床图案，在增加

生物净化功能的同时增加景观效果。

生物浮床示范工程在城北减河布置900m²，在潮白河布置2570m²。城北减河生物浮床主要布置在：双兴桥下游石滩地北侧，面积200m²；减河闸上游河岸两侧，面积300m²；城北减河与潮白河交汇处减河公园一侧，面积约400m²。潮白河生物浮床主要布置在：俸伯桥上游公园一侧，面积270m²；城北减河与潮白河交汇处河道中间（图20），面积1500m²；俸伯桥至潮白河桥公园一侧，面积500m²；河南村橡胶坝水域东南侧，面积400m²。



图20 城北减河与潮白河交汇处的人工浮床

人工浮床技术示范工程采用定植筐进行组装，单组浮床种植面积为40m²，浮床组合成六角形、长方形、三角形等不同形状，浮床植物选用干屈菜、水葱、旱伞草、美人蕉等观叶或观花的植物。

4.2.7 推流曝气技术示范工程

推流曝气机采用北京城市河湖常用的专利技术产品QSTL2-1.5-S304，设备包括潜水电机、引气系统、推流叶片、导流管和防护罩。潜水电机输出轴的外端连接中空的导气管，轴与导气管间由导气辐板连接，导气管外侧装有推流叶片，空气由引气管引入气室，通过导气管进入水体，推流叶片推动水体通过导流管使水体向前流动。



图21 在岸边组装推流曝气机

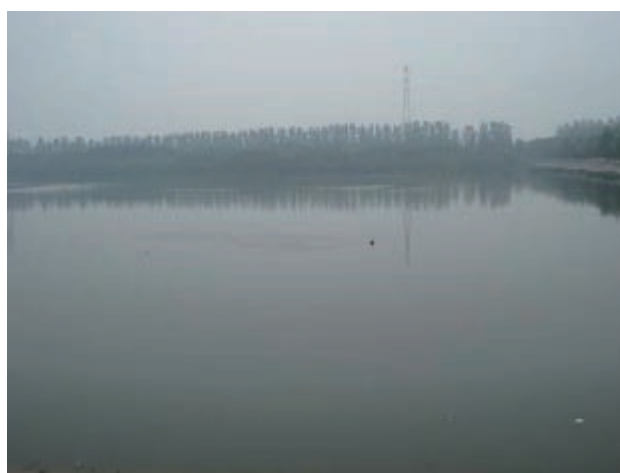


图22 运行中的推流曝气机

推流曝气技术示范工程布置在河南村橡胶坝左侧，因这一侧的水体相对静止，水华容易发生，因此设计安装7台曝气设备，每台功率1.5kw/h。主要作用一是增加水体的流动，破坏水华发生的条件，控制水华发生；二是增加水体复氧，增强水体的自净能力。

13.5 建成效果

示范区自城北减河至河南村橡胶坝河道由窄渐宽，水体流速也由快至缓，最后在河南村橡胶坝前形成相对静止的水域，由于水体中氮、磷等营养物质含量过高，当水温、光照等外部条件合适的情况下示范区极易会发生水华。因此，本课题的考核指标规定：通过水体富营养化防治关键技术研究 and 示范工程建设，确保示范区内水体水质不低于引温济潮工程来水水质——除总氮外其它大部分指标达到地表水Ⅲ类水体标准，水体透明度达到60–80cm，削减营养负荷。

1年的示范工程运行效果评价表明，示范区内水体水质基本达到考核指标规定，营养负荷得到削减，潮白河河道内各点氨氮、总氮、总磷等水质指标浓度明显低于来水水质，其中氨氮达到地表水Ⅲ类标准；全年各监测点透明度均值为61.2cm，达到考核指标的要求。

下文对全河道各监测点的氨氮、总氮、总磷和透明度等主要水质指标的变化进行了分析，同时对引温济潮工程来水水质和河道末端监测点——河南村橡胶坝的水质指标进行了比较，以说明示范工程效果。

1) 氨氮

示范工程运行期间，氨氮数据分析如图23。

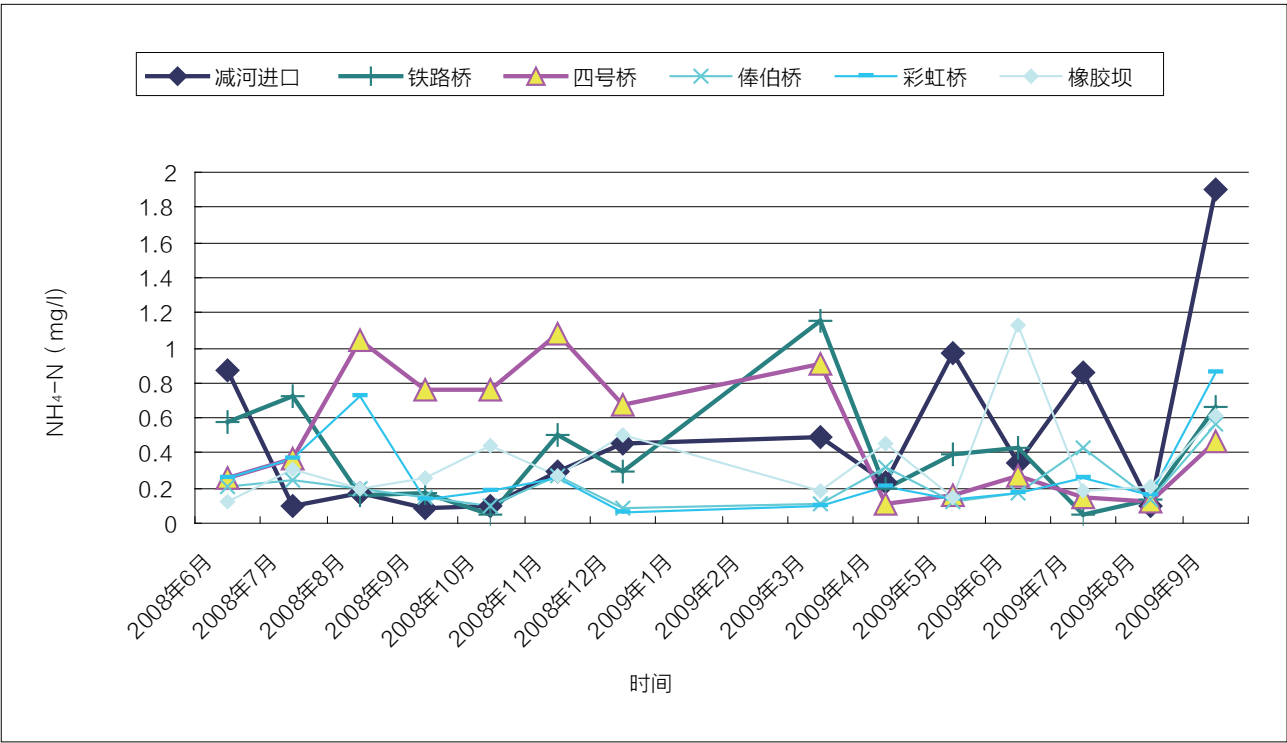


图23 潮白河研究区不同断面氨氮变化图（2008.6—2009.9）

从不同断面氨氮年内的变化来看，受水区各断面氨氮的指标虽然高于来水指标，但均满足北京市规定的河道水体功能的Ⅳ标准，且大部分时间能够满足地表水Ⅲ类氨氮的水质指标。

氨氮各断面年平均的水质指标分析如图24：

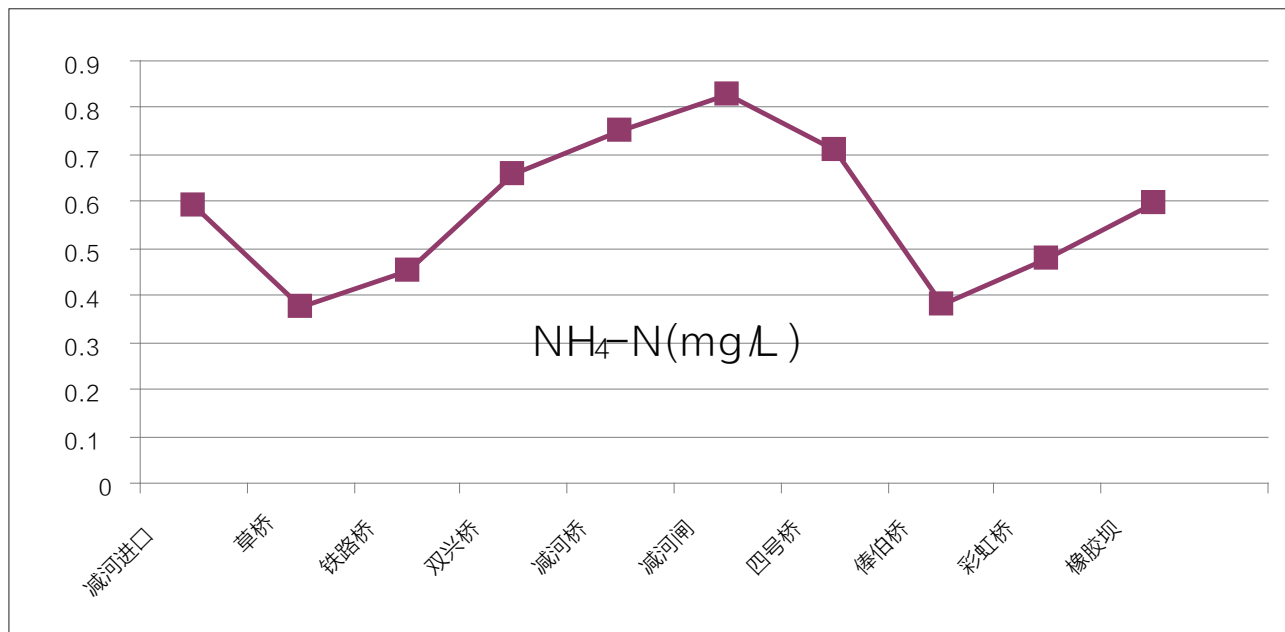


图24 潮白河研究区不同断面氨氮年平均变化 (2008.6-2009.9)

从减河进口至河南村橡胶坝年平均氨氮指标来分析, 从上游至下游年平均氨氮值在0.3~0.9mg/L之间变化, 均低于《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅲ类标准限值(1.0mg/L)。如果从潮白河受水区的氨氮值来分析,其值在0.4~0.6mg/L之间变动, 接近地表水环境质量Ⅱ类标准限值。

2) 总氮

(1) 总氮在年内的变化规律分析

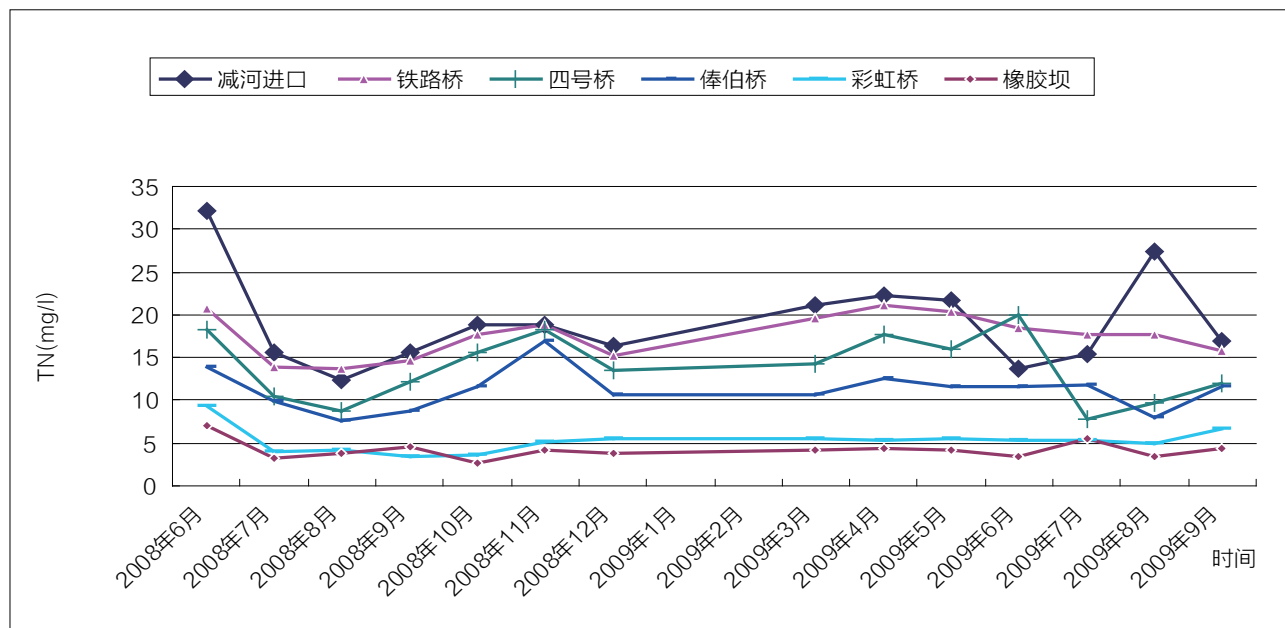


图25 潮白河研究区不同断面总氮年变化图 (2008-6—2009-9)

虽然在“引温济潮”工程中不考虑水质指标中的总氮，但分析受水区进水总氮的年内变化情况可知，总氮在5~33mg/L之间变化。从图中可以看出，总氮在不同断面的变化情况：橡胶坝<彩虹桥<俸伯桥<四号桥<铁路桥<减河进口，分析其原因主要是示范工程的效果。例如：在河南村橡胶坝附近，既有植物塘净化工程，又有辐射井循环净化工程，同时还有滤井循环净化工程、推流曝气系统和缓冲带净化工程，多种工程措施的综合效果，促使该断面的总氮含量比其它断面低。

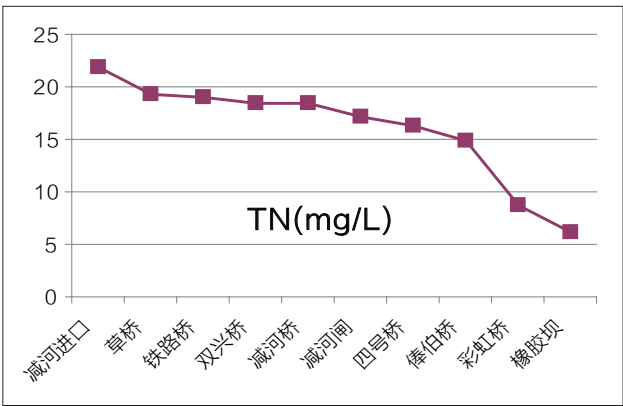


图26 潮白河研究区不同断面总氮年平均变化（2008—2009）

（2）总氮值年平均情况规律分析

总氮年均值在不同断面变化情况如图28所示。

从图26可以看出，从减河进水口至河南村橡胶坝，水体中的总氮值是逐渐降低的。若以减河进水口为背景值，至河南村橡胶坝，总氮的去除率为72.38%。从曲线的变化情况分析，可把降低的过程分为两个部分，其一是从减河进水口至俸伯桥，其二是由俸伯桥至河南村橡胶坝，可以明显的看出，两段曲线下落的斜率区别较大，分析其原因，主要是由于示范工程运行的影响。在城北减河上段，工程主要位于草桥至1号桥之间，由于工程运行，使上段除草桥处下降的趋势较大外，其余变化不大；而在潮白河段，由于工程措施多，数量大，使总氮下降明显。以上总氮变化说明了示范工程在研究区水质净化中发挥了明显的作用。

3）总磷

（1）不同断面总磷数据分析

不同断面年内总磷数据分析如图27。

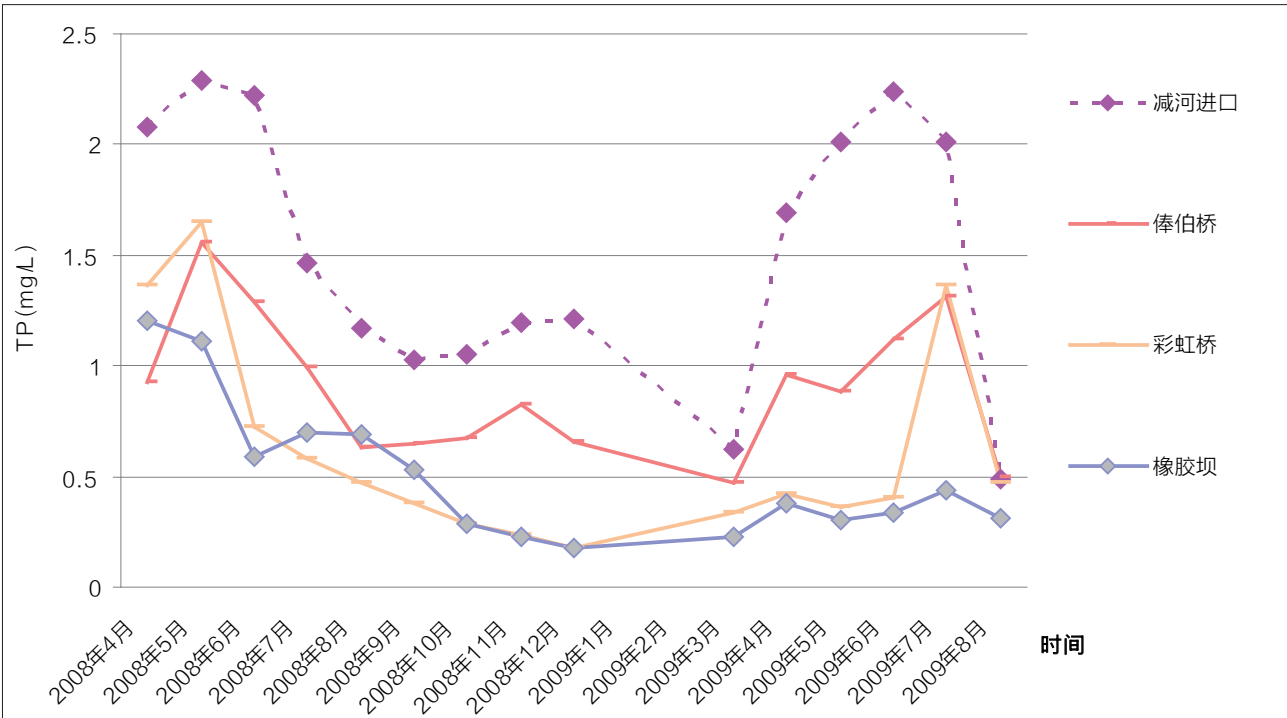


图27 潮白河研究区不同断面总磷变化图（2008-6—2009-9）

由图27可以看出，潮白河受水区总磷经过减河中的示范工程和潮白河的示范工程净化后，虽然没有达到地表水环境Ⅲ类的标准限值，但与来水相比总磷有明显的降低，去除率达到40.94~85.12%，总体工程达到了任务书中规定的要求。

(2) 不同断面总磷的比较分析见图28。

在富营养化水体中，总磷是水环境质量标准中的重要指标。根据任务书中的要求，即示范区水体水质不低于引温济潮来水水质。从图28可以看出，无论从减河段还是潮白河段，水体总磷均低于进水总磷含量，满足任务书中的要求。

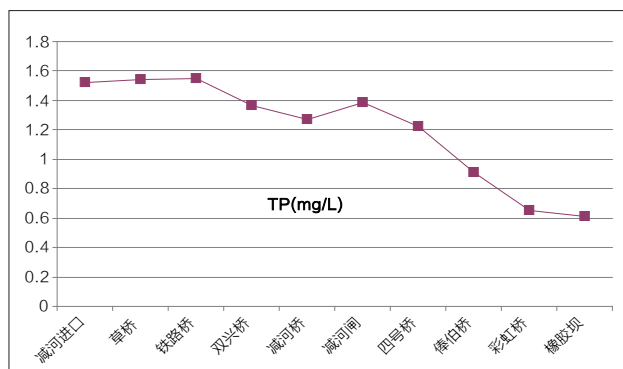


图28 潮白河研究区不同断面总磷年平均变化（2008—2009）

4) 透明度

示范工程建成后，2009年5月开始植物均正常生长，渗滤井、辐射井、推流曝气等水体循环工程也正常运转。通过所有示范工程的运行，研究区域透明度相比2008年得到明显提高，2009年全年各监测断面的透明度年均值如下图29所示。由图可见，2009年研究区全年透明度总平均值为61.2cm，达到并超过任务书规定的60cm的要求。从各监测断面的透明度均值比较可以看出，透明沿程变化表现

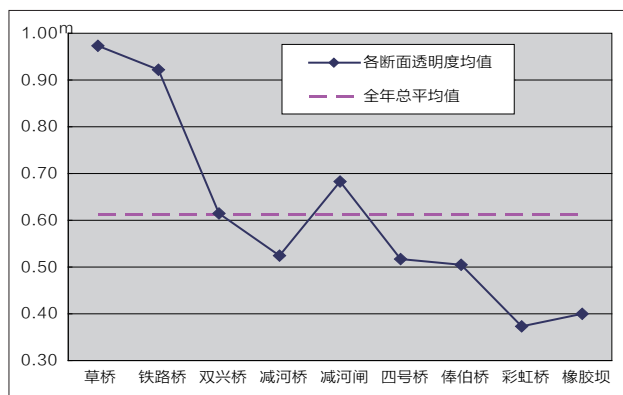


图29 2009年示范工程试运行后研究区各断面透明度年均值

为一路下降，至本研究区域的最低点河南村橡胶坝处达到最低值（年均40cm），城北减河段的透明度明显高于潮白河段，这与城北减河段的河水具有一定流速且河道内水生植物生长茂盛有关。

5) 城北减河进水与河南村橡胶坝水质比较

将引温济潮工程来水进入潮白河（顺义段）的起点——城北减河进水和终点——河南村橡胶坝的2009年营养盐平均浓度进行了比较（图30）。由图中可以看出，经过沿程各项示范工程的运行，2009年河南村橡胶坝的营养负荷明显低于引温济潮来水。其中，在引温济潮来水的氨氮浓度达到设计标准的条件下，仍对氨氮削减54.8%，河南村橡胶坝氨氮浓度平均仅为0.33mg/L，达到地表水Ⅱ类标准。经过沿程示范工程作用，河南村橡胶坝总磷浓度由进水的1.225mg/L降低至0.364mg/L，大幅削减了河道水体中的磷含量，去除率达到70%。由于引温济潮工程的设计标准放宽了对总氮指标的要求，因此城北减河进水的TN指标一直偏高，2009年TN平均浓度达到20.63mg/L，经示范工程综合作用后，河南村橡胶坝的TN浓度降至4.36mg/L，去除率达到78.9%。

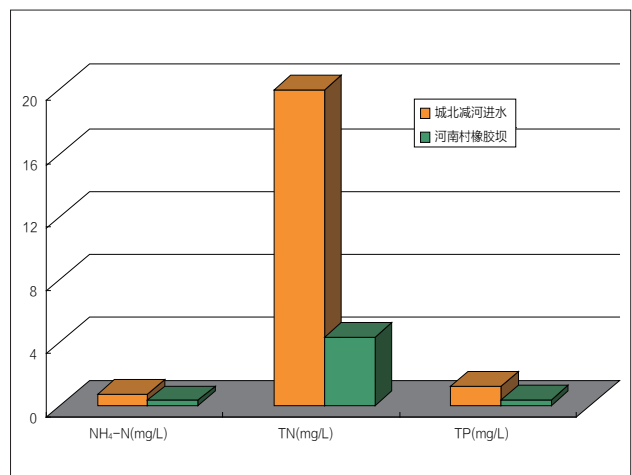


图30 减河进水与河南村橡胶坝水质比较

综上所述，引温济潮来水经过城北减河和潮白河内各示范工程的综合净化用后，营养负荷得到大幅降低，水质得到明显改善。