

城市化对生态系统服务功能的影响机制探讨与实证研究

周忠学

(陕西师范大学 旅游与环境学院, 西安 710062)

摘要:城市化空间格局控制着生态系统的动态。该文首先总结了城市化对生态系统服务功能影响的机制,并以西安市南郊平原为样区,实证分析了城市化水平与生态系统服务功能之间的定量关系。结果表明:(1)城市化过程中的人口聚集、工业化、土地利用变化是导致生态景观格局、生物物理过程和生物栖息地、生物地球化学循环改变的主要原因,进而对生态系统服务功能产生了重要影响。(2)总体上,城市化必然导致生态系统服务功能的降低。但人口城市化、经济城市化、景观城市化分别对生态系统的不同服务功能产生的影响不同;景观城市化对生态系统服务功能产生的负面影响更为显著。实证分析表明:在西北河谷平原地区,城市化对气候调节、土壤形成与保护、废物处理、食物生产等功能的负面影响比较显著,而对生物多样性保护功能、原材料生产功能和娱乐文化功能等的影响不显著。

关键词:城市化;生态系统服务功能;西安市

中图分类号:X171.4; F291

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)05-0032-07

Conceptual Mechanism Model of Impact of Urbanization on Ecosystem Service and Case Study

ZHOU Zhong-xue

(College of Tourism and Environmental Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: The patterns of urbanization control ecosystem dynamics. This paper summarized the mechanism model of impact of urbanization on ecosystem functions, and experimentally studied the quantitative relationships between urbanization level and ecosystem functions in southern urban-suburb-rural area of Xi'an City, a typical research region. Following conclusions were drawn: (1) the population convergence, industrialization and land-use change lead to modification of natural landscape, biophysical processes and habitat, and biogeochemical cycles in the process of urbanization, which have an important impact on the ecosystem functions; (2) in general, urbanization will inevitably lead to the decrease in capacity of ecosystem services, but there were significant different influences of urbanization mainly caused by population growth, economic development and landscape transformation separately on ecosystem functions. The landscape transformation of urbanization has more remarkable negative impacts on different ecosystem functions. Empirical analysis shows that: there were more significant negative impacts of urbanization on climate regulation, soil conservation, waste disposal and food production in the northwest valley plains, while the impacts of urbanization on biodiversity maintenance, production of raw materials and cultural entertainment functions are not significant.

Key words: urbanization; ecosystem service; Xi'an City

随着城市人口、经济产业等的高度聚集和城市建设用地快速扩张,城市对周围的自然生态系统产生了巨大影响,人类与生态系统的作用过程正在发生着深刻的变化,正因为如此,城市化与生态系统之间的

相互作用已成为国内外人地作用关系研究的焦点和热点^[1]。城市化通过对区域土地利用及其景观格局、生态过程、生物生境、生物地球化学循环等的强烈影响,正冲击着区域生态系统的结构、功能及其空间演

收稿日期:2011-01-24

修回日期:2011-03-21

资助项目:教育部人文社会科学重点研究基地项目(2009JJJD770025);陕西师范大学优秀科技预研项目(200902014);中央高校基本科研业务费专项资金(GK200902022);国家自然科学基金(41040011)

作者简介:周忠学(1972-),男,甘肃崇信人,博士,副教授,硕士生导师,主要从事区域经济发展、资源环境评价等方面的研究。E-mail:zhouzhx@snnu.edu.cn

化过程,特别是严重影响了生态系统为人类提供生命支持和福利的生态系统服务的能力。研究认为通过连接城市活动、城市空间组织和土地利用及环境变化的复杂相互作用和反馈机制,使得城市化空间格局控制着生态系统的动态^[2-3]。因此,揭示城市化对生态系统的影响机制及其规律,是进一步开展城市化对生态系统服务功能变化研究的基础。目前,在城市化对生态系统影响的微观研究已经比较丰富,主要有:(1)城市化对生态景观格局的影响研究,主要研究城市化对土地利用变化及其景观格局的影响^[4-7],研究城市化水平与景观格局变化的相关关系^[8];(2)基于城市化对土地利用变化的影响,研究生态系统服务价值的变化,认为城市化显著影响了生态系统的服务功能^[9-14];(3)城市化对生态系统生产能力及其支撑能力的影响研究。大量研究认为在城市化地区,城市化导致生态系统的初级生产力(NPP)发生显著变化,在有些区域导致NPP下降,但在干旱区的干旱年份NPP则上升,同时城市化导致生态系统的NPP空间异质性增强^[1,15];还有一些学者分析了城市化与人类供给与需求、与生态足迹强度之间的关系等^[16-17];(4)城市化对生态系统物质流动和能量循环过程的影响研究,主要包括城市化程度及其所处阶段与城市生态系统能量结构、能量类型和流量之间的关系^[18];城市发展导致的景观斑块化及自然栖息地退化,改变了

生态系统的能量流动和营养循环^[19],城市化影响生态系统有机物质的分解速度等^[20]。

目前在城市化对城市生态系统的生境、物种多样性、生物地球化学循环及其过程等微观方面研究已经比较丰富,但目前仍以案例研究为主,从宏观的角度,综合系统地开展城市化对区域生态系统服务功能的影响机制及其作用关系的研究尚未见到,在城市化过程对生态系统服务功能演变的作用机制认识上还不很清楚。通过总结城市化对生态系统影响的研究成果,分析城市化对生态系统服务功能影响的机制框架,并以西安市南郊的研究样区为例,实证分析城市化水平对生态系统服务功能影响的定量关系,这对揭示城市化与生态系统服务之间的关系,对快速城市化地区协调城市功能与生态系统服务,开展城市功能与区域生态系统服务功能的优化配置,开展生态系统服务保育,保护生态系统安全等方面具有重要的理论意义。

1 城市化对生态系统服务功能的影响机制分析

城市化对区域生态系统健康和生态服务功能构成了巨大的挑战。在城市化过程中,随着人口的聚集,工业化和建设用地的扩展,直接影响到区域生态系统结构、生态系统过程和生境,对生态系统服务功能产生了巨大影响(图1)。

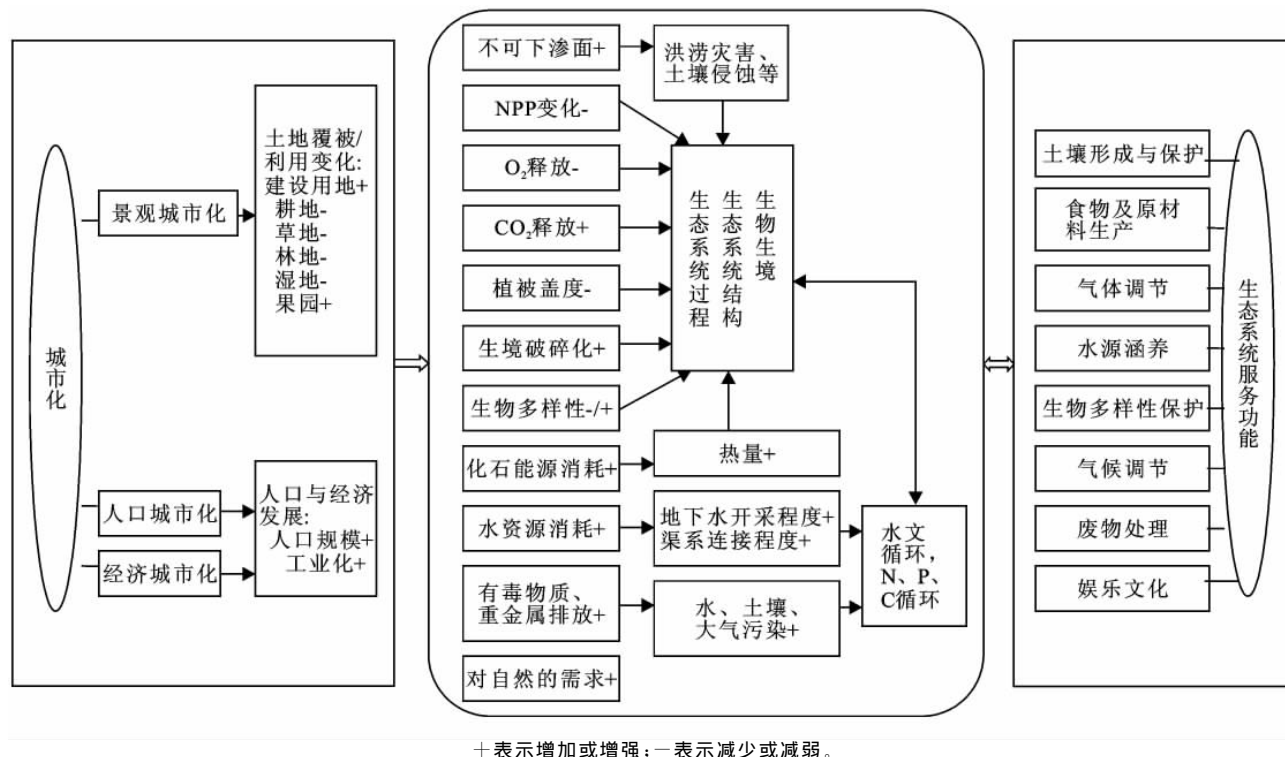


图1 城市化过程对生态系统服务功能的影响机制

1.1 城市化导致的土地覆被/利用变化是驱动生态系统服务功能变化的主因

在城市化过程中,首先随着人口的聚集、工业化和商业服务业的快速发展,导致城市用地紧张,进而向外围地区迅速扩张,使区域城市建设用地、交通建设用地增长,林地、草地、湿地减少;以混凝土为材料的建设用地大面积增加,使得区域特别是建城区不可下渗面积增加,导致地表径流增加和径流形成时间提前,进而容易产生洪涝灾害和土壤侵蚀;加上城市居民对农产品的大规模、多样化需求,使得城市郊区甚至腹地农业用地结构也发生了巨大变化,耕地面积减少,耕地转化为果园、苗圃(或花卉基地)以及兼业休闲用地,导致区域土地覆被/利用及其格局发生显著变化,最终使得植被覆盖度、生态系统初级生产力下降,植被对 O_2 的释放量和 CO_2 的固定能力下降。在城市绿地、广场、公园等的建设和道路绿化中大量引入外来物种,导致本地物种减少,生物多样性发生明显改变,进而影响到生物生境和资源。在这一过程中,随着交通网络的延伸,特别是城市外围农业开发及生产方式的转变,导致生物生境破碎化,改变生态景观的连接性,如水文过程、有机质与营养物质循环过程等,破坏或中断了生态系统水分和养分保持能力,影响了物种的分布、运动和迁移,改变了生态过程^[21]。由此导致生态系统服务的孕育、传递及其格局发生了巨大变化,使得生态系统提供和维持服务的能力发生变化。

1.2 人口聚集与工业化发展导致的消费与废物排放增加,驱动生态系统服务功能变化

人口、工业及商业、服务业的大规模发展与集聚,使城市对各种资源及能源需求和消费增大。第一,城市工业用水、农业用水、生活用水和生态用水大量增加,结果导致大量开采地下水、引调外地水源,修建大量的人工水坝(池)、给排水渠系等,使得水系、水网以及水资源的“源”和“汇”发生极大变化,影响了水文循环过程。第二,对化石能源使用量的增加,一方面,大量余热排放,改变了局地气温,使得城市内部、郊区出现明显的近地气温差异;另一方面,随着工农业发展及大量化石燃料的使用,大量无机肥、杀虫剂、除草剂及其他有毒物质、重金属等污染物排放到大气、水和土壤中,导致大气、水、土壤污染加剧。这一过程,伴随着植被盖度下降以及水文循环的改变,修改了 C、N、P 等营养元素的“源”和“汇”,使得营养元素的传输路径、传输速率发生了变化。城区及郊区的河流、给排水管道、道路、绿地等成为营养元素聚集和传输的主要途径。这些变化直接影响了生物生境、生态系

统水分和养分的正常传输和循环,进而对生态系统服务功能产生影响^[19,22-23]。

1.3 城市居民对休闲需求的增大强化了自然景观与生态系统的文化娱乐功能

自然景观与生态系统是科学文化艺术灵感的源泉,为科学研究、教育以及休闲观光等提供重要的资源和实物,它在陶冶情操、丰富思维、开拓视野等方面具有无穷的潜力,可为人们提供休闲娱乐、审美功能以及文化和精神方面的价值。随着城市化进程的推进,城市居民生活方式也发生了巨大转变,由以往的物质需求逐渐转向亲近自然、接近自然的精神需求。特别是对长期生活在钢筋水泥形成的人造环境中的市民而言,追求自然的迫切需求使得城市居民到郊区及乡村地域的旅游需求增加,刺激了乡村地域农业兼娱乐休闲服务的出现和快速发展,由于乡村地域对生态系统服务功能的重视,从而加大了对自然景观与生态系统休闲娱乐项目及设施、服务的建设,促进了自然生态系统文化娱乐功能增强。

2 城市化对生态系统服务功能影响的实证分析

2.1 研究区概况及选择

在城市化对生态系统服务影响机制的概念框架分析的基础上,在位于西安市南部平原选择了一研究样区(图 2),应用遥感和 GIS 技术进行了实证分析。该样区范围北至西安市南二环、南到秦岭山脚下,东到浐河以蓝田县界,西至新河与沣河西部的户县县界,行政上隶属西安市雁塔区全部和长安区的平原部分,共涉及 33 个乡镇和街道办。土地总面积 985 km^2 ,2009 年总人口 163 万。该区主要由渭河平原、秦岭北坡山麓冲积(洪积)平原、黄土台塬等地貌单元构成,平均海拔约 450 m 左右,地势高差小;属暖温带半湿润大陆性季风气候,多年平均气温 13.3℃,降水量 660 mm。区内自然地理条件差异很小,相对均一。本区域作为西安市南部城市扩展的主要地域,已发展成为西安市南部重要的文化教育中心、居住中心、商贸旅游度假中心和高新技术研发中心。近年来,随着城市向南扩展和郊区城镇的快速发展,本区基础设施、商贸旅游度假区、高科技产业园、大学城以及住宅区等不断进行大规模建设;同时,随着人口和产业的不断聚集,本区土地利用及生态景观格局变化频繁、生态环境污染严重,已经对本区生态系统结构及功能产生了巨大冲击,因此,本样区在研究城市化对生态系统服务功能的影响方面具有一定的典型性和代表性。

由于本区面积小,从地貌单元上来看,主要以渭河平原和黄土台塬为主体,且二者在地形和海拔上差别不大,可以看作一个自然地理条件均质的平原区域。而本区人口、经济和社会发展差异较大,由北部的西安市建城区向东部、西部和南部等外围人口密度、经济社会发展水平等均逐渐降低。城市各种交通、管线及通讯设施网络等由建成区辐射状向外延伸,住宅区、商贸旅游度假区、高新技术开发区以及大学城等围绕建城区或主要交通道路展布。因此,本区社会经济发展呈现出显著的圈层分异格局。正因为如此,假定本研究区内的经济、社会发展主要是受西安市城市化以及各乡镇街道办自身城市化程度的影响所致。从北部建城区向南部、东部和西部的城市外围区,其城市化程度不同,使得本区内各乡镇街道办的土地利用方式、格局变化不同,进而导致区内各乡镇街道办生态系统所能提供的生态系统服务功能及其大小也不同。

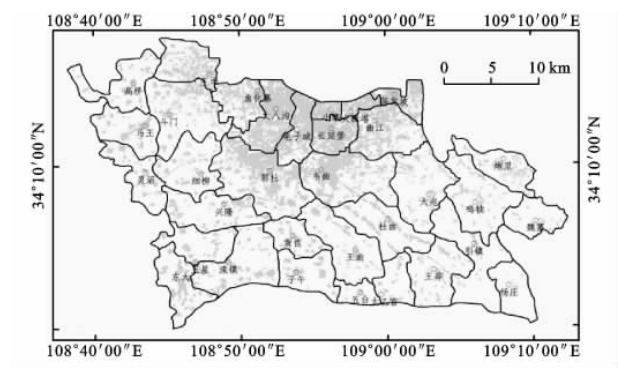


图 2 研究区域

所以,本文选择该样区,通过测度各乡镇单元的城市化水平及其生态系统服务功能值的大小,来定量分析不同城市化水平下对生态系统服务功能的影响,进一步分析城市化与生态系统服务功能之间的作用关系。

2.2 研究方法 with 结果

2.2.1 城市化水平测度方法 本文首先根据本区城市化发展的基本特征,构建城市化水平测度的指标体系。从人口城市化水平、经济城市化水平和景观城市化水平三个方面分乡镇和街道办为单元进行城市化水平测度,并进一步计算综合城市化水平指数。在对各指标值运用极差标准化方法处理的基础上,采用加权平均法计算各城市化指数,其中指标权重通过专家打分和咨询法确定。选用的主要指标及其权重为:①人口城市化指数,选用人口密度、非农业人口比例两个指标,权重分别为 0.142 6,0.170 0;②经济城市化指数,选用人均 GDP、规模以上工业产值、固定资产投资总额、社会消费品零售总额四个指标,权重分别为 0.075 9,0.078 6,0.079 5,0.070 0;③景观城市化指数,则选用建设用地比重一个指标,权重为 0.383 1。

城市化水平测算的原始数据主要来自《2009 年雁塔区经济统计年鉴》、《2009 年雁塔区年鉴》、《2009 年长安区经济统计年鉴》、《2009 年长安区年鉴》。运用上述方法,以乡镇、街道办为空间单元,测评 2009 年研究区 33 个乡镇和街道办的人口城市化水平指数、经济城市化水平指数、景观城市化水平指数和综合城市化水平指数,详见表 1。

表 1 各乡镇街道办城市化水平

乡镇 街办	人口城市 化指数	经济城市 化指数	景观城市 化指数	综合城市 化指数	乡镇 街办	人口城市 化指数	经济城市 化指数	景观城市 化指数	综合城市 化指数
王寺	0.0304	0.1233	0.4193	0.2076	韦曲	0.3927	0.3092	0.4058	0.3723
高桥	0.0185	0.0126	0.1085	0.0512	鸣犭	0.0247	0.0068	0.0883	0.0436
斗门	0.0412	0.0873	0.2117	0.1205	兴隆	0.0268	0.0887	0.1674	0.0995
鱼化寨	0.3993	0.7001	0.4945	0.5273	杜曲	0.0922	0.0204	0.1484	0.0919
丈八沟	0.1679	0.5312	0.7970	0.5194	魏寨	0.0163	0.0029	0.0443	0.0230
等驾坡	0.3918	0.4406	0.6612	0.5099	引镇	0.0244	0.0360	0.0166	0.0249
电子城	0.7512	0.4244	1.0000	0.7471	王曲	0.0331	0.0049	0.0938	0.0478
大雁塔	0.8986	0.3055	0.8795	0.7108	黄良	0.0278	0.0188	0.1447	0.0699
马王	0.0829	0.0143	0.1686	0.0949	五星	0.0427	0.0094	0.1302	0.0661
小寨	1.0000	0.8218	0.8044	0.8708	滦镇	0.0463	0.0808	0.0268	0.0493
曲江	0.0537	0.5463	0.4853	0.3689	王莽	0.0083	0.0050	0.0345	0.0173
长延堡	0.6665	0.5358	0.9065	0.7187	东大	0.0218	0.1151	0.0413	0.0577
细柳	0.0358	0.0360	0.1054	0.0625	子午	0.0218	0.0276	0.0527	0.0354
郭杜	0.0782	0.1841	0.4500	0.2529	太乙宫	0.1511	0.0250	0.0336	0.0677
砲里	0.0179	0.0001	0.1572	0.0658	杨庄	0.0050	0.0108	0.0000	0.0049
灵沼	0.0228	0.0042	0.1435	0.0634	五台	0.0116	0.0199	0.0010	0.0101
大兆	0.0181	0.0166	0.1152	0.0549					

2.2.2 生态系统服务功能的测评方法 由于城市化导致的土地利用及其景观格局变化是对生态系统过程、结构及其功能产生影响的最重要方式之一。因此,本文采用 Constanza 等人提出的通过土地利用类型来测评生态系统服务功能价值的方法,来测评本研究区生态系统服务功能大小。研究方法及单位土地面积上生态系统服务功能大小的测评,主要参考谢高地等人提出的方法及中国生态系统生态服务价值当量因子来确定^[24-28]。

生态系统服务功能测评数据,主要采用 2007 年西安市南部的 TM 遥感影像、DEM 数据、植被类型图和 2000 年西安市土地利用现状图等数据资料,在

ERDAS 9.0 中解译出耕地、林地、园地、草地、居民点及工矿用地、交通用地、水域和未利用地等土地利用类型,并结合实地考察进行更新,用以计算研究区栅格尺度的生态系统服务功能值。采用该方法测评的栅格尺度生态系统服务功能结果如附图 5 所示。

2.2.3 城市化与生态系统服务功能定量关系分析 在研究中,为了使城市化水平值与生态系统服务功能值在空间上匹配,研究中把栅格尺度上的生态系统服务功能值汇总到乡镇和街道办单元上。再以各乡镇和街道办对应的城市化水平指数和生态系统服务功能值为样本数据,来定量分析城市化对生态系统服务功能的影响,Pearson 相关系数如表 2 所示。

表 2 城市化水平指数与生态系统服务功能的相关系数

城市化水平 指数	气体 调节	气候 调节	水源 涵养	土壤形成 与保护	废物 处理	生物多样 性保护	食物 生产	原材料	娱乐 文化	服务功 能总值
人口城市化	-0.498**	-0.612**	-0.567**	-0.620**	-0.672**	-0.507**	-0.623**	-0.3009	-0.3154	-0.624**
经济城市化	-0.328	-0.499**	-0.384*	-0.520**	-0.603**	-0.306	-0.620**	-0.0865	-0.0440	-0.484**
景观城市化	-0.468**	-0.599**	-0.500**	-0.612**	-0.659**	-0.410*	-0.634**	-0.2492	-0.1938	-0.587**
综合城市化	-0.469**	-0.614**	-0.522**	-0.628**	-0.689**	-0.440*	-0.667**	-0.2373	-0.2053	-0.609**

注: **表示在置信度(双侧)为 0.01 时,相关性是显著的; *表示在置信度(双侧)为 0.05 时,相关性是显著的。

可以看出,综合城市化水平与生态系统服务功能总值之间存在较强的负相关关系,Pearson 系数达到 -0.609,并通过 0.01 信度水平检验,表明随着城市化水平的提高,必然导致区域生态系统服务功能的降低。从研究区来看,2006 年研究区主要以耕地和建设用地为主,分别占土地总面积的 53.12%和 22.16%。据 2002 年和 2006 年陕西土地利用现状数据计算,本区 2002—2006 年间,耕地减少 0.49 万 hm^2 ,年减少 1.75%;建设用地增加了 0.43 万 hm^2 ,年增加速度为 4.8%。因此,耕地是本区生态系统服务功能的主要提供者和维持者,随着城市建设用地的扩展、耕地面积的相对减少,必然导致生态系统服务功能的下降。但综合城市化对原材料生产和娱乐文化功能的影响不显著,相关系数小,且未通过信度检验。

但是从不同城市化侧面来看,其所导致的生态系统服务功能的变化存在很大的差异。人口城市化对生态系统的气候调节功能、土壤形成与保护功能、废物处理功能、食物生产功能和水源涵养功能均有较强的负面影响,相关系数均低于 -0.55。西安高新技术开发区进一步发展建设,如曲江生态旅游文化区建设、长安大学城建设、西安国家民用航天基地的建设等;同时,本区作为西安市南部重要的住宅建设区,如已建成的紫薇田园都市、智慧城、世家新城等大型综合性住宅小区,这些住宅小区的建设和入住,使得本

区人口规模大幅度增长,人口总量由 2000 年到 2009 年净增 30.7 万人,其中非农业人口净增 24.7 万人,人口城市化水平提高了 7.6 个百分点。这些大规模的建设,使得对生态系统起重要作用的生态生产性土地,如耕地、园地、林地、草地、水体等大量丧失,特别是大量耕地转变为住宅、金融商务、广场、公园等用地;加上城市扩张及其无序蔓延还加剧了本区生态景观的破碎化程度;人口聚集也使得各种生活资源消耗以及废物排放大量增加,从而导致生态系统对气体调节、气候调节、土壤保护、水源涵养以及废物处理等功能的降低。

经济城市化主要导致土壤形成与保护、食物生产和废物处理功能显著降低,相关系数均低于 -0.50。随着西安高新技术开发区的快速发展以及西安市区工业企业向本区的迁入,工业经济发展迅速;同时,随着住宅区开发和市内人口迁入,一方面带动了本区建材生产与市场的快速发展,如西安南大明宫建材市场、木塔寨、韦曲等建材市场及附近木材、家具工业快速发展,另一方面,商业服务业也大量向本区扩散,如人人乐、麦德龙、华润万家、秋林等综合性服务超市等向本区扩散,使本区经济发展水平和产业结构都有了很大的提升。2003—2009 年规模以上工业增加值增长了 12.3 亿元。工商业发展对区域水资源和能源消耗增加,废弃物排放量增加,如浐河、潏河、沣河等河

流水域及附近湿地污染和富营养化严重,使微生物、水生生态系统功能损害,使生态系统的废弃物处理功能下降。

景观城市化对生态系统的大部分服务功能均具有显著的负面影响,如对气候调节、土壤形成与保护、废物处理、食物生产等的相关系数均低于-0.60,并通过0.01信度水平检验。本区城市化过程导致的景观格局变化主要表现在土地利用变化,这种变化对生态系统的物质循环、能量流动、生物多样性以及生物生境等产生了巨大影响,对生态系统服务功能的提供和维持具有综合性和根本性的影响。2002—2006年,本区土地利用变化主要以耕地大幅度减少和建设用地大幅度增加为基本特征,其他用地面积变化不大。在此期间耕地减少0.49万 hm^2 ,年均减少1210 hm^2 ,建设用地增幅达18.5%,其中增加最快的是居民点及工矿用地,增加了3.83万 hm^2 ,年增加率达4.6%;交通运输用地年均增幅达8.58%。在居民点及工矿用地中,城市和建制镇用地增长2.4万 hm^2 ,增幅达44.5%,年均增加0.6万 hm^2 ;此外,随着都市农业的发展,本区有一部分耕地、林地转化为桃园、苹果园、葡萄园、猕猴桃园以及苗圃和花卉基地;在穿过本区的主要交通干线如绕城高速、三环、西汉高速、西康高速,以及新建的主要公路干线如唐延路、子午大道、学府大道等两旁建设了绿化带;在浐河河岸建设了大面积人工水域;在曲江建设了唐城墙遗址公园、大雁塔广场等等。这些土地利用及景观变化使以前大面积连片的基本农田、优质耕地或者园地被小片的果园、苗圃及花卉基地、纵横交错的交通道路绿带所分割,加上城市的蔓延及其点缀分布于乡村地域的乡镇用地、大学新校区建设用地、住宅用地以及大规模开发的乡村旅游兼业用地等,使得本区生态景观愈益破碎化和异质化。这些变化,一方面使得生态生产性用地减少,导致生产功能、土壤形成与保护功能下降;另一方面,导致生物多样性发生变化,总体上,在建城区,导致本地物种减少,但通过大量引进外来树(草)种进行公园、草地、道路绿带等建设,使外来植物物种增加;在乡村地域由于建设用地占用、苗圃与花卉基地的建设也导致外来物种增加,而本地种减少。因此,总体来看,由于生态景观破碎化、异质化,对生物多样性保护功能的影响是负面,但不是非常显著,相关系数仅为-0.410。

总体上,从人口城市化、经济城市化和景观城市化三方面来看,人口城市化和景观城市化是导致生态系统总体功能下降的最主要原因,特别是人口和工商业的大量聚集,使得对水资源、土地资源和能源的消

耗量大增,同时,排放出大量的生活废弃物,进而导致气候调节、土壤形成与保护、废弃物处理和食物生产等功能大幅下降。所以,本区工业化和城镇化的快速发展主要通过占用大量对生态环境起重要保护作用的耕地、园地、林地、草地、水体等土地资源,排放更多的废弃物以及导致农业经营的多元化、小规模化等方式,加剧了城区及周边地域生态景观的破碎化和异质化,进而影响到本区生态系统结构、过程以及生物生境,导致生态系统内在物质能量循环、物种与环境之间的作用关系等诸多方面更加复杂的改变,对本区生态系统提供服务功能产生了负面的影响。

3 结论

(1)城市化过程中的人口聚集与工业化导致大量资源消耗与废物排放,以及城市化引起的土地利用变化等,导致了生态景观格局的转变,改变了生物物理过程和生物栖息地,修改了主要生物地球化学循环,从而对生态系统服务功能产生重要影响。特别是城市化导致的生态景观格局变化是影响区域生态系统服务功能的最主要原因。

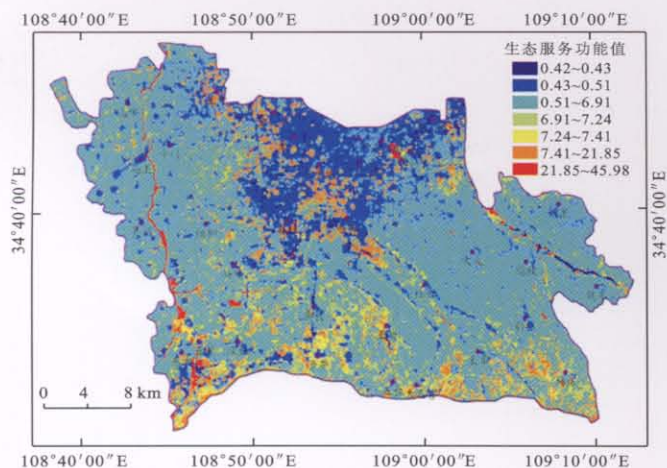
(2)总体来看,城市化必然导致生态系统服务功能的降低,但人口城市化、经济城市化、景观城市化分别对生态系统的不同服务功能产生的影响不同,景观城市化对生态系统服务功能产生的负面影响更为显著。实证分析表明:在西北河谷平原地区,城市化对气候调节、土壤形成与保护、废物处理、食物生产等功能的负面影响比较显著,而对生物多样性保护功能、原材料生产功能和娱乐文化功能等的影响不明确,也不显著。

本文是从比较宏观的视觉,从理论上总结了城市化对生态系统服务功能的影响机制,并以西北河谷平原的小区域为例,采用高精度的空间数据分析了综合城市化及不同城市化侧面对生态系统服务功能影响的量化关系。研究表明,采用土地利用及生态系统服务价值因子法可以直观便捷地测算出生态系统服务功能值及其空间格局,但也存在很大的局限性,由于该方法是为不同土地利用类型赋予了一套生态系统服务价值系数,在不同的条件下使估算结果的准确性受到质疑^[29-30]。就本样区而言,如随着城郊农村观光旅游业发展及大学城建设,实际文化功能是逐渐增加的;在城市化过程中随着城市对垃圾和废水处理能力的增强,对其引起的生态系统废弃物处理能力的下降具有一定的抵消作用;在不同地形条件生态系统水土保持功能的发挥不同等等。这一测算方法没有考虑这些方面,在研究中尚需进一步完善和修正。由于城市

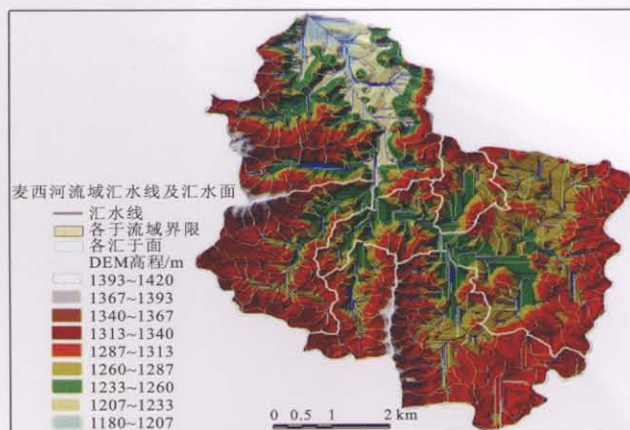
化对生态系统服务的影响是一个非常复杂的相互作用过程,因此,今后在城市化对生态系统服务功能的影响因素、响应机理及其各种过程之间的作用关系等方面还需要进一步深入探讨,在此基础上,结合遥感和 GIS 平台,构建一套从多个尺度和层面集成现有生态系统服务功能测评方法的空间测评方法。

参考文献:

- [1] Buyantuyev A, Wu J. Urbanization alters spatiotemporal patterns of ecosystem primary production: A case study of the Phoenix metropolitan region, USA[J]. *Journal of Arid Environments*, 2009, doi: 10. 1016/ j. jaridenv. 2008. 12. 015.
- [2] Liu J, Dietz T, Carpenter S, et al. Complexity of coupled human and natural systems[J]. *Science*, 2007, 317: 1513-1516.
- [3] Alberti M, Booth D, Hill K, et al. The impact of urban patterns on aquatic ecosystems: An empirical analysis in Puget lowland sub-basins[J]. *Landscape Urban Plan*, 2007, 80: 345-361.
- [4] 任文韬,彭少麟,周婷,等. 东江流域集水区城市化差异及其对景观格局的影响[J]. *应用生态学报*, 2008, 19(12): 2680-2686.
- [5] 郭冻,杜世宏,薛达元,等. 快速城市化进程中广州市景观格局时空分异特征的研究[J]. *北京大学学报:自然科学版*, 2009, 45(1): 129-136.
- [6] 吕晓芳,王仰麟,彭建,等. 深圳快速城市化地区公路沿线土地利用空间集聚[J]. *地理学报*, 2008, 63(8): 845-855.
- [7] 卢斌莹,陈正江,侯春红,等. 基于 GIS 的西安市南郊土地城市化空间发展研究[J]. *人文地理*, 2010, 111(1): 56-59.
- [8] Weng Yen-Chu. Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to urbanization[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2007, 81: 341-353.
- [9] Tong Chunfu, Rusty A F, Lu Jianjian, et al. Ecosystem service values and restoration in the urban Sanyang wetland of Wenzhou, China [J]. *Ecological Engineering*, 2007, 29: 249-258.
- [10] Li Tianhong, Li Wenkai, Qian Zhenghan. Variations in ecosystem service value in response to land use changes in Shenzhen[J]. *Ecological Economics*, 2008, doi: 10. 1016/j. ecoecon. 2008. 05. 018.
- [11] 罗俊,王克林,陈洪松. 喀斯特地区土地利用变化的生态服务功能价值响应[J]. *水土保持通报*, 2008, 28(1): 19-24.
- [12] 王璐,杨洁,胡月明,等. 广州土地利用生态服务价值测算研究[J]. *水土保持通报*, 2009, 29(4): 229-234.
- [13] 张晓蕾,濮励杰. 无锡市土地利用变化对生态服务价值影响分析[J]. *山东师范大学学报:自然科学版*, 2009, 24(2): 84-87, 99.
- [14] 陈忠升,陈亚宁,李卫红,等. 新疆和田河流域土地利用及其生态服务价值变化[J]. *干旱区研究*, 2009, 26(6): 832-839.
- [15] Xu C, Liu M, An S, et al. Assessing the impact of urbanization on regional net primary productivity in Jiangyin County, China[J]. *Journal of Environmental Management*, 2007, 85: 597-606.
- [16] 郑辛酉,贾铁飞,倪少春. 基于区域城市化 LUCC 的人类生态过程定量研究:以上海市典型城市化样带为例[J]. *生态学报*, 2007, 27(1): 260-269.
- [17] 赵卫,刘景双,孔凡娥,等. 城市化对区域生态足迹供需的影响[J]. *应用生态学报*, 2008, 19(1): 120-126.
- [18] Huang Shu-Li, Lai Hsiao-Yin, Lee Chia-Lun. Energy hierarchy and urban landscape system[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2001, 53: 145-161.
- [19] Marina A. The effects of urban patterns on ecosystem function[J]. *International Regional Science Review*, 2005, 28(2): 168-192.
- [20] Michael A C, Dean R D, Arthur C B, et al. Urbanization affects stream ecosystem function by altering hydrology, chemistry, and biotic richness[J]. *Ecological Applications*, 2006, 16(5): 1796-1807.
- [21] 欧阳志云,郑华. 生态系统服务的生态学机制研究进展[J]. *生态学报*, 2009, 29(11): 6183-6188.
- [22] Marina A. Maintaining ecological integrity and sustaining ecosystem function in urban areas[J]. *Environmental Sustainability*, 2010, 2: 178-184.
- [23] Pickett S T A, Cadenasso M L, Grove J M, et al. Urban ecological systems: Linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas[J]. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 2001, 32: 127-157.
- [24] 谢高地,鲁春霞,肖玉,等. 青藏高原高寒草地生态系统服务价值评估[J]. *山地学报*, 2003, 21(1): 50-55.
- [25] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. *自然资源学报*, 2003, 18(2): 189-195.
- [26] 段瑞娟,郝晋珉,王静. 土地利用结构与生态系统服务功能价值变化研究:以山西大同市为例[J]. *生态经济*, 2005(3): 60-64.
- [27] 苏朝阳,苗长虹. 开封市土地利用时空变化的生态系统服务价值评估[J]. *水土保持研究*, 2008, 15(5): 116-124.
- [28] 邓伟,杨华,崔艳君. 重庆主城区近 30 年土地利用变化的生态环境效应评价[J]. *水土保持研究*, 2010, 17(3): 232-236.
- [29] 吕明权,王延平,王继军. 吴起县土地利用变化及其生态服务价值研究[J]. *水土保持研究*, 2010, 17(1): 44-153.
- [30] 宋佳楠,梅建屏,金晓斌,等. 基于协调系数修正的区域生态系统服务价值测算研究[J]. *地理与地理信息科学*, 2010, 26(1): 86-89.



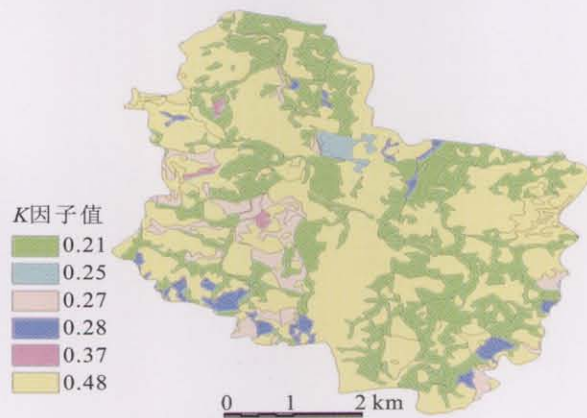
附图5 研究区生态系统服务功能值密度图



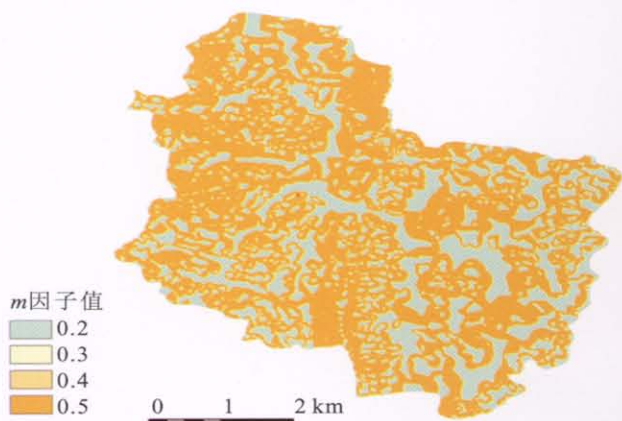
附图6 ArcView水文分析出的麦西河流域汇水线及汇水面



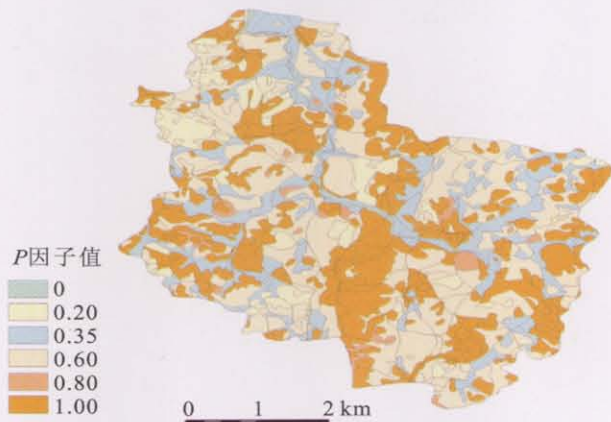
附图7 麦西河流域实际河流



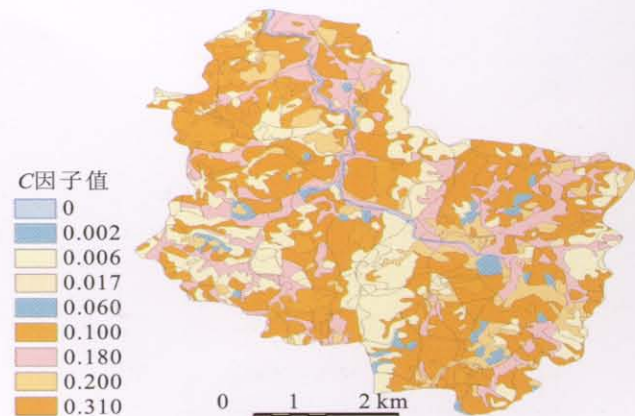
附图8 麦西河流域土壤可蚀性K值分布图



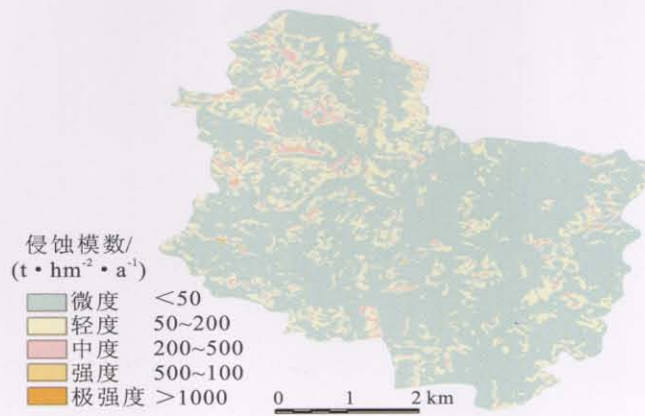
附图9 麦西河流域坡度m值分级图



附图10 麦西河流域水土保持措施因子P值分布图



附图11 麦西河流域覆盖与管理因子C值分布图



附图12 麦西河流域土壤侵蚀强度分级图