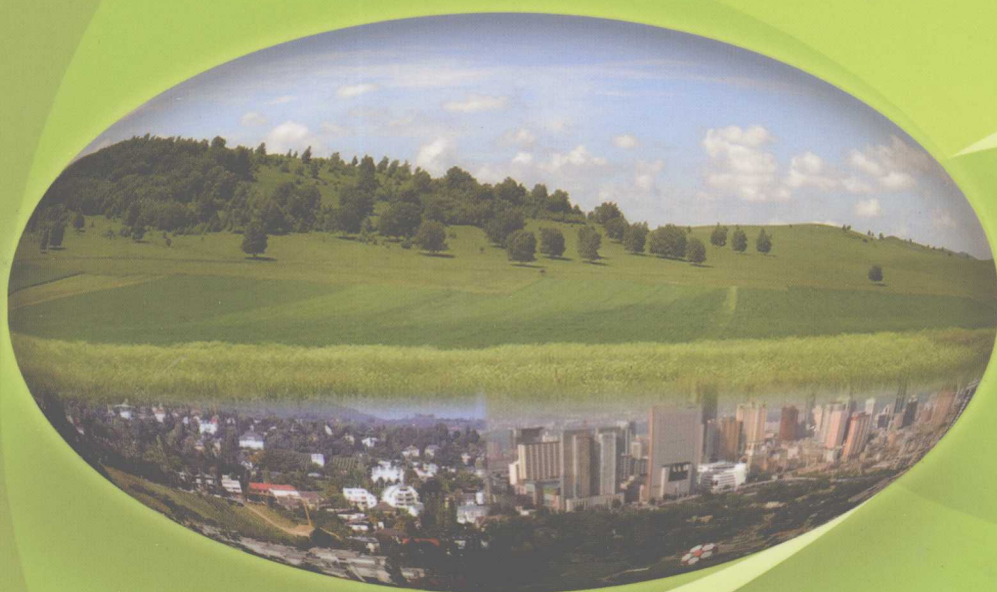




# 城市化过程 与生态环境效应

方创琳 鲍超 乔标 等著



科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

国家科学技术学术著作出版基金资助出版  
国家自然科学基金重点项目(40335049)成果

# 城市化过程与生态环境效应

方创琳 鲍超 乔标 等著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

城市化与生态环境之间客观上存在着极其复杂的交互耦合关系,协调城市化与生态环境的关系问题是国家发展规划的重要命题,也是推动城市化健康发展的必由之路,并已经上升为世界性的战略问题。本书分17章,紧紧抓住城市化与生态环境交互耦合关系这一目前处于薄弱环节的研究热点,从探讨城市化与水资源及生态环境所面临的问题入手,系统揭示城市化与生态环境交互耦合的基本理论,城市化进程中的水资源约束理论,城市化过程的驱动力与制动力消长转换理论,城市化与生态环境交互耦合的驱动机制与基本定律;以理论分析为基础,选取西北干旱区的河西走廊作为典型研究区域,深入分析城市化与生态环境交互胁迫演变轨迹与规律,城市化进程中的生态风险综合评估,辨识了城市化与生态环境的交互耦合关系,城市化与水资源变化之间的非线性关系,城市化进程中的水资源约束强度,城市化过程引起的生态环境效应,基于生态环境约束的城市化过程预警分析,基于水资源约束的城市化过程预警分析,求解出了基于生态环境与水资源双重约束的城市经济发展与城市化阈值,提出了城市化与生态环境协调发展的模式与对策。

本书可作为各级城市规划部门、各级环保部门、各级发展和改革委员会工作人员的参考书,也可作为大专院校、科研机构相关专业研究生教材和科研工作参考用书等。

### 图书在版编目(CIP)数据

城市化过程与生态环境效应/方创琳等著. —北京:科学出版社, 2008  
ISBN 978-7-03-020498-1

I. 城… II. 方… III. 城市化-关系-生态环境-研究 IV. F291.  
X21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第172656号

责任编辑:朱海燕 赵 峰 李久进/责任校对:张 琪

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

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>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2008年1月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008年1月第一次印刷 印张:29 插页:2

印数:1—2 500 字数:688 000

定价:88.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

## 序

城市化与生态环境之间客观上存在着极其复杂的交互耦合与胁迫关系,如何协调城市化与生态环境的关系问题成为学术界和政府决策部门普遍关注的一大热点问题,并上升为世界性的战略问题。开展城市化进程与生态环境保护之间相互关系的研究,对进一步加快区域城市化进程,改善生态环境,实现城乡协调发展目标等都具有重要的指导意义。然而,学术界目前研究的重点主要侧重于城市发展的应用研究和城市内部生态环境及城市生态系统稳定性的评价,还很少从生态环境约束的角度,将城市化过程与生态环境响应过程有机耦合起来进行规律性的基础研究,也很少从大范围的大时空尺度将生态环境变化与城市化过程有机结合起来,探讨城市化发展进程对生态环境变化的影响以及生态环境变化对城市化过程的影响,相关研究成果尚未形成一种相对独立的理论体系。说明目前学术界针对城市化过程对生态环境的影响和生态环境变化对城市化发展的影响等基础性研究尚属薄弱环节。

该书作者方创琳研究员紧紧抓住眼下还处在薄弱环节的城市化与生态环境交互耦合关系这一研究热点,以作者历时4年主持完成的国家自然科学基金重点项目“水资源约束下西北干旱区城市化过程及其生态环境效应”(编号40335049)的研究成果为基础,将遵循人文规律的城市化过程与遵循自然规律的生态环境变化过程有机耦合在一起,采用定性与定量有机结合的系统集成方法,从理论与实践相结合的角度,系统研究了城市化过程与生态环境效应。该书从探讨城市化与水资源及生态环境面临的问题入手,在综述城市化与生态效应研究国际进展的基础上,系统揭示了城市化与生态环境交互耦合的基本理论,城市化进程中的水资源约束理论,城市化过程的驱动力与制动力消长转换理论,城市化与生态环境交互耦合的驱动机制与基本定律;以理论分析为基础,选取西北干旱区的河西走廊作为典型研究区域,深入分析了城市化与生态环境交互胁迫演变轨迹与规律,通过对城市化进程中生态风险的综合评估,量化辨识了城市化与生态环境的交互耦合关系,城市化与水资源变化之间的非线性关系,城市化进程中的水资源约束强度,城市化过程引起的生态环境效应,基于生态环境约束的城市化过程预警分析和基于水资源约束的城市化过程预警分析,求解出了基于生态环境与水资源双重约束的城市经济发展与城市化阈值,最后提出了城市化与生态环境协调发展的模式与对策。该书认为贯彻落实以人为本的科学发展观,立足资源环境承载能力,按照“循序渐进、城乡协调、集约高效、因地制宜”的原则,引导城镇化保持合理的增长速度与适度的发展规模,科学规划与管理城市,推进城镇化与新农村建设相结合,不断提高城镇化发展质量,形成资源节约、环境友好、经济高效、社会和谐的健康发展新格局,是未来我国城镇化发展的必然选择,也是我国现实的资源环境对城市化过程提出的客观要求。该研究对丰富和完善我国城市地理学理论,对选择一条既能保护生态环境、又能推进城镇化健康发展的城市化道路,对进一步贯彻落实科学发展观、推进形成主体功能区、加快形成等级合理、分工有序的城市群结构体系,建设资源节约型、环境友好型城市及和

诸宜居的生态型城市等都具有十分重要的理论价值与现实意义。

总的看来，该书选题新颖，资料翔实，内容丰富，结构严谨，基础扎实，思路清晰，分析透彻，写作规范，图文并茂，首次将遵循人文规律的城市化过程与遵循自然规律的生态环境变化过程有机耦合在一起，并应用于解决城市化与生态环境的实际问题中去，突出了研究成果的系统性、创新性和实用性，因而具有重要的理论意义和实践应用价值。该书作者近年来潜心钻研城市化与生态环境交互耦合关系，并主持完成了多项城市总体规划和城市市域总体规划任务，积累了较丰富的科研工作经验，开拓进取能力强，业务成绩显著。我深信该书的出版对新形势下我国选择与区域生态环境相适应的城市化发展模式、为不同类型的生态环境地区选择健康的城市化道路、为改善生态环境和加快我国城市化发展步伐等提供一个科学的可直接应用的理论基础，甚望学术界和关注这些问题的有关业务部门能共同努力，不断改进方法，充实理论，深化和提高这一领域的研究，为解决有关地区的这一热点问题做出实际贡献。

国际地理联合会前副主席  
中国地理学会名誉理事长  
中国科学院资深院士

吴传钧

2007年夏于中关村

# 前 言

城市化与生态环境关系的协调问题是国家发展规划的重要命题,也是推动城镇化健康发展的必由之路。我国国民经济和社会发展第十一个五年规划(2006~2010年)明确提出要促进城镇化健康发展。走健康城市化道路的一个关键问题就是要协调好城市化与生态环境之间的关系。从战略需求角度分析,城市化过程不仅是提高资源优化配置程度、人口集聚程度和最经济改善基础设施条件的过程,而且是培育新的经济增长点和有效提高区域人均收入、解决就业问题、调整经济结构、有效保护生态环境和建设小康社会的过程。如何选择一条既能保护生态环境,又能推进城镇化又好又快健康发展的城市化发展道路,对进一步贯彻落实科学发展观,推进形成主体功能区,加快形成等级合理、分工有序的城市群结构体系,对加快区域工业化进程和国民经济生态化进程,对建设资源节约型城市、环境友好型城市及和谐宜居的生态型城市等都具有十分重要的现实意义。然而,城市化与生态环境关系的协调问题是目前研究的薄弱环节,很少有学者从生态环境及水资源约束的角度,将生态环境变化与城市化有机结合起来,探讨城市化过程对生态环境变化的影响以及生态环境对城市化过程的影响。该领域的研究成果尚未形成一种相对独立的理论体系。

本书紧紧抓住城市化与生态环境交互作用这一薄弱的研究环节,以作者历时4年主持完成的国家自然科学基金重点项目(编号40335049)的研究成果为基础,将遵循人文规律的城市化过程与遵循自然规律的生态环境变化过程有机耦合在一起,采用定性与定量有机结合的系统集成方法,理论与实践相结合,选取西北干旱区的河西走廊作为典型研究区域,把生态环境和水资源作为先决约束条件,选择生态环境变化过程与城市化过程之间相互胁迫的驱动因子,揭示生态环境变化对城市化过程的胁迫机制与规律,分析城市化过程引起的与水资源相关的生态效应,建立城市化过程及其生态环境效应预警指标体系,预警不同强度生态约束与水资源约束下的城市化过程并进行情景分析,进而选择最节水、最生态化的健康城市化发展道路。通过研究,基本上摸清了城市化过程与生态环境之间的动态耦合关系,从理论上总结了城市化与生态环境交互耦合遵循的基本定律,通过几何推导揭示了城市化与生态环境交互耦合的机理,采用GIS技术分析了城市用地扩展引起的生态环境效应,建立了城市化与生态环境协调发展的动态耦合模型,验证了不同类型城市化与生态环境交互耦合的双指数规律性,辨识了水资源对城市化的约束强度及变化规律,采用阈值模型计算了未来30年能够达到的城市化水平阈值,分析了城市化驱动力与制动力机制及其动态转换消长的过程,提出了与生态环境及水资源相适应的健康城市化发展模式。该研究对丰富和完善我国城市地理学理论,促进我国城市化与生态环境的协调发展,倡导走健康城市化发展道路等都具有重要的理论价值和实践意义。

本书各章的具体编写分工为:

第一章 总论

方创琳

第二章 城市化过程的驱动力与制动力效应

方创琳

|      |                           |              |
|------|---------------------------|--------------|
| 第三章  | 城市化过程与生态环境的关系问题           | 方创琳          |
| 第四章  | 城市化过程与生态环境交互耦合理论          | 方创琳          |
| 第五章  | 城市化过程与水资源约束理论             | 鲍超           |
| 第六章  | 城市化与生态环境交互嬗变轨迹及规律         | 方创琳, 乔标      |
| 第七章  | 城市化与生态环境交互耦合关系的量化辨识       | 乔标           |
| 第八章  | 城市化与水资源交互耦合关系的量化辨识        | 方创琳, 鲍超      |
| 第九章  | 城市化过程引起的生态环境效应            | 乔标, 黄金川, 孙心亮 |
| 第十章  | 城市化过程引起的水资源约束效应           | 鲍超           |
| 第十一章 | 生态环境约束下的城市化过程预警分析         | 乔标           |
| 第十二章 | 水资源约束下的城市化过程预警分析          | 鲍超           |
| 第十三章 | 石羊河流域武威市城市化过程及生态效应        | 蔺雪芹          |
| 第十四章 | 黑河流域张掖市城市化过程的 CAU 模型与动力机制 | 步伟娜, 方创琳     |
| 第十五章 | 疏勒河流域酒泉—嘉峪关地区城市化过程的自组织模拟  | 李铭           |
| 第十六章 | 党河流域敦煌市城市空间扩张与演变格局        | 孙心亮, 方创琳     |
| 第十七章 | 城市化与生态环境协调发展模式与对策         | 方创琳          |
| 后记   |                           | 方创琳          |

全书最后由方创琳统稿。

在本书出版之际, 首先特别感谢国家自然科学基金委员会地球科学部各位领导和地理学科宋长青处长、冷疏影处长 4 年来对本项目立项和研究工作给予的大力支持和帮助, 感谢一年一度重点基金项目负责人会议上各位专家对本项目研究提出的宝贵建议。

特别感谢我国著名人文地理学家、中国科学院院士吴传钧先生在百忙之中欣然为本书作序, 吴老对本人的厚爱和对青年地理工作者的厚望永远鞭策着我们奋勇前进!

在开展本项目研究的过程中, 美国东密歇根大学 (Eastern Michigan University) 地理系主任、空间分析研究所所长 Xie Yichun 教授与项目组开展了富有成效的国际合作研究, 提供了许多新的观点和思路; 中国科学院地理科学与资源研究所高彦春副研究员参与了实地调研与提纲讨论工作。张掖市、武威市、金昌市、酒泉市、嘉峪关市约 100 多位领导干部先后参与了本项目的实地调研工作, 在此一并表示诚挚的感谢。

在本书编写过程中, 得到了中国科学院地理科学与资源研究所毛汉英教授的悉心指导, 在资料收集和总体协调方面张蕾老师给予了大力支持和协助, 博士后王伟教授、邹艳丽博士, 博士生宋吉涛、班茂盛、刘海燕、刘晓丽、祁巍锋在资料收集、实地调研、观点讨论、计算机制图、数据模拟等方面给予了大力协助, 北京服装学院王海军硕士在制图方面做了大量的工作。在此, 谨向他们付出的辛勤劳动表示真挚的感谢。

在本书出版过程中, 得到了科学出版社朱海燕、赵峰和李久进老师的大力支持和协助, 在此表示衷心的感谢。

在本书写作过程中, 参考了许多专家学者的论著和科研成果, 书中对引用部分一一做了注明, 但仍恐有挂一漏万之处, 诚请多加包涵。由于作者能力有限, 才疏学浅, 书中不足在所难免, 恳请广大同仁批评指正!

方创琳

2007 年 6 月 26 日于中关村

# 目 录

序

前言

## 上篇 理 论 篇

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第一章 总论                  | 3   |
| 第一节 研究依据与总体思路           | 3   |
| 第二节 技术路线与研究过程           | 9   |
| 第三节 主要研究结论              | 12  |
| 主要参考文献                  | 22  |
| 第二章 城市化过程的驱动力与制动力效应     | 23  |
| 第一节 城市化过程及阶段性分析         | 23  |
| 第二节 城市化过程的主要驱动力与驱动效应    | 27  |
| 第三节 城市化过程的主要制动力与制动效应    | 35  |
| 第四节 城市化驱动力与制动力的动态消长转换效应 | 39  |
| 主要参考文献                  | 43  |
| 第三章 城市化过程与生态环境的关系问题     | 45  |
| 第一节 城市化过程引起的水资源与生态环境问题  | 45  |
| 第二节 城市化过程与水资源及生态环境的关系问题 | 48  |
| 第三节 研究的薄弱环节与主要借鉴        | 59  |
| 主要参考文献                  | 61  |
| 第四章 城市化过程与生态环境交互耦合理论    | 64  |
| 第一节 城市化与生态环境交互耦合的理论基础   | 64  |
| 第二节 城市化与生态环境交互耦合关系的认识   | 67  |
| 第三节 城市化与生态环境交互耦合的动力机制   | 69  |
| 第四节 城市化与生态环境交互耦合的基本定律   | 80  |
| 第五节 城市化与生态环境交互耦合的双指数规律性 | 90  |
| 主要参考文献                  | 94  |
| 第五章 城市化过程与水资源约束理论       | 97  |
| 第一节 水资源约束力的概念与基本内涵      | 97  |
| 第二节 水资源约束城市化的理论基础       | 100 |
| 第三节 水资源约束城市化的影响因素       | 107 |
| 第四节 水资源约束城市化的变化规律与变化机制  | 115 |
| 主要参考文献                  | 124 |

## 下篇 实 践 篇

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 第六章 城市化与生态环境交互嬗变轨迹及规律·····     | 129 |
| 第一节 研究区域概况·····                | 129 |
| 第二节 生态环境及水资源的历史变迁过程与驱动机制·····  | 134 |
| 第三节 古城镇兴盛衰亡的演化轨迹·····          | 145 |
| 第四节 古城随生态环境变迁而兴衰的历史规律·····     | 152 |
| 主要参考文献·····                    | 163 |
| 第七章 城市化与生态环境交互耦合关系的量化辨识·····   | 164 |
| 第一节 城市化与生态环境交互耦合关系的问卷调查分析····· | 164 |
| 第二节 城市化与生态环境交互耦合的灰色关联分析·····   | 174 |
| 第三节 城市化与生态环境交互耦合度分析·····       | 178 |
| 第四节 城市化与生态环境交互耦合的双指数规律性验证····· | 184 |
| 主要参考文献·····                    | 189 |
| 第八章 城市化与水资源交互耦合关系的量化辨识·····    | 190 |
| 第一节 城市化水平与水资源总量之间的耦合关系·····    | 190 |
| 第二节 城市化水平与用水总量之间的耦合关系·····     | 194 |
| 第三节 城市化水平与用水效益之间的耦合关系·····     | 202 |
| 第四节 人均用水水平与城市化水平的耦合关系·····     | 208 |
| 第五节 城市化水平与地下水位及矿化度变化的相关关系····· | 210 |
| 第六节 城市化进程与水资源综合利用之间的耦合关系·····  | 211 |
| 主要参考文献·····                    | 217 |
| 第九章 城市化过程引起的生态环境效应·····        | 218 |
| 第一节 人口城市化过程引起的生态环境效应·····      | 218 |
| 第二节 经济城市化过程引起的生态环境效应·····      | 221 |
| 第三节 空间城市化过程引起的生态环境效应·····      | 225 |
| 第四节 城市化过程引起的生态风险效应·····        | 235 |
| 主要参考文献·····                    | 242 |
| 第十章 城市化过程引起的水资源约束效应·····       | 244 |
| 第一节 水资源管理对城市化的约束程度分析·····      | 244 |
| 第二节 水资源对城市化约束强度的单项指标测度分析·····  | 249 |
| 第三节 水资源对城市化约束强度的综合指标测度分析·····  | 253 |
| 主要参考文献·····                    | 277 |
| 第十一章 生态环境约束下的城市化过程预警分析·····    | 278 |
| 第一节 基本情景的设定与情景分析模型·····        | 278 |
| 第二节 不同情景模式下城市化过程的生态效应分析·····   | 284 |
| 第三节 生态环境对城市化约束效应的预警分析·····     | 292 |
| 主要参考文献·····                    | 297 |

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| <b>第十二章 水资源约束下的城市化过程预警分析</b> .....          | 299 |
| 第一节 水资源对城市化约束强度的趋势外推预警分析.....               | 299 |
| 第二节 水资源对城市化约束强度的系统仿真预警分析.....               | 305 |
| 主要参考文献.....                                 | 336 |
| <b>第十三章 石羊河流域武威市城市化过程及生态效应</b> .....        | 338 |
| 第一节 水资源是武威城市兴衰变迁的关键限制因素.....                | 338 |
| 第二节 水资源对武威市城市化过程的影响分析.....                  | 345 |
| 第三节 水资源约束下城市化引起的生态效应分析.....                 | 350 |
| 第四节 未来建设节水型城市的设想.....                       | 355 |
| 主要参考文献.....                                 | 360 |
| <b>第十四章 黑河流域张掖市城市化过程的 CAU 模型与动力机制</b> ..... | 361 |
| 第一节 城市化过程的动力因素与动力机制分析.....                  | 361 |
| 第二节 城市化动态 CAU 模型原理与结构 .....                 | 372 |
| 第三节 城市化进程的预测及测算.....                        | 376 |
| 主要参考文献.....                                 | 385 |
| <b>第十五章 疏勒河流域酒一嘉一玉地区城市化过程的自组织模拟</b> .....   | 386 |
| 第一节 酒一嘉一玉地区城市发展过程.....                      | 386 |
| 第二节 酒一嘉一玉地区城市化的自组织模型.....                   | 391 |
| 第三节 酒一嘉一玉地区城市化水平的自组织模拟与预测.....              | 395 |
| 第四节 酒一嘉一玉地区城市化过程的形成机制.....                  | 397 |
| 主要参考文献.....                                 | 401 |
| <b>第十六章 党河流域敦煌市城市空间扩张与演变格局</b> .....        | 403 |
| 第一节 敦煌古城的演变过程与空间分布特征.....                   | 403 |
| 第二节 敦煌古城发展与空间演变的影响因素分析.....                 | 411 |
| 第三节 基于 GIS 的敦煌城市空间扩张特征与驱动力分析 .....          | 422 |
| 第四节 基于旅游发展的城市空间结构格局.....                    | 433 |
| 主要参考文献.....                                 | 439 |
| <b>第十七章 城市化与生态环境协调发展模式与对策</b> .....         | 441 |
| 第一节 城市化与生态环境协调发展模式.....                     | 441 |
| 第二节 城市化与生态环境协调发展对策.....                     | 446 |
| 主要参考文献.....                                 | 452 |
| <b>后记</b> .....                             | 453 |
| <b>图版</b>                                   |     |

# 上篇 理论篇



# 第一章 总 论

伴随全球城市化进程的加快,城市化与生态环境关系的协调问题已经上升为世界性的战略问题<sup>[1]</sup>。早在1991年世界卫生组织就指出:“世界正面临着自然环境的严重恶化和生活在城市环境中人们生活质量的加速下降这两大问题。城市化对威胁未来生存的全球环境变化有着重要影响。”联合国助理秘书长沃利·恩道曾告诫:“城市化既可能是无可比拟的未来之光明前景所在,也可能是前所未有的灾难之凶兆,所以,未来会怎样就取决于我们当今的所作所为。”“为使城市化给人类带来更充分的物质享受、便利的生活设施和高效的信息交流而避免环境污染、交通拥挤、住房紧张等城市问题,我们唯一的出路,就是建设生态城市。”A J Mcmichael 也指出:“城市化将以一种重要的形式危害人类的生存环境和健康。城市的扩张、工业的增长及其人口的增加,给当地水资源及生态环境带来许多压力<sup>[2]</sup>。”这种情况对于生态环境总体恶化、局部改善、城市化进程正在加快的中国来说,正面临着日益艰难的选择。事实上,现实的城市化与生态环境保护之间存在着各种矛盾与胁迫,表现为:一方面以我国脆弱的生态环境为成长背景、以新型工业化为主体、具有成长性特征的城市和城镇,在发展过程中受到了周围生态环境的胁迫,这种胁迫在城市化发展初期体现为生态环境的恶化,在城市化发展的中后期则表现为生态环境的良化;另一方面作为城市成长背景本来就十分脆弱的生态环境受到破坏后,又反过来胁迫城市发展规模和空间结构优化,延滞城市化发展进程,甚至导致城市迁移或废弃。可见,城市化与生态环境之间客观上存在着极其复杂的交互耦合关系,这种交互耦合关系可以看作是一个开放的、非平衡的、具有非线性相互作用和自组织能力的动态涨落系统,称为城市化与生态环境交互耦合系统<sup>[3]</sup>。协调城市化与生态环境的关系问题已经上升为学术界和政府决策部门普遍关注的热点问题。

## 第一节 研究依据与总体思路

### 一、研究依据与科学意义

在我国实施城镇化战略和全面推进城镇化发展的进程中,城市作为区域经济与人口的重要载体,是各种工业、交通、通信、文化、教育、人才、信息等生产要素最集中的地区,是基础设施建设投资的重点、生态环境建设的重要依托和科技教育发展的技术创新高地。推进工业化和城市化是减轻区域生态环境压力、克服生态脆弱劣势和有效利用资源的必然选择,也是我国全面建设小康社会与和谐社会的必由之路。

#### 1. 城市化与生态环境之间的关系协调问题是国家发展规划的重要命题

我国国民经济和社会发展第十一个五年规划(2006~2010年)作为全面建设小康社会进程的重要规划,明确提出要促进城镇化健康发展,坚持大、中、小城市和小城镇

协调发展,提高城镇综合承载能力,按照循序渐进、节约土地、集约发展、合理布局的原则,积极稳妥地推进城镇化。珠江三角洲、长江三角洲、环渤海地区要继续发挥对内地经济发展的带动和辐射作用,加强区内城市的分工协作和优势互补,增强城市群的整体竞争力。继续发挥经济特区、上海浦东新区的作用,推进天津滨海新区等条件较好地区的开发开放,带动区域经济发展。有条件的区域,以特大城市和大城市为龙头,通过统筹规划,形成若干用地少、就业多、要素集聚能力强、人口分布合理的新城市群。人口分散、资源条件较差的区域,重点发展现有城市、县城和有条件的建制镇。同时,要加大环境保护和生态建设力度,建设资源节约型和环境友好型社会。可见,城市化与生态环境之间的关系协调问题既是国家“十一五”发展规划的重要命题,也是“十二五”、“十三五”乃至更长时期国家经济和社会发展规划的重要内容。

## 2. 城市化与生态环境关系的协调问题是推动城镇健康发展的必由之路

健康的城市化道路是一种以人为本、资源节约、产业升级、空间协调、生态环境友好、适中适速、安全和谐、城乡共荣、与资源与生态环境承载能力相适应、与新农村建设相结合的城市化发展模式。走健康城市化道路的一个关键途径就是要协调好城市化与生态环境之间的关系。

从战略需求角度分析,城市化过程不仅是提高资源优化配置程度、人口集聚程度和最经济的改善基础设施条件的过程,而且是培育新的经济增长点和有效提高区域人均收入、解决就业问题、调整结构和建设小康社会的过程。如何选择一条既能保护生态环境、又能推进城镇化又好又快健康发展的城市化发展道路,对同步加快区域工业化进程和国民经济的生态化进程,对进一步贯彻落实科学发展观、推进形成主体功能区、加快形成等级合理、分工有序的城市群结构体系,对建设资源节约型城市、环境友好型城市及和谐宜居的生态型城市等都具有十分重要的现实意义。

可见,工业化与城市化是实现构建和谐社会的必由之路,然而未来城市化进程将不可避免地面临越来越严重的资源短缺和生态环境容量的限制。城市化与生态环境保护之间不能协调发展所形成的恶性循环怪圈是导致城市化水平低下,城镇体系结构和城市空间结构不合理,多数城市和城镇辐射带动功能弱,并最终导致工业化发展滞后的根本原因。面对这些问题,尽管城市政府通过建设节水型社会和节水型城市,加强城市生态环境建设,集中治理城市环境污染,建设城市生态示范区,营造城市生态屏障,发展生态型城镇和生态社区等途径,试图协调好城市化发展与水资源短缺及生态环境保护的关系,但受水资源、资金投入、观念、利益驱动、规划滞后等种种因素的影响,至今仍呈现出“水资源日趋短缺—城市化进程缓慢—生态环境继续恶化—水资源更加短缺—更加限制城市化进程”的恶性循环格局。

为了将城市化与生态环境之间形成的恶性循环格局转变为良性循环格局,急需采用RS(remote sensing)、GIS(geographic information system)技术及相关研究方法,深入探讨区域城市化过程及其对生态环境胁迫的响应机制,总结城市化过程及其生态响应的普遍性规律,并对城市化演变过程做出多重反馈的旋进式模拟。这既是实施我国城镇发展战略和建设创新型城市的迫切需求,也是确保我国稳步走向“小康”社会的战略需求;既是确保国家生态经济安全的战略需求,也是实施《全国生态环境建设规划》、《全

国生态环境保护纲要》、《全国城镇体系规划》的客观需要,这些均充分体现出国家和各级政府开展城市化与生态环境效应研究有着广泛的战略需求,因而有着学术研究的前瞻性和广泛的应用前景。

### 3. 城市化与生态环境之间的关系协调问题是目前研究的薄弱环节

从国际上看,世界观察研究所 1999 年发表的调查报告表明,虽然城市面积仅占陆地面积的 20%,但生活在城市里的人进行活动所排出的  $\text{CO}_2$  却占总排放量的 78%,城市人口消耗了生活用水总量的 60%,能源的 75%,城市排出了世界污染物的 75%,况且未来世界人口的一半甚至 2/3 成为城市居民,全球经济活动主要集中在城市<sup>[4]</sup>。可见,城市对于人类的地位和作用越来越重要。据联合国人口基金会预测,目前全世界每年有 8000 万人争夺淡水,其中城市化增加对水的需求量是导致水资源短缺的三大原因之一<sup>[5,6]</sup>。正由于如此,针对全球城市化发展导致水资源短缺和区域生态环境日益恶化的现状,各国政府普遍将城市化与生态环境的协调发展战略作为国家总体战略,将城市与区域生态安全战略视为国家安全战略的重要组成部分,采取了一系列安全防范与风险调控的生物技术、工程技术和和管理技术,开始普遍推行区域发展的城市化与生态化,初步建立起了城市生态系统的综合防范与监控指标体系。1997 年,Whilite 研究表明,美国、以色列等国建立了城市生态安全与水资源监控预警系统,加强对城市化诱发的水资源安全预报,及时发现危险性和风险性的变化,实施城市绿色生态战略和节水城市战略。英国学者 A Chin 开始研究美国西南诸州季节性河流对城市化的影响,Fredrickson 在 1998 年的研究表明在过去的 120 年中,随着人口增加和城市化的发展,导致地下水下降,生态环境破坏。1992 年 В Г Бондур 研究俄罗斯城市在国家和地区中的生态安全地理定位,着手制定城市及其周围地区的生态安全战略和水资源战略,1997 年 В А Шитнтский 提出了未来生态城市国际方案中俄罗斯的行动计划。同年,俄罗斯 В В Владимиров 还提出了保持城市群体生态平衡的途径,把城市人口容量、城市聚居地区的工程生态特性、划定工程生态地带和制定形成城市聚居地的自然生态结构框架,作为维持和恢复城市化进程中生态平衡的必要条件,认为这些条件的满足可节约保护环境费用的 30% 以上。非洲国家肯尼亚以埃尔多雷特市为例分析城市化过程中大量农村人口流向城市造成的水资源短缺状况和由此引起的生态环境变化,1997 年 Ombura 通过建立沙漠化防治协调委员会和土地保护委员会,减轻了伴随城市发展而引起的荒漠化和生态环境恶化局面。澳大利亚提出在城市周围地区建立“生境平衡区”的观点,1998 年 Kasusya 通过建立“生态大学”促进生态环境良性发展。1997 年,Pathak 通过对印度城市化进程缓慢的成因分析中得出结论说,印度城市化进程缓慢受干旱缺水的影响很大。1998 年,德国 Michael 专门研究亚利桑那沙漠中的图森-城市-绿洲节水城市和地区发展战略。Folke 在 1997 年分析城市化对生态系统的作用,С Ключев 在 1998 年提出建设“城市中的生态市”,1996 年,А Тепор 把“生态城”设计视为创造人居环境的新方法等。

从国内研究的现状与趋势分析,以中国工程院钱正英院士为首的专家通过对西北干旱区水资源配置、生态环境建设和可持续发展战略的研究,认为西北地区城镇化水平 2010 年将接近 40%,2030 年将超过 50%,相应的城市用水总需求到 2030 年将增长近

一倍, 约需 70 亿  $\text{m}^3$ , 由此提出了建设“高效节水防污的城镇体系”的观点, 强调城镇发展要严格遵循顺自然、依水源、靠全局、有重点、重质量的原则, 城市和城市带的发展规模不能超过当地水资源的供应能力<sup>[7]</sup>。我国一大批专家学者长期致力于城市化与城镇体系建设、城市空间结构、城市经济区、城市生态系统、城市可持续发展、都市连绵带、城市群、城市圈、城市组团和城乡一体化等方面的深入研究, 先后发表和出版了一系列高水平的学术论著。所有这些研究充分体现出我国在水资源约束下城市化与生态环境建设方面取得了较为显著的成就, 反映了我国政府对城市化发展与生态环境保护的高度重视。

综合分析国内外有关城市化与生态环境之间关系协调问题的研究前沿与动向, 得出以下几点结论:

- (1) 研究重点主要侧重于城市发展的应用研究。包括主要从城市经济社会学角度, 分析城市化发展进程、城市空间布局与城镇规模等级体系建设。
- (2) 主要侧重于研究城市内部生态环境和城市生态系统稳定性的评价。
- (3) 很少从生态环境及水资源约束的角度, 将生态环境约束下的城市化过程与生态环境响应过程有机耦合起来进行规律性的基础研究。
- (4) 很少从大范围的大时空尺度将生态环境变化与城市化有机结合起来, 探讨城市化发展进程对生态环境变化的影响及生态环境变化对城市化过程的影响, 研究成果尚未形成一种相对独立的理论体系。

上述分析说明, 目前关于城市化过程对水资源及生态环境的影响和生态环境变化对城市化发展的影响等基础性的研究领域尚属薄弱环节, 学术观点散见于各种城市研究或水资源、生态环境研究的论著中。尽管如此, 我们仍可从已有研究成果中把握水资源约束下城市化过程及其生态环境效应的理论脉络和前沿, 这些理论脉络为今后这方面研究奠定了重要的理论与实践基础。

## 二、总体研究思路

鉴于城市化与生态环境之间的关系协调问题尚处薄弱环节, 研究的总体思路可归纳为: 把生态环境和水资源作为先决约束条件, 选择生态环境变化过程与城市化过程之间相互胁迫的驱动因子, 揭示生态环境变化对城市化过程的胁迫机制与规律; 分析城市化过程引起的与水资源相关的生态效应; 建立城市化过程及其生态环境效应预警指标体系, 预警不同强度的生态约束和水资源约束下城市化过程并进行情景分析; 进而选择最节水、最生态化的健康城市化发展道路, 建设资源节约型的生态型城镇体系。具体研究思路归纳为以下几点。

### 1. 选择生态环境变化过程与城市化过程之间相互胁迫的驱动因子

重点应用“国家资源环境遥感宏观调查与动态研究”成果, 选取典型区域 1985、1995 和 2000 年 3 个时期的遥感数据和 1:10 万土地利用/土地覆盖分类图 (ARC/INFO 的 coverage 格式), 采用 GIS 分析方法选取关键胁迫因子, 并对其采用响应指标进行辨识。

- (1) 关键胁迫因子的确定。考虑到影响生态环境变化的关键生态因子为水资源, 而

大多数城市“缺水又缺地”、“缺水又费水”，不少城市用水通过跨区调水解决，使得城市的进一步发展不得不先找“水”路，后找“土”路。为此，可用水资源变化过程替代生态环境变化过程，进而将反映水资源时空变化过程的胁迫因子确定为水资源总量  $w_1$ 、水资源空间分布格局  $w_2$ 、用水结构  $w_3$ 、水资源利用成本  $w_4$  和水资源开发与节水潜力  $w_5$ ；把反映城市化过程的关键胁迫因子确定为城市化水平  $u_1$ 、城市数量规模结构  $u_2$ 、城市产业结构转换强度  $u_3$ 、城市空间结构  $u_4$  和城市人居环境水平  $u_5$ ，从而构成生态环境（水资源）与城市化交互胁迫的驱动因子集  $Q = \{W, U\} = \{(w_1, w_2, \dots, w_5), (u_1, u_2, \dots, u_5)\}$ 。

(2) 关键胁迫因子响应指标的量化辨识。关键胁迫因子确定后，对每一个胁迫因子采用 3~5 个响应指标进行定量描述。如水资源总量  $w_1$  可用供水总量  $w_{11}$ 、用水定额量  $w_{12}$  等描述；水资源成本  $w_4$  可用水资源价格  $w_{41}$ 、每转移一个农村劳动力所需水成本  $w_{42}$ 、水资源税  $w_{43}$  等描述；城市数量规模结构  $u_2$  可采用城市个数  $u_{21}$ 、城市首位度  $u_{22}$ 、城市规模结构比率  $u_{23}$  等指标描述，等等。对已确定的若干指标采用各种数理统计方法和改革开放 20 年来的各种统计资料和实地采集数据求算，为下一步分析生态环境变化对城市化过程的胁迫机理及其生态效应奠定基础。

通过以上分析，生态环境与城市化 (W-U) 相互作用的胁迫关系就引申为二者关键胁迫因子  $w_i$ - $u_i$  之间的动态耦合关系，进一步引申为关键胁迫因子响应指标  $w_{ij}$ - $u_{ij}$  之间的耦合关系。

## 2. 剖析生态环境变化与城市化过程的交互胁迫机制

(1) 建立生态环境约束系数与城市化进程系数之间的函数关系。将特定时空范围内城市化进程所需的水资源量与当地可供应的水资源量的比值定义为水资源约束系数，将城市化进程所需的生态环境容量与当地生态环境能力的比值定义为生态环境约束系数，二者比值越小，对城市化进程的约束力越小；将城市化水平的增长率定义为城市化进程系数，进而根据各自的历史统计数据模拟二者相互作用的非线性函数关系。

(2) 分析生态环境变化对城市化过程的胁迫机制。包括生态环境空间分布格局对城市空间分布格局的胁迫机制、生态环境容量变化对城市人口与用地规模结构的胁迫机制、生态结构变化对城市产业结构转换和城市化进程的胁迫机制、生态建设与污染治理成本对城市化成本的胁迫机制、生态环境与资源承载潜力对城市化潜力的胁迫机制等。通过分析，得知每一个城市化胁迫因子  $u_i$  对任何一个水资源胁迫因子  $w_j$  的影响力大小和影响后果，每一个城市化胁迫因子  $u_i$  对任何一个生态环境胁迫因子的影响力大小和影响后果。据此分析生态环境变化对城市化过程的胁迫机理，阐明水资源约束系数每增加 1%，生态环境约束系数每增加 1%，所引起的城市化进程系数变化幅度、城市人口与用地变化幅度、城市空间结构和产业结构转换幅度，真正揭示生态环境变化和水资源变化对城市化过程胁迫的机制与普遍规律性。

(3) 分析城市化对生态环境及水资源的胁迫机制。包括人口城市化的水资源及生态环境胁迫机制、经济城市化的水资源及生态环境胁迫机制和城市扩张对水资源及生态环境的胁迫机制，阐明城市化水平每增加 1%，所引起的生态环境容量保障程度和水资源保障程度的增加幅度，揭示出城市化对水资源变化及其生态环境的胁迫机制与普遍规律性。