高密度城区铁路廊道绿地生态系统文化服务供给潜力与机会*

——以京秦铁路为例

蒙小英 游 悦 边紫琳 陈远方

北京交通大学建筑与艺术学院 北京 100044

摘要：为探究高密度城区铁路沿线绿地是否具有提供生态系统文化服务（CES）的可能性，文章以北京市中心城区段的京秦铁路为研究对象，以供给潜力、供给机会两大类八小类（绿地面积、空间类型、与绿地外水体的距离、铁路遗产遗存、可达性、自然景观、文化景观、商业设施）测度京秦铁路沿线绿地 CES 供给可能性；利用泰森多边形将各类不同数据空间化并叠合，从空间上辨析供给可能性大小区域。结果表明：1）总供给潜力与机会大的地块在铁路线南北两侧分布较均匀，总供给潜力与机会小的区域在铁路线南侧分布较多。2）铁路绿廊的供给潜力北侧优于南侧，但供给机会南侧优于北侧。3）北京站至东三环总供给潜力与机会最大，向东有逐渐减小趋势，其中双桥站附近总供给潜力与机会小的地块较多。4）以人口分布密度为需求因子，研究区存在 6 个低供高需地块；对现状设施、绿化覆盖类型等进行评价，精准落位 9 个供给较弱的地块。综上可知，建成区越成熟，基础设施越完善、空间类型越丰富，铁路沿线绿地提供 CES 的潜力与机会越大，但并未显示绿地规模与 CES 供给潜力与机会之间的关联性。

关键词：铁路廊道绿地；生态系统文化服务；供给潜力；供给机会

DOI：10.12169/zgcsly.2024.03.21.0002

Opportunities and Potentials in Cultural Ecosystem Services Supply of Green Spaces Along Railway Corridors in High Density Urban Area: A Case Study of Beijing-Qinhuangdao Railway

Meng Xiaoying You Yue Bian Zilin Chen Yuanfang

(School of Architecture and Design, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: To explore whether railway corridor green spaces in high-density urban area have the potential to provide cultural ecosystem services (CES), the paper takes Beijing-Qinhuangdao Railway in the central area of Beijing as the research object to measure the possibility of CES supply on 8 items from the two categories of supply potential and supply opportunity, including green space area, spatial type, distance from water bodies outside the green space, railway heritage, accessibility, natural landscape, cultural landscape, and commercial facilities. Voronoi diagram is used to visualize and overlap different types of data, in order to clarify the sizes of supply possibility from a spatial perspective. The results indicate: 1) The plots with high total supply potential and opportunity are evenly distributed on the north and south sides of the railway line, and those with small total supply potentials and opportunities are more distributed on the south side; 2) The supply potentials of railway corridor green spaces are higher on the north side

收稿日期：2024-03-21

* 基金项目：国家自然科学基金资助 52078026)

第一作者/通信作者：蒙小英（1972-），女，博士，教授，研究方向为城市公共空间设计、交通景观。E-mail：xymeng@bjtu.edu.cn

than on the south side; 3) The total supply potentials and opportunities are the largest from Beijing Station to the East Third Ring Road, gradually decreasing towards the east. Among them, there are more plots with small total supply potentials and opportunities near Shuangqiao Station; and 4) With population distribution density as the demand factor, there are 6 plots characterized with low supply and high demand in the study area. The evaluation of current facilities and green coverage types identifies accurately 9 plots with weak supply. It is summarized that the more mature the built area, the more improved the infrastructures, the more diverse the spatial types and the greater the potential and opportunity the green spaces along the railway provide CES. However, the correlation between the green space sizes and the CES supply potential and opportunity is not indicated.

Keywords: railway corridor green space; cultural ecosystem service; supply potential, supply opportunity

北京中心城区铁路两侧的防护绿地如果能为周边住宅区、商业区、办公区提供城市生态系统文化服务（CES），将有助于缓解高密度城区内自然休闲空间的不足；其线性形态有助于连接其他开放空间。实现铁路沿线绿地的 CES 功能可以降低铁路对城市空间的割裂感，特别是对连接北京中心城区与副中心的景观大道如京秦铁路的建设具有重要参考意义。

在生态过程中，绿地生态系统通过 CES 为人类提供福祉服务。CES 是当前生态系统服务研究的热点。现有 CES 研究中，体验（experiences）研究占 44.5%，识别（identities）研究占 29.3%，能力（capabilities）研究占 26.4%，害怕、不安全和噪音研究共占 21.3%[1]。体验研究占比第一与 CES 的存在有赖于人们的活动和体验是分不开的。目前 CES 研究对象以城市公园、湿地居多[2-5]，线性空间以河流为主[6-7]，研究内容集中于旅游娱乐服务，有关科研教育价值、存在价值和美学价值的研究较少[8]。由于 CES 较难量化，且存在明显的供给与需求的时空异位性，导致其空间评价与制图研究进展缓慢[2]，因此生态系统服务潜在供给通常通过土地覆盖数据评价[9-10]。此外，空间自相关分析也用在乡村 CES 供需格局研究中[11-13]。

CES 研究中，服务（services）、利益（benefits）和价值（values）的融合是难点，导致缺少 CES 指导决策、设计和管理的研究[1,11]。现有 CES 多种测度结果、评价尺度难以对接规划设计实践等问题[14]，是 CES 研究面临的一个大挑战。许多研究显示，社交媒体数据对大尺度区域 CES 的理解和制图是非常有价值的，但在小尺度空间的运用可能是受限的[10]。要研判京秦铁路沿线绿地空间存在价值，需回归空间本体的研究，即以其自身是否具有 CES 潜在供给能力（potential supply，PS）为目标，不考虑它的实际供给和沿线人群的实际需求[15]。在优化既有研究的定性与定量结合方法的基础上[16]，本文尝试通过空间映射，将定量评价结果呈现在空间分布上，探索 CES 评价转化到设计的路径，使研究成果为京秦铁路沿线空间治理等提供决策辅助。京秦沿线绿地 CES 供给可能性的研究，是对中小尺度绿地 CES 的探索，是城区交通廊道绿地回归公共空间、景观服务增值可能性的探讨。

1　研究区概况

研究以与铁路安全保护区界相连（或隔路）的绿地空间为研究对象，以保护区外 1 km 宽度的城市空间为研究缓冲区，研究范围东西长约 17 km，南北宽度为 1.7~2 km（图 1），沿线城市空间形态较为复杂，开放空间类型丰富。

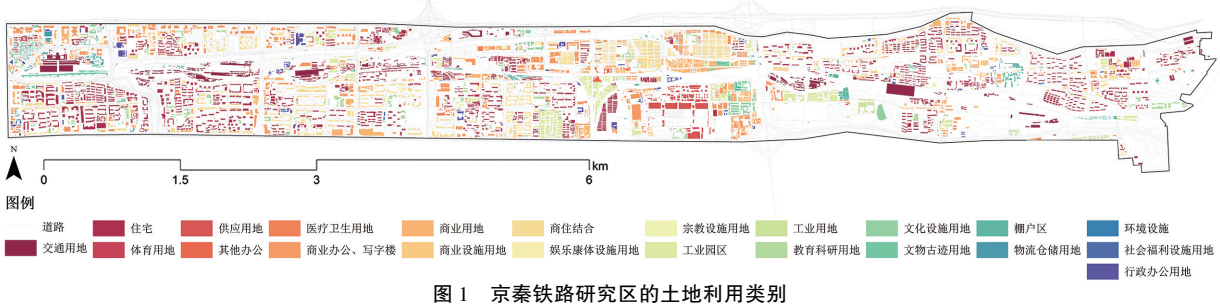


图 1　京秦铁路研究区的土地利用类别

2 研究方法

2.1 数据来源

手机信令数据相比传统方法覆盖更广、连续性强，适用于人口动态分布分析。研究使用 ArcGIS 10.7 对人口动态进行核密度分析，数据来自联通北京市 2020 年 250 m 网格信令数据，包括一周内每 30 min 的驻留人数分布。居住人口定义为晚 8 时至次日凌晨 6 时在同一坐标点的人数，工作人口为早 9 时至傍晚 5 时在同一坐标点的人数。处理后的信令数据及基站数据通过转换导入、裁剪和整理后，将网格信令坐标点转化为点数据，通过核密度分析测度铁路沿线城市空间的人口动态分布情况。

铁路沿线城市空间的路网数据来源于 OpenStreetMap。铁路沿线绿地数据选取 2.5 m 分辨率的源自天地图的夏季卫星影像，并结合实地调研提取样本，在 ArcGIS 10.7 中录入（图 2）。爬取高德地图（https://www.amap.com/）2022 年京秦铁路沿线城市空间 POI 自然景观、文化景观、商业设施数据。

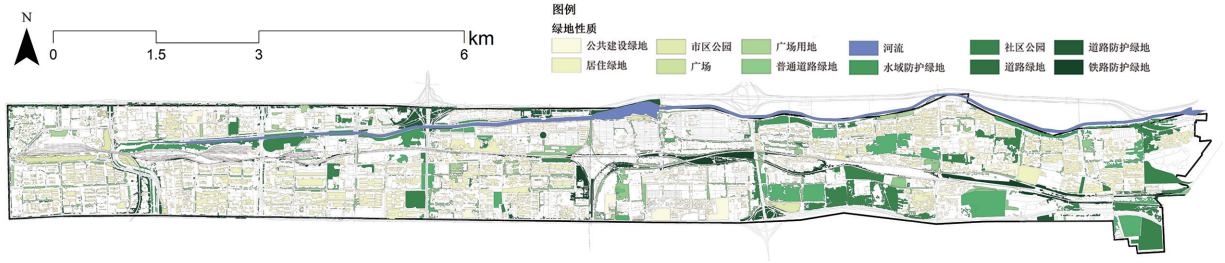


图 2 京秦铁路研究范围区的绿地空间分布

2.2 网络分析

运用网络分析测度廊道绿地的步行可达性，用点要素表达铁路廊道公园绿地、线要素表达道路网络，节点为道路网络的交叉点；用道路作为连接公园绿地和服务人群的通道，计算所得面积即一定时间内廊道绿地的可达范围。

2.3 OD 成本矩阵分析

运用 OD 成本矩阵分析，测度 500、1 000、1 500 m 范围内廊道绿地到开放空间的距离情况，以及该范围内开放空间的分布与数量。

2.4 核密度分析

根据手机信令数据分析人口数量分布，通过对人口数量进行核密度分析测度 CES 需求的空间分布。

2.5 泰森多边形工具

采用泰森多边形统一数据格式将供给可能性测度空间化[17]。利用泰森多边形工具以铁路沿线绿地点数据为离散点，将研究范围划分为不同区域。

2.6 供给潜力与机会测度因子的确定

2.6.1 供给潜力因子

CES 供给潜力指生态系统根据景观或特征提供文化服务的能力[18]，铁路沿线绿地作为潜在 CES 提供者，其供给潜力主要受景观要素影响[19]。研究以景观要素为媒介，建立铁路沿线绿地与 CES 供给的联系，并分析其潜力。

游园人数代表访问频次，它的高低直接影响绿地 CES 价值[16]。数据显示，公园面积越大，游园人数越多[20]。因此，铁路沿线绿地面积大小被用来评估 CES 服务的高低。

此外，CES 供给潜力与铁路廊道空间属性（面积、形状等）及现存要素种类和数量有关，种类和数量越多，CES 供给潜力越大[16]。实地踏勘发现，京秦铁路廊道绿地主要包含植被、水体、场地、历史遗产 4 种要素，构成固定的典型空间类型如图 3 所示。

铁路遗产要素包括铁路运营设施、铁路沿线建筑遗产、铁路沿线景观等[21]。研究表明，水是陆地景观中提供游憩服务的首选要素之一[13]，河流湖泊等水体景观被认为是生态系统服务的热点，具有较高的审美价值[22]，是娱乐活动的重要地点[23]。距离是游憩体验的决定性因素[24]，研究用距离水体的远近来评估 CES 服务的高低。

2.6.2 供给机会因子

城市空间通过提供可达性、基础设施等要素，创造人与绿地等自然景观接触的机会，从而提升

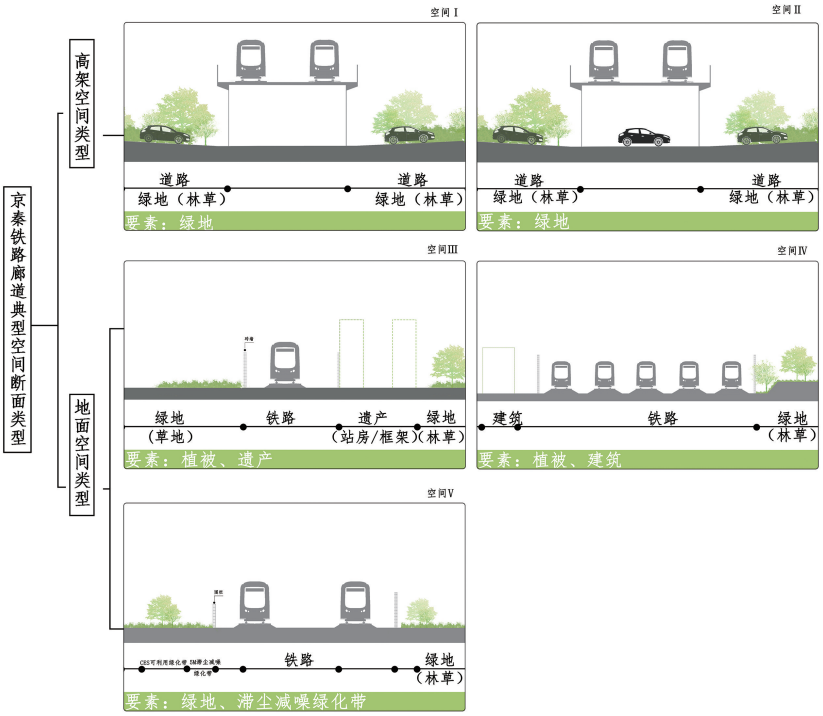


图 3　京秦铁路廊道绿地空间类型

CES 供给的机会[24]。CES 供给机会以交通、可达性和人口密度为特征[18,25-26]，游憩机会以设施点与道路的距离、与自然景观的距离和人口密度、文化景观的距离来评估[19,27]。“与道路的距离”是测度可达性的常用方式之一，可达性反映出一个地区与其他地区进行交流的机会[28]。

餐饮、住宿等服务设施有助于促进更多的娱乐活动[29]，服务设施也是影响区域 CES 高低的重要指标[30]。本研究采用与商业服务设施的距离和商业服务设施的密度共同测度该因子，与商业服务设施距离越小，商业服务设施密度越大，CES 供给机会越大。

游憩与旅游、美学价值、灵感等 CES 功能主要以城市中的自然景观为载体，因此这几类 CES 功能可由“自然景观”这一因子进行测度（表 1）。“自然景观”因子由“与自然景观的距离”和“自然景观密度”共同测度。文化景观是特定环境与景观中展现历史与文化文明的重要标志和遗迹[31]，被视为城市吸引游客的必要动机[32]，与“自然景观”的测度方法相同，该因子由“与文化景观的距离”和“文化景观密度”共同测度。

与商业设施、自然景观和文化景观的距离均以这三个因子的 POI 点与铁路廊道绿地距离来测度，密度以 POI 点数量来测度。

表 1　自然景观与文化景观用地类型

机会因子	CES 功能	城市用地类型
自然景观	游憩与旅游	公园绿地、农林用地
	美学价值、灵感、地方感	（农田、苗圃）
文化景观	遗产价值	文物古迹用地
	教育价值	文化设施用地
	精神与宗教	宗教用地、纪念碑

3　结果与分析

3.1　供给潜力分析

3.1.1　空间类型

断面层次越丰富的绿道所承载的活动类型越多[33]，根据空间类型（图 3）显示，空间Ⅲ、空间Ⅳ的断面层次较为丰富，说明其等级高于空间Ⅴ，尤其空间Ⅲ中包含铁路遗产，CES 供给潜力较高。高架铁路廊道两侧的空间连通性较高，对城市空间的割裂影响较小，说明高架铁路廊道空间类型所承载的 CES 潜力整体高于地面铁路廊道。空间Ⅱ桥下空间有停车场，其要素丰富性高于空间Ⅰ。因此，空间类型的等级排序结果为：Ⅱ＞Ⅰ＞Ⅲ＞Ⅳ＞Ⅴ。

对不同的典型空间类型按级别进行赋分，对

铁路廊道存在的非典型空间和空间Ⅴ进行 1 分的赋值处理，得到空间类型因子的空间图示（图 4）。供给潜力高值区集中在两处（图示中的颜色最深区）：一处呈工字形，位于通惠河与护城河交汇处，铁路高架，二环快速路下穿铁路线，尽管该区域交通类型多，但空间连通性和可达性较高，铁路两侧有绿地且要素丰富，因而得分高；另一处呈矩形，范围大小约是前一处的三倍，位于研究区中部的北京东站——西店村区域，该处有部分高架铁路，以及东站、西店村废弃铁路等铁路遗产拉高了分值。最低值出现在两个高值区域中间，该区域大约是东二环至东四环，是高密度的建成区，铁路两侧绿地碎片化较多，非典型空间类型站多数，因而分值最低。其余区域路段虽为地面铁路，但研究区最西侧路段因包含北京站、明长城遗址公园、古观象台等，其分值则高于东部路段。东部路段以空间Ⅳ为主，沿线绿地空间多，但要素类型不够丰富。

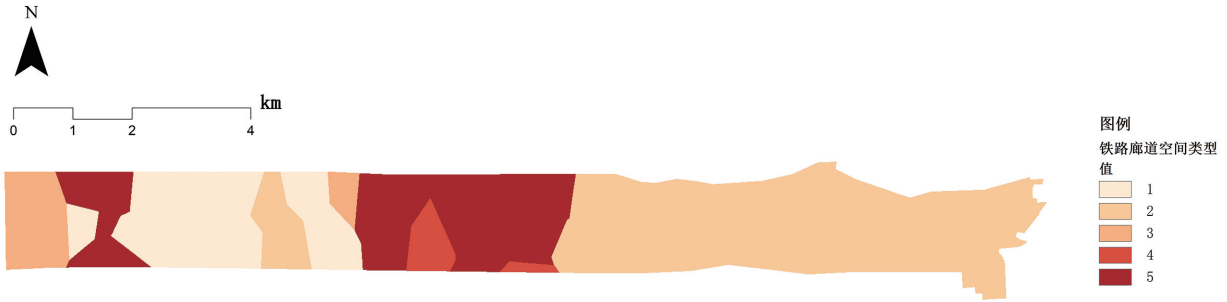


图 4 空间类型值的空间化图示

3.1.2 绿地面积

绿地面积的空间图示（图 5）中颜色越深，代表供给潜力越大。总体上，供给潜力呈东西两端大、中间小的哑铃形分布。东西两端公园分布较多，西部是因通惠河和护城河的蓝绿交织需要，2005 年建成了角楼映秀公园，2009 年建成了庆丰公园；东部供应潜力最大值的区域是百花公园和杜仲公园，是位于，其次是 2013 年建成的重兴寺公园，占地面积 35.73 hm^2，是通过拆除违法建设的 48 家木材加工作坊和 13 家租赁场地而转型公园的。供给潜力低值区主要由点状的附属绿地和小型社区公园，如百子湾园等组成，原因是通惠河沿岸新建小区较多，缺少公园，导致低值。

3.1.3 与绿地外水体的距离

与水体距离因子的空间图示（图 6）显示，东二环到东三环区域供给潜力最大，这与现状通惠河和护城河的分布一致（图 7）。在中部西店村南部和东部重兴寺公园区域达到最低。两个最低值中间局部出现的潜力最大值地块，则是由于灌渠的存在。

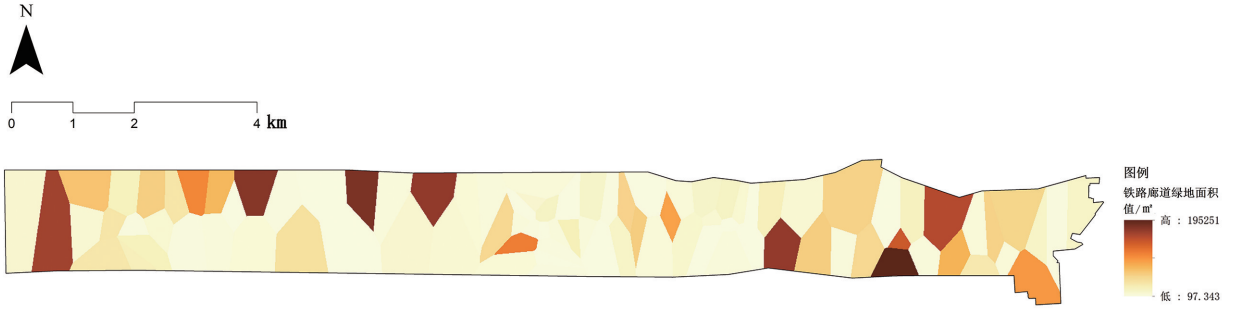


图 5 绿地面积的空间图示

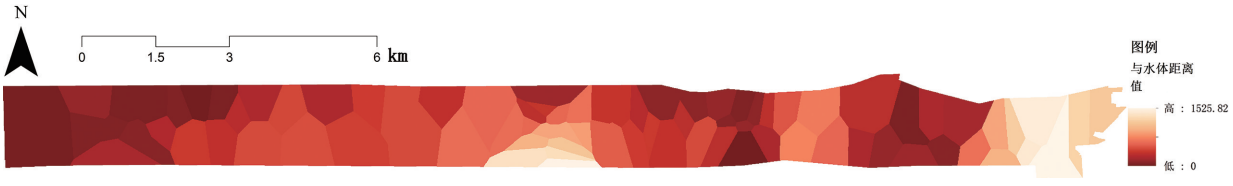


图 6 与绿地外水体距离的空间图示

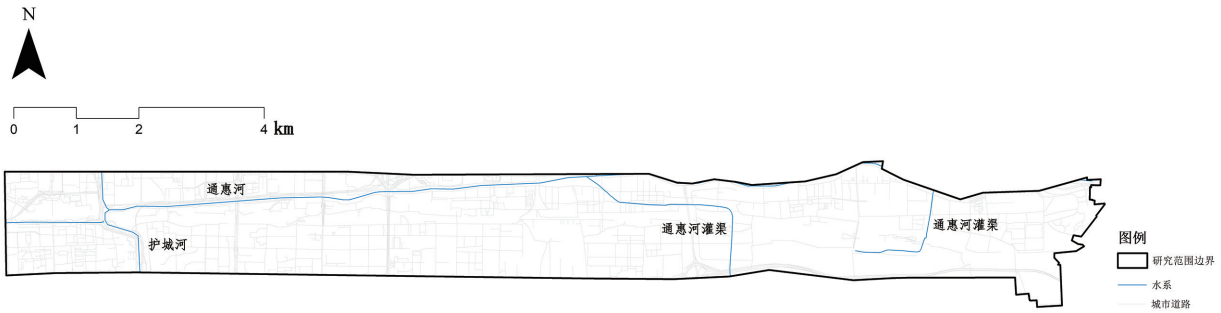


图 7　现状水系分布

3.1.4　铁路遗产遗存

铁路遗产的调查主要通过实地踏勘进行，包括废弃铁轨、火车站、烟囱及构筑物等 3 类遗产。通过录入遗产的有无、面积、等级及保存情况，分为 5 个等级（1~5 分）进行综合评级和赋分。对未有铁路遗产的空间则直接赋分为 0，量化的图（图 8）显示：供给潜力明城墙遗址和北京站区域、北京东站区域供给潜力最高，其次是检修段里的废弃铁路。

3.1.5　供给潜力的空间叠合

对上述供给潜力各因子的图示进行叠合，结果如图 9 所示：东三环以内的供给潜力优于外围区域。其原因可能是：北京站附近保存有完整的历史铁路建筑和丰富的绿地类型，供给潜力较高；东三环到东四环地区，铁路多为地上形式，与庆丰公园及通惠河水系相伴，自然景观丰富，适合提供生态系统文化及商业景观服务；东四环到东五环多为居住用地，虽防护绿地连续但公园稀少，供给机会较弱；双桥站周边为铁路交通设施，商业设施不足，需求大而供给机会较低。

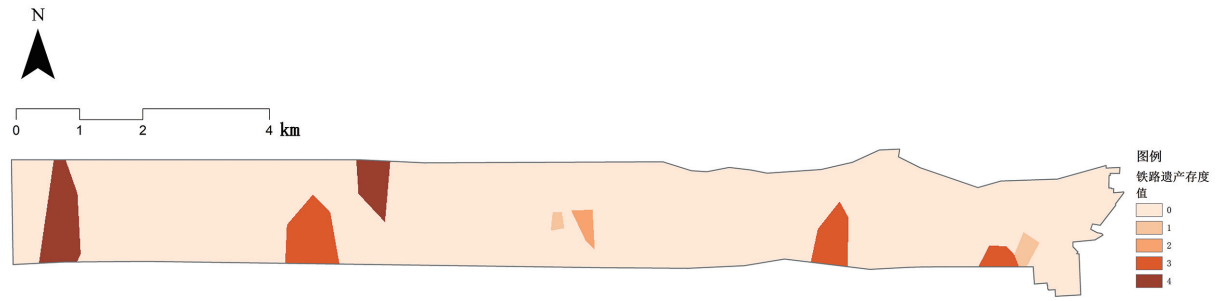


图 8　铁路遗产遗存分布的图示

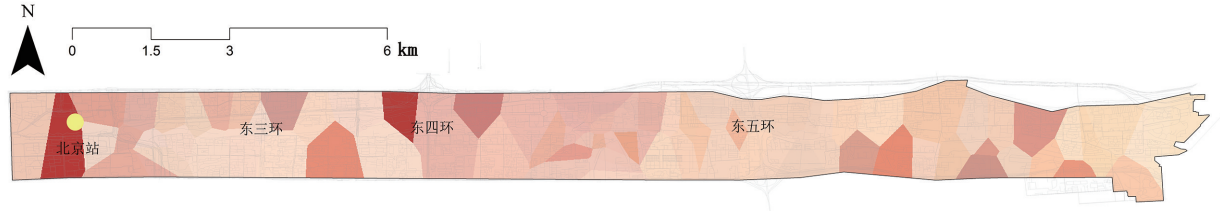


图 9　供给潜力因子的空间叠合

3.2　供给机会分析

3.2.1　可达性

根据统计结果不同步行时间等级下可达性面积比为：5 min 以内是 32.8%、10 min 以内是 82.1%、15 min 以内 97.8%，可见研究区内铁路廊道绿地的步行可达性总体情况好，超过一半区域的用地都在距离廊道绿地 15 min 的步行路程以内（图 10），这说明铁路廊道绿地为沿线城市空间供给生态系统文化服务成为可能。空间分布上，东三环以内的整体可达性优于东三环以外，这可能与城市路网密度及完善情况有关：北京站附近的明城墙遗址公园区域可达性较高；东二环到东三环范围内，铁路线路多为地上形式，该区域绿地空间与通惠河水系并行，植被、水域等自然景观丰富，沿线多为居住用地且可达性较理想，可以为沿线供给

生态系统文化服务，尤其是游憩服务的热点区域；东四环到东五环范围内，沿线多为居住用地，防护绿地较连续，公园绿地较少，说明在此附近存在可达性较弱的区域。

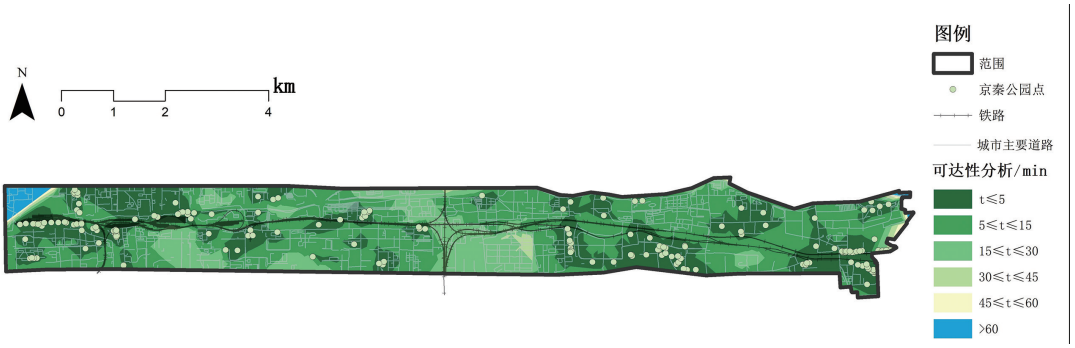


图 10 可达性分析

3.2.2 自然景观

研究范围内的铁路廊道沿线绿地，所能到达的自然景观 POI 的平均网络距离为 6 241 m。其中，最小值 83 m；最大值超过 6 300 m。分析结果显示，自然景观 POI 中，7%在 500 m 步行距离内可到达铁路廊道沿线的绿地，包括通惠河水系、明城墙遗址公园和大通滨河公园；10.4%的 POI 在 1000 m 内可到达，包括庆丰公园、惠水湾公园和通惠河沿线绿地；16.51%的 POI 在 1 500 m 内可到达，包括百花公园、杜仲公园和广渠路公园。如图 11 所示：自然景观分布密集在东二环至东三环区域，这里不仅有水体、滨水绿地，还有公园，该区域和双桥站南面的百花、杜仲公园区域的供给机会值最大；最小值在 14 号线九龙山地铁站区域，这里建成密度高，公园缺乏。

3.2.3 文化景观

铁路廊道沿线绿地能步行到达的文化景观 POI 平均网络距离为 4 529 m，范围从最小 70 m 至最大超过 8 700 m。其中，6.94%的文化景观 POI 在 500 m 内可到达；11.14%在 1 000 m 内可达；20.93%的自然景观 POI 在 1 500 m 内可到达。

如图 12 所示：文化景观分布较为均匀，仅西店村多条铁路交汇处为最低值；总体上供给机会的高低区域较为均衡，机会最大值位于东二环到

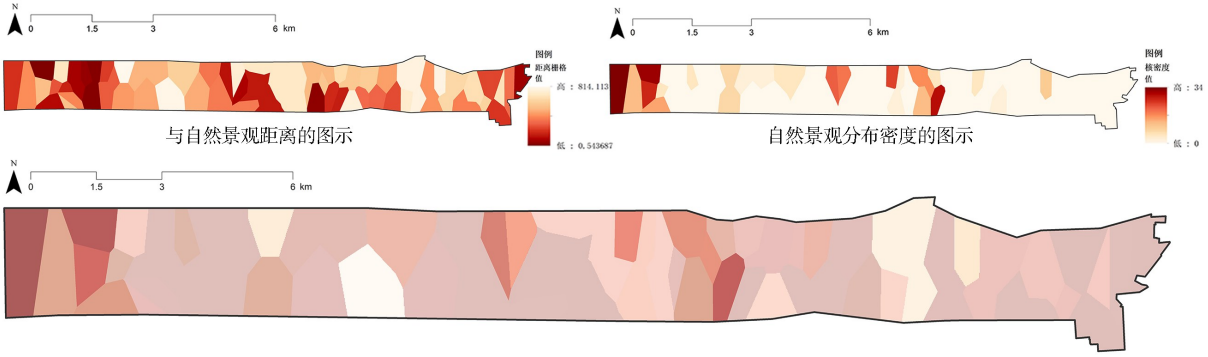


图 11 自然景观供给机会的空间叠合（颜色重合度越深，代表供给机会越大）

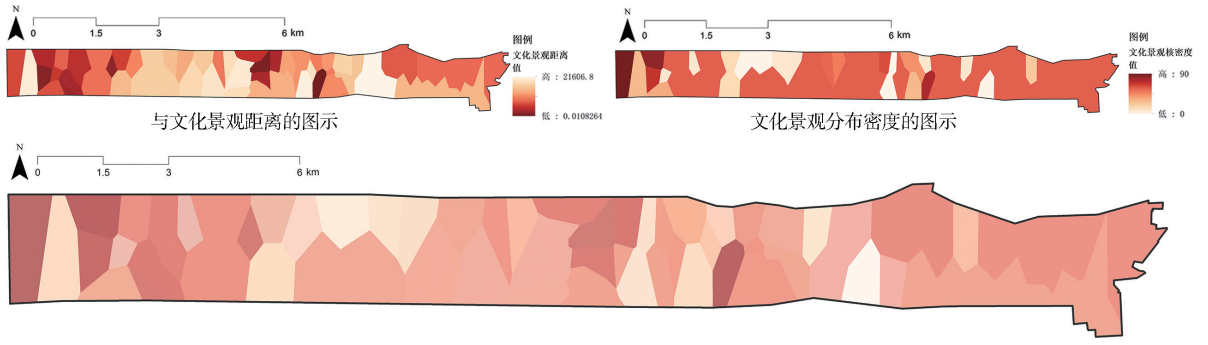


图 12 文化景观供给机会的空间叠合（颜色重合度越深，代表供给机会越大）

东三环的区域，文化景观丰富且形式多样，有文化设施、文物古迹用和人工景观；东三环到东四环之间递减，东四环到东五环文化设施用地较多，铁路廊道周边存在具有观赏价值的构筑物：五环以东有重兴寺等庙宇，使得供应机会接近五环以西。

3.2.4　商业设施

铁路廊道沿线绿地能步行到达的商业设施 POI 平均网络距离为 5 685 m，范围从最小 72 m 至最大超过 10 600 m。其中，6.67%的商业设施 POI 在 500 m 内可到达；10.31%在 1 000 m 内可达；18.25%的商业设施 POI 在 1 500 m 内可到达。商业设施分布密集在东四环以西，如图 13 所示：东二环到东三环范围内，商业资源丰富但步行 1 500 m 范围可达区域较少，供给机会偏低；东三环国贸桥和双井桥、东四环四惠桥区域商业设施较为齐全，供给机会最高；东四环到东五环范围内，商业设施完善度较差。

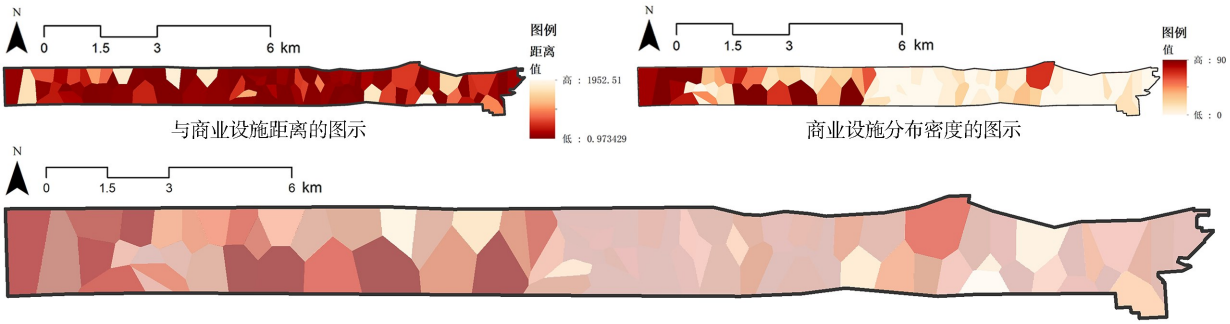


图 13　商业设施供给机会的空间叠合（颜色重合度越深，代表供给机会越大）

3.2.5　供给机会的空间叠合

对上述供给机会各因子的空间图示进行叠合，结果如图 14 所示：东三环以西的供给机会优于东三环以东，这可能与基础设施建设完善有关。北京站南侧居住用地丰富，附近有国瑞购物中心和社区公园，供给机会较高；东三环到东四环区域内，铁路地上形式，庆丰公园绿地与通惠河水系并行，自然景观丰富，适合提供生态系统文化服务，尤其是商业及文化景观服务；东四环到东五环范围内，居住用地多，防护绿地连续，但公园绿地较少，供给机会较弱。双桥站附近为铁路交通设施，商业设施不完善，文化景观服务需求大，供给机会较弱。

3.3　总供给潜力与机会分析

供给潜力与机会因子空间总叠合（图 15）显示，总供给潜力与机会大的区域在铁路线两侧分布较均匀。铁路绿廊北侧的供给潜力优于南侧，但供给机会南侧优于北侧。总体上，CES 总供给潜力与机会大的空间在南北两侧分为较为均匀，总供给潜力与机会小的区域在铁路线南侧分布较多。通过对现状设施、绿化覆盖类型等进行评价，精准落位了 9 个供给较弱的地块（图 16），这些

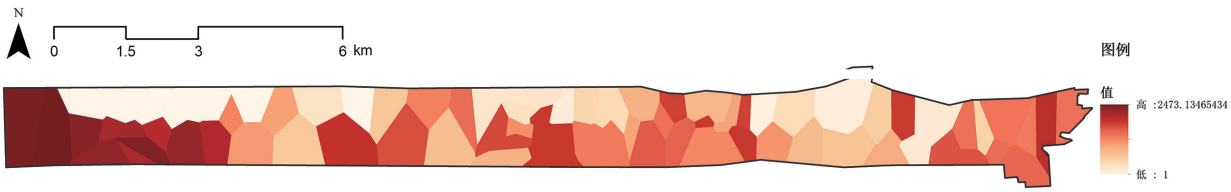


图 14　供给机会因子图示的空间叠合（颜色重合度越深，代表总供给机会越大）



图 15　供给潜力与机会因子的总叠合（颜色重合度越深，代表总供给潜力与机会越大）



注：图中红色地块为需要提升的 9 个地块。

图 16 设施层面需要提升的地块

地块缺乏标识系统、安全设施和社交空间，建议增强这些地块设施以提升 CES 供给（表 3）。另外，待提升区域的绿地现状（表 3）显示，铁路防护绿地占比中于地块 8 达 53.5%、地块 14 达 69.7%，具有显著的改善潜力，可通过改善其设施配置提升 CES 供给潜力。

表 3 待提升地块的绿地现状

地块编号	绿地总面积/m^2	绿地类型、占比及覆盖		
		类型	占比/%	覆盖类型
2	130 654.5	道路防护绿地	4.2	主要为乔草结合,少部分为灌草结合
		公共建设绿地	14.5	乔草结合
		广场用地	1.3	以草坪为主
		居住绿地	67.4	多为乔草结合、乔灌结合(小区:世桥国贸公寓、苹果社区、双井东院、九龙花园等)
		普通道路绿地	8.7	
		公园绿地	1.8	社区公园为主
		铁路防护绿地	2.1	多为乔草结合、灌草结合
4	176 421.35	道路防护绿地	4.7	主要为乔草结合,少部分为乔灌结合
		公共建设绿地	55.4	乔草结合
		广场用地	3.3	乔草结合
		居住绿地	6.1	乔草结合(小区:SOHO 现代城、华贸公寓、蓝堡国际公寓)
		普通道路绿地	8.4	
		社区公园	14.7	
		水域防护绿地	7.0	
		铁路防护绿地	0.4	乔草结合、乔灌结合
6	344 486.3	道路防护绿地	1.5	乔草结合
		公共建设绿地	10.6	以乔草结合为主,少部分为乔灌结合
		广场用地	3.3	乔草结合
		居住绿地	75.7	多为乔草结合(小区:金都杭城东区、金泰先锋、沿海赛洛城等)
		普通道路绿地	6.5	
		社区公园	1.8	
		铁路防护绿地	0.6	乔草结合
8	98 894.3	道路防护绿地	3.3	乔草结合
		公共建设绿地	14.4	乔草结合
		居住绿地	21.2	多为乔草结合
		普通道路绿地	7.6	
		铁路防护绿地	53.5	乔灌结合
11	203 425.9	公共建设绿地	2.0	乔草结合
		居住绿地	46.1	乔草结合(小区:新房路 3 号院、北花园街 1 号院等)
		普通道路绿地	2.5	
		社区公园	46.5	西岸体育公园和杜仲公园二期
		水域防护绿地	1.8	
		铁路防护绿地	1.1	乔草结合、乔灌结合
13	343 457.6	公共建设绿地	39.4	乔草结合
		居住绿地	13.5	乔草结合(小区:双柳新居、北花园街 1 号院等)
		普通道路绿地	10.1	
		社区公园	17.8	
		铁路防护绿地	19.2	乔草结合、乔灌结合
14	146 070.1	公共建设绿地	2.3	乔草结合
		普通道路绿地	28.0	
		铁路防护绿地	69.7	乔草结合
15	142 963.3	居住绿地	48.6	乔草结合(小区:洋一方、林语苑)
		普通道路绿地	21.0	
		社区公园	7.5	
		水域防护绿地	6.4	
		铁路防护绿地	16.5	乔草结合
16	142 963.3	公共建设绿地	1.2	
		居住绿地	12.9	乔草结合(小区:远洋一方新悦二期、康泉小区)
		普通道路绿地	0.4	
		社区公园	79.1	部分郭家场村绿地公园分布于地块内
		铁路防护绿地	6.4	乔草结合

3.4　铁路沿线绿地 CES 供需的空间匹配分析

人口密度空间分布结果（图 17）显示：工作人口聚集度与居住人口聚集度呈现相反趋势，工作人口聚集度高值多分布在京秦铁路廊道沿线北侧，呈现向城市内部聚集的趋势；而居住人口聚集度高值多出现在铁路廊道沿线南侧，呈现向南部以及东部扩散的趋势。这种差异主要是因为北京 CBD 核心区的商务办公楼主要集中在东四环以西的铁路北侧，铁路南侧以 2000 年后新建小区为多，如富力城、苹果社区、后现代城。

对比人口核密度分析与总供给潜力与机会的空间分布图，发现研究范围内的 CES 供需基本匹配，且在 2、6、8、11、12、13 共 6 个地块属于低供高需地块，这些地块的铁路沿线绿地量较大但服务设施缺乏，因此，这些区域 CES 具有较大的提升潜力。

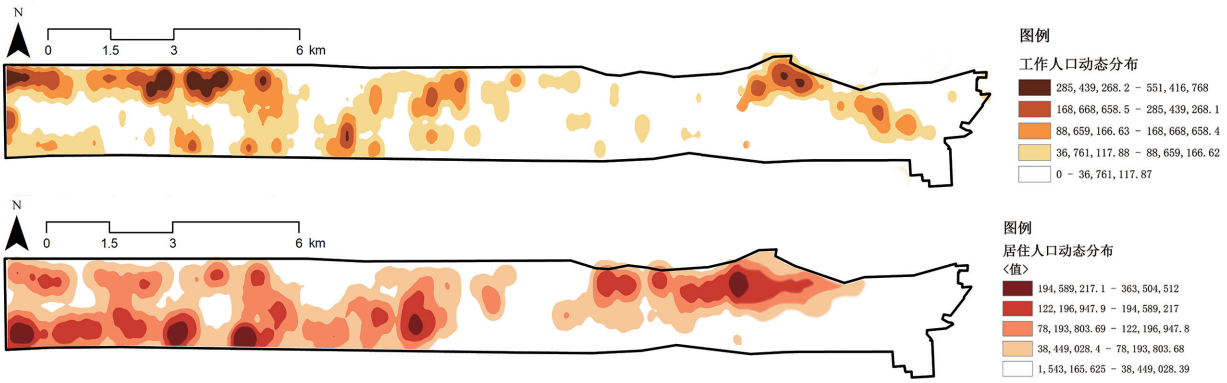


图 17　京秦沿线城市空间工作人口和居住人口核密度分析

4　讨论

京秦铁路沿线绿地 CES 总供给潜力与机会的高值区和低值区分异显著，这与京广高速铁路、京广普速铁路两侧绿地 CES 供给潜力机会的研究结论是一致的[34]。建成区越成熟，基础设施越完善、空间类型丰富，铁路沿线绿地提供 CES 的总供给潜力与机会越大，这与京广铁路沿线绿地 CES 供给机会的趋势变化基本一致[16]。京秦铁路沿线 CES 总供给潜力与机会的高值区集中表现在北京站至东三环段，该段有大量商务办公区、文化景观多、路网密度高、绿地较少，反而到东五环以外的区域绿地多了，但基础设施不完善也会大幅降低 CES 总供给潜力与机会的大小，这就揭示出绿地规模与 CES 总供给潜力与机会并不是强相关因子，这与京广铁路沿线园博园区域绿地多但绿地 CES 供给机会较低[16]的结论一致。铁路沿线绿地不同于其他城市空间，受限于铁路的安全运营要求，其可达性、连接度和绿地内设施都远低于其他城市绿地，这可能是绿地规模大、CES 总供给潜力与机会却走低的原因。关于二者的相关性及 CES 供给程度影响尚不明确，未来研究可对其进行深入挖掘。

研究中仅粗略以工作和居住人群分布来代表需求，难以映射不同群体对 CES 供给的需求程度的差异，未来可结合不同人群如办公人群、消费人群、常住居民的特点来量化 CES 功能需求，更精准空间的供需匹配分析和提升成果的适用性。此外，对于供需失衡地块，研究仅进行了设施方面的初步评价，未来可进行多维评价，如在铁路绿地满足防护的情况下，是否可与其他绿地通过某种联动机制，以及适用的策略，共同提升 CES 服务功能，为铁路沿线绿地回归城市公共空间和提升高密度城区生态服务的提供决策和管理依据。

5　结论

研究以北京中心城区段的京秦铁路为研究对象，以供给潜力、供给机会两大类八小类因子测度研究区段铁路沿线绿地 CES 供给可能性，并运用泰森多边形工具赋值，将各类不同因子的数据空间化并叠合，能够从空间上清晰地辨析 CES 供给潜力与机会的分布和格局，建立了 CES 评价转化到设计的空间图示路径，可为中小尺度 CES 评价的空间制图、CES 评价到设计环节的转换等操作提供路径和方法的指导与借鉴。研究结果表明，比起数量和规模，铁路沿线绿地的品质更多决定

了 CES 供给潜力与机会的大小；CES 供给潜力与机会与建成区的成熟度、基础设施完善程度都直接关联；同时，连续的水系所形成的蓝绿交织空间会正向促进铁路沿线绿地 CES 的供给机会。

参考文献

[1]NOWAK-OLEJNIK A, SCHIRPKE U, TAPPEINER U. A systematic review on subjective well-being benefits associated with cultural ecosystem services[J]. Ecosystem Services, 2022, 57:101467.

[2]JOHANSSON M, PEDERSEN E, WEISNER S. Assessing cultural ecosystem services as individuals' place-based appraisals[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2019, 39:79-88.

[3]黄思源,唐雨函,周媛,等.基于游客感知视角的武汉市东湖绿道生态系统文化服务评价[J].中国城市林业,2022,20(3):88-93.

[4]李凯,沈雯,黄宗胜.城市绿色空间生态系统文化服务绩效评价:以贵阳市黔灵山公园为例[J].城市问题,2019(3):44-50.

[5]刘宇舒,王振宇,单卓然.苏州乡村水域空间生态系统文化服务评价及其优化策略研究[J].景观设计学(中英文),2021,9(2):38-49.

[6]王云才,李烨,盛硕.基于诗词文本的历史文化景观服务评估与分区管控:以富春江历史性河流廊道为例[J].风景园林,2022,29(10):12-19.

[7]THIELE J, ALBERT C, HERMES J, et al. Assessing and quantifying offered cultural ecosystem services of German river landscapes[J]. Ecosystem Services, 2020, 42:101080.

[8]杨丽雯,王大勇,李双成.生态系统文化服务供需关系量化方法研究:以平陆大天鹅景区为例[J].北京大学学报(自然科学版),2021,57(4):691-698.

[9]CROUZAT E, DE FRUTOS A, GRESCHO V, et al. Potential supply and actual use of cultural ecosystem services in mountain protected areas and their surroundings[J]. Ecosystem Services, 2022, 53:101395.

[10]WANG Y N, SHI X X, CHENG K J, et al. How do urban park features affect cultural ecosystem services: quantified evidence for design practices[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2022, 76:127713.

[11]李永钧,张单阳,王珂,等.乡村生态系统文化服务供需关系研究:以浙江省湖州市为例[J].生态学报,2022,42(17):6888-6899.

[12]刘滨谊,左佑,张琳.江南水网乡村地方性景观生态系统自然-文化服务耦合协调研究:以长三角生态绿色一体化发展示范区为例[J].中国城市林业,2023,21(5):9-18.

[13]蒙小英,侯松晔.京秦铁路北京中心城区段沿线开放空间生态系统服务功能研究[J].园林,2022,39(3):69-77.

[14]肖华斌,安淇,况苑霖,等.健康福祉视角下城市绿地文化服务供需测度与空间表征:基于地块尺度的济南市旧城分区实证研究[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2022,54(3):376-385.

[15]刘颂,杨莹,颜文涛.基于生态系统文化服务供需平衡的公园绿地配置研究框架[J].中国城市林业,2021,19(3):14-18.

[16]蒙小英,边紫琳,陈远方.京广铁路北京中心城区段廊道绿地生态系统文化服务供应潜力与机会[J].风景园林,2022,29(10):38-44.

[17]王明华,欧然.无线传感网络可信信息覆盖泰森多边形区域划分算法研究[J].南华大学学报(自然科学版),2019,33(5):46-53.

[18]PEÑA L, CASADO-ARZUAGA I, ONAINDIA M. Mapping recreation supply and demand using an ecological and a social evaluation approach[J]. Ecosystem Services, 2015, 13:108-118.

[19]BING Z H, QIU Y S, HUANG H P, et al. Spatial distribution of cultural ecosystem services demand and supply in urban and suburban areas: a case study from Shanghai, China[J]. Ecological Indicators, 2021, 127:107720.

[20]李华.城市生态游憩空间服务功能评价与优化对策[J].城市规划,2015,39(8):63-69.

[21]陈思,刘松茯.中东铁路的兴建与线路遗产研究[J].建筑学报,2017(增刊1):28-31.

[22]HOWLEY P. Landscape aesthetics: assessing the general publics' preferences towards rural landscapes[J]. Ecological Economics, 2011, 72:161-169.

[23]POSTHUMUS H, ROUQUETTE J R, MORRIS J, et al. A framework for the assessment of ecosystem goods and services: a case study on lowland floodplains in England[J]. Ecological Economics, 2010, 69(7):1510-1523.

[24]MENG S T, HUANG Q X, ZHANG L, et al. Matches and mismatches between the supply of and demand for cultural ecosystem services in rapidly urbanizing watersheds: a case study in the Guanting Reservoir Basin, China[J]. Ecosystem Services, 2020, 45:101156.

[25]PARACCHINI M L, ZULIAN G, KOPPEROINEN L, et al. Mapping cultural ecosystem services: a framework to assess the potential for outdoor recreation across the EU[J]. Ecological Indicators, 2014, 45:371-385.

[26]SCHOLTE SS K, DAAMS M, FARJON H, et al. Mapping recreation as an ecosystem service: considering scale, interregional differences and the influence of physical attributes[J]. Landscape and Urban Planning, 2018, 175:149-160.

[27]FIGUEROA-ALFARO R W, TANG Z H. Evaluating the aesthetic value of cultural ecosystem services by mapping geo-tagged photographs from social media data on Panoramio and Flickr[J]. Journal of Environmental Planning and Management, 2017, 60(2):266-281.

(下转第 84 页)