

黄河干流生态环境 需水研究

Huanghe ganliu
shengtai huanjing
xushui yanjiu

郝伏勤 黄锦辉 李群 著



黄河水利出版社

黄河干流生态环境需水研究

郝伏勤 黄锦辉 李 群 著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书基于对河流生态与环境功能的认识,着眼于黄河水资源和生态系统之间响应关系研究,对黄河流域生态分区、河流生态功能及河流生态环境保护目标进行了深入系统的研究;以流域生态功能分区和水功能区为单元,以生态与环境保护为目标,研究计算维持黄河河流生态基本功能的生态与环境水量,并进行了耦合,在充分考虑黄河水资源可调控性的基础上,提出了黄河重点水文断面生态与环境需水量。

本书可供从事流域生态、环境问题及河流生态需水的科研人员及相关专业的大专院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄河干流生态环境需水研究/郝伏勤,黄锦辉,李群著.

郑州:黄河水利出版社,2005.12

ISBN 7-80734-001-0

I. 黄… II. ①郝…②黄…③李… III. 黄河-生态-环境-需水量-研究 IV. X321.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 130857 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940 传真:0371-66022620

E-mail:yrp@public.zz.ha.cn

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:11.75

彩插:2

字数:272 千字

印数:1—1 000

版次:2005 年 12 月第 1 版

印次:2005 年 12 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80734-001-0/X·18

定价:30.00 元



黄河口淡水湿地实景图



黄河口三角洲怪柳



黄河口三角洲芦苇



青铜峡库区实景图



三门峡库区湿地实景图



小浪底库区实景图



黄河口湿地保护鸟类

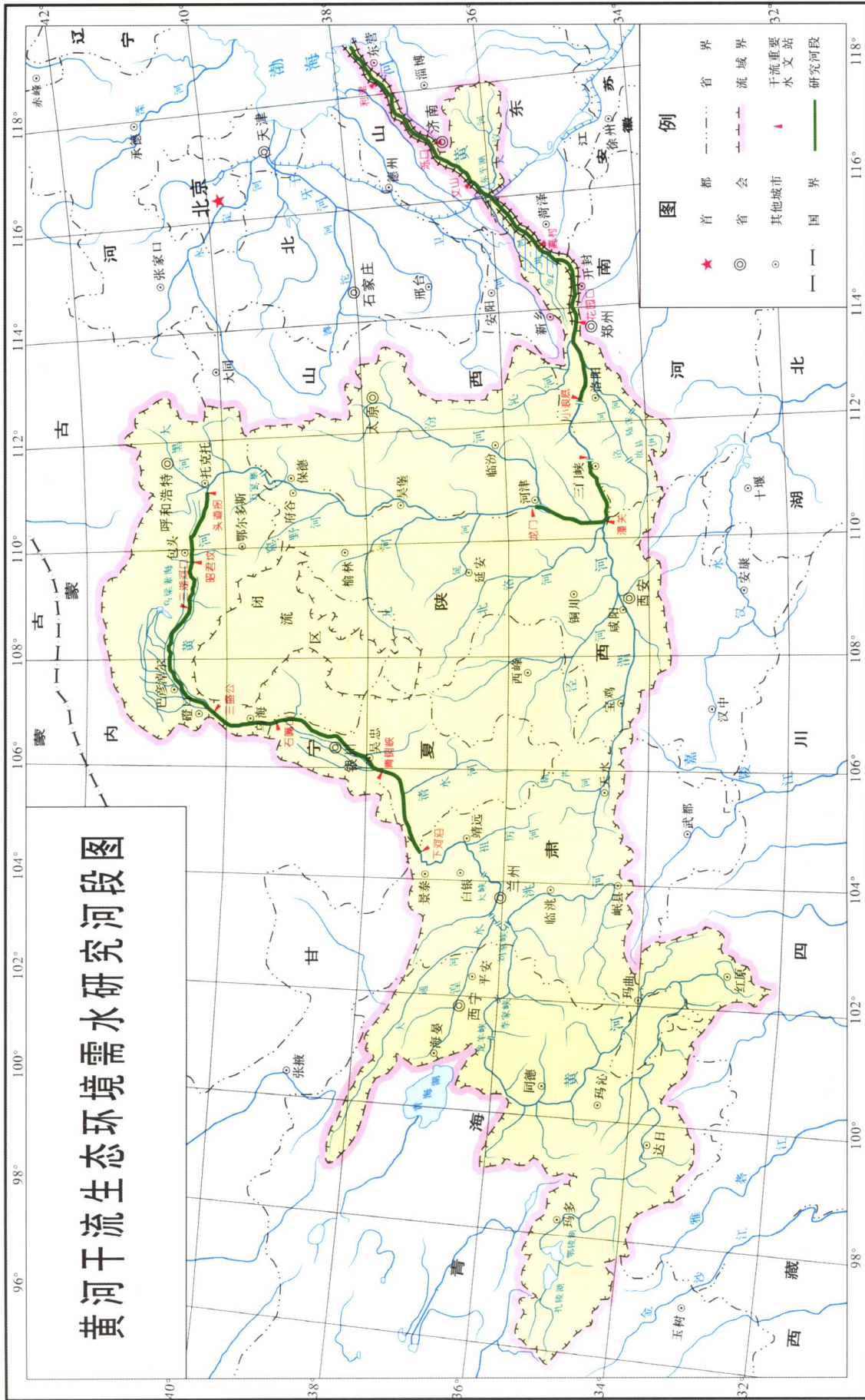


三门峡库区湿地大天鹅



黄河河道湿地实景图

图 2 河院水壩环境生态流干河横



前 言

黄河是中华民族的母亲河,是我国西北、华北地区最大的供水水源,以其占全国河川径流2%的有限水资源,承担着本流域和下游占全国15%耕地面积引黄灌溉、12%人口及50多座大中城市的供水任务。近20年来,随着流域经济社会的快速发展,黄河水资源的过度开发以及日益增加的污染排放量,致使流域水资源的供需矛盾和水污染问题愈加突出,也导致了诸如河道频繁断流、河槽萎缩、水质恶化、鱼类产卵场退化、河口湿地面积萎缩等一系列问题,黄河生态系统整体呈恶化趋势。

“黄河干流生态环境需水研究”正是在流域水环境问题、生态问题日渐突出的背景下立项研究的,是黄委2002年重点治黄专项,其目标是通过黄河水资源和生态系统关系的揭示,对黄河水资源进行优化配置、黄河水量调度等,以及确定干流重点河段生态环境水量阈值问题。课题组经过两年多的艰苦努力,完成了科研任务,并将研究成果加以总结和深化,编写了此书。

河流生态与环境需水是当前国际研究的前沿和热点问题。本课题首先对国内外有关生态环境需水研究进展情况进行归纳和评述,着力论述了对河流生态与环境功能的认识,从生态学的角度出发,对黄河流域生态分区、河流生态功能及河流生态环境保护目标进行了深入系统的研究;以流域生态功能分区和水功能区为单元,以生态与环境保护为目标,充分考虑黄河水资源的可调控性,提出了黄河重点水文断面生态与环境需水量的数值及过程。

黄河河道生态环境需水量应主要包括以下几个方面:一是保护河道内水生生物正常生存繁殖的水量;二是维持河流水体功能水质的水量;三是满足河道湿地基本功能的水量;四是维持河口一定规模湿地的水量;五是有利于河口水生生物生存及河口生态修复的水量。至于黄河下游输沙水量问题,另有专项研究。黄河生态环境需水量概念为:生态需水量是指为维持黄河水生生物的正常生存和繁殖(特别是鱼类),满足河道湿地、河口湿地生态系统基本功能和维持一定规模的水量;环境需水量是指为改善黄河水体水质,基本满足其水体功能所需要的水量,可视为一定纳污水平下所需稀释自净水量。环境需水量实质上有着满足水量和水质的双重概念。

本研究认为,以水质目标为约束条件的环境水量有着水量和水质保证的双重概念,环境水量基本满足了,河流基本生态功能亦可得以维持。研究采用历史流量法确定保持生态系统完整的生态基流,并兼顾黄河景观用水及湿地

用水等不同种类的生态用水。对黄河下游河道,重点关注维持河流水循环的水量以及满足河口生态需要的一定入海水量。

有关稀释污染的环境水量研究在国内尚不多见,但又是我国北方河流面临的现实问题。本研究根据黄河水污染特征和水流状态,选择 COD_{Cr} 和氨氮作为主要污染控制因子,环境水量采用一维水质模型进行计算。河流纳污水平 and 水质目标是计算环境水量的两个重要输入条件,水质目标采用黄河干流水功能区划目标,河段纳污水平按以下三种情况设定:一是维持现状纳污水平(2000 年为现状年);二是考虑支流所在地区经济社会可承受能力和污染治理水平,支流输污量介于现状纳污水平和满足功能要求的一种中间状态,我们称之为可控水平或阶段目标纳污水平,入黄排污口满足国家污水综合排放标准;三是目标控制水平,即入黄支流满足功能区划相应入黄水质目标、入黄排污口仍按满足国家污水综合排放标准控制。

上述环境水量研究方法带有一定的探索性,也是调控水资源以维持黄河健康生命的需要。研究结果表明,现状纳污水平下,黄河干流所需环境流量很大,在目前水资源条件下很难实现,水质达标不可能得到保证;污染可控水平下,龙门以上河段所需水量基本可以得到保证,但龙门以下河段在枯水时段难以得到保证;在目标控制水平下,黄河干流水质目标较容易得到实现。考虑到在现有的社会经济发展、污染治理水平下,全部实现达标排放难度极大,河流功能区水质规划目标的实现需要比较长的时间。我们在推荐保证黄河干流水质的环境水量时,主要依据污染可控水平下的计算结果,意在体现流域社会经济发展和污染排放的协调关系,同时也体现了科学发展观及人与河流和谐共处的理念。

河流的各种生态功能如栖息地功能、景观功能等,和环境功能之间存在着交叉和重复,各种功能所需水量可以兼顾,需对满足多种功能需求的水量进行耦合。水量耦合是研究中的难点。本研究遵循优先考虑河口近海鱼类、河口三角洲湿地生态需水,同时满足各河段的水生态和水环境功能需求,基于全河段综合考虑、水质保证优先、黄河水资源的可调控性等原则,给出黄河干流 10 个重要水文断面的适宜生态环境水量和最小生态环境水量。

研究认为,在当前黄河流域粗放式经济发展模式下,水资源的过度开发利用和污染超负荷排放,是导致黄河生态危机的主要因素,黄河面临的一些生态问题无不由此而引发。本研究推荐的生态环境水量,是在关注研究河段生态问题的同时,着重解决水质保证问题,只有水体质量变好了,黄河生态系统才可以逐渐得以恢复。研究中生态水量没有和黄河主要保护物种的生态机理紧密联系,这和黄河特殊的河情以及我国经济发展进程有关。随着黄河水资源

保护工作的逐步深入、科学发展观的贯彻落实、维持黄河健康生命的实践需要,以及相关资料的丰富和积累,必将加强这方面的机理研究。

黄河下游的湿地非常特殊,既是行洪河道的一部分,又因其独特的生境条件而在我国湿地中占有比较重要的位置,同时下游滩区内现有 181 万居民,因此处理、协调好防洪、湿地保护和群众生活生产的关系非常重要。就黄河下游湿地形成过程来看,其带有明显的原生性、不稳定性、脆弱性等特点。本研究就黄河水资源量变化对湿地面积消长、植被演替、保护鸟类变迁等方面作了探索性分析,但缺乏对湿地水循环过程与关键物种作用机理的研究,今后有待加强。

在课题研究和本书的编写过程中,高传德教授、连煜教授给予了悉心的指导和帮助,课题组成员王新功、张建军、管秀娟、张世坤等也付出了辛勤的劳动,在此表示最诚挚的感谢!

本书在编写过程中得到了黄委国科局刘晓燕局长的关心和支持,也得到了黄委水调局、规计局以及委属单位有关领导和专家的大力支持,提出了许多宝贵意见,在此一并表示感谢。

由于时间及研究水平所限,难免存在一些不足和错误之处,敬请专家、领导以及各界人士批评指正。

作 者

2005 年 7 月

目 录

前 言

第一章 国内外生态环境需水研究进展	(1)
第一节 国内外研究现状.....	(1)
第二节 生态环境需水量的概念及内涵.....	(6)
第三节 河道内生态环境需水量的主要研究计算方法.....	(8)
第二章 研究思路及技术路线	(12)
第一节 研究的目的和意义	(12)
第二节 研究的总体目标	(13)
第三节 研究的范围、内容和重点.....	(13)
第四节 研究的思路	(14)
第五节 黄河河道内生态环境需水量概念及内涵	(17)
第三章 重点研究河段概况	(18)
第一节 黄河流域概况	(18)
第二节 重点研究河段概况	(24)
第四章 水资源及开发利用现状	(30)
第一节 水资源概况	(30)
第二节 水资源开发利用现状	(34)
第三节 水资源开发利用存在的主要问题	(42)
第四节 水资源开发利用对河流水环境的影响	(45)
第五节 水资源开发利用对生态环境的影响	(47)
第五章 研究河段水质现状及水污染趋势	(54)
第一节 水化学特征分析	(54)
第二节 研究河段水质现状评价	(56)
第三节 水污染趋势分析	(61)
第四节 主要污染物沿程变化分析	(64)
第五节 水污染原因分析	(66)
第六章 黄河生态系统特征及生态保护目标识别	(68)
第一节 黄河流域生态分区及生态重要性识别	(68)
第二节 黄河湿地	(72)
第三节 黄河鱼类	(73)
第四节 黄河生态系统生态保护目标识别	(78)
第五节 小 结	(80)

第七章 黄河湿地健康评估及水资源对湿地生态影响研究	(81)
第一节 河南黄河湿地生态分区	(82)
第二节 河南黄河湿地主要保护物种	(85)
第三节 河南黄河湿地生态系统健康评价	(91)
第四节 黄河河道湿地形成及功能评价	(94)
第五节 黄河水量调度对下游河流生态系统的影响	(103)
第六节 黄河水量调度对黄河三角洲湿地的影响	(105)
第七节 水量调度对近海生态环境的影响	(109)
第八节 小 结	(114)
第八章 河道现状生态环境用水评价及河道生态水量研究	(116)
第一节 河道内现状生态环境用水评价	(116)
第二节 河道内生态水量研究	(118)
第三节 河道湿地生态环境需水量	(123)
第四节 河口区生态环境需水量	(133)
第五节 小 结	(135)
第九章 环境需水量研究	(136)
第一节 研究河段水功能分析	(136)
第二节 研究河段纳污现状分析	(138)
第三节 研究河段环境水量计算	(146)
第四节 现状纳污和目标控制水平下环境水量计算	(149)
第五节 污染可控水平下环境水量计算	(154)
第六节 环境水量计算结果分析	(163)
第七节 环境水量计算结果的检验分析	(164)
第十章 环境水量与生态水量耦合研究	(166)
第一节 耦合原则	(166)
第二节 重要水文站断面推荐水量及满足鱼类生存空间分析	(167)
第十一章 结论及对策措施	(173)
第一节 结 论	(173)
第二节 对策措施	(176)
参考文献	(179)

第一章 国内外生态环境需水研究进展

第一节 国内外研究现状

当今世界,随着 20 世纪 50 年代以来人口从 25 亿快速增加到 61 亿,社会生产力极大提高,经济规模和经济增长速度空前,创造了前所未有的物质财富,迅猛地推进了人类文明的进程,同时造成了地球资源的大量消耗和生态的严重破坏。水作为一切生命赖以生存的最为宝贵的资源,受到的影响更加突出,大量河流、湖泊受到污染,一些河流断流、湖泊干涸,地下水位普遍下降,由此引发了更严重的生态危机。水资源问题现在已成为一个世界性的社会问题,国际上许多机构、专家都在寻求解决的方案。在这个研究过程中,大家发现,为了使水资源能够得到可持续的利用,必须考虑生态环境的用水需求,负责水管理的机构已开始意识到其保护环境的职责,从而越来越重视针对不同河道内用水流量需求的评价方法,水管理机构和水问题专家根据自己的理解把用这些评价方法求得的水量称为河道内流量、环境水量、生态水量或生态环境需水量,等等。下面就有关这方面的研究作一介绍。

一、国外研究

国外对生态环境需水方面的研究始于 20 世纪 40 年代,首先是在美国,水资源开发利用程度不断提高,水利工程建设日益增加,为避免河流生态系统退化,生物学家开始对河道内流量进行研究,以保证水生生物特别是那些有着重要经济价值的生物的栖息环境。美国于 1971 年出台河道内流量法确定自然和景观河流的基本流量,对河流基本流量、河道内用水、各类湿地、河口三角洲等环境需水量规定了限值,并于 80 年代初期全面调整对流域的开发和管理目标。英国、澳大利亚等国 80 年代起接受河流生态流量的概念,并广泛开展研究;亚洲、南美洲等国家目前逐步接受或尚未接受这一概念。由于各国经济发展阶段不同、水资源状况各异,对生态环境需水量的概念和内涵的理解也有较大差别,到目前还没有一个公认的明确定义以及统一计算原则、标准和方法。

早期河道内流量研究主要关注需要保护的物种,特别是一些有经济价值的鱼类,研究河道流量与鱼类繁殖、生产量之间的关系,提出了河道最小流量和最佳生态流量的概念。代表性的研究和计算方法有 IFIM 法、Tennant 法、湿周法、R2CROSS 法、7Q10 法等,这些方法大都基于相似的原理和假设,常常假设河流流量与河流环境状况之间存在着线性关系,在低于某种流量水平或最低流量时,水生生物的生命将无法维持。国外最新的研究已从四维动态系统进行描述,从纵向、横向、垂向和时间域进行研究,即从河流源头、上游、下游到入海口,垂直河岸的横向及垂向水量和物质交换、与地下水的联系等,随时间延伸产生河道形态影响等研究,该观念拓宽了河道内流量研究范围和深度。

进入 20 世纪 90 年代,随着人们对水资源与生态环境相关性认识的提高,尤其是国际水文计划等大项目的推进,人们开始考虑维持河流生态系统甚至流域生态系统完整性的生态流量需求,研究对象不再局限于过去关心的某一物种(如鱼类)或某一单一目标。Gleick 在 1995 年提出了基本生态需水量的概念(Basic Ecological Water Requirement),即提供一定质量和数量的水给天然生境,以求最大限度地改变天然生态系统的过程,并保护物种多样性和生态整合性。在其后来的研究中将此概念进一步升华,并同水资源短缺、危机与配置相联系。Falkenmark^[1](1996)将“绿水”的概念从其他水资源概念中分离出来,提醒人们水资源的供给不仅要满足人类的需求,而且应该保证生态系统对水资源的需求。这种提法得到了部分学者的认可,并对此进行了研究。但大多数“绿水”的研究还集中在农业灌溉用水上,因为农业灌溉用水将是对“绿水”的重要补充。Rashin 等^[2](1996)也提出了可持续水利用要求保证足够的水量来保护河流、湖泊和湿地生态系统,人类所使用的作为娱乐、航运和水力的河流和湖泊要保持最小流量,但没有给出明确的概念和计算方法。1999 年,Whipple^[3]等提出了相类似的观点。同年,Baird^[4]等针对各类型生态系统的基本结构和功能,较详细地分析了植物和水文过程的相互关系,强调了水作为环境因子对自然的保护和恢复所起到的巨大作用。

近 10 年来,国际之间加强了水文水资源研究的合作,其中就包括河道低流量的研究,如 FRIEND(Flow Regime from Experimental and Data)组织所倡导的行动计划。FRIEND 组织研究了欧洲西北部 1 350 条河流的低流量状况,其研究集中在应用水力学参数研究低流量与流域河床组成特性之间的关系,以及研究不同频率、不同时段年平均流量(mean)与最小流量(annual minima)和低流量之间的联系等。随后,FRIEND 组织开始将研究计划向横向(包括东欧国家)和纵向(扩大到大尺度问题、方法问题、低流量和高流量条件下流域土地利用的变化、水质等问题的研究)发展,其研究的深度和广度不断扩大。

总之,国外对河流生态环境需水的研究始于生物学家为保护水生生物的栖息环境,随着河流受人为因素影响和控制的加强,河流生态系统结构和功能遭到破坏,人们逐渐认识到水资源在整个生态系统中的地位和作用,开始注重生态系统中与水有关的各因素之间的综合研究,保护物种多样性和生态整合性。经历了一个研究观念的转变和研究尺度的拓展过程。另外,国外在生态环境需水研究方面开展较早,特别是研制开发了许多实用的河道内流量计算评价方法,但对于其他生态系统如湖泊、湿地、河口三角洲和植被等没有形成需水量指标体系和计算方法,也缺乏系统的、成熟的理论。因此,从生态系统本身对水的需求角度来研究生态环境需水量,建立不同保护目标下的生态环境需水量评价指标体系和计算方法,将成为今后研究的热点。

二、国内研究

一般认为国内关于生态环境需水量的研究始于 20 世纪 90 年代,事实上,在 80 年代就有了相关的研究,只是当时大都没有形成“生态环境需水量”这一概念和提法。例如,国家水产总局在 80 年代中期就对黄河河口海域的生态环境需水量进行了估算:黄河河口海域鱼虾生长需要黄河每年在 4~6 月份下泄入海水量 60 亿 m^3 ,枯水年需要在 4 月份下泄 20 亿 m^3 。90 年代出现了“生态用水”、“生态耗水”、“生态需水”、“环境用水”等概念,研究

目标主要集中在西北干旱、半干旱地区林草植被建设的生态需水问题,对河流系统的生态环境需水研究不多。在此之前,各流域管理机构已经注意到水质恶化和水生态破坏造成的淡水生物资源(尤其是渔业资源)损失,意识到水环境保护的职责,在流域的规划和管理工作中注重水资源的保护规划,并规定在提出开发水资源的建议或者对水资源使用权进行审查时,都要评价取用水对河道水环境的影响。黄河水利委员会在 20 世纪 80 年代编制的《黄河水资源利用规划》和《黄河水资源保护规划》报告中,就提出了一些重要断面的最小控制流量,并在后来的规划和研究中进一步明确。目前,黄淮海平原地区生态环境需水已经开始受到重视,例如北京市在《21 世纪水资源保障规划》中提出了河湖环境用水量指标,海河水利委员会在《面向 21 世纪的海河水利》一书中也提出了将恢复湿地、城市河湖用水、地下水回补等作为环境用水量。

国内开展有关生态环境需水方面的研究时间不长,但是研究成果颇丰。针对西北地区的干旱,对西北地区生态需水概念、计算方法开展的研究主要有“九五”国家科技攻关项目“西北地区水资源合理开发利用及生态环境保护研究”,对西北干旱地区的生态需水进行了研究,提出了相应的生态保护准则与生态需水计算方法,并于 2003 年出版了该项目的系列专著^[5]。汤奇成^[6](1995)计算了新疆地区绿洲的生态用水。贾宝全等(1998^[7], 2000^[8])以新疆为例探讨了生态用水的概念和分类,根据这个概念和分类,采用直接计算法和间接推求模型对不同类型生态用水进行了计算,并对新疆 1995 年生态用水进行了初步估算。在柴达木盆地研究中,贺东辰^[9](1998)根据河流径流的 25% 留给生态用水来计算柴达木盆地多年平均生态需水量。Zhang 和 Shen^[10](1999)则根据景观生态学的原理研究了柴达木盆地的生态用水,其生态用水的分类基础是景观的类别,但每个景观区生态用水的计算方法与贾宝全的方法相同。刘燕华^[11](2000)则根据景观生态学的原理研究了柴达木盆地的天然植被以及灌溉植被的生态需水量。王礼先^[12](2000)将西北植被建设现状生态需水量粗略估算为每年 220 亿 m^3 左右,其中黄河流域林地为 17 亿 m^3 ,草地为 1 亿 m^3 ,新疆、河西走廊和柴达木盆地总和为 200 亿 m^3 。王芳^[13](2002)将植被生态需水划分为可控生态需水和不可控生态需水,并以此为基础进行计算。王让会等^[14](2001)根据塔里木河流域地下水、土壤水、植物生长与生态环境状况之间的定量关系研究,界定合理的生态水位,应用植被耗水及定额法估算了塔里木河流域“四源一干”生态需水量。潘启民等^[15](2001)将流域内一定时期存在的天然绿洲、河道内生态体系以及人工绿洲内防护植被体系等,维持其正常生存与繁衍所需要的最低水量作为维持现有生态面积的必要水量,估算了黑河中下游的生态需水量,低于这一水量,生态环境将呈现退化趋势。

针对北方黄淮海辽河流及流域生态环境问题展开的生态环境需水研究主要有:李丽娟^[16](2000)将海滦河流域生态需水量分为 3 个部分,包括以多年实测最小月平均径流量计的河流基本需水量、以多年平均输沙量与多年最大月平均含沙量之比计的汛期输沙排盐需水量,以及以维持湖泊洼地水量平衡而消耗于蒸发的净水量计的湖泊洼地生态需水量;严登华^[17](2001)将东辽河流域生态需水量也分为 3 个部分,包括以各月平均输沙量与历年最大平均含沙量之比计的排沙需水量、水面蒸发需水量,以及以洪泛地陆面蒸发量计的洪泛地生态需水量;杨志峰、崔保山等^[18]对黄淮海地区生态环境需水量进行了研究,主要是南水北调的实施过程中,在保障生产、生活用水的同时,为确保生态系统适宜的水

量提供技术支持,并于2003年3月出版了《生态环境需水量理论、方法与实践》专著,该书系统地介绍了生态环境需水量国内外研究进展情况,阐述了生态环境需水量的理论和方法,同时给出了黄淮海地区生态环境需水量研究成果。

2001年中国工程院组织完成的“21世纪中国可持续发展水资源战略研究”项目,对生态用水的概念进行了界定,并估算了全国范围的生态用水^[19]。刘昌明和何希吾^[20](1996)提出了“四大平衡”(水热平衡、水盐平衡、水沙平衡、水量平衡与供需平衡)与生态环境需水之间的相关关系,探讨了“三生”(生活、生产与生态)用水之间的共享性。崔保山和杨志峰^[22](2002)分析了典型类型湿地生态环境需水量的内涵和临界阈值,探讨了湿地生态环境需水量的计算方法和相关指标。Liu和Yang^[23](2002)根据湖泊的基本特征分析了湖泊生态环境需水量的内涵,辨识了湖泊生态环境需水量的不同计算方法和相应指标体系,并通过实例进行了分析和估算。

总之,国内尽管在生态环境需水量研究方面起步较晚,但研究进展较快,一开始就认识到水资源在整个生态系统中的地位和作用,从水量平衡角度和生态系统本身对水的需求角度等进行研究,特别是从生态系统整体性角度出发,针对不同类型系统进行需水量计算,按照生态系统的功能分类,包括生态功能、环境功能的设定等,采用的计算方法有直接计算法、间接推求法等。但是应该看到,这方面的研究还很不成熟,对生态环境需水的概念、内涵与外延等还没有统一的定义,对其计算方法的研究也并不深入和完善,多以定性分析和宏观定量相结合的方法为主,对于流域或区域生态环境需水量研究,没有揭示生态系统需水规律及制约机制,缺乏各类系统之间的内在联系,也没有提出明确的评价指标体系,对湿地和三角洲生态环境需水的研究也较少。可以预言,更系统、更科学、更整合的生态环境需水量方面的研究将成为国内水资源、水生态今后研究中的热点。

三、黄河流域有关生态环境需水的研究

黄河以其高泥沙含量而闻名于世,黄河上与生态环境需水量有关的研究也始于对输沙水量的研究,“八五”科技攻关项目“黄河流域水资源合理分配和优化调度研究”^[24],首次将河道来水来沙、河道冲淤与输沙水量联系起来,对黄河下游河道汛期和非汛期的输沙用水进行分析。

“九五”科技攻关专题“三门峡以下非汛期水量调度系统关键问题研究”之子专题“黄河三门峡以下水环境保护研究”^[25],全面分析了三门峡以下的河流水环境和水生态状况,并采用环境容量模型对河流污染稀释自净需水量作了分析计算;采用历史流量法(Tennant法)对河道内水生生态及河口地区的最小生态环境需水量进行了详细的分析计算,最后在综合考虑污染稀释自净需水量和计算的河道最小需水量的基础上,经整合给出黄河三门峡以下河道内生态环境需水量的最终结果为:非汛期的4~6月份最小生态流量不应小于 $300\sim 600\text{m}^3/\text{s}$;非汛期的11月~翌年3月份应不低于 $50\sim 300\text{m}^3/\text{s}$ 。黄河水利委员会在2000年《黄河重大问题及其对策》中建议:汛期输沙水量应大于150亿 m^3 ,非汛期生态用水应不低于50亿 m^3 ,考虑到黄河下游河道蒸发渗漏损失多年平均约10亿 m^3 ,全年应该保证大于黄河下游最低限额需水量210亿 m^3 。

“十五”国家科技攻关计划重大项目“中国分区域生态用水标准研究”之子专题“黄河

流域生态用水及控制性指标研究”^[26]中,以钱宁教授关于“河流的平衡与稳定是两个不同的概念”之观点为依据,通过对黄河下游部分水文断面 1972~1979 年连续 8 年的水深~水面宽关系曲线分析,研究推荐黄河下游花园口、高村和利津 3 个水文断面的最小生态流量分别为 $170\text{m}^3/\text{s}$ 、 $140\text{m}^3/\text{s}$ 和 $154\text{m}^3/\text{s}$,并考虑鱼类生长需要,推荐上述三断面适宜流量为 $340\text{m}^3/\text{s}$ 、 $370\text{m}^3/\text{s}$ 和 $380\text{m}^3/\text{s}$ 。

清华大学石伟等^[27](2002)对黄河下游生态需水量进行了估算,得出作为黄河下游水量控制断面花园口水文站和作为河口地区水量控制断面利津水文站的生态需水量,分别为其汛期输沙水量和非汛期生态基流之和,即 160 亿~220 亿 m^3 和 130 亿~180 亿 m^3 。

北京大学倪晋仁等^[28](2002)也对黄河下游河流最小生态环境需水量进行了初步估算,主要考虑水污染防治需水、生态需水、输沙需水和河口生态环境需水几个方面,最后给出一个综合最小生态环境需水量。其中,河流最小污染防治需水量采用 10 年最枯月平均流量法计算;生态需水参照法国关于最小河流生态用水流量不应小于多年平均流量的 1/10 的规定进行计算;关于河流输沙需水,计算了 20 世纪 50 年代、70 年代和 80 年代不同来水来沙状态下的输沙用水量;对于河口区生态环境需水,没有做深入研究,应用国家水产总局在 80 年代中期提出的每年 4~6 月份下泄入海水量 60 亿 m^3 、枯水年需要在 4 月份下泄 20 亿 m^3 的结果进行推算。他们在最后综合考虑满足各种功能的叠加部分,得出花园口、高村、艾山、利津 4 站的综合最小生态环境需水量(年径流量)分别为 259.7 亿 m^3 、326.9 亿 m^3 、306.4 亿 m^3 、293.5 亿 m^3 ;整体上情况是,进入下游河流的最小生态环境需水量(年径流量)在 250 亿 m^3 以上,汛期需水量在 200 亿 m^3 以上,非汛期接近 50 亿 m^3 。

北京师范大学杨志峰^[18]等关于黄河下游河道生态环境需水量主要考虑了河道基本生态环境需水量、输沙需水量及入海水量,最后对三者进行综合考虑,认为黄河下游河道最小生态环境需水量为 189.2 亿 m^3 。

沈国舫^[29](2001)估计黄河下游输沙用水为 100 亿 m^3 ,加上维持枯水期黄河生态基流及蒸发消耗共 160 亿 m^3 。

牛志明(2001)估算黄河流域水土保持需要生态用水 100 亿 m^3 ,维持水沙平衡生态用水 170 亿 m^3 ,保护黄河三角洲生态系统及黄河枯季生态基流需 50 亿 m^3 ,河流水面蒸发为 10 亿 m^3 ,总计为 330 亿 m^3 。

王西琴等^[30](2001)用段首控制法确定了渭河河道最小环境需水量为 31.32 亿 m^3 。

2002 年 7 月黄河水利委员会进行了首次调水调沙试验,主要目的是减少小浪底库区淤积和冲刷沉积在下游主河槽中的泥沙,试验用 26 亿 m^3 水把黄河 6 640 万 t 泥沙送入渤海,这是黄河上第一次进行如此大规模的人工原型试验,也是第一次进行大规模河道生态环境用水调配的实践。

2003 年 2 月,黄河水利委员会主任李国英在全球水伙伴中国地区委员会治水高级圆桌会议上提出“维持河流生命基本水量”概念。他指出,保持黄河“生命活力”的基本水量至少要考虑三方面的要求:一是通过调水调沙措施,使黄河下游主河槽泥沙达到冲淤平衡的基本水量;二是满足水质功能要求的基本水量,这主要指水体能够被继续使用并保持良好的生态系统的水量;三是满足河口地区主体生物繁殖率、生物种群新陈代谢以及防止海水