

# 低碳土地利用模式研究

赵荣钦<sup>1</sup>, 刘英<sup>2</sup>, 郝仕龙<sup>1</sup>, 明磊<sup>1</sup>

(1. 华北水利水电学院 资源与环境学院, 郑州 450011; 2. 郑州航空工业管理学院 土木建筑工程学院, 郑州 450015)

**摘要:**人类活动及其碳排放强度与土地利用方式密切相关,探索低碳的土地利用规模、结构和方式,能在很大程度上降低土地利用碳排放的速率,并为面向低碳经济的土地利用规划和布局提供参考。本文结合国内外低碳经济和低碳土地利用的研究背景和实践,分析了不同土地利用方式的碳排放效应;从低碳土地利用原则、模式和对策、目标三个方面构建了低碳土地利用模式研究的理论框架,重点从土地利用结构、规模、方式和布局等方面提出了低碳土地利用的模式和对策建议,并着重分析了低碳循环性农业、紧凑型城市和生态工业园等三种低碳土地利用布局方式;最后提出了低碳土地利用研究的未来趋势,即区域低碳土地利用路径的差异研究、编制低碳土地利用规划、低碳国土实验区的开发和建设、低碳土地利用综合效益评价等。

**关键词:**低碳; 土地利用; 模式

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)05-0190-05

## Research on the Low-carbon Land Use Pattern

ZHAO Rong-qin<sup>1</sup>, LIU Ying<sup>2</sup>, HAO Shi-long<sup>1</sup>, DING Ming-lei<sup>1</sup>

(1. College of Resources and Environment, North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Zhengzhou 450011, China; 2. College of Civil Construction Engineering, Zhengzhou Institute of Aeronautical Industry Management, Zhengzhou 450015, China)

**Abstract:** Anthropogenic activities and carbon emission intensity are closely related to land use mode. Exploring low-carbon land use structure, scale and mode could reduce carbon emission intensity from land use, and could be help for low-carbon oriented land use planning and distribution. Integrated with the research background and practices of low-carbon economy and low-carbon land use in domestic and abroad, this paper firstly analyzed the impact of land use on carbon emission, then built the theoretical research framework of low-carbon land use pattern, which include the principles, patterns and aims of low-carbon land use. Also this paper put emphasis on the low-carbon land use patterns and countermeasures on the aspects such as structure, scale, mode and distribution of land use, and put emphasis on three land use distribution modes such as low-carbon circular agriculture, compact city, eco-industrial park etc. Finally, several advices about the future research on low-carbon land use were put forward, such as research on discrepancy of regional low-carbon land use pattern, low-carbon land use planning, exploring and building of low-carbon territory experimental plot, benefit evaluation of low-carbon land use, etc.

**Key words:** low-carbon; land use; pattern

低碳经济是近年来为应对气候变化而提出的一种全新的经济发展模式,受到了各国学术界和政府的普遍关注。国内外学者对低碳经济发展模式<sup>[1-3]</sup>、低碳产业布局<sup>[4-5]</sup>和低碳城市模式<sup>[6]</sup>等都进行了相关的研究,以探索相应的低碳发展方式和转型途径。

实质上,经济建设、产业布局、城市扩展和能源消

费等人类活动都与土地利用密切相关,并最终都要落在不同的土地利用方式上。因此,探索面向低碳的土地利用结构、规模和方式能在很大程度上降低人为碳排放的速率。近年来我国从土地利用的角度开展了碳排放调控的研究和实践。如潘海啸<sup>[7]</sup>从土地利用的角度论述了低碳城市空间布局的理念;中国城市

收稿日期: 2010-06-19

资助项目: 华北水利水电学院青年科研基金项目(HSQJ2009014); 河南省 2010 年社科联、经团联调研课题(SKL-2010-2590)

作者简介: 赵荣钦(1978-),男,河南孟津人,讲师,在读博士生,主要从事土地利用和碳循环研究。E-mail: zhaorq234@163.com

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

科学研究会<sup>[8]</sup>将土地利用列为我国低碳城市规划的三大指标之一, 并对其目标层和准则层进行了具体的规定; 国土资源部公益性行业项目<sup>[9]</sup>对我国土地利用的碳排放状况进行了定量分析, 认为土地利用结构优化的碳减排潜力约为常规低碳政策的 1/3。另外, 国家低碳国土试验区<sup>[10]</sup>的设立和建设, 地方政府对低碳土地利用方式和低碳开发的支持<sup>[11]</sup>等, 都为低碳土地利用的开展提供了理论指导和政策依据。本文尝试从土地利用的角度, 构建低碳土地利用研究的理论框架, 为面向低碳经济的土地利用规划和布局提供参考。

## 1 土地利用的碳排放效应

土地利用/ 覆被变化是影响陆地生态系统碳循环的主要因素, 也是仅次于化石燃料燃烧的大气 CO<sub>2</sub> 浓度急剧增加的最主要的人为原因<sup>[12-13]</sup>。土地利用方式及其变化会直接或间接地影响自然及人为碳通量的强度, 并进一步影响区域碳循环的过程和速率。据估计, 土地利用变化导致的 CO<sub>2</sub> 排放为 124 PgC, 大约为 1850- 1990 年以来化石燃料燃烧 CO<sub>2</sub> 排放的一半<sup>[14]</sup>。因此, 土地利用变化对碳过程的影响成为目前全球变化和碳循环研究的核心问题<sup>[15-17]</sup>。国内外一些学者对土地利用变化的碳循环效应进行了研究, 并取得了大量的研究成果<sup>[18-19]</sup>。但由于土地利用具有较大复杂性及空间异质性, 土地利用变化对碳循环的影响程度、区域差异、碳源/ 汇<sup>[20]</sup>等问题仍存在较大不确定性。各种土地利用类型不仅具有一定的碳储量, 而且与大气之间也存在着一定的碳通量。比如, 建设用地本身有一定的碳储存, 如城市中的木质产品、有机

物质等; 同时受人类活动的影响, 建设用地也与大气之间存在大量碳的交换, 如化石燃料燃烧等。各地区各种用地类型的碳储量和碳通量具有较大的差异。

土地利用变化的碳排放效应表现在两方面: 一是土地利用方式变化带来的工业碳排放、产品消耗碳排放及使用建筑材料带来的间接碳排放; 二是土地利用变化的非工业化碳排放, 即地类转化的碳排放效应。比如森林或草地转化为城市用地, 由于植物地上生物量会以 CO<sub>2</sub> 的形式释放到大气中, 这种转化表现为碳源<sup>[21]</sup>。因此, 既要考虑土地利用变化带来的直接和间接的碳排放, 另外还要考虑土地利用方式转换前后碳储量的变化, 由于各国家地区自然及社会经济条件的差异, 土地利用对碳排放的影响也具有较大的差异<sup>[22]</sup>。

不同土地利用方式碳排放效应有所差别。建设用地能在很大程度上增加碳排放, 而林地碳汇则能补偿人为能源活动的碳排放。总体来看, 建设用地的碳排放强度达到 55.8 t/hm<sup>2</sup>, 其中工矿用地碳排放强度最大, 达到 196 t/hm<sup>2</sup>, 而林地碳吸纳强度为 0.49 t/hm<sup>2</sup>, 是重要碳汇<sup>[9]</sup>。另外, 土地利用方式改变带来的碳排放也有所差别, 一般来说, 林地转化为建设用地、草地或农田会造成碳释放; 反之, 退耕还林或土地复垦和整理则会增加碳汇。

## 2 低碳土地利用模式探析

为理清低碳土地利用的脉络, 本文从低碳土地利用的原则、模式和对策、目标等三个方面构建了低碳土地利用模式研究的理论框架。

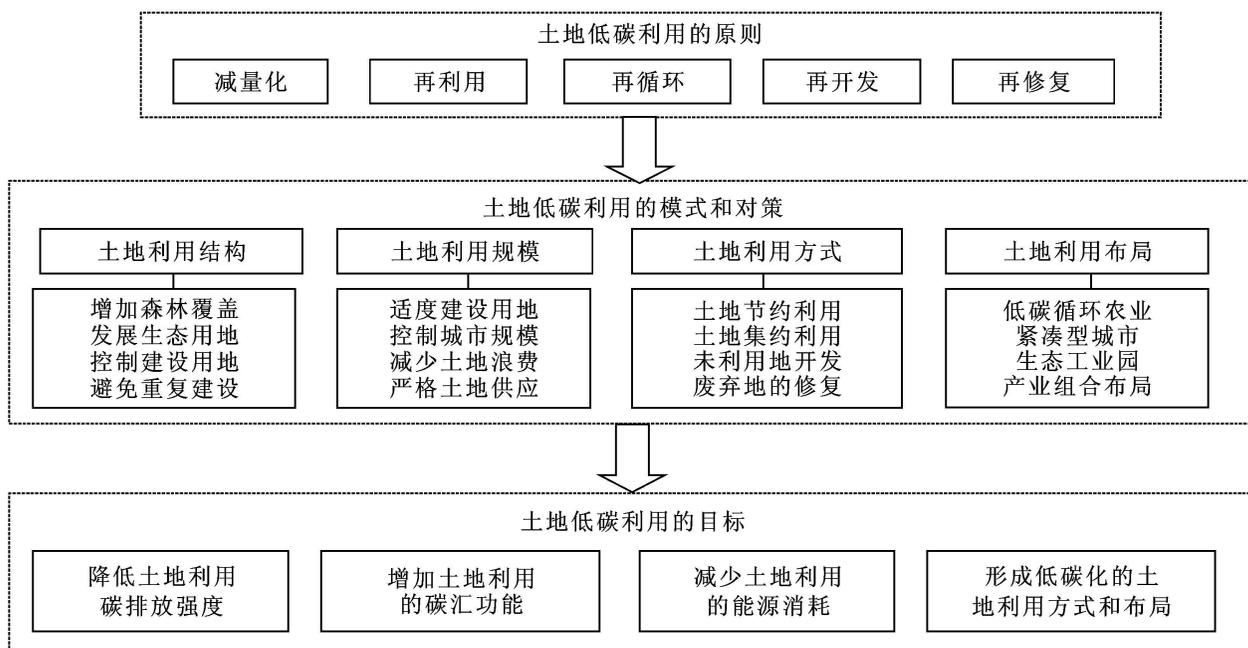


图 1 低碳土地利用模式研究的理论框架

## 2.1 低碳土地利用的原则

结合循环经济“减量化、再利用和再循环”的“3R”原则<sup>[23]</sup>,在低碳土地利用中可进一步扩展为“5R原则”:

(1)减量化:严格控制土地供应,改变粗放型土地利用模式,控制建设用地的过快增长;增加森林覆盖率和生态用地面积,增强土地利用的碳汇功能,提高固碳效率;减少单位土地的能源投入,用较少的能源投入获得较大的经济产出。(2)再利用:坚持耕地占补平衡原则,加强未利用地开发;加强土地整理、整治和复垦,通过土地的再利用,提高土地生产力,增加农用地的固碳功能。(3)再循环:加强农用地的循环可持续利用,避免掠夺性耕作造成的土地退化;加强土地节约集约利用,提高土地利用效率和能源使用效率。(4)再开发:充分挖掘城镇建设用地潜力,加强旧城改造;促进土地的再开发利用,避免城市的无节制扩张。(5)再修复:加强对污染土地和退化土地的生态修复,通过土地整治恢复退化土地系统的生产力。

## 2.2 低碳土地利用的模式和对策

陈从喜等<sup>[24]</sup>认为:建立低碳型土地利用方式,应从土地利用结构、规模、方式和布局等方面全面增强碳汇能力,减少或抑制碳排放的过快增长。结合这种观点,本文从这4个方面建立低碳土地利用的模式和对策,并重点对若干低碳土地利用布局方式进行探讨。

**2.2.1 土地利用结构** 从低碳化的用地结构来看,需要控制建设用地过快增长以及农用地、林地、湿地过快减少的趋势<sup>[24]</sup>。具体可采用以下途径:(1)植树造林,增加森林覆盖率和林业碳汇,以补偿高碳土地利用方式的碳排放;(2)发展生态用地,提高生产性土地的比重;通过改善农耕方式增加土壤碳汇;培育生物燃料,降低化石能源的比重;(3)控制建设用地的过快增长,避免城市的无节制扩张,提高城市土地利用效率;(4)合理规划布局产业结构,避免因重复建设造成的土地浪费和过多的碳排放。

**2.2.2 土地利用规模** 要实现低碳化的用地规模,可采用以下模式:(1)发展规模适度的建设用地,避免低水平重复建设,坚持规划引导,避免土地浪费。(2)保持合理的用地结构比例,维持区域的碳汇水平,保持较好的生态效益;(3)严格土地供应,保护基本农田,坚持耕地占补平衡,加强未利用地的开发。(4)尽量维持区域的协调发展和土地利用的协调布局,避免资源和产品大量运输造成过度的交通碳排放,也可以降低交通设施的碳排放压力。

**2.2.3 土地利用方式** 采取切实可行的利于碳减排

的土地利用方式是开展土地低碳利用的前提。(1)促进土地节约集约利用,减少单位土地面积的能源投入,提高单位土地面积的各类要素投入效率,或用较少的能源投入获得较大的经济产出。减少乃至避免资源浪费、污染排放<sup>[24]</sup>,这是土地低碳利用源头控制的措施,即土地减量化;(2)盘活存量建设用地,降低城镇土地闲置率,提高土地利用效率,统筹考虑城镇存量建设用地与增量建设用地;(3)加强未利用地的开发、加强土地整理、整治和复垦,通过土地的再利用,提高土地生产力,增加土地的固碳功能;(4)合理提高建筑密度、建筑容积率,增加投资强度<sup>[25]</sup>,提高碳的生产率。

**2.2.4 土地利用布局** 从用地布局和组合的角度,形成高效、低消耗与低能耗的低碳循环性农业,紧凑、有序、节能的紧凑型城市用地布局,产业关联度高、资源循环利用、废弃物排放最小化的生态工业园区用地布局,以及产业梯度结构合理、市场竞争有序、生态环境友好的战略空间用地布局<sup>[24]</sup>。

(1)低碳循环型农业。低碳循环型农业是指通过农业生态系统物质的再循环利用,来提高农业生态效益和降低碳排放的一种农业生产方式。农田生态系统是一个开放系统,主要受人为因素控制。因此,人为能源的输入是农业碳排放的主要来源,不同农业土地利用方式及其组合会带来不同程度的碳排放强度。要发展低碳循环性农业,可考虑采取以下对策:①生态农业模式。通过延长农业产业链,促进物质和农业产品的循环利用,在节约能源和原料的同时减少人为碳排放。②集约农业模式。从单位土地上获得更多的农产品,提高土地生产率,同时通过集中经营,面向市场需求,减少重复生产并节约劳动力。(3)绿色农业模式。减少化肥和杀虫剂等的使用,加强生态保护;促进秸秆还田和保护性耕作,推广保护性耕作措施、秸秆还田和过腹还田,增加农田土壤碳贮存。(4)土地综合治理模式。结合区域自然环境特点,对土地进行综合整理和治理,在提高作物产量的同时最大程度发挥土地的生态功能。以上各种农业用地模式对于节地、节水、节肥、节种,发展低碳农业具有重要意义。

(2)紧凑型城市。城市无节制扩展侵占了大量土地资源,也造成了能源的过度消耗和大量的碳排放。而紧凑型城市以节地、节能和优化布局的理念为城市土地低碳利用提供了具体的实现模式。①土地功能混合。城市土地功能混合有利于减少出行时间、交通距离和交通能耗,建设高密度住宅、办公、学校、商店以及文化休闲服务的混合区域<sup>[26]</sup>,可以大幅度降低由

于城市框架过大、土地基础设施扩展和建筑过程带来的碳排放。②城市结构“分散化的集中”模式。一方面,公共交通连接减少了各中心之间的交通能源碳排放<sup>[27]</sup>;另一方面,该模式比摊大饼式扩张具有较高的土地利用效率,能在很大程度上降低城市扩展带来的碳排放,并且有利于发展城市组团之间的碳汇经济,补偿区域人为活动的碳排放。③合理利用资源和基础设施。紧凑城市在充分考虑其服务半径和服务性质的基础上,从规模与布局上合理安排重点基础设施项目以及生活、娱乐等市政设施<sup>[25]</sup>,一方面避免了重复建设造成的碳排放,另一方面提高了能源、基础设施和土地の利用效率<sup>[26]</sup>。④优先发展公共交通。发展公共交通可以有效降低交通能源消耗,缓解交通堵塞、土地损耗、空气污染等问题,还可以提高公共交通设施的利用效率,降低对道路交通用地的需求<sup>[25]</sup>。

(3)生态工业园。生态工业园是指以工业生态学及循环经济理论为指导,使生产发展、资源利用和环境保护形成良性循环的工业园区建设模式<sup>[28]</sup>。其目的是尽量减少能源消耗和废弃物排放。生态工业园区在很大程度上实现了土地的集约利用,并促进了工业用地的最优化布局和再循环。生态工业园的低碳土地利用理念主要表现在:①通过产业集群,形成工业生态系统,避免了重复建设,减少了土地浪费,实现了土地资源的“减量化”。②生态工业园区物质能量的高效利用,有利于提升园区企业的整体效益。因此,在企业生产的层面实现了工业用地的高度集约化和较少的碳排放。③推行企业清洁生产,提高能源效率,通过节水、节能等措施,减少资源消耗和污染物的排放,提高了单位土地的碳生产率,降低了碳排放强度<sup>[29]</sup>。④通过环境综合处理系统,各企业间通过废弃物和能源的交换,既降低了废弃物处理成本,又减轻了环境污染,促进了土地的循环和再生利用。⑤尽量考虑资源节约和物质循环,尽可能地节地、节能、节水,使用可循环建筑材料,生产过程中节约土地资源等<sup>[30]</sup>。

除以上三种土地利用布局模式之外,在用地布局中也可以积极探索各种形式的低碳土地利用方式,比如村镇建设用地的规划、空心村的治理、未利用地的开发和整治、低碳农业示范园等,进一步促进土地的低碳化利用。

### 2.3 低碳土地利用的目标

通过土地的低碳利用,要达到以下目标:(1)降低土地利用碳排放强度。通过单位土地上更少的投入,获得更大的产出,并尽可能降低单位面积的碳排放,即实现土地的节约和集约利用。(2)增加土地利用的

碳汇功能。控制建设用地规模,增加生产性土地面积和陆地生态系统的固碳效率。(3)减少土地利用的能源消耗。降低土地利用的人为化石能源消耗,减少人为活动的碳排放。(4)形成低碳化的土地利用方式和布局。通过土地利用结构的优化实现土地利用的碳减排和调控目标。

## 3 结论

本文从低碳土地利用的原则、模式和对策、目标等方面构建了低碳土地利用模式研究的理论框架,重点从土地利用结构、规模、方式和布局等方面提出了低碳土地利用的模式和对策。需要说明的是:(1)本文所指的低碳土地利用模式,并非要限制建设用地,而是要在适度控制建设用地的前提下,一方面提高建设用地的利用效率,另一方面尽可能增加土地利用的碳汇功能。(2)低碳土地利用须着眼于全国或区域尺度,比如对低碳产业布局而言,不能在降低某一区域碳排放的同时,却间接增加了另一区域的碳污染,而应该从整体上降低土地利用的碳排放强度。

未来低碳土地利用研究应注意以下问题:(1)区域低碳土地利用路径的差异研究。低碳土地利用模式具有较大的区域差异性和灵活性,因此,应结合区域土地利用的特点来探索低碳土地利用的具体实现方式和策略;(2)编制低碳土地利用规划。在土地利用总体规划中引入低碳评价指标,对土地利用的碳减排效应进行评价;(3)积极开展低碳国土实验区的开发和建设。在国家低碳国土实验区的基础上,可进一步发展低碳经济示范区、生态农业示范区和低碳产业园等,在不同层次和土地利用方式上探索低碳土地利用的模式;(4)低碳土地利用的综合效益进行评价。土地利用一方面要考虑生态效益和碳减排效应,但也要考虑经济效益的提高,这需要进一步的评价和权衡,以找到两者的最佳结合点。

### 参考文献:

- [1] Stern N. The Economics of Climate Change: The Stern Review [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [2] 庄贵阳. 低碳经济: 气候变化背景下中国的发展之路 [M]. 北京: 气象出版社, 2007: 1-67.
- [3] 中国科学院可持续发展战略研究组. 2009 中国可持续发展战略研究报告: 探索中国特色的低碳道路 [M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [4] Schipper L, Murtishaw S, Khrushch M, et al. Carbon emissions from manufacturing energy use in 13 IEA countries: long term trends through 1995 [J]. Energy Policy, 2001, 29: 667-688.

- [5] Casler S D, Rose A. Carbon dioxide emissions in the U. S. economy: A structural decomposition analysis [J]. *Environmental and Resource Economics*, 1998, 11(3/4): 349-363.
- [6] 陈飞, 诸大建. 低碳城市研究的理论方法与上海实证分析[J]. *城市发展研究*, 2009, 16(10): 71-79.
- [7] 潘海啸. 面向低碳的城市空间结构: 城市交通与土地使用的新模式[J]. *城市发展研究*, 2010, 17(1): 40-45.
- [8] 中国城市科学研究会. 中国低碳生态城市发展战略[M]. 北京: 中国城市出版社, 2009.
- [9] 国土资源部. 低碳排放: 土地利用调控新课题[EB/OL]. [http://www.mlr.gov.cn/tdsc/lit/200912/t20091228\\_131048.htm](http://www.mlr.gov.cn/tdsc/lit/200912/t20091228_131048.htm)
- [10] 刘阳. 全国低碳国土实验区启动仪式在京举行[EB/OL]. <http://finance.people.com.cn/GB/11430913.html>
- [11] 河北省国土资源厅. 石家庄市土地供应向低碳项目倾斜[EB/OL]. [http://www.hzgtj.gov.cn:81/jpm/portal? action= infoDetailAction& eventSubmit\\_doInfoDetail= doInfoDetail& id= 17874310](http://www.hzgtj.gov.cn:81/jpm/portal? action= infoDetailAction& eventSubmit_doInfoDetail= doInfoDetail& id= 17874310)
- [12] Quay P D, Tilbrook B, Wong C S. Oceanic uptake of fossil fuel CO<sub>2</sub>: carbon 13 evidence[J]. *Science*, 1992, 256: 74-79.
- [13] Houghton R A, Hackler J L. Sources and sinks of carbon from land use change in China[J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 2003, 17: 1034-1047.
- [14] Houghton R A. The annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use 1850-1990[J]. *Tellus Series B-Chemical and Physical Meteorology*, 1999, 51: 298-313.
- [15] Jear Pierre Contzen, Anver Ghazi. The role of the European Union in global change research [J]. *AMBIO*, 1994, 23(1): 101-103.
- [16] 王绍强, 许珺, 周成虎. 土地覆被变化对陆地碳循环的影响: 以黄河三角洲河口地区为例[J]. *遥感学报*, 2001, 5(2): 142-148.
- [17] Kumar D M, Turner II B L. The human causes of deforestation in South East Asia[J]. *Bioscience*, 1994, 44: 323-328.
- [18] Houghton R A, Skole D L, Nobre C A, et al. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon[J]. *Nature*, 2000, 403: 301-304.
- [19] De Jong B, Ochoa Gaona S, Castillo Santiago M A, et al. Carbon flux and patterns of land use/land cover change in the Selva Lacandona, Mexico[J]. *Ambio*, 2000, 29(8): 504-511.
- [20] Schindler D W. The mysterious missing sink[J]. *Nature*, 1999, 398: 105-106.
- [21] 陈广生, 田汉勤. 土地利用/覆盖变化对陆地生态系统碳循环的影响[J]. *植物生态学报*, 2007, 31(2): 189-204.
- [22] 赵荣钦, 黄贤金, 徐慧, 等. 城市系统碳循环与碳管理研究进展[J]. *自然资源学报*, 2009, 24(10): 1847-1859.
- [23] 黄贤金. 循环经济学[M]. 南京: 东南大学出版社, 2009: 1-5.
- [24] 陈从喜, 黄贤金, 林伯强. 用好管好资源, 践行低碳发展[N]. *中国国土资源报*, 2010-04-23.
- [25] 贺艳华, 周国华. 紧凑城市理论在土地利用总体规划中的作用[J]. *国土资源科技管理*, 2007(3): 26-29.
- [26] 马奕鸣. 紧凑城市理论的产生和发展[J]. *现代城市研究*, 2007(4): 10-16.
- [27] 韩笋生, 秦波. 借鉴紧凑城市理念, 实现我国城市的可持续发展[J]. *国外城市规划*, 2004, 19(6): 23-27.
- [28] 万君康, 梅小安. 生态工业园区的内涵、模式与建设思路[J]. *武汉理工大学学报: 信息与管理工程版*, 2004, 26(1): 92-94.
- [29] 王发明. 循环经济系统的结构和风险研究: 以贵港生态工业园为例[J]. *财贸研究*, 2007(5): 14-18.
- [30] 王寿兵, 吴峰, 刘晶茹, 等. 产业生态学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 187-225.

(上接第 189 页)

#### 参考文献:

- [1] 顾朝林. 北京土地利用/覆盖变化机制研究[J]. *自然资源学报*, 1999, 14(4): 307-312.
- [2] Turner II B L. Two types of global environmental change: Definitional and spatial issues in their human dimensions [J]. *Global Environmental Change*, 1990, 1(1): 14-22.
- [3] Meyer W B, Turner II B L. *Change Use and Land Cover: A Global Perspective*[M]. London: Cambridge University Press, 1994.
- [4] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域: 土地利用/土地覆盖变化的国际研究动向[J]. *地理学报*, 1996, 5(5): 553-558.
- [5] 沈非, 苏玉燕. 近 16 年芜湖市土地利用变化分析[J]. *安徽师范大学学报*, 2008, 31(1): 70-74.
- [6] 刘树安, 吕帅. 地图文本注记问题的遗传算法求解[J]. *控制工程*, 2007, 14(2): 129-131.
- [7] 孙家柄, 舒宁, 关泽群. *遥感原理、方法与应用*[M]. 北京: 测绘出版社, 1997.
- [8] 林乐胜, 周兴东. 基于 RS 的徐州市土地利用/覆盖动态变化分析[C]//江苏省测绘学会 2007 年会, 2007: 171-174.
- [9] 胡光印, 董治宝, 王文丽, 等. 近 30 年玛曲县土地利用/覆盖变化监测[J]. *中国沙漠*, 2009, 29(3): 457-462.