



河海大学社科精品文库

区域用水结构 演变 与调控研究

张玲玲 王宗志 著



科学出版社

区域用水结构演变与调控研究

张玲玲 王宗志 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

为调控区域用水结构,提高用水效率与效益,使区域经济社会发展与区域用水总量限制的水资源约束相适应,本书以江苏省为研究区域,编制考虑用水水平的区域投入产出表,建立产业用水变动驱动因素识别方法,构建基于投入产出分析的区域用水结构动态优化调控模型,探析区域产业用水与国民经济发展的相互作用机理;在重点分析产业用水结构的同时,运用系统动力学方法和空间计量经济学方法,全面探析用水结构的演变及其与经济增长在空间分布上的关联等内容。

本书适用于资源与环境管理、水利科学、区域经济学等学科的本科生、研究生及相关领域的教学和科研人员,以及水利、经济、农业、资源和环境等管理部门决策人员。

图书在版编目(CIP)数据

区域用水结构演变与调控研究/张玲玲,王宗志著. —北京:科学出版社, 2016.5

ISBN 978-7-03-047653-1

I. ①区… II. ①张…②王… III. ①水资源利用—区域规划—研究—中国 IV. ①TV213.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第049029号

责任编辑:周 丹 曾佳佳/责任校对:郑金红
责任印制:张 倩/封面设计:许 瑞

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

文林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年5月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2016年5月第一次印刷 印张:10 1/2

字数:200 000

定价:69.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

随着经济社会的快速发展,水资源需求不断增加,以水资源短缺与水环境恶化相互激发而引发的水问题,严重制约着中国经济社会的可持续发展。这些水问题主要是粗放的经济增长与急剧的人口增加而导致的国民经济用水及与此同时产生的污废水超过了水资源与水环境承载能力的长期累积效应。

为应对日趋严峻的水资源形势,2009年我国政府提出了“最严格水资源管理制度”的治水新理念,后经2011年中央1号文件《中共中央国务院关于加快水利改革发展的决定》、2012年国务院3号文件《实行最严格水资源管理制度的意见》、2013年国办发2号文件《实行最严格水资源管理制度考核办法》等多部高规格文件的颁发,确立了以水资源开发利用控制、用水效率控制和水功能区限制纳污“三条红线”为核心,以实行用水总量控制、用水效率控制、水功能区限制纳污和水资源管理责任考核“四项制度”为主要内容的水资源管理制度体系。这些政策、制度和相关实践的全面展开,表明中国未来实施最严格水资源管理制度,特别是区域用水总量控制制度的必然性。

区域用水总量是区域内农业、工业、生活、生态(河道外)等所有用水主体及其之间相互作用关系的集中涌现,由于水资源是国民经济的重要基础资源和不可或缺的生产要素,区域允许用水量及分配方式的变化,会直接导致某些经济部门的变动,这些经济部门的变动又会引起其他经济部门的变动,经济部门的连锁反应反过来会对区域用水分配格局进行重新调整。从某种意义上讲,水资源在国民经济结构的产业链中具有牵一发而动全身的作用。因此,如何通过调控区域的用水结构,提高用水效率与效益,使区域经济社会发展与区域用水总量限制的水资源约束相适应,是目前中国区域经济社会发展所普遍面临与亟待解答的关键科学问题。

本书共分为9章。第1章导论,主要介绍了本书的研究背景、主要内容和思路,以及国内外相关研究进展。第2章主要梳理了本书所用到的相关理论方法。第3章以2005年为价格基准年,以当年部门“实际用水量”作为一个独立的生产部门,编制了考虑用水的江苏省可比价投入产出序列表(1997年、2000年、2002年、2005年、2007年和2010年)。第4章从用水量、用水结构、用水特性、用水偏差系数方面剖析了江苏省用水的现状特征。第5章构建了投入产出结构分解模型,通过对六个历史时间节点的扩展型投入产出序列表数据的结构分解分析,从生产和

消费两个层面考察了江苏省 1997~2000 年、2000~2002 年、2002~2005 年、2005~2007 年、2007~2010 年五个时段产业用水变动的贡献,从“产业整体—三大产业—各国民经济部门”三个层次,找出了驱动产业用水变动的因素。第 6 章以 2010 年江苏省的扩展型投入产出表为基础,运用动态投入产出分析方法,对 2020 年的产业结构和用水结构进行预测,然后建立一个多目标优化模型对江苏省 2011~2020 年的产业和用水进行分析优化,直观地分析出经济发展和产业用水之间的关系。第 7 章在分析水资源与经济、人口、环境子系统之间的主要因果关系和反馈回路的基础上,了解系统各要素间的相互影响和作用关系,明确模型参数和方程设置,通过系统分析和结构模拟,运用系统动力学方法,构建了江苏省水资源-经济社会复合系统模拟模型。第 8 章运用区域经济学中的区位熵原理,定量测度了江苏省农业用水、工业用水和生活用水区位熵,进而构造了用水结构综合区位熵。运用空间计量经济学研究方法,系统分析江苏省用水结构的区域分布特征及分布格局,并探讨了用水结构差异的空间效应及其作用机制。第 9 章提出了江苏省用水结构调控的对策建议。

感谢国家自然科学基金青年项目(51109055)、面上项目(51279223)、国家软科学计划项目(2014GXS4B047)和河海大学社科文库出版项目的资助。感谢研究生李晓惠、沈家耀、朱志强和陈妍彦在江苏省可比价投入产出扩展序列表编制及数据计算处理方面做出的贡献。同时对文中引用和参考文献的作者表示感谢。最后对本书写作和出版过程中给予帮助的老师、朋友和家人表示感谢。

由于作者水平和时间有限,不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 导论	1
1.1 研究背景与意义	1
1.2 国内外研究动态分析	3
1.2.1 用水结构研究述评	3
1.2.2 投入产出分析研究述评	8
1.2.3 系统动力学研究述评	10
1.2.4 因素分解研究述评	13
1.2.5 空间计量经济研究述评	14
1.3 研究内容与创新	17
1.3.1 研究内容	17
1.3.2 研究创新点	19
1.4 研究区概况	21
1.4.1 江苏省简介	21
1.4.2 水资源与水环境概况	22
1.4.3 社会经济概况	22
第 2 章 研究的理论方法基础	24
2.1 投入产出分析	24
2.1.1 投入产出分析产生与发展	24
2.1.2 投入产出表	25
2.1.3 投入产出模型	26
2.2 系统动力学	27
2.2.1 系统动力学产生与发展	27
2.2.2 系统动力学模型	28
2.2.3 系统动力学建模软件	30
2.2.4 模型边界的确定	31
2.3 因素分解分析	31
2.4 空间计量经济分析	32
2.4.1 空间计量经济学的定义	32
2.4.2 空间效应及其度量	33

2.4.3 空间权重矩阵	34
2.4.4 空间横截面模型	35
2.5 本章小结	36
第3章 扩展型投入产出序列表编制	37
3.1 扩展型投入产出表编制基本思路	37
3.2 考虑用水的可比价投入产出表编制	38
3.2.1 江苏省可比价投入产出表的编制	38
3.2.2 考虑用水的投入产出表的编制	44
3.3 基本平衡关系	46
3.4 本章小结	46
第4章 区域现状用水特征解析	47
4.1 用水量变化分析	47
4.2 用水结构变化分析	51
4.2.1 用水结构现状	51
4.2.2 用水结构演变规律	53
4.3 用水特性分析	55
4.3.1 用水效率分析	56
4.3.2 用水效益分析	62
4.4 用水偏差系数分析	68
4.4.1 产业结构现状分析	68
4.4.2 用水偏差系数分析	70
4.5 本章小结	72
第5章 区域用水结构演变驱动因素分解	73
5.1 产业用水变动一般分解模型	73
5.1.1 模型构建	73
5.1.2 总体产业用水变化分解特征	76
5.1.3 三产用水变化分解特征	77
5.1.4 国民经济各部门用水变动分解特征	79
5.2 最终需求拉动下的六因素分解模型	82
5.2.1 模型构建	82
5.2.2 总体产业用水变化分解特征	83
5.2.3 三产用水变化分解特征	85
5.2.4 国民经济各部门用水变动分解特征	86
5.3 本章小结	90
第6章 区域产业用水结构优化	91
6.1 以经济发展定用水需求	91

6.2 以水定经济发展	93
6.3 用水结构优化模型	95
6.3.1 目标函数	95
6.3.2 约束条件	96
6.3.3 模型变换	97
6.4 模型中数据的获得与处理及求解	98
6.4.1 直接消耗系数的修正	98
6.4.2 投资系数的确定与修正	99
6.4.3 最终净消费、直接取水系数的预测	102
6.5 模型求解	102
6.5.1 乘除法	102
6.5.2 功效系数法	103
6.5.3 计算结果分析	103
6.6 本章小结	108
第7章 区域用水结构演变模拟	110
7.1 用水结构演变模拟的基本思路	110
7.2 模型的结构	110
7.2.1 模型的边界	110
7.2.2 子系统的划分	111
7.2.3 主要的因果关系	111
7.2.4 建立系统流图	112
7.3 模型的主要参数	114
7.3.1 模型参数资料来源	114
7.3.2 基本参数的确定	114
7.4 模型的主要方程	118
7.5 模型的检验	120
7.5.1 结构检验	121
7.5.2 历史检验	121
7.5.3 关键调控变量的确定	122
7.6 用水结构演变的情景方案设计	123
7.6.1 方案设定依据	123
7.6.2 各情景方案之 GDP 总量分析	123
7.6.3 各情景方案之用水总量分析	124
7.6.4 各情景方案之水资源供需平衡比分析	125
7.6.5 综合结果分析	125
7.7 重点产业部门的确定	126

7.8 江苏省产业部门综合效用测度方法	127
7.8.1 取水特性指标	127
7.8.2 经济效益指标	128
7.8.3 产业部门用水综合评价指标	128
7.8.4 江苏省各产业部门用水综合效用分析	128
7.8.5 江苏省重点发展部门的确定	130
7.9 经济中速发展方案下关键部门取水和经济效益情况	131
7.10 本章小结	132
第8章 区域用水结构与经济增长的空间分析	133
8.1 研究方法与数据来源	133
8.1.1 区位熵	133
8.1.2 用水结构区位熵	134
8.2 空间模型构建	135
8.2.1 ESDA: 空间自相关分析	135
8.2.2 模型设定	136
8.2.3 直接效应和溢出效应	136
8.3 指标选取与数据来源	137
8.3.1 样本选择与变量描述	137
8.3.2 空间权重指标的选取	138
8.4 实证结果及分析	139
8.4.1 用水结构区位熵的空间相关性及集聚现象检验	139
8.4.2 空间面板计量模型检验结果	142
8.5 本章小结	146
第9章 江苏省用水结构调控的对策建议	147
9.1 保障江苏省经济社会可持续发展, 未来须以用水总量控制为约束	147
9.2 江苏省用水结构调控, 存在优化空间	148
9.3 以用水结构的优化调控, 推动产业结构的革新升级	148
9.4 调整最终需求, 引导节水型生产结构	150
9.5 投资节水技术, 降低用水强度	151
9.6 加强法律法规建设, 完善水资源管理体制	152
9.7 本章小结	152
参考文献	153

第1章 导 论

1.1 研究背景与意义

中国是一个干旱缺水严重的国家。淡水资源总量为 28 000 亿 m^3 ，占全球水资源的 6%，仅次于巴西、俄罗斯和加拿大，居世界第四位。但人均水资源占有量只有 2300 m^3 ，仅为世界平均水平的 1/4、美国的 1/5，在联合国 2006 年对 192 个国家和地区评价中，位列 127 位，是全球 13 个人均水资源最贫乏的国家之一（中华人民共和国水利部，2010）。扣除难以利用的洪水径流和散布在偏远地区的地下水资源后，中国可资利用的淡水资源量则更少，仅为 11 000 亿 m^3 左右，人均可利用水资源量约为 900 m^3 ，并且其分布极不均衡。到 20 世纪末，全国 600 多座城市中，已有 400 多个城市存在供水不足问题，其中比较严重的缺水城市达 110 个，缺水总量为 60 亿 m^3 。

近 50 年来，受自然因素和人类活动的影响，我国水资源发生了深刻变化，尤其是 21 世纪以来，全国水资源量减少较明显。2001~2009 年与 1956~2000 年比较，全国降水减少 2.8%，地表水资源和水资源总量分别减少 5.2%和 3.6%，南北方均有所减少，其中海河区减少最为显著，降水减少 9%，地表水减少 49%，水资源总量减少 31%（中华人民共和国水利部，2010）。全国总用水量从新中国成立初期的 1031 亿 m^3 增加到 2013 年的 6183.4 亿 m^3 ，增加了近 5 倍，年均增长率 1.4%。2013 年全国总用水量 6183.4 亿 m^3 ，占当年水资源总量的 22.1%，其中生活用水占 12.1%，工业用水占 22.8%，农业用水占 63.4%，生态环境补水（仅包括人为措施供给的城镇环境用水和部分河湖、湿地补水）占 1.7%（中华人民共和国水利部，2014）。由于可利用的淡水资源有限，加上需水不断增加、水资源浪费、污染以及气候变暖、降水减少等原因，加剧了水资源短缺的危机。

改革开放以来，中国经济发展取得了翻天覆地的变化，国内生产总值（GDP）逐年增加，2000 年 GDP 为 99 214.55 亿元，2014 年 GDP 达到 636 464 亿元，2014 年 GDP 是 2000 年 GDP 的 6 倍之多，中国在经济发展上所取得的成就被世人称为“增长奇迹”（国家统计局，2015）。此外，中国还是贸易出口大国，2013 年，中国货物进出口 4.16 万亿美元，一举成为世界第一货物贸易大国，也是首个货物贸易总额超过 4 万亿美元的国家，创造了世界贸易发展史的奇迹。水资源是人类社会生存与发展的基础性自然资源，是控制生态环境的关键要素，同时又是决定社会经济持续稳定发展的战略性经济资源（雷明，2000；汪党献等，2011）。

随着经济社会的快速发展,水资源需求不断增加,以水资源短缺与水环境恶化相互激发而引发的水问题,严重制约着中国经济社会的可持续发展(中国科学院可持续发展战略研究组,2007)。这些水问题主要是粗放的经济增长与急剧的人口增加而导致的国民经济用水及与此同时产生的污水废水超过了水资源与水环境承载能力的长期累积效应(胡四一等,2010)。

国家始终高度重视水资源问题应对和安全保障体系的建设,全国现状供水能力超过 7000 亿 m^3 ,实现了以占全球 6%左右的水资源量,支撑全球 22%的人口和超过 10%的经济发展速度。2011 年中央 1 号文件通过了《中共中央国务院关于加快水利改革发展的决定》(中国水利报,2011),7 月 8 日召开了中央水利工作会议;《中共中央国务院关于加快水利改革发展的决定》第十九条“建立用水总量控制制度”中也明确指出“抓紧制定主要江河水量分配方案,建立取用水量总量控制指标体系,确定水资源开发利用红线”。2012 年 2 月国务院发布了《关于实行最严格水资源管理制度的意见》(国发〔2012〕3 号),确定了水资源问题应对策略,意味着中国对水资源与水环境问题给予极大关注。1 号文件明确提出要实行最严格水资源管理制度,将其定位为“加快转变经济发展方式的战略举措”。这些政策、制度和相关实践的全面展开,表明中国未来实施最严格水资源管理制度,特别是区域用水总量控制制度的必然性。

区域用水总量是区域内农业、工业、生活、生态(河道外)等所有用水主体及其之间相互作用关系的集中涌现,由于用水主体是有限理性的,存在受用水习惯、收入水平等因素驱使的依赖性,但当包括水资源供给条件和水资源管理政策等构成用水环境的诸多要素发生变化时,其用水行为(为适应环境的外在表现)又会自动调整以适应环境。这正是加强制度建设进行水资源管理的基本前提。此外,由于水资源是国民经济的重要基础资源和不可或缺的生产要素(康绍忠等,2009),区域允许用水量及分配方式的变化,会直接导致某些经济部门的变动,这些经济部门的变动又会引起其他经济部门的变动,经济部门的连锁反应反过来会对区域用水分配格局进行重新调整。从某种意义上讲,水资源在国民经济结构的产业链中具有牵一发而动全身的作用。因此,如何通过调控区域的用水结构,提高用水效率与效益,使区域经济社会发展与区域用水总量限制的水资源约束相适应,是目前中国区域经济社会发展所普遍面临与亟待解答的关键科学问题。这需要在科学揭示区域用水总量与国民经济发展相互作用机理的基础上,实现用水总量在产业结构各部门的科学分配,保证区域经济发展适应用水总量约束的外部环境变化,将水资源约束对区域经济发展造成的负面影响降到最低。

众所周知,水资源的可利用量是有限的,所以对水资源的利用必须在其承载力范围之内。作为可再生资源,水能的增长趋势如图 1-1 所示,它的生产率呈逐渐上升直至最终趋于稳定的趋势。其生产率即水资源利用将最终趋向一个极限值。

这表示每单位总产出的水资源利用量将最终趋于稳定状态，不会再减少（Daly，1968）。因此，仅仅依靠提高用水效率无法解决水资源的可持续利用问题。技术性节水管理的效应是有限的，最终将趋于无效。对此，水资源管理的理念亟须从供水管理向需水管理转变（程国栋，2003）。

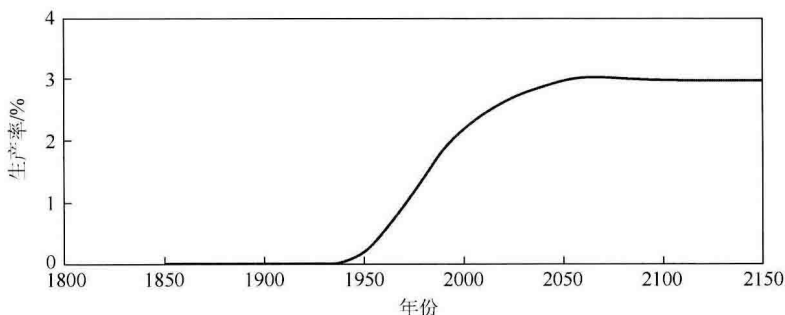


图 1-1 水能增长曲线

从水资源管理的视角来看，要实现区域社会经济和水资源的和谐可持续发展，需要掌握水资源利用变动情况，即用水结构现状及其变动情况。就生活、生产和生态“三生”用水结构而言，生产用水（书中也称产业用水）占比例最大，可达到 90%左右，生态用水所占比例较小，生活用水的变化主要与人口、收入水平和用水观念相关，且占比例也较小。随着人们生活水平的提高、环境保护意识增强以及更多的环境质量要求，生活和环境用水未来呈现增长趋势。在用水总量控制背景下，要实现用水总量不增加，需要缩减占用水比例最大的生产用水，在减少生产用水的同时，还需要保证经济发展规模和速度等不受影响或尽可能受较小的负面影响。因此，研究生产用水结构显得尤为关键。本研究的区域用水结构主要是指区域用水量在用水主体的分配比例，用水结构受经济等因素影响且随时间和空间动态变化。考虑到生产用水在总用水中所占比例较大，而且投入产出分析侧重于分析产业部门的用水（即生产用水），因此书中运用投入产出分析技术重在研究生产用水结构，与此同时，则运用系统动力学方法和空间计量经济学方法，全面探析了用水结构（生产、生活和生态用水结构）的演变、与经济增长在空间分布上的关联。

1.2 国内外研究动态分析

1.2.1 用水结构研究述评

狭义上的用水结构指的是某一国家或地区在一特定时限内（通常为一年）各

类用水主体用水量在总用水量中的构成比例,是水资源利用状况的最直观反映,也是各用水主体用水量的重要表现。广义上的用水结构还包括用水系统内各用水主体之间联立、制约的存在关系,不同用水主体的用水行为总和成一个完整的用水系统。用水结构是水资源禀赋、产业结构、政策等多重因素综合影响的结果。对用水结构进行深入研究,既能从宏观角度分析水资源系统与经济社会系统之间的相互耦合的反馈过程,也能从微观角度探究用水主体之间(如生活用水与一般工业用水)的相互依存的博弈关系。

1.2.1.1 用水主体的划分

发达国家和发展中国家在用水结构的划分标准上存在差异。在欧美发达国家,水资源管理部门将用水主体分为农业用途(agricultural use)、工业用途(industrial use)、市政用途(municipal use)、水库蓄积(reservoirs);在发展中国家用水结构分析中,一般将用水部门分为工业、农业、民用三部分;按地域划分可分为行政区域用水结构和流域用水结构(多行政区域交叉);在我国,水资源公报将用水结构分为农业、工业、生活、生态四个方面(中华人民共和国水利部,2014);根据城市用水分类标准,将用水分为居民家庭用水、公共服务用水、生产运营用水、消防及其他特殊用水。

用水结构是用水主体(用水户)用水量占总用水的比例的直接反映,用水主体的不同划分标准产生不同的用水结构。我国目前将用水主体进行逐级分类,将总用水划分为河道内用水与河道外用水,河道外用水主要分为生活用水、生产用水和生态用水,是用水结构划分的主要依据;河道内用水是指河流、水库、湖泊内用于水力发电、航运、淡水养殖、冲沙、旅游、河道内环境等,只对蓄积区域的流量和水位有基本要求,具有耗水率低的特点(中国工程建设标准化协会建筑施工专业委员会,2006)。本书中用水结构的划分主要指的是河道外用水,河道内用水不纳入研究范围。河道外与河道内用水主体的具体构成如图 1-2 所示。

1.2.1.2 用水结构现状、演变与影响因素分析

目前用水结构研究内容主要集中在用水结构现状分析、结构演变、影响因素和其与产业关联分析等方面。下面分别阐述。

(1) 在区域用水结构现状分析方面。王红瑞等(1995)采用直接用水系数、完全用水系数、用水乘数等指标对 1991 年北京市的用水结构现状进行分析;周军等(2004)概述了中国城市供水和用水结构状况,并指出水资源短缺所引发的各种供水问题的严重性;潘雄锋等(2008)对我国 1997~2004 年的用水结构现状进行分析;刘欢等(2014)对郑州市 2005~2011 年用水结构现状以及空间分布特点进行分析。

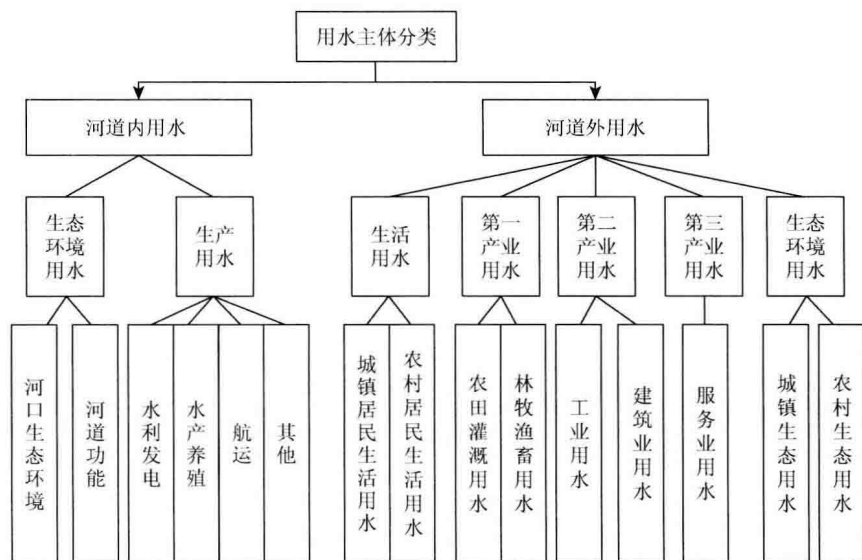


图 1-2 我国用水主体分类口径及构成

(2) 在区域用水结构演变方面。王小军等 (2011) 通过收集陕西省最北部的榆林市 1990~2006 年社会经济系统中各行业用水量, 并排除冗余信息, 得出 1990~2006 年用水量的信息熵值及优势度演变规律; 王玉宝等 (2010) 通过历史数据分析了我国农业用水结构, 并对农业用水结构的演变趋势进行预测分析; 马黎华等 (2008) 引入信息熵, 分析了近二十年石羊河流域用水结构的演变规律; 贾绍凤等 (2004) 以发达国家为例分析了工业用水变化和经济发展之间的关系, 得出工业用水演变符合库兹涅茨曲线的变化规律的结论; 柯礼聘 (2002) 在对我国的经济结果的分析中认为我国总体用水量稳中有降, 用水结构的变化为生活用水比例增加, 工业、农业用水比例下降; 吴孝情等 (2014) 认为用水结构具有分阶段演变的特点, 社会经济因子是东江流域用水结构变化主要驱动因子。

(3) 在区域用水结构影响因素方面。Kondo (2005) 结合 I-O 表和 SDA 模型, 把日本虚拟水的出口变动分解为三大效应, 研究出口与用水之间的关系; 吕翠美等 (2008) 运用灰色关联度分析方法, 对郑州市的农业用水、工业用水和生活用水增长的主要驱动因素进行归纳总结; 贾绍凤等 (2004a) 采取因素分解技术, 对北京市如何在提高水资源利用率的前提下进行产业结构调整提出针对性对策; 赵菲菲等 (2012) 运用因子分析法对三江分局用水结构的驱动因子进行了筛选, 分析了用水结构变化的主要驱动力; 刘云枫等 (2013) 对北京市第二产业用水变动的影响因素进行分解, 利用 LMDI 模型对 1996 年来的长序列数据进行分解。

(4) 在区域用水结构与产业关联分析方面。雷社平等 (2004) 以北京市作为研究对象对产业结构调整和水资源变化关系进行了研究, 得出产业结构与用水量

之间存在高度相关的关系;许凤冉等(2005)用灰色关联法对农业、工业及第三产业的各行业构成比例及其相应的用水量进行计算分析;汪党献等(2005)建立了水资源投入产出分析模型,构建了产业结构及用水效益的评价体系,提出了节水高效型产业结构的判定标准及方法;黄晓荣等(2006)运用产业结构偏离度模型,分析了宁夏第一产业与第二产业之间的比例结构;云逸(2008)采用北京市用水结构域产业结构的成分数据建立了两者的偏最小二乘法线性回归模型,分析了北京市用水结构与产业结构之间高度相关性;章平(2010)提出采用能源需求面板数据模型,以深圳市作为分析对象进行验证,考察产业结构演进中用水需求的变化规律;许士国等(2012)采用用水效益评价模型,基于吉林省用水量数据,运用信息熵和均衡度相关概念分析了用水结构的变化规律,计算出农业用水的边际效益;蒋桂芹等(2013)讨论了水资源与产业结构演进的互动关系。

1.2.1.3 用水结构变化趋势分析

用水结构不仅可以直观地表现出国家或地区的发展现状,也能在一定程度上反映国家或地区的科研能力和科技水平。根据2008年联合国教育、科学与文化组织官网上公布的用水数据可知,世界上各个国家的用水结构现状和社会经济发展现状具有很强的匹配性。生活用水占总用水的比重较大,说明经济发达,生活质量较高;工业用水比重较大,说明工业化程度发达或工业用水效率低下;而农业用水占总用水比例大,不仅说明其是以农业为主要产业,而且也从侧面反映农业科技较为落后(吴普特等,2003)。走在工业革命、科技革命最前端的欧美发达国家的用水系统得到资金和技术的强大支持,一方面用水效率提高、总用水量下降;另一方面研究重心从水量调整为水量、水质的综合分析。分布在亚洲和非洲的发展中国家,农业仍然是国民经济的主导产业,与之对应的在用水总量中占绝对主导的农业用水,因为用水基数较大,用水效率较低,上升趋势明显;工业和第三产业虽然基础薄弱,但往往因为其强大的经济带动效应能得到政府的大力支持,未来总用水量也呈现明显上升趋势。在世界范围内,农业仍然是用水结构中占最大比例的部门,工业、市政用水都存在不同程度的缓慢增加。从用水结构变化来看,可以从不同用水主体进行分析。

(1) 第一产业用水量及用水比例不断降低。在全球大部分地区的用水结构中,第一产业具有较高的用水量投入、较低的增加值产出的特性,提高农田灌溉用水和林牧渔畜用水的用水效率是当前各国应对水资源约束的主要对策之一。农业向精细化和节能化生产方面转变,各种节水设施的广泛使用,使得灌溉用水大幅度减少;第一产业中农林渔畜业的内部优化,农业产品生产不再局限于低技术含量、低附属价值的模式,使得农业产值不断提高,从而有更多的资金投入水利基础

设施建设与农业节水技术的推广中。

(2) 第二产业用水量及用水比例的变动将经历两个阶段。第一阶段为工业化初始阶段,大批工厂的设立,工业规模迅速扩大直接带动了工业用水量的剧增,在此阶段内,节水、治污技术尚未得到推广,相关的政策法规有待完善,第二产业用水量及用水比例不断上升。第二阶段为传统工业向高新技术工业转变阶段,在此阶段内工业用水效率不断提高,第二产业用水量呈现零增长或负增长趋势,对应的第二产业用水比例基本保持稳定。

(3) 第三产业用水量上升但用水比例基本保持稳定。在全球化大背景下,无论在发达国家还是发展中国家,新的科技革命和城市化作为第三产业的发展提供了强大动力,扩大了第三产业用水量的需求,但第三产业中金融、贸易等低耗水高产值行业的发展,使得万元第三产业增加值用水量不断降低。作为用水效率最高的部门之一,第三产业用水量及用水比例并没有随着产值增大而急剧增加,但第三产业作为在社会再生产中的生产和消费服务的部门,服务性质决定着其对水质的要求要高于第一产业和第二产业。

(4) 居民生活用水和生态环境用水的用水量和用水比例不断增加。随着城市化的快速发展和人民生活水平日益提高,生活用水大幅增加。生态环境用水量是维持生态系统稳定和健康运行所需要的水量,其用水量及用水比例的大小是衡量一个国家或地区发展水平的标准之一。生态环境用水量、用水比例增加,用水保证率提高是未来发展的必然趋势。

综上所述,以上研究均对用水结构做出了有益探索,但需在以下方面值得进一步深入开展。

(1) 关于用水结构组成的相关研究大多仅限于宏观分析,注重于工业、农业和生活的用水结构,或农业用水结构,或城市用水结构等分析,缺少从生活、生产、生态的用水结构、三次产业的用水结构和国民经济各行业部门的用水结构三个层面分层次系统地开展用水结构的研究。

(2) 关于区域用水结构变动影响因素的研究主要采用因子分析、回归分析和指数分解法,这些方法主要是对宏观的用水结构变动的影响因素进行分析,难以对门类众多的国民经济行业部门的用水结构变动影响因素进行分析,且没有基于可比价的投入产出序列表从最终需求或产业中间技术等因素方面作深入分析。

(3) 鲜有将系统动力学与投入产出分析结合,模拟不同经济发展模式下的用水结构并确定发展的关键产业部门。

(4) 已有研究将研究单元视为相互独立且均质的个体,忽略了邻域单元间的空间联系和相关性,对区域用水结构的诸因素的实证分析或者以时间序列法进行分析,缺乏对区域用水结构空间效应的考虑,更没有关注到经济、社会等更复杂的因素在空间上对用水结构的影响。

1.2.2 投入产出分析研究述评

1.2.2.1 水资源投入产出分析

投入产出分析, 又称“部门平衡法”, 或称“产业联系”分析, 是由美国经济学家列昂惕夫(Leontief)在 20 世纪 30 年代最早提出来的(Leontief, 1970, 1996)。它主要通过编制投入产出表及建立相应的数学模型, 反映经济系统各个部门(产业)之间的相互关系(严婷婷等, 2009)。水资源投入产出分析开始于 20 世纪 60 年代, 随着水资源短缺和水环境问题的不断涌现, 一批国外学者开始将投入产出分析应用于水资源水环境分析中, 经过几十年的发展与探索, 水资源投入产出分析在投入产出表编制以及模型应用方面都有了重大发展。

(1) 水资源水环境投入产出表的编制方面。Bouhia (1998) 提出了水资源利用投入产出表: 在传统的 I-O 表的投入部分加入“水的投入”; 在产出部分加入“自然储水量变化”。加入“水的投入”板块较好地表达了水资源在国民经济活动中的流动情况; 加入“自然储水量变化”则直接反映出各种经济活动所实际消耗的用水量。汪党献(2003)提出的水资源投入产出表, 以对角矩阵的形式加入“用水量”, 用来反映各经济部门对水资源的利用情况。该模型结构简单, 易于操作。陈锡康等(1987)在水资源投入产出表的基础上加入了“污染物”板块, 编制出包含水污染分析的水资源投入产出表, 该模型结合了资源利用与环境保护两方面的内容。陈锡康等(2002)提出了水资源投入占用产出表, 除加入水资源投入与水污染之外, 还加入了劳动力、固定资产、流动资产在内的占用部分, 更好地反映了存量与流量之间的关系。金占伟(2007)在总结以往研究成果的基础上, 将水资源、水环境纳入投入产出表中, 建立水资源、水环境与经济之间的数量关系。付强等(2010)基于投入占用产出理论建立了黑龙江省水资源投入产出表, 计算该省的用水效率和用水效益。

(2) 水资源与水环境投入产出模型应用方面。①用水特性及关联分析。Hassan (2003) 构建了南非水资源投入产出模型, 分析用水密集型产业的完全经济效益。Duarte 等(2002)以各部门耗水量为度量, 提出了改进的产业用水关联分析方法, 将部门用水关联影响效应分解为内部、复合、净前项、净后项四个组成因素。刘金华等(2011)构建了 2005 年黄河流域水量-水质投入产出表, 分析得出了黄河流域国民经济行业总体用水、耗水、排污的特性, 提出了不同行业的发展战略与建议。②水价分析。Wernstedt (1991) 建立了哥伦比亚河流域地区投入产出模型, 研究不同水资源政策对城乡家庭收入变化的影响, 分别从长期和短期来考虑价格变化的影响。Brooks 等(2002)利用水资源投入产出模型和线性最优规划解, 得