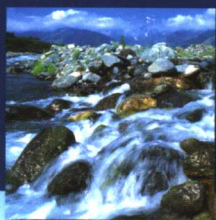
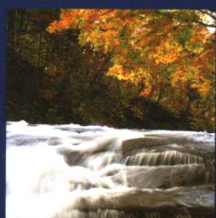
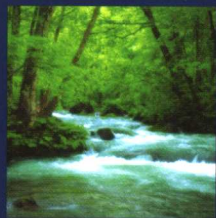


河流生态需水 理论、方法与应用

River Environmental Water
Requirements

王西琴 著



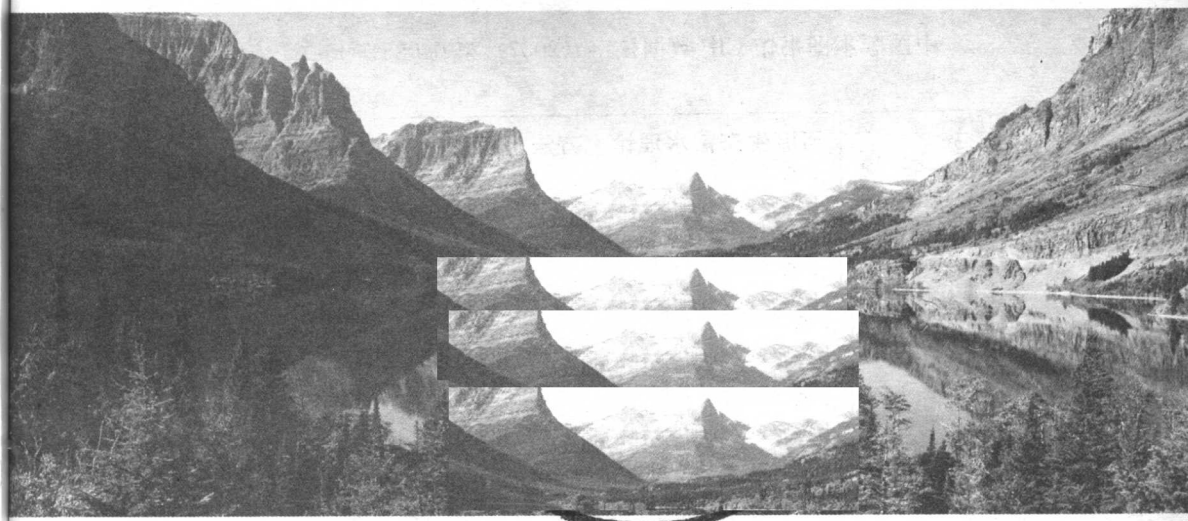
中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

河流生态需水 理论、方法与应用

River Environmental Water
Requirements

王西琴 著

本书出版得到教育部重点科技项目（105042）的资助



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书共分 10 章, 前 6 章主要阐述河流生态需水的理论与方法, 从介绍河流生态学基本理论入手, 对河流生态需水的内涵、组成、特征、计算方法、研究程序、评价方法等进行了系统的研究和阐述; 第 7 章~第 10 章以案例研究为特色, 应用前述理论与方法, 对海河水系、渭河干流、黄河干流、辽河水系等河流生态需水进行了深入的研究, 分析了河流生态系统受到的威胁, 在确定保护目标、生态需水类型的基础上, 计算了河流生态需水, 并进行了评价, 提出了适应性的管理措施。

本书可作为环境科学、生态学、水资源管理等学科研究者及高校师生的参考用书, 也可以作为水利部门、环境保护部门的管理者和决策者, 以及相关领域研究人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

河流生态需水理论、方法与应用 / 王西琴著. —北京:
中国水利水电出版社, 2007
ISBN 978 - 7 - 5084 - 4503 - 8

I. 河… II. 王… III. 河流—生态环境—需水量—研究
IV. X143

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 040861 号

书 名	河流生态需水理论、方法与应用
作 者	王西琴 著
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (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	787mm×1092mm 16 开本 17 印张 305 千字
版 次	2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷
印 数	0001—2800 册
定 价	42.00 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

面对 21 世纪我国经济和社会的可持续发展，各种用水量在未来一段时间内还将继续增加，水资源短缺问题、水环境污染问题将变得更加复杂和严峻。经济用水与生态用水之间的竞争在一个相当长的时间内依然存在，如何科学地、有效地、合理地利用水资源，如何解决好社会经济系统用水与生态系统用水之间的矛盾，使水资源维持其可再生性，并得到可持续利用，是当前建设资源节约型与环境友好型社会亟待研究和解决的课题。

我国开展生态需水研究近 10 多年来，并取得了可喜的成绩，然而，在理论与实践的结合上还存在着很大的差距，限制了其在水资源规划、水资源配置中的应用。因此，进一步深入研究生态需水的机理、从水循环角度重新认识生态需水，建立一套完整的生态需水理论体系，包括计算方法、评价标准与方法等，是非常必要和紧迫的。

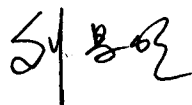
近年来，该书作者一直从事生态需水的研究，曾先后参加并完成了多项有关生态需水的研究课题，包括我国最早期的一个生态需水课题“北方地区生态环境需水量研究”，以及最近完成的中国工程院咨询项目“东北地区水与生态环境问题及对策”等，提出了一些具有实用性和可操作性的估算方法、评价方法以及新的研究思路

等，该书就是对这些研究成果的总结。

该书作为我国第一部系统全面论述河流需水原理与方法的专著，有如下特点：①从水循环角度探讨生态需水的内涵，并对一元水循环下与二元水循环下生态需水的概念加以区别，突破了以往仅从生态系统保护角度出发研究生态需水的局限；②针对我国水环境污染严重的现实，提出了水量与水质综合评价河流生态需水的方法，为生态需水在水资源配置中的实施提供了科学依据；③建立了生态需水评估的程序，完善了河流生态需水的理论；④对我国北方几条重要的河流进行了比较全面、深入的研究，为这些河流生态系统的保护和恢复提供了决策依据。

该书的出版，将会推动我国生态需水研究工作的展开，帮助各级水行政主管部门、环境保护部门管好、用好十分有限的水资源，保护好密切关系到人类社会可持续发展的生态与环境，更好地为我国的社会经济和社会发展服务；同时，该书的出版也丰富了我国现代水资源学的内涵，具有理论意义和实用价值。

中国科学院院士



2007年1月

序 二

工业革命以来，随着人口的急剧增加和经济的快速发展，以及人类对水资源需求的不断增加和开发力度的不断增强，自然界所固有的水文循环过程受到严重的扰动，水资源自然循环的通量和可再生能力也遭到不同程度的改变，并出现了一系列诸如水资源短缺、河道断流、地下水位下降，水质污染等水资源、水环境的问题。2006年3月22日，即世界水日，联合国《水资源发展报告》披露：地球上的河流、湖泊以及人类赖以生存的各种淡水资源状况正以惊人的速度恶化，全球500条主要河流中至少有一半严重枯竭或被污染。近几十年来，我国各大流域也面临严重的水资源短缺和水污染的问题，尤其是北方和西北干旱地区，河道径流减少的幅度更大。

河流系统是自然界最重要的生态系统之一，具有多种服务功能。河流不仅能为人类提供淡水、食品等各类产品，同时具有调节气候、减缓洪涝旱灾、维持生物多样性、控制有害生物及净化水质和大气等多方面的服务功能，而这些生态系统服务功能依赖于河流生态系统健康的维持。

目前，生活用水、生产用水、生态用水等“三生”用水的概念已被大家广泛接受，生态需水成为水资源规划、水资源配置、水利工程项目中环境影响评价所

必须考虑的重要内容，也成为各级有关政府部门和众多学者关心的热点问题。

《河流生态需水理论、方法与应用》一书正是在这样的背景下，对河流生态需水进行了全面、系统的研究。该书首次全面地总结了国内外河流生态需水的估算方法，并指出存在的问题及未来研究的方向，对河流生态需水的特点、组成、需求机理、研究程序、评价方法、适应性管理等进行了系统的研究。特别是作者在前人研究的基础上，对河流生态需水的内涵、河流生态需水的研究程序等方面，作了有益的探索，如二元水循环下生态需水的问题，水量与水质相结合的河流生态需水的综合评价方法，河流生态需水评估程序的理论框架，河流生态需水阈值的确定方法等。书中以黄河、辽河、海河、渭河等我国北方河流生态系统受损最为严重的河流为例，进行了实证分析，这不仅为这些河流的生态系统的恢复与保护提供了科学依据，而且为同类研究提供了很好的范例。

该书所作的研究是我国河流生态需水研究领域的一项开拓性工作，因此，该书的出版对促进我国水资源的合理开发利用以及河流生态系统的管理，将具有重要的理论意义和广泛的应用价值，并为河流生态需水的进一步研究奠定了良好的基础。

中国工程院院士

2007年1月

前言

河流是地球上最重要的生态系统之一。河流是人类文明的发源地，古埃及文明、古两河文明、古印度文明和古中华文明无不发源于大河两岸及其冲积平原，从某种意义上说，人类是通过改造河流才创造了今天的文明世界。然而，当人类在发展经济和开发利用水资源的同时，忽略了生态系统对水的依赖性及其对生态系统的支撑能力，在过度开发利用水资源的同时，又将生产、生活过程中产生的大量污染物排放到河流，使原本健康或者十分脆弱的生态系统急剧退化或受损，导致江河断流、水体污染、湿地萎缩、生物多样性减少等一系列生态与环境问题。

生态、环境的保护是国家可持续发展的根本性问题。维护生态系统的良性循环必须重视水资源的合理开发与保护，充分考虑生态用水和水资源的永续利用。因为水并不是只局限于水圈本身，而是同时存在于岩石圈、大气圈及生物圈之中，并成为重要的能量运动和物质转化的巨大动力，特别是水作为河流的组成部分，在河流生态系统中起着无可替代的、重要的决定作用。要使水资源实现良性循环，必须首先满足河流生态系统所必需的水量要求。

我国由于特殊的生态与环境问题，生态需水被提到

议事日程，并被各级政府部门所关注，众多的研究者开始研究生态需水问题，并取得了较大的进展。然而，由于生态需水研究在我国起步较晚，加之数据资料的限制等，使得我国的生态需水研究受到了一定的阻碍，特别是河流生态需水，至今仍然有很多有待于进一步研究和完善之处。

本书主要是在作者近年来研究成果的基础上，加以凝练、补充和完善而成的。全书共分为 10 章，包括两部分内容：第一部分为理论；第二部分为实例。第一部分内容包括：①绪论——介绍生态需水研究的背景、国内外生态需水的研究动态、目前存在的主要问题及未来研究的重点和方向。②河流生态需水的理论基础——重点介绍河流生态学理论，包括河流连续统、河流分区、洪水脉动理论、河流健康理论等。③河流生态需水的基本理论——通过对河流生态需水内涵、组成、特点、相关的重要水文要素以及表征河流生态需水特征的性能性指标的探讨，建立河流生态需水的理论体系。④河流生态需水评估程序——旨在构建河流生态需水评估程序的理论框架，并进行初步探索，介绍评估程序的步骤及其关键环节，并通过国外已有的实践进行具体说明。⑤河流生态需水估算方法——回顾、总结和分析已有的计算方法，并进行了分类，对其优缺点以及应用情况进行了评述，针对我国河流特点以及资料的可获得性等，提出了我国北方河流生态需水的计算方法。⑥基于二元水循环的河流生态需水评价方法——结合我国河流水环境污染十分严重的现实，基于二元水循环，探讨生态需水的内涵，提出了水量与水质相结合的河流生态需水评价方法，对我国七大河流进行评价，并据此提出了河流生态需水阈值的确定方法，计算了我国七大河流的生态需水最低阈值。

第二部分内容以我国北方河流为例进行具体分析，对海河流域、渭河干流、黄河干流、辽河流域的河流生态需水进行了深入的研究，按照本书提出的评估程序，针对不同的河流，分别采用不同的计算方法进行了生态需水的估算，并提出了生态需水实施的保障措施与

适应性管理对策。

本书的重要研究成果和特色表现在两个方面：①建立了河流生态需水研究程序的理论框架，该框架包括以下几个关键的步骤和环节：河流生态系统特性分析、河流利用情况及其受到的威胁分析、管理或者保护目标的确定、重要水文要素的分析、生态需水类型的确定及其估算、性能性指标的确定、生态需水合理性或可行性分析、动态监测、适应性管理等，特别强调了河流生态需水的实施过程是一个适应性管理的过程，指出只有通过水文指标和生物指标的跟踪监测，并根据监测结果，对生态需水的量或者保护目标进行适时的调整，才能实现以生态需水保护生态系统的目标，这个过程是以一定的周期为基准并不断循环往复的过程。②探讨了二元水循环下河流生态需水的内涵，提出了以水量与水质相结合，综合评价河流生态需水的方法，揭示了我国目前虽然部分地区在水资源配置中考虑了生态需水，但水环境依然如故的原因，指出必须从二元水循环的角度研究生态需水，重视生态需水质与量的统一，才能实现以生态需水保护生态系统的目标；同时，通过分析地表水利用与河流生态需水之间的关系、污径比与生态需水的关系等，建立了河流生态需水阈值的确定方法，为水资源配置、水资源管理提供了科学依据。

由于河流生态需水研究是一个崭新的领域，本书只作了一个初步的探索，还有许多有待完善和进一步深入研究的地方。希望本书的出版能够起到抛砖引玉的作用，引起更多的学者参与到河流生态需水的研究中来，促进并提高该领域的发展和研究水平。

限于时间和本人的学术水平，书中难免存在不足之处，敬请读者批评指正，并希望多提宝贵意见。

作者

2007年1月

目 录

序一
序二
前言

■ 第1章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 水资源利用现状	1
1.1.2 河流生态环境问题	2
1.1.3 水资源配置模式的转变	3
1.2 河流生态需水概念的提出	4
1.3 研究进展	7
1.3.1 国外研究进展	7
1.3.2 国内研究进展	9
1.3.3 存在问题及未来研究重点	21
1.4 研究展望	25
1.5 本书研究内容	26
■ 第2章 河流生态需水的理论基础	29
2.1 河流与河流系统	29
2.1.1 河流	29
2.1.2 我国河流的主要特点	31
2.2 河流生态系统	31
2.3 河流生态系统基本要素	32
2.3.1 流态	33
2.3.2 沉积物和有机物	34
2.3.3 温度和光	35
2.3.4 营养和化学状况	35
2.3.5 植物和动物群落	36
2.4 河流尺度与分级	36

2.4.1	河流尺度	36
2.4.2	河流分级	39
2.5	河流空间结构	41
2.5.1	纵向结构	41
2.5.2	横向结构	43
2.6	河流连续统理论	45
2.7	洪水脉动理论	48
2.8	河流生态系统健康理论	52
2.9	流量变化对河流生态系统的影响	54
2.9.1	河道内流量变化的影响因素	54
2.9.2	流量变化对河流生态系统的影响	58
2.9.3	河流健康对流量的需求	60
■ 第3章	河流生态需水的基本理论	64
3.1	自然水循环	64
3.2	河流生态需水及其特点	66
3.2.1	内涵	66
3.2.2	相关概念	67
3.2.3	河流生态需水特点	69
3.3	河流生态需水组成	72
3.4	河道生态需水	73
3.4.1	河道水量平衡	73
3.4.2	河道功能	74
3.4.3	河道需水类型	75
3.5	河滨湿地生态需水	77
3.5.1	河滨湿地特点	77
3.5.2	主要功能	78
3.5.3	河滨湿地需水	79
3.6	河口生态需水	80
3.6.1	河口生态系统特征及功能	80
3.6.2	淡水流入量变化与河口生态系统的关系	82
3.6.3	河口生态需水	83
3.6.4	河口生态需水的类型	84

3.7	河流生态需水重要水文要素与性能指标	85
3.7.1	重要水文要素	85
3.7.2	性能性指标	87
■ 第4章	河流生态需水评估程序	89
4.1	评估程序理论框架	89
4.1.1	制定原则	89
4.1.2	评估框架	90
4.2	评估程序	92
4.2.1	生态系统特性分析	92
4.2.2	河流利用情况、价值和受到的威胁	95
4.2.3	管理目标	95
4.2.4	水文要素与生态目标关系描述	97
4.2.5	生态需水类型及其估算	98
4.2.6	生态需水性能性指标	100
4.2.7	与其他用水户之间的权衡	101
4.2.8	实施过程中的跟踪监测	102
4.3	生态需水的适应性管理	104
4.4	国外案例	105
4.4.1	澳大利亚麦克夸利河	105
4.4.2	美国萨瓦纳河	107
■ 第5章	河流生态需水估算方法	110
5.1	已有方法	110
5.1.1	水文学方法	110
5.1.2	水力学方法	114
5.1.3	生物栖息地法及生物一流量法	117
5.1.4	整体法及综合法	122
5.1.5	自净需水计算方法	125
5.1.6	汛期输沙需水计算方法	127
5.1.7	地下水位法	128
5.1.8	河滨湿地生态需水确定方法	128
5.1.9	河口生态需水估算方法	132
5.2	本书提出的方法	134

5.2.1	枯水季节最小流量法	134
5.2.2	月(年)保证率法	134
5.2.3	分区生态需水量计算方法	136
5.2.4	经验法	137
5.2.5	环境功能设定法	137
5.2.6	入海流量历史分析法	139
第6章	基于二元水循环的河流生态需水评价方法	140
6.1	二元水循环及生态需水内涵辨析	140
6.1.1	二元水循环	140
6.1.2	基于二元水循环的生态需水内涵	143
6.2	生态需水“量”与“质”综合评价方法	145
6.2.1	水量计算	145
6.2.2	水质计算	146
6.2.3	生态需水“量”的评价	147
6.2.4	生态需水“质”的评价	147
6.2.5	生态需水“量”与“质”的综合评价	148
6.3	我国各流域生态需水现状评价	149
6.3.1	评价方法	149
6.3.2	评价结果	151
6.4	河流生态需水阈值	155
6.4.1	地表水资源利用率与生态需水的关系	155
6.4.2	污径比与生态需水的关系	157
6.4.3	河流生态需水阈值	159
6.4.4	我国七大流域生态需水阈值	163
第7章	海河流域河流生态需水研究	165
7.1	范围	165
7.2	河流生态系统特征	166
7.3	河流利用情况及受到的威胁	168
7.4	海河水系河流主要功能	170
7.4.1	纳污功能	170
7.4.2	保证河口地区生态环境功能	170
7.5	河流保护目标	171

7.6	生态需水类型	171
7.7	生态需水计算	171
7.7.1	河道基本生态需水	171
7.7.2	入海需水	174
7.8	合理性分析	176
7.9	保障措施与适应性管理	176
■ 第8章	渭河干流生态需水研究	179
8.1	研究范围	179
8.2	河流系统特征	179
8.3	河流价值及受到的威胁	180
8.3.1	河流的价值	180
8.3.2	水资源利用现状	181
8.3.3	河流受到的威胁	181
8.4	保护目标	185
8.5	生态需水类型及计算方法	185
8.6	生态需水计算	185
8.7	计算结果合理性分析	187
8.8	保障措施	190
■ 第9章	黄河干流生态需水研究	196
9.1	范围	196
9.2	河流生态系统特征	196
9.3	河流生态系统价值及受到的威胁	198
9.3.1	社会效益	198
9.3.2	水资源利用状况	198
9.3.3	河流生态系统受到的威胁	199
9.4	河流保护目标	205
9.5	生态需水类型	206
9.6	河道生态需水	206
9.6.1	河段功能确定	206
9.6.2	河道基本生态需水	208
9.6.3	自净需水	210
9.6.4	下游输沙需水	211

9.7	河口需水	215
9.7.1	河口三角洲湿地需水	215
9.7.2	入海需水	218
9.8	河流生态需水	219
9.8.1	河流生态需水	219
9.8.2	水资源分区需水量	221
9.9	适应性管理	223
第 10 章	辽河流域河流生态需水研究	225
10.1	流域概况	225
10.2	河流生态系统特征分析	225
10.3	河流利用情况及受到的威胁	227
10.4	河流保护目标的确定	233
10.5	生态需水类型	233
10.6	河道生态需水	233
10.6.1	水资源分区	233
10.6.2	一元水循环下生态需水计算与评价	235
10.6.3	二元水循环下生态需水计算与评价	236
10.6.4	综合评估	237
10.7	河口生态需水	238
10.7.1	入海需水	238
10.7.2	河口三角洲沼泽湿地需水	239
10.8	河流生态需水	243
10.9	保障措施	243
	参考文献	246
	后记	253

第 1 章

绪 论

1.1 研究背景

1.1.1 水资源利用现状

自文明的曙光初现至今,人类对水资源的开发利用模式有过几次大的转变。20世纪60年代以前,人类只是为了生存而自发地去利用水资源,水资源利用模式属于被动适应型。60年代后,水资源利用进入了多目标综合利用时期,水污染加剧了水资源的短缺,大多数发达国家通过流域范围内的综合利用对水资源与水污染实现统一管理,这一时期的水资源利用模式属于需求主导型。20世纪80年代开始,随着可持续发展理论的日益成熟,人类对水资源的利用也跨入了一个新的阶段,即水资源持续开发利用阶段。水资源持续开发利用与传统的水资源开发利用的区别主要表现在两个方面:①对于人类利用水资源而言,强调经济、社会和环境效益三者的对立统一;②对于被利用的水资源而言,强调保持水资源的持续利用性,即不因水资源的利用而削弱水资源系统本身的平衡或减少水资源的承载力。这一时期的水资源利用模式属于资源限制型。20世纪90年代以来,随着生态环境问题的日益恶化,随着水资源持续开发利用的发展,生态水利和环境水利的思想随之产生,人们认识到,过去那种只注重经济用水,忽略生态环境用水的做法,必将导致水资源系统本身的生态环境功能丧失,同时加剧生态环境问题的恶化。近年来,我国生态环境恶化的关键在于人类一味地追求水资源的最大经济可利用水量,忽视生态环境自身对