



变化环境下流域水资源 评价方法

王浩 等 著

BIANHUA HUANJINGXIA
LIUYU SHUI ZIYUAN
PINGJIA FANGFA



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



国家自然科学基金创新研究群体基金项目 (50721006)

国家自然科学基金面上项目 (50709041)

国家自然科学基金面上项目 (50779074)

“十一五”国家科技支撑计划课题 (2006BAB06B06)

变化环境下流域水资源 评价方法

王浩 等 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

流域水资源评价是流域水资源开发利用和流域综合治理的基础性工作。近几十年来,受人类活动和气候变化双重作用,流域水资源演化规律发生了深刻改变,因此需要以新的理论指导水资源评价工作。本书从变化环境下水资源评价战略需求出发,全面阐述了变化环境下水资源评价的基础理论、评价方法和模型工具,并给出了案例研究。全书共分九章,第一章绪论,第二章水资源评价战略需求,第三章变化环境下流域水循环演化模式,第四章现代水资源评价理论,第五章基于流域二元水循环模式的现代水资源评价方法,第六章渭河流域水资源评价,第七章三川河流域水资源评价,第八章伊洛河流域水资源评价,第九章研究意义与展望。

本书既可供水资源评价、水资源规划和水资源管理以及生态保护、水土保持、农业水资源管理等相关专业的研究人员、工程技术人员、管理人员及高等院校师生参考阅读,也可作为高等学校相关专业研究生教材。

图书在版编目(CIP)数据

变化环境下流域水资源评价方法 / 王浩等著. — 北京 : 中国水利水电出版社, 2009. 12
ISBN 978-7-5084-7126-6

I. ①变… II. ①王… III. ①流域—水资源—评价
IV. ①TV211.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第243750号

书 名	变化环境下流域水资源评价方法
作 者	王浩 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
经 售	电话: (010) 68367658 (营销中心) 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	北京中科印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 10印张 237千字
版 次	2009年12月第1版 2009年12月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	38.00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

序

水资源评价作为水资源规划、开发、利用、保护和管理最为重要的基础性工作，自 20 世纪以来取得了长足的进步。目前国内外水资源评价方法的基本特征是：评价口径主要针对地表水和地下水两类径流性的水资源；评价目标主要面向静态天然水资源量；评价模式仍然采取地表水—地下水分离评价的模式，或是单一的地表水评价模式；评价手段主要依靠传统的统计方法和集总式水文模型。

水循环是地表五大物质循环中最主要的循环过程，赋存形式各异的水无所不在，且不断运动相互转化，水资源系统的精确评价本身就是一项极具挑战性的工作。随着国民经济的快速发展和人口的增长，人类社会对地球表层的水循环过程的扰动越来越强烈，现代环境下水资源的主体演变和客体需求使水资源评价理论和方法存在两方面的挑战：一是人类活动影响导致水资源演变加剧对于传统水资源评价技术方法的挑战；二是现代社会发展需求提高对于传统水资源评价技术方法的挑战。在此背景下，本书作者基于二元水循环理论，拓展了传统水资源评价方法，提出了变化环境下流域水资源的评价方法。

本书作者首先对国内外水资源评价的进展进行了深入的总结，并根据多年研究的成果，从全球和我国的水资源特点以及人类社会对水资源的实践需求出发，把握水资源发展动态，揭示了变化环境下流域水循环的二元演变模式，原创性地系统提出了变化环境下水资源评价方法体系，包括层次化评价、循环效率评价、循环效用评价以及动态评价。提出的理论和方法内容全面，层层深入，具有较强的科学性和可操作性。书中给出了几个典型流域水资源评价的实例研究，增强了著作的可读性。这些方法和成果在结合实践进一步完善的基础上，可以应用于流域水资源评价、规划与管理、农业灌溉节水、水土保持等领域的生产实践，有助于促进水资源高效利用和流域综合治理。

当然，水的问题十分复杂，水资源评价及其他水科学的发展本身是一个不断发展、不断完善的过程，本书提出的水资源评价方法是对变化环境下流域水资源评价首次成功的探索性研究。希望本书的出版能够起到抛砖引玉的

作用，有利于促进水资源学科发展百花齐放，不断提高我国在水资源评价及水资源其他领域的理论水平和应用水平，以满足新时期水资源可持续利用和流域综合治理的需要。

Handwritten signature in black ink, reading '陈光' (Chen Guang).

二〇〇九年十二月

前言

水资源匮乏以及由此引发的一系列水生态和水环境问题已成为国际普遍关注的问题，为了缓解水资源短缺产生的矛盾，合理利用有限的水资源，必须对水资源状况做出全面科学的评价。

近几十年来，在强烈人类活动和气候变化的干扰下，流域水循环发生了深刻的演变。大规模引用水造成河道干涸、地下水位急剧下降，导致地表水和地下水的转化条件发生巨大变化；大规模农田建设、城市化建设和水土保持建设，极大地改变了原有下垫面的状态，引起流域产汇流条件发生变化；受全球气候变化和区域气候变化影响，流域水循环的外在动力学条件发生巨大变化，造成极端干旱和洪涝的概率增加。流域水循环的深刻变化，造成水资源演化在机制上不同于以往任何时候。

同时，人类对水资源开发利用的深度和广度也达到前所未有的程度。20世纪60年代以来，人口爆炸和社会发展带来人类对水资源的需求急剧增加，造成全球性的“水资源危机”。世界大部分地区，特别是干旱地区，水的供应正面对越来越严重的压力。迅速恶化的缺水问题，反映了人口膨胀、地下水枯竭、浪费和污染以及人为因素造成的气候变化所带来的巨大的和日趋严重的影响。

在水资源主体演变和客体需求同时发生剧烈变化的情况下，传统水资源的评价方法难以满足需要。

为此，在国家重点基础研究（973）发展规划项目课题“黄河流域水资源演变规律与二元演化模型研究”（G1999043602）的支持下，开展了现代水资源评价方法研究，首次提出了全口径层次化水资源动态评价理论与方法，并在黄河流域进行了应用。其后，在国家自然科学基金重点项目“黄河典型流域产汇流规律研究”（50239050）、黄河水利委员会“十五”治黄重大科技项目“黄土高原三川河流域产汇流特性变化研究”（2002Z02）、“十一五”国家科技支撑计划课题“黄河水资源管理关键技术及一体化管理机制研究”（2006BAB06B06）、国家自然科学基金创新研究群体基金项目“流域水循环模拟与调控”（50721006）、国家自然科学基金面上项目“黄土高原水沙过程尺

度效应与模拟”(50709041)以及国家自然科学基金面上项目“黄土高原流域水文生态过程相互作用机制与耦合模拟”(50779074)的支持下,进一步对流域水循环二元演化模式、水资源循环效率评价、水资源循环效用评价、水资源动态评价理论体系及在黄河典型流域的应用开展了深入研究。

本书在上述项目支撑下,对变化环境下流域水资源评价阶段性成果进行总结梳理,全书内容共分九章:第一章绪论,介绍国内外有关水资源评价的研究进展;第二章水资源评价战略需求,从水资源主体演化和人类对水资源的客体需求两方面出发,提出水资源评价的战略意义;第三章变化环境下流域水循环演化模式,以系统论为基础,深刻描述流域二元水循环模式及二元水循环系统模拟方法;第四章现代水资源评价理论,针对现行水资源评价方法的不足,提出水资源评价准则及层次化评价、循环效率评价、循环效用评价以及动态评价理论体系;第五章基于流域二元水循环模式的现代水资源评价方法,提出流域二元水循环模型构建方法及基于流域二元水循环模式的现代水资源评价方法;第六章渭河流域水资源评价;第七章三川河流域水资源评价;第八章伊洛河流域水资源评价,分别以黄河具有二元特性的典型支流渭河、三川河和伊洛河为研究区,应用本书提出的新的水资源评价方法,对流域水资源进行全面评价,并揭示各典型流域水资源的演变规律;第九章研究意义与展望,阐述本书成果的研究意义以及后续研究方向。

本书撰稿人如下:

第一章由王浩、杨贵羽撰写,秦大庸校核;

第二章由仇亚琴、秦大庸撰写,杨贵羽校核;

第三章由周祖昊、王浩撰写,秦大庸校核;

第四章由王建华、仇亚琴撰写,王浩校核;

第五章由周祖昊、贾仰文、仇亚琴撰写,杨贵羽校核;

第六章由周祖昊撰写,贾仰文、仇亚琴校核;

第七章由杨贵羽、仇亚琴、周祖昊撰写,秦大庸校核;

第八章由仇亚琴、贾仰文撰写,杨贵羽校核;

第九章由王浩、仇亚琴撰写,周祖昊校核。

全书由王浩、周祖昊统稿。

本书主要成果来自作者完成的项目报告或者博士后工作报告、博士论文。在研究过程中,受到中国水利水电科学研究院水资源研究所同仁的大力支持与帮助,在此表示衷心感谢。感谢在成书过程中,胡鹏、周娜、崔小红、曹铮、孙少晨、王喜峰、贺华翔等同事和研究生的认真校稿,孙少晨还为本书

绘制了部分插图。向所有支持本书出版的单位及个人一并表示感谢。

鸣谢“水利水电重点科技专著出版资助项目”的资助！

由于作者水平有限，对变化环境下水资源演化机制及水资源评价理论研究不够深入，所提出的理论方法不尽完善，加之时间仓促，难免挂一漏万，欢迎广大读者批评指正。

作者

二〇〇九年十二月于北京

目 录

序

前言

第一章 绪论	1
第一节 水资源评价国内研究进展	1
第二节 水资源评价国外研究进展	3
第三节 水资源评价存在问题	4
第四节 本书研究目标和主要研究内容	4
第二章 水资源评价战略需求	6
第一节 水资源概况和演化趋势	6
第二节 水资源开发利用概况与变化趋势	7
第三节 水资源及其开发利用中存在的问题	7
第四节 水资源评价战略需求分析	9
第三章 变化环境下流域水循环演化模式	12
第一节 水循环思想发展.....	12
第二节 流域“自然”一元水循环演化模式	16
第三节 流域“自然—人工”二元水循环演化模式	21
第四节 二元水循环系统模拟方法	27
第四章 现代水资源评价理论	30
第一节 国内外水资源评价内容与方法	30
第二节 现代水资源评价方法的拓展	37
第三节 层次化水资源评价.....	42
第四节 水资源循环效用及其评价	46
第五节 水资源循环效率界定及评价	49
第六节 水资源动态评价.....	50
第五章 基于流域二元水循环模式的现代水资源评价方法	53
第一节 现代水资源评价方法论	53
第二节 流域水文模型发展.....	55
第三节 流域二元水循环模型	57
第四节 基于流域二元水循环模型的水资源评价	61

第六章 渭河流域水资源评价	66
第一节 渭河流域二元水循环过程模拟	66
第二节 现状条件下渭河流域水资源评价	73
第三节 变化环境下渭河流域水资源演变规律分析	78
第四节 小结	88
第七章 三川河流域水资源评价	90
第一节 三川河流域二元水循环过程模拟	90
第二节 现状条件下三川河流域水资源评价	92
第三节 变化环境下三川河流域水资源演变规律分析	94
第四节 小结	101
第八章 伊洛河流域水资源评价	103
第一节 伊洛河流域二元水循环过程模拟	103
第二节 现状条件下伊洛河流域水资源评价	121
第三节 变化环境下伊洛河流域水资源演化机制研究	130
第四节 小结	139
第九章 研究意义与展望	140
第一节 研究意义	140
第二节 研究展望	141
参考文献	143

第一章 绪 论

水是人类生存的基础资源，也是国民经济发展重要的战略资源。然而，随着人类活动强度的加剧，水资源短缺已经成为全球性的问题。加之近年来全球气候变暖，水资源短缺的问题日益严峻，同时引发了一系列与水相关的生态环境问题。就以中华民族的母亲河——黄河为例，经过人类长期的开发利用，流域水资源严重短缺的情况日益凸显，加上水土流失严重、污染排放加重，造成河道淤积、生态退化、水环境恶化，以“水少、水浑、水脏”闻名于世。要从根本上解决流域开发过程中产生的一系列水问题，立足于“自然—社会”二元水循环过程，开展流域水资源评价，全面科学剖析流域的水资源状况，摸清水资源家底，显得尤为重要。

水资源评价工作是现代水文水资源科学的重要组成，是水资源规划、水资源开发利用以及水资源保护和管理的基礎工作。其内容一般包括水资源数量评价、水资源质量评价和水资源利用评价及综合评价，要求在客观、科学、系统和实用的基础上，遵循地表水与地下水统一评价、水量水质统一评价、水资源利用和保护统一评价等原则。对于一个具体区域来说，核心是要研究计算大气降水、地表水、地下水、污水及过境或外调水等五块水，调查分析工业用水、农业用水、生活用水、环境用水和生态用水等五种需求。一个区域中只有实现五块水与五种需求的协调平衡，才可能实现水资源的可持续利用，保障社会经济的可持续发展。但是，不同的国家，由于其水资源状况和经济发展水平的不同，使得水资源评价工作的起步和内容都不完全相同。

第一节 水资源评价国内研究进展

由于水资源不仅是一切生物赖以生存和发展的基本条件，也是人类生产生活不可或缺的重要资源。随着气候变化加剧、人口增长和经济发展，全球水资源匮乏的状况日益严重，地区性水危机已凸现。为解决全球水资源短缺的紧张态势，世界各国政府以及联合国均投入大量的人力物力进行了相关水资源的研究，我国也不例外。由于我国是一个水资源不丰富的国家，且具有降水时空分布不均、雨热不同期和天然来水与作物需水不相匹配等特征，进一步加剧了区域水资源的不足，也引发了大量与水相关的生态、环境问题。为解决日益严峻的水资源问题，我国政府从20世纪60年代就开始了有关水资源的研究。

自20世纪60年代以来，科技部先后在“六五”、“七五”、“八五”和“九五”期间设置四期国家重点科技攻关项目，对流域水资源展开了大量研究。在“六五”、“七五”国家重点科技攻关项目“华北地区水资源评价及开发利用”中，提出了水资源评价方法，对华北