

城市与区域空间结构研究丛书

吴殿廷主编

基于空间尺度的 土地利用/覆盖变化与 生态系统服务

张宇硕 · 著

Land Use/Land Cover Change
and Ecosystem Services Based
on Spatial Scale

非外借



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

城市与区域空间结构研究丛书 | 吴殿廷主编

基于空间尺度的土地利用 / 覆盖变化与生态系统服务

Land Use / Land Cover Change and Ecosystem Services Based on Spatial Scale

张宇硕 著

 东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

南京 · 2021

内容提要

本书从空间尺度视角切入,阐述了土地利用/覆盖变化与生态系统服务的关系。对土地利用/覆盖变化与生态系统服务的尺度概念和学科内涵进行了界定;构建了土地利用/覆盖变化与生态系统服务交互作用的概念框架;探析了京津冀地区、市域、县域、格网尺度的土地利用/覆盖格局与时空变化特征、生态系统服务格局与时空变化特征、生态系统服务权衡关系;从数值统计和空间分异两个角度揭示了土地、社会、经济、政策等因素及其变化对生态系统服务的综合影响。全书旨在系统理解京津冀城市群土地利用/覆盖与生态系统服务之间的关系,促进不同尺度生态系统服务的供给与协同,为相关理论研究提供基础与框架。

本书适用于地理学、土地科学、生态学等专业的教学和科研人员阅读,也可供自然资源管理、区域发展规划领域的从业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

基于空间尺度的土地利用/覆盖变化与生态系统服务 /
张宇硕著. —南京:东南大学出版社, 2021.2

(城市与区域空间结构研究丛书/吴殿廷主编)

ISBN 978-7-5641-9370-6

I. ①基… II. ①张… III. ①土地利用-关系-服务
功能-研究-华北地区 IV. ①F321.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第261740号

Jiyu Kongjian Chidu De Tudi Liyong/Fugai Bianhua Yu Shengtai Xitong Fuwu

书 名: 基于空间尺度的土地利用/覆盖变化与生态系统服务

著 者: 张宇硕

责任编辑: 李 倩

邮箱: 441339710@qq.com

出版发行: 东南大学出版社

社址: 南京市四牌楼2号(210096)

网 址: <http://www.seupress.com>

出 版 人: 江建中

印 刷: 南京玉河印刷厂

排版: 南京凯建文化发展有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 9.5 字数: 220千

版 印 次: 2021年2月第1版 2021年2月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5641-9370-6 定价: 49.00元

经 销: 全国各地新华书店

发行热线: 025-83790519 83791830

* 版权所有,侵权必究

* 本社图书如有印装质量问题,请直接与营销部联系(电话或传真:025-83791830)

北京师范大学 985 专项项目

京津冀生态文明建设的总体战略策略（项目编号：2015KJJC29）

任何事物的发展都是在时空中展开的，当这个事物的体量很大时，其内部的分异就不容忽视。中国经济社会系统就是这样的事物，中国的很多城市、区域也是这样的事物，而且还都处在快速分异、分化之中。所以，在中国，以研究空间结构为主的学科——地理学，在当前是最具生命力的学科，全世界还没有哪一个国家的地理学研究人员数量和高校招生规模可与中国媲美。

以北京师范大学为例，从改革开放初期的一个地理系，发展到目前的“三宫六院点点红”（地理学院、环境学院、自然资源学院、水科学研究院、减灾与应急管理研究院等），现有全职教师300多名，在岗教授100多名，每年招收博士生数以百计。当然，中国在这方面的研究水平还不高，与美国、德国、日本等发达国家相比还有很大差距，但凭借着人多势众的研究队伍和广泛的社会需要，中国的空间结构研究必将在不久的将来站在世界的前沿，甚至引领世界发展。

空间结构是指在一定地域范围内不同要素的相对区位关系和分布形式，它是在地球表层系统长期发展过程中人类活动和区位选择的积累结果与空间表现形式，反映了人类活动的区位特点以及在地域空间中的相互关系。这些成果重在研究城乡之间、区域之间的统筹协调发展问题。按照正常的思维习惯，即先从宏观整体出发，然后逐渐深入到微观具体层面，因此本套丛书我们将视角放在城市和区域内部，以一线城市、部分二线城市和发达地区为主要研究对象，利用城市地理学、区域经济学等最新理论和地理信息系统（Geographic Information System, GIS）等现代手段，探索快速发展的城市和区域空间演变规律，旨在为正处在全面城镇化的国家决策和转型与跨越发展的区域决策提供支撑。

中国的空间结构研究从2005年开始进入爆发式发展时期。在中国知网上，以“区域空间结构”为主题进行检索，2000年可检索到文献7篇，2005年可检索到41篇，2010年可检索到86篇，2012年可检索到176篇；以“城市空间结构”为主题进行检索，2000年可检索到文献18篇，2005年可检索到203篇，2010年可检索到437篇，2012年可检索到568篇！由此可见，空间结构研究契合了国内研究的热潮。我们将广泛吸收国内外同仁加盟，总结、探索推出具有中国特色的城市与区域空间结构研究系列成果，以推动中国城市与区域的可持续发展。

高瞻远瞩遥感者，博大精深地理人。科学发展纵横论，强邦富民要躬行。地理学以其独特的空间思维迎合了大国崛起的现实需要，成为当

前最具价值的战略学科之一。我们在为地理学迅速成长欢欣鼓舞的同时，也深感责任重于泰山。是为序，并与国内外同仁共勉。

本丛书的出版得益于东南大学出版社的支持，尤其是徐步政、孙惠玉两位编辑的帮助。在当今人们都热衷于追求经济利益的大背景下，他们却对学术著作出版热心扶持，其高尚之情怀令人感动。特借丛书出版之际，向东南大学出版社表示敬意和谢意！

吴殿廷

随着全球范围的人口增加、经济增长和城市发展，人类活动引发了土地利用/覆盖的剧烈变化，对生态系统服务的提供能力产生严重影响。作为全球可持续发展研究的重要科学问题之一，生态系统服务已成为国际地理学、生态学及相关学科研究的前沿和热点，对生态环境保护具有重要的决策指导价值。如何有效地应对在人类活动驱动下土地利用/覆盖变化对区域生态系统服务的影响，促进区域可持续发展，是地理学研究的一个重要论题。党的十八大报告将生态文明建设作为“五位一体”之一，党的十九大报告进一步强调“绿水青山就是金山银山”的重要生态保护理念，“山水林田湖草是生命共同体”已成为重要的生态建设思想。因此，如何提出科学的理论与方法提升和优化生态系统服务，进而缓解生态系统服务有效供给对社会经济发展的限制，已成为京津冀一体化发展面临的重要问题，对实现“金山银山”与“绿水青山”的双赢战略至关重要。

地理学对土地利用格局、过程及驱动机制已有深入研究，生态系统服务评估是涉及生态学和地理学等多学科交叉的重要研究内容。多尺度分析有利于将不同尺度上土地利用/覆盖与生态系统服务的关系联系起来，深入揭示土地利用/覆盖变化对生态系统服务的影响。京津冀地区快速的人口增加、城市化和产业调整对土地利用/覆盖产生显著影响，引发了一系列生态、环境、资源等方面的问题，经济增长与生态保护之间的矛盾不断激化。因此，基于土地利用/覆盖变化对生态系统服务变化及其影响因素进行定量分析，有助于科学理解京津冀地区土地利用/覆盖与生态系统服务之间的关系，促进区域生态系统服务的提升，对京津冀生态文明建设和协同发展具有重要意义。

利用首套全球 30 m 空间分辨率的地表覆盖数据 (GlobeLand30) 对京津冀地区的土地利用/覆盖数据进行提取，采用多层次空间统计的方法对京津冀全区、三省市 (北京、天津、河北)、地级市、区县及 1 km × 1 km 格网单元的土地利用/覆盖数据进行多层次空间统计，对土地利用/覆盖格局与时空变化进行多尺度分析。研究发现，2000—2010 年，京津冀地区土地利用/覆盖变化表现出明显的时空差异。耕地减少和建设用地增加是京津冀地区突出的土地利用/覆盖变化特征，耕地减少区域与城市扩张区域在空间分布上呈现明显的空间重叠现象。通过地类转换矩阵可知，耕地向建设用地转化是京津冀地区耕地减少和建设用地的直接原因。建设用地扩张规模最大的区域连片分布于“京津唐”

地区，沿北京—保定—石家庄、北京—天津、唐山—天津—沧州形成三条点轴式分布的建设用地扩张带。

利用遥感、地形、气象、土壤等数据建立生态系统服务评估数据库，参考千年生态系统评估技术路线，根据京津冀地区的自然地理条件、社会经济发展和生态环境问题现状，选取净生产力、粮食生产、水源涵养、土壤保持作为生态系统服务评估指标。基于模型结果准确性、操作可行性及应用广泛性等原则，选取估算模型对四类生态系统服务进行估算和分析。通过对京津冀全区尺度生态系统服务平均值的统计发现，10年间粮食生产呈上升趋势，净生产力、水源涵养和土壤保持均呈下降态势。不同尺度上生态系统服务变化呈现显著的区域差异。粮食生产服务在天津南部、沧州、衡水东部区县形成一个高增长区，水源涵养服务上升区零散分布于北京的密云县、张家口的张北县等，土壤保持服务在京津冀西南部的石家庄、邢台、邯郸的西部区县形成一个明显的下降区。

基于生态系统服务估算结果，采用空间叠加和聚类分析法分别对区县单元生态系统服务供给的多样性和综合性进行时空差异分析。研究发现，京津冀地区尚无区县在净生产力、粮食生产、水源涵养和土壤保持四类服务上均具备高于全区平均水平的能力。2000年，提供三类生态系统服务能力的区域（“3”类区域）主要呈条带状分布于燕山和太行山区域，各类生态系统服务供给能力均较低的区域（“0”类区域）连片分布于北京、天津、沧州。2000—2010年，“3”类区域呈显著扩张趋势，连片分布于京津冀北部地区。“0”类区域呈缩减趋势，集中分布于“京津唐”地区。根据区县单元生态系统服务的聚类分析，结合聚类后各类区域中生态系统服务的平均值，按照生态系统服务供给水平的高低将京津冀地区划分为人口集聚区、粮食生产区、水源涵养区和土壤保持区。

基于生态系统服务标准化数据，采用相关分析法分别对地级市、区县、 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 格网尺度的生态系统服务权衡关系进行统计分析。研究发现，2000年和2010年，上述三个尺度上的净生产力与水源涵养保持协同关系，粮食生产服务与水源涵养服务、土壤保持服务则呈现权衡关系，水源涵养服务与土壤保持服务之间呈现协同关系。京津冀生态系统服务权衡/协同关系具有一定的尺度效应，如粮食生产服务和水源涵养服务在地级市尺度上不具有明显的权衡或协同关系，但在区县尺度和 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 格网尺度上则呈现出权衡关系。2000—2010年，耕地的粮食生产服务呈增加态势，土壤保持服务有所下降。林地、草地和灌丛地的水源涵养服务与土壤保持服务变化微弱，净初级生产力在耕地、林地、草地和灌丛地方面均表现为下降趋势。

基于土地利用/覆盖数据和社会经济统计数据，构建由土地利用/覆盖因素、社会因素、经济因素所组成的综合指标体系，采用因子分析和

回归分析相结合的方法对生态系统服务的影响因素进行定量分析和探讨。研究发现，对粮食生产服务、水源涵养服务、土壤保持服务影响最大的均为土地利用/覆盖因子，对净生产力影响最大的是经济和人口因子。耕地对粮食生产具有正向影响，对水源涵养和土壤保持均产生负向影响。与此相反，林地、草地和灌丛地对水源涵养和土壤保持具有正向影响，对粮食生产则产生负向影响。对比不同土地类型对生态系统服务的影响程度，对粮食生产、水源涵养服务、土壤保持影响程度最大的均为耕地，对净生产力影响程度最大的是草地和林地。10年间土地利用/覆盖因子对生态系统服务的影响程度呈上升趋势，其中耕地、林地和草地对净生产力与土壤保持的影响程度均明显增强。经济和人口因子对生态系统服务的影响程度亦呈上升趋势，人口密度、城镇化水平、地均第一产业增加值对净生产力、粮食生产和土壤保持服务的影响程度均明显增强。

选择“土地利用变化与生态系统服务关系”作为研究方向得到了北京师范大学985专项项目“京津冀生态文明建设的总体战略策略”（项目编号：2015KJJCB29）的支持。选择该研究方向主要是基于对京津冀城市群社会经济发展与生态环境保护之间现实矛盾的思考，通过土地利用将社会经济活动与生态系统服务连接起来，探讨人文因素和自然因素对生态系统服务的交互影响，尝试将人文地理学对社会、经济、文化等因素的研究优势融入土地利用变化对生态系统服务影响的尺度效应研究中，探索人文地理学与自然地理学、生态学的学科交叉优势在土地利用变化与生态系统服务研究领域的重要作用。由于书中的一些内容具有一定的探索性，故难免有不妥甚至谬误之处，祈望读者不吝珠玉、慷慨赐教。

张宇硕

2020年春于山西财经大学

目录

总序 前言

1 绪论	001
1.1 研究背景	001
1.1.1 人类活动促使土地利用 / 覆盖发生了剧烈变化	001
1.1.2 土地利用 / 覆盖变化改变着生态系统服务的供给能力	002
1.1.3 生态系统服务与区域可持续发展和人类福祉密切相关	004
1.1.4 京津冀协同发展对生态系统监测与管理提出要求	005
1.2 研究意义	006
1.2.1 理论意义	006
1.2.2 实践意义	007
1.3 国内外相关研究进展	008
1.3.1 尺度的基本概念	008
1.3.2 土地利用 / 覆盖监测与时空变化	009
1.3.3 生态系统服务评估与时空变化	014
1.3.4 考虑空间尺度的土地利用 / 覆盖变化对生态系统服务的影响	026
1.4 研究框架、研究内容及技术路线	032
1.4.1 研究框架	032
1.4.2 研究内容	033
1.4.3 技术路线	034
2 研究区、数据来源及研究方法	042
2.1 研究区概况	042
2.2 数据来源与处理	043
2.2.1 基础数据库	044
2.2.2 派生数据库	045
2.3 研究方法	047
2.3.1 土地利用 / 覆盖统计与分析	047
2.3.2 生态系统服务评估与分析	048

3	京津冀城市群土地利用 / 覆盖格局及其时空变化	058
3.1	土地利用 / 覆盖空间分布格局	058
3.2	土地利用 / 覆盖时空变化特征	063
3.2.1	总体变化幅度	063
3.2.2	区域变化特征	064
3.2.3	空间变化分异	067
3.3	土地利用 / 覆盖类型转换特征	068
3.4	本章小结	071
4	京津冀城市群生态系统服务格局及其时空变化	073
4.1	生态系统服务空间分布格局	073
4.2	生态系统服务时空变化特征	079
4.2.1	时间变化特征	079
4.2.2	区域变化特征	080
4.2.3	空间变化分异	083
4.3	生态系统服务供给多样性与综合性的空间分异特征	085
4.3.1	生态系统服务多样性供给的空间分异	085
4.3.2	生态系统服务综合性供给的空间分异	088
4.4	生态系统服务的空间权衡关系	090
4.4.1	市域尺度的权衡关系	091
4.4.2	县域尺度的权衡关系	092
4.4.3	格网尺度的权衡关系	094
4.5	本章小结	096
5	县域尺度土地利用 / 覆盖变化对生态系统服务的影响	098
5.1	指标体系构建	099
5.2	回归模型筛选	100
5.2.1	模型假设	100
5.2.2	模型检验	101
5.2.3	模型建立	103
5.3	影响因素测度及其变化分析	105
5.3.1	影响因素的多元回归分析	105
5.3.2	影响因素的时间变化特征	113
5.4	本章小结	114

6	格网尺度土地利用 / 覆盖变化对生态系统服务的影响.....	115
6.1	生态系统服务空间分异的影响因素.....	115
6.2	生态系统服务空间分异的主导影响因素.....	116
6.3	生态系统服务空间分异的交互影响因素.....	117
6.4	本章小结.....	120
7	生态系统服务保持与恢复政策建议.....	121
7.1	加强土地开发强度的控制, 调整建设用地扩张速度.....	121
7.2	维护区域生态系统服务主导功能, 促进社会 - 经济 - 生态 协同发展.....	122
7.3	缓解生态系统服务权衡, 促进生态系统服务协同.....	123
7.4	推进生态文明制度建设, 建立健全生态保护法律法规.....	124
7.5	本章小结.....	125
8	总结与展望.....	127
8.1	主要结论.....	127
8.2	创新和不足.....	130
8.2.1	探索性尝试.....	130
8.2.2	存在的不足.....	131
8.3	未来研究展望.....	132
8.3.1	构建多尺度关联和多主体参与的理论框架.....	132
8.3.2	丰富和完善对水体和湿地生态系统所提供服务的评估.....	133
8.3.3	深入阐释土地利用 / 覆盖变化对生态系统服务影响的尺度效应	133
8.3.4	合理完善土地利用 / 覆盖变化对生态系统服务影响的尺度分析 方法.....	134
8.3.5	预测和分析未来不同情景下生态系统服务的时空变化.....	135

1 绪论

1.1 研究背景

1.1.1 人类活动促使土地利用 / 覆盖发生了剧烈变化

伴随全球范围的人口增长、经济发展、城市化过程,人类为了满足自身发展的需求,不断通过改变土地利用 / 覆盖来实现对自然资源的开发和利用。人类的开发利用活动在全球、国家、区域等不同尺度上对土地利用 / 覆盖的类型、质量和空间格局产生了不同程度的影响,出现了耕地面积减少、森林退化、淡水资源短缺、土地沙化、草场退化等生态环境问题。土地利用 / 覆盖变化与人类可持续发展密切相关,对它的研究受到许多学者与研究组织的关注。1995年,“国际地圈与生物圈计划”(IGBP)和“国际全球环境变化人文因素计划”(IHDP)共同发起了“土地利用 / 覆盖变化”(LUCC)的核心研究项目,旨在增进LUCC的机制研究及其与全球环境变化的关系;2005年,它们又联合启动了全球土地计划(Global Land Project, GLP),该计划是在IGBP的核心计划“全球变化与陆地生态系统”(GCTE)和IGBP-IHDP的联合核心计划——“土地利用 / 覆盖变化”的科学基础上,进一步深化地球系统演化背景下对人类-陆地环境系统的理解。

土地利用 / 覆盖变化具有显著的区域性特点,全球不同区域呈现不同的土地利用 / 覆盖变化趋势和问题。为了满足粮食需求,人类通过农业土地利用活动已经对地球表面格局、构造和形态产生了很大的影响^[1-2]。在一些面临粮食短缺的发展中国家,如孟加拉国、印度(沿印度河河谷)、中亚部分国家,主要通过增加耕地面积来增加粮食产量,导致一些区域的自然生态系统,如森林、草地、湿地等被开垦为农田^[3]。事实上,多数发展中国家的粮食需求在不断增长,而农业用地却非常有限。

与此相反,在中国东部、巴西、阿根廷部分地区的耕地面积却在减少^[4-5],这与这些发展中国家经历了最快速的城市化过程有关,城市人口的迅速增加促使城市用地和工业用地大量扩张。据估计,每年发展中国家将100万~200万 hm^2 的耕地用来满足房屋建筑、工业设

施、基础设施及休闲设施等方面的需求，而优质的农业用地大都位于城市周边，成为城市扩张用地的主要来源。一项关于全球城乡建设用地的研究发现，在2000—2010年，全球新增城乡建设用地的50.26%来自对耕地的占用^[6]。施奈德（Schneider）等学者对中国的城市扩张进行了深入研究，研究发现，在1978—2010年中国沿海地区的城市用地面积增加了4~5倍，沿海和西部的大型城市群城市用地面积平均增加了450 km²^[7]。城市用地的扩张不仅占用自然和半自然生态用地，而且会加剧景观破碎化^[8]。

森林砍伐也已成为人类对土地覆盖进行利用和改造的最普遍形式。据联合国粮食及农业组织（FAO）的评估，1990—2000年每年全球森林面积净减少940万hm²。大部分的森林砍伐都发生在热带森林地区，如巴西亚马孙、东南亚岛屿、非洲中部等森林资源丰富的地区。巴西亚马孙地区约16%的原始森林被砍伐，砍伐率居高不下^[9]。一方面，这些地区的农业经营模式粗放、农业收入较低，对农业用地和产量的需求促使农业用地面积发生扩张，处于农田边缘地区的森林被开垦为种植经济作物的农业用地。另一方面，国际和国内木材市场的巨大需求刺激了森林砍伐的规模和速度。

虽然全球不同区域土地利用/覆盖变化的类型、形式和性质有所不同，但最终目的和结果通常都是相似的，即在最大程度上获取人类所需的生态系统产品和服务。因此，人类在通过土地利用活动获取一系列重要自然资源（如食物、淡水和能源）的同时，也干扰了生态系统服务的提供能力。

1.1.2 土地利用/覆盖变化改变着生态系统服务的供给能力

土地利用/覆盖变化是人类活动对生态系统产生影响的直接表现。人类通过高强度的土地利用活动将地球陆地表面复杂的自然生态系统转变为简单的人工或半人工生态系统，如森林、草地被开垦为农业用地，城市周边的耕地被城市用地所蚕食，河口海岸地区的滩涂湿地被开垦为农业用地或通过填海造地转化为城市或工业用地，通过增加灌溉或使用化肥农药来提高粮食产量，这些都会对地下水水质产生影响。这些过程虽然为人类提供了至关重要的社会经济利益，但是也对生态系统服务功能产生了负面影响^[10]，引发生态环境的恶化。相反，人类对生态系统所采取的一些修复措施会对生态系统服务产生正面影响，如植树造林既可以保持和维护土壤，又能起到防风固沙的作用。

在以地理学家为主体的土地利用变化研究中，已经把土地利用变化对生态系统服务的影响作为一项重要研究内容^[11]。土地利用变化

被认为是生态系统服务变化的重要驱动力之一。一方面，土地是生态系统的镶嵌体，土地利用的类型、格局及结构具有提供不同生态系统服务类型的能力^[12]。土地利用变化会改变生态系统的结构、功能及服务。另一方面，在人类社会经济活动与决策的驱动下，土地利用方式、结构、类型及空间配置均会对生态系统服务的供给能力、空间差异及其相互关系产生影响^[13]。近年来，国外研究已从客观、中立地分析土地利用时空变化对生态系统服务的影响机理，发展到从多行为主体认知的视角阐释土地利用规划或生态保护政策在土地利用与生态系统服务相互作用中的实践价值，进而揭示生态系统服务与多层次人类福祉的耦合关系。国内研究侧重于探索土地利用数量变化、类型转换、空间格局变化等对生态系统服务空间差异的影响机理。与此同时，生态系统服务越来越多地被应用到土地利用规划的实践和研究中，新时代下实现自然资源的统一管理已成为人与自然和谐发展的必然要求。因此，对土地利用变化对生态系统服务的影响进行研究有助于深入探究土地利用与生态系统服务的作用机理，以制定有效措施提升土地利用管理的生态系统服务效益。

不同尺度上的土地利用 / 覆盖变化对生态系统服务提供能力具有不同方向、不同程度、不同空间范围的影响，一种土地变化方式有时会对多种生态系统服务产生不同程度的影响。有些小尺度的土地变化只会影响局地范围的生态系统服务提供能力，如城市用地的蔓延式扩张使不透水层面积增加、植被覆盖面积减少、破碎度增加，这成为城市区域热岛效应的主要影响因素^[14]。同时，城镇化建设用地的增加也影响了生态系统的土壤保持能力和水文循环模式的调节功能，降低了土壤的截流降雨能力，导致下渗量减少、地表径流量增加、洪水次数增多，出现严重的城市内涝现象^[15]。通过大幅度增加农业用地面积的区域虽然提高了粮食产量，但侵占了原本的自然植被覆盖，削弱了当地土壤水源涵养、水资源供给、水质调节、气候调节等功能^[16]。

有些大尺度的土地覆盖变化不仅会影响当地的生态系统服务提供，而且会扩展到其他远离土地覆盖变化地区的区域乃至全球。如亚马孙流域地区森林的大肆砍伐不仅破坏了热带雨林生态系统对区域气候的调节能力，减弱了亚马孙地区水资源的平衡和流动，而且影响了整个南美大陆大部分地区的大气化学成分和气候调节模式，并且对全球生态系统的碳固定作用产生了巨大影响。值得注意的是，局部的土地利用 / 覆盖变化具有累积效应，如果对全球范围内的区域土地变化进行加总，很可能对全球生态系统服务功能产生严重的影响，尤其是那些不可逆转的影响，如对生物多样性的破坏和土地退化等^[17]。

由此可见，人类在通过土地利用活动增加某些生态系统服务提供

的同时，常常会以牺牲其他方面的服务为代价。从长远角度来看，这些因人类的即时需求而被牺牲掉的生态系统服务功能对人类发展同等重要或更加重要。因此，如何协调人类需求与生态系统服务可持续供给之间的关系，成为实现可持续发展目标所面临的重要问题。

1.1.3 生态系统服务与区域可持续发展和人类福祉密切相关

确保对地球上生态系统的保护与可持续利用，是增进人类生存和推动可持续发展的重要保障。生态系统服务是将生态系统与人类可持续发展联系起来的重要纽带，受到了全球许多国家与科学研究组织的长期关注。

2001—2005年，联合国环境规划署（UNEP）等国际组织首次实施了千年生态系统评估（Millennium Ecosystem Assessment, MA）^[18]。该项研究制定了生态系统服务与人类福祉的评估框架，推动了全球范围研究人员、学者及民众对生态系统服务的理解与重视，是一次里程碑式的生态系统服务研究项目，将生态系统服务研究推向了高潮。继千年生态系统评估项目之后，生态系统与生物多样性经济学（The Economics of Ecosystems and Biodiversity, TEEB）项目从经济学和生态学角度发展了生态系统服务与人类福祉关系的理论框架，指出全球生物多样性和生态系统服务的经济利益，强调生物多样性损失所带来的巨额成本。该研究致力于在国家尺度上将生态系统服务融入政策制定中，以实现贫困缓解、补贴制度改革、土地利用管理、保护区管理、生计等人类可持续发展目标。

面对世界范围内不断加剧的生物多样性流失及生态系统服务退化等问题，联合国环境规划署于2012年正式批准建立了生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台（Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES），旨在对有关生物多样性和生态系统服务的关联进行定期评估。与千年生态系统评估不同的是，IPBES更加重视社会、经济、生态、机构四大系统的内在联系，致力于政策的制定与执行。2015年9月，联合国可持续发展峰会通过《2030年可持续发展议程》，正式通过了截至2030年的17个可持续发展目标（Sustainable Development Goals, SDGs），其中多个目标在强调未来对生态系统的保护与可持续利用的重要性，旨在解决社会、经济、生态环境三个维度的发展问题，更加重视全球生态系统与人类社会经济的可持续发展。

在全球变化背景下，中国作为人口众多、资源消耗巨大的发展中国家，面临经济发展和生态环境保护的双重压力^[19]。面对近几年出

现或加重的生态环境压力（如雾霾、洪水、极端气温），实现经济增长与生态环境协同发展成为我国发展战略的新需求。生态问题已成为经济发展、社会进步、文明建设所面临的重大挑战，对经济和社会可持续发展具有重大影响。2011年，我国正式发布《全国主体功能区划》，在对不同区域的资源环境承载能力、现有的开发密度和发展潜力等要素进行综合分析的基础上，以自然环境要素、社会经济发展水平、生态系统特征以及人类活动形式的空间分异为依据，划分出具有某种特定主体功能的地域空间单元。具体将国土空间划分为优化开发、重点开发、限制开发和禁止开发四类，确定主体功能定位，明确开发方向，控制开发强度，规范开发秩序，完善开发政策，逐步形成人口、经济、资源环境相协调的空间开发格局。主体功能区划既是我国对生态环境资源实施的有力管控，也是实现人与环境可持续发展的重要战略举措。2012年，党的十八大报告明确提出大力推进“生态文明建设”的战略决策，提倡树立尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念，首次将生态文明建设纳入现代化建设“五位一体”总布局中，首次强调要“加强生态文明制度建设”，走可持续发展道路。2015年10月，随着党的十八届五中全会的召开，增强生态文明建设首度被写入国家五年规划。生态文明建设已成为我国实现可持续发展亟须解决的现实问题和重大战略政策。2017年，党的十九大报告进一步强调和落实“绿水青山就是金山银山”的发展战略，坚持人与自然和谐共生的可持续发展道路，并指出加快生态文明体制改革、建设美丽中国已成为新时期全社会发展的重要目标。

1.1.4 京津冀协同发展对生态系统监测与管理提出要求

京津冀城市群作为我国重要的经济、人口、文化、科技中心之一，承担着经济增长、产业转型、科技创新的重要任务。随着京津冀城市群的快速发展，人口增加、城市化和产业发展对建设用地和生态环境资源的需求越来越大。快速城市化发展所导致的土地资源过度开发、自然与半自然生态用地缩减、生态系统服务下降等一系列生态环境问题，已经成为京津冀城市群可持续发展的障碍和制约因素。《京津冀协同发展规划纲要》指出要在生态环境保护方面实现率先突破，生态环境问题已成为政府、学者和公众共同关注的焦点。面对生态用地缩减而社会发展对生态系统服务需求不断增加的现实矛盾，京津冀城市群急需寻求有效提升生态系统服务可持续性供给的发展模式。京津冀城市群生态系统服务的空间格局如何？发生了怎样的变化？哪些自然和人文因素在影响生态系统服务的变化？这些问题的回答已成为