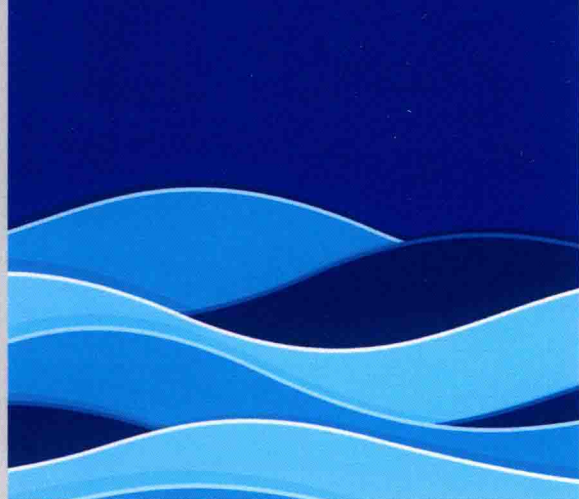




中国城镇化进程中的 水资源利用

马海良 蒋亚东 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

中国城镇化进程中的 水资源利用

马海良 蒋亚东 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

“水是生命之源、生产之要、生态之基”，其有效利用是维系社会可持续发展之关键。面对水生态文明城镇的建设要求，以“绿色水资源利用效率”为研究主线，从时空耦合角度，探讨不同发展阶段、不同地域的水资源利用及其与城镇化交互作用的演变规律。首先，采用方向性距离函数测度各区域的绿色水资源效率。其次，通过变异函数模型和空间自相关方法评价水资源效率的空间差异程度。再次，从用水总量和用水效率两方面分析中国城镇化进程中的水资源利用情况。最后，以江苏为实例，分析江苏水资源环境和城镇化的耦合度。研究结果将为综合协调人水矛盾，建设水生态文明城镇提供理论指导。

本书适合研究资源经济学的研究生，以及对我国水资源问题感兴趣的学者和业界人士参考阅读。

图书在版编目（C I P）数据

中国城镇化进程中的水资源利用 / 马海良, 蒋亚东
著. — 北京 : 中国水利水电出版社, 2016. 12
ISBN 978-7-5170-5017-9

I. ①中… II. ①马… ②蒋… III. ①水资源利用—
研究—中国 IV. ①TV213.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第313280号

书 名	中国城镇化进程中的水资源利用 ZHONGGUO CHENGZHENHUA JINCHENGZHONG DE SHUIZIYUAN LIYONG
作 者	马海良 蒋亚东 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 (营销中心)
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	北京九州迅驰传媒文化有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 9印张 213千字
版 次	2016年12月第1版 2016年12月第1次印刷
定 价	46.00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

前言

城镇化是每个国家或地区的必经发展阶段，也是中国现代化的必然抉择。2016年2月，《中共中央、国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》明确提出各地要根据实际情况，制定出以人为本、四化协调发展、改善结构布局、加强生态文明和文化延续的中国特色新型城镇化发展规划。快速的城镇化加速了我国经济的增长和产业结构的调整，同时也对资源的供给和利用提出了更高的要求。其中水资源作为一种基础性的自然资源和战略性的经济资源，在支持城镇化高速发展的同时，也给城镇化进程带来了严重的胁迫效应。目前在全国669个大中城市中，大约有400个城市供水不足；在46个重点城市中，大约有45.6%的城市水质出现了严重的污染。面对这种困境，我国政府要求要按照人水和谐的理念，进一步调整人与自然的关系，实行水资源合理调配，按照“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的水治理新思路，推动水资源管理工作取得新的成效。这些都表明了我国政府旨在通过高效利用水资源和水生态文明建设来促进城镇化可持续发展的决心。

本书是基于“问题驱动”的实证分析，即以研究中国城镇化进程中如何高效利用水资源这一现实问题为出发点。通过绿色水资源利用效率的测度，探讨其时空变异规律，构建其与城镇化的耦合模型，从而使水资源管理符合生态城镇的建设机理，具体而言，本书首先从单要素和全要素水资源利用效率两方面、是否包含非合意产出这两种情况下的水资源利用效率进行对比分析，并在探讨东部、中部、西部水资源利用效率收敛性的基础上，系统分析影响水资源利用效率的影响因素。其次，分析当城镇化率为60%时，中国用水总量和用水效率与红线目标是否有矛盾冲突，并试图证明改变中国用水结构是否能够满足城镇化进程的需要。再次，以工业废水为例，运用指数平滑法预测工业废水污染物的变动趋势，为国家将来实施新型城镇化战略提供理论依据。最后，选择江苏作为典型省份，构建水资源环境和城镇化发展的综合评价指标体系，并借助耦合协调度模型，对2002—2012年江苏省的水资源

环境和城镇化发展的交互作用关系进行了实证分析。基于以上分析，提出对水资源利用制度改革进行理性思考，建立节水减排的内在动力机制，发挥价格杠杆作用，让市场成为水资源配置的主要手段，促进经济主体的自觉节水行为等建议的落实。

城镇化进程中的水资源利用既是一个理论问题，同时也是一个具有重要现实意义的实践课题。因此，本书特别注意定性分析与定量分析相结合，力求以科学的理论和翔实的数据探讨我国水资源利用的困境和难点。当然，水资源利用问题是个复杂的社会系统工程，也是需要 we 不断改革创新探索过程。因此，如果本书出现不足之处，敬请读者批评指正。

本书受到国家自然科学基金“绿色水资源利用效率的空间异质性及其与新型城镇化的耦合”（批准号：41301620）和中央高校业务基金项目“海绵城市建设的水资源保障研究”（批准号：2016B09714）以及江苏省“世界水谷”与水生态文明协同创新中心的赞助，特此表示感谢！

马海良 蒋亚东

2016 年 12 月

目 录

前言

第 1 章 绪论

1.1 研究背景与意义

1.2 文献综述

1.3 主要研究内容

1.4 研究的创新之处

1.5 研究方法和技术路线

第 2 章 研究的理论基础

2.1 城镇化的理论基础

2.2 水资源利用的理论基础

2.3 水资源利用效率的影响因素

2.4 环境效率理论

2.5 本章小结

第 3 章 不考虑非合意产出的水资源利用效率

3.1 我国水资源总体概况

3.2 水资源消耗强度分解

3.3 全要素水资源利用效率的测算

3.4 单要素与全要素水资源利用效率的比较

3.5 本章小结

第 4 章 绿色水资源利用效率的空间计量分析

4.1 问题的提出

4.2 绿色水资源利用效率内涵

4.3 研究方法

4.4 绿色水资源利用效率的测量

4.5 省际绿色水资源利用效率的空间计量

4.6 本章小结

第 5 章	绿色水资源利用效率增长率的地区差异和收敛性分析	62
5.1	问题的提出	62
5.2	研究方法	63
5.3	绿色水资源利用效率增长率的测度	65
5.4	绿色水资源利用效率增长率的聚类收敛性分析	71
5.5	本章小结	73
第 6 章	中国省际水资源利用的公平性研究	75
6.1	问题的提出	75
6.2	理论模型与方法	76
6.3	省际水资源利用公平性的实证分析	77
6.4	本章小结	82
第 7 章	中国城镇化进程与水资源利用关系	84
7.1	问题的提出	84
7.2	中国的城镇化发展现状	85
7.3	城镇化进程与用水总量的关系	88
7.4	城镇化进程与用水效率的关系	90
7.5	城镇化进程与具体领域用水的关系	92
7.6	城镇化进程对水资源利用的挑战	94
7.7	本章小结	95
第 8 章	城镇化进程中工业废水污染排放与预测	97
8.1	问题的提出	97
8.2	城镇化进程中工业废水污染排放	98
8.3	城镇化进程中工业废水污染的预测	102
8.4	本章小结	110
第 9 章	典型省域分析：江苏水资源利用情况	112
9.1	问题的提出	112
9.2	研究区域概况	112
9.3	江苏水资源环境的承载力分析	113
9.4	江苏水资源环境与城镇化的耦合	118
9.5	本章小结	123
第 10 章	城市化进程中水资源利用制度改革的理性思考	124
10.1	全面贯彻并落实最严格的水资源管理制度	124
10.2	完善公众参与水资源利用规划编制的机制	125
10.3	建立节水减排的内在动力机制，促进经济主体的自觉节水行为	126
10.4	加快产业结构调整，大力推进企业技术进步和自主创新	127
10.5	发挥价格杠杆作用，让市场成为水资源配置的主要手段	128

10.6 推动城镇化健康发展，助力水资源的保护性利用 128

10.7 本章小结 129

参考文献 130

第 1 章

绪 论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 研究背景

城镇化是每个国家或地区发展的必经阶段，也是中国现代化的必然抉择。2000 年 10 月召开的十五届五中全会指出：“伴随农业生产力水平的上升和工业化进程的提速，中国要抓住适宜的时间和有利的机会实施城镇化战略。”此后，十六大报告、十七大报告和十八大报告中多次深入探讨城镇化战略。另外，中共中央政治局多次针对城镇化问题召开国外城镇化发展结构和中国城镇化进程学习研讨会，寻找合适的城镇化道路，这些都显示中国政府高度关注城镇化问题。

十八大报告中指出，今后工作重点是改善城镇化质量，实施具有中国特色的新型城镇化战略。为了早日完成四化协同发展的目标，要进一步提高工业化和城镇化的良性运行机制，以及城镇化和农业现代化的协调发展程度。这个方针给我们未来的工作指明了方向，同年年底，即 2012 年 12 月，中央经济工作会议提出，“中国现代化发展的历史任务是城镇化战略的有效实施，当前增加内需的最大潜力也是发展城镇化；我国要通过改善城镇化发展水平，因势利导、避害趋利，主动监督指导城镇化战略的有效实施”。为了具体化这些方针政策，2013 年 12 月，中央自改革开放起首次召开城镇化工作会议，具体讨论了城镇化工作中出现的问题和未来的思路。2014 年中共中央、国务院正式印发了《国家新型城镇化规划（2014—2020 年）》，明确提出了城镇化发展程度和质量平稳上升的五大发展目标。2016 年 2 月，《中共中央、国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》文件拟定了中国特色的城市发展“路线图”。至此，中国政府从重视“走出一条新路”到确定城市开发“路线图”，从开始处理“三个一亿人”任务到新型城镇化试点，制定了一份以人为本、四化协调发展、改善结构布局、生态文明、文化延续的中国特色新型城镇化发展规划。可以预见，中国城镇化战略在今后 10 年内将会处于高速实施阶段，并且在建设过程中将会面临方向性抉择。

伴随城镇化的推进，中国一半以上的人会生活在城镇里，而且占比一直在持续变大。伴随城镇化进程的推进，城市产生了很多生态环境问题，尤其是水资源和水环境问题，水资源问题已变成限制中国城镇化脚步和社会发展的关键要素，同时也给社会可持续开发带来了较大的困难。尽管中国水的面积已占全球面积的 70%，但是淡水资源的存量仅仅是

总存量的 2.53%，是 $3.5 \times 3.5 \times 10^{16} \text{ m}^3$ ，而且可持续利用的水资源仅占淡水资源的 0.3%。针对中国实际情况来看，随着中国经济的稳步提升，水资源对经济和环境的约束力逐渐增加，具体体现在以下四个方面：

1. 水资源总量大、人均占有量少

中国水资源总量很多，年均水资源总量是 28124 亿 m^3 ，处于全球第 6 位，但是由于我国人口数量较大，人均拥水量是 2474 m^3 ，低于全球平均值的 $1/4$ ，处于全球第 109 位。耕地平均分摊水量大约是 $1770 \text{ m}^3/\text{亩}$ ，也仅仅是全球均值的 $3/4$ 。

2. 水资源时空分布不均

中国水资源时空分布非常不平衡，水资源的地区布局和人口、耕地的布局互不相应。黄河、淮河、海河三大流域的河川径流量仅仅是全国的 6.2%，耕地面积却占全国的大约 40%。而长江流域及其以南耕地为中国耕地总面积的 36%，人口数量为中国人口总数的 54.4%，但水资源总量却为 81%，人均拥有量是 4180 m^3 ，大约是中国人均拥有量的 1.7 倍，每亩平均占有量是 4130 m^3 ，是中国均值的 2.3 倍多。北方人均水量大约是南方的 $1/4$ ，亩均水量大约是南方的 $1/10$ 。此外，受季风性气候的影响，中国在夏季和秋季的雨水较大；冬季和春季雨水则较少，且易出现干旱情况。不但如此，年际间的雨水也有比较大的改变，偶尔丰枯轮换，偶尔也会发生连枯、连丰的情况。北方区域每年的降水幅度在 $40 \sim 60 \text{ mm}$ ，而南方区域通常在 $1000 \sim 2000 \text{ mm}$ 。正因为上述情况，导致水资源的时空分布非常不均衡，进而导致中国水资源在区域上南多北少，东南多西北少的布局，北方和沿海地区水资源短缺问题十分严峻，这些情况严重干扰了我们对水资源的有效使用，同时也为中国农业生产造成较大的困境。

3. 水资源利用效率偏低

中国万美元国内生产总值的用水量是 4749 m^3 ，为全球平均水平的 4 倍，为美国的 9.8 倍，日本的 25 倍。因为城市居民的节约用水意识不强，导致严重的生活用水浪费情况。结合 408 个城市的统计结果，自来水的平均管网漏损率到 2008 年已经达到 16.5%，每一年的浪费接近 78 m^3 。农田灌溉因为使用老旧的“漫灌”方法，有效率只有 40%，和发达国家的 70% 的滴灌、喷灌的有效率相比，水资源浪费情况非常严峻。中国每公斤粮食的耗水量为发达国家的二至三倍。

4. 水污染严重

现在很多城市水质恶化和水生态系统破坏问题已经非常严重，对淡水资源的供给情况产生了严重的制约作用。同时大约有 80% 的污水没有经过任何技术手段进行处理，直接通过管道排入主要水域，导致中国 $1/3$ 以上的河段被污染，且有 90% 的城镇水域受到污染，大约 50% 的重点城镇水源地不符合饮用水标准。从监控的 1200 多条河流来看，其中已经有 850 多条河流被污染，一些主要的湖泊出现富营养化。在七条重大江河中，辽河、海河、淮河已经受到严重污染，洞庭湖、巢湖、白洋淀、南四湖、滇池等也受到一定程度的污染。南方区域由于水污染造成的水资源短缺量已经占这些城市总缺水量的 60%~70%。整体来看，水环境质量一直在持续变糟，造成了可利用水源的总量下降，同时增加了水资源的供需矛盾。目前，严重的水污染和短缺的水资源已经变成中国水资源可持续利用目标的两个关键制约因素。

中国政府已经完全意识到水资源对经济和环境的作用，并指出要全力改变经济发展模式，从过去的粗放型发展形势变成集约型发展形势。2011 年 1 月我国正式颁发水利史上著名的“一号文件”，即《中共中央、国务院关于加快水利改革发展的决定》。该文件属于中央政府第一次提出全面的水资源管理目标和制度，因此具有里程碑的意义。根据该文件的精神，水被界定为“生命之源，生产之要，生态之基”；同时文件也指出要增加与水利有关的投入，拟定最严格的水资源管理制度。具体来看，重点表现是“三条红线”。第一条红线，创建控制红线，用于水资源开发利用，严格落实用水总量控制。截至 2020 年，中国整体用水总量保持在 6700 亿 m^3 。第二条红线，创建线用水效率控制红线，用于约束水资源浪费现象。截至 2015 年，中国整体万元工业增加值的用水量要比当前情况减少 30% 以上，中国整体农业灌溉水的有效利用系数要从 0.5 增加至 0.53 以上。第三条红线，创建水功能区约束纳污红线，用于控制入河排污总量，截至 2015 年，中国主要江河、湖泊水功能区达标率要上升至 60% 以上。党的十八大明确提出把生态文明建设融入城镇化全过程，要求要按照人水和谐的理念，进一步调整人与自然的关系，实行水资源合理调配，要求按照“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的水治理新思路，推动水资源管理工作取得新的明显成效。这些都表明了中国政府旨在通过高效利用水资源和水生态文明建设来促进城镇化可持续发展的决心。

1.1.2 研究意义

本研究是基于“问题驱动”的实证分析，即以研究中国城镇化进程中如何高效利用水资源这一现实问题为出发点。因为区域自然条件、社会经济条件、水资源利用方式等大部分变量的差异，中国区域水资源利用存在显著的不同，水资源短缺的北方和水资源富裕的南方有很多不同。南方（或北方）的不同区域也存在差异，同一流域的不同用水区域存在差异，在水资源稀缺性相似的用水区域也存在差异。问题是，利用哪些方法来评价水资源利用情况是比较符合现实情况的？生产过程中产生的不合意产出对我国水资源利用效率又会产生什么影响？如果省际水资源利用存在差异，这种差异分布状况又有哪些因素造成的？我国产生废水污染最严重的工业领域，其废水排放又具有什么样的特征，将会对我国城镇化进程找出怎样的制约和胁迫作用？

基于以上思考，本书研究将围绕水资源的利用展开，重点分析包含分析非合意产出情况下我国水资源利用效率的现状、影响因素、城镇化进程与用水总量、用水效率的关系，工业废水污染跟城镇化进程的关系等。因此，本文选题具有较高的理论意义和现实意义。

1. 本选题研究的理论意义

(1) 运用非参数 DEA 在内的多种方法全面测算我国的全要素水资源利用效率，并对我国省级水资源利用效率进行评价。目前对农业的水资源利用效率有较多研究，但对包含工业用水、农业用水、生活用水、生态用水在内的综合水资源利用效率研究较少。本文将对这方面做出尝试性研究。

(2) 把环境效率和水资源利用效率结合起来，运用方向性距离函数 DDF 方法，计算包含非合意产出的水资源利用效率，以及判断绿色水资源利用效率的空间相关性和

影响因素。包含非合意产出的效率评价研究目前相对比较前沿，本文能够紧跟研究热点。

(3) 根据基尼系数和泰尔指数判断省际水资源利用的公平性，并根据水资源消耗量与经济、生态的匹配情况，对我国各省水生态文明建设进行分析，从而为我国水资源高效利用提供路径选择。

(4) 以典型样本江苏为例，利用升半 Γ 型分布函数测算水资源环境的承载力，并构建耦合模型测算水资源利用和城镇化进程的协同状态，为我国判断其他省份城镇化进程与水资源利用状态提供了一研究思路。

2. 本选题研究的现实意义

(1) 能够全面衡量我国城镇化进程中的水资源利用的当前情况，并对各省水资源利用效率和节水潜力作一排序，从而为有关部门制定水资源利用政策提供一定的借鉴意义。

(2) 本文研究结果能在一定程度上解释我国不同省份水资源效率低下的原因，并通过收敛性分析得出东中部不同地区绿色水资源利用的发展差异性，为改善水资源利用效率提供努力的方向。

(3) 通过对我国水资源总量、水资源利用效率和城镇化进程的中长期关系验证，判断出我国城镇化进程需要严格控制水资源消耗总量，为我国水资源规划提供一定的依据。

(4) 通过追踪水环境污染-城镇化进程的协调情况，为我国水资源安全和环境保护提供预警，为生态文明建设提供理论支持，从而更好地促进绿色经济和循环经济发展。

1.2 文献综述

1.2.1 城镇化研究综述

城镇化指的是一种变化过程，即农村人口陆续向城镇迁移，第二、三产业持续向城镇靠拢的过程。城镇化的过程也是各个国家在完成工业化、现代化进程的任务时所遇到社会变迁的一种反映。值得重点突出的是，城镇化不但会提高城市人口和城市数量，也会让城市得到更深层的社会化和资源的集约化，是一个复杂的空间形态变化和社会、经济发展过程。

1. 国外研究综述

19 世纪末，国外学者从历史、社会、民俗等视角对中国城镇化问题展开分析。Weber 和 Gerth (1951) 指出儒家思想是中国封建社会的纯正思想，制约了中国的资本主义和城市化的发展，但却推动了中国乡村主义的进步。R. J. R. Kirkby (1985) 研究发现中国城镇化发展速度较慢的原因主要是过度关注工业化，不注意建设城镇基础设施，最终使得中国城镇化开发的后劲不够。Friedmann (2006) 认为二元性是中国城镇化发展阶段的特征，同时他提出中国城镇化是多维度的，其空间开发阶段包含历史、经济、社会、文

化等七个方面。Patricia Clarke Annez 和 Robert M. Buckley (2009) 研究发 现和美国相比，中国城镇化率在没有达到其 1/2 的条件下，实现了人均收入的快速增长，和印度相比，不管是经济发展还是城镇化，中国都会快很多。

2. 国内研究综述

20 世纪 80 年代，吴友仁在《关于我国社会主义城镇化问题》研究中首次提出了城镇化的概念。此后，城镇化战略得到中央越来越高的重视，与此同时国内学者也针对我国城镇化问题展开了多方位、多视角的研究。刘传江等 (2004) 指出城镇化实质上是一个多方面的综合转换过程，即农业人口变成非农业人口，农村地域变成城市地域，农村生产、生活方式变成城市生产、生活方式，农村价值观念变成城市价值观念。而姜爱林 (2004) 研究指出，在界定城镇化的概念时，应该同时考虑质和量，也是农村人口持续向城镇迁移，第二、三产业向城镇汇聚，城镇数量的上升，人口和地域范围的增加的自然社会历史过程。其本质特征重点表现在 3 个层面：一是农村人口在空间上的变化；二是非农产业向城镇汇聚；三是农业劳动力向非农业劳动力变化。李从军 (2013) 研究发现城镇化是一个历史过程，即在工业化发展的同时，非农业持续向城镇汇聚，农村人口也陆续向城镇集中，地域向城镇变换，城镇数量和规模增加，城镇文明和城镇生活方式向农村传播扩展。

自十八大以来，新型城镇化变成国家发展战略，特别是从 2013 年 12 月中央召开城镇化工作会议开始，新型城镇化迅速变成学术界、党和各级政府部门广泛关注的重点问题。彭江碧 (2010) 研究指出，把科学发展观当做方向指导，建立集约化和生态化模式，提高多元的城镇作用，创立合理的城镇体系，最终实现城乡一体化发展，这便是新型城镇化的科学定义。单卓然 (2013) 研究指出，新型城镇化的内涵包括民生、可持续发展和质量，同时要利用区域城乡统筹与协调发展、产业升级变换、集约利用与低碳经济和生态文明来完成中国的新型城镇化的特色之路的任务。王素斋 (2013) 认为，新型城镇化应该由市场主导、政府引导的城镇化机制推动，让城镇化与工业化、信息化和农业现代化得到良性的互动，大中小城市和小城镇的合理布局与协调发展，形成以资源节约、环境友好、经济高效、社会和谐、城乡一体的集约、智慧、低碳、绿色城镇化道路。

1.2.2 水资源利用研究综述

目前，全球许多地方即将到达水资源开发利用极限，水资源管理的重点也从开发新的水源慢慢变成更有效、更合理的使用当前水资源。行业、部门或用水相关利益者之间需要以经济社会长远可持续发展为目标，制定推动高效用水和节约用水的机制、体制与法制，持续增加水资源的利用效率和效益，不但与经济社会的最大利益相呼应，而且还符合生态环境的根本利益，推动经济、资源、环境的协调发展。

国际方面，因为要保证粮食的安全以及农业用水有很重要的作用，国际外水资源利用效率与效益的测算主要根据农业用水进行分析。国际水资源管理研究院定义了水分生产率 (water productivity, WP)，即单位 (体积或价值) 水量所生产出的产品数量或价值。Randolph 和 Barker 等学者认为，灌溉效率一般可以划分为灌溉水传输效率 (灌溉水在干、支渠内输送效率) 和田间利用效率 (农田实际利用灌溉水的效率)，一个较高水平的

经典灌溉效率可能并不能体现好的管理水平。

国内方面,我国学者对农业用水、工业用水和生态用水效率都做了较多研究。

(1) 农业用水效率方面,李周进行了西北地区水资源的利用结构与效率的动态变化和横向比较分析,通过西北地区产值增长所需水资源的来源计算分析,得知用水效率提高是支撑西北地区最近 20 年经济增长的主要措施。王道波(2004)认为,提高水分利用效率的根本途径是发展节水农业,具体方法有生物技术节水、农作物空间布局的调整、污水资源化和水资源价格调节等。在个案研究上,刘渝(2007)在考虑水资源利用中的生态效率的同时,挑选亩均灌溉用水量、水利总投入、粮食产量、农业产值等投入产出指标,然后利用 DEA 方法研究了湖北省内各市、州的水资源综合利用效率。

(2) 工业用水效率方面,陈东景(2008)利用因素分解法研究了水资源消耗强度改变的结构份额和效率份额,结果说明 2002—2005 年,中国工业水资源消耗强度整体表现为持续降低的趋势,工业水资源消耗强度的结构份额持续降低,效率份额慢慢上涨。孙爱军等运用基于时间序列的随机前沿生产函数(SFA)模型对我国 1953—2004 年的工业水资源利用技术效率进行了测算,分析了效率变化、技术进步指数和全要素生产率,结果表明我国工业生产水资源利用效率与全要素生产要素增长存在极大的相关性。

(3) 生态用水效率方面,贾仰文(2006)认为广义水资源应该包含径流性水资源、植被、作物等生态系统利用的雨水资源,同时还提出了流域水循环模型的广义水资源评价方法和具体计算公式。裴源生(2009)提出包括人工系统和天然生态系统的不同用户、不同部门和区域整体的广义水资源利用核算指标体系。

另外,我国学者对水资源利用效率的影响因素和地区差异也进行了较多研究。如刘红梅(2009)基于经济现象的时间和空间自相关性,然后根据“资源诅咒”假说和中国省际面板数据,利用时间动态面板数据模型和空间递归面板数据模型对农业虚拟水“资源诅咒”效应展开研究,并对其传导机制进行分析。结果表明,农业虚拟水“资源诅咒”效应确实存在;农业虚拟水资源丰度对地区经济增长的负效应主要是利用固定资产投资、人力资本投入及对外开放度来影响地区经济发展。其中,影响程度从高到低依次是,固定资产投资、人力资本投入、对外开放度。朱启荣(2007)从经济学角度出发,采用洛伦兹曲线和基尼系数分析我国工业用水的资源配置效率情况,研究分析出我国工业用水效率由大到小的排序是:华北区、东北区、西北区、华南区、长江中下游地区和西南区。孙爱军(2010)也持有类似的观点,他利用随机前沿生产函数方法衡量了省域的用水技术效率,结果表明中国水资源利用效率有显著的空间不同。经济发达的东部区域水资源利用效率比较高,经济欠发达的中、西部区域水资源利用效率很低;此外,研究发现地区经济发展程度和科技水平的差异使中国水资源利用效率具有很大的地区差异。

1.2.3 城镇化进程中的水资源利用研究综述

由于城镇化进程的加快,水资源供需矛盾越发显著,国内外学者对城镇化和水资源可持续利用问题也更加关注。近年来,他们从不同视角、不同层面,利用多种方法对城镇化和水资源利用问题进行研究,取得了许多显著成就。

1. 国外研究综述

Merrett 研究了发达国家城镇化发展历程后,把城镇化阶段的水资源利用量的转变大概分为快速增长、缓慢增长和零增长或负增长三个阶段。Enrich 等学者进一步把需水零增长大致分为自由零增长、约束零增长和胁迫零增长三种类型,且研究证明了大多数发达国家已进入城镇化发展后期并实现了需水零增长。Imbe 研究指出城镇化将会大幅度增加城市的压力,如不透水地面因为城镇道路的拓宽而增多,导致降水不能被完全使用,间接提高了水资源需求量,工业废水量以及生活废水量。Ren 通过研究上海市的水资源利用情况指出,水资源承载力将无法快速满足快速的城镇化进程,水资源的质量也会因此而下降,此外,城市用地扩张的速度和水质的降低速率为正相关关系。Atef 等学者通过研究约旦南部的城镇化和水资源质量情况发现,在干旱时期城镇化进程会对水资源质量产生相应的影响,建议控制好城镇化速度。

2. 国内研究综述

马海良等人研究指出随着中国城镇化和工业化的发展,水资源作为基础性的自然资源 and 战略性的经济资源得到全部实现。鲍超和方创琳认为城市化引起区域的用水总量、用水结构和用水效率等发生变化,并分析了城市化对这种变化产生的胁迫与优化作用;在此基础上,马海良进一步研究指出城镇化率是全国用水总量和水资源利用效率的格兰杰因;城镇化率每提高 1%,水资源综合利用效率将提高 7.68%,而总用水量将提高 0.58%;预测 2020 年城镇化率到 60% 时,全国用水总量将突破红线控制要求,水资源作为战略性经济资源的制约作用更加凸显。马海良认为水资源是制约城镇化发展的因素之一,而水系统一定会随着城镇化进程的推进而改变;他认为城镇化与水资源利用之间的关系大约划分为 4 个阶段:一是城市开发对水资源的依赖和适应阶段;二是由于要满足城镇化的快速推进阶段对大自然水资源毫不节制的索取阶段;三是由于持续降低的水资源总量限制了城镇化的推动进程阶段;四是城镇化开发与水资源利用由于开始慢慢互相调节,出现高度协调的阶段。因为城镇化和水资源利用所处的发展阶段的差异,需要对不同关系的表现特征使用不同的协调措施。综上所述,如果要分析某一阶段和某一特定地区城市化与水资源利用关系,就必须正确认识城镇化与水资源利用关系所处的发展阶段。

1.2.4 现有研究的不足

广大学者虽然基于不同视角展开研究,但研究结果在追求水资源高效利用和“人水和谐”的目标方面是不谋而合的。从水资源利用效率的研究趋势来看,已经从单要素效率研究转向全要素效率研究,已经从灌区用水效率研究转向全流域用水效率研究,已经从农业用水效率研究转向农业、工业、生态、生活用水等综合效率研究;根据水资源利用与城镇化的耦合分析趋势,已经从水资源对城镇化的约束研究转向两者和谐发展研究,已经从干旱区的“水与城”研究转向全区域层面的“水与城”研究。这些研究成果为开展本项研究奠定了良好的基础。总体而言,这些研究呈现如下几个特点。

(1) 有关水资源利用效率的研究,学者们主要考虑合意产出的水资源利用以及影响因素,但非合意产出的客观存在使得在水资源利用效率研究中考虑环境污染更具合理性和必

要性。

(2) 有关水资源利用效率空间异质性的研究,目前水资源利用效率空间差异的实证研究较多,但规律总结较少,尤其缺乏对水资源利用效率空间异质性的内在机理及变化规律的探讨,尚未形成独立的理论体系。

(3) 有关水资源利用与城镇化的耦合研究,较多研究把用水总量不超过水资源开发利用阈值作为一个约束条件进行一系列规划求解,但没有考虑用水效率对城镇化的影响,另外,对耦合过程缺乏定量过程模拟与预测。

(4) 研究方法方面,回归分析、关联分析、神经网络模型、系统动力学模型及系统论等方法运用较多,但较少采用地理信息系统、遥感技术等新的技术手段和方法。

对于上面提到的问题,本研究根据系统分析的指导思想,把“绿色水资源利用效率”当作研究主线,结合其客观存在的区域差异,从时空耦合视角,分析不同发展阶段,不同地域类型的城镇化过程及与水资源交互作用的演变规律。然后综合使用多种定性定量分析方法,模拟水资源利用效率,不同情景模式下的城镇化可持续发展模式,进一步为全面协调人水矛盾,创建水生态文明城镇提供理论依据。

1.3 主要研究内容

本书通过绿色水资源利用效率的测度,探讨其时空变异规律,构建其与城镇化的耦合模型,目的是使模型和方法更能符合水资源管理的新要求,符合生态城镇的建设机理,具体而言,本书核心内容主要包含以下几章。

(1) 第2章以城镇化和水资源利用的基本理论为主线,回顾了城镇化的区位理论、增长极理论、迁移选择理论和田园城市理论;分析了水资源可持续利用理论、水资源利用效益理论和利用效率理论。并根据DEA理论,详细区分了水资源利用技术效率、水资源利用相对效率,水资源利用经济效率的区别,在前人研究的基础上,系统地从产业结构、技术进步、市场化改革、水资源价格等方面阐述对水资源利用效率的影响,最后从非合意产出的角度出发,讲述了环境效率评价基本理论与方法。本章主要阐述基本理论,以便为后面的实证分析打下良好的理论基础。

(2) 第3章主要研究不考虑非合意产出的水资源利用效率。水资源利用效率的科学测定是我国水资源利用的根本性问题,我国水资源利用效率到底处于一个什么样的水平?每个省水资源利用效率到底差异多大?这部分内容主要从单要素水资源利用效率和全要素水资源利用效率两方面进行分析,并论证全要素水资源利用效率评价的合理性。

(3) 第4章分析了考虑非合意产出的绿色水资源利用效率。利用1999—2014年的面板数据,具体测度了我国含非合意产出的绿色水资源利用效率,并对是否包含非合意产出两种情况下的水资源利用效率进行比较,在分析我国东部、中部、西部水资源利用效率收敛性的基础上,系统分析影响水资源利用效率的影响因素,为节水政策的实施指明了方向。

(4) 在前面静态、短期地分析了水资源利用效率后,第5章主要用Malmquist和

Malmquist-Luenberge 生产率指数考察了水资源利用效率的增长率,并考察了有环境约束和无环境约束下两种情况下全要素水资源利用效率增长率的影响因素,并确认了“创新者”,最后详细比较短期和长期情况下的水资源利用效率的影响因素差异。

(5) 第6章从全国角度出发,利用加权变异系数法、基尼系数法和泰尔指数法等多种手段和方法,从资源禀赋、生活用水、经济用水等角度全面测量用水公平性问题。同时,挑选经济和生态指标建立经济-用水匹配指数和污染-用水匹配指数,创建用水公平性评价矩阵,并对全国各省水资源利用情况进行分类,从而为统筹拟定全国各省份用水分配的系列措施提供理论依据。

(6) 第7章主要分析城镇化的快速发展对用水总量和用水效率产生多大程度的影响。一方面利用格兰杰因果检验分析中国城镇化率与用水总量的关系,同时确定城镇化对于用水总量的具体影响水平;另一方面利用广义差分回归分析研究我国城镇化对农业用水和工业用水效率的影响,同时确定城镇化对水资源利用效率的作用水平。最后基于以上研究结果,分析当城镇化率为60%时,中国用水总量和用水效率与红线目标是否有矛盾冲突,并证明改变中国用水结构是否能够满足城镇化进程推进的需要。

(7) 第8章从水环境污染角度出发,主要分析工业废水污染和城镇化、经济发展的关系。首先挑选工业废水污染物排放的五个指标,利用熵值法,测算工业废水污染指数,然后基于此,建立工业废水污染弹性系数和工业废水污染综合变动系数,系统研究工业废水污染和城镇化、经济发展的关系。最后,挑选工业废水污染物中化学需氧量排放量、氨氮、石油类、挥发酚和铅等五个指标数据,分析排放量与城镇化率的关系与环境库兹涅茨曲线的形状是否一致,并利用三次指数平滑法预测工业废水污染物的变动趋势,为国家将来实施新型城镇化战略提供理论依据。

(8) 第9章选择江苏作为典型省份分析,首先在层次分析法和变异系数法组合赋权的基础上,运用基于PSO优化的升半 Γ 型分布指数公式,对2003—2013年江苏省的水环境承载力进行评估。其次在构建水资源环境和城镇化发展的综合评价指标体系的基础上,借助耦合协调度模型,对2002—2012年江苏省的水资源环境和城镇化发展的交互作用关系进行了实证分析。从而为江苏顺利完成水生态文明城市的试点工作提供数据支撑。

(9) 第10章主要从以下几个方面对水资源利用制度改革进行理性思考:严格实行最为严格的水资源管理制度;完善公众参与水资源利用规划编制的监督机制;建立节水减排的内在动力机制,促进经济主体的自觉节水行为;加快产业结构调整,大力推进企业技术进步和自主创新;发挥价格杠杆作用,让市场成为水资源配置的主要手段。水资源利用制度改革绝非是政府部门的工作,需要企业、公众的共同参与和监督。

1.4 研究的创新之处

(1) 为水生态文明的城镇化建设研究提供新视角。过去的理论研究主要停留在水资源对城镇化的约束方面和生态、经济系统的和谐共存等方面。目前,水生态文明的城镇化建设开始启动,本项目主要研究考虑环境污染的水资源利用效率的空间异质性,以及其与新