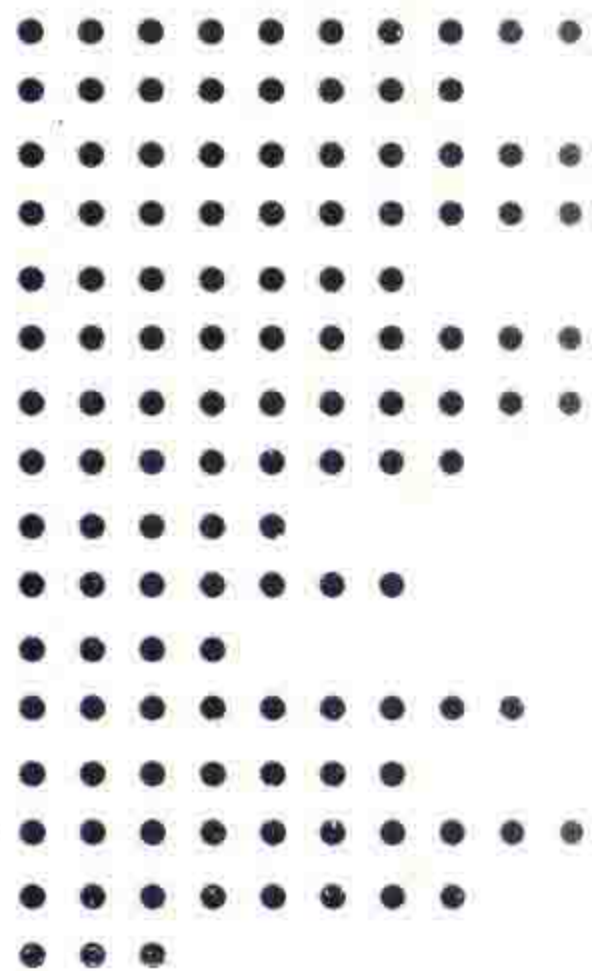
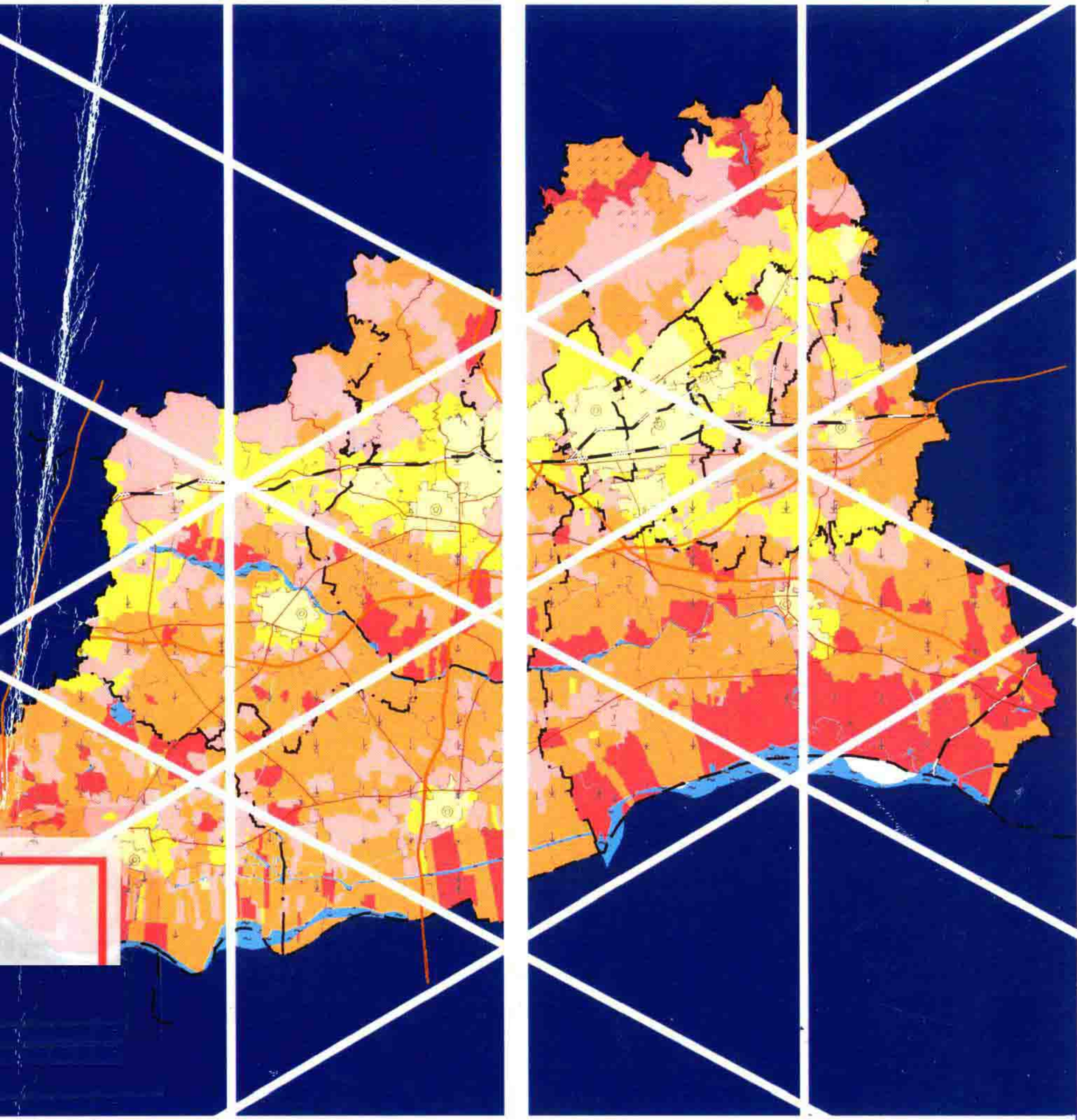


市域尺度土地生态质量评价方法与空间分异研究

◎ 张合兵 著



科学出版社

市域尺度土地生态质量评价方法 与空间分异研究

张合兵 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

土地作为社会经济发展的核心要素,其数量、质量和生态状况对人类生存和发展至关重要,开展区域尤其是市域尺度土地生态质量评价与调控理论与方法研究,具有重要意义。本书以服务于地市级国土部门强化土地资源“数量管控、质量管理、生态管护”三位一体管理能力的技术需求为目标,以河南省典型地级市—焦作市为研究区,从土地生态本底、胁迫、结构、效益四方面构建了土地生态质量状况评价指标体系,建立了基于改进理想点的土地生态质量评价模型;引入空间自相关思想,基于热点分析理论数学模型,提出了市域尺度土地生态质量空间分异及其主控因子识别方法,建立了土地生态管护分区方法;对焦作市进行了实证研究,提出了相应对策建议,为加快土地生态文明建设提供了科学依据和决策支持。本著作可供土地、生态、环境等相关领域从事研究、学习的专业人士、学生参考用书,亦可作为政府相关部门从事管理与实际工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

市域尺度土地生态质量评价方法与空间分异研究/张合兵著. —北京:科学出版社,2016. 10

ISBN 978-7-03-050201-8

I. ①市… II. ①张… III. ①土地-生态环境-环境质量评价-研究 IV. ①X171.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 242699 号

责任编辑:苗季莉 / 责任校对:韩 杨

责任印制:张 伟 / 封面设计:陈 敬

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>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年10月第一版 开本:787×1092 1/16

2016年10月第一次印刷 印张:11 1/4

字数:251 000

定价:98.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

党的十八大以来,把生态文明建设提高到中国特色社会主义事业“五位一体”总体布局的高度,部署了优化国土空间开发格局等四大任务。全国“十三五规划纲要”以坚持发展第一要务,牢固树立和贯彻落实创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念为原则,以提高环境质量为核心,解决生态环境领域突出问题为重点,从加快建设主体功能区、建立空间治理体系、推进资源节约集约利用、加大环境综合治理、加强生态保护修复等方面提出了一系列重大部署。土地作为社会经济发展的核心要素,其数量、质量和生态状况对人类生存和发展至关重要。因此,对土地生态质量开展系统评价和空间分异研究,对加快改善土地生态质量与环境、推进生态文明社会建设具有重大理论和现实意义。

在我国现行的国家—省—市—县—乡镇五级土地管理体制中,地市级国土部门是国家实现土地数量、质量、生态综合管控的关键环节,对上承担着落实细化国家、省市宏观战略部署,对下承担着指导调控县市国土部门加强土地管控的重要职责,与省级宏观尺度、县域及地块微观尺度上相比,其土地综合管控尺度、模式、技术体系相比有较大差异,在地市级尺度上开展土地生态相关问题研究,已成为提升地市级国土部门管控能力和水平亟待解决的问题。

近年来,随着经济社会的快速发展以及新型城镇化、工业化和农业现代化的持续推进,人类对土地资源利用的强度不断增加,在局部区域引发一系列环境污染、生态失衡等土地生态问题,且有不断恶化趋势,土地生态问题已严重威胁区域经济社会的可持续发展,并成为经济社会持续健康发展的瓶颈,已引起世界各国的普遍关注,成为社会各界所关注的热点问题。因此,对区域尤其是市域尺度的土地生态质量评价、分级、空间特征及调控等理论与方法进行系统研究,探讨引起土地生态质量变化的主导因素,提出改善土地生态质量,加快土地生态文明建设的调控建议,已成为当前全社会关注的热点和学术界研究的焦点。

本书面向地市级国土部门提升土地综合管控能力需求,以河南省典型地级市—焦作市为研究区,从土地生态本底、胁迫、结构、效益四方面构建了市域尺度下土地生态质量状况评价指标体系,建立了基于改进理想点的土地生态质量评价模型;引入空间自相关思想,基于热点分析理论数学模型,提出了市域尺度土地生态质量空间分异及其主控因子识别方法;建立了基于聚类分析模型的土地生态管护分区方法,分区提出了土地生态管护的调控对策。

全书共分为八章。第一章简要介绍了研究的背景与意义、国内外研究综述、研究目标任务、主要研究内容和技术路线等;第二章介绍了土地生态质量评价与空间分异研究相关基础理论;第三章主要介绍了研究区概况和数据来源;第四章简要分析了市域尺度土地生态质量评价的定位与要求,明确了评价单元,建立了基于改进理想点的市域尺度土地生态质量评价指标体系和评价模型;第五章对焦作市土地生态质量状况进行了评价研究,分析了其质量结构和空间分布特征;第六章引入空间自相关思想,提出了基于热点分析理论数学模型的质量空间分异方法,利用决策树 CART 算法和主成分分析模型,建立了全域分异和各分异类型区的土地生态质量空间分异主控因子识别方法并进行了应用。第七章从土地生态影响因子、景观生态、规划空间管制等方面建立土地生态管护分区指标体系,提出了基于 SPSS 和 GIS 技术的聚类分区模型,对焦作市进行了土地生态管护分区并分区提出了管护建议。第八章总结了研究的结论,对今后土地生态质量评价和分异研究进行了展望。

本书的研究工作是在原博士论文基础上深化研究逐步完成的,先后得到了科技部行业(国土)公益科研专项(201211050-5-6),国土资源部大调查专项“中原经济区土地生态调查与评估(DCPJ11-5-2)”、河南省基础前沿计划项目(112300410283)”等的资助。在项目研究过程中,导师郭增长教授给予了悉心指导;刘文锴、刘昌华、王双亭、景海涛、牛海鹏、陈俊杰、袁占良、王育红等教授提出了许多宝贵意见和建议;王新闯副教授、王世东副教授、张小虎副教授、马守臣副教授、郝成元教授等给予了大力支持和无私帮助!在资料收集过程中,得到了河南省国土资源调查规划院吴荣涛、李保莲、焦俊党,焦作市基础地理信息中心方潮、王变丽等同行和相关技术人员的大力支持和帮助!同时,本书在写作过程中,参阅了有关专家学者的论著、教材和资料,并在科技出版社领导和相关人员的支持和帮助下顺利出版。在此向他们一并表示衷心感谢!

由于作者学识水平有限,书中缺点和错误在所难免,再次恳请各位同行和读者批评指正。

作 者
河南理工大学
2016 年 4 月 10 日

目 录

前言

1 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 国内外相关研究综述	4
1.3 相关基础理论	13
1.4 研究目标与内容	20
1.5 研究方法与技术路线	21
2 研究区概况与数据来源	24
2.1 研究区概况	24
2.2 数据来源	32
3 基于改进理想点的市域尺度土地生态质量评价模型研究	34
3.1 市域尺度土地生态质量评价定位与要求	34
3.2 市域尺度土地生态质量评价单元确定和评价指标体系构建	35
3.3 主客观赋权结合的评价指标权重确定	40
3.4 市域尺度土地生态质量评价模型构建	48
3.5 本章小结	52
4 研究区土地生态质量评价及其特征分析	53
4.1 研究区土地生态质量评价指标体系及其处理	53
4.2 研究区土地生态质量评价及分级	76
4.3 土地生态质量评价空间特征分析	83
4.4 本章小结	89
5 土地生态质量空间分异及其主控因子分析	90
5.1 基于热点分析模型的土地生态质量空间分异研究	90
5.2 基于决策树模型的全域土地生态质量空间分异主控因子识别	100
5.3 基于主成分分析法的生态质量空间分异类型区主控因子识别	107
5.4 本章小结	111
6 土地生态管护分区及调控	112
6.1 土地生态管护分区及调控概述	112
6.2 基于聚类分析法的土地生态管护分区模型构建	114

6.3 焦作市土地生态管护分区及调控 117

6.4 本章小结 129

7 结论与展望 130

7.1 结论 130

7.2 创新点 132

7.3 展望 132

参考文献..... 134

附图..... 143

1 绪 论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 问题的提出

土地作为社会经济发展的核心要素,其数量、质量和生态状况对人类生存和发展至关重要(李玉平和蔡运龙,2007)。随着经济社会的快速发展以及新型城镇化、工业化和农业现代化的持续推进,人类对土地资源利用的强度不断增加,土地的经济价值和功能越来越重要。然而,局部区域对土地资源以单一获取经济利益的高强度利用和不合理开发,在局部区域引发一系列环境污染、生态失衡等土地生态问题,且有不断恶化趋势,土地生态问题已严重威胁区域经济社会的可持续发展,并成为经济社会持续健康发展的瓶颈,已引起世界各国的普遍关注,成为社会各界所关注的热点问题(徐嘉兴等,2013;徐昌瑜等,2013;臧玉珠等,2015;吴滢滢等,2015)。

在我国现行的国家—省—市—县—乡镇五级土地管理体制中,地市级国土部门发挥着承上启下的重要作用,是国家实现土地数量、质量、生态综合管控的关键环节,从市域尺度研究土地生态质量与省级宏观尺度、县域及地块微观尺度研究有较大差异,在地市级尺度上开展土地生态相关研究,已成为提升地市级国土部门管控能力和水平亟待解决的问题。

因此,对区域尤其是市域尺度的土地生态质量评价、分级、空间特征及调控等理论与方法进行系统研究,探讨引起土地生态质量变化的主导因素,提出改善土地生态质量,加快土地生态文明建设的调控建议,已成为当前全社会关注的热点和学术界研究的焦点。主要体现:

(1) 建设土地生态文明,实现人地关系和谐发展的迫切需要

党的十八大、十八届三中全会、四中全会提出了全面建成小康社会、建设美丽中国、生态文明社会建设重大部署,2015年中共中央、国务院发布的《关于加快推进生态文明建设的意见》中也提出了“严守资源环境生态红线”,特别是“……,加强能源、水、土地等战略性资源管控,……”等一系列战略部署;《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》提出,要牢固树立和贯彻落实创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念,实现生产方式和生活方式绿色、低碳水平上升,能源资源开发利用效率大幅提高,能

源和水资源消耗、建设用地、碳排放总量得到有效控制,主要污染物排放总量大幅减少。主体功能区布局和生态安全屏障基本形成等一系列目标。伴随着全面建成小康社会的深入推进,我国新型城镇化、新型工业化、新型信息化和新型农业现代化“四化同步”建设的进程必将进一步加快,各项建设发展对土地资源的刚性需求和对土地生态的影响短期内难以减缓,并将持续一段时间。然而,因土地资源的不合理利用和开发,对局部区域土地生态环境造成一定的影响和破坏,引发了一系列的土地生态问题,如农药与化肥的使用造成土壤污染使土壤肥力下降、过度砍伐引起局部区域水土流失与土地沙漠化、工业“三废”排放严重威胁食品安全和人类健康等(李静,李子君,吕建树等,2011),一定程度上影响了区域经济、社会 and 环境的可持续发展。因此,开展土地生态质量评价与空间分异研究有助于加快推进土地生态文明建设,实现人与自然的和谐发展。

(2) 科学指导地市级国土部门加强土地生态建设,提升土地管控综合能力与水平的迫切需要

土地生态建设是国家生态文明社会建设的重要组成部分,各级国土部门担负着改善土地生态状况的重大责任。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》提出要以市县级行政区为单元,建立由空间规划、用途管制、差异化绩效考核等构成的空间治理体系。目前,我国国土资源管理模式已从传统的“数量、质量管理”转变为“数量管控、质量管理、生态管护”三位一体的综合管控模式,要实现区域土地资源的有效管控,不仅要理清区域土地资源“数量、质量”情况,还要全面掌握区域土地生态状况。

地市级国土部门作为国家实现土地数量、质量、生态综合管控的关键环节,对上要落实细化国家、省市关于土地生态建设的宏观战略部署,对下要指导调控所辖县市区国土部门强化土地生态建设与管控工作,发挥着承上启下的关键作用,因此,迫切需要在市域尺度上对土地生态质量开展系统评价和空间分异研究,提出针对性的强化土地生态管护的政策建议,为提升地市级国土部门管控能力和水平提供科学依据和政策支持(戴靓,2013)。

(3) 丰富完善土地生态建设理论、技术与方法,提升土地科学研究水平的迫切需要。

随着生态学的发展,土地生态已成为土地科学研究的热点和新方向之一。目前,国内外与土地生态系统相关的研究成果日趋增多,研究方向有土地生态安全(黄海,刘长城,周生路等,2013)、生态风险(刘勇,邢育刚,李晋昌等,2012)、生态质量(昌亭,周生路,戴靓等,2014)、适宜性和敏感性(匡丽花,叶英聪,赵小敏,2014;吴克宁,韩春建,冯新伟等,2008)、脆弱性(许倍慎,周勇,徐理等,2011)、生态环境与生态退化(李君轶,吴晋峰,薛亮等,2007;袁金国,王卫,龙丽民等,2006)等;土地退化及生态环境恶化使人们

越来越重视土地生态质量和土地生态建设。现有文献对土地生态系统本底、结构、功能和影响问题等研究仍然较少,而以土地生态状况为目标的从宏观综合调查情况与微观信息提取数据结合的研究,以及将生态质量评价、生态空间分异、影响主控因子分析以及生态管护分区及调控四者进行集成研究更为少见。因此,对区域土地生态质量和空间差异进行系统研究,不仅是国土部门强化土地生态建设管控、改善土地生态状况、预防土地生态环境退化提供科学决策依据的迫切需要,也是丰富完善我国土地生态建设理论、技术与方法,提升土地科学研究水平的迫切需要。

(4) 以焦作市为研究区开展市域尺度土地生态质量评价与空间分异研究具有典型性、代表性和示范性

焦作市位于河南省西北部,是中原经济区经济转型示范市,其发展经历了以煤炭开采、化工为主,能源工业与旅游产业开发协调发展,装备制造和服务业为主的产业阶段变化,产业类型多样,对土地生态的影响方式也多种多样;其次,市域内地貌自北向南分布有山地、丘陵坡地、平原等地貌类型,不同地貌类型引起的土地生态变化也不尽相同;第三,伴随着焦作市经济社会的持续健康发展与新型城镇化、工业化、信息化和农业现代化的不断推进,各项建设发展对土地利用、土地生态造成了一定的影响,引起一系列土地生态问题。因此无论从引起土地生态变化的产业因素,还是从引起土地生态空间差异的地貌类型,以焦作市为研究区,进行市域尺度土地生态质量评价与空间分异研究,在河南乃至全国都具有较强的典型性和代表性和示范性。

综上所述,无论是从地市级国土部门强化土地生态建设管控能力与水平角度考虑,还是从改善区域土地生态质量的实际情况出发,都迫切需要系统地开展市域尺度土地生态质量评价、空间分异特征分析及其分异主控因子识别、土地生态管护分区及调控等理论技术方法研究。

1.1.2 研究意义

研究区域土地生态质量及其空间差异可以衡量人类经济生产活动对土地生态的影响,从而为改善土地生态状况、促进土地资源可持续利用提供科学依据(张正华,吴启发,王健等,2005)。本研究以服务于地市级国土部门提升土地管控能力与效率为目标,以焦作市为典型研究区,从市域尺度出发,依据人地关系理论、土地生态学、景观生态学及可持续发展等理论,开展市域尺度土地生态质量评价指标体系与评价模型构建、土地生态质量空间分异及其主控因子识别方法、土地生态管护分区与调控技术等相关研究,研究理论和现实意义主要体现在:

(1)提升地市级国土部门土地生态建设调控能力。(2)促进区域土地资源高效集约持续利用。(3)提升土地生态安全保障能力。(4)构建绿色空间格局、加快土地生态文

明建设。

1.2 国内外相关研究综述

1.2.1 土地生态质量评价研究

(1) 土地生态质量内涵及综合评价

对于土地生态内涵及其评价,国内外有不同的理解和认识。有学者认为土地生态质量内涵是,在一定时间段一定的空间范围内,土地部分或全部要素的不同组合方式,对人类生存以及可持续发展的适宜程度(沈翠新,2003)。土地生态质量评价则是以生态系统观点为基础,选取生态学理论的相关技术方法,对区域土地资源自然特性、社会经济发展状况及景观生态等因素进行综合评价分析,客观地揭示区域土地资源利用状况对域内社会、经济和环境可持续发展的影响程度和制约因素,在此基础上对土地生态质量评价进行分级或分区以体现生态质量的地域差异性(沈翠新,2003;叶文虎等,1994;Newman E I,2000)。

国外许多学者对生态环境质量进行了大量研究,但由于不同国家的社会、经济、整治等因素方面的差异,评价的特点与目的也不相同(Thomsena M,2011;Hua Ye et,2011;Sonneveld M et,2010)。

上世纪90年代初,国内研究学者开始关注土地生态质量评价研究。与农业生态系统相关的土地生态评价最先被重视,然后一些研究学者开始关注环境生态质量和土地生态质量的综合评价。徐理等从土地生态风险和生态系统服务价值两方面构建了土地生态环境质量评价体系,根据评价结果分析了土地利用总体规划中建设用地管制分区内的生态质量,结果说明建设用地管制分区布局与土地生态环境质量现状较协调,但存在以用地需求为导向和建设用地空间管制依据不足的问题(徐理,周勇,许倍慎,2012)。封丹等采用综合指数法,以大化县为例,从土地生态的结构、土地生态功能及土地生态问题3个方面构建评价体系并对土地生态质量进行评价,据此提出了土地利用的方向和对策,为土地持续利用提供科学依据(封丹和周兴,2013)。徐昌瑜等引入指标协调度,采用FRAGSTATS软件对宜兴市土地生态质量进行评价,研究表明,运用GIS技术与FRAGSTATS软件可提高土地生态质量综合评价体系的可操作性和实用性(徐昌瑜,陈健,孟爱农等,2013)。董丽丽等采用熵权TOPSIS法,针对煤炭资源型城市的土地生态特点,从土地利用的社会经济效益、结构状态及景观特征三个方面评价土地生态质量,并有针对性的提出改善措施及建议(董丽丽,丁忠义,刘一玮等,2014)。徐嘉兴等从景观学的角度对矿区土地景观生态质量进行综合评价,并分析了土地生态质量的

变化趋势,提出了改善矿区生态环境的策略(徐嘉兴,李钢,陈国良等,2013)。昌亭等通过构建土地生态指数指标体系对金坛市土地生态质量进行评价,在此基础上假设金坛市土地生态质量分布的城乡梯度规律,结果说明土地生态指数热点空间分异特征符合城乡梯度规律(昌亭,周生路,戴靓等,2014)。张合兵等构建了土地生态自然条件、结构状况、生态干扰与生态建设四方面的指标体系,评价了平顶山市土地生态质量状况并分析了影响土地生态质量的主要因素,并根据影响因素提出针对性的改善措施(张合兵,陈宁丽,孙江峰等,2015)。张敬花等在马尔科夫链理论上,基于天水市 2006~2010 年间的土地利用变化数据建立数学模型,预测了未来 15 年土地利用类型变化,此研究仅仅把天水市作为一个行政单元,基本没有考虑如何承上启下服务于省域和县域的土地生态保护的“三位一体”,特别是土地生态质量管理和生态管护(张敬花和雍际春,2010)。

综上,国内外相关研究对土地生态质量及其内涵进行了分析,对区域土地生态质量评价主要以宏观尺度或微观尺度为主,而从国土资源管理、国土资源管理体制机制和强化国土资源土地生态调控角度的研究较少。

由于土地生态质量评价服务对象的广泛性、内容的丰富性和尺度的多样性,至今尚未形成一套较为系统的土地生态质量评价研究体系。

(2) 土地生态评价指标研究

目前,土地生态评价指标体系的构建主要有三种类型:一是在联合国粮食与农业组织(FAO)颁布的《可持续土地利用评价纲要》基础上进行改进建立的土地评价指标;二是以“压力—状态—响应(PSR)模型”为基础的土地生态评价指标体系;三是基于“经济—环境—社会”(EES)框架为基础的土地生态评价指标体系。前两种评价体系偏重于人类活动和社会经济对生态的影响;第三种生态评价指标体系从景观角度出发,侧重土地生态系统内部结构与物质流通。

国内外研究侧重于以联合国粮食与农业组织(FAO)颁布的《可持续土地利用评价纲要》基础进行相关研究。Fieri 以水土流失、林地退化、地下水下降、盐渍化等生态现象作为土地质量评价指标,分析了不同现象影响土地生态质量的程度(Fieri, Christian, 1995)。Messing 等根据联合国粮食与农业组织的评价体系,结合研究区实际状况,从降雨、坡向、土壤质地、有机质、pH、氮磷含量等方面探析了小流域农业用地生态适宜程度(Messing I, Hoang Fagerstrom M, Chen L et, 2003)。王静等从生产性、安全性、保护性、经济可行性及社会可接受性五个方面,以土地可持续利用理论为基础,探讨了土地可持续利用状况和存在问题,提出了实现可持续土地利用与管理目标的解决途径(王静,濮励杰,张凤荣等,2003)。李新举等在 FAO 评价指标的基础上,结合垦利县的地理环境,选取降雨量、蒸发量等自然条件,湿地占地率、盐碱地占地率等环境条件,人均

国民生产总值、农民人均农业总产值等社会经济条件分析了垦利县可持续土地利用的障碍因素(李新举,方玉东,田素峰等,2007)。王葆芳等针对土地的地表形态、植被和土壤3大特征,从地方、区域及国家3种尺度构建了土地利用现状监测评价指标体系,对了解研究区土地生态状况非常有益(王葆芳,刘星辰,王君厚,2004)。

近年来,众多学者,以“压力—状态—响应”(PSR)、“经济—环境—社会”(EES)框架为基础,也开展了相关研究。张军以等针对三峡库区生态经济区土地资源的特点,基于PSR模型构建人均耕地面积、单位耕地面积农药使用量、城市化水平等在内的21个评价指标,对研究区2003~2006年的土地生态安全状况进行计算,并对土地生态安全趋势进行分析(张军以,苏维词,张凤太等,2011)。孟展等基于PSR模型,运用灰色预测模型评价了四川省土地生态系统状况,并根据评价结果提出了提升土地生态水平的建议和对策(孟展,张锐,刘友兆等,2014)。丁新原等应用PSR模型构建焦作市矿粮复合区的24个土地生态安全评价指标体系,对2006~2010年的土地生态安全状况进行评价分析,并提出实现土地可持续利用的建议(丁新原,周智彬,马守臣等,2013)。李茜等依据PSR框架模型,建立土地生态环境安全评价指标体系,研究并对比分析了宁夏不同时间段土地环境生态安全的动态变化情况(李茜,任志远,2007)。Paracchini等根据EES模型选取30个指标,针对区域内不同用途的土地进行决策分析,并提出权衡评价概念以满足不同利益决策者的需求(Paracchini M L, Pacini C, Jones M L M et, 2011)。张小虎等从经济、生态环境、社会三个方面建立土地生态安全评价指标体系,结合物元理论和熵值理论构建了土地生态安全评价模型,宏观评价了黑龙江省土地生态安全状况(张小虎,雷国平,袁磊等,2009)。该类土地生态评价的最小单元主要依赖统计数据。一般来说,县域、市域、省域(李新举等,2007;王葆芳等,2004;张军以等,2011;孟展等,2014;丁新原等,2013;李茜等,2007;Paracchini M L等,2011;张小虎等,2009;王雪等,2014;刘凌冰,2014;刘蕾等,2011)等各级范围的统计数据便于收集,基本能满足土地宏观管理的需要。

随着土地生态问题的不断出现及土地生态学理论的逐渐完善,土地利用结构是否合理、土地生态功能的发挥是否符合期望以及土地生态价值与经济效益的增长是否达到要求越来越受到关注(孟展,张锐,刘友兆等,2014)。因此,景观生态学、区域经济学等其他学科的理论方法被逐渐引用到土地生态相关研究中,从而完善了土地生态评价研究体系(丁新原,周智彬,马守臣等,2013)。张合兵等从遥感图像中提取景观利用类型,运用土地利用转移矩阵及景观格局指数,分析土地利用空间格局演化的时空变化特征(张合兵,陈宁丽,孙江峰等,2015)。李保杰等通过与景观格局优化目标相结合,建立矿区复垦的生态效应评价指标体系,评价了研究区的土地利用结构和景观格局变化,并分析了部分评价因子呈现正效应或负效应的原因(李保杰,顾和和,纪亚洲等,2012)。

综上,国内外学者在土地生态评价指标方面进行了较多的探索与研究,但仍然未形成统一的评价指标体系,尤其在宏观、中观、微观等不同尺度下的评价指标体系构建原则、要求和目标等方面还需要进一步研究。因此,在充分认识土地生态评价内涵基础上,如何根据国家、省、地市、县、乡、地块等不同尺度下的评价目的,在现有评价指标体系构建研究基础上,进行多目标、多尺度土地生态评价指标体系的构建研究,提高土地生态评价指标体系的针对性和适宜性,是今后的研究重点和方向。

(3) 土地生态质量评价模型研究

土地生态质量及其综合评价的关键是评价模型与方法的合理选择,也是土地生态质量评价的难点。目前,国内外常用的评价模型有数学模型法、空间模型法及景观生态模型法等方法。这些模型与方法主要基于生态学理论,采取土地利用现状特点结合区域生态环境变化情况进行研究(王根绪,程国栋,钱鞠,2003)。

① 基于数学模型的土地生态质量评价方法

数学模型应用于土地生态质量评价,具有规范标准、指标体系完善且定量化程度高的特点。何淑勤等采用生态足迹理论与方法,从生态承载力、生态足迹、生态赤字三个方面,评价了雅安市生态安全状况,揭示了区域性土地生态安全本质(何淑勤,郑子成,孟庆文等,2014);黄海等运用生态足迹原理,根据生态压力指数,在评价土地生态安全的基础上,探析了土地生态安全变化趋势,提出了改善和提高土地生态安全水平的措施(黄海,刘长城,陈春,2014);吕添贵等利用生态足迹理论与方法,评价了研究区 1997~2011 年的土地生态安全状况,指出了影响土地生态安全的重要因素(吕添贵,吴次芳,李冠,2011)。除此之外,生态足迹方法还广泛应用于土地生态承载力方面的研究(彭慧等,2013;Franklin J F, 1993;张合兵等,2015;李保杰等,2012;王根绪等,2003;何淑勤等,2014;黄海等,2014;吕添贵等,2011;张月丛等,2008;王建洪等,2012)。但是,该方法由于强调人类活动对土地生态环境的影响,缺少对土地生态质量本体的评价,后期发展程度受到了一定限制(张合兵,王世东等,2015)。

综合指数法是在土地生态质量评价中应用最多的土地生态评价数学模型(冯文斌等,2013;李玲等,2014;李迎迎等,2014;卢立峰等,2013;戴靓等,2013)。该方法包含构建评价指标体系,指标标准化、指标权重确定和评价标准等级设定等步骤。该方法的优点是过程简单、不损失指标信息,评价指标横向与纵向的对比分析较简便。但该评价方法也有一定的不足,如对综合指数分组处理具有一定主观性,同时难以确定总体指标与评价等级间的隶属程度。针对该缺点,有些研究学者将物元分析法应用于土地生态评价中(余健等,2012;余敦等,2011;齐鹏等,2012),扩展了土地生态评价的研究范围。物元分析法可以提供充足的空间分异信息,它首先对评价指标的经典值域进行区间界定后结合相对应的客观标准划分评价等级;然后,计算单项评价指标的关联函数得到单项

评价指标状态值;最后,集成评价模型单项评价指标状态值得到全部指标的综合指标状态值,从而能够较大幅度地提高等级判定的客观性、科学性和合理性(齐鹏,张仁陟,王晓娇等,2013)。

此外,随着土地生态研究的深入和广度的增加,神经网络法(黄辉玲,罗文斌,吴次方等,2013)、主成分分析法(杜忠朝和韩申山,2009)、理想点法(余敦等,2011;齐鹏等,2012;黄辉玲等,2010)、灰色关联法(张小虎,袁磊,宋卫芳等 2009)等数学模型也在土地生态评价中有一些探索研究。

② 空间模型法

土地具有自然属性特征的同时,还具有十分明显的地理空间信息特征。随着 3S 技术的飞速发展,3S 技术在土地生态评价等研究中得到广泛应用,且应用越来越多元化。其中,最常用的方法有地图叠加法和多准则决策法等。

空间模型分析法主要基于图层叠加进行分析。该方法利用 GIS 技术将地面测绘调查数据与遥感图像数据结合,以栅格或行政区为评价单元,对评价单元进行评价与分析。地图叠加法的各评价因子间相互独立,优点是相对容易理解和操作,但不同准则层间的相对重要程度不容易分析表达,对评价结果的排序也较为困难。因此,国内外一些学者将多准则决策(MCDA)运用到 GIS 技术中,从而更好地体现不同评价指标相对于其他指标的重要性,同时满足了不同决策者各自的态度和偏好(李玲,侯淑涛,赵悦等,2014),但多准则决策也具有主观性较强的缺点。一些学者将最小阻力面模型应用到土地生态评价中,尤其是土地生态适宜性评价(匡丽花等,2014;刘孝富等,2010;闫勇等,2011),最小阻力模型是一种从“源”到“汇”克服阻力做功的水平过程,反映了事物的潜在可能性及趋势,用阻力值表示,该方法通过“连通性”与“相似性”划分出土地生态适宜性,反映了事物的潜在可能性及趋势。

③ 景观生态模型法

土地利用与景观格局变化有着密不可分的联系。经济、社会的快速发展会进一步提高土地的利用程度,影响一定区域内的景观结构和功能。人类活动频繁的地区,土地利用是区域景观结构变化最主要的驱动力和干扰因素。景观的基本结构是“斑块—廊道—基质”。因此,景观指标在衡量土地生态状况的稳定性和健康性方面十分重要(Ghersa C M, Ferraro D O, Omacini M et, 2002)。景观生态模型法包括景观指数法(白晓永等,2005;齐伟等,2009;张飞等,2009)、景观生态安全格局法(Sushant Paudel et, 2012; S. Caillault et, 2013)等,该方法对各种潜在的土地生态影响进行评价,运用 GIS 及 RS 技术,构造土地利用变化生态效应指数和生态效应度等测定土地利用/覆盖变化的生态效应,或通过计算研究区景观格局指数,分析景观格局与生态环境因子的关系,如 Sushant Paudel 等基于 GIS 分析法对区域景观格局进行分析(Sushant Paudel,

Fei Yuan,2010),S. Caillault 等研究了生态廊道对景观格局变化的影响(S. Caillault, F. Mialhe,C. Vannieret,2013)。目前该方法尚不成熟,仍处于探索阶段。

由此可见,土地生态评价与 GIS、RS、统计学以及景观生态学等学科交叉结合,但不同的评价模型对所评价结果的内涵与实质不同。因此,在土地生态评价研究中,评价模型的选取应综合考虑研究区域的范围、时间和评价尺度等因素,才能保证土地生态评价结果科学合理。

1.2.2 土地生态质量空间分异研究

目前,有关土地生态质量空间分异研究的相关文献较少,主要有以下研究。戴靓(戴靓,2013)以金坛市为例研究了县域土地生态质量的空间分异及其主控因子识别;昌亭等(昌亭,周生路,戴靓,2014)以长三角经济发达地区典型区金坛市为例。从基础、胁迫、结构、效益 4 个角度构建土地生态指数指标体系,以行政村为评价单元对金坛市土地生态质量及分布进行了评价研究;徐嘉兴(徐嘉兴,2013)以徐州矿区为例对典型平原矿区土地生态演变及评价进行了研究;张合兵等(张合兵,陈宁丽,孙江锋等,2015)以栅格为评价单元,从土地生态自然条件、结构状况、生态干扰和生态建设 4 个方面构建评价指标体系,运用综合指数法评价了平顶山市土地生态质量。陈宁丽等(陈宁丽,张红方,张合兵等,2015)以河南省新郑市为例,从自然禀赋、生态压力、生态效益 3 个方面构建耕地生态质量评价指标体系,采用熵权 TOPSIS 法并结合 GIS 空间分析法,对耕地生态质量进行了评价,并借助障碍度模型提取了耕地生态质量的主控因子。吴滢滢等(吴滢滢,吴绍华,周生路等,2015)选取位列中国百强县之首的昆山市为研究区,基于 2012 年各类数据,建立土地生态质量综合评价体系,采用皮尔逊相关系数、二元 Moran 指数等方法,以行政村为评价单元,对该市土地生态质量的空间格局及其对土地利用程度的响应进行了研究。臧玉珠等(臧玉珠,彭慧,周生路等,2015)通过构建“基础—结构—胁迫—效益”四个层面评价指标体系,对苏南地区土地生态质量进行了系统评价,运用空间自相关方法,对其空间分异特征与经济发展协调性进行了分析。

此外,康智明等(康智明,王彬,祝文烽等,2015)以福建省明溪县农地土壤为研究对象,采集耕层土壤(0~20cm)样品 88 个,测定其 Cd、Cu 和 Pb 等 3 种重金属元素含量;利用 ArcGIS 软件分析了其农地土壤重金属空间变异特征;采用 Hakanson 潜在生态危险指数法评价了研究区域农地土壤重金属潜在生态风险与环境污染。张晓楠等(张晓楠,宋宏利,李振杰,2012)以 1997 年和 2007 年 Landsat TM 影像解译数据为基础,采用空间格网作为表达单元,从空间分布和空间结构两个角度分析了邯郸市生态系统服务价值的空间分异规律。张合兵等(张合兵,郝成元,张小虎,2012;)以 EOS/MODIS 卫星遥感数据为数据源,对 2001~2006 年潞安矿区净初级生产力、土地利用覆被变化

和成因进行了研究和分析。吴健生等(吴健生,乔娜,彭建等,2013)以平朔露天矿区为研究对象,评价了矿区景观生态风险,并采用 ESDA 方法定量研究了矿区生态风险空间分异特征。王大力等(王大力,吴映梅,2015)以云南省为研究空间载体,克服突破了生态环境偏重单要素的传统评价方法,筛选构建了区域生态环境综合评价方法,运用 GIS 空间分析手段,探讨了云南省生态环境及空间分异特征,并针对性的提出了云南省生态文明建设的空间思路对策。黄正良等(黄正良,钟慧润,2015)通过对佛山市高明区土地利用多样化程度、动态度、信息熵、均衡度、破碎度的分析,提出了基于土地利用空间分异的生态健康评价体系,从生态系统服务功能、生态承载力、生态风险对生态健康情况做出了差异分析。刘欢等(刘欢,周忠学,齐爱荣,2013)通过构建都市农业生态安全概念及评价指标体系,运用熵值法、障碍度分析模型、GIS 制图技术对西安都市农业生态安全进行了综合评价。许妍等(许妍,高俊峰,高永年等,2011)根据研究地域的生态特征,综合考虑流域内生态系统相互影响机制,结合遥感解译、野外调查及社会统计等多源数据,从胁迫因子、状态因子以及效应因子三方面构建了流域生态系统健康评价指标体系,对太湖流域生态健康进行评价,并对其空间分异及动态转移特征进行深入分析。石蒙蒙等(石蒙蒙,薛兴燕,吴明作等,2014)通过收集河南省各县市的气象资料与土地利用、工农业生产等统计数据,利用 Penman 模型与河南省用水定额等方法计算出各县市的生态用水各项分量,利用 GIS 等工具分析了其空间变异特征。

综上,目前有关土地生态质量空间分异方面的研究,主要集中在土地生态质量评价结果的空间格局分析,以及生态环境和生态服务价值等方面的空间分异;其次,从研究区域尺度看,目前的研究主要以省域尺度为主进行研究,也有从流域和矿区尺度进行研究,从市域尺度方面进行研究还较为少见;再次,对土地生态质量进行的探讨,侧重于对土地生态质量评价以及影响因子的分析,对土地生态质量的空间分布状况和空间变化规律分析研究不够深入,特别是缺少识别影响土地生态质量空间分异主控因子的相应方法和模型。

1.2.3 土地生态管护分区研究

土地生态管护分区是调控土地利用的有效方式,科学的分区可为土地利用的宏观调控与精细化管理提供依据,并促进区域协调发展,因此分区调控是土地利用研究的前沿热点问题。

国外学者对土地分区的研究较早,1891 年德国的法兰克福(Frankfurt)首次使用土地分区的办法来管理城市土地。美国的土地分区管理发展的较为完善,尝试通过土地利用分区避免城市建设中土地利用带来一般性福利(邹士鑫,2010)。美国的城市土地分区理论对世界各国的土地利用分区影响最大(Man Cho,1997;Contonis,1989),1922