

水资源与国民经济互动关系研究

——以鄂尔多斯市为例

赵 勇 秦长海 肖伟华 蒋桂芹 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水资源与国民经济互动关系研究

——以鄂尔多斯市为例

赵 勇 秦长海 肖伟华 蒋桂芹 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书系统开展了鄂尔多斯市水资源与国民经济互动关系研究：评价了鄂尔多斯市水资源与国民经济现状及其变化历程；基于现代经济增长理论与方法，建立了包括水资源和煤炭资源开发利用在内的经济增长模型，定量评估了水资源对经济增长的贡献；构建了水资源与国民经济协调性评价方法，进行了水资源与国民经济协调性分区评价；采用水资源投入产出法，评价了国民经济各行业用水效率和效益，分析了虚拟水输入输出规律；提出了适应于水资源格局的鄂尔多斯市国民经济布局思路与实施路径。

本书可供从事经济社会发展规划、水利规划与管理、水文水资源、生态环境等相关专业科研管理人员和高等院校师生阅读参考。

图书在版编目（C I P）数据

水资源与国民经济互动关系研究：以鄂尔多斯市为例 / 赵勇等著. — 北京：中国水利水电出版社，2013.6
ISBN 978-7-5170-0950-4

I. ①水… II. ①赵… III. ①水资源—关系—区域经济发展—研究—鄂尔多斯市 IV. ①TV213.4②F127.263

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第123371号

书 名	水资源与国民经济互动关系研究——以鄂尔多斯市为例
作 者	赵 勇 秦长海 肖伟华 蒋桂芹 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 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 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	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	170mm×240mm 16开本 9.25印张 176千字
版 次	2013年6月第1版 2013年6月第1次印刷
定 价	30.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

作为“河套文化”的发祥地，历史上鄂尔多斯市是一个以农牧业为主的地区，到 20 世纪 90 年代初，农牧业总产值仍占生产总值的 60% 左右。鄂尔多斯市自然资源十分丰富，煤炭资源储量占全国煤炭总量的 1/6，占全国优质动力煤保有储量的 80%，市境内我国陆上最大整装苏里格气田地质储量规模达到 5000 亿 m^3 以上。随着西部大开发战略和中央提出的地区间协调发展经济建设方针的实施，依托资源优势，鄂尔多斯市经济高速发展，构建了以煤炭开采业、电力生产供应业、燃气生产供应业、化学原料及化学制品业、石油加工及炼焦业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业等能源重化工为支柱产业的工业体系。2009 年鄂尔多斯市地区生产总值达 2161 亿元，人均生产总值 13.4 万元，居全国之首，创造了一个迅速崛起的经济神话。

随着经济社会快速发展，鄂尔多斯市水资源开发利用与经济社会发展格局不相适应的现象越来越突出：一是经济社会快速发展与水资源支撑保障不相适应；二是水资源利用结构和效率与水资源紧缺现状不相适应；三是水生态环境现状与经济基础不相适应。在水资源与国民经济协调发展矛盾日渐突出的背景下，将水资源系统与经济社会系统联系在一起，从水资源的自然属性、经济属性、社会属性、生态属性等多个角度着手，开展水资源与经济社会互动关系研究，剖析水资源对国民经济的支撑和制约作用，提出产业优化布局和调整的建议，对于促进鄂尔多斯市水资源与国民经济协调发展具有重要意义。

全书共分为 7 章。第 1 章介绍了开展鄂尔多斯市水资源与国民经济互动关系研究的背景和重要意义；第 2 章分析了鄂尔多斯市水

资源与国民经济的总体状况及产业结构发展历程，评价了水资源与国民经济关系总体形势；第3章阐述了水资源对经济增长贡献评估理论与方法，建立了包括水资源利用在内的经济增长模型，定量评估了鄂尔多斯市水资源对经济增长的贡献；第4章构建了水资源与国民经济协调性评价指标和方法，评价了鄂尔多斯市各旗区水资源与国民经济协调性；第5章建立了鄂尔多斯市水资源投入产出模型，评估了国民经济各行业用水效率和效益及虚拟水输入输出数量，分析了虚拟水输入输出规律；第6章阐述了国民经济结构调整理论，分析了国内外典型区域水资源与国民经济互动案例，总结了产业结构调整的经验，剖析了其对鄂尔多斯市国民经济发展的启示；第7章提出了适应于水资源格局的国民经济布局思路以及分行业、分区域实施路径。

本书的研究工作得到了“鄂尔多斯市水资源可持续利用规划”和水利部、财政部重大专项“我国节水型社会建设理论技术与实践应用研究”（水综节水〔2006〕50号）的资助。在本书编写过程中，得到了黄河水利勘测规划设计有限公司、鄂尔多斯市水利局等单位领导和专家的指导、支持与帮助，在此一并表示衷心的感谢。由于问题的复杂性以及研究时间和作者水平的限制，书中难免存在片面、认识不足甚至错误之处，敬请读者和业内专家批评指正。

作 者

2013年5月

于北京

目 录

前言

第 1 章 研究背景	1
1.1 研究意义	1
1.2 研究现状	7
1.3 研究体系	11
第 2 章 鄂尔多斯市国民经济与水资源现状	14
2.1 国民经济总体状况及发展历程	14
2.2 第一产业现状及发展历程	22
2.3 第二产业现状及发展历程	29
2.4 第三产业发展现状	35
2.5 水资源开发利用现状	37
2.6 国民经济发展与水资源利用效率分析	42
第 3 章 水资源对经济增长贡献评估	48
3.1 经济增长理论	48
3.2 水资源对经济增长贡献作用定量评估方法	50
3.3 水资源对鄂尔多斯市经济增长贡献评估	52
第 4 章 水资源与国民经济协调性分区评价	60
4.1 协调性分区评价框架	60
4.2 评价指标	61
4.3 评价方法和指标标准化	63
4.4 评价指标权重确定	64
4.5 指标值确定与标准化	66
4.6 协调性分区评价结果	68
第 5 章 鄂尔多斯市水资源投入产出模拟分析	72
5.1 水资源投入产出模型构建	72
5.2 水资源利用特性评价	80
5.3 行业用水关联效应分析	87

5.4 虚拟水贸易分析	93
第6章 国民经济结构调整理论与实践经验启示	99
6.1 经济结构调整理论基础	99
6.2 水资源条件相似地区：以色列	107
6.3 典型城市产业调整轨迹分析：北京市	114
6.4 资源型城市产业结构调整案例：国内外	120
第7章 与水资源格局相适应的经济结构调整建议	126
7.1 水资源与国民经济互动整体形势判断	126
7.2 水资源与国民经济布局适应性分析	129
7.3 优化水资源与国民经济布局的管理政策建议	132
参考文献	136

第 1 章

研 究 背 景

1.1 研究意义

1.1.1 区域概况

1. 自然地理

鄂尔多斯市位于内蒙古自治区西南部，地处黄河上中游的鄂尔多斯高原腹地，地理坐标为北纬 $37^{\circ}35'24''\sim 40^{\circ}51'40''$ ，东经 $106^{\circ}42'40''\sim 111^{\circ}27'20''$ ，总面积 86752km^2 。鄂尔多斯市西、北、东三面为黄河“几”字弯环绕，北隔黄河与“草原钢城”包头市、自治区首府呼和浩特市相望，东临山西省，南与陕西省接壤，西与宁夏回族自治区毗邻，“黄河环抱，长城相依”，具有得天独厚的地理区位优势。

2. 行政区划

鄂尔多斯市历史悠久，文化底蕴深厚，匈奴文化、西夏文化、中原文化、蒙古文化等多种文化汇合交融，是当今蒙古族传统礼仪保留最完整的地区之一。鄂尔多斯市现辖东胜区、康巴什新区、伊金霍洛旗、鄂托克旗、鄂托克前旗、乌审旗、杭锦旗、准格尔旗、达拉特旗等 7 个旗 2 个城区，人口 162.54 万，城镇化率达 67%。鄂尔多斯市行政区划如图 1.1 所示。

3. 地形地貌

鄂尔多斯市属我国二级台地内蒙古高原的一部分，地势较高，平均海拔 1400m，总的地势特点是西北高东南低，起伏不平。最高为桌子山，海拔 2149m，最低为准格尔旗马栅，海拔 850m。鄂尔多斯市地形复杂，西北东三面被黄河环绕，南与黄土高原相连。地貌类型复杂多样，主要可划分为五种类型：西部和乌海市毗邻处为中低山地；中西部为非典型的波状高原；东部为丘陵沟壑区和砂岩裸露区；南部和东南部为毛乌素沙地；北部为库布其沙漠及黄河沿岸冲积平原。毛乌素和库布齐两大沙漠约占全市总面积的 48%。

鄂尔多斯市土壤类型主要有栗钙土、棕钙土、灰漠土、风沙土、粗骨土、沼泽土、潮土、盐土。鄂尔多斯市地带性植被有草原、荒漠草原与草原化荒漠，因其同处温带范围，纬向分异不明显，径向湿润度差别较大导致东西带状



图 1.1 鄂尔多斯市行政区划图

分异明显，自东向西出现典型草原、荒漠草原、草原化荒漠三个植被类型空间分异更替带；隐域性植被有草甸、沼泽、盐生和沙生植被类型。

4. 气象水文

鄂尔多斯市属北温带半干旱大陆性气候区，干燥少雨，风大沙多，无霜期短。太阳辐射资源极为丰富，太阳辐射总量为 $6000 \sim 6500 \text{ MJ/m}^2$ ，全年日照时数为 $2900 \sim 3100 \text{ h}$ ；年平均气温为 7.1°C ，无霜期短，一般为 160 天左右；年降水量一般在 $200 \sim 400 \text{ mm}$ 之间，主要集中在 6~8 月，蒸发量大，大部分地区年蒸发能力在 $1500 \sim 2200 \text{ mm}$ 之间。鄂尔多斯市位于中纬度西风带，冬季受蒙古冷高压控制，盛行偏西或偏北风；夏季为大陆低气压和副热带高压控制，以偏南和西南风为主，是全国多大风和多沙尘的地区之一，区内各地大风日数多在 30 天以上，最多年达 77~85 天，易造成风沙危害。

鄂尔多斯市境内流域面积大于 100 km^2 的河流 27 条，河流水系可分为外流河和内流河。黄河从西北东三面环绕鄂尔多斯市，从鄂托克前旗的城川镇入境，至准格尔旗马栅镇出境，流经鄂托克旗、杭锦旗、达拉特旗、准格尔旗 4 个旗，干流长约 800 km 。外流河属黄河水系，总流域面积为 5.14 万 km^2 ，占鄂尔多斯市总面积的 59.3%，多年平均年径流量为 9.3 亿 m^3 。北部有毛不拉孔兑、卜尔嘎色太沟、黑赖沟、罕台川、哈什拉川以及呼斯太河等河流，流向由南向北，属于季节性河流；南部无定河在鄂尔多斯市境内主河道长 110 km ，河道下切深，河网密度小，年径流比较均匀，含沙量低，基流量大；中部有都思兔河、窟野河、皇甫川等河流。内流区分水岭东以伊金霍洛旗新街镇—红庆河—苏泊尔嘎苏木为界，北以库布其沙漠南缘为界，西以鄂托克旗阿尔巴斯苏

木—乌兰镇—鄂托克前旗昂素镇为界，南以鄂托克前旗敖勒召其镇—城川镇—乌审旗嘎鲁图苏木—图克苏木为界，流域总面积为 3.53 万 km^2 ，占全市总面积的 40.7%，多年平均年径流量为 2.50 亿 m^3 ，区内流域面积大于 100 km^2 以上的河流有摩林河、陶赖沟、红庆河等。内流区河流的特点是：河流短、比降缓、河道下切不明显，径流年内分配较均匀，年际变率不大，特别是南部地区河流常年有水且泥沙含量低，有利于开发利用。鄂尔多斯市河流水系如图 1.2 所示。

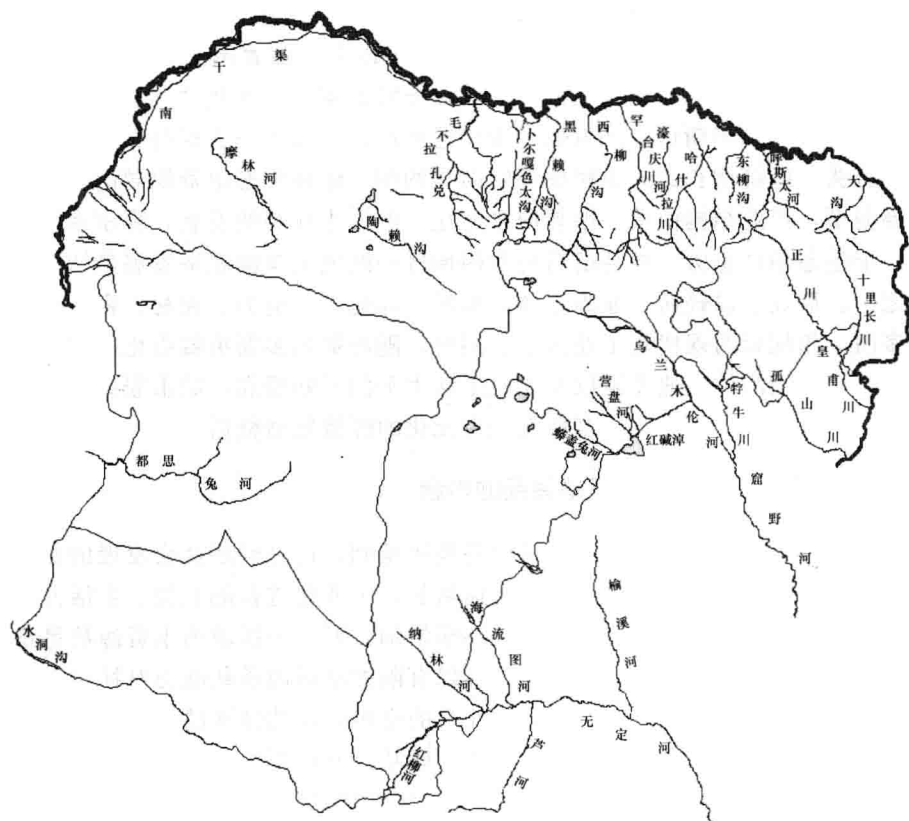


图 1.2 鄂尔多斯市河流水系图

5. 资源情况

鄂尔多斯市自然资源富集，拥有各类矿藏 50 多种，其中具有工业开采价值的重要矿产资源有 12 类 35 种。鄂尔多斯市煤炭资源储量丰富、品质优良，是中国最重要的优质煤炭基地，含煤面积约占全市总面积的 70%，已探明的煤炭资源量约为 1496 亿 t，预测远景储量 10000 亿 t，总储量占全国煤炭总量的 1/6。鄂尔多斯市非金属矿产中具有较大开采价值的有天然碱、芒硝、石

膏、耐火土和石英砂等。鄂尔多斯市天然气储量也十分丰富,天然气探明储量约占全国的 $1/3$ 。富集的能源和矿产资源为鄂尔多斯市发展能源和化工产业提供了良好的基础,鄂尔多斯市被列为我国重要的能源生产基地之一。鄂尔多斯市羊绒素有“纤维钻石”、“软黄金”的美称,同时也是我国在国际市场上少数几个占绝对优势的资源之一。2009年鄂尔多斯市羊绒产量 1808t, 约占全国的 $1/3$, 世界的 $1/4$, 已经发展为中国绒城、世界羊绒产业中心。

6. 经济发展

历史上鄂尔多斯市是一个以农牧业为主的地区,到 20 世纪 90 年代初,农牧业总产值占生产总值的 60% 左右。2000 年以来,随着国家西部大开发战略和中央提出的地区间协调发展的经济建设方针的实施,依托“羊煤土气”四大经济支柱,鄂尔多斯市经济发展速度快速提高,近几年一直保持着持续高速的发展势头。经济增长方式由粗放型转向集约型,经济形态由资源导向型转向市场导向型,产业结构由单一型转向多元化。经过十几年的发展,鄂尔多斯市已从一个生态条件恶劣、经济落后的贫困地区一跃成为全国经济发展最活跃的地区之一。形成了以轻纺工业为主体,煤炭、煤化工、电力、建材、食品、冶金等多门类相配套的现代化工业体系。同时,随着鄂尔多斯市城市化进程的不断加快,社会经济的快速发展以及人民生活水平的不断提高,城市服务业也迅速崛起,初步形成了多形式、多层次、多元化的经济发展格局。

1.1.2 水资源与国民经济互动关系的内涵

水资源不仅是人类生存不可缺少的物质基础,也是经济社会发展的基本支撑条件。经济社会的发展、人口的迅速增长、工业化进程的加快、生活方式的改变等过程必然会导致水资源需求的不断增加,而一个区域的水资源数量是有限的,存在水资源承载能力的问题。所以有限的水资源承载能力对社会经济的发展有重要的约束作用,进而会阻碍社会的进步,制约经济的发展。

水资源与社会经济发展之间具有相互联系、互相制约、相互促进的复杂关系,在社会经济活动中,水资源开发利用是以国民经济中的几个部门或是社会经济大系统中的一个子系统来加以反映的。而所谓的水资源与国民经济互动关系评价,即对照一定的标准,按照一定的程序,采取适宜的方法,对社会经济用水产生的效果、用水计划的执行情况以及带来或将要带来的各种影响等,进行客观、系统化的考察与评价,并将评价结果进行反馈的过程。其目的是通过这些信息直接或间接地反馈给水资源管理者、水事活动的实施者、社会公众及其他利益相关者,促使他们适时作出反应、完善改进工作,从而提高社会公众参与水资源管理的积极性,普及宣传水资源知识,全面提高水资源管理水平。水资源与国民经济发展的互动关系主要体现在以下四个方面。

(1) 体现在经济社会部门间的技术经济联系。水利是国民经济的基础性服务部门, 各行业的发展几乎都离不开各种形式水的服务, 因此, 每个国民经济部门要实现其增长, 需要水利事业相应的发展。同样水利的发展也需要各经济部门的最终产品作为其生产过程的中间投入, 水利服务功能的扩大也需要相关经济部门的按比例增长。

(2) 体现在伴随物品交换而产生的虚拟流动。在经济社会大系统中, 各地区之间的经济存在不同程度的互补性。地区之间产品调入调出, 间接地包含了水资源的调入调出。通过对部门产品生产与消费以及单位产品耗水量的统计, 可以定量研究随着产品调入调出产生的虚拟水的调入调出量。

(3) 体现在水利与国民经济投入间的消费积累。区域的年度 GDP 一般用于消费和积累, 消费比例高, 积累比例就会偏低, 这有利于近期人民生活水平的提高, 但不利于长期发展能力的提高, 因此, 有一个远期目标和近期目标权衡的问题。在积累中, 水利投资比例大, 其它部门的投资比例就会缩小, 这会加速水利发展, 但其它部门的发展有可能放慢; 反之, 减少水利投入并投入到其它经济部门, 其它部门的发展加快, 但水问题引起的国民经济损失也会加大, 因此, 存在着水利投入与国民经济投入的合理比例问题。

(4) 体现在水利支撑和发展需求间的综合平衡。受自然条件等因素影响, 鄂尔多斯市受水旱灾害发生频率较高, 人均水资源少, 生态环境相对脆弱, 导致发展需求高而水利支撑条件相对不足, 在需要和可能之间存在差距。对于发展需求, 通过国民经济与社会发展规划以及生态保护目标可以加以界定, 对于水利支撑条件, 通过对生态、水环境容量、水资源可利用量、防洪标准等一系列控制性指标可以界定。当某类水利服务功能不能满足社会经济发展需求时, 就会产生相应的损失。因此, 各类水利服务功能的投入、产出的相应效益和不能满足需求时所带来的损失之间存在着综合平衡问题。

1.1.3 水资源与国民经济互动关系研究意义

近年来, 随着鄂尔多斯市经济社会的快速发展, 水资源开发利用与经济社会发展格局不相适应的现象越来越突出, 集中表现在以下三个方面。

一是社会经济快速发展与水资源支撑保障不相适应。2009 年全市用水量达到 19.5 亿 m^3 , 较 2000 年用水增长了 41.9%, 随着工业化、城镇化进程的加快, 特别是煤、化工等高用水工业的发展, 预期用水量仍将较快增加, 供需矛盾将更加尖锐。

二是水资源利用结构和效率与水资源紧缺现状不相适应。2009 年全市第一产业用水量占全市的 81.0%, 但仅创造 2.8% 的 GDP。全市万元 GDP 用水量为 93 m^3 , 工业用水重复率为 35.7%, 农业节水灌溉面积为 38.9%, 城镇供

水管网的漏失率为 21%，各方面指标显示用水效率仍有很大的提升空间。

三是水生态环境现状与发达的经济基础不相适应。2009 年市内主要水功能区 23 条河流 41 个水质监测断面水质评价结果表明，水功能一级区中水质达标 25 个，达标率为 61%。同时，地下水的不合理开发利用，致使地下水位连续下降，造成地表塌裂、水位下降、植被破坏和土壤、水源污染等问题，使原本十分脆弱的水生态环境雪上加霜，严重影响和制约经济社会的可持续发展。

随着鄂尔多斯经济社会的迅速发展，水资源逐渐成为制约经济社会发展的主要因素，研究鄂尔多斯市水资源系统与国民经济的互动关系有着极为重要的意义。

(1) 可以客观评价水资源与国民经济互动的关系。在经济社会发展的各个阶段，经济增长与社会进步都面临着诸如技术、管理、资金、市场等多种因素的制约。正是制约与反制约，出现问题—解决问题—出现新的问题—解决新的问题的矛盾运动推动着经济的发展与社会的进步。资源与环境是目前鄂尔多斯经济社会发展所面临最大的制约与挑战之一，长期以来由于水资源系统的复杂性、属性的多样性以及水资源短缺影响的隐蔽性和非直观性，人们虽然对水与社会经济发展的关系、水对社会经济发展的贡献与制约作用有了高度的共识，但认识往往是感性的、片面的、非量化的，因而往往在认识上产生偏差，把握上缺乏尺度。究其原因还是缺乏水资源与社会经济系统的互动评价。站在理性、宏观、战略的高度系统全面梳理水资源与社会经济互动关系，是客观评价水资源与国民经济互动关系的基础。

(2) 可以促进水资源管理水平的提升。开展水资源与经济社会关系的研究顺应了行业自身发展的需要。在水资源及其开发利用评价等方面，目前已形成了较为完整的评价体系，但是作为水资源与利用评价延伸的水资源与国民经济关系的评价方面则显得相对不足，水行政主管部门在数据分析的深度、广度上均存在不足。使得大量的水资源及其开发利用数据无法与国民经济的发展状况进行衔接，一方面造成公共资源的浪费与信息无法正规化、常态化的发布；另一方面直接影响了水行政主管部门在社会经济中发挥应有的作用，也难以引导社会公众参与水资源管理。因此，开展水资源与经济社会关系的研究是提升水行政主管部门水资源管理水平的必然要求，也是顺应行业自身发展的需要，有利于促进全面认知社会经济系统水需求规律和演变机理，科学确定合理的社会经济水资源需求通量。

(3) 可以指导国民经济结构的调整。节水型社会的建设是我国水资源管理的基本战略，其目的在于实现水资源的高效率利用、高效益配置以及水资源的可持续利用，缓解区域供需水矛盾，保障经济社会的可持续发展。而以水定产业，以水定发展，通过产业结构和行业结构调整以建立与水资源、水环境承载

能力相协调的经济结构体系是节水型社会建设的核心内容之一。通过对水资源与国民经济之间关系的研究,识别鄂尔多斯市水资源系统与国民经济系统间的压力—响应关系,并对水资源与国民经济发展的互动关系进行量化评价,进而为鄂尔多斯市未来的经济可持续发展与调控方向提出针对性的建议,这对于鄂尔多斯市经济结构的调整具有重要的指导意义。

1.2 研究现状

1.2.1 水资源与国民经济互动关系

区域经济与水资源系统的关系是水资源学科的重要研究课题,已有许多专家学者从各种角度、各种理论和方法对此进行了较深入的研究,建立了许多模型和理论,并且在实践领域得到了较好的应用。

在一般的水资源与产业经济关系问题分析中,人们通常采用线性规划模型。如姜意等(1988)用线性规划的方法建立了煤、电、水产业综合协调发展模型。其后,徐鸿德等(1990)对区域工业用水与工业结构调整进行了系统分析。李小梅等(1996)采用线性规划方法,以1994年北京地区开发利用的水资源总量作为约束,以各产业部门最大经济效益作为目标,对各产业及其内部用水结构进行了较为全面的优化分析,为北京地区水资源与经济的持续发展提供了科学依据。但线性规划因其自身的局限性无法对水资源系统与国民经济各部门间的技术经济联系进行细致的描述与定量评价。除了线性规划以外,模糊数学法、灰色关联法、人工神经网络等方法也得到一定的应用,结合现在世界范围内在该领域的研究进展,以投入产出分析法为基础的水资源投入占用产出模型是目前应用最多也较为成熟的方法。

对于水资源与国民经济关系的研究重点在于分析水资源的利用效果和水资源的经济贡献,从而评价水资源系统对国民经济发展的影响及各行业用水的效率与效益,并为区域内的产业结构调整提供决策依据。最初的水资源利用经济效益评价,一般选取单方水GDP产出、单方水工业增加值产出、单方水粮食产量等,将经济量简单除以用水量。此种评价方法简单实用易于操作、数据获取简单,因此,在水资源规划等生产实践中长期应用。20世纪90年代以来,众多学者将经济学原理引入水资源利用效益评价。这些工作可以分为两类,一类为微观经济效益评价;一类为宏观经济效益评价。微观经济效益是以单个经济单位作为研究对象,分析供给者如何将有限的水资源分配在各种产品的生产上以取得最大的利润。宏观经济效益是以国民经济总过程的活动为研究对象,着重考察和说明水资源与国民经济各部门的数量依存关系,以及对国民收入、就业水平、价格水平等经济总量的影响。其中投入产出分析即为应用最广泛的

宏观经济效益评价方法。

投入产出分析方法是美国哈佛大学教授列昂节夫 (W. Leontief) 于 20 世纪 30 年代研究创立, 经许多国家投入产出分析专家、经济计量学家的研究和应用, 使投入产出分析理论与方法日趋成熟, 特别是在编表技术和应用方面有了巨大发展。在最初创立的 20 世纪 30~60 年代, 投入产出技术更多地应用于研究经济系统内部不同部门 (或产品) 之间相互依存关系以及国家、部门、地区的经济活动分析中。在经济学中, 投入产出分析方法被认为是解释经济活动之间的相互依存关系最有效、最成熟的方法。20 世纪 60 年代以来, 随着能源、环境问题日益受到重视, 投入产出分析扩展应用到了能源、环境、资源等领域。Leontief 与 Ford 运用 1958~1970 年数据和效应分解技术, 测算出归因于经济增长、最终需求结构的变化和技术进步的各种污染排放量。美国伊利诺伊大学的研究小组将能源纳入投入产出表中, 运用投入产出分析技术定量计算了经济系统中某一产品或服务对能源的直接消耗与间接消耗, 使得将生产要素纳入投入产出分析的方法在世界范围内得到了推广。

投入产出技术在水资源领域的应用最早可以追溯至 20 世纪 70 年代, Carter 和 Ireri 将用水系数引入到跨区域的投入产出模型中, 计算通过产品流动而引起的水在加利福尼亚州和亚利桑那州之间的流动; Duchin 等应用投入产出模型计算了印度尼西亚和全球的用水系数; Bouhia 开发了基于线性规划的水资源配置模型与静态投入产出模型耦合的水文—经济模型, 并提出了一组水乘数; Hubacek 和 Sun 运用投入产出模型对未来中国各规划水平年用水量进行了预测; Duarte 等分析了西班牙各经济部门的用水特性。

在国内, 中国水利水电科学研究院王浩等提出了水利投入占用产出分析技术, 利用所编制的水利投入占用产出表计算了全国和各流域用水系数, 包括直接用水系数、完全用水系数、增加值的用水系数, 并分析了各流域用水系数的特点。在此基础上, 对各流域经济发展和产业结构调整提出了建议。汪党献等将水资源作为占用置于投入产出表第三部分, 进行经济行业水投入系数分析, 并以北京、乌鲁木齐为例进行了实例研究。

通过投入产出分析能够有效地量化水资源与国民经济各部门之间的技术经济联系, 但无法从整体上宏观评价二者间的互动关系, 而建立指标体系进行多因素综合评价是当前比较常见的研究方法。目前许多城市在经济发展进程中, 存在的一个最为突出的问题就是城市的经济发展与区域水资源的不和谐, 导致城市的经济无法健康有序地发展。要解决这个问题, 必须对区域水资源和城市的经济发展的协调性进行测算与评价。为了对水资源与国民经济的关系进行更全面深入的评价, 许多研究者运用多因素综合评价的思想进行了关于系统协调度评价的研究。

协调是两种或两种以上子系统间配合得当、和谐一致、良性循环的关系,以达到减少系统运行的负效应、提高系统的整体输出功能和协同效应的目的。协调既是一种状态,也是一个过程。作为一种状态,协调是指被协调者各要素之间的融洽关系,从而表现出最佳整体效应;作为一个过程,协调表现为一种控制与管理职能,是围绕被协调者发展目标对其整体中各种活动的相互关系加以调节,使这些活动减少矛盾,共同发展,促进被协调者目标的实现。而系统之间或系统组成要素之间在发展演化过程中彼此和谐一致的程度则称为协调度,它体现了系统由无序走向有序的趋势。

国内外学者已有较多该方面的研究,例如:M. A. Kram Kahlowm 等研究了巴基斯坦农业用水与经济之间的关系。朱文彬等(1995)以大系统递阶优化控制理论为基础,提出了水资源开发利用与区域经济协调管理的模型。薛惠锋(1997)研究了陕北能源基地水资源与经济协调发展的协调关系。陈守煜等(2001)建立了大连市水资源与经济协调发展的协调管理模型,运用系统模糊决策、大系统递阶优化控制、管理与模糊优选神经网络理论和方法,研究和探索了大连市经济社会与水资源系统的关系,得到了2010年大连市经济发展的满意方案。李全胜等(2002)提出资源、环境与经济发展的不协调是新疆经济社会可持续发展中的一个重要问题。高桂芝等(2002)以河北省为例对城市水资源的开发状况与城市化进程的相互关系进行了研究,并建立了数学模型,以期在城市可持续发展战略决策提供科学的理论依据。李芳林等(2006)利用搜集的一些相关数据分析江苏省城市资源、环境与经济协调发展,得出城市资源、环境与经济协调之间的关系。

1.2.2 水资源与国民经济关系的量化研究

对水资源与国民经济关系的量化分析与评价,通常从水资源对国民经济系统的支撑与制约作用、经济发展对水资源的响应关系及两者间的协调性等方面展开研究。如汪党献等(2005)在《国民经济行业用水特性分析与评价》中对国民经济行业用水特性进行了分析,提出了节水高效型国民经济生产体系的定量分析方法,其内容包括:①建立了水资源投入产出分析模型。②分别从用水效率和用水效益两方面构建了国民经济行业用水特性评价指标体系。③提出了国民经济行业用水特性综合评价方法。④提出了节水高效型国民经济产业结构的判定标准及其方法,文中以北京为例说明了该方法的应用结果。陈云波等(2003)从水资源的自然属性、社会属性、环境属性、资源属性、时空属性等几方面对水资源的经济特性进行了论述,分析了水资源的不可替代性、稀缺性、有限的再生性、波动性等,以此来说明水资源对经济发展的重要支撑作用及制约性。宋松柏等(2004)以区域水资源—社会经济—环境复合系统为研究



对象,应用 Bossel 可持续发展基本定向指标框架,研究了其协调度的定量分析方法,建立了水资源—社会经济—环境复合系统协调模型。最后以陕西省为例,进行了水资源—社会经济—环境协调发展的定量评价。李杰友等(2004)从广东雷州半岛水资源和经济发展的特点出发,分析了水资源与经济发展的关系及相关问题,并从调整产业结构和转变经济增长方式、建设高效节水防污的工业体系、建设高效节水防污的农业体系、水资源统一规划管理、水资源合理配置和建立水权制度等六个方面进行了相关探讨。闫业超等(2005)以系统动力学理论为指导,对济南市长清区水资源的支撑能力进行了定量分析。窦建强等(2006)从水资源对经济发展的影响和经济发展对水资源的响应两方面来分析水资源与经济社会发展的关系,并引入水资源利用可持续度和水资源利用可持续指数两个指标来衡量水资源在经济社会发展中的地位和作用。陈素景(2007)选取了1998~2005年我国各省(自治区、直辖市)水资源消耗和经济发展的相关数据,从时空两面对水资源利用效率和经济发展的关系进行了实证研究。张道宏等(2008)研究了区域水资源承载能力中的经济承载能力,以期解决在区域水资源总量刚性情况下区域经济的可持续发展问题,其基本思路是在建立水资源经济承载能力指标体系基础上,采用区域经济学中的偏离一份额法对区域内各产业的水资源利用效率进行了检验,以期发现区域内各产业在水资源利用方面的比较优势,并进而分析了如何在水资源总量刚性条件下通过调整区域产业结构来提升区域水资源经济承载能力,实现区域经济的可持续发展。

1.2.3 水资源约束下的经济结构调整研究

在分析水资源与国民经济关系的基础之上,如何在产业间与产业内调整经济结构从而调整用水结构,以适应该地的水资源条件,实现水资源与国民经济的协调发展,是当前研究的主要落脚点。宋先松等(2004)分析了张掖市产业结构与水资源短缺之间的矛盾,进而对当地水资源约束下的产业结构调整与优化方向提出了建议,认为应按照生态优先的原则,大力发展水资源利用效率和经济效益较高的特色农业、节水型生态工业、生态旅游。董增川等(2008)在分析产业分类、产业结构的基础上,分析了产业结构合理性判断准则,建立了基于水资源约束的产业结构和工业结构优化模型,给出了目标函数和经济、资源、环境等约束条件表达形式,提出了产业结构调整原则、调整方式的建议,认为应建立经济结构优化的多目标规划模型,包括产业结构优化模型、工业结构优化模型,通过经济结构的调整,最终解决经济与水资源配置的协调问题。

为反映水资源稀缺和水资源经济价值,英国学者 Allan 于 20 世纪 90 年代