

感谢世界自然基金会的支持

生命之河 系列丛书

中国环境流研究与实践

陈进 等著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

生命之河系列丛书

中国环境流研究与实践

陈进 等著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书主要介绍了国际通用的环境流基本概念、国内外环境流研究和管理现状,论述了中国主要河流面临的环境流问题,中国的环境流确定方法、发展方向、制度建设和实现途径,并以长江和黄河两大河流为例,论述了其环境流管理的现状、存在的问题、科学研究成果和管理实践经验,最后提出了改善中国环境流管理的建议。

本书可作为水利水电、水环境和生物多样性保护等相关部门行政管理和科技人员的技术参考,可供相关专业大专院校师生阅读参考,以及作为普通公众了解河流生态环境保护的科普书籍。

图书在版编目(CIP)数据

中国环境流研究与实践 / 陈进等著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2011.5
(生命之河系列丛书)
ISBN 978-7-5084-8628-4

I. ①中… II. ①陈… III. ①水资源管理—研究—中国 IV. ①TV213.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第094855号

审图号: GS (2011) 425 号

书 名	生命之河系列丛书 中国环境流研究与实践
作 者	陈进 等 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	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 11.5印张 272千字
版 次	2011年5月第1版 2011年5月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	40.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

WWF (世界自然基金会)《生命之河系列丛书》编委会

顾问: 孙鸿烈 陈宜瑜 曹文宣 印 红

James Patrick Gradoville 林初学 马广仁

王 丁 马 毅 周宏春 雷光春 王 毅

委员: 严承高 朱春全 于秀波 李利锋 王利民

凌 林 赵依民 雷 刚 刘晓海 吴於松

任文伟 朱 江 蒋 勇 李 叶 沈兴兴

王 蕾 张 诚

《中国环境流研究与实践》编委会

主 编: 陈 进

编 委: 黄 薇 常福宣 可素娟 黄锦辉 韩艳利

陈 敏 王晓龙 曹 垒 马超德 沈兴兴

张 诚

组织机构: 水利部长江水利委员会长江科学院

水利部黄河水利委员会水资源管理与调度局

水利部黄河水利委员会黄河水资源保护科学研究所

中国长江三峡集团公司

中国科学院南京地理与湖泊研究所

中国科学技术大学

世界自然基金会(瑞士)北京代表处

序 一

环境流这一概念，最早是从西方发达国家开始提出并开展研究的，目前我国对于环境流的认识还比较粗浅，研究起步也较晚。它与我们习惯的简单、片面地侧重人类生活生产需水而为河流设定最小流量或者水质目标不同，环境流强调不但要维持流域生态环境健康和生活服务价值，而且要符合一定水质、水量和时空分布规律要求，强调一个完整的水文过程。

就河流生态系统而言，其本身对水的需求值得我们更加重视。随着近几十年来人口的剧增，城市、集镇以及工矿企业的大量涌现，经济的发展和繁荣，一些流域的生态环境已经承受着不堪负担的重压。如果还片面侧重人类生产生活而忽视生态系统的需求，将可能对生态系统造成不可逆转的破坏。

就水文过程而言，例如洪水过程就是环境流的一部分，它可以带动泥沙和营养物的输移；可以促进河流周边湿地生态系统的稳定，保持河流横向连通性；塑造生物栖息地，促成水生生物的产卵、迁徙。特别对于一些淡水鱼类而言，研究结果已经清楚表明，如果没有合适的洪水过程，它们的产卵率将明显下降。而洪水过程则明显不属于“最小流量”这个定义的范畴。

因此，在我国系统地介绍环境流概念，阶段性小结我国相关单位已经开展的环境流研究成果和初步实践经验，对于统一对环境流的认识，在未来研究和实践中获得指导，就显得十分重要。应该说，此前我国还没有这样一本书，能够较全面地为广大科研工作者、河流管理者、决策者，包括普通的环保人士，作较有深度而不乏科学普及意味的介绍。《中国环境流研究与实践》的出版将及时弥补这个空白，几家单位为此付出的努力的确非常可贵。

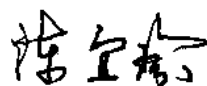
WWF（世界自然基金会）在将环境流理念和经验介绍到我国来的过程中再次发挥了创新性、科学性的作用。2008年6月，在WWF流域综合管理核心专家组的支持下，环境流专家工作组成立，为了推广环境流理念，近年来WWF与相关政府和研究单位组织了多次环境流的高层研讨会和相关培训，同时与中国相关机构合作，翻译出版了《自由流淌的河流——经济上的奢侈还是生态上的必需？》、《国外流域综合规划技术》等“生命之河系列丛书”。新著《中国环境流研究与实践》不但介绍了国内外对环境流的认识和确定方法，分

析了我国环境流面临的问题，还专门分别对长江和黄河的环境流研究和实践作了详细小结，最后还提出了对我国环境流管理的针对性建议。

衷心希望此次《中国环境流研究与实践》的出版能更加丰富我国对环境流领域的了解，推动我国在环境流领域研究的投入，并对我国未来环境流需求纳入流域管理的具体目标发挥积极的作用。环境流的实践在本质上还是一个社会性的选择，取决于政府和公众的生态文明观，取决于我们如何对待人类自己生存的家园。期望 WWF 通过与相关机构的密切合作，继续推动环境流的理论研究和政策倡导工作，真正实现人与河流的和谐共处。

国家自然科学基金委员会主任

中国科学院院士



2011年4月

序 二

水是生命之源，人须臾离不开水。河流作为全球淡水系统的首要组成部分，它的演化与人类发展的历史息息相关。人类逐水而居，依水而盛，享用着河流带来的种种好处，也不时感受它的狂放与肆虐。人类兴建了诸多水利工程，以兴利除弊，更好地利用河流来服务于人类的福祉。

随着人类征服自然力的能力提高，人口数量成几何级数增长；随着现代社会生活水平的改善和提升，个人对淡水数量和质量的要求也今非昔比。这双重的因素造成了人类对淡水资源的掠夺性开发，加重了河流的危机，许多河流的自然特性加速减退。单一围绕人的需求开发水利的传统模式，在一定程度上忽视了地球生态圈中其他多样性需求，使河流生态系统的完整性受到严重威胁。河水污染、江河断流，水生生物消亡……，任其发展下去，流之不继，河将不河。这些河流生态系统的频频告警，使人类开始研究恢复和保留部分必要的河流自然生态特性，试图取得对河流水资源利用和保护平衡。环境流研究作为这种努力的重要部分，吸引了水生科学家、环境科学家、水利工程师，甚至社会学家、经济学家，一起参与进来。

发展阶段的不同，导致国内环境流研究起步相对较晚，但国内的科学家和管理者已经认识到环境流对河流健康和社会经济可持续发展的重要性，近20年来，深入开展生态环境需水、环境流确定方法和实现途径研究的同时，也陆续开展了白洋淀湿地补水、引江济太、黄河调水调沙、塔里木河生态调水等基于环境流概念的引水和调水实践，有关环境流管理的要求也逐步纳入国家政策、法规和技术导则。参照国外环境流研究的理论和实例，对国内基于环境流概念的工程和管理实践进行小结，催生了《中国环境流管理与实践》。这本书在清晰定义环境流概念及内涵的同时，针对中国不同流域河流特点和环境流问题进行了深入分析，以长江、黄河流域作为典型案例，系统描绘了中国河流环境流研究与实践进展，在此基础上，对中国环境流研究、管理与实践提出了建议。三峡水利枢纽作为长江流域的关键性工程，尚处于初期运用、试验性蓄水阶段，一部分环境流相关的初步研究与实践工作在本书中也有所体现。

这是中国长江三峡集团公司与 WWF 第二次以环境流为题的出版合作。集团公司科技环境部、国际合作部与 WWF 中国部的青年员工曾邀请他们的孩子们一起创作了环境流科普画册，在 2010 年上海世博会 WWF 展台上作为宣传品发放。小朋友们把关于河流、工程、自然的想象用童真的色彩和线条勾画出来，他们在创作过程中表现出来的对环境保护的理解和期望，仍在给我们带来欣喜和感动，激励着我们把维护河流健康的事情做好，为实现孩子们的愿望，为他们的幸福成长，为人类社会的可持续发展。

中国长江三峡集团公司副总经理 林初学

二〇一一年五月二十日

序 三

“水是生命之源、生产之要、生态之基”，2011年中央一号文件的第一句话就道出了水对于人类社会生存发展及人类赖以生存的自然生态系统所不可替代的作用。我们很高兴看到中国政府将水的问题提到如此高的议事日程上，也很欣赏中国政府实施最严格水资源管理的决心以及在“十二五”规划里加大水利投入的重要承诺，同时，也期盼政府对水利事业的投入能够建立在审慎科学的决策基础上，在保证经济、社会、环境效益最大化的前提下，在开发中保护，在保护中开发。第四届长江论坛的主题是“长江与区域发展”，由此可以看出河流的开发和保护仍然是社会各界普遍关注的热点，如何平衡这两者之间关系是摆在每个流域管理决策者面前的难题。

河流孕育了文明，造福了人类，可是人类却往往忘记了河流自身的需求，忽视了河流的健康。中国是一个飞速发展中的发展中国家，为了满足人类日益增长的物质文化需求，人们对自然资源的索取也在不断地增加，对河流的开发和利用程度越来越高，星罗棋布的大坝、水闸在满足人类发电、航运、防洪等生产生活需求的同时，也破坏了淡水生态系统的完整性，给生活在河流中的水生生物带来了一系列负面影响。联合国《千年生态系统评估》数据显示，全球淡水生态系统的退化比所有其他生态系统的退化都更为严重。联合国环境署在2010年发布的《绿色化用水法》报告称：“人类不可持续的淡水使用模式已经成为全球生物多样性减少的罪魁祸首，是全球河流、湖泊及湿地生态系统日渐枯竭的最主要成因。”

WWF（世界自然基金会）多年来的经验表明，环境流这一评估工具可以帮助我们平衡河流的开发和保护需求，我们这里所谈的环境流不是狭义上理解的生态流、生态基流等概念，而是广义的环境流内涵，即同时满足河流生态系统本身需求以及人类社会生产生活所必需的水量、水质和时空分布这样一个动态的水文过程，这里的环境流不是一个绝对的科学研究结果，而是一个多利益部门共同协商和互相妥协的结果。

本书是在世界自然基金会支持的“中国河流生态与环境流研究”、“中国流域开发相关环境影响评价现状及发展方向研究”、“三峡工程对长江中下游重

要生态敏感区及越冬水鸟的影响与对策”、“黄河水量调度的社会经济及生态环境效应评估研究”等课题研究的基础上整合而成的。本书既从国际的视角介绍了环境流的不同内涵、评估方法及国际上的应用现状，又从国内的视角分析了在中国可行的环境流研究方法，并结合现有的环境流研究成果及黄河的生态调度经验提出了在中国恢复环境流的不同途径和路线图，进而从流域管理的角度提出了环境流管理的具体建议。本书是国内首次环境流相关研究成果的发布，我们期待它能为推动中国的环境流政策研究、加强相关部门间合作、促进河流生态健康起到积极的作用，确保“水是生态之基”做到实处。

在此之前，为了更好地推广环境流理念和绿色水电、可持续水电等工具，WWF已经与中国相关机构合作，翻译出版了生命之河系列丛书中的《绿色水电与低影响水电认证标准》、《自由流淌的河流——经济上的奢侈还是生态上的必需？》、《国外流域综合规划技术》等。WWF还与中国长江三峡集团公司签订了五年合作备忘录，力求在可持续水电、长江环境流等方面开展长期深入地合作。

本书是在WWF的支持下，由水利部长江水利委员会长江科学院、黄河水利委员会、中国长江三峡集团公司、中国科学院南京地理与湖泊研究所和中国科学技术大学等单位共同合作完成的，前期也得到环境保护部环境工程评估中心的支持和帮助。特别感谢长江科学院的陈进副院长、黄薇所长和常福宣高工为本书所做的大量整合协调和技术指导工作，对以上单位为本书做出卓越贡献的专家和领导深表感谢！



关德辉 (Jim Gradoville)

世界自然基金会（瑞士）北京代表处 首席执行官

2011年4月

前言

环境流指维持河流生态环境需要保留在河道内的基本流量及过程，不仅包括枯季最小流量，也包括汛期的洪水过程；不仅包括水量过程，也包括水动力过程及水的物理化学变化过程。本书所指环境流主要关注河流及周边湖泊湿地生态环境需水过程及需水量，以维持河流水域生态系统循环需要的基本水流过程。确定环境流的目的是为河流水资源配置、河流水生态环境保护、水库生态调度和河道生态修复提供技术依据。

我国虽然对主要河流开展了一些环境流的研究和管理实践，但按照国际通用概念对环境流开展研究不多，相当多河流的环境流确定主要集中在枯季最小流量或者河流基流上，实际上主要考虑下游人类生产和生活用水需求，较少考虑河流生态系统及水生生物全生命过程需要的环境流量。我国河流众多，河流自然环境和生态系统差别大，特别是人类开发利用程度不同，采用统一标准确定环境流难度较大，需要根据不同河流及生态保护目标的不同，区别对待。对于像长江和黄河这样的大河，环境流的确定不仅要考虑上游、中游、下游河段的差异性，也要考虑上游与下游，支流与干流环境流的连续性和水利工程可调度能力等问题，所以，从我国实际情况出发，参照发达国家研究成果，从整体上开展中国环境流研究十分必要。

本书由陈进统稿，第六章由黄河水利委员会黄锦辉、韩艳利编写，第五章第三节由中国长江三峡集团公司、中国科学院南京地理湖泊研究所和中国科学技术大学等单位编写，其他各章由长江科学院陈进、黄薇和常福宣编写；WWF（世界自然基金会）马超德、沈兴兴、张诚参加部分内容的编写和书目编排工作。

本书研究成果得到水利部、环境保护部、国家林业总局和 WWF 等相关部门和机构的指导和大力支持，主要编写单位包括长江水利委员会长江科学院、黄河水利委员会水资源管理与调度局、WWF、中国长江三峡集团公司、中国科学院南京地理与湖泊研究所和中国科学技术大学等单位，并得到了环境保护部环境工程评估中心的支持和帮助。

详细摘要

我国虽然河流众多,但由于人口多,人均水资源量仅为世界平均水平的 $1/4$,属于水资源严重短缺的国家,近 30 年来我国经济快速发展,人类河道外用水量越来越大,河道生态环境用水,即环境流越来越少,大量梯级水电站的建设和运行,显著改变了我国河流水文和物质输移过程,大量废污水未经处理直接排入河流,河道岸线大量开发利用,使我国河流及河岸生态系统退化严重,河流环境流问题突出。

目前国内对河流生态系统演变规律和价值的认识比较粗浅,虽然开展了一些环境流的研究和管理实践,但按照国际通用概念对环境流开展研究不多,环境流确定方法大多直接采用国外现成的方法,结合各河流生态环境特点的研究不多。环境流的管理主要停留在水质保护和“最低流量”管理的阶段,没有认识到环境流不仅是一个基本的流量,而且是一个完整的水文过程和水的物理化学过程,本书在借鉴国际环境流研究和管理经验基础上,以长江和黄河环境流研究和管理实践为例,探讨我国的环境流问题及解决策略。

一、环境流应作为水资源保护和河流管理的重要内容

天然河流不存在环境流问题,由于人类对河流的开发利用和用水需求的增加,占用了自然生态系统依赖的河道水流,改变了河流自然的水文节律和水体物理化学性质,这才出现了环境流问题。环境流是指维持河流生态环境需要保留在河道内的基本流量及过程,不仅包括枯季最小流量,也包括汛期的洪水过程;不仅包括水量过程,也包括水动力及水的物理化学变化过程。环境流是人类在进行水资源配置和管理中分配给河流生态系统的流量,具有维持河流连续性、保证河流自净扩散能力、维持泥沙营养物质输移和水生生态系统平衡等作用,并可为水库生态调度和河道生态修复等提供依据。

西方发达国家开展环境流的研究较早,不仅开展了长时间的河流生态监测和科学研究,提出了许多有价值的环境流计算方法和较为成熟的环境流评价方法,而且开展了大量河流生态修复和环境流管理实践,取得了大量的工作经验。国内对环境流问题的研究历史不长,环境流管理则处于起步阶段,有关环境流的认识存在较大的差异或误区,很多人没有认识到环境流是一个全水文过程,环境流管理中仅仅强调水质和“最低流量”管理,或者仅试图保护一些特殊物种或环境条件,很难达到保护河流生态系统稳定和完整性的目的。因此有必要根据我国河流特点,通过调查分析我国河流生态环境存在的主要问题,提出我国河流环境流的确定方法,并结合我国河流保护的现状提出实现环境流管理的方法、途径和制度保障,为我国流域管理和河流保护提出有针对性的对策措施。

二、我国河流面临的主要环境流问题

我国幅员辽阔,河流众多,地区分布不平衡,河流地貌和水文特征地区差异大。不同地区的河流具有强烈的地域性特点,其经济社会发展水平和水资源开发利用程度也各不相同,各河流具有不同的生态环境敏感问题,不同的河流或河段具有不同的生态环境保护目标,相应的也会有不同环境流需求。

我国陆地降水量和径流深大致呈现自东南沿海向西北内陆递减的趋势,但是在西部受

青藏高原的影响纬度地带性受到一定程度的干扰。人类活动对河川径流量的影响，在湿润地区相对不大，半干旱地区和部分处于半湿润气候的平原地区干预程度很大，在干旱地区人类活动的干预强度则反而不如半干旱地区大。

河道外用水使河道内径流量显著减少甚至断流，水污染，水库建设使河流的连续性遭到破坏、水文特性发生明显改变引起的生态环境问题是中国目前所面临的主要环境流问题。从各个流域来看，由于自然条件的不同和人口经济社会发展的不平衡，各有其不同的生态环境问题。在南方，如长江、珠江，由于水资源相对丰富，河道径流量变化不大，部分山丘地区河流和局部地区存在干旱缺水问题，环境流问题主要表现在水利工程的建设和运行，影响河流的纵向和横向连通性、江湖阻隔，水文过程和输沙过程改变、水污染严重。在北方，如黄河、海河流域，由于水资源少，人类用水供需矛盾很大，不仅河道径流减少甚至断流，而且缺乏输送泥沙和营养物质的水流，使河流及周边湿地生态功能退化严重，入海水量减少引起河道和河口湿地萎缩，水污染严重。西北内陆河地区生态环境脆弱，主要问题表现在河道干涸，湖泊湿地萎缩，甚至消失，天然绿洲退化，土地盐碱化和荒漠化严重。环境流问题不解决好，不仅影响河流生态系统，也影响人类的生存环境和可持续发展能力。

三、有必要结合中国河流特点研究适合于不同河流的环境流确定方法

目前各种环境流的确定方法的计算结果不同，有时差别较大，如何确定一条河流的环境流，存在较大的争议。如何选择适合中国河流特点的确定方法，往往更多地取决于对河流现状和未来河流生态系统状况的考虑。环境流的确定首先需要从自然和人类社会两方面综合考虑确定河流保护的目标，由保护目标来选择环境流的确定方法。

根据中国河流地带性分布特点，本书提出了分区分类的思想，由各河流所处地理位置和所在河段进行环境流分区，针对不同位置的河流和河流类型，分别采用不同的环境流确定方法。根据国内外研究成果和中国河流生态系统特点，将环境流问题划分为全国范围、流域范围和水功能区三个空间层次，其中每个层次又分为两个亚层共六个亚层。在全国范围内考虑河流所处的地理位置，根据气候分布、下垫面条件和七大水系的流域界线将全国分为南方片、北方片与内陆三大片区，在各大片区内可以进一步划分为不同的流域。流域范围主要考虑在流域中所处河段，分为河源段、上游段、中游段、下游段和河口段等河段，各河段也可以根据国家主体功能区分类进一步细分为不同开发功能河道。第三层次为水功能区，水功能区又分为一级区和二级区两个亚层。此外，根据河流大小还可以分为中小河流与干流（或主要支流）等。

根据河流所处位置和类型，对河流进行分区分类，以便分别对不同类型的河流建立生态——物理耦合模型，通过生境模型实验结果，并结合典型河流的现场调查以及长期观测数据，分别确定不同的计算方法。环境流的确定在本质上还是一个社会性的选择，取决于政府、社会的自然生态观和重视生态文明的程度，是人类在进行水资源配置和管理中分配给河流生态系统的水量，应结合流域和区域的水资源总体规划，从维持河流生态系统健康和为人类提供经济社会服务功能两方面综合考虑确定。

四、环境流的管理途径包括工程措施和非工程措施，其中非工程措施最为重要

环境流的管理目标是为了提供一个能够满足河流及其水生生态系统在质、量和时空分

布方面可以持续发展的流态。一条河流的环境流取决于河流管理要实现的价值目标，需要决定采取何种工程建设、技术手段、政策法规等措施来平衡社会、经济和环境的期望与水资源利用的关系。环境流管理的途径包括工程措施和非工程措施。

工程措施是在对水利工程（包括修建水库、堤防和河道整治等）进行规划和设计时考虑环境流的下泄方式，如环境流下泄通道的设计应该考虑以下几点要求：①水流最好是无压或者是低压状态，如采用明渠或无压泄流，保证生物过坝的基本生存条件；②过流通道进水口最好采用分层取水结构形式，保证水库能够下泄接近河流自然水温的水流和溶解氧水平；③进水口最低高程应该能够保证一般枯水时期和水库死水位时也能下泄环境流，进水口高程应在接近水库死水位以下，保证环境流的连续下泄；④最好采用双通道或者双闸门控制，保证通道在检修和维修期间也能够下泄环境流。另外，在进行河道整治、岸线利用和河道采砂时，考虑重要水生生物栖息地、生物通道和岸边植被的保护，维持河道栖息地的多样性和生态走廊特性。

非工程措施包括在流域综合利用规划中开展规划环境影响评价和绿色水电站论证，充分考虑生态环境敏感河段，设立更长、更连续的保护河段，建立河流保护的法律法规、技术标准体系和公众参与环境管理的机制，推行基于科学观察和综合评估基础上的适应性河流管理的制度等。

水利工程生态调度在我国具有十分重要的现实意义。从水资源管理的现实来看，在各种环境流保证措施中，考虑生态保护要求的生态调度是目前保障河流环境流比较直接的方法。生态调度的核心内容是将生态因素纳入到现行的水库多目标调度中，并将其提到相应的高度，根据具体的工程和河流特点制定相应的调度方案。国外很多国家进行了大量的水库生态调度实践活动，而国内生态调度的实践还处于尝试和摸索的阶段，其调度往往是在特定时段采取应急调度的方式为河流或湿地进行应急补水。此外在河流中下游的平原水网区，为了防洪、供水、灌溉等目的修建了大量的堤坝闸口工程，这些工程对于河流水系以及江湖连通性具有一定的阻碍作用。因此，也需要对闸口的功能重新定位，调度规则进行调整，以增加江湖连通性。

欧美一些发达国家面对水电开发所带来生态环境问题的教训进行反思，认识到必须采取具有针对性的河流生态恢复措施。瑞士的绿色水电和美国的低影响水电认证标准，正是他们为缓解水电站负面影响所采取的措施。在我国，生态环境问题正逐渐成为水电站建设和运行管理的重要制约因素之一。越来越多的有识之士意识到了应该充分考虑水电站引起的生态环境问题，但是对于我国是否需要建立绿色水电认证制度则存在一定的争议。一种观点认为虽然我国中小水电开发存在一些问题，但是大型水电开发都是由政府投资，出现问题较少，出现的问题也可以通过加强监督管理来解决，而并非需要建立这样一种认证制度。另外一些学者和组织则认为绿色水电认证对中国水能资源的可持续开发具有至关重要的作用。水电可持续评价规范（HSAP）已被很多业内人士和环保人士公认为评价水电可持续性的权威标准，该标准如何在中国推广并进行试点，是未来需要进一步探索和实践的。

五、长江的环境流需要分区分类确定和管理

长江流域面积广大，地形地貌变化大，各区域自然环境差异大，水文特征彼此迥异，受人类活动的影响也各不相同，由江源至河口，不同河段的河道生态环境敏感问题的重点

各异，环境流保护目标也各不相同。河源段地处高原，人口稀少，生态环境脆弱，需要严格保护，应尽量减少水资源开发；上游河段的问题主要是水电站建设与珍稀鱼类的保护矛盾突出，需规范水电站的开发行为，保留一些支流不开发，并通过水库群的生态调度，保证珍稀鱼类所需要的环境流；中下游人类活动的影响大，需正确处理好水资源开发利用与生态保护之间的关系，协调好江湖关系，通过长江干支流控制水库和中下游闸口的运行调度保证“四大家鱼”、洄游性鱼类产卵所需要的环境流，并推动江湖连通；河口段受人类活动的影响十分强烈，且会受到外海咸水入侵的影响，需正确处理好流域水资源开发利用与河口咸水倒灌、水污染、泥沙冲淤与河口生态保护之间的关系，维持河口健康地生态系统。本书在长江流域不同典型河段选择典型实例进行了环境流计算，包括赤水西渡河坝（中小河流类型）、汉江中下游（干流和主要支流类型）、长江河口（河口段类型）、雅砻江锦屏（水电站下泄环境流）。

长江的环境流管理需要加强研究，加强制度建设，加强宣传与公众参与程度，将环境流纳入相关流域规划，并与水资源管理相结合，以流域综合管理与适应性管理实现河流的环境流管理。根据长江流域的特点，近期环境流管理需要重点开展以下几个方面的工作：①通过长江上中游控制性水库联合生态调度，保障河流的环境流；②编制长江流域的主要干支流和重要区域的水量分配方案，为长江流域的水量分配的实施和环境流的确定与管理提供技术支撑文件；③根据长江流域环境流问题分区，在各区域之间设置相应的控制断面，以断面流量控制保证河道的环境流。

六、三峡工程对长江中下游水文情势的调控作用导致对中下游水文形式的改变，特别是在6月的加大泄水期和9~10月的蓄水期。长江及其中下游湖泊组成了世界上独特的江一湖复合型湿地，也是世界水鸟最重要的越冬地，由于三峡工程的调节作用，中下游的主要通江湖泊洞庭湖、鄱阳湖都受到一定的影响。

长江及其中下游湖泊组成了世界独特的江一湖复合型湿地，冬夏水位的巨大落差是该湿地最典型的特征。长江中下游的湿地是我国最重要的生态系统之一，具有防洪，涵养水源，提供食物、交通和电力等功能，并具有重要的生态服务功能，维持着令世界瞩目的生物多样性，是世界水鸟最重要的越冬地。由于三峡工程对长江干流径流的调节和两湖流域大型水库的调节作用，中下游的主要通江湖泊洞庭湖和鄱阳湖都受其水情调节的影响，但两湖（洞庭湖、鄱阳湖）的问题还需要放到整个长江的联合调度中去考虑，相对三峡本身的影响，“四水”、“五河”对两湖的影响也很大。由于湿地演变是一个相对缓慢的过程，对外界条件变化的响应也有一个较长的过程，虽然三峡工程蓄水运行后鄱阳湖北部湖区湿地演化进程改变明显，但确定其影响还需要开展更长时期的观测与更为系统的研究。

21世纪以来长江中下游重要生态敏感区越冬水鸟变化研究表明，食块茎物种依赖沉水植被生存，其分布范围不断缩小，往鄱阳湖集中；白额雁依赖苔草带生存，它们在鄱阳湖和洞庭湖的数量都在下降。由于影响沉水植被带的原因很多，如水污染、水域富营养化和水产养殖等，如何将三峡蓄水运行的影响区分开来尚待研究，水位变化对苔草带和白额雁分布变化的影响机制也尚待研究。

七、黄河是我国的母亲河，几千年来孕育和延续了中华文明，大量的河道外引调水，使河流面临断流危险，输沙水量不足，河道萎缩，中下游及河口生态系统退化等是黄河环

境流管理的主要问题。黄河通过水量统一调度,经过 12 年的实践,调度手段得到全面加强和完善,积累了宝贵的经验,实现了连续多年不断流,不仅取得了巨大社会和经济效益,也改善了黄河下游及河口生态环境,是中国环境流管理的重要实践。

黄河水资源在中国国民经济和社会发展中具有重要的战略地位,自 20 世纪 70 年代以来,黄河流域水资源供需矛盾不断加剧,下游频繁断流,黄河断流问题引起了国内外普遍关注和忧虑,1998 年 12 月国家计划委员会、水利部联合颁布实施了《黄河可供水量年度分配及干流水量调度方案》和《黄河水量调度管理办法》,授权黄河水利委员会统一管理和调度黄河水资源。黄河水量统一调度的范围是黄河干流,开始时是上游刘家峡水库至头道拐和下游三门峡至利津两个河段。从 2001~2002 年度开始,将调度河段扩展到刘家峡以下干流全部河段。黄河水量统一调度是一个逐步深化的过程,总的趋势是在依法调度的前提下,调度目标逐步提高,最终实现黄河健康生命。调度手段包括行政、工程、技术、经济和法律等方面的综合措施。

黄河水量统一调度具有良好的生态环境效益。水量统一调度对黄河水环境质量有明显的改善作用,水量调度改变了水量的年内分配,非汛期水质得到明显改善,水功能区达标率迅速提高。黄河水资源的统一调度初步扼制了黄河频繁断流的局面,使黄河下游非汛期保持一定的流量,在一定程度上保证了下游河流生态系统功能的发挥,使黄河真正起到了连通流域内各种生态系统斑块及海洋的“廊道”,使下游河道湿地与水生生物多样性得以修复。通过实施科学的水量统一调度,在确保黄河不断流的情况下,根据每年黄河主要来水区来水情况适时增加进入河口地区的水量,最大限度地满足河口地区的生态环境用水,使黄河口三角洲湿地面积逐渐恢复,有效地抑制了黄河口新生淡水湿地的逆向演替,使其朝“纵向演进”过程和黄河冲淤填洼的“扇形展开”过程进行,保证了新生湿地内生态系统的顺向演替方向,系统更加稳定。黄河水量调度实施以后,改变了营养盐入海量的时空分布,保证了鱼类生长繁殖季节(3~6 月)有一定的营养盐入海,使黄河口近海的海洋初级生产力水平得到提高,海洋浮游植物增多,相应的鱼类饵料也增加,鱼类的生存环境在一定程度上得到了恢复和改善,海洋渔业资源也逐渐得到恢复。

通过黄河水量统一调度,实现了黄河连续 11 年不断流,保证了中游水库调水调沙用水,保障了国民经济供水安全,促进了节水型社会的发展,经济社会效益十分可观。

由于黄河水资源紧缺以及水资源和生态之间的关系等基础研究缺乏,黄河水量调度仍存在诸多问题,因此黄河水量调度还有很多工作亟待开展,需综合考虑各种功能用水需求,加强大型水库生态调度,提高农业配水的精度,进行水量水质的联合调度,加强水情、墒情和生态信息监测,建立监测评估指标体系,强化基础研究,建立水量调度评估反馈系统,并建立健全水量调度管理制度。

八、中国环境流管理建议

河流保护与管理涉及政治、经济、文化、水文、生物、工程、环境、管理等各个方面,需要在科学研究基础上,通过制度化建设,既需要立法的支持,鼓励公众的广泛参与,更需要不同部门、不同地区及不同利益相关者的合作。针对中国河流保护与管理的现状,根据国外的经验,未来应重视以下几个方面的工作:①学习和吸收国际经验与科学研究成果,提高政府官员、河流管理者和社会公众对保证河流环境流重要性的认识,提高研

究和管理水平；②全面制定中国的环境流管理战略，转变水资源开发、利用和管理方式；③搭建各相关利益方共同参与的合作平台，成立各部门、各种组织和机构对话平台，畅通交流对话渠道，注重公众教育和公众参与；④流域规划中要注重环境流的规划与管理，使保护河流健康成为流域规划的主要目标和工作内容之一；⑤加强生态调度的适应性管理，推动建立水利工程生态调度的协调机制，完善水生生物等环境流因子的监测网络，通过观测与分析研究，对于已建控制性水库，调整调度目标、调度规则和运行方式，不断完善，以适应性管理的方法实现河流环境流下泄和河流的综合管理和保护战略。