SHUISHENGTAI XITONG BAOHU YU XIUFU LILUN HE SHIJIAN

水生态系统保护与修复理论和实践

王浩 唐克旺 杨爱民 王研 唐蕴 著

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水生态系统保护与修复理论和实践

王浩 唐克旺 杨爱民 王研 唐蕴 著

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是迄今为止国内外首部系统研究水生态系统保护与修复理论、方法和实践方面的学术专著。本书分上、中、下3篇。上篇论述了水生态系统保护与修复理论与方法，内容包括：水生态系统保护与修复研究进展和技术，生态需水，滨水景观，河流健康评价，水生态系统保护与修复的技术、方法和典型设计。中篇论述了水生态系统调查评价的技术体系，内容包括：沈阳市自然经济复合生态系统概况，水生态系统调查评价的内容与方法，河流水系现状调查，湖泊水库现状调查，水质调查与评价，水生生物现状调查与评价，水生态系统动态演变遥感调查，径流演变规律分析，河流健康评价，沈阳市生态环境问题诊断。下篇论述了水生态系统保护与修复规划技术体系，内容包括：规划总则，生态需水及保障，河流生态治理和修复，水质安全保障，湖泊及湿地的保护与修复，地下水保护及超采治理，水土保持，管理措施，投资、效益分析及监测评估，保障措施。

本书可供从事水资源、水环境、水土保持、水景观、水生态等领域的科研、教学和管理工作者使用，也可供高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

水生态系统保护与修复理论和实践 / 王浩等著. -- 北京 : 中国水利水电出版社, 2010.6
ISBN 978-7-5084-7676-6

Ⅰ. ①水… Ⅱ. ①王… Ⅲ. ①水环境：生态环境—环境保护 Ⅳ. ①X143

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第126362号

书　　名	**水生态系统保护与修复理论和实践**
作　　者	王浩　唐克旺　杨爱民　王研　唐蕴　著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座　100038) 网址：www.waterpub.com.cn E-mail：sales@waterpub.com.cn 电话：(010) 68367658（营销中心）
经　　售	北京科水图书销售中心（零售） 电话：(010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排　　版	中国水利水电出版社微机排版中心
印　　刷	北京市兴怀印刷厂
规　　格	184mm×260mm　16开本　19印张　481千字　13插页
版　　次	2010年6月第1版　2010年6月第1次印刷
印　　数	0001—1500册
定　　价	**68.00**元

前　言

河流、湖泊等水生态系统是自然界最重要的生态系统之一。维护水生态系统健康、实现人与水和谐共存是水生态系统保护与修复的根本目标。人类与水生态系统的关系，尤其是与河流的关系虽然十分复杂，但是可以大致分为4个阶段，即原始自然阶段、工程控制阶段、污染治理阶段和水生态修复阶段。

(1) 原始自然阶段。在漫长的原始自然阶段，人类多选河流流经的水草丰美之地聚居，对河流的利用仅为简单的农业灌溉和日常生活取水。在这一阶段，河流能提供远多于人类发展需求的服务，河流系统的许多功能尚未被人类认识、开发和利用，河流在复杂多变的外部条件下通过系统的自动调整得以发展和演变，不受或少受人类影响，人类与河流基本和谐相处。同时，由于在该阶段人类对河流自然灾害的防御能力很弱，因此对洪水等灾害多以被动躲避为主。

(2) 工程控制阶段。采用工程方法控制河流的实践源于防洪减灾的努力。早在公元前3400年，古埃及人就修建了尼罗河左岸大堤保护西部的首都和农田；2500年前，在我国安徽寿县就已修建芍陂水库。与防洪相关的河流工程控制措施除修建水库和堤防外，还有河道取直、蓄滞洪区、双层河道、边堰系统和地下水库、堤坝加固等。人口增长和工农业发展使得河流工程控制措施扩展并使供水、发电、航运等方面的工程措施不断完善。人类对河流的治理经历了从单纯防洪到多功能开发利用的过程，使得河流可以同时发挥多种功能，从而能够更好地满足人类发展的需求。

(3) 污染治理阶段。随着经济社会的发展和技术进步，人类对水生态系统的干扰越来越强烈，能力也越来越大。很多水利工程的修建几乎全面地改造了河流、湖泊的自然形态和水文特性，并进而改变了其水生态系统的特征。在这个经济社会快速发展阶段，人类对河流、湖泊的作用主要体现在对径流的控制和污染排放的严重影响。很多人类社会经济活动密集和强烈的地区，河流的侧枝循环量甚至超过主循环通量，造成河道、湖泊天然径流枯竭，水体的自净能力减小甚至全部丧失。而随着用水量的增加，污染排放量也随之上升，同时由于技术经济和管理等方面的原因，污染治理与削减工作却远落

后于污染的增长。这个阶段的主要水生态问题就是河道人工化、水生生物物种消失以及水体污染。这个阶段也是人与河流、湖泊矛盾最尖锐的阶段。人类对河流、湖泊的严重影响，最终反作用到人类自身，导致土地沙化、生物资源（渔业等）枯竭，尤其是污染水体反过来直接危害到人类自身的健康甚至生命。在这个阶段，人与河流、湖泊的关系主要侧重在水污染方面，污染防治成为重要的工作内容。

(4) 水生态修复阶段。随着社会的进步，人们逐步认识到人与水和谐共存的重要性。人们对贴近自然的愿望不断增强。对过去掠夺式开发和污染进行自我反省，开展了河流、湖泊生态修复方面的尝试。水生态修复的根本是恢复人类严重干扰的河流生态系统的状态，包括上中下游纵向和河床、水陆交错带以及洪泛平原之间的横向生态系统的恢复和重建工作。在研究和回顾河流、湖泊天然生态系统特征基础上，根据社会经济发展需求和可能，确定修复目标，并提出和实施一系列修复措施。

上述4个阶段是紧密伴随经济社会发展水平的提高而不断演替的。目前，一些发达国家开始重视并实施水生态修复，尤其重视河流生态的修复，并取得了很好的效果。我国在这方面还处于起步阶段，对于水生态修复在理念、方法、实践和制度等方面尚无系统的研究。

在我国开展水生态系统修复工作是贯彻《中华人民共和国水法》（以下简称《水法》）与建设生态文明的双重要求。《水法》明确提出："开发、利用、节约、保护水资源和防治水害，应当全面规划、统筹兼顾、标本兼治、综合利用、讲求效益，发挥水资源的多种功能，协调好生活、生产经营和生态环境用水。"开展水生态系统保护与修复工作是贯彻《水法》、落实科学发展观、实现人与自然和谐相处、发展民生水利、建设生态文明的重要内容，是各级水行政主管部门的重要职责。《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》把保护和修复自然生态作为一项主要任务。水利部自2004年开始，组织开展了水生态系统保护与修复相关工作，并选择不同类型的水生态系统开展试点。自2005年以来，水利部先后将桂林、武汉、无锡、莱州和丽水市等城市作为水生态系统保护与修复试点。此后，不少省、市也纷纷开展了试点工作。水利部将通过试点，探索水生态系统保护与修复的模式和技术，积累经验，为全面开展水生态系统保护与修复工作创造条件，力争在"十一五"规划末，建立起水生态系统保护与修复的工作体系、技术规范体系和保障机制，以保障水资源的可持续利用。

"水多、水少、水脏、水浑"等四大水问题在沈阳市同时兼具，尤其是

“水少、水脏、水浑”诱发水生态系统严重退化。在上述全国水生态系统保护和修复的大背景下，沈阳市将“人水和谐”与“可持续发展”作为城市水资源开发利用与管理追求的终极目标，希望从根本上修复与维护水生态系统的健康。为此，对其水生态系统的现状进行调查与评价，并编制水生态系统保护和修复规划是十分必要和迫切的。这也是沈阳市建设生态市不可或缺的重要内容。

本书分上、中、下3篇。上篇理论与方法，论述了水生态系统保护与修复，包括5章内容：水生态系统保护与修复研究进展和技术，生态需水，滨水景观，河流健康评价，水生态系统保护与修复的技术、方法和典型设计。

中篇调查与评价，论述了水生态系统调查评价的技术体系，包括10章内容：沈阳市自然经济复合生态系统概况，水生态系统调查评价的内容与方法，河流水系现状调查，湖泊水库现状调查，水质调查与评价，水生生物现状调查与评价，水生态系统动态演变遥感调查，径流演变规律分析，河流健康评价，沈阳市生态环境问题诊断。

下篇规划研究，论述了水生态系统保护与修复规划技术体系，包括10章内容：规划总则，生态需水及保障，河流生态治理和修复，水质安全保障，湖泊及湿地的保护与修复，地下水保护及超采治理，水土保持，管理措施，投资、效益分析及监测评估，保障措施。

各篇章主要撰写人如下。上篇理论与方法：第1章王浩、杨爱民、唐克旺；第2章唐克旺、杨爱民、唐蕴；第3章杨爱民、王先杰、包雅妮；第4章杨爱民、唐克旺；第5章杨爱民、孟莉、吴赛男、张璐。中篇调查与评价：第1章杨爱民、孟莉；第2章王浩、杨爱民；第3章杨爱民、杜龙江、孟莉、吴赛男、张璐；第4章杨爱民、杜龙江、孟莉、吴赛男、张璐；第5章王研、杨爱民；第6章蔡庆华、唐涛、李凤清、杨爱民；第7章杜龙江、杨爱民、孟莉；第8章唐蕴、杨爱民；第9章杨爱民、蔡庆华、唐涛、李凤清；第10章杨爱民、王研、孟莉。下篇规划研究：第1章王浩、唐克旺、杨爱民；第2章唐蕴、唐克旺、杨爱民；第3章王浩、唐克旺、杨爱民、王先杰、包雅妮；第4章王研、唐克旺、杨爱民；第5章王浩、唐克旺、杨爱民、王研、唐蕴；第6章唐克旺、杨爱民；第7章：唐克旺、杨爱民、吴赛男、张璐；第8章唐克旺、王研、唐蕴；第9章唐克旺、王研、唐蕴；第10章唐克旺、王研、唐蕴。全书由王浩、唐克旺、杨爱民统稿。

由于印刷限制，书中有些彩图单色印刷后不太清楚，为了保证阅读效果，在文后附印上了这些彩图，彩图编号与正文中相同。正文中图名后加“*”

号者表示在文后有其对应的彩色图。

我国水生态系统保护与修复工作起步较晚，但内容却比发达国家宽泛得多，涉及水资源、水环境、水土保持、水景观与水生态等多个领域以及水利、环保、农业、林业、城建、土地、园林等多个部门，一些问题仍处于探索研究阶段，加之作者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请读者不吝指正。

作 者

2010 年 3 月

目　　录

下篇　规　划　研　究

上篇　理论与方法

第 1 章　水生态系统保护与修复研究进展和技术

水生态系统是指河流、湖泊、水库与池塘等地表水生态系统和地下水生态系统，但主要是指河流与湖泊等地表水生态系统。河流生态系统是最重要的水生态系统。各类地表水生态系统也可统称为湿地生态系统。

水生态系统修复是指基于系统生态学、恢复生态学、生态水工学、景观生态学等基本原理，采用人工或自然措施，使受损的水生态系统的结构、功能与景观恢复到人们所期望的人水和谐的理想状态。

1.1　河流生态系统的特征

1.1.1　河流生态系统的空间结构

1.1.1.1　横向结构

横向上，河流生态系统一般由 3 个主要部分组成：河道、洪泛平原和陆地过渡边缘带。河道：至少每年有部分时间有水流。洪泛平原：在河流一侧或两侧，面积变化很大的洪水间歇性淹没区，可能是频繁淹没，也可能是很少淹没。陆地过渡边缘带：洪泛平原一侧或两侧的陆地部分区域，是洪泛平原和周边陆地的过渡地带或边缘。

这些部分在景观上动态交叉着，共同发挥功能。水和其他物质、能量以及有机质在河流生态系统内结合并发生时空上的相互作用。这些作用为维持河流生命提供重要的基本功能，例如营养物循环、径流中的污染过滤、蓄滞洪水、维持鱼类和野生生物的栖息地、补给地下水和维持河道流量。

洪泛平原是季节性淹没区，其中包括了洪泛平原林地、临时出现的沼泽和湿地草甸等。陆地过渡边缘带包括陆地森林和山区草原。

1. 河道结构

几乎所有的河道都是由水以及由水携带的泥沙构造、维持和改变的。一般来说，河道在形状上是蜿蜒曲折的，大体上类似抛物线，但形态可以千差万别。

河道平衡和径流是河道的两个重要属性，对生态修复尤其重要。

河道平衡涉及到 4 个基本因素：泥沙量（Q_s），泥沙粒径（D_{50}），径流量（Q_w），水力梯度（S）。Lane（1955 年）定性地提出了下列关系：

$$Q_s D_{50} \propto Q_w S$$

该方程可以表示作为“天平”一侧的泥沙负荷和“天平”另一侧的径流之间的平衡关系。“天平”一侧为泥沙的含沙量和粒径大小，而“天平”另一侧为径流量和水力梯度。在上述 4 个变量处于平衡状态时，河道也处于平衡状态。如果发生变化，平衡将暂时倾