

# 城市空间管控中生境质量的影响要素及评估方法

## Influence Factors and Evaluation Methods on Habitat Quality in Urban Space Control

文 / 蔚芳 王雨薇  
Wei Fang Wang Yuwei

**作者简介**  
蔚芳 浙江大学建筑工程学院 副教授 博士  
王雨薇 浙江大学建筑工程学院 硕士研究生

**基金项目**  
浙江省自然科学基金(项目编号:LY19E080025)

### ABSTRACT

快速城市化过程引发的土地利用变化导致生境破碎，物种灭绝，并引发了一系列“城市生态病”。因此，城市生境质量的影响要素及测度评估研究对促进城市可持续发展和提升人类福祉具有重要意义。文章系统梳理了生态学和地理学领域的相关研究，总结了城市生境质量评估的8种方法，阐述了城市生境质量的影响因素和形成机制，为通过城市空间管控提升城市生境质量进而改善居民福祉提供依据。

Land-use changes caused by rapid urbanization lead to habitat fragmentation, species extinction, and a series of "urban ecological diseases". To promote sustainable development and human well-being, it is important to study the influence factors and evaluation methods on habitat quality. In this study, eight evaluation methods were summarized and the influence factors and mechanism of urban habitat quality were described. References for the improvement of urban habitat quality and human well-being in urban space control were provided.

### KEY WORDS

城市空间管控；生境质量；生态系统服务；影响要素；评估方法  
urban space control; habitat quality; ecosystem services; influencing factors; evaluation methods

### 前言

快速城市化导致了生态系统退化，生物多样性和生境质量日益受到人为因素的威胁<sup>[1]</sup>。早期研究资料表明全球生物多样性存在普遍下降的趋势<sup>[2]</sup>，27% 的哺乳动物存在着较高的灭绝风险<sup>[3]</sup>。而由城市化引发的土地利用变化导致的生境破碎正是生物物种灭绝的主要原因之一<sup>[4]</sup>。与此同时，由于城市建设对生态用地、生态空间和生态环境的侵蚀和破坏，土地资源转变频繁，用地类型和面积变化剧烈<sup>[5]</sup>，大量的林地、草地、湿地和水域等生境转变为城市建设用地或耕地，对生态系统服务和城市可持续发展带来了负面影响，并引发了诸如环境污染、能源短缺、热岛效应、洪涝灾害等一系列的“城市生态病”。

城市空间管控中生境质量的影响要素和评估方法研究，对促进城市可持续发展和提升人类福祉具有重要意义。长期以来，城市空间增长管控以经济和社会要素为主，较多地考虑了经济发展水平、人口、城市化进程以及交通条件等，而自然地理特征及生态环境等自然要素一直处于次要地位。直至近几年，我国才开始陆续出台生境保护的政策和举措，如生态功能区划、生态保护红线、生态补偿、资源环境承载力评估等。其中，生态保护红线是国家战略，体现了我国以强制性手段实施严格保护生态的政策导向。区域

和城市尺度上的生境质量及生物多样性水平，是一切生态系统功能和服务的前提与基础，更是影响人类生活质量、健康和福祉的关键。将生境质量评估纳入城市空间管控之中，有利于保护优先，集约发展，顺应了国家空间规划体系改革的趋势，体现了人类命运共同体思想的深刻内涵与时代价值。

### 1 城市生境

生境质量是指基于生存资源的可获得性，生态系统为相应生命机体提供生存发展条件的能力<sup>[6]</sup>，这种能力取决于提供相应功能的自然资源的丰富程度。关于生境质量的早期研究主要侧重于对野生动物生境质量的评价以及人类活动的影响，比如 Goertz<sup>[7]</sup> 通过草原棉鼠种群数量评价了生境质量的高低。自 20 世纪末起，中外学者开始研究生境的动态变化及其与土地利用的关系：吴兆录<sup>[8]</sup>等研究了土地利用对西双版纳勐养自然保护区自然景观的影响；Jetz<sup>[9]</sup> 关注土地利用、气候变化与生物多样性之间的关系，分析了未来土地利用变化对鸟类带来的潜在危害；Sieber<sup>[10]</sup> 等人探讨了苏联解体后全国土地利用变化对大型哺乳动物栖息地生境的影响。纷繁的成果涵盖了诸如流域<sup>[11]</sup>、分水岭<sup>[12]</sup>、集水区<sup>[13]</sup> 以及海岸带<sup>[14]</sup> 等自然生境，以及城市群<sup>[15]</sup>、省域<sup>[16]</sup>、城镇<sup>[17]</sup> 等城市生境。

城市生境是指城市范围内维持生命机体生存与繁衍的环境条件，在空间上表现为生态系统结构所占据的空间<sup>[18]</sup>，是与人类活动所需的生产空间和生活空间相对的生态空间。目前在分类上存在两种观点：一种认为生态空间是具有生态服务功能、对于生态系统和生物生境保护具有重要作用的地区，包括农田、林地、草地、水域、湿地等；第二种认为主导功能是生态功能的土地才是生态用地<sup>[19]</sup>，因此排除了以生产生活为主的建设用地和以农业生产为主的耕地。城市生境是城市生态系统服务的重要组成部分，是衡量生态系统健康和地区可持续发展状况的重要指标。城市生态系统服务可分为支持服务、供给服务、调节服务和文化服务 4 类<sup>[20]</sup>，它们为人类提供薪材、水体净化、娱乐等福利，深刻影响着人类福祉。其中，生境和支持服务通过为生物提供生活空间而支撑着其他三种服务<sup>[21]</sup>，是城市生态系统服务的基础与源泉。不同类型的生境，如整体性的绿地系统和碎片化的公共空间，以各自特有的方式影响着人类福祉。林地及其他大型的绿地系统可以保持水土以预防洪涝灾害、缓解城市热岛效应、削弱大气污染，从而减少居民的生命财产损失。而城市内的公园、湖泊、广场等品质良好的公共空间可以激发更多的自发性活动和社会性活动的开展，使空间活力更加复

人类活动范围	威胁类型（影响范围 km, 影响程度）
意大利	建筑物和其他人工区域或其他不透水地面(1.7, 0.79); 铁路(1.6, 0.62); 低投入农业(0.6, 0.42); 集约化农业(1.6, 0.69); 轨道和马道(0.3, 0.28); 住区及服务性道路(0.9, 0.61); 次干道(1.0, 0.69); 主干道(1.5, 0.86)
略夫雷加特河流域	城市化(7.1, 1); 农业(4.0, 0.68); 道路(2.9, 0.71); 工矿(5.6, 0.8); 水坝(14.0, 0.92); 污水处理厂(6.0, 0.83); 取水点(13.2, 0.77); 沟渠(0, 0.76)
长三角	水田(8, 0.7); 旱地(8, 0.6); 城镇用地(10, 1); 农村居民点(5, 0.6); 其他建设用地(6, 0.5); 裸地(1, 0.5)
福建省	居住地(5, 0.2); 工矿用地(5, 0.3); 交通用地(10, 0.5)
北京市	工矿用地(9, 1); 交通用地(8, 0.7); 居住区(10, 1); 耕地(8, 0.6); 裸地(4, 0.2)
榆中县	工矿用地(4, 0.5); 城镇(5, 1); 村庄(3, 1); 耕地(1, 0.15); 铁路(2, 0.4); 公路(3, 0.6)

表 1 人类活动及其影响量化值统计表 (表格来源: 作者根据相关文献整理 [1][15-17][27-28] )

工具	网址	简介
Co\$ting Nature	<a href="http://www1.policysupport.org/cgi-bin/econgine/start.cgi?project=costingnature">http://www1.policysupport.org/cgi-bin/econgine/start.cgi?project=costingnature</a>	一种可通过 web 访问的工具, 绘制生态系统服务和优先保护区域。
CITY green	<a href="http://www.citygreenonline.org/">http://www.citygreenonline.org/</a>	城市绿色空间的规划管理、生态效益计算和动态变化的模拟及预测。
ESR	<a href="http://www.wri.org/">http://www.wri.org/</a>	公开的、基于电子表格的生态系统服务评估过程。记录良好的低成本范围界定工具, 提供生态系统服务制图、建模或价值评估的切入点。
IMAGE-GLOBIO	-	模拟人类活动对生物多样性和生态系统服务的过去、现在和未来影响的全球模型。
InVEST	<a href="http://www.naturalcapitalproject.org">http://www.naturalcapitalproject.org</a>	通过 ArcGIS 访问的开源生态系统服务制图和评估模型。存档完好的, 可以独立应用和测试, 适合广泛使用。
matrix mapping	-	按土地覆盖类别划分生态系统服务的供求指标, 并把电子表格连接到 GIS 地图上, 生成生态系统服务供求平衡图。
LUCI (原始模型 Polyscape)	<a href="http://www.polyscape.org">http://www.polyscape.org</a>	开源的 GIS 工具箱, 管理场景下为提供服务的区域以及服务的潜在收益、损失制图。
UFORE	<a href="https://www.nrs.fs.fed.us/tools/ufore/">https://www.nrs.fs.fed.us/tools/ufore/</a>	量化森林结构和功能。

表 2 城市生境质量的测度评估方法汇总表 (表格来源: 作者根据相关文献整理 [32-34] )

杂化和多元化。这些公共空间对营造良好的社会关系, 抑制消极、暴躁等负面的心理与行为<sup>[22]</sup>, 维护居民的心理健康以及提升社会归属感有积极作用。

## 2 城市生境质量的影响要素

土地利用演变、人类活动区域和强度、法律与政策等要素对生境质量产生了重要影响。这些影响也是城市生境质量评估方法与工具中经常考虑的因素, 对评估的要素选择和参数设置等起到重要的作用。

### 2.1 土地利用演变

城市化通过改变土地利用类型影响生态系统的类型、面积及空间分布格局<sup>[23]</sup>, 城市化引起的地表覆盖变化直接影响到生境质量、生物多样性、水分循环以及生态系统的组成和结构, 从而对生态系统的功能产生影响, 是影响生境质量变化的重要驱动力。土地是空间演变的载体, 土地利用变化是人类社会生产生活与自然生态过程交互衔接的纽带, 这种空间上的演变正是城市化最直观的表现之一。城市用地的演变在空间上改变着城市景观格局, 表现为生境斑块分离和景观结构连接度的降低<sup>[24]</sup>, 从而在不同空间尺度上影响物种的扩散、迁移和建群, 以及生态系统的生态过程和景观结构的完整性<sup>[25]</sup>。城市数量和规模的不断增加, 以及随之而来的各尺度原始风貌的改变, 对城市生境质量、相关

的生态系统功能以及人类福祉而言都是重大挑战。

### 2.2 人类活动区域和强度

人类活动是导致栖息地丧失和生物多样性降低的主要原因, 人类活动的干扰主要通过诸如化学污染、开荒、外来入侵物种的蔓延、垃圾沉积、人类践踏以及水文改变, 最终影响着土地覆盖<sup>[26]</sup>。这些活动所在的区域影响着城市非生境的特性, 比如城市建设形成建设用地、农田开垦形成耕地等。这些非生境减弱了城市景观结构异质性并增加了生境的破碎化程度, 从而成为威胁因子。与此同时, 人类活动的强度决定了破坏的程度, 非生境破坏程度越高, 其潜在的威胁就越大。Crooks 等人<sup>[3]</sup>指出景观的破碎化程度与物种面临灭绝的风险成正相关。人类集聚产生城镇用地和农村居民点, 前者的活动强度更高, 因此带来的威胁程度也越高; 人们修建道路产生街道、城市干道、高速公路和铁路等, 道路的规模和通行量等对生态环境产生不同程度的威胁, 通常铁路的影响程度最高, 而街坊道路影响程度最低。因此, 城市生境质量的改变及其退化主要取决于人类活动所在的区域和强度<sup>[1]</sup>。

研究表明威胁因子在影响范围和强度上差异显著, 参照专家知识法<sup>[27]</sup>以及美国联邦统计局对美国濒危物种数量和诱因的总结可确定影响范围和强度。例如在 InVEST 模型

参数设定中, 威胁因子的强度为 0 至 1 之间的数值, 且数值越大影响强度越大, 在表征人类活动的影响程度时可参考这一评价标准 (表 1)。

## 2.3 法律与政策

生境单元受到的合法政策和社会及物理保护水平均会改变威胁对其的影响。张大智<sup>[11]</sup>等人在湖区生境的研究中发现, 退耕还林、还湿和流域丘陵旱地退耕还林均显著提高了流域的生境质量; York<sup>[29]</sup>等人在研究美国西南地区五个城市土地破碎化中将土地政策视为驱动因素。也有学者通过不同政策背景下的各种用地情景来模拟生境质量, 从而分析保护区的合理性并倒推政策的效益。He<sup>[30]</sup>等人在对重庆万州的生境评估中发现, 不同的土地利用情景对未来用地演变产生了截然不同的影响; 在快速城市化情景中, 生境完全退化, 而生态保护情景则呈现相反的趋势, 城市精明增长能够减少甚至削弱生境的退化。荣月静<sup>[31]</sup>等人认为不同的土地增值情景模式导致明显的空间差异, 自然增值导致生物多样性受到严重威胁, 生态保护和土地优化情景则通过优良的调控保护了生物多样性。

## 3 评估方法

“基于生态系统的管理工具”是用于测量和评估生态系统服务以支持决策制定和评估的一系列工具和工具包。截至 2012 年 11 月, 基于生态系统的管理 (Ecosystem-Based Management, EBM) 工具数据库包含 183 种工具<sup>[32]</sup>。工具的类型包括简单的电子表格和复杂的软件模型。Harrison<sup>[33]</sup>等人将现有的工具分为了三类: (1) 生态系统服务制图的生物物理方法, 如电子数据表、矩阵和生态系统服务模型; (2) 用于理解生态系统服务偏好或社会价值的社会文化法, 如基于协商的价值评估法、偏好排序法及多准则分析法; (3) 评估生态系统服务经济价值的货币估值工具, 如通过条件估值和实验选择的陈述偏好方法。在城市生境质量评估中, 学者多针对不同情况, 如决策背景、数据资源可获性、专业知识背景及模型适应城市环境的能力, 而采取一种或多种特定的方法。Bagstad<sup>[32]</sup>在其研究中提出了 8 项评价标准, 用来衡量每种工具在支持生态系统服务评估时的能力, 包括定量和不确定性、时间要求、独立应用能力等。在评估工具选择上应注意两点: (1) 城市景观是人类社会发展的共同产物, 相应的评估工具应具有普遍性并且能适应城市尺度的研究; (2) 城市生境质量是城市生态系统服务的重要组成部分, 工具应符合生态系统服务对人类福祉和效益的贡献这一特殊性。

本文通过梳理已有的文献综述<sup>[32-34]</sup>, 并

与来自学术界、政府及非政府组织相关人员的讨论，总结了8种用于评估城市生境质量的工具或方法（表3）。

ESR (Ecosystem Services Review) 是非空间生态系统服务影响的筛选工具，可以快速描述生态系统服务和定性影响，并在多尺度应用。定性工具在最初的筛选、范围的确定等过程中有一定用处，并且有耗时短、操作简单等优势，但定量的输出对评估城市生境质量至关重要。因此，其余7项都属于定量研究方法，这些工具在应用领域、建模方法、针对性等方面各有不同。

在公共领域中最著名的工具是InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-offs)，其使用空间数据作为模型的输入项并构建生态生产函数，适合在众所周知的生态过程的大背景下使用，其中的habitat quality模块可以通过土地利用或土地覆盖来定量研究生境质量的变化和退化指数。Co\$ting Nature同样是空间明确的工具且适宜在公共领域使用，它可用于比较生物多样性和优先保护区整体服务生成的情况，并且可以迅速在全球陆地环境中应用，但还没有像InVEST模型那样被广泛记录和应用。

Matrix mapping、LUCI (Land Utilization & Capability Indicator) 以及CITY green都是基于GIS的制图工具。第一种适合于数据或表格完整的情况，在GIS中链接的表格指标可以是科学数据、本地数据或经过专家知识修改的数据。LUCI是GIS的工具箱，它通过简单的算法和输出与利益相关者和决策者公开透明地交流生态系统服务权衡的情况，目前包括农业、洪水调度和生境连接等模型。CITY green是ArcView的扩展工具，用于计算经济价值，并评估树木和其他景观特征对能源利用、暴雨径流和野生物种栖息地等的益处。

不同于前几种模型或方法，IMAGE-GLOBO (Global Biodiversity) 和UFORE (Urban Forest Effects Model) 的针对性更强。IMAGE-GLOBO是评估生物多样性中最重要的一种工具，可以在全球尺度应用，它根据平均物种丰度、情景和政策选择分析生物多样性的影响因素。而UFORE主要帮助管理和研究人员量化城市森林的结构与功能，计算了有关城市森林的众多属性，其中就包含生物多样性。

总体而言，InVEST模型可用于评估的全过程；ESR是前期筛选及范围界定工具，LUCI和Matrix mapping是数据分析和可视化工具，可用于评估的部分阶段。IMAGE-GLOBO、UFORE和Co\$ting Nature的评估结果能直接或间接的衡量生物多样性，CITY Green能分析内部要素对生境的益处，可为生境质量评估提供参考。

## 结语

研究城市生境质量的影响要素，对于城市的生态保护和国土空间管理政策的制订，以及城市生态资源与土地资源的研究具有指导意义。目前我国规划领域对城市生境的研究与实践尚处于起步阶段，相关的理论与实证研究也较为欠缺。本文系统梳理了城市生境质量的影响要素，同时对城市生境质量的相关评估工具进行了系统地分析和比较。总体而言，提升生境质量应综合考虑人工环境的威胁和城市生境的抗干扰性，同时辨别出能促使自然保护与经济发展双赢的地区，运用评估工具协助决策者在不同的用地方案中权衡利弊并做出最优抉择。此外，通过将生境质量纳入保护评估和空间管控，借鉴各类生境的影响范围和强度以及相关要素，提出有针对性措施，从而支持它们更好地转化为有效的保护行动。生境质量只是城市生态系统服务的一个子系统，在城市空间管控中还应注重其他服务的评估，从而为规划决策提供更科学的支持。

## 参考文献

- [1] Sallustio L, De Toni A, Strollo A, Di Febbraro M, Gissi E, Casella L, Geneletti D, Munafò M, Vizzarri M, Marchetti M. Assessing habitat quality in relation to the spatial distribution of protected areas in Italy[J]. Journal of Environmental Management, 2017(201):129–137.
- [2] Vitousek P M, Mooney H A, Lubchenco J, Melillo J M. Human Domination of Earth's Ecosystems[J]. Science, 2008(277):494–499.
- [3] Crooks K R, Burdett C L, Theobald D M, King S R B, Di Marco M, Rondinini C, Boitani L. Quantification of habitat fragmentation reveals extinction risk in terrestrial mammals[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2017(114):7635–7640.
- [4] Sala O E, Wall D H. Global biodiversity scenarios for the year 2100[J]. Science, 2000(287):1770–1774.
- [5] Richardson K. A safe operating space for humanity[J]. Nature, 2009(461):472–475.
- [6] Hall L, Krausman P, Morrison M. The Habitat Concept and a Plea for Standard Terminology[J]. Wildlife Society Bulletin, 1997(25):173–182.
- [7] Goertz J W. The Influence of Habitat Quality upon Density of Cotton Rat Populations[J]. Ecological Monographs, 1964(34):359–381.
- [8] 吴兆录. 西双版纳勐养自然保护区土地利用对自然景观的影响 [J]. 应用生态学报, 1997;32–37.
- [9] Jetz W, Wilcove D S, Dobson A P. Projected Impacts of Climate and Land-Use Change on the Global Diversity of Birds[J]. Plos Biology, 2005(5):e157.
- [10] Sieber A, Uvarov N V, Baskin L M, Radloff V C, Bateman B L, Pankov A B, Kuemmerle T. Post-Soviet land-use change effects on large mammals' habitat in European Russia[J]. Biological Conservation, 2015(191):567–576.
- [11] 张大智, 小银, 袁兴中, 刘飞, 郭洪伟, 徐燕, 李宝富. 南四湖流域 1980—2015 年土地利用变化及其对流域生境质量的影响 [J]. 湖泊科学, 2018,30(02):349–357.
- [12] Lin Y P, Lin W C, Wang Y C, Lien V Y, Huang T, Hsu C C, Schmeller D S, Crossman N D. Systematically designating conservation areas for protecting habitat quality and multiple ecosystem services[J]. Environmental Modelling & Software, 2017(90):126–146.
- [13] Sharps K, Masante D, Thomas A, Jackson B, Redhead J, May L, Prosser H, Cosby B, Emmett B, Jones L. Comparing strengths and weaknesses of three ecosystem services modelling tools in a diverse UK river catchment[J]. Science of the Total Environment, 2017(584–585):118–130.
- [14] 张云倩, 张晓祥, 陈振杰, 王伟伟, 陈东. 基于 InVEST 模型的江苏海岸带生态系统碳储量时空变化研究 [J]. 水土保持研究, 2016;100–105.
- [15] 欧维新, 张伦嘉, 陶宇, 郭杰. 基于土地利用变化的长三角生态系统健康时空动态研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2018;84–92.
- [16] 刘智方, 唐立娜, 邱全毅, 肖黎姗, 许通, 杨丽. 基于土地利用变化的福建省生境质量时空变化研究 [J]. 生态学报, 2017;4538–4548.
- [17] 冯舒, 孙然好, 陈利顶. 基于土地利用格局变化的北京市生境质量时空演变研究 [J]. 生态学报, 2018;4167–4179.
- [18] 王如松, 李峰, 韩宝龙, 黄和平, 尹科. 城市复合生态及生态空间管理 [J]. 生态学报, 2014;1–11.
- [19] 邓小文, 孙贻超, 韩士杰. 城市生态用地分类及其规划的一般原则 [J]. 应用生态学报, 2005;2003–2006.
- [20] Cowling R M, Benis E, Knight A T, O'Farrell P J, Reyers B, Rouget M, Roux D J, Welz A, Wilhelm-Rechman A. An operational model for mainstreaming ecosystem services for implementation[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2008(105):9483–9488.
- [21] Haase D, Larondelle N, Andersson E, Artmann M, Borgström S, Breuste J, Gómez-Baggethun E, Gren Å, Hamstead Z, Hansen R, Kabisch N, Kremer P, Langemeyer J, Rall E L, McPhearson T, Pauleit S, Qureshi S, Schwarz N, Voigt A, Wurster D, Elmquist T. A Quantitative Review of Urban Ecosystem Service Assessments: Concepts, Models, and Implementation[J]. AMBIO, 2014(43):413–433.
- [22] Abbott, Alison. Stress and the city: Urban decay[J]. Nature, 2012(490):162.
- [23] Mooney H A, Duraiappah A, Larigauderie A. Evolution of natural and social science interactions in global change research programs[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2013(110):3665.
- [24] 刘世梁, 尹艺洁等. 漫湾库区景观破碎化对区域生境质量的影响 [J]. 生态学报, 2017;619–627.
- [25] Haila Yrjö. A Conceptual Genealogy of Fragmentation Research: From Island Biogeography to Landscape Ecology[J]. Ecological Applications, 2002(12):321–334.
- [26] Miguel M, Catarina F, Vergílio Marta, Helena C, Artur G. Spatial assessment of habitat conservation status in a Macaronesian island based on the InVEST model: a case study of Pico Island (Azores, Portugal)[J]. Land Use Policy, 2018(78):637–649.
- [27] Terrado M, Sabater S, Chaplin-Kramer B, Mandel L, Ziv G, Acuña V. Model development for the assessment of terrestrial and aquatic habitat quality in conservation planning[J]. Science of the Total Environment, 2016(540):63.
- [28] 刘春芳, 王川. 基于土地利用变化的黄土丘陵区生境质量时空演变特征——以榆中县为例 [J]. 生态学报, 2018;1–11.
- [29] York A M, Shrestha M, Boone C G, Zhang S, Harrington J A, Prebyl T J, Swann A, Agar M, Antolin M F, Nolen B. Land fragmentation under rapid urbanization: A cross-site analysis of Southwestern cities[J]. Urban Ecosystems, 2011(14):429–455.
- [30] He J H, Huang J L, Li C. The evaluation for the impact of land use change on habitat quality: A joint contribution of cellular automata scenario simulation and habitat quality assessment model[J]. Ecological Modelling, 2017(366):58–67.
- [31] 荣月静, 张慧, 王岩松. 基于 Logistic-CA-Markov 与 InVEST 模型对南京市土地利用与生物多样性功能模批评价 [J]. 水土保持研究, 2016;82–89.
- [32] Bagstad K J, Semmens D J, Waage S, Winthrop R. A comparative assessment of decision-support tools for ecosystem services quantification and valuation[J]. 2013(5):27–39.
- [33] Harrison P A, Dunford R, Barton D N, Kelemen E, Martín-López B, Norton L, Ternansen M, Saarikoski H, Hendriks K, Gómez-Baggethun E, Bálint Czucz, García-Llorente M, Howard D, Jacobs S, Karlsen M, Koppenroinen L, Madsen A, Rusch G, van Epen M, Verweij P, Smith R, Tuomasjukka D, Zulian G. Selecting methods for ecosystem service assessment: A decision tree approach[J]. Ecosystem Services, 2018(29):481–498.
- [34] 李丽, 王心源, 骆磊, 袁欣阳, 赵燕, 赵颜创, Bachaghah N. 生态系统服务价值评估方法综述 [J]. 生态学杂志, 2018;1233–1245.