

基于生态足迹的西安城市生态游憩空间优化研究

杨晓俊,方传珊,侯叶子

(西安外国语大学旅游学院,人文地理研究所,西安 710128)

摘要: 城市生态游憩空间是进行城市生态游憩活动的重要基础,生态游憩空间的合理配置是生态休闲城市建设的重要内容。基于生态足迹理论模型,构建生态压力指数标准,并结合空间叠加分析法分析了西安市市区生态游憩空间的分布现状以及生态足迹、生态承载力、生态盈亏和生态压力情况。结果表明:西安市市区的人均生态赤字达到了 $1.4136 \text{ hm}^2/\text{人}$,生态压力指数为13.2,生态环境状况极不安全;并且区域内生态游憩空间布局和当地的生态环境状况相矛盾。针对西安市生态游憩空间目前存在的问题,对生态游憩空间布局进行优化调整,构建西安市生态游憩廊道系统,对西安市未来城市生态文明建设、城市优质生活环境的塑造和生态安全格局的构建具有重要意义。

关键词: 生态足迹;生态压力;城市生态游憩空间;空间叠加;西安

DOI: 10.11821/dlyj201802004

1 引言

随着城市扩张的加速,城市生态问题日益凸显,恢复城市生态环境与城市可持续发展是当今世界城市发展的重要议题^[1]。当前,国际社会已经注意到生态压力是导致社会冲突的引火线,并将生态环境压力纳入世界性战略问题之一^[2]。同时,世界自然基金会(WWF)2016年发布的《地球生命力报告》指出,地球需要提供1.6倍的生态承载力才能承载目前人类的生态足迹,而中国以30亿 hm^2 的生态足迹总量位居全球第一,生态环境压力巨大^[3]。在此背景下,习近平总书记在十九大报告中明确提出要加快生态文明体制改革,建设美丽中国,为人民创造良好生产生活环境,为全球生态安全做出贡献。《国家新型城镇化规划(2014-2020年)》指出:“合理划定生态保护红线,扩大城市生态空间……在城镇化地区建设绿色生态廊道”,以此来提升和改善城市生态空间质量。因此,对城市内林地、草地和水域等重要的生态游憩空间进行优化与整合,开展生态环境恢复和保护,满足和引导城市居民绿色、安全、生态的游憩活动是有效缓解这一问题的途径之一^[4]。

城市生态游憩是城市游憩与生态旅游相结合的新型城市游憩模式。城市生态游憩空间是城市空间结构中重要的生态基础设施^[5],是城市居民日常游憩休闲的主要场所。Blackstone Corporation率先提出了城市生态旅游概念,即在城市内进行游憩活动的同时要注重生态环境保护,以此长远改善城市生态状况,促进城市经济社会发展的可持续性。加拿大绿色旅游协会认为在城市游憩中应注重生态环境保护原则,同郊区相比较城

收稿日期:2017-08-24; 修订日期:2017-11-08

基金项目:国家社会科学基金项目(13XSH017);西安外国语大学研究生科研基金重大项目(SYJS201718)

作者简介:杨晓俊(1970-),女,陕西宝鸡人,副教授,研究方向为城市社区与旅游规划。

E-mail: yangxiaojun@xisu.edu.cn

通讯作者:方传珊(1992-),男,陕西安康人,硕士,研究方向为区域旅游开发与规划。

E-mail: fangchuanshan123@163.com

市更能吸纳旅游业的影响^[5]。吴必虎等认为城市游憩空间是指位于城市或者近郊区,具有观光、社交、健身、康乐等游憩功能,供居民日常休闲游憩的开放空间^[6]。王甫园等在借鉴前人研究后提出城市生态空间是城市内人工或自然的植被及水体等生态单元所占据的并为城市提供生态系统服务的空间^[7]。因此,本文将城市生态游憩空间界定为:位于城市或者城市近郊区,生态环境良好、自然要素充足,同时又能满足城市居民休闲、观光、旅游的开放空间。主要类型有城市生态公园、自然风景区、街头绿地和居住区绿地等。

近年来,城市生态游憩空间的研究受到了广泛关注,国内外学者对城市生态游憩空间的功能与作用、价值评价及空间布局配置等方面进行了探讨。研究表明:城市居民有强烈的亲近自然倾向^[8,9],林地、草地和水域是进行城市生态游憩的主要空间区域^[10],以城市公园和绿地为主的城市生态游憩空间是体现城市宜居性的重要因素^[11]。通过构建城市生态游憩空间评价体系,据此对各类城市生态游憩空间按人口需求和用地类型分布进行优化布局,能够有效提高城市居民的生活环境质量及居民健康水平^[12-15]。但目前对城市生态游憩空间布局与优化配置的研究中,主要采用Kernel核密度算法、缓冲区空间分析等RS、GIS空间分析方法,且对游憩空间的衡量与评价标准多以绿地率、绿化覆盖率等面积比率作为核心指标来指导城市生态游憩空间的优化布局,忽视了城市居民日常消费行为对生态游憩空间的影响。因此,本文从居民的消费行为出发,基于生态足迹研究方法,通过对居民消费行为产生的生态足迹及对生态环境压力进行分析,以此为西安市各类城市生态空间的有效配置提供一定依据,为西安市生态城市建设提供借鉴参考。

2 研究方法与数据来源

2.1 研究区概况

西安地处关中平原中部,是西北地区最大的中心城市,市域面积10096.81 km²,气候类型为温带季风气候,全市常住人口870.56万,城镇人口达到635.68万(2015年)。近年来,西安市城市化进程速度不断加快,尤其是在西咸新区和“五区一港两基地”等开发区建设背景的驱动下,城市空间扩展速度不断加快,城市建成区面积从2000年的186.97 km²增长至2015年的548.6 km²^[16]。但是,西安市城市扩张带来了一系列生态环境问题,由于环境破坏以及人为的一些因素干扰,导致西安市林地、草地、耕地被大面积占用,生态游憩空间数量和面积逐年减少,市区的绿化覆盖面积率仅40%,城市居民的生态游憩空间被压缩,服务功能逐步退化。为了深入研究城市发展对生态游憩空间的影响,选取西安市市区为研究对象(不包括蓝田县、鄠邑区及长安区的秦岭部分)(图1)。西安市目前的生态游憩空间主要有六大类,分别是:城市公园、社区公园、风景区、城郊绿地、小区绿地以及公共开放游憩带。

2.2 研究区生态游憩空间分布现状

由图2可以看出西安市市区生态游憩空间呈现出由中部向南北两端递减的趋势。总体来看,中部、南部的生态游憩空间分布要多于北部,郊区、近郊区的分布要高于中心城区。从行政区划来看,大面积的城市生态游憩空间主要分布在长安区、灞桥区、未央区北部、临潼区南部和雁塔区东部,而高陵区、阎良区、临潼区北部和长安区西部则分布比较少(表1)。在主城区内,除雁塔区东部有较大面积的生态游憩空间外,碑林区、莲湖区和新城区建筑和人口密度最高的地区都仅有零星的小面积游憩空间分布。通过空间叠加分析可以发现,在生态游憩空间大面积分布的地区也是西安市河流和湖泊集中分布的地区(如渭河、灞河、泾河、南湖和未央湖等),曲江新区、浐灞生态区和浐灞湿地

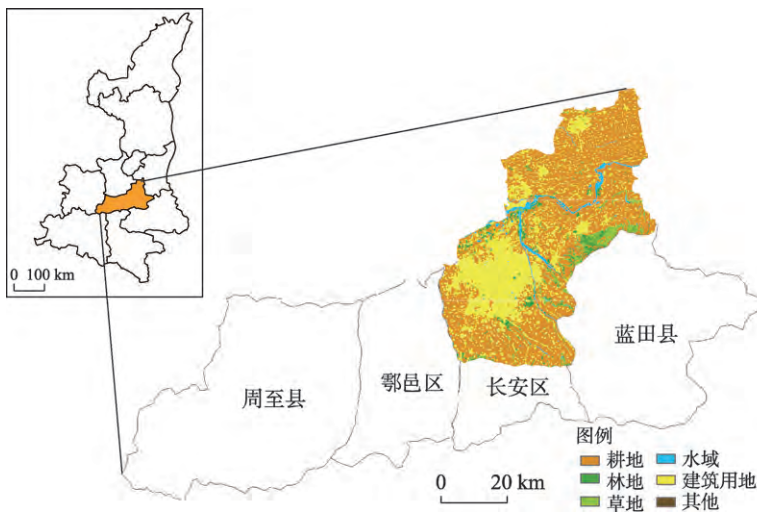


图1 研究区位置及土地利用现状

Fig. 1 Location and the current land use of the study area

公园是西安市生态游憩空间分布密度最大的区域。

2.3 研究方法

2.3.1 生态足迹法 生态足迹分析法是由 Wackernagel 和 William Rees 两位学者于 1990 年代提出的用来衡量人类对生物资源和能源资源利用程度的一种方法^[17,18]。生态足迹分析法从自然界生物体所产生的能量出发来分析自然物体所产生的消费空间和行为, 以此来评估人类对生态环境的影响, 分析可持续发展能力、预警区域内的生态安全状况^[19,20]。其计算公式如下^[21]:

$$EF = N \times ef = N \times \sum r_j A_i = N \times \sum r_j (c_i / p_i) \quad (i=1, 2, \dots, 6) \quad (1)$$

式中: EF 为总的生态足迹; N 为人口数; ef 为人均生态足迹; A_i 为第 i 类消费项目折算的人均占有的生物生产面积; c_i 为第 i 类商品的人均消费量; p_i 为第 i 类消费商品的全球平均生产力; i 为所消费商品的生产土地类型; r_j 为均衡因子。

生态承载力是指一个区域可利用的自然资源能够承载的极限人口数。其计算公式如下^[21]:



图2 西安市生态游憩空间分布现状

Fig. 2 Spatial distribution of ecological recreation areas in Xi'an

表1 各区域生态游憩空间数量 (个)

Tab. 1 Number of ecological recreation areas by district

区域	未央区	雁塔区	碑林区	灞桥区	新城区
数量	48	28	12	53	9
区域	阎良区	临潼区	长安区	莲湖区	高陵区
数量	8	36	43	11	4

$$ec = a_j \times r_j \times y_j (j = 1, 2, \dots, 6) \quad (2)$$

式中： ec 为人均生态承载力； a_j 为人均占有的 j 类生物生产性土地面积（计算时扣除12%的生物多样性土地面积）； r_j 为均衡因子； y_j 为产量因子。

生态足迹与生态承载力的差额为生态盈亏。当生态承载力高于生态足迹时为生态盈余，反之则为生态赤字。其计算公式如下^[22]：

$$ed = ec - ef \quad (3)$$

式中： ed 为人均生态赤字； ec 为人均生态承载力； ef 为人均生态足迹。

2.3.2 生态压力指数 生态压力指数即一个国家或地区内人均生态足迹与生态承载力的比率，该指数代表了区域生态环境的承压程度。其计算公示如下^[23]：

$$ETI = ef/ec \quad (4)$$

式中： ETI 为研究区生态压力指数； ef 为人均生态足迹； ec 为人均生态承载力。

表2 生态压力指数等级划分标准

Tab. 2 Ecological stress index classification standard		
压力级别	数值	压力程度
1	(0,2)	很安全
2	[2,5)	较安全
3	[5,8)	稍不安全
4	[8,11)	较不安全
5	≥ 11	很不安全

为科学的对区域生态环境状况进行评估，利用生态压力计算公式对史丹等计算出的1991-2013年中国生态足迹和生态承载力数据进行计算，得出中国的生态压力指数变化范围在1.6~6.6之间^[24]。然后综合考虑陕西省的生态环境状况，划分了研究区的生态压力指数标准（表2）对研究区的生态环境状况进行衡量。

2.4 数据来源

本研究所需的全球生物平均产量以及全球平均能源足迹通过联合国粮农组织（FAO）官方网站获取。西安市的各类生物资源和能源消费项目、土地面积和人口数据通过《西安市统计年鉴》（2016年）获取。西安市土地利用现状（2015年）、生态游憩空间数量和空间分布从地理国情监测云平台与谷歌地球获取，生物生产用地面积由西安市土地利用栅格数据在ArcGIS中计算得出，并根据西安市的土地利用情况，在参照其他学者的研究成果的基础上得出均衡因子^[25]和产量因子^[26]数据（表3）。然后通过生态足迹计算公式在SPSS软件中计算得出西安市市区的生态足迹、生态承载力、生态盈亏和生态压力情况。由于西安市并未规划有专用的化石能源用地，所以文中不对化石能源用地生态承载力进行计算。

表3 西安市生态足迹相关数据

Tab. 3 Relevant data on ecological footprint in Xi'an

用地类型	全球平均产量 P_i (kg/hm ²)	人均资源消费 量 C_i (kg/人)	人均占有的生物 生产面积 A_i	人均生物生产面 积 A_j (hm ² /人)	均衡因子 r_j	产量因子 y_j
林地	10.89	0.61	0.05605	0.00085	1.1	0.91
草地	1359	52	0.11237	0.00084	0.5	0.19
水域	29	4.9	0.16896	0.00058	0.2	1
建筑用地	1071	88.24	0.4145	0.00689	2.8	2.16
耕地	41090	246.2	0.05313	0.01209	2.8	2.16
化石能源用地	241	4.42	0.06221	0	1.1	0

3 基于生态足迹模型的结果分析

3.1 人均生态足迹与生态承载力分析

通过生态足迹计算公式计算得出西安市各土地类型的人均生态足迹结果(表4)和西安市各区人均生态足迹结果(表5),由表中可以看出西安市市区的人均生态足迹达到了 $1.52943 \text{ hm}^2/\text{人}$,但低于全国的人均生态足迹 $2.86228 \text{ hm}^2/\text{人}$ ^[27],这说明西安市市区居民的生活消费支出较低,对生物资源和能源资源的消耗还低于全国平均水平。由图3可以看出,西安市市区的各类生物生产性用地类型对生态足迹的贡献差异明显。其中,建筑用地的贡献最高,达到了 $1 \text{ hm}^2/\text{人}$,超过了其他五类土地生态足迹的总和,这说明西安市居民主要消费物品为对生态环境造成巨大压力的电力、热力资源;除此之外,耕地的生态足迹也较高,林地、草地、水域和化石能源用地的生态足迹较低。从图4可以看出,西安市各个区的生态足迹也存在较大差异,位于中南部的中心城区和南郊的生态足迹明显高于东郊、北郊地区。其中,雁塔区因居住人口最多而成为生态足迹最高的地区,未央区和长安区次之,中心城区的碑林区、莲湖区和新城区由于居住人口较少导致生态足迹较低,位于北郊和东郊的高陵区、阎良区和临潼区的生态足迹最低。

由图3和图4可以看出西安市市区目前的生态承载力相对于该地产生的生态足迹还远不足,西安市市区目前的人均生态承载力仅为 $0.11582 \text{ hm}^2/\text{人}$,人均生态赤字达到

表4 西安市市区各用地类型人均生态足迹计算结果($\text{hm}^2/\text{人}$)

Tab. 4 Calculation results of ecological footprint per capita by type of land use in urban area of Xi'an ($\text{hm}^2/\text{person}$)

土地类型	人均生态足迹	人均生态承载力	生态盈亏	生态压力指数	表征状态
林地	0.06166	0.00085	-0.06080	72.20751	很不安全
草地	0.05619	0.00008	-0.05610	702.31250	很不安全
水域	0.03379	0.00011	-0.03368	292.82010	很不安全
建设用地	1.16060	0.04164	-1.11896	27.87148	很不安全
耕地	0.14876	0.07313	-0.07563	2.03415	较安全
化石能源用地	0.06843	-	-0.06843	-	-

表5 西安市市区各地区人均生态足迹计算结果($\text{hm}^2/\text{人}$)

Tab. 5 Calculation results of ecological footprint per capita by urban district in Xi'an ($\text{hm}^2/\text{person}$)

地区	人均生态足迹	人均生态承载力	生态盈亏	生态压力指数	表征状态
新城区	0.14132	0.00642	-0.1349	22.01246	很不安全
碑林区	0.14467	0.00668	-0.13799	21.65718	很不安全
莲湖区	0.16227	0.00637	-0.1559	25.47410	很不安全
灞桥区	0.13262	0.01644	-0.11618	8.06691	较不安全
雁塔区	0.27644	0.01548	-0.26096	17.85788	很不安全
未央区	0.24421	0.01742	-0.22679	14.01894	很不安全
长安区	0.21813	0.01869	-0.19944	11.67095	很不安全
临潼区	0.08422	0.01224	-0.07198	6.88072	稍不安全
高陵区	0.07433	0.00866	-0.06567	8.58314	较不安全
阎良区	0.05122	0.00743	-0.04379	6.89367	稍不安全
合计	1.52943	0.11582	-1.4136	13.20409	很不安全

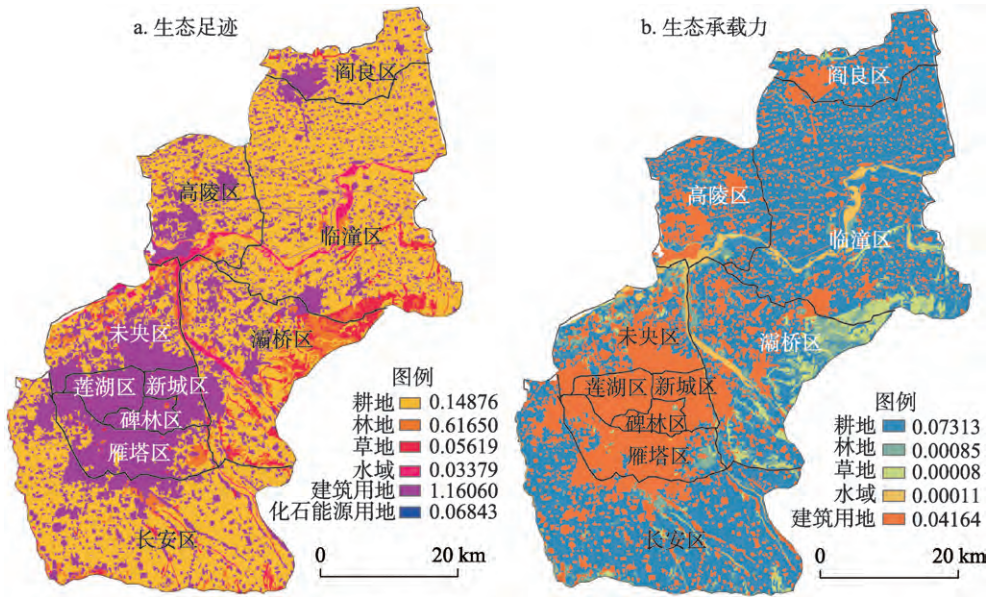


图3 西安市各土地类型生态足迹及生态承载力情况 (hm²/人)

Fig. 3 Ecological footprint and ecological carrying capacity by land type in Xi'an (hm²/person)

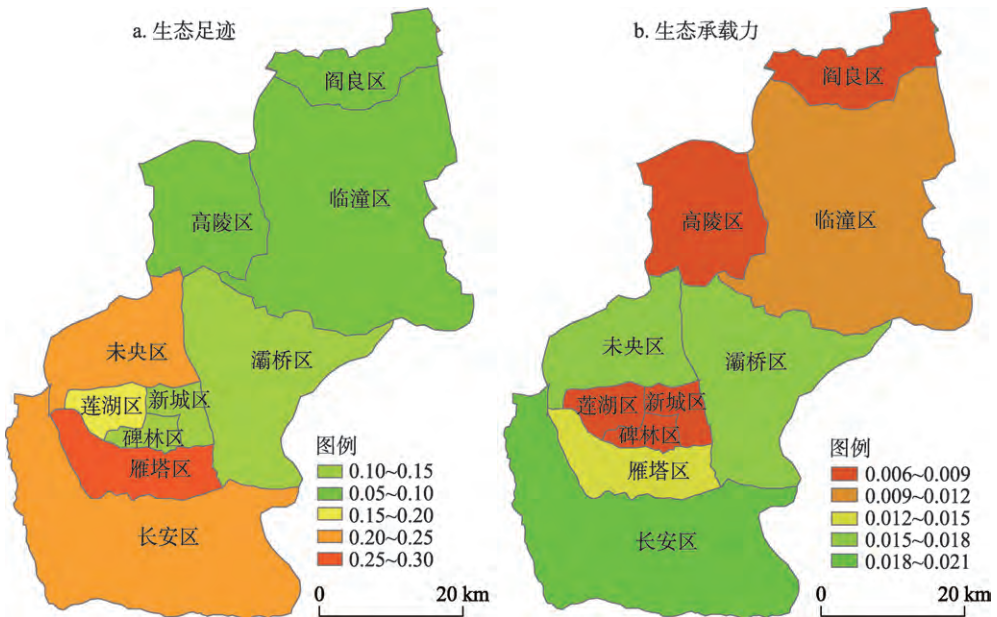


图4 西安市各区域生态足迹及生态承载力情况 (hm²/人)

Fig. 4 Ecological footprint and ecological carrying capacity by urban district in Xi'an (hm²/person)

1.4136 hm²/人, 这说明西安市目前面临较大的生态压力, 生态安全受到极大威胁。从各类生态生产土地类型来看, 西安市市区目前的生态承载力情况差异较大, 生态承载力最高的用地类型为耕地, 其次为建筑用地, 林地、草地、水域的生态承载力水平相对较低; 从空间上看, 市区东北和南边耕地大面积分布的地区生态承载力较高, 中部建筑用

地密集分布地区生态承载力较低;从各个地区来看,位于中心城区的碑林区、新城区、莲湖区因建筑密度大,绿化率较低而生态承载力较低,位于东北部的高陵区、临潼区和阎良区由于主要土地类型为耕地和建筑用地,而林地、草地和水域面积较小导致该区域的生态承载力也较低,围绕中心城区的未央区、灞桥区和雁塔区由于分布有大量的水域、林地和草地,所以生态游憩空间数量多、面积大,因而生态承载力较高,而长安区因靠近秦岭,人口密度小、绿地覆盖率高使得该区域人均生态承载力最高。

3.2 生态盈亏与生态压力分析

由表4和表5可以看出,目前整个西安市市区都处于生态赤字状态,生态环境状况很不安全。由图5可以看出,在各类土地类型中建筑用地的亏损最大,生态赤字最为严重,耕地、林地、草地和化石能源用地的赤字情况相近,赤字较小,水域的生态赤字最小。从空间分布来看,市区中南部建筑密度最大的中心城区生态赤字最为严重,而在东北、东南和东部地区耕地、林地、草地和水域分布较多的地区生态赤字较小,面临的生态环境压力较小。从各个地区来看,雁塔区的生态赤字最大,未央区、莲湖区和长安区的生态赤字也较大,碑林区、新城区和灞桥区的赤字也超过了1 hm²/人,面临较大生态压力,阎良区、高陵区和临潼区是生态赤字较低,是生态压力最小的地区。

通过生态压力指数等级划分标准对西安市生态环境状况进行划分得出西安市生态环境状况处于不安全状态。在各类土地类型中除耕地外生态环境状况都极不安全;在各个地区中,除莲湖区、临潼区情况较好,处于稍不安全状态外,其他区域都处于较不安全和很不安全状态。

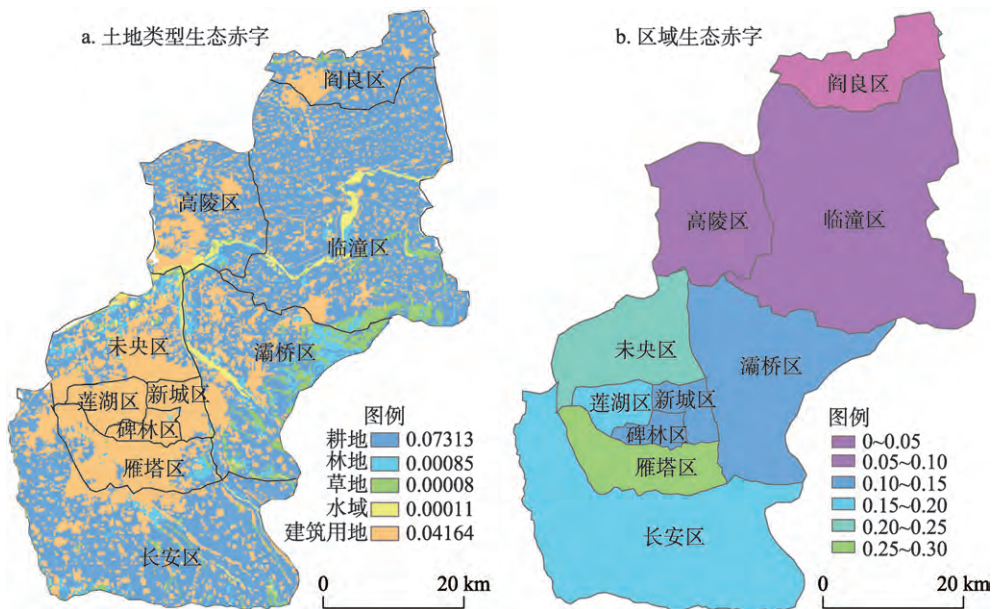


图5 西安市各土地类型和各区域生态赤字情况

Fig. 5 Land types and the ecological deficits by urban district in Xi'an

3.3 生态足迹与游憩空间叠加分析

将西安市市区的生态游憩空间与该地的生态足迹计算结果进行叠加分析,可以发现西安市市区的生态游憩空间布局不均衡,生态矛盾突出。在中心城区的碑林区、莲湖区和新城区这块生态足迹高、承载力低,生态赤字最大的区域分布的生态游憩空间数量最

少、且面积最小；在郊区和近郊区的雁塔区东南部、未央区北部、长安区南部、灞桥区、和临潼区南部分布着大量的生态游憩空间，但这些区域都是生态足迹低、生态承载力高、生态赤字较小的区域；而在高陵区、临潼区北部和长安区南部这些生态赤字较大的区域却很少有生态游憩空间的分布。除此之外，生态环境状况不安全的区域也是生态游憩空间分布少的区域，生态游憩空间集中分布的地区生态环境状况却较安全。

3.4 西安市生态游憩空间布局的优化对策

3.4.1 加大对城市生态基础设施的投入 研究得出，整个西安市生态承载力不足，生态赤字和生态压力较大。而随着西安市城市建成区面积的扩大，高新区、曲江新区等、浐灞新区等产业开发区的快速发展，使得城市绿地面积相对减少，从而导致生态游憩空间面积缩小、数量减少。生态基础设施是自然环境对城市可持续发展的重要支撑，是对生态系统运行及居民的可持续生存具有基础性支持能力的资源和服务^[28]。要对城市生态游憩空间布局进行合理的优化与整合，首先任务就是加大对城市基础设施的投入。虽然西安市近年来提出了“优化生态环境，建设美丽西安”的口号，但实施效果并不明显，水污染、大气污染依然严重，绿地面积不增反降，生态承载力不断下降，生态压力逐渐增大。这说明西安市及陕西省政府对生态文明建设投入力度还不够，特别是对生态环境中生态承载力高的林地和草地还要增加投入，规划更多的公共生态游憩空间，以缓解该区域林地、草地的生态亏损状态，改善生态环境状况。

3.4.2 实现区域内生态游憩空间布局的均衡性 研究发现，中心城区的生态承载力要远低于周边区域，生态盈亏和生态压力高于周边区域。相较于在郊区和近郊区，中心城区生态游憩空间虽然在数量上占优，但是面积都相对较小，无大面积生态游憩空间分布，而郊区和近郊区却分布着较多大面积的生态游憩空间。并且，由于近十年来城镇化的加速，对林地、草地和水域景观破坏严重，城市的无序发展使得各生态游憩空间之间的联系被截断，导致生态游憩空间出现破碎化和孤岛化，无法形成一个完整的生态游憩空间网络系统，从而使得生态安全格局遭到破坏，生态矛盾更加突出。因此，西安市生态游憩空间整合与格局优化的首要任务就是改变生态游憩空间布局的非均衡状态。具体做法主要有：在生态赤字严重的莲湖区、碑林区、新城区及高新区大幅增加中型、小型生态游憩空间，对布局位置不合理的游憩空间进行调整；同时在生态赤字较小、游憩空间分布较多的未央区、临潼区和灞桥区增加居民点的建设，通过政策支持等进行移民搬迁，这样既能够使游憩空间的服务功能更好的发挥，又能够满足居民日常游憩的需要，还能够缓解生态赤字严重地区的生态压力。

3.4.3 构建多功能的生态游憩空间廊道系统 目前西安市生态游憩空间所提供的生态承载力还不足，导致其为居民提供的生态服务功能水平也比较低，其原因不仅是生态游憩空间的数量和面积不足，还有空间分布格局不合理因素的影响，从而造成西安市生态游憩空间的整体功能受到损坏。因此，西安市急需优化现有的空间格局和网络系统，以最大限度地增加生态游憩空间的服务范围，并通过构建多功能的游憩廊道系统的来整合西安市生态游憩空间，利用生态游憩廊道系统来平衡各区域的生态承载力，降低生态赤字，缓解生态压力。将西安市内沿交通干线、河流分布的线状或带状公园、街头绿地、景区等与城市广场绿地和小区绿地这些小块游憩空间相连接，协同共建，打造多位一体的城市生态游憩廊道。并在这些生态游憩廊道中修建供居民游憩的步道与自行车道路系统，扩大西安市市民接触绿色的范围，通过绿色出行既满足了市民对生态游憩资源的需求，又降低了生态足迹和生态赤字。

4 结论与讨论

当前, 中国城市建设大都面临着从向外部无序扩张到向内部集约优化的转型^[29]。通过对生态用地与建设用地的进行规划与布局来构建合理的生态空间格局, 能够缓解城市发展过程中社会经济发展与生态环境保护之间的矛盾, 从而实现城市的可持续发展。在城市规划建设中, 生态游憩空间的合理配置是提高城市居民生活质量、提升城市生态文明建设水平的重要举措。对城市生态游憩空间进行优化, 能够为城市绿色发展规划、生态旅游规划以及环境保护规划提供有力支撑, 确保城市健康可持续发展。通过生态足迹计算方法分析区域生态系统空间格局和数量结构, 对优化空间布局及维持区域生态安全具有重要意义, 为区域生态服务系统的良性发展和良好的人居环境建设提供基本的格局保障。

在现今快速城市化进程中, 城市规划建设与管理都应时刻关注居民的生产生活环境, 注重生态游憩空间建设。本文以西安市作为研究区, 利用生态足迹模型并结合 GIS 空间分析方法对城市生态游憩空间布局进行研究分析, 得出西安市目前的生态游憩空间配置不足, 区域分布不均衡, 城市生态安全面临较大威胁的结论。这要求西安市以及整个西北地区的城市在未来的城市规划建设中应注重城市发展同生态环境的协调, 合理布局城市生态游憩空间, 并构建城市生态游憩廊道网络系统, 提高城区绿化率, 以构建合理的城市生态安全格局。在未来对城市生态游憩空间的研究中, 还要注重理论与实践的相结合, 统筹考虑城市对生态功能及游憩功能二者的需求来研究城市生态游憩空间配置问题。除此之外, 在对城市生态游憩空间进行规划时不仅仅只立足于服务本区域居民, 还要考虑到满足外来游客的游憩需求。

参考文献(References)

- [1] 郝梦雅, 任志远, 孙艺杰, 等. 关中盆地生态系统服务的权衡与协同关系动态分析. 地理研究, 2017, 36(3): 592-602. [Hao Mengya, Ren Zhiyuan, Sun Yijie, et al. The dynamic analysis of trade-off and synergy of ecosystem services in the Guanzhong Basin. Geographical Research, 2017, 36(3): 592-602.]
- [2] 郭思娇. 大庆市农业生态安全问题研究. 长春: 东北农业大学博士学位论文, 2013. [Guo Sijiao. Research on agricultural ecological security in Daqing city. Changchun: Doctoral Dissertation of Northeast Agricultural University, 2013.]
- [3] 世界自然基金会. 地球生命力报告. 格朗: 世界自然基金会, 2016. [WWF. Living Planet Report. Granges-Paccot: WWF, 2016.]
- [4] 李华. 上海城市生态游憩空间格局及其优化研究. 经济地理, 2014, 34(1): 174-180. [Li Hua. The pattern and optimization of urban ecological recreation space in Shanghai. Economic Geography, 2014, 34(1): 174-180.]
- [5] 李华. 城市生态游憩空间服务功能评价与优化对策. 城市规划, 2015, 39(8): 63-69. [Li Hua. Evaluation and optimization countermeasures for service functions of urban ecological recreation space. City Planning Review, 2015, 39(8): 63-69.]
- [6] 吴必虎, 董莉娜, 唐子颖. 公共游憩空间分类与属性研究. 中国园林, 2003, (4): 48-50. [Wu Bihu, Dong Lina, Tang Ziyang. Research on classification and genus of public recreation spaces. Chinese Garden, 2003, (4): 48-50.]
- [7] 王甫园, 王开泳, 陈田, 等. 城市生态空间研究进展与展望. 地理科学进展, 2017, 36(2): 207-218. [Wang Fuyuan, Wang Kaiyong, Chen Tian, et al. Progress and prospect of research on urban ecological space. Progress in Geography, 2017, 36(2): 207-218.]
- [8] Arnberger A, Eder R. The influence of green space on community attachment of urban and suburban residents. Urban Forestry & Urban Greening, 2012, 11(1): 41-49.
- [9] 陈佳平. 郑州城市生态旅游空间构建与发展策略研究. 地域研究与开发, 2013, 32(4): 94-97. [Chen Jiaping. Research on ecological tourism space construction and development strategy in Zhengzhou. Areal Research and Development, 2013, 32(4): 94-97.]
- [10] Arnberger A, Eder R. The influence of age on recreational trail preferences of urban green-space visitors: A discrete

- choice experiment with digitally calibrated images. *Journal of Environmental Planning and Management*, 2011, 54(7): 891-908.
- [11] Spartz J T, Shaw B R. Place meanings surrounding an urban natural area: A qualitative inquiry. *Journal of Environmental Psychology*, 2011, 31(4): 344-352.
- [12] Perino G, Andrews B, Kontoleon A, et al. The value of urban green space in Britain: A methodological framework for spatially referenced benefit transfer. *Environmental and Resource Economics*, 2014, 57(2): 251-272.
- [13] 孙琨, 唐承财, 钟林生. 基于人口特征的城市生态游憩空间配置: 以常熟市为例. *地理科学进展*, 2016, 35(6): 714-723. [Sun Kun, Tang Chengcai, Zhong Linsheng. Siting of urban recreational eco-space based on population characteristics: A case study of Changshu city, China. *Progress in Geography*, 2016, 35(6): 714-723.]
- [14] 孙琨, 钟林生, 张爱平, 等. 城市生态游憩空间休闲价值对比分析: 以常熟市为例. *地理研究*, 2016, 35(2): 256-270. [Sun Kun, Zhong Linsheng, Zhang Aiping, et al. Comparative analysis on the leisure values of urban ecological recreation spaces: A case study of Changshu city. *Geographical Research*, 2016, 35(2): 256-270.]
- [15] 李玟, 刘家明, 宋涛, 等. 北京市绿带游憩空间分布特征及其成因. *地理研究*, 2015, 34(8): 1507-1521. [Li Le, Liu Jiaming, Song Tao, et al. Spatial characteristics and causes of recreational space in the urban green belt of Beijing, China. *Geographical Research*, 2015, 34(8): 1507-1521.]
- [16] 何艳冰, 黄晓军, 杨新军. 快速城市化背景下城市边缘区失地农民适应性研究: 以西安市为例. *地理研究*, 2017, 36(2): 226-240. [He Yanbing, Huang Xiaojun, Yang Xinjun. Adaptation of land-lost farmers to rapid urbanization in urban fringe: A case study of Xi'an. *Geographical Research*, 2017, 36(2): 226-240.]
- [17] Ree W E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, 1992, 4(2): 121-130.
- [18] Wackernagel M, Rees W. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.
- [19] Wackernagel M. Methodological advancements in footprint analysis. *Ecological Economics*, 2009, 68(7): 1925-1927.
- [20] 周晓艳, 张文妍, 叶信岳, 等. 1992-2012年国际生态足迹研究文献计量分析. *地理科学进展*, 2014, 33(3): 336-346. [Zhou Xiaoyan, Zhang Wenyan, Ye Xinyue, et al. Biblio-metric analysis of ecological footprint research during 1992-2012. *Progress in Geography*, 2014, 33(3): 336-346.]
- [21] 常斌. 资源型城市生态环境保护与建设规划研究. 焦作: 河南理工大学博士学位论文, 2007. [Chang Bin. Study on eco-environmental protection and construction planning of resource-based cities. Jiaozuo: Doctoral Dissertation of Henan Polytechnic University, 2007.]
- [22] 郑晖, 石培基, 何娟娟. 甘肃省生态足迹与生态承载力动态分析. *干旱区资源与环境*, 2013, 27(10): 13-18. [Zheng Hui, Shi Peiji, He Juanjuan. The dynamic analysis on ecological footprint and ecological capacity of Gansu province. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2013, 27(10): 13-18.]
- [23] 张成, 尚国珩, 黄芳芳, 等. 基于MATLAB GUI的生态压力预警系统设计与实现. *环境科学与技术*, 2016, 39(5): 200-205. [Zhang Cheng, Shang Guoheng, Huang Fangfang, et al. Design and implementation of the ecological pressure warning system based on MATLAB GUI. *Environmental Science & Technology*, 2016, 39(5): 200-205.]
- [24] 史丹, 王俊. 基于生态足迹的中国生态压力与生态效率测度与评价. *中国工业经济*, 2016, (5): 5-21. [Shi Dan, Wang Jun. Measurement and evaluation of China's ecological pressure and ecological efficiency based on ecological footprint. *China Industrial Economics*, 2016, (5): 5-21.]
- [25] 郑群明, 王甫园. 世园会筹备对西安市生态足迹的影响. *经济地理*, 2014, 34(2): 154-160. [Zheng Qunming, Wang Fuyuan. Effects of Xi'an Expo preparations on Xi'an urban ecological footprint. *Economic Geography*, 2014, 34(2): 154-160.]
- [26] 王建洪, 任志远, 苏雅丽. 基于生态足迹的1997-2009年西安市土地生态承载力评价. *干旱地区农业研究*, 2012, 30(1): 225-229. [Wang Jianhong, Ren Zhiyuan, Su Yali. Evaluation of ecological carrying capacity based on ecological footprint model in Xi'an during 1997-2009. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2012, 30(1): 225-229.]
- [27] 胡姚雨. 基于生态足迹视角的中国全要素生态效率研究. 南京: 东南大学博士学位论文, 2016. [Hu Yaoyu. The study of China's total factor ecological productivity based on the prospective of ecological footprint. Nanjing: Doctoral Dissertation of Southeast University, 2016.]
- [28] Randolph J. *Environmental Land Use Planning and Management*. Washington D.C: Island Press, 2004.
- [29] 陈昕, 彭建, 刘焱序, 等. 基于“重要性—敏感性—连通性”框架的云浮市生态安全格局构建. *地理研究*, 2017, 36(3): 471-484. [Chen Xin, Peng Jian, Liu Yanxu, et al. Constructing ecological security patterns in Yunfu city based on the framework of importance-sensitivity-connectivity. *Geographical Research*, 2017, 36(3): 471-484.]

Optimization of ecological recreation area in Xi'an city based on ecological footprint

YANG Xiaojun, FANG Chuanshan, HOU Yezi

(School of Tourism, Research Institute of Human Geography, Xi'an International Studies University,
Xi'an 710128, China)

Abstract: Urban ecological recreation area serves as an important foundation for urban ecological recreation activities. The rational allocation of ecological recreation area is of great significance to build eco-leisure cities. Based on the ecological footprint theory model, combined with the spatial overlay analysis method, this paper constructs the ecological pressure index standard, and analyzes the spatial distribution, the ecological footprint, the ecological carrying capacity, the ecological profit and loss, as well as the ecological pressure of ecological recreation areas in the urban area of Xi'an city. The results show that the ecological environment in urban area of Xi'an is extremely unsafe, with the ecological deficit per capita reaching 1.4136 hm²/person and the ecological pressure index 13.2. The spatial layout of ecological recreation area in the region has conflict with the local ecological environment. To avoid the existing problems, it is of great importance to adjust and optimize the spatial layout of ecological recreation area, and develop the ecological recreation corridor system of Xi'an, in an aim to enhance the urban ecological civilization, and better shape the high-quality urban living environment and the ecological security pattern in the city.

Keywords: ecological footprint; ecological pressure; urban ecological recreation area; spatial overlay; Xi'an