

10

永定河王平段河道湿地修复示范工程

项目位置：永定河王平河段（门头沟王平镇）

项目规模：治理河段长1860m，面积26.24万m²

竣工时间：2007年

10.1 项目基本情况

10.1.1 项目概况

《北京城市总体规划（2004～2020年）》定位门头沟区为西部生态涵养发展区。在此基础上，2005年8月24日，北京市科委和门头沟区人民政府签订共建“北京市生态修复科技试验区”的协议，标志着北京市科委支持门头沟区生态建设的重点科技示范工程全面启动。本工程属于门头沟区落实“北京市生态修复科技试验区”项目示范工程之一，位于北京市门头沟区王平镇，为落坡岭水库下游的永定河主河道，见图1。项目区河段长1860m，主河槽宽50～140m，平面面积26.24万m²。



图1 项目区位置图

10.1.2 河道行洪分析

根据1993年水电部天津勘测设计院编制的《永定河陈家庄水库可行性研究报告》（已通过水利部审查批准），官厅水库下泄过程及官厅山峡洪水过程组合而成三家店处设计洪水见表1。项目区王平镇河段位于清水涧口下游，接近三家店，本计算按三家店洪水频率考虑。

表1 三家店以下设计洪水成果表

| 频率 (%) | 1 | 2 | 5 | 10 |
|--------------------------|------|------|------|------|
| 洪峰流量 (m ³ /s) | 6230 | 4330 | 2740 | 1680 |

本次设计应用平面二维数值模型对项目区河段进行行洪演算，由计算结果表明，在永定河20年一遇洪水时条件下(2740m³/s)，项目区河道主槽流速达4.5~6.0m/s，边滩流速约为2.5m/s（见图2）。设计以河道湿地生态修复为主，不抬升现状河底高程。

10.1.3 场地条件

门头沟区是北京市空间布局的西部重要生态带，对首都生态环境具有重要影响，项目区河段长1860m，主河槽宽50~140m，平面面积26.24万m²。由于卵砾石河床局部渗漏严重（详见表2），落坡岭水库截流，无上游入流，部分河床干涸。项目区两岸有矿场排水、电厂退水、生活污水等五股污水汇入，王平沟和南涧沟流域雨水侵蚀携带大量煤渣汇入主河道，造成河道脏乱臭，严重影响河道景观。同时，项目区河道形态多变，河道蜿蜒、陡坡与深潭相间，该河段局部生态景观良好，河槽内局部无人干扰处芦苇、香蒲生长良好，具有水生态系统恢复和景观构建的良好条件。

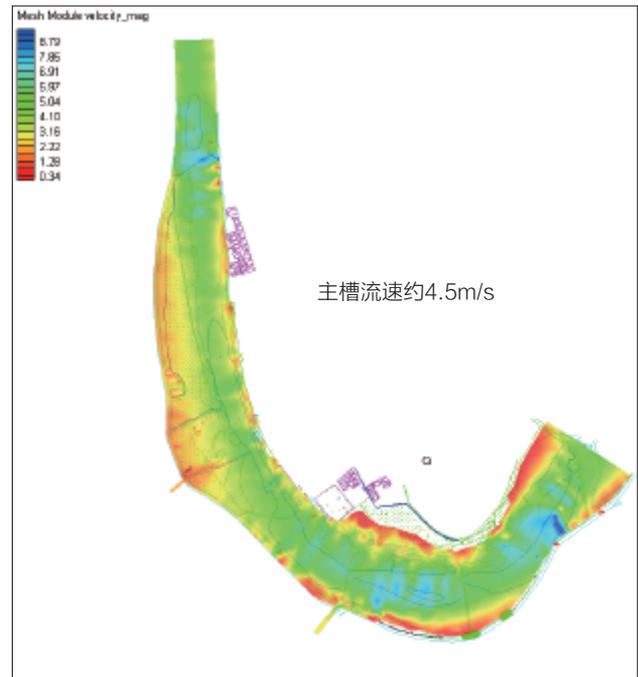


图2 项目区河道流速场

表2 项目区地质参数建议值

| 岩性 | 压缩模量 | 抗剪强度 | | 地基承载力 | 渗透系数 |
|------|-------|-------|------------|--------|---------|
| | (MPa) | (kPa) | ϕ (°) | (cm/s) | C (kPa) |
| 壤土 | 6 | 10 | 16 | 150 | 5E-5 |
| 土夹砾石 | 10 | 5 | 20 | 240 | 3E-3 |
| 砂砾石 | 25 | 0 | 32 | 400 | 8E-2 |

10.2 问题与需求分析

(1) 卵砾石河床渗漏严重

项目区河道受历史采砂影响，遍布砂石坑和大卵石，河道渗漏严重，难以形成生态湿地空间。

(2) 河道水源有限

受落坡岭水库拦截发电，项目区河道常年无上游基流补给，仅河段两岸五股废水汇入，日均流量约7400m³/d。

(3) 河道淤积严重

项目区河道受污水入汇淤积，底泥黑臭；同时，受王平沟、南涧沟流域降雨冲蚀煤渣入汇影响。

(4) 受人为干扰严重、生态景观破碎

受人为干扰影响，项目区河槽沙坑、乱石堆众多，河岸滩地为开垦种植，沿程拦河坝截流影响河道连通，诸多人为干扰造成河道生态景观破碎，河道脏乱。

10.3 工程任务与规模

10.3.1 工程任务

利用工程及生物生态措施，在不降低现状河道行洪能力前提下，恢复河流生态系统健康状态和功能，形成具有生境多样、生物群落复杂、生物链完善、系统稳定、能自我组织和自我协调的良性循环系统；同时兼顾景观和新技术应用；使人、水、自然和谐互惠，形成融生态修复、景

观旅游、技术展示、科普教育于一体的河道湿地生态修复技术示范，为永定河绿色生态走廊建设提供技术支撑。

10.3.2 工程规模

生态修复河道长1860m，总面积26.24万m²，包括主河槽宽50~140m、河道滩地及两侧岸坡。主要建设内容有：拟自然减渗8.5万m²、建设壅水溢流堰4座、鱼道3座、沉砂渗滤池一座、生态护岸700m含7种岸坡防护模式、亲水平台3处、滨水步道长700m，种植荷花睡莲5700m²、滨水植物2.1万m²，并布设太阳能路灯28盏。

10.4 工程设计

10.4.1 工程总体布置

设计中将工程分为河道主槽湿地生态修复、岸坡生态防护及滨水区环境整治三个主要部分，河道主槽湿地生态修复以河道主槽治理、水生生态修复为主，岸坡生态防护则试验示范多种生态护岸模式，滨水区环境整治则以提供亲水空间为主。见图3。



图3 王平河道湿地修复示范工程平面布置图

10.4.2河道湿地生态修复工程

(1) 理顺行洪主槽

以现状河道地形为基础，根据河道流场特性，理顺行洪主槽，清理河道主槽内占地及堆积物，主要有：1)疏挖清除现状主槽内的重污染底泥约8300m³，并对现状河道内

煤灰污染进行清理，避免影响整治效果及造成二次污染。2)清理早市平台下游河道主槽内占地10.5亩。3)清理王平沟口及南涧沟下游历史山洪所携淤积物约3万m³，通过疏挖形成水面。清理的砂、土、卵石则用做河道微地形改造、护岸等。

(2) 河道湿地生态修复

为使工程区河道湿地得到全面恢复，达到天然河道湿地生态系统所具有的纵向、横向、垂向、时空演替等多维异质特性，动态与静态水流相结合所产生的变化性和复杂性以及具备健康生态系统的自我组织自我协调功能，在生境建设上，遵循河流动力学特性，对现状河道单调、破损的生境进行改造，恢复河道自然本源，使生境多样性、生态连续性和系统相对稳定性得到初步构建。

①构建壅水溢流小堰，扩大水面面积并形成深潭浅滩、跌水景观。建设四道壅水溢流小堰并设计小水鱼道。1# 壅水溢流小堰建于大桥上游约40m，现状河底水泥路处，溢流小堰堰顶设计高程179.05m，相对现状河底高0.95m，堰长140m，并在右岸设置亲水平台，为避免造成桥墩冲刷，在跌水坝下游采取大卵石防护。2# 溢流小堰是对南涧沟口处的现状壅水堰进行改造，堰顶保持原高程，堰长83m高1.0m。为使上下游生物相互连通，根据现状地形，特在溢流小堰处设计顺堰鱼道，鱼道以现状小水为设计条件，鱼道净宽1m。3#、4# 壅水溢流小堰均为对现状堤坝的改造，堰顶高程基本不变，采用钢筋石笼结构，钢筋笼上顶宽2m，上游由粘土掺石压实防渗，防渗体顶宽3m，上游坡1:3，下游采用铅丝石笼防护；3# 堰长160m，高约1.90m，4# 堰长246m，高约1.0m；通过壅水溢流小堰和小水鱼道建设，达到既增加景观水面、形成深潭浅滩、跌水自然美观又连通上下游生物通道，卵石间隙又适于生物栖息、繁殖、避难。

壅水溢流堰及鱼道属非永久建筑物，主要对现状小水流量起壅水作用，设计当河道流量超过150m³/s时（包含王平沟、南涧沟小流域汇流及落坡岭水库泄水）允许冲毁。

②重构河床微地形，展现多样自然形态。天然河床在水流的长期冲刷下，在横、纵、垂三维空间上形成其特有的深槽、浅滩、江心洲、水湾等多种形态。在上述小堰基础上，根据河床演变规律，结合现状河道地形，融合景观造型，对河道进行微地形改造，在宽阔水域设置江心洲，在深槽、水坑内设置多孔砾石岛，以利于水生动物的栖息、繁衍；同时根据水位状况、水生植物适水深度构建以景观水面为主的深水区、适于沉水植物生长的浅水区以及适于挺水植物生长的滨水区。通过河床上中下游、表中底、点线面立体空间的全面塑造，重新展现工程区自然河

床的形态多样性。

③湿地植被修复，重视物种多样、自然、景观优美，提高系统生物多样性。在不同水深处，种植适宜的水生植物，以本土植物为主，适当引种本地区其它植物，达到生物多样，并兼顾景观效果。设计在保留现状芦苇、香蒲、菖蒲等水生植物基础上，增加滨水区多种植物种植，并在2# 壅水溢流小堰上游水域内引种荷花、睡莲，其中荷花睡莲种植水域面积17601m²。

④湿地动物配置。由于现状河道水体污染比较严重，而且水面狭窄、水深不足，导致河道内水生动物稀少，更缺乏大型水生动物，食物链短而简单，生态系统脆弱。在水质还清基础上，从落坡岭水库挖取适量底泥培育底栖动物，并放养少量鱼苗等大型动物，引导本河道湿地生态系统尽快进入良性循环。

(3) 改善小流域降雨径流入河水质

工程区段常规水源为煤矿、电厂经过处理的出水，水质标准为北京市《水污染物排放标准》的一级限值A，能够满足本河道湿地的水质要求。但王平沟两侧小煤窑众多，汛期雨水侵蚀将携带大量煤渣汇入主河道，对整治后的河道将造成严重水体污染和生态破坏。为此，设计采取沉砂渗滤湿地进行沉淀过滤。

王平沟口沉砂渗滤湿地：该设施主要针对王平沟小流域多年平均降雨径流，根据产汇流数模计算成果，该小流域多年平均降雨强度产流量为13.39m³/s。设计在该径流强度下，通过旋转沉淀池将降雨径流所携带的粗颗粒煤渣在池内得到初步截留，渗滤坝及坝后潜流湿地则将细颗粒煤灰进一步去除，大流量时主要对粗颗粒截留沉淀，水流由溢流口及坝顶溢流入河。池内、沟内粗颗粒煤渣及池外滨水植物丛中淤积的细颗粒煤泥根据淤积量不定期进行清理。池内配置少量植物浮床。设计旋转沉淀池面积1600m²，渗滤坝采用钢筋笼结构，分层装填卵石、多孔生物巢填料，坝长91m，顶宽4m，最大高2.3m，溢流口顶高程179.4m，坝顶高程180.3m，与滩地高程相当，无阻流影响。坝外为潜流湿地，宽约12~27m，表层由铅丝石笼防护，防护长16m。

(4) 卵石河道拟自然减渗

本示范工程模拟自然河道表层防渗结构，通过现场试

验，采用粘土掺混压实减渗方案，主要针对工程区新疏挖、整治和原来渗漏严重部位以及护岸坡脚进行防渗处理，面积7.9万m²。

按规划98423m²水面、现有水量7400m³/d计算，则要求河床渗透系数小于8.7×10⁻⁵cm/s。

10.4.3 岸坡生态防护工程

出于示范试验目的，本期示范工程拟构建8种不同型式的生态防护模式，沿左岸分段布置，各生态防护模式具体如下：

卵石枝条护岸：以卵石、活柳枝、活柳桩、木桩、矩形枝条边筐构成生态防护结构主体，柳枝成活后其根系、枝干以及筐格将卵石固定，起到护岸和生态双重效果。设计坡度为1:2。护脚采用卵石混凝土筐，利用混凝土桩形成矩形框架，其中装填卵石，埋于坡脚起护脚作用，卵石筐内多孔隙空间将成为水生生物的乐园。长度42m。

连排桩树篱护岸：对于滨水矮陡坎，采用连排木桩(或仿木桩)、活枝条等形成护岸结构，活枝条长成之后形成活挡墙而其根系则起固土作用，长57m。

植被铅丝笼护坡：该模式是传统铅丝笼护岸的变革，它整体性好，抗冲能力强，适应不同岸坡，石缝间隙利于生物生长，铅丝寿命10至15年，但岸坡灌木长成之后，其根系将替代铅丝起捆束卵石作用，面积2800m²。

枝条栅栏护岸：对于滨水边坎，设计采用木桩枝条栅栏结构，利用木桩、活枝条编制栅栏，紧邻栅栏种植灌木树篱，水陆交界处木桩使用年限为2-6年，通过防腐处理可增加使用年限，长80m。

植被卵砾石护岸：卵砾石起到结构抗冲和固定根系作用，芦苇、灌木等根系则形成立体纤维网捆束卵砾石，起到整体纽带作用，柔韧的芦苇、灌木在水流冲击时倒伏又反过来保护基础结构免受淘刷。动物则可在植物杆茎、卵砾石间隙活动。水流冲刷强的部位可考虑在卵砾石表层加设铅丝网，长40m。

半干砌石植被护岸：以半浆砌卵石框格、干砌卵石、灌木种植相结合的方案，即确保结构稳定，又吸纳了干砌石利于生物生长的优点，灌木成长后其根系及枝干又进一

步稳固了护岸结构，设计坡度为1:2。长度50m。

卵砾石草皮护坡：在水流弱、岸坡缓的地方采用自然草皮，为人们提供亲水活动空间，面积3000m²。

驳石护岸：在浅水岸边，以自然卵石散抛护脚并种植水生植物，即自然美观又有护岸作用。根据现场条件布设。

以上护岸经过初期施工以及后期精心维护，可很快形成以先锋物种为主导的初期生态系统。为使系统更具稳定性和多样性，可通过喷洒演替后期主导型物种的种子来加强系统丰度，促进系统演替。同时，从根系强度而言，由种子自然长成的植物其主根发达，可很好地起到锚固作用，与栽植树木所形成的发达网状侧根结合可起到完美的护岸效果。

10.4.4 滨水区环境整治工程

(1) 河滩果园修整

对大台矿排水口附近两岸滩地果园及早市平台下游左岸滩地果园进行修整，面积5.6万m²，并对园内灌溉水渠、挡土堤进行修整改造，同时建设竹栅栏653m，通过修整，美化当地环境，但不改变现状用地性质。

(2) 滨水步道

从王平沟排水口断面起，沿左岸岸边设计一滨水步道，方便周边居民、游人的活动、休闲，步道长700m，其中青石路面步道长482m，道宽2m，路内侧以1:0.5半干砌式挡墙，挡墙高约0.5m，路两侧以自然野生草皮及散布灌木为主，另有涉水汀步长136m。

(3) 亲水平台

建设1座木栈台、1座亲水平台，改造左岸集市平台为亲水平台，并对现状2座水塔进行装饰。

10.5 建成效果

10.5.1 工程造价

本河道湿地修复示范工程静态总投资1010.63万元，其中一至四部分工程直接费787.86万元，其它费用130.90万元，基本预备费91.88万元。

10.5.2 环境效果

本示范工程针对河道脏、乱、黑、渗漏重等问题，本着“开源、节流、治污并重”、“人、水、自然和谐互惠”、“注重河道生态健康”的理念，利用有限的污废水资源和干涸破损河道空间，在不降低现状河道行洪安全前提下，综合考虑生态修复、景观效果、技术示范及科普教育，采用水质净化、雨洪滞蓄利用、拟自然减渗、自然河道形态重塑、湿地植物多样性恢复、野生动物生存环境构建、生态护岸、鱼道建设、景观配置等一系列工程及生物生态技术手段，并充分结合现状地形地物条件，经各方努力，建设形成具有生境多样、生物群落复杂、生物链完善、系统稳定、能自我组织和自我协调的良性循环生态系统，2007年建成至今，经历多次山洪及上游水库泄流考验，工程运行良好，实现了融生态修复、景观旅游、技术展示、科普教育于一体的河道湿地生态修复技术示范的目的。



图4 王平河道湿地修复示范工程效果图



图5 王平河道湿地夏季景观



图6 王平河道湿地冬季景观

10.5.3 社会效益

从06年设计施工以来，已经形成生境多样、物种丰富、系统稳定的良性循环系统，景观效果也十分明显，为当地居民提供了良好的休闲空间，已经成为门头沟区的一个亮点工程，得到社会各界的好评，促进了区域经济社会的可持续发展。

该项目被纳入由国家科技部授予的门头沟区“国家生态修复科技综合示范基地”河道湿地生态修复示范工程。并于2007.5.28作为由全国人大环境与资源保护委员会、国家科技部、北京市人民政府、中国科学院主办，北京市科委、门头沟区人民政府、中科院北京分院承办的2007北京生态修复国际研讨会的现场考察点接待了来自美国、德国、芬兰等十几个国家的50余名生态修复专家以及中科院等国内30余名专家学者。也为永定河“绿色生态走廊”建设提供了有益借鉴。