



松辽流域生态需水研究

SONG LIAO LIUYU SHENGTAI XUSHUI YANJIU

陈敏建 丰华丽 李和跃 等 著

211
1



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



松辽流域生态需水研究

陈敏建 丰华丽 李和跃 等 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书全面综述了国内外生态需水研究的新思想、新理论和新动向,系统地介绍了国内外生态需水研究的基本概念、理论和研究方法。在充分调研国内外相关研究成果的基础上,通过分析我国生态需水问题的复杂性和独特性,针对松辽流域生态环境的实际问题,经过多年研究实践,提出了自主创新成果。

本书的主要内容有4部分:①系统地分析评价了松辽流域水生态环境问题,提出生态水文分区,界定了该流域生态需水类型;②研究河流生态退化过程及其相应的生态需水定义,提出了河流最小生态流量、适宜生态流量和汛期生态流量分析方法以及生态水文季节和全过程生态需水;③分析湿地消退机理,研究生态水文关系,提出了湿地生态水文结构模型及其中心区和活动区生态需水计算方法;④对松辽流域生态需水开展了系统研究,分别计算了辽河区河道生态需水、松花江区河道生态需水及松辽流域湿地生态需水。

本书可作为生态学、环境科学和水资源学等学科研究者及相关专业高校师生的参考用书,也可以作为相关领域研究者、管理者和决策者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

松辽流域生态需水研究/陈敏建等著. —北京:中国水利水电出版社, 2009

ISBN 978-7-5084-6757-3

I. 松… II. 陈… III. ①松花江-流域-生态环境-需水量-研究 ②辽河流域-生态环境-需水量-研究 IV. TV21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 145638 号

书 名	松辽流域生态需水研究
作 者	陈敏建 丰华丽 李和跃 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	北京市兴怀印刷厂
规 格	170mm×240mm 16开本 8.75印张 149千字
版 次	2009年8月第1版 2009年8月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	20.00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

前 言

水是流域自然生态环境中最重要的基础资源，同时具备资源和环境的属性，是社会经济发展的基础资源和维护生态平衡的主要条件和载体，其开发利用影响到流域自然资源的整体开发和生态系统的安全保护。流域水资源规划管理的本质是在流域水土资源综合管理的统一理念下，协调资源合理利用、生态安全 and 环境保护的关系。在水资源开发利用中高度重视经济发展与生态环境的用水协调，建立人与自然和谐的关系，是我国面临的亟待解决的紧迫问题，意义重大，影响深远。

松花江流域和辽河流域（以下简称松辽流域）位于我国东北部，包括辽宁、吉林、黑龙江三省和内蒙古自治区东部四盟（市）及河北省承德市的一部分，总面积为124.89万km²。松花江流域和辽河流域是我国重要的重工业基地、重要的商品粮基地以及林牧业基地，是社会经济发达的地区之一，对我国社会经济的发展起着重要的支撑作用。由于对当地水土资源的大规模开发利用，产生了一系列的水生态环境问题，并且已经或者正在逐渐演变成全流域性的水问题。如何科学合理地进行水土资源开发利用、合理地安排社会经济和生态环境对水的需求、维护生态环境相对稳定，已成为流域规划和管理中需要解决的根本性问题。在这种背景下，松辽水利委员会组织开展了全东北地区生态需水的研究工作，本书即是该研究成果的提炼和总结。

根据水循环特点，东北地区可分为两类区域，一是松花江流域，属于降水量不大、蒸发量较低形成的不稳定湿润区域。在水土资源大规模开发利用的情况下，如遇连续枯水年，易出现大范围水生态危机，河流生态用水得不到保障。因此，河道

生态需水、湿地生态需水是该区域重点关注的问题。二是辽河流域,属于北方半干旱半湿润区,由于水资源的大规模开发利用,引发河道径流衰减和地表地下水转化关系发生逆转,以西辽河最为严峻。西辽河是松辽流域最干旱少雨地区,地带性植被生态主要为半干旱草原,在300mm降水区域存在半固定沙丘,是东北地区生态最脆弱地区。由于大规模土地灌溉,河道断流、地下水位下降,导致西辽河部分地区草原和荒漠植被均不同程度地退化。同时,水土流失比较严重,河流泥沙含量大,多年淤积导致西辽河河床高出地面。因此,辽河流域由水资源开发利用引发的生态用水问题非常复杂,存在于水循环的各个环节,其核心问题是维持河道一定程度的径流量,为此需要维持一定的地下水位。对于该区域,需要系统地研究地表水体生态需水以及生态地下水位,研究包括河道生态流量、相应地下水位相互转化的复合生态需水问题。

针对松辽流域存在的上述问题,本书从松辽流域生态水文分区评价、界定流域生态需水类型入手,通过建立多参数、全过程河流生态需水计算模型以及湿地生态水文结构模型,系统地研究了松辽流域河流及湿地生态需水。

全书共分为7章。第1章概述了国内外流域生态需水研究进展以及松辽流域生态需水研究背景,由丰华丽、陈敏建撰写。第2章系统开展与水有关的生态环境问题分析评价研究,开展松辽流域生态水文分区的研究,在此基础上评价水生态环境问题,界定了流域生态需水类型,由陈敏建、李和跃撰写。第3章根据松辽流域生态需水问题,提出相关的生态需水基本概念,建立河流和湿地的生态需水计算模型,形成了生态需水理论和方法体系,由陈敏建、丰华丽、王立群撰写。第4章、第5章和第6章对松辽流域生态需水展开系统分析计算,分别计算了辽河流域河道生态需水与生态地下水位、松花江河道生态需水、松辽流域湿地生态水文结构及其需水,由陈敏建、丰华丽(第4章、第5章)、王立群、黄昌硕(第4章、第6章)、王高旭

(第4章、第6章)撰写。第7章对松辽流域生态需水研究成果进行了归纳总结,由陈敏建、李和跃撰写。先后参加本项研究工作的还有郭芳、梁团豪、陈清勇、戴向前、苏飞、赵贤豹等人。

全书由陈敏建、丰华丽统稿,陈敏建、李和跃、丰华丽和王立群校稿。

本书研究成果得益于“十五”国家科技攻关重大项目“中国分区域生态用水标准研究”(2001BA610A-01, 2004BA610A-01)和松辽水利委员会委托支持的“松辽流域生态需水研究”课题。本书的生态需水理论和计算模型,是在充分调研国内外相关研究成果的基础上,通过分析我国生态需水问题的复杂性和独特性,经多年研究实践,提出的自主创新研究成果。课题研究得到了徐乾清院士、孙鸿烈院士、陈志恺院士、刘昌明院士、李文华院士、王浩院士等众多专家的悉心指导与热情支持,推进了本书理论与实践的探索。笔者在此表示荣幸与感激。

松辽水利委员会大力支持本研究,并将成果应用在流域规划与管理实践中。参与这项工作的每一个人都为此感到欣慰。本书的出版得到2008年度水利重点科技专著出版项目和南京水利科学院出版资金的资助,在此一并表示衷心的感谢。

生态需水研究是近几年兴起的研究领域,其理论和方法需要我们努力创新与发展。笔者在此抛砖引玉,诚恳希望与不同领域的专家学者共同探讨,敬请指正书中不足之处,笔者将不胜感激。

陈敏建

2009年5月

目 录

前言

第1章 绪论	1
1 国外生态需水研究	2
1.1 国外水生态环境主要问题	2
1.2 国外生态需水研究定位	3
1.3 国外生态需水发展历程	3
2 国内生态需水研究	9
2.1 我国水生态系统的主要问题	10
2.2 我国生态需水研究定位	11
2.3 我国生态需水研究现状	13
3 生态需水发展趋势	18
3.1 流域尺度上生态系统需水的系统性研究	18
3.2 汛期生态需水研究值得关注	18
3.3 水生生物监测是生态需水研究的重要手段	18
3.4 生态用水和经济社会用水的合理配置模式研究	18
4 松辽流域生态需水研究	19
4.1 研究背景	19
4.2 研究目标	20
4.3 研究内容	20
4.4 总体技术路线	21
第2章 松辽流域水生态环境现状与评价	22
1 松辽流域概况	22
1.1 地理位置及气候条件	22
1.2 河川径流	22
1.3 人口和社会经济	23
2 松辽流域生态水文分区评价	23
2.1 生态水文分区目的及原则	23

2.2	松辽流域生态水文分区评价	24
3	水生态环境问题	30
3.1	总体分析	30
3.2	松辽流域水文循环生态效应分析	32
第3章	生态需水基本概念和计算模型	35
1	生态水文季节和生态需水界定	36
1.1	生态水文季节	36
1.2	非汛期生态需水	36
1.3	汛期生态需水	37
2	河流生态需水模型与计算方法	37
2.1	平均河流模型	37
2.2	最小生态流量计算方法	39
2.3	适宜生态流量计算方法	40
2.4	汛期生态流量计算方法	47
3	生态地下水位计算	47
3.1	河道生态需水的支撑条件	47
3.2	生态地下水位确定准则	47
4	湿地生态水文结构理论与分析方法	48
4.1	湿地水文连接度	48
4.2	湿地消退效应	49
4.3	湿地生态水文结构	50
4.4	湿地生态水文结构计算	52
4.5	湿地生态需水计算	55
第4章	辽河流域生态需水计算	56
1	流域生态水文特性分析	56
1.1	辽河流域生态水文特性	56
1.2	计算断面选取	58
2	生态流量计算及分析	61
2.1	非汛期生态流量计算及分析	61
2.2	汛期生态流量估算	68
2.3	生态标准河流	69
3	生态地下水位分析	69

第5章 松花江流域河流生态流量计算	71
1 松花江流域生态水文特性	71
1.1 河流水系特点	71
1.2 河流控制断面	73
2 非汛期生态流量计算	74
2.1 最小生态流量计算	74
2.2 适宜生态流量计算	77
3 汛期生态流量估算	94
4 年生态需水过程分析	94
第6章 松花江流域湿地生态水文结构与生态需水	96
1 松花江流域湿地概况	96
2 典型湿地生态水文结构剖析	97
2.1 向海湿地	97
2.2 扎龙湿地	102
2.3 查干湖和卧龙湖湿地	105
3 资料不足或无资料湿地生态水文结构	106
3.1 分析方法	106
3.2 经验公式参数拟定及误差分析	106
4 湿地生态需水计算	107
4.1 向海湿地	107
4.2 扎龙湿地	108
4.3 松辽湿地生态需水总体分析	109
第7章 重要结论	112
1 关于生态需水研究的作用与定位	112
2 关于松辽流域水与生态环境问题	113
2.1 松辽流域水与生态环境问题的总体评价	113
2.2 松辽流域生态水文分区评价	114
2.3 松辽流域生态环境问题与生态需水类型	115
3 关于松辽流域生态需水	116
3.1 辽河流域生态需水	116
3.2 松花江流域生态需水	117
4 关于生态标准河流	120

附表..... 121

附表 1 辽河流域河流生态流量计算成果表 121

附表 2 松花江流域河流生态流量计算成果表 122

附表 3 松花江流域湿地生态需水计算成果表 124

参考文献 125

第1章 绪论

资源与生态环境的安全是国家综合国力的主要体现之一。随着社会经济发展和人口激增,缺水已成为全球普遍现象。由水资源开发利用引发的生态问题备受关注,将水与生态结合起来研究是发展趋势。

在我国,水资源问题已经成为生态系统健康和经济发展的限制性因素,水生态系统退化和人类对水生态系统服务功能需求不断增加构成的矛盾,使社会安全、经济安全、生态安全和水资源安全受到威胁。因此,如何解决这种矛盾,合理地安排水资源在社会经济和生态环境中的比例,维护生态环境的相对稳定,是流域规划和管理中需要解决的根本性问题,同时也是实现社会、经济、生态复合系统可持续发展的关键性问题。因此,开展生态需水研究对于水资源严重短缺的我国来说,意义重大,影响深远。

水是生命之源,是所有生物化学过程的基础。地球上的生态系统由水连接和维持,它促进了植物生长,为许多种群(包括8500种鱼类)提供了永久的生活环境,为地球上4200种两栖类和爬虫类生物提供了繁殖的场所和临时家园。这些生态系统保障了人类生存安全,它们为人类提供产品,如鱼类、植物药材和木制品等;提供了如洪水防护、水质改善等服务功能(Mike Acreman, 2004)。

20世纪,全球人口增长了4倍,达到60多亿,同期,从淡水生态系统中的引水亦增加了8倍,世界很多地区出现了水资源短缺问题(Brian D, 2003)。为了满足人类对水资源的各种需求,淡水生态系统及其生物对水的需求被大大忽视,生态后果严重。河流水文情势改变、非点源污染和生物入侵是河流生态系统受损的三大主要因素(Brian D, 2003)。当前,河流生态系统修复已成为国内外研究的热点课题。

水文过程恢复是河流生态系统恢复的重要方面。研究表明,流量是河流生态系统的控制性因子和关键性要素,它不但影响河流的物理环境,包括沉积物运动和周围环境景观的形成,而且还影响河流中动物和植物的生命过程(Petts, 1997)。河流水文情势是河流生态系统变化的主要驱动力

(Brian D, 2003), 径流管理是河流生态恢复的第一要务(董哲仁, 2007)。因此, 维持河流生态系统结构和功能的流量研究备受关注。

1987年发表的《我们的共同未来》、1991年出版的《关爱地球》及1992年发布的《21世纪议程》成为思考水和生态系统关系的转折点。这些报告的中心原则是: 人类的生存和环境息息相关, 生态学的过程保持了地球的适宜性, 为生命提供了必要的食物、空气、药品以及提高生命质量的多种物质(Mike Acreman, 2004)。生态系统应该被看成合法的水资源使用者。饮水、灌溉、工业用水是人类对水资源的直接需求, 生态、环境用水是人类对水资源的间接需求。目前, 美国、澳大利亚、南非、法国、中国等国都开展了生态需水研究工作。随着对生态环境保护的重视和对生态系统服务功能认识的深入, 各国在流域管理或环境、资源立法等方面都明确了生态系统用水的权利。由于国情不同, 水生态系统存在的主要问题不同, 国内外生态需水研究定位和方法等各具特色。

国外大多使用环境流量(enviromental flow, eflow)一词。环境流量是指在河流、湿地或河口地区用于维持生态系统结构和功能的用水过程(Dyson et al., 2003)。我国多使用生态需水、生态流量等术语。本书界定的生态需水即是为了维护以河流为核心的流域生态系统的动态平衡, 避免生态系统发生不可逆的退化所需要的临界水分条件(陈敏建等, 2006)。

1 国外生态需水研究

1.1 国外水生态环境主要问题

大坝和堤防建设、湿地围垦、河流裁弯取直、过度引水、污水直接排放等人类活动使水生生态系统的结构和功能发生改变。在水质方面, 20世纪50年代国外就开始控制水质污染, 目前点源污染问题已基本解决, 非点源污染控制和管理成为工作重点(杨桂山等, 2004; 董哲仁, 2007)。在河流流量方面, 一般最小生态流量基本能得到保证, 洪水流量受控严重, 流量坦化明显。目前通过人造洪峰、改变水库运行方式等措施使河流流态向自然化的方向趋近。在生物多样性或河流功能方面, 早期的河道渠化、河流与湿地隔断、洪泛区农业化以及流量受控等人类活动, 使生物的栖息地受到威胁, 物种数量迅速减少, 生物多样性降低, 河流功能

退化,欧洲的莱茵河和美国的密西西比河具有代表性。目前,恢复河流自然特性、提高生物多样性、增加生态系统服务功能成为国外河流管理的重要内容(The nature conservancy, 2005; 武会先等, 2005)。

1.2 国外生态需水研究定位

在过去20年,水资源日益匮乏、淡水水质恶化、河流生态系统不断退化等问题越来越受到关注。水文情势改变是造成河流生态系统退化的要因,各国纷纷采取措施保障河流流量。

1994年,澳大利亚成立了诸省水务改革框架意见委员会,呼吁各省必须为淡水生态系统分配水量。随后提出了“国家为生态系统提供水量的原则”,明确生态环境用水是法律的规定。1995年在墨累—达令河流域对引水实施“封顶”控制,限制河道外的引水量。

南非1998年修订了水法,提出在用水分配中“保留水量”的概念,此“保留水量”包括两部分:一部分是最基本的生活用水需求;一部分是河流生态系统的用水需求。这两部分用水组成的“保留水量”优先于其他用水(Sandra Postel et al., 2003)。

欧盟水框架指令制定了一套划分河流水体生态状态(很好、良好、中等、差、很差)的标准,要求各成员国在2015年前使河流生态至少达到良好状态,并防止水体生态状况恶化(EU WFD, 2000)。

目前,国外已有20多个国家,在230多个流域开展了河流流量恢复工作。一般采取改变水库运行方式、减少农业和城市用水等措施恢复河流流量。其中,澳大利亚、南非和加拿大等国以恢复河流天然流态为主要目标,美国、英国等国以恢复洪水流量(时间、历时等)、重塑自然河道、恢复岸边植被和鱼类生境等为主要目标(N. leroy poff, 1997; Sandra Postel et al., 2003)。总之,无论在理念上还是在实践中,国外河流生态需水研究大都以实现河流生态系统的完整性为根本目标。

1.3 国外生态需水发展历程

国外对生态需水(流量)研究,主要集中在河流生态系统。最初,以满足航运需求为目标开展河流流量研究;随后,由于水生生物生存环境遭受破坏,以保护水生生物为目标进行河流流量研究;近年来,由于河流生态系统整体功能的降低,以维持河流生态系统完整性为目标的河流流量研究得到迅速发展。

1.3.1 航运流量

最初,水库的建设导致河流流量减少,为了满足河流航运的需求,开展了河道枯水流量研究(Arbruster, 1976; McMahon, 1982)。这是从航运经济角度出发开展的河流流量研究。

1.3.2 保护水生生物的生态流量研究

20 世纪 40 年代,水库的建设和水资源开发利用程度的提高,导致水质恶化,鱼类和其他水生生物的生存环境和空间受到限制。因此,美国资源管理部门开始关注渔场产量减少的问题。科学家从不同学科出发,努力寻求可靠的实践方法以确保鱼类、水鸟、两栖类动物、软体动物和其他水生无脊椎动物等对河流流量的需求(Tennant, 1976)。

20 世纪五六十年代,基于生态过程,开始对河流进行量化研究。Phillipson (1954)、Wickett (1954) 和 Ambuhl (1959) 最早强调了流量作为河流生态因子的重要性。早期的大部分工作是建立流量与流速、鲑鱼、大型无脊椎动物、大型水生植物之间的关系(Fraser, 1972; Statzner, 1988)。生物对流量,特别是对流量变化的响应研究,在过去 10 年得到了巨大的发展。由 R. T. Oglesby 等编辑的《河流生态与人》一书是流量和生态学关系的标志性著作。20 世纪 70 年代后期,澳大利亚、南非、法国和加拿大等国相继比较系统地开展了鱼类生长繁殖与河流流量关系的研究。

然而,20 世纪 80 年代前,对河流流量及其水力学特征所起作用的研究相对缓慢。直到人类活动对河流强烈干扰,导致河流生态系统破坏后,生态学家才开始关注河流的能流、碳流和大型无脊椎动物的生活史(Resh, 1985)。期间,美国鱼类和野生动物保护协会对河道内流量与鱼类生长繁殖、产量的关系开展了大量研究工作。主要内容包括:根据河道物理形态、无脊椎动物和鱼类对水质的忍耐能力,提出了河流最小流量、最佳流量和最小保护流量的概念和方法,最具代表性的是美国 IFIM 方法。但其选择的物种一般是只具有商业价值的或即将灭绝的鱼种。以上都是从单一目标确定河流流量,仅仅考虑了所关心的物种对流量的需求,没有体现生态系统的完整性。该类方法有历史流量法、水力学法和生境法等。

1.3.2.1 历史流量法

历史流量法是以天然流量百分比或者在某一保证率下的流量作为河道生态流量的推荐值。历史流量法的生态目标是,推荐的最小流量(在历史

范围内的流量)能够维持现有的生命形式。洪水、生境、水质和温度等影响因子并不明确,但是这些因子被假设能够满足水生生物生存的需要(I. G. Jowett, 1997)。这类方法主要包括 Tennant 法、7Q10、流量历时曲线法(Flow Duration Curve Method),其中最具代表性的方法为 Tennant 法。

Tennant 法于 1976 年被提出来,这一方法假定河流流量是水系面积、地形学、气候、植被和土地利用等特征的综合体现,年平均天然流量的不同比例与生境质量相关。通过对观测数据的整理、统计和分析,在实验河流上得出以下结论:河宽、水深和流速等参数随流量的增加而增加,但在低流量时增加显著。平均流量的 10%、30%、60% 是生境变化的转折点,且这 3 个流量覆盖了从最小到接近最大流量的范围,能保护绝大多数河流的自然环境,具有代表性。

流量历时曲线法利用历史流量资料构建各月流量历时曲线,并提供超过不同流量的累积概率。由于水文规律本身的不确定性,且河流形态随地理带不同而出现区域差异,该法在时间和空间尺度上没有充分考虑河流生态流量的动态变化,且和生物参数不直接相关。该方法适用于未受到控制的河流,或作为其他方法的一种检验。

1.3.2.2 水力学法

水力学法与河道的多种水力形态和流量参数有关。水力几何形态由观测断面的参数,如河宽、水深、流速和湿周等决定。水力几何形态随流量发生变化的情况,可通过对不同流量的测量得到。通过断面数据、水位—流量曲线、曼宁—chezy 公式或水面坡度(water surface profile)进行预测(I. G. Jowett, 1997)。该类方法主要包括湿周法(wetted perimeter)、R2 - CROSS 法和简化水位标尺法(Simplified Staff - gage Analysis, SSA)等。其中湿周法最具有代表性。

湿周法假设保护好临界区域水生生物栖息地的湿周,对非临界区域的栖息地能够提供足够的保护。该方法利用湿周(指水面以下河床的线性长度)作为栖息地质量的判别指标,估算期望的河道内流量,需要实测河道的几何形态和流量数据。该法首先要确定湿周与流量之间的关系,这种关系可从多个渠道断面的几何形态—流量关系实测数据经验推求或从单一渠道的一组形态—流量数据中计算得出,河流流量推荐值依据湿周—流量关系图中影响点的位置来确定。

R2 - CROSS 法根据栖息地要求的水深、河宽和流速等计算河流生态需水量,其计算参数来自于实地调查。起初河流流量推荐值以年控制,后

来生物学家根据鱼类生物学需要制订了相应的标准。湿周法和 R2 - CROSS 法的共同点是, 将河流形态学参数与水文参数建立变化关系, 以转折点参数作为确定最小生态流量的依据。

SSA 法是一种简单的方法, 能够定量分析生境条件和河流流量之间的关系。这种方法的理论基础是: 断面的水位—流量关系曲线, 以及目标物种或其不同生命阶段所需要的临界生境的生态学标准。水位标尺和临界生境相关, 同时水位读数与不同的流量相对应。因此, 河流流量由特定的生境标准所决定, 例如最小水深阈值等。

水力学方法聚焦在维持河道的水量方面, 以维持河流的外观。生态目标是为了维持湿周和河流的生产面积, 通过拐点或者百分比确定。然而, 流速和水深也是重要的生态需求因子, 确定的流量只以湿周为基础, 这样可能会导致不利的水深或者流速。因此, 水力学的保护水平与生态系统状态的关系未必成立 (I. G. Jowett, 1997)。

1.3.2.3 生境法

生境法是水力学方法的扩展。两者的不同在于, 生境法依据特定生物的水力条件评价流量需求, 而水力学方法仅考虑水力学参数本身。水力模型预测整个河段 (reach) 的水深和流速, 然后与适宜生境标准进行比较, 以确定目标水生物种的适宜生境面积 (I. G. Jowett, 1997)。该类方法主要包括 IFIM (Instream Flow Incremental Methodology) 法, 可用宽度法 (The Usable Width, UW) 和加权可用宽度法 (Wighted Usable Width, WUW) 等。其中最具代表性的方法为 IFIM 法。

IFIM 法是当前最复杂, 受到广泛关注的评价生态、环境流量需求的方法之一。IFIM 法是计算河流流量广泛采用的一种方法, 为美国的 36 个州认可或采用, 其中有 24 个州优先采用 (Bovee K. D., 1982)。该方法将大量的水文、水化学调查数据与选定的水生生物种 (鱼类或无脊椎动物) 在不同生长阶段的生物学信息相结合, 采用 PHABSIM (Physical Habitat Simulation) 模型模拟流速变化和栖息地类型的关系, 评价流量增加对栖息地的影响。一般选择具有商业价值的、将要灭绝的或指示性物种对河流进行评价。对于某一个物种来说, 在其特定的生命阶段 (鱼苗、幼年的、成年的) 或者特定的活动时期 (产卵、栖息、觅食) 需要的河流条件不同, 据此可对不同流量下的物种状态进行模拟。然后, 通过建立的生境面积和流量的关系确定适宜的流量水平, 以维持所希望获得的环境目标。IFIM 法的结果通常用于评价水资源开发建设项目对下游水生栖息地

的影响。

IFIM 方法很复杂,要求相当多的时间、经费和专门技术。由于所需要的定量的生态信息缺乏,Orth 等(1982)主张在大多数情况下限制 IF-IM 方法的使用。King 和 Tharme (1994)指出,传统的 IFIM 法将其重点放在一些河流生物物种的保护上,没有考虑诸如河流规划以及包括河流两岸在内的整个河流生态系统,由此推荐的流量范围并不符合整个河流的管理要求。生境法是现代生物学观点中的主流方法,将生物信息与河流流量研究相结合,以生物为主要因子,考虑生境对河流流量的季节性变化要求,是一类非常重要的方法。但该方法仅侧重于某些特定河流生物物种的保护上,没有将整个生态系统作为整体进行模拟,即对生物完整性考虑不够。同时,该类方法对河岸植被生态需水尚无法应用。

在 UW 法中,鱼类可用宽度以占断面宽度的百分比表示。可用宽度以生命阶段需求的特定生境标准和野外数据来确定。特定的生境标准指与鱼类相关的流速或水深等,小于最小水深或大于最大流速标准时生境不可用。这种方法常用于评价产卵、孵化和生长的流量需求。

WUW 法把河流的断面分成几个不同的部分,各部分都测定宽度、平均水深和平均流速。断面中各部分的可用宽度通过流速和水深权重因子获得,这些权重因子在 0 和 1 之间变化,对各部分的可用宽度加和,最终得到该断面的加权可用宽度。采用可用宽度方法(UW)确定的可用宽度,及其与流量历时曲线的对比关系,确定河流流量的推荐值。

生境适宜曲线是生境法的生物学基础。生境适宜性被定义为生物在不同生命阶段的季节性需求。生境法比历史流量法和水力学方法更灵活,它可以评价多个物种或生命阶段利用的生境变化,以及选择流量提供给生境。然而,这意味着为了避免不同物种或生命阶段的生境需求间的冲突,需要有丰富的河流生态系统知识并明确管理的目标。

历史流量评价法很少考虑低流量的持续时间和流量的变异性。一天的低流量与持续 6 个月的低流量对生态系统的影响明显不同。从河道里引水对洪水频率和持续时间的影响很小;然而,建坝或者从自然河流中大比例引水,会显著地改变河流流量和沉积物情势。在这种情况下,由于河流形态学的改变,单一的生境方法可能不太适合。

1.3.3 维持生态系统完整性的流量研究

20 世纪 80 年代末,在世界的许多地区,水资源短缺正在成为生态系统和经济发展的限制性因素,但同时水生生态系统的各种负面影响仍在