

【管理学学术前沿书系】

WATER RESOURCE CIRCULAR ECONOMY
MANAGEMENT STUDY AND CASE BASED
ON THE THEORY OF "YI"

基于“易”理论的水资源循环经济管理 研究与实例

周 宾◎著

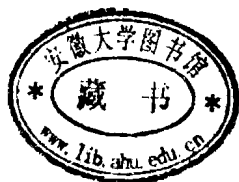


古今中外，人们对水的认识和对水资源的开发、利用与管理经历了无数曲折，人类文明发展至今，对水资源的依赖程度愈发凸显。如何将华夏“易学”思想和现代科学研究方法有机结合，如何更加科学、合理、有序、持续地管理水资源，支撑现代经济社会发展，将是本书阐述的出发点和落脚点……

【管理学学术前沿书系】

基于“易”理论的 水资源循环经济管理 研究与实例

周 宾◎著



图书在版编目 (CIP) 数据

基于“易”理论的水资源循环经济管理研究与实例 /
周宾著. —北京: 经济日报出版社, 2013. 3
ISBN 978 - 7 - 80257 - 497 - 7

I. ①基… II. ①周… III. ①水资源 - 资源经济 - 经
济管理 - 研究 IV. ①F407. 9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 015630 号

基于“易”理论的水资源循环经济管理研究与实例

作 者	周 宾
责任编辑	陈礼滢
责任校对	刘雅溪
出版发行	经济日报出版社
地 址	北京市西城区右安门内大街 65 号 (邮政编码: 100054)
电 话	010 - 63567960 (编辑部) 63567687 (邮购部) 010 - 63516956 63559665 83558469 (发行部)
网 址	www. edpbook. com. cn
E - mail	edpbook@126. com
经 销	全国新华书店
印 刷	北京高岭印刷有限公司
开 本	710 × 1000 毫米 1/16
印 张	16
字 数	250 千字
版 次	2013 年 3 月第 1 版
印 次	2013 年 3 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978 - 7 - 80257 - 497 - 7
定 价	38.00 元

版权所有 盗版必究 印装有误 负责调换

前 言

本书依托实际研究课题，在长期研究中，对水资源、水资源系统、水资源调用、配置、保护与管理等方面相关既有成果的分析，经历了一个长期的反复思考研究过程后，将“易学”等理论系统整合、有机融合为一体，作为水资源系统调控管理的理论基石，同时又超越和演绎之；实证部分的研究是依托理论的指导，同时与理论研究相互反馈。对研究区水资源的调用管理的现状的研究是实证部分的基础，在此之上，对研究区水资源的调用管理进行系统动力学仿真，并根据水资源循环经济管理的理念应用于案例之中。

理论方法篇，基于对“易学”哲学思想、二元水循环、熵与耗散结构、可持续发展、生命周期管理、生态经济与循环经济、环境风险管理、生态水利建设与河流健康维护八种理论进行了原型的解析，通过系统整合和有机融合后，构建而成水资源系统“易”理论。通过对该理论的基本原理推演后认为：水资源系统是嵌套在人类经济社会与人工环境耦合而成的生态经济系统和系统外的自然生态环境之间的一个具有流动性、开放性、时空演替和周期循环的复杂系统，其在四维时空中的运动符合水资源“易”理论的运行原理。从生命周期的角度分析，水资源的使用价值具有周期性，在一个周期内，其使用价值随着人化程度的不同而有所差异；基于对水资源系统“易”理论演绎后，可将水资源分为新鲜水资源、过程水资源、边缘水资源、虚拟水资源，前三者为实体水、后者为虚拟水。并且，水资源系统具有相互制约、对立统一；相互交织、耦合关联；相互转化、循环再生；相互协调、和谐共生等特点。

系统模拟篇，通过对研究区水资源调用情势的分析，概述了水资源调出区（即，调水区）和水资源受益区（即，受水区）各自水资源禀赋和开发利用情况；同时，也展现了按照地区和用水部门的不同，引洮工程水资源配置的初步方案，并且，对受水区主要地区进行了相关的环境负荷分析。依据对研究区的分析，确定以安定区作为本研究仿真实证的典型区域。基于“易”理论分别就水资源的盈亏平衡和水环境风险调控两个方面，对安定区的水资源系统构建SD模型。这两方面既相对独立又相互关联，经过调试模拟后，得到预测期内的安定区水资源盈亏演变情况和水环境风险对水资源盈亏的影响程度。最后，基于理论研

究和仿真实证的结果，建立水资源系统调控管理的总体框架和基本思路，就循环经济型水资源综合利用和系统的环境改善与风险防控两个重点环节分别提出了针对性的管理策略，而后初步设计出了相应的水资源系统管理 GIS 基础平台，从而使本研究对研究区水资源系统管理框架的设计更加具体实际意义和应用价值。

总之，本研究始终将“易学”的思想理论作为统领整个研究的红线，用系统动力学方法，对研究区典型水资源系统进行了模拟与分析，为研究区今后更好地整合各种水资源，科学、有序、合理、安全地利用之，展示了整个水资源系统未来的运行态势；并通过提出相应的调控管理策略，为今后能够更加有效地确保研究区水资源系统健康、稳定、可持续运行指明了行动方向和具体措施；同时，设计了水资源系统管理 GIS 基础平台，为实现水资源现代化、动态化、实时化、精细化、定量化管理提供了技术保障。本研究成果中的水资源系统“易”理论的构建为国内外水资源系统的相关研究提供了全新的研究思路和视角；实证研究的成果为确保研究区在引洮工程全线通水后，其水资源的“取、调、用、排”之间的做到动态均衡、持续协调、有序公平和对水资源系统安全稳定、可持续健康管理提供了重要的科学参考和技术支撑。

应用实例篇，将河南省洛阳 LYC 轴承集团有限公司工业废水处理站、甘肃省庆阳市华池县农村地区、甘肃省张掖市分别作为水资源循环经济管理实例，依次就工业水资源的循环利用、农村水资源保护与污水处理、城市区域水资源统一管理进行了典型剖析应用，将理论研究的思想精髓应用到实践之中，为农业、工业和整个城市水资源的科学、合理、有序开采、调配、利用、处理等环节的实践提供参考例证。

纵观全书，主要内容分为三篇：理论方法篇、系统模拟篇、应用实例篇，每篇各三章，各有侧重。

理论方法篇，通过对水资源相关理论文献的研究，基于国内外相关的哲学思想和管理理论，创建水资源“易”理论，并对其运行的原理进行解构；

系统模拟篇，依托引洮工程实例，根据对研究区水资源利用现状的分析，运用 SD 建模并仿真，模拟未来研究区水资源供需情景，并提出借助 GIS 平台的水资源系统管理对策；

应用实例篇，依次将工业水资源循环利用、农业水资源保护与污水处理、区域水资源统一管理案例做以展现，突出理论与实践呼应。

本书的编撰是作者历经十余年的理论学习、研究与实践的总结。本书的出版得到了我的博士生导师陈兴鹏教授的支持和鼓励，也得到了甘肃省张掖市发改委、甘肃省水利水电勘测设计研究院、甘肃省引洮水利水电开发有限责任公司、甘肃

省引洮工程建设管理局、甘肃省庆阳市华池县环境保护局、洛阳 LYC 轴承集团有限公司等单位的支持和鼓励，也得到了国家自然科学基金（40871061）、“引洮工程对区域生态与环境影响的研究”等项目的资助。同时，本书的出版也到了陕西省社会科学院、西北大学的大力支持。此外，经济日报出版社对本书的出版也提供了积极帮助。谨此，作者一并向他们表示感谢！

身处当今国内“学术乏力”和“科研浮躁”的环境，作者编撰本书深感压力和责任重大，书中研究成果都是作者亲力而为。但毕竟作者学术水平、研究时间及工作经验有限，书中不足之处在所难免，恳请读者予以斧正！

2012 年 12 月
陕西西安
周宾

目录

CONTENTS

前言

第一章 绪论	001
第一节 基本概念梳理	001
一、水	001
二、水环境	001
三、水资源	001
四、生态经济系统	003
五、水资源系统	003
第二节 篇章体系与工作路线	004
一、篇章体系结构	004
二、科研工作路线	006
第三节 研究意义、技术方法与创新之处	008
一、研究意义	008
二、技术方法	008
三、创新之处	008

上篇【理论方法篇】

第二章 水资源调用管理的相关文献综述	012
第一节 水资源调用管理工程实践	012
一、世界水资源特点与国外水资源调用管理实践	012
二、我国水资源特点与水资源调用管理实践	015
第二节 水资源调用管理方面的既有理论研究	016
一、水资源价值、水资源承载力与水资源系统	017

二、水资源优化配置、管理与安全	021
第三节 本章小结	027
第三章 水资源系统“易”理论的原型	029
第一节 理论原型解析	029
一、“易学”哲学思想	029
二、二元水循环机理	032
三、系统（熵与耗散结构）理论	032
四、可持续发展理论	035
五、生命周期管理理论	036
六、生态经济与循环经济理论	036
七、环境风险管理理论	038
八、生态水利建设与河流健康维护理论	039
第二节 基本理论构建	041
第三节 本章小结	043
第四章 水资源系统“易”理论的经济原理与研究方法	044
第一节 基于“易”理论的水资源系统运动原理推演	044
一、系统内水资源配置静态分析	044
二、系统间相互作用熵的周期演化阐释	045
三、系统间相互作用关系的向量投影剖析	046
四、系统整体四维时空动态演化图景	047
第二节 基于“易”理论的水资源价值的生命周期	050
第三节 基于“易”理论的水资源的分类与分质	053
一、水资源的分类	053
二、水资源的分质利用	054
第四节 基于“易”理论的水资源系统运行特点	056
一、相互制约，对立统一	056
二、相互对称，动态均衡	057
三、相互交织，耦合关联	057
四、相互转化，循环再生	057
五、相互协调，和谐共生	057
第五节 现代水资源利用与管理的评价方法	058

一、模糊综合评价法	058
二、层次分析法	060
三、投影寻踪评价模型	064
四、Shepard 插值模型	065
第六节 现代水资源系统 SD 建模工具	066
一、SD 的创建与机理	066
二、SD 的发展历程	067
三、SD 的主要特点	068
四、SD 建模的基本原理	068
五、SD 建模的主流软件	071
第七节 现代水资源管理 GIS 开发工具	073
一、水资源管理 GIS 开发基本原则	073
二、水资源管理 GIS 开发特点	074
三、水资源 GIS 系统架构设计	075
四、水资源 GIS 开发的工具	077
第八节 本章小结	078

中篇【系统模拟篇】

第五章 研究背景与区域水资源调用情势分析	080
第一节 研究区水资源及其利用情况	080
一、甘肃省水资源及其利用特点	080
二、洮河流域水资源概况	081
三、洮河水资源开发利用潜力与引洮历程	087
四、引洮工程受水区水资源利用概况	095
五、水资源平衡分析与外调水资源配置	103
第二节 研究主题的确定	107
第三节 研究的地理范围	107
第四节 基础资料的来源	108
第五节 本章小结	109
第六章 区域典型水资源系统“易”理论 SD 建模仿真	110
第一节 安定区水资源系统 SD 模型构建	110
一、研究对象与基础数据来源	110

二、模型的系统边界与框架结构	111
三、模型的系统反馈回路	113
四、模型的参数变量与方程	114
五、模型的系统流图与运行结果	114
第二节 安定区水资源系统 SD 模型仿真	117
一、水资源盈亏平衡模块	117
二、水环境风险调控模块	127
第三节 本章小结	134
第七章 基于“易”理论的研究区水资源系统管理框架设计	136
第一节 研究区水资源系统调控管理策略	136
一、水资源系统调控管理的总体框架	136
二、水资源系统调控管理的基本思路	137
三、水资源系统调控管理的重点环节	138
四、水资源系统调控管理的政策措施	145
第二节 研究区水资源系统管理 GIS 基础平台	147
一、水资源系统管理的 GIS 主要数据库	147
二、水资源系统管理的 GIS 图形交互窗口	148
三、水资源系统管理的 GIS 基础平台主要功能	150
第三节 本章小结	153
下篇【应用实例篇】	
第八章 工业水资源循环经济管理实例	156
第一节 企业层面循环经济（清洁生产）基本原理	156
一、传统资源利用模式	156
二、清洁生产模式	157
第二节 工业企业水资源循环经济系统优化决策	158
一、水资源换利用工程概况	158
二、系统存在的问题	161
三、问题与对策分析	162
四、量化目标及其效果白化值	162
五、计算不同目标的局势效果测度	163

六、计算综合效果测度, 将多目标决策问题化为单目标决策问题	164
七、按最佳效果, 选择最佳局势进行决策	164
八、决策结论	165
第九章 农村水资源循环经济管理实例	166
第一节 农村水资源利用与保护现状	166
一、集中式供水水源地环境现状	166
二、分散式供水水源地环境现状	168
三、生活污水收集与处理现状	168
第二节 农村水资源循环经济管理要点	171
一、饮用水水源地的供水安全管理要点	171
二、农村生活污水收集与处理要点	171
第三节 农村水资源循环经济管理措施	174
一、饮用水水源地的供水安全管理措施	174
二、农村生活污水收集与治理措施	179
第十章 城市水资源循环经济管理实例	183
第一节 城市水资源现状分析	183
一、水资源概况	183
二、用水现状分析	185
第二节 城市水资源循环经济管理指针	188
一、总体思路	188
二、基本原则	188
三、主要目标	189
第三节 城市水资源循环经济管理主要内容	190
一、水资源的统一管理	190
二、水资源的保护与采购	197
三、水资源的循环经济利用	200
第十一章 结语	209
第一节 主要结论	209
一、理论研究结论	209

二、系统模拟结果	210
三、应用实例总结	211
第二节 策略建议	211
一、水资源循环经济利用策略	212
二、环境改善与风险防控策略	212
第三节 研究展望	212
参考文献	214
附图、附录	227
附图 1 水资源系统 SD 模型仿真运行界面（Ⅰ）——（水资源盈亏平衡部分）	228
附图 2 水资源系统 SD 模型仿真运行界面（Ⅱ）——（水环境风险调控部分）	229
附录 本研究 SD 仿真模型中的参数方程与有关说明	230
后记	241

第一章 绪 论

第一节 基本概念梳理

一、水

水作为一种地球上形成的天然产物，同时也作为一种自然资源和环境要素，与土壤、岩石、大气、生物等共同构成了地球五大圈层。通常水由氢和氧两种元素组成，在地球上广泛分布于海洋、江河、溪泉、湖泊、沼泽、冰川、雪山、大气、土壤、岩石、生物体中，主要以液、固、气三态以及临界态形式存在并在一定条件下相互转换。水是地球上绝大多数生命体赖以生存的基础。

二、水环境

从环境科学角度讲，将“环境”视为以人为中心的与其关系关联的周围事物的总和。水环境是指以水为载体的水体中生命物质与非生命物质构成的体系。通常水环境包括诸如河流、沼泽、自然和人工湖库、地下水、冰川、海洋等包含在水体中的悬浮物、溶解物、底泥。甚至还包括水生生物和微生物，甚至与水体本身密切关联的周边一定范围内的陆域。从环境角度研究，水的结构、特性和水体循环运动对人类生活及环境有重大作用和影响，一些污染物质在水中的迁移、转化、降解与整个水环境密切联系。污染物由水中转向底泥的过程视为为水的自净过程，但从整个水环境看，这种转移却可能使该水体成为次生污染源，在一定条件下污染物又会释放出来。

三、水资源

水资源一词由来已久，但对其内涵的明确，因不同视角和不同功用而各异。

归结起来主要由于：(1) 其多样化的表现形态（如固态、液态、气态、临界态等）；(2) 形成或汇集的不同途径（如水汽凝结、地表径流、地下径流、冰雪融水等）；(3) 水对社会的发展形成的基本约束（如对土地的生产力、工业生产因子、能源资源以及人类的健康的的影响）；(4) 水资源的开发利用所受诸多制约因素（受自然因素、社会因素、经济因素、环境因素的影响）；(5) 水作为研究对象涉及的不同学科门类（如数学、物理学、化学、生物学、地学、气象学、水文学、地质学、环境学、经济学、社会学等）。对水资源的几种权威的说法有：

- ◇ 1894 年，美国地质调查局（USGS）水资源处的主要职责是观测地表河川径流与地下水。这里，“水资源”仅涉及陆地表面的地表水和地下水。
- ◇ K. P. Kalinin 为英国大百科全书撰写的词条“水资源”解释为：“水资源是自然界一切形态的水，包括气态、液态和固态形式的水”。
- ◇ 1977 年，联合国教科文组织（UNESCO）提出的建议：“将水资源定义为，可资利用或可能被利用的水源”。
- ◇ 《中华人民共和国水法》中定义水资源，包括地表水和地下水。
- ◇ 《中国大百科全书》中，1987 年叶永毅撰写的词条中，水资源被定义为“地球表层可供人类利用的水，包括水量（水质）、水域和水能资源，一般指每年可更新的水量资源”。
- ◇ 《中国大百科全书》（水利卷），1992 年，陈志恺撰写的词条中，水资源被视作“自然界各种形态（气态、固态或液态）的天然水，并将可供人类利用的水资源作为供评价的水资源”。

当今国内外对水资源的定义在不断丰富，通常我们理解的水资源更侧重于水量、水能的开发和利用，而将水环境作为单独地一方面进行研究考虑和实际的管理。姜文来等人的研究注意到了水资源不仅仅包括上述，还应包括水质资源，实际的人们对水资源的开发利用会出现，诸如：

- ◇ 对水资源缺乏统一的调用管理而造成的人为条件下的水资源短缺；
- ◇ 对水环境主要从被动地污染治理的角度考虑，而缺乏统一的管理，产生了如，上游的水用户仅关注水的利用，其利用后的污染和影响未作有效的考虑，下游用户要对水污染和不良影响的消除做出必要的环保投入；
- ◇ 水资源的开发利用中产生的其他一些次生环境问题（水库建设周边生态环境的影响、水库调蓄水生动植物的变化、调水工程受水区用水量变化对辖区水体环境的影响等）。

水资源定义的内涵不断充实，外延也随着人们的理论研究与实践认识不断拓展。这里研究认为，当环境中的水被视为影响人类生存、生活、生产的活动范畴

内,并能够为人们经济社会发展需要和加以利用之后,即被认为是水资源;其不仅仅包括水量、水能、水质,还应考虑包括水体中的动植物、微生物和无机环境,涉及包括水体本身和水体周边一定范围内,在水的开发利用时可能产生影响的其他环境要素。

四、生态经济系统

生态经济系统,也称为,自然-人工生态经济复合系统或生态经济复合系统。其是以人类为中心,与之活动密切关联的自然生态环境系统与人工生态经济社会系统相互交错与叠加、相互作用与影响,物质、能量、信息、价值等随时间的推移不断流动、交换、转化、演替的复杂的巨系统。人工生态经济社会系统是依托于自然生态环境系统随着人类社会的发展不断构建和完善的衍生的子系统,在现阶段,因人类生活的需要,人工经济社会系统中包含一部分原先自然生态环境系统经过人工改造后的人工生态环境。

因此,目前的对生态经济系统的研究主要针对的是包含人工生态环境、经济、社会、人口等要素在内,甚至包括已纳入人类研究范围内的人工-自然复合系统。

Q (生态经济系统)是关于 R (自然资源), E_n (生态环境), P (人口)、 S (社会)、 E_c (经济)的随时间 t 累积变化的函数,可表达为:

$$Q = \int_{t_0}^t F(R, E_n, P, S, E_c) dt$$

通过物质流动、能量转化和信息交换,将系统中各要素有机地联系起来。

五、水资源系统

水资源系统是以水资源开发、利用、保护为主的贯穿于生态经济系统中的动态、开放、有序的系统(图1-1)。水资源利用活动包括围绕水资源开发、利用和管理而展开的行为,可分为直接和间接两种:直接方面包括直接调节、控制和利用水资源的活动;间接方面指对水资源的特性与运动产生影响的活动。

水资源系统具有整体性、多相性、多维性、层次性、协同性、有序性、地域性、开放性、动态性、周期循环性等特点。其除具有通过自然界水文循环获得的可再生和更新补充功能外,更由于其气态和液态时在势能的推动下具有较大的流动性,从而连成一个整体,以致在一个点的扰动会影响周围和其下游。水资源系统的这种流动性导致了其在自然生态环境和人类经济社会系统之间的不断流动,在人类经济社会系统内,经济社会发展、城乡居民生活、人工生态环境之间也会

不断地流动和转化，完成系统之间和系统内部各子系统之间的物质和能量的传递与转换，同时也承载着相关的信息和价值的交换。

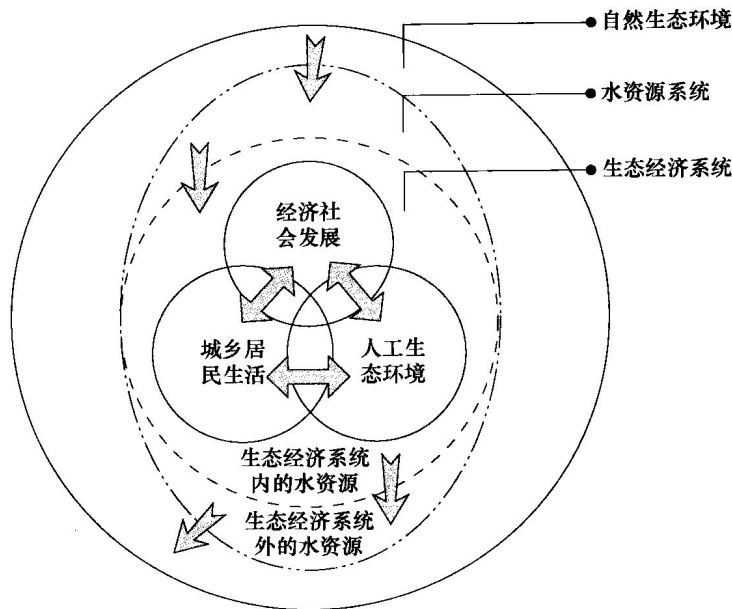


图 1-1 水资源系统与生态经济系统和外界环境之间的关系示意图

由此可看出，正因为水资源系统的复杂性，对水资源系统进行系统理论与实证研究，推动水资源在生态经济系统内的科学、合理利用与管理非常必要。

第二节 篇章体系与工作路线

一、篇章体系结构

本研究将对水资源循环经济利用与管理进行系统分析，具体的研究体系结构包括十一章（图 1-2），其中，主要内容分为上、中、下三篇（共九章）。各篇内容具体如下：

◇ 上篇——理论方法篇，包括：

第二章 水资源调用管理的相关文献综述，主要概述了国内外和甘肃省的水资源特点及水资源调用管理具体的工程实践情况，并对当前与水资源调用管理相关研究进行了归纳，找出尚待研究的空白之处，基于作者知识背景，提出本文中

理论研究的主要方向和重点。

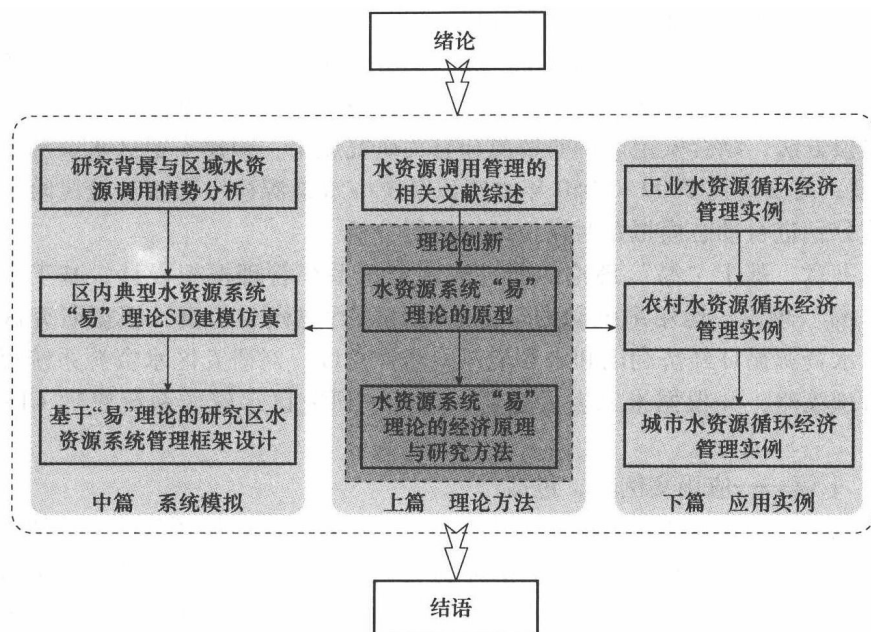


图 1-2 篇章体系结构图

第三章 水资源系统“易”理论的原型，基于前期研究，筛选出并对“易学”哲学思想、二元水循环机理、系统（熵与耗散结构）理论、可持续发展理论、生命周期管理理论、生态经济与循环经济理论、环境风险管理理论、生态水利建设与河流健康维护理论等八种理论进行原型解析，提炼出其中的精髓，通过系统整合和有机融合，构建水资源系统“易”理论。

第四章 水资源系统“易”理论的经济原理与研究方法，首先从整体的时空四维视角对水资源系统的运行进行了图景展示和原理推演；对水资源系统与经济社会系统和自然生态环境之间相互作用关系通过向量投影进行剖析；对三者之间的熵的周期演化进行了阐释；还对水资源的使用价值从生命周期角度进行了分析，以及水资源稀缺的二重属性和水资源供需的市场机制与均衡分析；基于水资源“易”理论，给出了水资源的分类和诠释了水资源系统的运行特点；最后对水资源利用与管理的现代技术方法进行概述。

◇ 中篇——系统模拟篇，包括：

第五章 研究背景与区域水资源调用情势分析，以引洮工程为例，根据有关资料，分别对引洮工程研究区内的调水区和受水区的水资源数量和质量 and 开发利