



中国水制度研究

ZHONGGUO SHUIZHIDU YANJIU

(下)

沈满洪 谢慧明 李玉文 等著



人民出版社

中国水制度研究

ZHONGGUO SHUIZHIDU YANJIU

(下)

沈满洪 谢慧明 李玉文 等著



人民出版社

责任编辑:吴焰东

封面设计:肖 辉 姚 菲

图书在版编目(CIP)数据

中国水制度研究/沈满洪 谢慧明 李玉文 等著. —北京:人民出版社,
2017.7

ISBN 978-7-01-017460-0

I. ①中… II. ①沈… III. ①水资源-经济制度-研究-中国 IV. ①TV213

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 050401 号

中国水制度研究

ZHONGGUO SHUI ZHIDU YANJIU

沈满洪 谢慧明 李玉文 等 著

人民出版社 出版发行

(100706 北京市东城区隆福寺街 99 号)

北京盛通印刷股份有限公司印刷 新华书店经销

2017 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月北京第 1 次印刷

开本:710 毫米×1000 毫米 1/16 印张:56.75

字数:810 千字

ISBN 978-7-01-017460-0 定价:180.00 元(上、下)

邮购地址 100706 北京市东城区隆福寺街 99 号

人民东方图书销售中心 电话 (010)65250042 65289539

版权所有·侵权必究

凡购买本社图书,如有印制质量问题,我社负责调换。

服务电话:(010)65250042

作者简介

沈满洪，男，1963 年出生，浙江省东阳市人，经济学博士、教授、博导，宁波大学校长，浙江省生态经济促进会会长，中国生态经济学学会副理事长，教育部“新世纪优秀人才支持计划”入选者，浙江省有突出贡献的中青年专家，浙江省“新世纪 151 人才”第一层次及重点资助人员，浙江省重点创新团队——生态经济研究团队带头人，浙江省哲学社会科学重点研究基地——浙江省生态文明研究中心首席专家。主要从事资源与环境经济学研究，主持国家社科基金重大招标项目等各类课题 60 多项，在《经济研究》等期刊发表学术论文 200 多篇，出版《水权交易制度研究》等专著 20 余部，获得省部级科研成果奖 14 项，其中，一等奖 2 项、二等奖 5 项。



本书出版得到国家社科基金重大项目（项目编号14ZDA071）支持

作者简介



谢慧明，男，1983 年出生，浙江省临海市人，经济学博士，硕士生导师，浙江理工大学经济管理学院副教授，中国生态经济学会理事兼副秘书长。主要从事资源与环境经济学、旅游经济学等方面的研究。主持国家社科青年项目 1 项、国家社科基金重大招标项目子课题 2 项、各类省部级项目等 7 项。在 *Energy Policy*、*Journal of Cleaner Production*、*Water Policy* 等 SSCI/SCI 发表论文 20 余篇，在《浙江日报》等发表理论文章 3 篇。



李玉文，女，1979 年出生，山东省成武县人，浙江财经大学公共管理学院副教授，浙江省“新世纪 151 人才”。主要从事生态经济学、水资源管理等方面的研究。主持国家自然科学基金 1 项、国家社科基金重大招标项目子课题 1 项、教育部等省部级项目 6 项。在《中国工业经济》《系统理论工程与实践》等学术期刊上公开发表学术论文 20 余篇。

责任编辑：吴熠东

封面设计：肖辉 姚菲

第四篇 仿真模拟篇

——基于系统动力学方法的水制度耦合生态经济效应仿真研究

制度仿真是决策科学化的重要方法。早期的水资源和水环境政策往往是直接根据感性判断出台政策，现行的水资源和水环境政策往往是基于理论研究直接制定政策，未来的水资源和水环境政策应该是先理论研究、再仿真模拟、最后才确定政策。如果没有仿真模拟研究而出台的政策，可能会出现方向性错误或政策强度上的偏差。因此，本篇在分析水资源开发过程的基础上，引入系统动力学方法，构建水制度耦合机制下水资源系统动力学（SD）模型，来分析水资源制度的生态经济效应。将我国划分为三种类型区域（少水地区、多水地区和中间地区），进行五种水制度（水资源有偿使用制度、水权交易制度、水污染权交易制度、水生态保护补偿制度、水环境损害赔偿制度）的耦合制度仿真实证研究，在此基础上提出我国水资源制度设计和改革对策，为制定更符合我国区域现实的水制度提供科学参考，有助于健全我国水资源有偿使用和生态补偿制度。

本篇以我国水制度耦合设计为目标，通过模型构建、制度仿真和制度设计三个步骤，进行不同水制度耦合的生态经济效应仿真研究，提出水制度耦合设计原则和方案，主要得到以下结论：

第一，在相同的社会经济环境下，不同的水制度耦合生态经济效果不同。以少水地区为例，单一的有偿使用制度效果要好于单一的水权制度效果和单一的水污染权交易制度效果。有偿使用制度和水权制度组合效果要好于有偿使用制度效果本身，有偿使用制度和水污染权制度组合效果要好于水污染权制度效果。有偿使用制度和水权制度组合效果要好于单一的有偿使用制度和单一的水污染权制度。

第二,在相同的水制度耦合下,对于不同区域也有不一样的生态经济效果。水权交易制度和有偿使用制度耦合效果在水资源量短缺地区(少水地区)要比水污染问题突出的地区(多水地区)更明显,而水污染权交易制度和有偿使用制度耦合效果在水污染问题突出地区(多水地区)更明显。而产权制度和有偿使用制度组合效果在水资源短缺和水污染并存地区(中间地区)则更明显。

第三,无论在什么样的社会经济条件下,耦合水制度效果要好于单一水制度。但不同区域背景下,最佳水资源制度组合不同。在少水地区,水权制度和有偿使用制度组合效果要比有偿使用制度和水污染权制度效果更显著;在多水地区则是有偿使用制度和水污染权制度效果更显著;而中间地区则是有偿使用制度、水权制度和水污染权制度组合效果最佳。

第四,在设计我国水制度方案时需要遵循以下原则:坚持政府主导,即明确各级政府主体地位,调动全社会力量共同治水兴水。坚持部门协调,即注重部门间的协调沟通,提高水效率。坚持以人为本,即维护和保障人民利益,提高供水保证率、重视生态安全供水。坚持科学用水,即科学确定用水次序、用水规模,做到以水定需、量水而行、因水制宜。坚持依法管水,即依法进行水资源和涉水事务的统一管理,统筹生活、生产、生态用水。坚持改革创新,即创新管理方式和手段,提高水资源管理水平。

第五,在不同区域设计不同的水制度耦合政策。在少水地区,实施水资源总量控制的有偿使用—水权交易的耦合制度,以及水资源质量控制的水生态保护补偿—水环境损害赔偿的耦合制度。在中间地区水量短缺和水污染并存,实施水量、水质双控制的有偿使用—水权交易—水污染权有偿使用的耦合制度,以及水量、水质双控制的有偿使用—生态保护补偿—水环境损害赔偿耦合制度。在多水地区,实施基于政府管制的“双有偿使用”和“双补偿”的耦合制度,以及基于市场机制的水权交易—水污染权交易的耦合制度。

第十六章 水制度耦合的生态经济效应系统动力学模型构建

制度政策仿真研究是决策科学化的重要方法。本章节引入系统动力学方法,在分析水资源开发利用和水资源制度基础上,建立水资源有偿使用和生态补偿制度耦合的一系列系统动力学模型,包括单一制度、两制度及多制度耦合,为水制度耦合仿真模拟奠定基础;同时构建水资源有偿使用和生态补偿制度的生态经济效应评估指标体系,为进一步定量分析水制度耦合的生态经济效应提供条件。

第一节 水资源有偿使用和生态补偿制度的一般系统动力学模型

一、系统动力学方法在水资源研究中的应用

(一) 系统动力学方法简介

系统动力学(System Dynamics, SD)是美国福里斯特(J. W. Forrester) 1956年提出的理论方法,系统动力学理论是把系统论、信息论、控制论以及计算机模拟技术等学科知识融合为一体而研制开发出来的一种系统分析方法。^①此理论提出伊始,常常被用于分析工业生产的系统管理问题以及仓库存储管理问题,因此人们称为工业动力(态)学,是用于分析生产管理及库存管理等企业问题的系统仿真方法。1961年,福瑞斯特发表《工业

^① Ogata, Katsuhiko, *System Dynamics*, Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1978, p. 31.

动力学》(Industrial Dynamics), 系统动力学被广泛应用于企业管理、工业生产。系统动力学方法具备处理非线性、信息反馈、时间滞延、动态复制等问题的能力, 再加上方法实施简单、效应优秀, 因而逐渐被广泛应用于企业管理、工业生产、环境保护、生态建设等诸多领域, 成为一门分析研究信息反馈系统、认知和解决系统问题的交叉学科。^①

系统动力学方法“本质上是基于系统思维的一种计算机模型方法”。^②在系统思维方式下, 现实当中很多事物都可看作是由多个组成部分的系统, 这些组成部分之间不是孤立存在, 而是相互作用、相互影响, 形成众多复杂因果关系, 存在很多反馈结构。系统动力学用信息理论和计算机技术来描述这些反馈, 形成因果关系图和系统流程图。系统动力学区别于一般系统思维建模的是, 它根据反馈给定初始值, 通过系统流量和流速的变化来得出仿真结果。

在系统动力学中, 系统可以被划分成若干个(p 个)相互关联的子系统, 即 $S = \{S_i | S_i \in S\}$, $i=1, 2, \dots, p$, 依据系统结构流程图和构造方程实施系统动力学建模。流程图用于描述系统中各变量间因果关系和反馈控制机制; 构造方程是变量间定量关系的数学表达式, 可以根据真实数据构造拟合方程, 或者由流程图直接确定。这里的构造方程是数理方程, 可以是线性或非线性的微分方程, 其一般表达式如下:

$$\frac{\partial x}{\partial t} = f(x_i, a_i, r_i, p_i) \quad (16-1)$$

其差分形式如:

$$X(t + \Delta t) = X(t) + \Delta t \cdot f(x_i, a_i, r_i, p_i) \quad (16-2)$$

式中, X 为状态变量, a_i 为辅助变量, r_i 为流率变量, p_i 为转移参数, t 为仿真时间, Δt 为仿真步长。

这里的状态变量可以是一个子系统的宏观表达量。

① 陈永霞、薛惠锋、王媛媛等:《基于系统动力学的环境承载力仿真与调控》,《计算机仿真》2010年第2期。

② 许光清、邹骥:《系统动力学方法:原理、特点与最新进展》,《哈尔滨工业大学学报》(社会科学版)2006年第4期。

该方程亦可扩展为矩阵形式:

$$X=PR \quad (16-3)$$

其中, P 为转移矩阵, R 为流率变量向量。

同时还需满足:

$$\begin{bmatrix} R \\ A \end{bmatrix} = W \begin{bmatrix} V \\ A \end{bmatrix} \quad (16-4)$$

其中, A 为辅助变量向量, W 为关系矩阵, V 为仅与时间 t 有关的纯速率变量向量。

系统动力学认为, 系统的行为模式与特性主要取决于其内部的动态结构与反馈机制。它认为信息反馈的控制原理受因果关系的逻辑分析影响。该方法在面对复杂的实际问题时, 从系统的微观结构入手, 依据数理方程建立系统的仿真模型, 并对模型实施各种不同的“模拟政策试验”, 寻求解决问题的有效途径。现在系统动力学主要利用计算机技术对真实系统构建仿真模型, 可以研究系统的结构、功能和行为之间的动态关系, 进而理解和控制系统的行为。系统动力学的诸多特性决定了它非常适用于水资源、水环境、水政策的相关研究。

1. 系统动力学研究的是开放系统

系统既具有整体性, 又具有层次性。系统存在子系统, 整体和局部之间有着紧密的联系。而水环境的系统与外界诸多因素存在交互作用, 水环境内部也存在城乡用水、产业用水、供水系统等诸多子系统。

2. 系统动力学研究的是多变量、线性与非线性反馈叠合的复杂系统

在解决问题时采用计算机仿真模拟真实系统, 将线性与非线性叠合的动态过程转化成多次仿真拟合求解的问题, 避开了数学工具的局限。与真实的实验相比, 大大降低了风险、控制了成本、提高了效率。

(二) 系统动力学在水资源开发利用政策研究中的应用

计算机技术的快速发展和人们日益认识到水资源开发利用的复杂性和系统性, 系统动力学仿真日益频繁地应用于水资源开发利用政策研究。早在 20 世纪 80 年代学者就提出了城市水环境政策仿真模型, 将工业划分为

六大部门,构建了人口、生产、工业废水、生活污水、自来水、污染物和污染治理七个子模型。^①此模型主要关注人口政策和经济政策对城市主要污染物排放的影响以及污染治理费用投入。90年代研究者视野扩大,运用系统动力学模型,进行区域水资源开发利用研究。1994年,韩德林和陈正江研究了以水为开发纽带的绿洲经济—生态系统,水资源作为子模型,模拟了不同水资源开发投资对经济的影响;^②1996年,高彦春和刘昌明以汉中盆地平坝区为研究区,构建了水资源开发的系统动力学模型,将整个研究区水资源系统划分为三个层次,研究区整体为一级系统,五个功能区为二级子系统,每个二级子系统下面又划分五个三级子系统:水源开发系统,生活用水系统,工业用水系统,农业用水系统,污水处理系统;从而仿真不同发展强度下水的供需平衡。^③以上这些研究以水开发和水供需平衡为主线。进入21世纪,研究者视角从开发到保护,主要运用系统动力学模型进行水资源利用结构优化和水资源承载力以及由此带来的水安全问题研究。2002年,张雪花、郭怀成等运用系统动力学模型进行秦皇岛水资源开发利用结构优化研究。^④2004年,郭怀成等采用系统动力学仿真手段对城市水资源的政策效应进行了定量评估。^⑤2005年,范英英等用动态仿真模拟了北京市的五种水资源的政策如何影响北京市水资源的承载力,这五项水资源政策为:“应急的供水工程、再生水的利用、工业产业的结构调整、农业的节水灌溉技术以及用水价格的提高。”^⑥研究表明第一种政策即

① 达利庆、徐南荣、何建敏等:《城市水环境政策仿真模型及其应用》,《系统工程理论与实践》1987年第2期。

② 韩德林、陈正江:《运用系统动力学方法研究绿洲经济—生态系统——以玛纳斯绿洲为例》,《地理学报》1994年第4期。

③ 高彦春、刘昌明:《区域水资源系统仿真预测及优化决策研究——以汉中盆地平坝区为例》,《自然资源学报》1996年第1期。

④ 张雪花、郭怀成、张宝安:《系统动力学——多目标规划整合模型在秦皇岛市水资源规划中的应用》,《水科学进展》2002年第133期。

⑤ 郭怀成、戴永立、王丹等:《城市水资源政策实施效果的定量化评估》,《地理研究》2004年第236期。

⑥ 范英英、刘永、郭怀成等:《北京市水资源政策对水资源承载力的影响研究》,《资源科学》2005年第5期。

应急的供水工程是影响城市水资源承载力的首要因素。由此可以看出,具体的水资源开发利用政策对城市水资源系统有较大影响,此时优化用水结构是动态仿真模拟方案中的较多选择。地区水资源的承载力研究也是当前研究的热点,主要是干旱背景下和经济压力下的城市水资源承载力研究以及流域水资源承载力研究。^① 水安全预警也是研究者关心的问题。^② 而此时研究者较少关注水资源制度的模拟仿真,仅在人水系统研究中有研究者提出应该嵌入水资源管理专业模块,和自然水循环耦合才能全面研究人水系统演变的关系,但实证研究尚有欠缺。^③

水资源系统的划分是研究水资源制度仿真的基础。王建华等在研究城市水资源承载力时,划分了投资、水资源分配、农业节水、灌溉、生活用水、人口、工业节水和循环用水八个子系统。^④ 韩俊丽等则将城市水资源承载力划分为城市水资源子系统、工业子系统、农业子系统和人口子系统四个子系统。^⑤ 冯海燕等将水资源系统划分为可利用水资源、农业用水、工业用水、大生活用水、污水处理及其回用五个子系统。^⑥ 这些研究虽然将水资源系统划分为不同的子系统,但总结起来无外乎四个部分:人口及用水、经济用水、生态以及地区水资源供应,这些研究为水资源制度仿真提供了基础。

综上所述,水资源政策模拟的研究多是进行地区水资源承载力和水资

① 王薇、雷学东、余新晓等:《基于SD模型的水资源承载力计算理论研究——以青海共和盆地水资源承载力研究为例》,《水资源与水工程学报》2005年第3期。李同升、徐冬平:《基于SD模型下的流域水资源社会经济系统时空协同分析——以渭河流域关中段为例》,《地理科学》2006年第5期。

② 邵金花、刘贤赵、李德一:《烟台水资源与社会经济可持续发展协调度分析》,《经济地理》2007年第4期。李同升、徐冬平:《基于SD模型下的流域水资源社会经济系统时空协同分析——以渭河流域关中段为例》,《地理科学》2006年第5期。

③ 左其亨:《人水系统演变模拟的嵌入式系统动力学模型》,《自然资源学报》2007年第2期。

④ 王建华、江东、顾定法等:《基于SD模型的少水地区城市水资源承载力预测研究》,《地理学与国土研究》1999年第2期。

⑤ 韩俊丽、段文阁、李百岁:《基于SD模型的少水地区城市水资源承载力模拟与预测——以包头市为例》,《少水地区资源与环境》2005年第4期。

⑥ 冯海燕、张昕、李光永等:《北京市水资源承载力系统动力学模拟》,《中国农业大学学报》2006年第6期。

源可持续发展政策方面的研究,而专门针对水资源制度的模拟还较少。制定合理的水资源制度是地区水资源可持续发展的关键,而在了解水资源制度的地区生态经济效应的基础上制定合理的水资源制度是急需解决的问题。因此,进行水制度模拟研究是水资源政策研究的趋势。

二、水资源开发利用和水制度分析

构建水资源制度的生态经济效应系统动力学模型,就是寻找水资源开发利用和管理系统内部结构和因果关系的过程。要明晰水资源系统内部结构,必须明晰水资源开发利用过程和水资源制度。

(一) 水资源开发利用过程

水资源是人类依赖程度最高的资源之一,是区域生态环境的“血液”,是一个国家或地区社会经济发展的“命脉”。自从人类出现以后就有对水资源的利用,随着社会文明的进步和科学技术水平的发展,为获得更多的物质产品,开始了对水资源有目的的开发。在人类欲望不断膨胀下,水资源被过度开发利用,导致了水环境污染、水资源短缺等危机,人类生存和社会文明发展受到威胁。为解除水资源危机,必须从人类对水资源开发利用着手,寻找水资源问题根源。下面从水循环视角分析水资源开发利用过程。

自然界中的水,通过自身蒸发、降水和径流等过程持续循环,达到自身净化,从而为地球提供洁净的水。而一旦人类开始开发利用水资源,“以‘降水—坡面—河道—地下’为基本过程的自然水循环结构和进程被打破,以‘供水—用水—排水’为基本过程的社会经济系统水循环的通量、路径和结构不断成长演变”^①,也就是说水资源开发利用是人类对水资源自然过程施加的影响,具有独特的过程。主要包括以下五个过程(见图16-1):第一个过程是从自然界取水。这是人类对水资源开发利用的第一步,最初主要针对地表水,如河流、湖泊、泉等。随着科学技术发展和水需求增

^① 王浩、龙爱华、于福亮等:《社会水循环理论基础探析 I: 定义内涵与动力机制》,《水利学报》2011年第4期。

加,地下水、海洋水等都成为开发对象。第二个过程是输水。这往往和第一个过程同时进行,由于用途、距离等不同,采用的输水工程也不同,如渠道、工程管道等。第三个过程是用水。这是水资源开发利用的核心过程,主要有居民维持日常生活的用水、生产(包括第一产业、第二产业和第三产业)、公共部门用水(既包括公共部门自身运转,还包括公共事业用水如生态环境改善等),在不同水资源禀赋、不同经济特征的地区用水分配情况不同,用水过程涉及水的配置、循环重复使用、人工再生水等过程。第四个过程是排水。排水过程是和用水过程紧密相连的,用水过程就如同一个排水槽,从自然界输入新鲜水,经过不同的使用过程,扣掉消耗的水量,剩余水量以不同的水质排放出来。排水过程分为两种:一种是经过废水处理,达到排放标准的水;另一种是没有经过处理或者经过简单处理而不能达标的污水。第五个是回水过程。它是指排水过程中的水进入自然循环的过程。达标水可以进入自然界,通过自然循环而成为自然水资源一部分;污水如果排放的量在自然净化阈值内,那么这些废水也会通过自然循环而成为自然水资源一部分。但如果排放量超过阈值,这些污水将会通过污染迁移使更多的水成为污水;同时,污水还会使污染物积累导致水体环境质量恶化,进而会使自然界中可用水资源量减少,如此持续下去,整个水环境将会走向崩溃。^①图16-1是水资源一般开发利用过程的示意图。从水资源开发利用角度分为五个过程,从人类对水的使用角度,可以分为供水、用水和排水三个环节。供水包括取水和输水,排水包括排水和回水两个过程。

以上是人类对水资源开发利用的一般过程,现实中不同地区水资源开发过程有着各自的特点。这是因为区域自然环境不同,水资源禀赋也不同;经济特征不同,用水分配也不同;居民用水意识和政府管理水平不同,供水、用水和排水特征也不同。

^① 陈庆秋、薛建枫、周永章:《城市水系统环境可持续性评价框架》,《中国水利》2004年第3期。

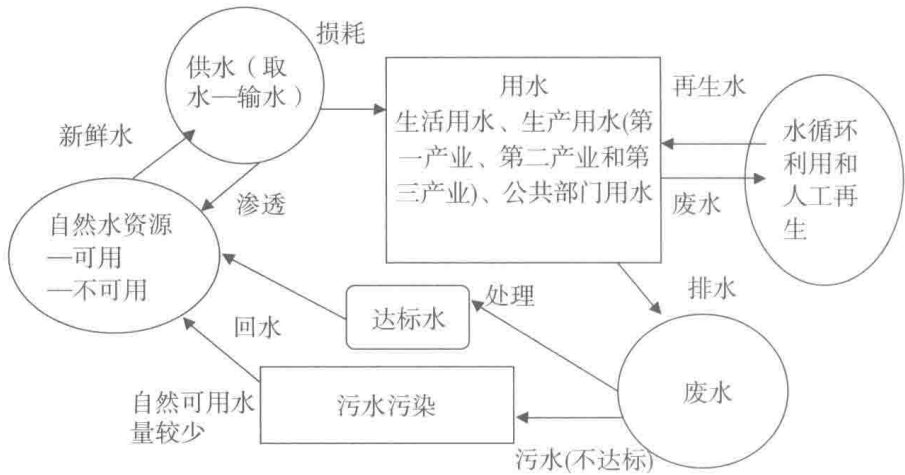


图 16-1 水资源开发利用过程示意图

（二）水资源制度

水是生命之源泉，生产之要素，生态之基石。长期以来，水资源被看作是一种大自然的恩赐，认为其是取之不尽的。随着世界人口和经济的不断增长，水资源开始逐渐被认为是具有价值物品，但价格是很低的。当外部性理论和公共物品理论不断发展，“水资源逐渐被认为是一种具有极强的外部效应的公共物品，由此要求政府管制”。^①人类开始有意识地管理水资源之后，随着水资源问题的不断出现，水资源管理理论和水资源制度不断向前发展。

水资源政策路径的选择上有两种截然不同的政策路径：财税路径和产权路径。财税路径通过政府征税和补贴，把私人收益与社会收益的背离或私人成本与社会成本的背离所引起的外部性影响进行内部化。产权路径强调通过市场交易或自愿协商的方式解决外部性，前提是产权界定清晰。财税制度主要是以“庇古税”理论为基础的资源税、环境税、生态补偿、补贴制度等。环境保护领域采用“谁污染，谁治理”的政策，资源开发领域的“谁收益，谁补偿”的政策，都是“庇古税”理论的具体应用。环境税、资源税等税费制度已经成为世界各国环境保护的重要经济手段。而在

① 沈满洪主编：《水资源经济学》，中国环境科学出版社 2008 年版，第 2 页。

水资源管理制度中形成两大典型的水资源财税制度：“水资源有偿使用制度”和“水生态保护补偿制度”。水资源有偿使用制度是通过资源价格政策来实现，水生态保护补偿制度是通过生态补偿政策来实现。^① 产权制度主要是应用“科斯理论”进行解决外部性，世界上排污权制度、水权制度、碳权制度等制度创新都是科斯理论的重要应用。产权制度在水资源管理中形成三大典型的水资源管理产权制度：“水权交易制度”“水排污权交易制度”“水环境损害赔偿制度”，这三大水资源制度都必须是以产权清晰界定为前提的。

三、研究分区

（一）我国水资源分布及开发特征

我国水资源总量丰富，2013 年水资源总量为 27957.9 亿立方米，地下水与地表水资源不重复量为 1118.4 亿立方米（见表 16-1），占全球水资源的 6%，仅次于巴西、俄罗斯和加拿大，名列世界第四位。由于我国国土面积辽阔，气候多样，各地区之间自然条件存在很大差异，水资源分布不均衡。一方面表现为水资源的时空分布不均。由于受到地形地貌、大气环流、海陆位置等多方面自然因素的影响，我国水资源时间分布特征是夏秋多、冬春少，每年七八两月的水资源占全年总量的 80%；在空间分布上，东南多、西北少，西北诸河及黄河上游降雨量较少，而珠江流域、长江流域降雨量丰富。^② 从表 16-1 可以看出，南方四区的水资源总量是北方六区的四倍还多，在东南部省份年降水量高达 1400—1600 毫米之间，而西部少水地区的降水量仅为 200 毫米左右，相差 7—8 倍。另一方面是水与土地、人口等社会经济不协调。长江、珠江、西南诸河和东南诸河四流域，国土面积和人口分布占全国的 36.5% 和 54.4%，但水资源总量却占到全国的 81%，亩均耕地水资源量是全国的 2.3 倍；而辽河、海河、黄河和淮河四

① 沈满洪主编：《水资源经济学》，中国环境科学出版社 2008 年版，第 161 页。

② 于万春、姜世强、贺如泓：《水资源管理概论》，化学工业出版社 2007 年版，第 38 页。