

流域环境与 经济一体化发展 战略研究

STUDY ON THE INTEGRATED DEVELOPMENT STRATEGY OF
ENVIRONMENT AND ECONOMY

曹 宝 罗 宏 张玉虎 王秀波 / 编著



中国环境出版社

流域环境与经济一体化 发展战略研究

曹 宝 罗 宏 张玉虎 王秀波 编著

中国环境出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

流域环境与经济一体化发展战略研究/曹宝等编著.
—北京:中国环境出版社,2016.12
ISBN 978-7-5111-2991-8

I. ①流… II. ①曹… III. ①流域经济—环境
经济—区域经济一体化—经济发展战略—研究—中
国 IV. ①F127

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第305310号

出版人 王新程
责任编辑 陈雪云
责任校对 尹芳
封面设计 彭杉

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街16号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112735 (第一分社)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京盛通印刷股份有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2016年12月第1版
印 次 2016年12月第1次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 15.00
字 数 320千字
定 价 55.00元

【版权所有。未经许可,请勿翻印、转载,违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题,请寄回本社更换

编 委 会

主 编 曹 宝 罗 宏 张玉虎 王秀波

编写组 冯慧娟 杨占红 裴莹莹 吕连宏

路超君 薛 婕 王 晓 张保留

王 健 郑 伟 王华春 张型芳

序

流域水环境关系到社会的和谐与稳定,如何建立长期和高效的流域水环境保护管理机制,理顺流域水环境保护与社会经济发展间的关系,是从根本上解决流域水环境污染主要矛盾和问题的关键,具有十分重要的理论和现实意义。

本书在对流域复合系统相关研究成果进行系统分析和总结的基础上,对国内外流域系统管理的体制和机制进行了研究,深入剖析了我国流域水环境管理中存在的体制与机制障碍。并以流域综合管理为主线,从“流域复杂巨系统”入手,系统分析了国内外流域人口迁移、城乡发展、产业布局、资源开发及利用、生态与环境保护等面临的主要矛盾和问题。随着我国工业化和城市化的快速发展,流域水环境容量资源变得越来越稀缺,在目前流域各地区间的利益平衡与协调机制欠缺的情况下,使得原本就十分珍贵的水环境容量资源变得更加稀缺,流域内各行政片区为了本地区社会与经济的快速发展竞相挤占流域水环境容量资源,从而使得流域水环境保护成为一纸空谈。要从根本上改善流域水环境质量,就必须减少排入环境的污染物数量或者提高水环境功能区消纳污染物的能力,但是,流域水环境保护具有明显的外部性,需要政府对流域水环境资源市场进行有效的干预,以平衡各地区发展经济与保护水环境间的利益关系。

为破解水环境保护与社会经济发展之间的矛盾和问题,笔者创新提出了“虚拟水环境容量资源”的概念,并提出了以市场为主导的流域虚拟水环境容量资源监督、考核与流转的配套机制和管理办法。“虚拟水环境容量资源”管理与交易理论的提出,打破了区域及行政界线的约束,使得流域水环境容量资源可以在整个流域内按市场机制进行高效配置。流域环境与经济一体化发展战略的提出,不仅有利于协调流域内上、下游和左、右岸等区际之间的利益关系,还可以将流域层面的城镇布局发展规划、产业发展规划、生态环境保护要求等与各地区的社会经济发展和环境保护目标相协调,给流域内各地区更多的主动权选择最适合本地区的发展模式和发展路径。本书从流域环境与经济一体化发展的战略高度,给出了破解流域生态环境保护与经济发展之间矛盾与冲突的全新的思路和方法。尤其是虚拟水环境容量资源概念的提出,跳出了流域水环境容量资源不能在全流域内进行高效配置和自由流转的条条框框,在流域内各地区的经济发展与环境保护间架起了一道桥梁,使环境保护优化经济发展的政策措施有了抓手。

本著作凝聚了国家水体污染控制与治理科技重大专项“水污染总量控制目标优化关键技术及示范研究”课题组成员的大量劳动及成果,其中:第一章由中国环境科学研究院吕连宏和罗宏主笔;第二章和第五章由中国环境科学研究院曹宝主笔,第三章由中国

国土资源经济研究院王秀波主笔，第四章由首都师范大学旅游与资源环境学院张玉虎主笔。在本书的编写过程中，得到了南京大学水资源研究中心、山东省环境科学研究院等单位领导和专家的大力支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢！

本著作可作为高等院校人口、资源与环境经济学、自然资源经济学、流域水环境管理专业或其他相关专业的高年级本科生、研究生及博士生的教学用书和研究参考资料，也可供其他从事流域环境与经济管理的政府相关部门、科研院所和管理人员参考使用。

由于笔者学识水平有限，书中难免出现错误或不当之处，敬请各位专家学者和广大读者批评指正！

编者

2016年6月

目 录

第一章 流域系统管理.....	1
第一节 流域环境管理面临的主要问题.....	1
第二节 流域系统.....	4
第三节 流域系统分区管理.....	13
第二章 水环境管理体制与机制.....	21
第一节 基本概念与内涵.....	21
第二节 国内外水环境管理体制与机制.....	25
第三节 流域水环境管理机制综述.....	36
第三章 流域生态补偿制度.....	78
第一节 概述.....	78
第二节 国外生态补偿实践.....	85
第三节 国内生态补偿实践.....	89
第四节 政策措施及建议.....	99
第四章 流域综合管理战略架构.....	104
第一节 资源与环境承载力约束.....	104
第二节 城乡一体化发展格局构建.....	130
第三节 流域产业布局规划与产业升级.....	138
第四节 流域规划与生态文明.....	146
第五节 流域综合管理委员会.....	159
第五章 流域协调发展战略.....	162
第一节 水环境保护长效机制.....	162
第二节 流域水环境管理机制创新.....	166
第三节 淮河流域实证研究.....	176
第四节 南四湖流域实证研究.....	199
参考文献.....	224

第一章 流域系统管理

水是生命之源，是人类赖以生存和发展的重要资源。人类自古就有“逐水而居，傍水而聚”的习性，促使人们首先向江河岸边、湖库周边和滨海岸带聚集。江河湖库既为城镇的发展提供了必要的水资源基础，又美化和提升了城市的文化底蕴。随着工业化、城市化和现代化的快速发展，大量工农业及生活废水、固体废弃物进入水体，引发江、河、湖、库水质恶化，尽管城市作为流域里星罗棋布的明珠，在流域社会经济发展中占有重要地位，但城市也难逃水环境恶化的命运。

流域是由资源、环境、生态和经济等子系统组成的复杂巨系统，各个子系统相互作用、互相影响、互为依托，共同组成了一个协调、统一的有机整体。随着我国工业化、城市化的全面推进和经济的快速发展，资源短缺、水土流失、生态退化、环境污染等形势严峻，流域生态和环境风险加大，经济与社会发展的可持续性受到威胁。流域复合系统要求，从流域系统全局出发，实施流域系统综合管理，通过机制设计与制度安排，综合运用法律、政策、技术、经济和必要的行政手段，对流域内的人口、资源、环境和经济等要素进行协调与管理。公平高效的机制设计与制度安排，是我国应对生态、环境、资源等日益突出的矛盾和问题的必然选择，是人类尊重自然、顺应自然、实现人类与自然和谐相处的重要举措。

第一节 流域环境管理面临的主要问题

经过几十年的发展，我国的水环境保护工作已逐步建立起较为完善的管理制度。对于工业点源污染控制，已建立起相对健全的管理制度和体系，如何认真贯彻和执行相应的监管职责是各级地方政府面临的主要问题。对于城镇生活污染防治，国家和地方在“十一五”和“十二五”期间已建立了大量的城镇生活污水处理厂，现在面临的主要问题是污水处理厂配套管网建设滞后，污水处理厂运营监管存在一定的漏洞。对于农业非点源污染防治，虽然在国家重点流域“十二五”水污染防治规划中给予了一定的关注，但是农业非点源污染防治在管理制度建设、资金投入以及重视程度等方面都十分有限，距离有效防治农业非点源污染的要求还有较大的差距。目前流域水污染防治面临的主要问题有：

一、管理职能权责不明

当前我国实行的是流域管理和行政区管理相结合的管理方式,二者在国家水行政主管部门的统一领导之下,彼此各有侧重、互有分工、互相补充,但是管理职能交叉重叠,管理责权不明、互相推诿扯皮的现象还没有从根本上解决。

流域管理是以自然流域为单元进行水资源管理,注重整个流域的水循环,趋向于对水的自然属性的管理,旨在使流域内水资源与环境得到整体、有效的综合开发、保护和利用。流域管理机构代表流域水资源的整体利益,履行宏观的职责,其目标是实现流域整体利益的最大化,重在环境公益。流域管理着眼于流域全局,根据整个流域的特点,统筹规划全流域的水资源和水环境保护,在宏观上实现经济效益、社会效益和环境效益的高度统一,从而达到全流域优化管理的目标,避免单纯的行政区域管理不注重流域整体所导致的局限性弊端。

而在行政区管理中,地方水资源行政主管部门往往代表的是区域利益,履行区域内的职权、职责,其目标是实现区域水资源经济利益的最大化,重在经济效益。行政区域管理是以行政区域为单元进行水资源管理,通常趋向于对水的社会属性的管理,从区域局部出发,力求综合利用辖区内的水资源,充分发挥区域水资源的经济价值。行政区域管理可集中本行政区域内的各种资源优势,针对该区域内水资源的特点,运用行政强制手段有效地改善局部水资源环境。

根据新《水法》和其他相关水事法律的规定,我国水资源行政区域管理主要由国家级、省级和县级三级构成。其中,国家级水行政部门对水资源的管理通常是宏观管理,即新《水法》第12条明确规定“国务院水行政主管部门负责全国水资源的统一管理和监督工作”;县级管理通常是微观管理,即新《水法》第13条规定“县级以上地方人民政府有关部门按照职责分工,负责本行政区域内水资源开发、利用、节约和保护的相关工作”;另外,省级水行政部门作为另一级管理部门,是介于二者之间的一种管理层次,它一方面在国家水行政主管部门的指导下,结合本行政区域的实际情况,组织实施水事法律规范;另一方面,它同时又对本行政区域内的县级水行政主管部门的水资源管理工作进行指导。

但是,这几种不同的管理层次并不是截然分开的,常常是一项具体的管理事项涉及两个或两个以上级别的管理机构,由它们共同来完成。当前,我国流域水资源与环境“多部门负责,条块分割”的问题还没有很好地解决。例如中国地表水的开发利用归水利部管理,地下水归国土资源部管理,海水归国家海洋局管理,水污染防治归环境保护部管理,城市和工业用水归住建部和各有关工业部门管理,农、林、牧、渔业和淡水归农业部和国家林业局管理。这种“多龙治水”的局面是中国行政化纵向割裂生态环境整体性的一个缩影,分割式管理带来的一个主要问题是政策思想中缺乏对环境问题的整体性考虑,不利于流域环境与经济协调发展战略的有效制定和实施。

二、利益协调机制缺位

流域是从河流的源头开始到河口结束,由分水线所包围的集水区域,是以水为核心,由水、土地、生态和环境等自然要素组成的完整、独立、自成系统的水文单元。在该系统中,河流一方面作为一个连续体,从源头集水区的第一河流起至各级河流形成一个连续的、流动的、独特而完整的系统;另一方面,由于与之相连的河岸、岸边农田、森林以及城镇、乡村和企业等的影响和相互作用,水质和水量在空间上不断发生着变化。流域上游区段一旦发生变化,比如水量的过度开采、水质污染、水土流失等,下游区段就将受其影响。

我国西部地区是多条大江、大河的发源地,是重要的水源涵养区,植树造林、荒山绿化、退耕还林还草任务繁重。流域上游地区大多为偏远山区,交通不便,资金、技术和人力资源十分贫乏,经济发展水平较低,功能区划及环保要求偏高,使上游地区的工业与经济发展受到限制,处于要“环保”还是要“温饱”的两难境地。然而,流域中、下游地区地形平坦,气候温和,水陆交通方便,资金、技术、人力资源丰富,经济社会发展水平较高,担负的生态、环境保护任务却较流域上游地区轻。

我国法律规定所有自然资源均归国家所有,地方政府代表国家对自然资源进行开发和管理,地方政府具体负责本辖区的环境保护工作。从法律角度来看,下游地区没有义务对上游地区的环境质量负责,因此下游地区在无偿享受上游地区环境保护投入提供的良好生态环境的同时,不愿主动为上游保护水环境所付出的代价进行经济补偿。由于流域上、下游间的利益协调机制缺位,导致经济发展与环境保护间的“错位”和“不协调”,如果流域上下游在环境保护中的利益关系长期得不到妥善解决,则势必影响整个流域的环境与经济可持续发展能力。

流域系统是由人口、资源、环境和经济等子系统构成的复杂系统,处于不断的运动、发展和变化之中,流域内各个子系统紧密联系,互为依托。流域系统的整体性、层次性和分异性要求,从流域全局战略高度,对流域内的各种资源进行统筹规划,依据流域系统自然属性和社会属性对流域进行分区管理。因此,流域管理需在“生态文明”理论的指导下,根据流域的自然、地理、资源、环境和生态特点,对流域内的城市、工业、农业、资源开发和环境保护等进行统一规划和布局。流域内的各地区也要依据自身的资源和环境优势,统筹规划城乡布局,建设特色城市,发展优势产业,打造绿色经济区带,从而实现“人与自然和谐共处”的美好愿景。

三、环境资源廉价

对进入水体的污染物实行总量控制,使污染物入河总量不超过水体的环境容量,是从根本上扭转流域环境污染不利局面的根本出路。现行的总量控制对象主要为工业源和城镇生活源,对于农业源,除畜禽集中养殖场外,几乎没有切实可行的总量控制手段。

现行的水污染物总量控制目标制定及总量控制指标的分配主要依靠行政命令控制手段,且总量控制对象主要是针对点源的,并非真正意义上的总量控制。由于非点源污染在各大流域污染负荷中占有相当的比重,非点源污染负荷对流域水质造成的影响已不容忽视,从而使当前实施的、主要针对点源的总量控制制度执行效果大打折扣。其主要弊端如下:

一是污染减排与水质改善间的联系不紧密,多数地区只是提出了本区域的点源污染物削减计划,而对非点源污染的控制计划普遍偏软,对水功能区达标率的提法也较为笼统,没有建立污染减排与水功能区达标之间的对应关系;

二是总量控制指标的制定,没有充分考虑流域内各地区经济发展水平的差异,有“鞭打快牛”之嫌;

三是非点源污染具有量大面广、瞬时性强、构成复杂、难于控制等特点,在缺少明确的政策激励的前提下,地方政府不愿意下大力气控制非点源污染;

四是非点源污染削减难度大,迫于自身经济发展和总量考核的压力约束,部分地区瞒报、虚报污染物排放量的现象还不能完全杜绝。

第二节 流域系统

流域是一个由人口、资源、生态、环境和经济等子系统组成的复杂系统,流域系统中的植物、动物、微生物以及物理环境之间相互作用,并不停地进行着物质和能量交换。世界上许多国家依据水资源具有流域性和易污染的特点,成立了不同形式的流域管理机构,以河流水系为中心进行流域综合开发与管理。

一、基本概念

(一) 流域

流域是指具有共同去向(同一湖泊、同一海洋等)的地表水和地下水所流经的区域,它是以河流为中心,被分水岭所包围的、天然的集水区域,是一个从源头到河口、自成体系的水资源单元,是一个以降水为渊源、以水流为基础、以河流为主线、以分水岭为边界的特殊区域,具有明确的地域边界。

(二) 流域系统

1. 流域系统的概念和内涵

流域是一个结构复杂、因素众多、作用方式错综复杂的巨系统。这种巨系统是以水为媒介,由人和自然构成的包括社会、经济、资源、环境等诸要素在内的复合系统。它不仅是自然系统与人造系统结合的复合系统,而且,包括人的意识及其活动,可称为开

放的特殊复杂巨系统。流域内的各子系统间不停地进行着物质流、能量流和信息流的交换,各子系统间既相互作用、互相影响,又互为依托,共同组成了一个不可分割的、有机的统一整体。

流域复合系统是以水资源开发为主导,以自然资源和环境为依托,以水资源、生态和环境可持续利用为命脉,以经济制度和环境政策为调控手段的有机整体。它具有独立的特征和结构,有其自身运动的规律性,与系统外部存在着千丝万缕的联系,是一个能够经过调控,优化利用流域内各种资源,产生生态经济功能和效益的开放系统。

从系统学角度看,流域是由各种自然资源组成的自然系统,流域的上中下游、左右岸、干流和支流、河水与河道、水质和水量、地表水与地下水、生态与环境等,都是该流域不可分割的组成部分,具有自然统一性,共同组成了一个自然系统。

从环境保护角度看,流域是一个由各种环境要素组成的系统,流域内的水、气、土壤、生物等共同构成了一个有机的环境系统,它具有自然特征的输入和输出过程。

从经济学角度看,流域是一个组织和管理国民经济,进行水资源综合开发的重要单元,是构成经济管理体制的重要内容。流域以水资源为纽带将不同地区、不同产业、不同经济活动联系成一个整体,从而构成了人类开发利用的基础。

从行政管理角度看,流域内的各种资源和环境是行政管理的重要对象。流域内的山、林、土、田、草、河、湖、沼、岸等,是进行自然资源、矿产资源、土地资源、生态资源和环境资源开发和管理的基础,也是支撑流域内各地区社会经济发展的基础。一个流域可能流经几个不同的行政区,由于行政区边界与流域边界有可能不完全吻合,就有可能引发流域跨行政边界水环境污染问题,因此,进行流域资源与环境综合管理是流域环境与经济可持续发展的重要基础和保障。

2. 流域系统的科学结构概要

在全面展开对流域系统综合研究之前,很难预料流域系统的发展。但就现有的流域问题研究以及和相邻学科的关系分析,流域系统的研究可以包含三个层次,这就是基础理论、综合研究和决策研究:

(1) 流域地貌水文结构理论是流域系统的基础理论,它揭示流域系统中自然结构的性质、功能特性及发育趋势。

(2) 流域生态学、流域优化理论以及流域水资源评价和利用研究等是综合性研究,它们研究人类如何利用流域和在利用过程中对流域产生影响的性质、规模以及流域变化的前景。

(3) 流域经济(包括流域生产力计算理论和流域规划)是决策性的研究,它根据流域基础理论和流域综合研究所得出的结论,进行流域决策,提出实现流域最大生产力的实施计划,并保证流域系统向良性循环发展。

3. 流域复合系统及其复杂性分析

流域水问题的系统性、复合性、多样性、突发性和严峻性等特征要求基于复杂性科

学的视角,站在流域社会-经济-自然复合系统的层面对其进行分析,以清晰全面认识其成因与复杂性,进而用科学的方法进行管理。

社会—经济—自然复合系统是以人为主体的、要素众多、关系错综、目标功能多样的复杂开放巨系统,具有复杂的时空结构与层次结构,呈现整体性、动态性、非线性、适应性以及多维度等特性。水是流域系统的纽带,具有多重属性。它既是一种自然资源,又是物质生产资源,同时还是一种生活资源。而人作为系统中最活跃的要素,具有一定的经济行为和社会特征,通过资源开发与利用等社会经济行为将资源 and 环境紧密联系在一起,人的广泛参与及其有限理性造就了流域系统的高度复杂性。

构成流域复合系统的三个不同性质的系统——自然子系统、经济子系统与社会子系统,各自又是复杂自适应系统,有特殊的结构、功能和作用机制,而且它们自身的存在和发展又受其他系统结构、功能的制约。

总之,流域系统中社会、经济、资源和环境等要素间既相互作用又互为制约,构成了人与自然相互依存、荣辱与共的复合体系,具有强大的交互反馈能力。流域水危机从表面上看是各种水问题相互影响、彼此叠加而愈演愈烈;但从本质上讲,人的社会生活与经济生产等对流域系统产生的干扰已不再是对流域自然过程的简单干扰,而是社会过程、经济过程与自然过程交织作用的集中体现。

(三) 流域系统的结构

流域系统的结构是指系统内各组成因素(生物组分与非生物环境)在时空连续及空间上的排列组合方式、相互作用形式以及相互联系规则,是生态系统构成要素的组织形式和秩序。流域生态系统同其他水域生态系统一样,具有一定的营养结构、生物多样性、时空结构等基本结构。作为一个特定的地理空间单元,流域生态系统有着自己的鲜明的特点。一个完整的流域生态系统应该是动态的、开放的和连续的系统,它应该是从源头开始,流经上游和下游,并最后到达河口的连续整体。

在流域生态系统中,这种从源头上游诸多小溪至下游大河及河口的连续,不仅是指河流在地理空间上的连续,而更重要的是生物过程及非生物环境的连续,河流下游中的生态系统过程同河流上游直接相关。

流域生态系统的结构特征,可用河流的纵向、横向、垂向和时间分量等四维框架模型进行描述。

1. 纵向特征

从纵向分析,河流包括上游、中游、下游,从河源到河口均呈现出了物理的、化学的和生物的变化。其典型特征是河流形态的多样性。

(1) 河流生境的异质性

河流大多发源于高山,流经丘陵,穿过冲积平原而到达河口。河流上、中、下游所流经地区的气象、水文、地貌和地质条件等有很大差异,从而形成不同主流、支流、河

湾、沼泽，其流态、流速、流量、水质以及水文周期等呈现不同的变化，从而造就了丰富多样的生境。

(2) 河流纵向形态的蜿蜒性

自然界的河流都是蜿蜒曲折的，使得河流形成急流、瀑布、跌水、缓流等丰富多样的生境，从而孕育了生物的多样性。

(3) 河流横断面形状的多样性

河流横断面形状的多样性表现为交替出现的浅滩和深潭。浅滩增加水流的紊动，促进河水充氧，是很多水生动物的主要栖息地和觅食的场所；深潭还是鱼类的保护区和缓慢释放到河流中的有机物储存区。这些典型特征是维持河流生物群落多样性的重要基础。

2. 横向特征

大多数河流由河道、洪泛区、高地边缘过渡带组成，其各部分特征差异明显。河道是河流的主体，是汇集和接纳地表和地下径流的场所和连通内陆和大海的通道。洪泛区是河道两侧受洪水影响、周期性淹没的高度变化的区域，包括一些滩地、浅水湖泊和湿地。洪泛区可拦蓄洪水及流域内产生的泥沙，吸收并逐渐释放洪水，这种特性可使洪水滞后。洪泛区光照及土壤条件优越，可作为鸟类、两栖动物和昆虫的栖息地。同时湿地和河滩适于各种湿生植物和水生植物的生长。它们可降解径流中污染物的含量，截留或吸收径流中的有机物，起过滤或屏障作用。河道及附属的浅水湖泊按区域可划分为沿岸带、敞水带和深水带，它们分布有挺水植物、漂浮植物、沉水植物、浮游植物、浮游动物及鱼类等不同类型的生物群落。高地边缘过渡带是洪泛区和周围景观的过渡带，常用来种植农作物或栽植树木，形成岸边植被带。河岸的植物提供了生态环境，并且起着调节水温、光线、渗漏、侵蚀和营养输送的作用。

3. 垂向特征

在垂向上，河流可分为表层、中层、底层和基底。在表层，由于河水流动，与大气接触面大，水气交换良好，特别在急流、跌水和瀑布河段，曝气作用更为明显，因而河水含有较丰富的氧气。这有利于喜氧性水生生物的生存和好气性微生物的分解作用。表层光照充足，利于植物的光合作用，因而表层分布有丰富的浮游植物，表层是河流初级生产最主要的水层。在中层和下层，太阳光辐射作用随水深加大而减弱，水温变化迟缓，氧气含量下降，浮游生物随着水深的增加而逐渐减少。

由于水的密度和温度存在特殊关系，在较深的深潭水体，存在热分层现象，甚至形成跃温层。由于光照、水温、浮游生物（其他生物的食物）等因子随着水深而变化，导致生物群落产生分层现象。河流中的鱼类，有在表层生活的，有在底层生活的，还有大量生活在水体中下层。对于许多生物来讲，基底起着支持（如底栖生物）、屏蔽（如穴居生物）、提供固着点和营养来源（如植物）等作用。基底的结构、物质组成、稳定程度、含有的营养物质的性质和数量等，都直接影响着水生生物的分布。

另外大部分河流的河床材料由卵石、砾石、沙土、黏土等材料构成,都具有透水性和多孔性,适于水生植物、湿生植物以及微生物生存。不同粒径卵石的组合,又为一些鱼类产卵提供了场所。同时,透水的河床又是连接地表水和地下水的通道。

这些特征丰富了河流的生境多样性,是维持河流生物多样性及河流生态系统功能完整的重要基础。

4. 时间分量特征

河流系统的时间尺度在许多方面都是很重要的,随着时间的推移和季节的变化,河流生态系统的结构特点及其功能也呈现出不同的变化。由于水、光、热在时空中的不均匀分布,河流的水量、水温、营养物质呈季节变化,水生生物活动及群落演替也相应呈明显变化,从而影响着河流生态系统的功能的发挥。

(四) 流域系统的服务功能

流域是人类赖以生存和发展的重要基石,它为人类的生产和生活活动提供了多种功能。根据流域系统的组成特点、结构特征和生态过程,流域系统的服务功能包括:供水、发电、航运、水产养殖、水生生物栖息、纳污、降解污染物、调节气候、补给地下水、泄洪、防洪、排水、输沙、景观、文化功能等。按照功能作用性质的不同,流域系统服务功能的类型还可划分为淡水供应、水能提供、物质生产、生物多样性的维持、生态支持、环境净化、灾害调节、休闲娱乐和文化孕育等。

1. 淡水供应功能

河流是淡水贮存和保持的重要场所。首先,河流淡水是人类生存所需要的饮用淡水的主要来源;其次,河流淡水是其他动物(家畜、家禽及其他野生动物)饮用的必需之物;同时,所有植物的生长和新陈代谢都离不开淡水。因此,河流系统为人类饮水、农业灌溉用水、工业用水以及城市生态环境用水等提供了保障。

2. 发电及航运功能

河流因地形地貌的落差产生并储蓄了丰富的势能。水力发电是该功能的有效转换形式,众多的水力发电站借此而兴建,为人类提供了大量能源。同时,河水的浮力特性为承载航运提供了优越的条件,水运事业借此快速发展,人们甚至修造人工运河发展水运。

3. 物质生产功能

生物生产力是流域生态系统中物质循环和能量流动这两大基本功能的综合体现。流域生态系统中自养生物(高等植物和藻类等)通过光合作用,将二氧化碳、水和无机盐等合成为有机物质,并把太阳能转化为化学能贮存在有机物质中,而异养生物对初级生产的物质进行取食加工和再生产而形成次级生产。流域生态系统通过这些初级生产和次级生产,生产了丰富的水生植物和水生动物产品,为人类生存需要提供了物质保障。

4. 生物多样性的维持功能

生物多样性是指生态系统中生物种类、种内遗传变异、生物生存环境和生态过程的

多样化和丰富性,包括物种多样性、遗传多样性、生态系统多样性和景观多样性。其中物种多样性是指物种水平的生物多样性;遗传多样性是指广泛存在于生物体内、物种之间的基因多样性;生态系统多样性是指生境的多样性(主要指无机环境,如地形、地貌、河床、河岸、气候、水文等)、生物群落多样性(群落的组成、结构和功能)、生态过程的多样性(指生态系统组成、结构和功能在时间、空间上的变化);景观多样性是指不同类型的景观在空间结构、功能机制和时间动态方面的多样化和变异性。

生物多样性是流域生态系统生产和提供生态服务的基础和源泉。流域生态系统中的洪泛区、湿地及河道等多种多样的生境不仅为各类生物物种提供繁衍生息的场所,还为生物进化及生物多样性的产生与形成提供了条件,同时还为天然优良物种的种质保护及其经济性状的改良提供了基因库。

5. 生态支持功能

流域生态系统的生态支持功能具体体现在调节水文循环、调节气候、土壤形成、涵养水源等方面。流域生态系统是由陆地—水体、水体—气体共同组成的相对开放的生态系统。而洪泛区有囤蓄洪水的能力,囤蓄洪水后,促进了降水资源向地下水的转化,从而调节了河川径流。洪泛区还有拦蓄泥沙的作用,两岸陆地的树木森林等植物,通过拦蓄降水,起到涵养水源的作用,同时可控制土壤侵蚀,减少河流泥沙,保持了土壤肥沃,有利于水土保持。河流与大气有大面积的接触,降雨通过水汽蒸发和蒸腾作用,又回到天空,可对气温、云量和降雨进行调节,在一定尺度上影响着气候。河流具有排沙功能,可将泥沙沉积在河口地区,从而产生大片滩涂陆地。因此,一个完整的流域生态系统,具有较好的蓄洪、涵养水源、调节气候、补给地下水等作用,这对更大尺度上的生态系统的稳定具有很好的支持功能。

6. 环境净化功能

流域生态系统在一定程度上能够通过自然稀释、扩散、氧化等一系列物理和生物化学反应来净化由径流带入河流的污染物,河流生态系统中的植物、藻类、微生物能够吸附水中的悬浮颗粒和有机的或无机的化合物等营养物质,将水域中氮、磷等营养物质有选择地吸收、分解、同化或排出。水生动物可以对活的或死的有机体进行机械的或生物化学的切割和分解,然后把这些物质加以吸收、加工、利用或排出。

另外,组成河流生态系统的陆地河岸生态系统、湿地及沼泽生态系统、水生生态系统等子系统都对水环境污染具有很强的净化能力。湿地历来就有“地球之肾”的美称,在河流生态系统中起着重要的净化作用。湿地生长着大量水生植物,对多种污染物质有很强的吸收净化能力。湿地植被还可减缓地表水流速,使水中的泥沙得以沉降,并使水中的各种有机的和无机的溶解物和悬浮物被截留,从而使水得到澄清,同时可将许多有毒有害的复合物分解转化为无害的甚至是有用的物质。这种环境净化作用为人们提供了巨大的生态效益和社会效益。

7. 灾害调节功能

流域生态系统对灾害的调节功能主要体现在防止洪涝、干旱、泥沙淤积、水土流失、环境负荷超载等灾害方面。流域内的河道，具有纳洪、行洪、排水、输沙功能。在洪涝季节，河流沿岸的洪泛区具有蓄洪能力，可自动调节水文过程，从而减缓水的流速，削减了洪峰，缓解洪水向陆地的袭击。而在干旱季节，河水可供灌溉。洪泛区涵养的地下水在枯水期可对河川径流进行补给。湿地在区域性水循环中起着重要的调节和缓冲作用。湿地草根层和泥炭层具有很高的持水能力，是巨大的贮水库，可为河流提供水源，缓解旱季水资源不足的压力，提高区域水的稳定性。同时，湿地具有蓄洪防旱、调节气候、促淤造陆、控制土壤侵蚀和降解环境污染等作用。河流水体也有净化水质的功能。

8. 休闲娱乐功能

流域系统中的河流生态系统景观独特，具有很好的休闲娱乐功能。从河流的纵向分布来看，上游分布着森林、草地等景观，流域下游分布着湖滩、湿地等景观，使得流域系统景观呈现出明显的多样性。从河流横向上看，由河流两岸的高地—河岸—河面—水体镶嵌格局，使其景观特异性显著。流水与河岸、鱼鸟与林草的动静结合，构成河流景观的和谐统一。河流生态系统精彩纷呈的景观，为人类休闲娱乐提供了丰富多彩的服务功能。

二、流域复合系统

流域是从河流的源头开始到河口结束，由分水线所包围的集水区域，是以水为核心，由水、土地、生物等自然要素与社会、经济等人文要素组成的环境经济复合系统，它涵盖了资源、环境、生态和经济等子系统，各子系统间既彼此联系、互相影响，又互为依托、密不可分，共同组成了统一的、不可分割的流域复合系统。

（一）资源子系统

资源子系统是自然资源子系统的简称，它主要包括有形的自然资源（如土地、水体、动植物、矿产等）和无形的自然资源（如光资源、热资源等）两大部分。按照自然资源的用途不同，又可将自然资源划分为生物资源、农业资源、森林资源、国土资源、矿产资源、海洋资源、气候气象、水资源等。从物质循环角度看，流域自然子系统又可划分为能源、气候、基质和介质、物质代谢原料等要素。其中能源包括太阳能、水能、风能、地热能等；气候包括光照、温度、降水、风等；基质包括岩石、土壤及河床地质、地貌；介质包括水、空气等；物质代谢原料包括参加物质循环的无机物质（C、N、P、CO₂、H₂O 等）和联系生物和非生物的有机化合物（蛋白质、脂肪、碳水化合物、腐殖质等）。

从流域系统全局角度看，自然资源子系统具有可用性、整体性、变化性、空间分布不均匀性和区域性等特点，它是人类生存和发展的物质基础和社会物质财富的源泉，是可持续发展的重要依据之一。