

# 辽河保护区治理与保护技术研究

段亮<sup>1</sup>,宋永会<sup>1</sup>,白琳<sup>2</sup>,向连城<sup>1</sup>,  
曾萍<sup>1</sup>,彭剑峰<sup>1</sup>,田智勇<sup>1</sup>

(1. 中国环境科学研究院城市水环境科技创新基地,北京 100012;  
2. 辽宁省环境规划院有限公司,沈阳 110031)

**[摘要]** 国家“十一五”期间,辽河流域水污染治理取得了突破性进展,实现了流域干流水质化学需氧量(COD)消灭劣V类的目标。为了巩固辽河干流治理成果,实现可持续发展的长远目标,辽宁省划定了辽河保护区,成立了保护区管理局,这是国内成立的第一个以流域综合管理为目标的行政机构,并进行了辽河保护区治理与保护研究。本研究以建设防洪安全、水质良好、生态健康、景观优美的健康河流生态系统为出发点,融合了水利学、生态学、环境学、景观学、经济学等多学科交叉理念,统筹考虑水利工程、污染治理工程、生态修复工程、示范区建设工程等项目的相互影响及关系,分别进行了土地利用、生态系统修复、河道综合治理、生态示范区建设、治理与保护能力建设5个方面的研究。

**[关键词]** 辽河保护区;治理;保护;生态修复

**[中图分类号]** X522 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2013)03-0107-06

## 1 前言

河流生态系统是生物圈物质循环的重要通道,具有调节气候、改善生态环境以及维护生物多样性等众多功能,当前河流生态系统不断受到人类活动的干扰和损害,恢复和维持一个健康的河流生态系统已经成为近年来环境管理的重要目标。河流生态修复的基本目标是促进生态系统自我维持及陆地、缓冲区域和水生生态系统间相互联系的出现<sup>[1-3]</sup>。河流恢复的重要目标是保护河流的生物完整性及其生态健康,河流生态系统的恢复程度可利用生物完整性指数、景观结构特征等进行评价。河流生态系统具有较强的自净和恢复能力,通过消除人为干扰,以及采用积极有序的调控方式和措施,在大多数情况下河流生态系统能够得到恢复和重建<sup>[4-6]</sup>。在河流生态系统的长期研究过程中,提出大量的理论,而综合利用这些理论是河流生态系统恢复的基础。河流生态系统的恢复应包括物理环境、生物环

境的恢复,以及不同时空尺度上的恢复,将缓冲区域、洪泛平原等均纳入河流生态系统的恢复范围,并建立健全河流监测和管理平台,保证河流生态修复持续性<sup>[7-9]</sup>。

成立基于流域的河流综合管理机构是河流治理与保护的重要途径<sup>[10-12]</sup>。如莱茵河成立了莱茵河保护国际委员会(ICPR),制订的“莱茵河鲑鱼2000计划”也开创了德国大规模实施河流生态修复的先例。多瑙河是仅次于伏尔加河的欧洲第二长河,流域覆盖了欧洲18个国家领土的部分或全部,是众多鱼类重要的育肥和产卵场所。为保护多瑙河,流域成立多瑙河保护国际委员会(ICPDR),制订了多瑙河流域联合行动计划。泰晤士河也成立了泰晤士河水务局,实施了区域性水污染防治生态工程措施。

辽河是我国七大江河之一,虽然“十一五”以来积极的河流生态治理已初见成效,2009年辽河干流已消灭劣V类水质。但是,辽河治理和保护中存在的一些深层次问题和矛盾仍十分突出。2010年,辽

**[收稿日期]** 2012-12-10

**[基金项目]** 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07202-004)

**[作者简介]** 段亮(1983—),男,安徽马鞍山市人,助理研究员,研究方向为水环境修复;E-mail:liangduan@gmail.com

宁省借鉴国外河流管理经验,划定辽河保护区,设立辽河保护区管理局,在保护区范围内统一依法行使环保、水利、国土资源、交通、农业、林业、海洋与渔业等部门的监督管理和行政执法职责以及保护区建设职责,体现了流域综合管理的理念。辽河保护区范围始于东西辽河交汇处(铁岭福德店),终于盘锦入海口。分布在东经121°41'~123°55.5',北纬40°47'~43°02'之间,面积为1 869.2 km<sup>2</sup>的区域(见图1)。辽河保护区划区设局,使辽河治理和保护工作由过去的多龙治水、分段管理、条块分割向统筹规划、集中治理、全面保护转变。为此,启动了辽河保护区治理与保护技术研究项目。



图1 辽河保护区地理位置图

Fig.1 The location of Liaohe River conservation area

## 2 土地利用方式研究

### 2.1 辽河保护区土地利用现状分析

使用2007年0.5 m分辨率航片,解译得到辽河保护区土地利用覆盖情况。结果显示,保护区主要土地利用类型包括:旱地、林地、水田、河流、沼泽、滩地、农村居民用地、大棚、坑塘、大堤、套堤、公交建设用地、滩地、潮间带、芦苇、草地、裸地、赤碱蓬和防护林等。保护区的主要用地比例如下:旱地(35.8%)、芦苇(19%)、潮间带(12.3%)和河流(10.6%)。

各土地类型中,农田(旱地、水田)是保护区内的主要土地利用类型。河道内农田侵占严重,在一定程度上影响到辽河干流防洪和生态系统的稳定。保护区内农田面积为717.23 km<sup>2</sup>,约占保护区总面积的39.81%。辽河保护区内湿地总面积为879.04 km<sup>2</sup>,占保护区总面积的48.79%。主要湿地资源包括芦苇湿地、潮间带湿地、河流湿地、赤碱蓬湿地、沼泽湿地、滩地和潮间带7种主要的湿地类型。河流湿地面积为191.90 km<sup>2</sup>,占湿地总面积的比例为21.83%,是辽河保护区的核心和主干。

### 2.2 辽河保护区土地利用方案

根据对辽河干流横向和纵向自然、地理、水文、生态特征、环境现状及保护区用地需求的分析,进

行辽河保护区土地利用规划,充分发挥保护区生态保护的功能,构建具有物理完整性、化学完整性和生物完整性的辽河保护区。

保护区内土地利用类型研究划分为11类,按面积比例由大至小分别为河岸带生物多样性用地、辽河口湿地用地、生产用地、入干水质控制用地、大坝防洪安全用地、河道用地、高生态功能湿地用地、险工险段低风险用地、生态水面景观用地、水库湿地用地和城市景观用地。河岸带生物多样性用地的面积最大,占总面积的38.7%,是辽河保护区生物、生态多样性保护的基础;辽河口湿地区占辽河保护区总面积的22.6%,是辽河保护区的重要组成部分;生产用地占总面积的12.2%,是辽河保护区农民增收保障;入干水质控制用地、高生态功能湿地用地、生态水面景观用地和水库湿地是和湿地建设相关的用地,占总面积的14.9%,是实现辽河保护区湿地网的保障;城市景观用地占总面积的比例最小,体现保护区生态保护的功能定位。辽河保护区主要土地利用规划用地比例见图2。

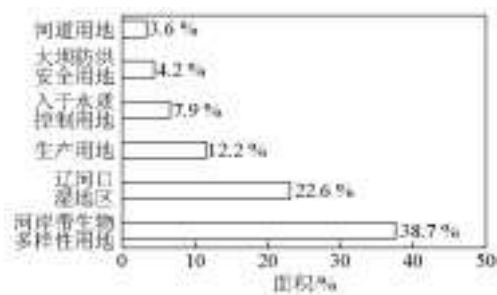


图2 辽河保护区主要土地利用规划用地比例

Fig.2 The land use planning of Liaohe River conservation area

## 3 生态系统修复方案

辽河保护区生态修复的总体思路为:以恢复河流生态完整性为目标和出发点,坚持“给河流以空间”,通过重要支流河口人工湿地构建、坑塘湿地群建设与恢复、以及牛轭湖、库型湿地、干流河岸区湿地生态恢复,并保障湿地恢复水利条件,恢复辽河的物理、化学、生物完整性,重现辽河清水碧波的自然风貌。

根据辽河保护区现有湿地特征、水文条件、下垫面特征等综合考虑,确定支流汇入口湿地、坑塘湿地、牛轭湖湿地及河道湿地为主要建设湿地类

型。通过湿地网恢复与建设工程,将形成由不同规模、错落有致的湿地构成的具有自我修复功能的河流湿地生态系统,削减入河污染负荷,增强水体自净能力,改善河流水质,同时发挥其水源涵养、调洪蓄洪、气候调节、生物多样性维持、景观多样性等多重作用,成为野生动植物、鱼类和鸟类的栖息地。

1) 支流河口人工湿地建设。对于八家子河、招苏台河、亮子河等9个中度/重度污染支流河口,构建支流河口人工湿地用于水质改善和水量调蓄,兼有景观功能。其主要用途有:a. 处理支流来水中污染物;b. 作为河口区水量缓冲器,在干旱季节向河道补充水,在暴雨时接受洪涝水;对于污染较轻或者无污染支流河口,暂不修建河口湿地。根据支流污染程度和河口滩涂面积,确定各支流河口人工湿地面积及工程布局。河口湿地类型全为表面流人工湿地,结合干流植被恢复规划,湿地植被类型包括水生、沼生和湿生,而对于重污染支流河口人工湿地需选择一些控污型植物,如芦苇、香蒲等。河口人工湿地建成后,出水化学需氧量(COD)降至50 mg/L以下,氨氮降至5 mg/L以下。

2) 坑塘湿地群建设与恢复。辽河干流上段长期以来一直有采沙活动。由于长期挖沙,留有大量面积不等的沙坑。辽河沙坑主要分布在清河口至马虎山段,沿途100 km河道上沙坑数量众多,很多已形成水面。建设坑塘湿地主要以现有沙坑为基础,整体布局,结合辽河水系流向,通过坑-坑、坑-河水系联通技术,形成辽河干流连水面。构建的坑塘湿地群,可起到涵养水分和调节水量作用,使辽河成为多样化景观河道。坑塘湿地群植被以自然恢复为主,结合干流植被恢复规划,湿地植被类型以土著种为主,包括水生、沼生、湿生和中生。坑塘湿地群建成后,湿地群内水质优于干流水质。坑塘湿地群建成后,水质可保持较好,在确保次生污染可控的前提下,坑塘可选择性进行渔业养殖,达到一定的经济效益。

3) 牛轭湖自然湿地建设。牛轭湖泥沙淤积形成坡度较缓的滩面有成为湿地的先天条件。牛轭湖自然湿地恢复规划在福德店橡胶坝至柳河河口橡胶坝段选取33个牛轭湖进行,构建湿地中心区面积87.83 km<sup>2</sup>。选取巨流河橡胶坝-毓宝台橡胶坝段构建面积36.93 km<sup>2</sup>的大型牛轭湖自然湿地。根据牛轭湖原来河道自然态势,利用已建成的河道蓄水工程并辅以下界面修整等措施构建湖泊湿地为主的生境类型,形成水生、沼生、湿生、中生等动植物

多重生存空间。通过水利保障和水生植物恢复引导牛轭湖重新形成生物链完整,系统稳定和自我恢复的牛轭湖自然湿地。牛轭湖自然湿地系统与辽河干流的河口人工湿地、坑塘湿地、库塘湿地通过水系联通形成错落有致,结构功能多样的湿地网络,增强辽河水体自净能力,改善河流水质,同时还发挥其水源涵养、调洪蓄洪、气候调节等多重作用。

4) 闸坝回水段自然湿地建设。辽河属平原河流,河道宽阔,高程相差不大,流速慢,平均水位低。水库建设和形成需要较大的空间和时间。河流本身水位低,含沙量巨大,水库蓄水后形成大量沙洲,难以形成比较大型的库容量。为进一步进行水利调控,恢复辽河河流型湿地状态,保护大型湿地,在充分利用目前干流上的石佛寺水库和11座橡胶坝的基础上,应新建3座橡胶坝。橡胶坝调控水位主要在2~5 m,可以改变河流地貌,减缓流速,在回水段湿地中形成沙心洲,为动植物提供良好生境,对于恢复生物多样性和保护河流湿地有重要意义。闸坝回水段自然湿地恢复方法主要以自然恢复为主,辅以必要的工程措施。采用水利连通的方法,新建和贯通坑塘,保持河流连续性,控制湿地水位,退耕还林、还草,对于部分容易塌方地区进行河道整治,建设生态型护岸。

#### 4 河道综合治理研究

堤防标准化建设主要包括堤防达标建设、无堤段贯通建设、堤顶路面建设及护堤林建设4方面内容。本研究的堤防整修工程大部分是对634.16 km有堤段堤防断面不足的堤段进行加高或加宽培厚,对抗冲刷能力弱和透水性大的241.215 km砂堤砂基采取相应治理措施。同时对95.43 km无堤段进行连通,在23条支流入汇口架设交通桥,贯通后的堤防新修堤顶公路,建设堤防两侧护堤林,使辽河干流堤防成为集防洪保障、抢险交通、生态景观线为一体的交通干线。砂堤砂基段迎水坡采用堤坡土工膜外覆盖种植土和草皮防护,其他堤段迎水坡及所有堤防的背水坡均采用撒播草籽防护。按照三级路标准建设8 m宽堤顶路面,路面硬化采用沥青覆盖,路面两侧设路缘石。辽河堤顶公路建成后,在公路两侧迎水侧栽植护堤林。在不影响河道行洪的前提下,迎水侧护堤林由现状的30~50 m增加到100 m,局部还可适当放宽,背水侧堤脚向内20 m栽植护堤林。护堤林以耐涝、耐寒的乔木为主(见图3)。

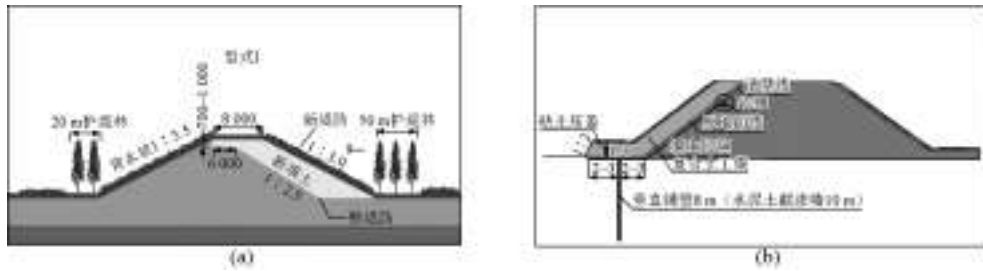


图3 堤防标准化建设效果图(单位:mm)

Fig.3 Therendering map of standardized construction of dike (unit: mm)

清淤原则是扩大主槽过流断面,利于泄洪渡汛;消除滩地横比降,吹填堤脚串沟。护岸、丁坝等工程在确定清淤整治线中起着节点的控制作用,是整治线规划的关键性重点控导工程。整治线确定为柳河口至卡力马、卡力马至六间房、六间房至盘山闸、盘山闸至曙光桥、石佛寺坝前至鲁家大桥五段。

辽河防洪地位十分重要,河道险工治理关系到辽河河势稳定和防洪安全,必须坚持统筹全局、统一规划,应在河道中水治导线的控制和指导下进行治理。根据河道演变分析结果,分别采用马卡维耶夫法、平滩水位法、造床流量保证率法、主汛期月平均流量法进行造床流量计算。根据历年主槽平均宽法、经验公式计算法、造床流量下现状河道水面宽计算法3种计算结果,充分考虑各河段河道特点、上下游协调统一并为河道的演变发展预留一定空间,综合确定辽河干流各河段整治宽度。

辽河两岸岸坎可按陡峭程度及植被覆盖情况大致分为两类,一类为现状坡比较缓,水流兑岸情况不严重,坡面基本有植被覆盖或经简单整型、覆土即可具备作物生长条件的,本次规划中简称缓坡,实际划分中大致标准可按柳河口-卡力马段坡比缓于1:1.5,其他段缓于1:1控制,这一类岸坡可占现有规划岸坎的41.35%,约440 km;另一类为现状坡比较陡,水流兑岸情况严重,水下及水上边坡现状基本不具备作物生长条件且目前没有岸坡防护工程的,属于河道险工,本次规划中简称陡坡或陡坎,实际划分中大致标准可按柳河口-卡力马段坡比陡于1:1.5,其他段陡于1:1控制,这一类岸坡可占现有规划岸坎的58.65%,约624 km。

## 5 生态示范区建设研究

本研究是在对辽河流域水生态、社会经济和自然现状进行调查分析和评价基础上,针对制约辽河保护区可持续发展的主要因素,结合区域内生态环

境特点和自然资源优势,以可持续发展为指导,通过对辽河保护区生态示范区进行科学的空间布局,通过河道综合整治,建设湿地和生态修复工程,调整农业种植结构,发展生态高值农业,开展新农村建设,充分挖掘辽河流域历史文化,发展生态农业、湿地和文化旅游业,带动第三产业的发展,将生态示范区建设成为物质良性循环和能量高效利用的自然-经济-社会复合生态系统;实施内外联动战略及区域内点、线、面统筹的生态产业带发展战略,实现辽河保护区生态、环境和社会效益的相互统一,全面建设生态经济高效、生态环境优美、人居环境良好、社会稳定和谐、生态文化繁荣的生态新辽河。

以实施可持续发展战略和保障社会经济可持续发展为目标,根据辽河保护区内自然生态环境现状和特点、资源环境承载能力、现有的开发密度和发展潜力,紧紧围绕典型重点生态环境问题,对辽河保护区进行自然环境系统分析、生态环境敏感性评价和生态系统服务功能评价,确定辽河保护区的生态功能区划,在此基础上明确生态恢复与生态功能提高示范区、污染阻控与水环境改善示范区、湿地公园与区域性休闲旅游度假示范区、人居环境改善与河流城市景观建设示范区、生态高值农业与新农村建设示范区五类主体功能区。

## 6 保护能力建设研究

1)水质监测系统。规划在辽河保护区内建设水质污染自动监测系统(WPMS),系统由中心站(保护区综合管理平台所在地)、支流入口子站、干流子站和数据传输系统组成,随时对区域的水质污染状况进行连续自动监测,形成一个连续自动监测系统。

规划近期建设1处中心站(保护区综合管理平台所在地)、9处支流入口子站和数据传输系统,结合水利部门、环保部门的监测站建设计划,实现信息共享。规划1处干流子站。

2)巡护及生态监测站。选择保护区内重要的生态结点、重点湿地,野生动物、鸟类、水生生物栖息地,建设巡护及生态监测站,具有巡护、湿地监测、珍稀野生动植物监测、鸟类和鱼类观测功能。采用人工监测、自动站观测和遥感监测分析手段相结合的方法,对保护区内野生动植物、鸟类、水生生物资源的变化状况以及河滨湿地状况进行观测,分析保护区内生态质量的变化趋势,分析流域水资源利用、水利工程建设以及水污染排放对保护区湿地生态系统的影响规律。

根据保护区巡护管理及生态综合监(观)测的需求,选取铁岭市昌图福德店、通江口、银州区、沈北石佛寺、马虎山、新民毓宝台、台安大张桥、盘山闸处,以现有基层河道管理机构人员、站房为基础建立巡护站,增加必要的观测设施,形成保护区日常巡护管理与生态综合监(观)测网络。

3)低空航测系统。远期规划建设2套低空航测系统,选址在石佛寺水库周边,其服务功能可覆盖整个辽河保护区。用于保护区日常巡检、生态环境变化遥感监测、突发环境灾害与污染事件持续跟踪监测及救援疏散等。

无人机监测系统整套设备包括无人机本体,以及导航与飞行控制系统、遥感传感器及其控制系统、信号传输系统、地面监控系统。飞行器上装置的GPS能实时接收GPS信号、确定监测器的空中位

置,用以支持程控设备按计划航线飞行,也可以通过遥测信号传送到地面,显示在计算机屏幕地图上,供地面人员进行导航操作。

#### 参考文献

- [1] 董哲仁. 试论河流生态修复规划的原则[J]. 中国水利, 2006(13):11-13.
- [2] 倪晋仁,刘元元. 论河流生态修复[J]. 水利学报,2006(9):1029-1037.
- [3] 孙东亚,赵进勇,董哲仁. 流域尺度的河流生态修复[J]. 水利水电技术,2005(5):11-14.
- [4] 赵彦伟,杨志峰. 城市河流生态系统健康评价初探[J]. 水科学进展,2005(3):349-355.
- [5] 董哲仁. 河流生态恢复的目标[J]. 中国水利,2004(10):6-9.
- [6] 董哲仁. 河流生态系统研究的理论框架[J]. 水利学报,2009(2):129-137.
- [7] 董哲仁,孙东亚,彭静. 河流生态修复理论技术及其应用[J]. 水利水电技术,2009(1):4-9,28.
- [8] 刘大鹏. 基于近自然设计的河流生态修复技术研究[D]. 长春:东北师范大学,2010.
- [9] 唐涛,蔡庆华,刘建康. 河流生态系统健康及其评价[J]. 应用生态学报,2002(9):1191-1194.
- [10] Grift R E, Ibeings B W, Jans W, et al. Restoration strategies for river floodplains along large lowland rivers in Europe [J]. Freshwater Biology, 2002, 47: 889-907.
- [11] Bean Michael J. Strategies for Biodiversity Protection, in Precious Heritage: The Status of Biodiversity in the United States [M]. Oxford: Oxford University Press, 2000: 255-274.
- [12] Arthington A H, Pusey B J. Flow restoration and protection in Australian rivers [J]. River Research and Application, 2003, 19: 377-395.

## The research of control and onservation technologies of Liaohe River conservation area

Duan Liang<sup>1</sup>, Song Yonghui<sup>1</sup>, Bai Lin<sup>2</sup>, Xiang Liancheng<sup>1</sup>,  
Zeng Ping<sup>1</sup>, Peng Jianfeng<sup>1</sup>, Tian Zhiyong<sup>1</sup>

(1. Department of Urban Water Environmental Research, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China; 2. Liaoning Academy of Environmental Sciences, Shenyang 110031, China)

**[Abstract]** In the National “11th Five-year” period, the Liaohe River basin water pollution control acquired breakthrough progress. It eliminated water quality worse than class V for chemical oxygen demand (COD) in the mainstream of the whole river basin. In order to consolidate the control achievements of the Liaohe River mainstream, and to achieve long-term goal of sustainable development, Liaoning Provincial Government designated the mainstream of Liaohe as conservation area and established a conservation bureau. This is the first administration to be set up in China carrying out integrated basin management. So we do the research about the

Liaohe River control and conservation. The goal of the research was to restore a healthy river ecosystem including flood control, good water quality, healthy ecology and beautiful landscape. It's realize the integration of hydraulics, ecology, environmentology, landscape esthetics, economics and other interdisciplinary concept in ecological environment protection plan of China. It's also considerate the interaction and relationships of hydraulic project, pollution control project, ecological restoration project and demonstration area construction project. We have completed five special researches of land use, ecosystem restoration, integrated river management, ecological demonstration area construction, and control and protection capacity establishment.

**[Key words]** Liaohe River conservation area; control; conservation; ecosystem restoration

(上接 106 页)

- [16] Li M, Wu Y J, Yu Z L, et al. Nitrogen removal from eutrophic-water by floating-bed grown water spinach ( *Ipomoea aquatic forsk*) with ion implantation[J]. *Water Research*, 2007, 41: 3152-3158.
- [17] Sun L P, Liu Y, Jin H. Nitrogen removal from polluted river by enhanced floating bed grown canna[J]. *Ecological Engineering*, 2009, 35: 135-140.
- [18] 高红杰, 彭剑峰, 宋永会, 等. 多层组合生物浮岛对城市河水的净化效果[J]. *环境工程技术学报*, 2011, 1(4): 334-338.
- [19] 何少林, 黄翔峰, 陈 广, 等. 高效藻类塘磷酸盐去除机理研究[J]. *四川环境*, 2006, 4(2): 18-20.
- [20] 宋永会, 彭剑峰, 高红杰, 等. 高效藻类塘与水生植物塘联用深度净化受污染河水研究[J]. *环境工程技术学报*, 2011, 1(4): 317-322.

## Study on treatment technology for heavily polluted river in Shenyang—Fushun Section of Hunhe River basin

Peng Jianfeng<sup>1,2</sup>, Song Yonghui<sup>1,2</sup>, Gao Hongjie<sup>1,2</sup>,  
Ren Zhaoyong<sup>2,3</sup>, Li Rui<sup>1,2</sup>, Yu Huibin<sup>1,2</sup>

(1. Department of Urban Water Environmental Research, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China; 2. State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China; 3. College of Chemical and Environmental Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266510, China)

**[Abstract]** The novel remediation technologies for heavily polluted river in Shenyang—Fushun Section of Hunhe River basin were adopted according to their wastewater sources and water quality characteristics. The technology and effects of strengthened tidal-flow wetland for nitrogen removal, the multi-layers biological floating inland, and the combined process of algal pond and hydrophytes pond were optimized. The principal of removal theory, removal effect and optimal operation parameters were analyzed. Additionally, their practical treatment capability was proved through real demonstration project. The result shows that the selected process displays a good treatment capability and applicability for northern polluted river.

**[Key words]** heavily polluted river; Shenyang—Fushun Section; tidal-flow wetland; applicability