

城市废弃铁路再生潜力评估与更新策略 ——以大连机车厂废弃铁路为例

董菁, 郭若男, 郭飞

(大连理工大学建筑与艺术学院, 大连 116023)

摘要: 随着城市快速发展和交通运输方式的更新迭代, 城市中心区产生大量废弃铁路, 演变为高值低价的“洼地”。废弃铁路作为线性工业遗产为城市中心区景观再生过程提供了有效途径, 被认为是引导城市更新的重要资源。然而, 对废弃铁路再生日益增长的社会需求往往与稀缺的公共资金相矛盾。因此, 城市规划师和管理者有必要根据废弃铁路的再生潜力确定更新改造的优先级。以大连机车厂废弃铁路为研究对象, 结合遥感影像、地理空间、社会经济、POI等数据, 从供给侧的属性特征以及需求侧的社会环境两个层面构建废弃铁路再生潜力评估指标体系, 利用熵权TOPSIS模型对再生潜力进行评估, 并以此确定改造优先级、提出特异性更新策略, 以期为城市中心区废弃铁路再生实践工作提供科学指导。

关键词: 废弃铁路; 工业遗产; 潜力评估; 城市更新; 大连

从19世纪下半叶开始, 铁路在世界范围内发挥着核心的交通运输作用, 极大地推动了工业的发展、提高了城市交通便利度、促进了区域经济增长。然而, 在第二次世界大战后, 汽车、高速铁路和航空运输的发展以及产业结构调整, 导致一些传统铁路线失去原有功能, 处于废弃状态^[1,2]。中国目前有数百条、约20000 km的废弃铁路线^[3]。随着铁路线的废弃, 铁路沿线的仓储、工业和配套设施逐渐荒凉破败, 严重影响城市环境和居民日常生活^[2]。近几十年来, 针对废弃铁路线给城市带来的一系列问题, 世界各地的城市管理者、学者、设计师们开展了大量的研究和实践, 试图通过废弃铁路再生推动城市复兴转型、重塑城市活力^[4-7]。

就废弃铁路的潜在价值而言, 它代表了一种可重复使用、极具意义的文化遗产, 可以提供当地社区所需的新功能, 支持可持续发展和景观再生过程^[8,9]。一些国家已经把重点聚焦于将废弃铁路作为引导城市更新的文化触媒和引擎^[4,7]。事实上, 由于其具有线性物理特性, 废弃铁路是实现城市更新的首选基础设施类型^[10]。首先, 废弃铁路通常归属于公共部门, 并且多位于城市中心区, 使其具有潜在的高土地再生价值。其次, 废弃铁路沿线拥有宝贵的建筑和文化景观遗产, 亟待加强保护利用。此外, 沿线常遗留城市中心区少有的原生植被, 易联通绿色斑块形成生态绿廊。第三, 它们具有线性空间的连续性、流动性、连通性, 串联丰富多样的景观类型, 是铁路沿线城市功能节点的重要连接器。第四, 废弃铁路轨道坡度平缓、弯道半径大, 并且与城市道路网完全分离, 交叉口

收稿日期: 2023-02-27; 修订日期: 2023-06-28

基金项目: 辽宁省社会科学规划基金项目 (L22CSH001)

作者简介: 董菁 (1991-), 女, 辽宁凌源人, 博士, 助理研究员, 研究方向为城市更新、韧性城市。

E-mail: jdong@dlut.edu.cn

通讯作者: 郭飞 (1980-), 男, 湖南桂东人, 博士, 教授, 研究方向为城市气候、城市防灾。

E-mail: guofei@dlut.edu.cn

数量少,是建设安全、无障碍绿道的理想选择^[1,7,8]。

对废弃铁路再生日益增长的社会需求往往与公共资金的匮乏相矛盾,这可能导致有争议的选择,进而影响决策^[8]。例如,意大利西西里岛2005年通过的《西西里岛非机动车交通计划(Plan of non-motorized mobility in Sicily)》提出:恢复并利用1000 km的废弃铁路线创建具有低环境影响或无环境影响的替代交通网,连接具有特殊价值的区域。然而,由于资金短缺只有大约20 km的废弃铁路被改造成绿道,而该计划的无效执行归因于缺乏根据每段线路转换为绿道的适宜性而确定的优先干预清单^[7]。在这种情况下,考虑对铁路沿线区域带来的潜在效益以及对用户的吸引力,每段线路都应开展再生潜力评估,通过明确更新优先级进行总体统筹协调。在这里,潜力指一项指标在一定时期内或在一定技术水平下可以增加或减少的、目前尚未实现的能力^[11]。因此,本文将废弃铁路再生潜力定义为在一定时期内、在一定技术水平上,通过行政、经济和规范约束下的技术措施更新废弃铁路沿线空间的能力,即废弃铁路及沿线空间再利用的适宜程度。

总结来说,废弃铁路再生潜力评估是城市管理者决策并实施废弃铁路更新行动的重要前提和基础,对有序引导废弃铁路再生的科学实践与城市可持续发展具有重要意义。基于此,本文以大连机车厂废弃铁路为例,从供给侧的属性特征以及需求侧的社会环境两个层面构建指标体系,利用熵权TOPSIS模型评估废弃铁路再生潜力,确定废弃铁路再生的优先级并提出针对性的更新策略,为城市管理者制定区域废弃铁路再生计划提供有效的支持工具。

1 废弃铁路再生研究概况

1.1 废弃铁路再生模式研究

从交通需求变化、工业遗产保护、生态环境改善以及空间价值提升等多元角度,国内外大量研究与实践探索了城市废弃铁路的改造和再利用,聚焦于更新策略、用户的特征和体验、经济影响、生态价值、社会福祉以及对当地发展的影响等^[5,6,8,12-15]。结合废弃铁路线性以及连通性的特点,废弃铁路再生模式可以总结为三种类型^[3,4,16]:(1)交通经济视角下的交通功能再生。从城市交通价值、缓解轨道投资压力等方面,探索闲置铁路遗产发挥交通功能的潜力,包括改造为轨道交通线、有轨电车、观光娱乐专线等^[17],如日本京都嵯峨野观光铁道、英国伯明翰有轨电车线等。交通功能再生方式适合铁路沿线公共交通需求较高的地区。(2)遗产保护视角下的文化场所再生。文化场所再生强调历史环境与场所是城市再生的重要资源,实践形式主要为博物馆、文化创意园等^[18,19]。其中,美国已建有300多座专门的铁路博物馆^[4];德国的主要思路是充分挖掘铁路遗产文化价值并进行整体改造,典型案例是鲁尔工业区再生。文化场所再生模式适用于周边具有重要文化价值的工业遗存或景点,旅游产业强大或商业环境良好的地区。(3)景观更新视角下的空间环境再生。废弃铁路也是保护生物多样性的庇护所,最常见的再利用模式是将废弃铁路改造为用于步行、骑行和其他类似用途的多功能绿道^[20]。美国、英国、意大利、比利时、西班牙、澳大利亚等国家强调从社会、文化和经济发展等战略视角探索绿道理论,挖掘线性空间环境再生的策略和效益^[21,22]。其中,美国Rails to Trails Conservancy(RTC)、澳大利亚Rail Trails Australia等铁路步道保护协会以及欧洲绿道协会(European Greenways Association)致力于发展和推广铁路步道网络。至今,美国、德国、英

国分别拥有2146条、667条、150条改造的铁路步道^[23,24]。与欧美国家相比,中国的废弃铁路改造工作起步较晚,研究与实践均有较大提升空间。此外,目前废弃铁路遗产的更新再利用大多停留在交通、文化、景观等方面的定性分析阶段。

1.2 废弃铁路再生潜力评估

尽管废弃铁路再生具有巨大的发展潜力,包括提供经济、社会和环境效益,但每一段废弃铁路都有独特的社会环境背景并受到不同程度的破坏,需要通过定量评估每条路段的再生潜力确定更新优先级。目前,既有研究主要集中在工业用地的再利用评估,以废弃铁路为对象开展再生潜力定量评估的研究相对较少,有限的研究主要聚焦于分析废弃铁路改造为绿道的适宜性。例如,国外学者Rovelli等^[8]考虑自然元素、历史文化资源、传统美食、景观等因素,对铁路改造为绿道的适宜性指数进行了初步探索;Quattrone等^[7]从铁路内在特征、使用状况、周边价值三个方面构建指标体系,评估废弃铁路改造为绿道的适宜性。然而,这些研究多采用传统的人工调查以及粗缺的官方统计调查等手段,缺乏对指标的定量表征。丁碧莹^[25]以区位条件、土地价值、交通条件、配套设施和景观条件为准则构建废弃铁路改造与再利用评价指标体系,但未考虑生态环境以及铁路用地属性特征对废弃铁路再生潜力的影响。迄今为止,尚缺少综合考虑供给侧的铁路用地内部属性特征和需求侧的铁路周边外部社会环境开展废弃铁路再生潜力量化评估,并为选择不同再生模式提供一般分析框架、提出综合更新策略的研究。然而,这为本文提供了一个新的视角。本文结合供给侧和需求侧测度城市废弃铁路再生潜力,并基于潜力评估结果提出针对性的更新策略,为城市管理者依据优先级科学开展废弃铁路更新实践提供决策依据。

2 研究方法与数据来源

2.1 研究区概况

大连是北方沿海重要的港口、中心、旅游城市,铁路建设、运输的兴起始于1897—1903年沙俄中东铁路的修建,日俄战争后改称南满铁路^[26]。本文选取的大连机车厂废弃铁路,建造之始服务于东清铁道机车制造所(大连机车厂前身)。当时厂区位于中山区胜利桥的东北区域,是大连的第一家铁路工厂,也是东北三省乃至中国最早的铁路工厂之一。1905年后,随着南满铁路经营规模不断扩大,于沙河口中长街建设了新厂区,即现在大连机车厂位置。此时该铁道工厂成为东北地区最大的工厂,并在亚洲享有盛誉。自1950年起工厂由中国独立经营,1994年工厂改名为大连机车车辆厂。

大连机车厂废弃铁路线跨越甘井子区和沙河口区,始于沙河口站,止于大连理工大学南门,全长9.66 km,途经大连机车厂、马栏河、台山油库、软件园,终到大连理工大学,沿线土地类型多样。在产业结构调整、城市建设、保护意识薄弱的多重冲击下,机车厂废弃铁路沿线土地浪费严重、垃圾堆筑、环境恶化,逐渐成为城市发展的背立面,演变为高值低价的“洼地”,亟待加强保护利用(图1)。其中,铁路南段利用废弃列车车厢打造了两处火车主题创意街。然而,由于缺乏全线路的统筹规划导致改造方式样板化。大连理工大学南门创业街已闲置,软件园火车小镇仅提供基础的餐饮功能,活力缺失、环境舒适度低,处于勉强维持的状态;铁路北段大连机车厂老厂区搬迁至旅顺新厂区,大连市正在推动机车厂旧址工业遗产项目建设,已组织编制《大连市机车厂地区工

业遗产保护城市设计》。

2.2 研究方法

图2显示了本文评估方法流程。首先，对废弃铁路路段单元进行划分；其次，从供给侧的属性特征以及需求侧的社会环境两个层面构建废弃铁路再生潜力评估指标体系，基于RS、GIS等方法计算评估指标；最后，利用熵权TOPSIS模型对再生潜力进行评估，以此确定改造优先级，并结合再生潜力指标与评估结果提出针对性的更新策略。



图1 大连机车厂废弃铁路现状
Fig. 1 Current situation of Dalian locomotive factory railway line

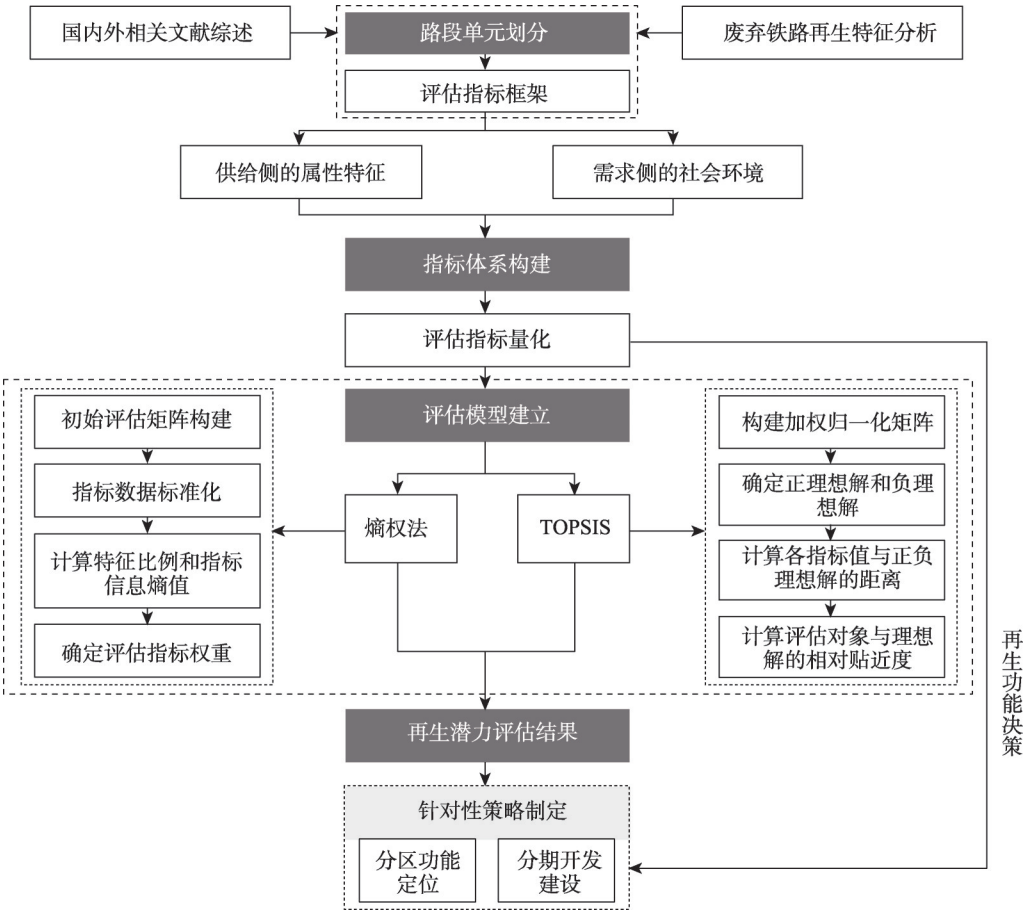


图2 城市废弃铁路再生潜力评估技术路线
Fig. 2 Technical roadmap for assessing the regeneration potential of urban abandoned railways

2.2.1 研究单元划分

废弃铁路再生是对铁路线及其沿线空间进行更新。因此，需要划定废弃铁路沿线空间范围作为潜力评估单元。参考既有研究与研究区特征，本文考虑了距离废弃铁路线1 km以内的区域，并按照相关学者提出的划分方法，根据与城市主干道或河流的交叉口来确定路段单元^[7]。

2.2.2 指标体系构建

废弃铁路再生是在建成环境下对废弃铁路线及其沿线空间进行更新改造，进而实现城市经济、社会和环境效益的整体提升。大量实践案例与研究表明废弃铁路再生主要取决于两个方面^[7,8,27]：（1）铁路的特点和保存状态（供给侧的属性特征），（2）区域发展和社会背景（需求侧的社会环境）。在供给侧的铁路属性层面，铁路坡度、宽度、路面类型等废弃铁路的保存状态以及当前使用情况是决定进一步采取价值化行动的基础，直接影响废弃铁路再生的可行性；在需求侧的城市发展层面，废弃铁路串联沿线众多代表不同人群活动和空间需求的土地类型。废弃铁路沿线土地的区位、用地功能、交通便捷条件、社会服务情况、生态环境等反映了其再利用的需求差异，进而影响废弃铁路再生的必要性。因此，应结合废弃铁路再生的可行性（属性特征）以及必要性（社会环境）进行再生潜力关联指标体系构建。

国内外以废弃铁路为对象开展再生潜力的研究有限，但对既有研究的回顾可以为建立废弃铁路再生潜力评估指标体系提供有价值的参考。从表1可以看出，既有废弃铁路再生潜力研究主要考虑铁路特征、土地区位、交通条件、配套设施等要素进行潜力指标体系构建，缺乏对生态环境指标的关注，而景观更新视角下的废弃铁路再生对于区域生态环境问题的改善具有重要作用。因此，有必要增加对废弃铁路周边区域生态环境要素类指标的测度。此外，尚未有文献综合需求侧的属性特征和供给侧的社会环境开展废弃铁路再生潜力指标的系统性构建与量化研究。

经过与专家反复交流论证，遵循系统性、代表性、独立性、可获得性、可量化等原则，保留了约束实施难易程度的指标（如路面类型、可访问性、坡度等）、影响再生需

表1 研究废弃铁路再生潜力指标的典型文献

Table 1 Typical literatures for examining regeneration potential indicators of abandoned railways

文献	评估内容	指标
Quattrone等 ^[7]	废弃铁路改造为绿道的适宜性	可识别性、路面类型、宽度、坡度、使用状况、危险性、可访问性、实用性、全景感知的可能性、娱乐服务、文化产品、交通基础设施、历史铁路建筑
Rovelli等 ^[8]	废弃铁路改造为绿道的适宜性	自然元素、历史文化资源、传统美食和当地葡萄酒、景观或风景、交通可达性、人口数量
丁碧莹 ^[25]	废弃铁路改造与再利用评估	到相邻城市中心距离、周边土地使用性质、周边居住用地出让价格、商业密度、人口密度、第三产业密度、城市路网密度、周边公交站点密度、距离轨道站点距离、市政配套设施完备度、生活性配套设施完备度、用地周边景观资源优势
Eizaguirre-Iribar等 ^[16]	废弃铁路作为城市节点、非机动车交通轴的潜力	公交车站数量、电车站数量、与最近高速公路的距离、停车容量、该地区的绿道路线、到市中心的距离、人口密度、土地利用、居民人数、森林覆盖率、农业土地利用
刘晶等 ^[27]	低效铁路用地综合开发利用潜力	与城市中心距离、商业业聚集度、土地价值、路网密度、公交便捷度、生活性设施完备度、地块大小、地块形状、领域土地利用

求差异的指标（如土地价值、人口密度、绿地率等）；精简合并了重复冗余的指标（如商业密度、第三产业密度等）；基于研究区环境问题，增加了必要的生态环境指标（如城市热岛、空气质量等）。最终从供给侧的铁路属性、保存状态以及需求侧的土地区位、交通条件、社会服务和生态环境六个方面选取15项指标，构建研究区废弃铁路再生潜力评估指标体系（表2），并参考相关文献确定指标的正负属性^[7,8,16,25,27]。

2.2.3 评估模型建立

（1）基于熵权法的权重确定

熵权法是一种通过各指标间的信息熵^[29]，即变异情况，决定指标权重的度量方法，

表2 废弃铁路再生潜力评估指标体系

Table 2 Index system for assessing the regeneration potential of abandoned railways

准则层	要素层	指标层	指标含义	属性	计算方法与说明
供给要素 (属性特征)	铁路属性	铁路坡度 X_1	废弃铁路的地形起伏度	-	$I=h/l\times 100\%$ ； h 为高程差（m）； l 为水平距离（m）
		铁路高程 X_2	废弃铁路相对于基准面的高度	-	$I=H$ ； H 为高程（m）
		腹地宽度 X_3	废弃铁路沿线可利用的闲置土地宽度	+	$I=w$ ； w 为铁路沿线可再利用土地平均宽度（m）
	保存状态	路面类型 X_4	废弃铁路路面保存状态	+	铁路荒废严重、垃圾遍地，赋值1 部分铁路荒废、杂草丛生，赋值2 铁路保存完好、环境整洁，赋值3
		可访问性 X_5	废弃铁路的可达性、可接近性状态	+	位于住宅区内、访问受限，赋值1 部分位于住宅区、访问受限，赋值2 位于公共区域、可访问，赋值3
需求要素 (社会环境)	土地区位	土地价值 X_6	废弃铁路土地开发的潜在价值，以周边居住区的平均房价表征	+	$I=\sum_{i=1}^k K_i P_i/n$ ； K_i 为样点 i 的房价（元）； P_i 为样点 i 的数量（个）； n 为样点总数量（个）
		商业设施聚集度 X_7	废弃铁路周边的繁华程度	+	$I=\sum_{i=1}^k Q_i/S$ ； Q 为商服设施点数量（个）； S 为用地面积（ m^2 ）
		土地利用混合度 X_8	废弃铁路周边多种性质土地利用的混合程度	+	$I=-\sum_{r=1}^R V_{r,i}\ln(V_{r,i})/\ln(R,i)$ ； R 为评估单元 i 的土地利用类型数量（个）； $V_{r,i}$ 为第 r 类土地利用在评估单元 i 的面积占比（%）
	交通条件	路网密度 X_9	废弃铁路周边的交通便利度	+	$I=L/S$ ； L 为道路总长度（m）； S 为用地面积（ m^2 ）
		公交便捷度 X_{10}	废弃铁路周边的公共交通服务水平	+	$I=\sum_{i=1}^k T_i/S$ ； T 为公交站点数量（个）； S 为用地面积（ m^2 ）
		公服设施聚集度 X_{11}	废弃铁路周边的生活便利度	+	$I=\sum_{i=1}^k N_i/S$ ； N 为公服设施点数量（个）； S 为用地面积（ m^2 ）
	社会服务	人口密度 X_{12}	废弃铁路周边的人口聚集度	+	$I=P/S$ ； P 为总人口数（人）； S 为用地面积（ m^2 ）
		绿地率 X_{13}	废弃铁路周边的绿化水平	-	$I=S_g/S$ ； S_g 为绿地面积（ m^2 ）
	生态环境	城市热岛效应 X_{14}	废弃铁路周边热岛分布情况	+	采用QIN_SC算法进行地表温度反演，详见Dong等 ^[28]
		空气质量 AQI X_{15}	废弃铁路周边区域的空气质量	+	$I=\max [IAQI1, IAQI2, IAQI3, \cdots, IAQIn]$ ； $IAQI$ 为空气质量分指数； n 为污染物项目； AQI 在各分指数中取最大值

在一定程度上可以有效克服由主观因素决定权重产生的偏差,赋权结果相对客观。具体步骤如下:

① 创建原始矩阵及其标准化处理

创建 m 行(m 表示评估对象), n 列(n 表示指标个数)的初始指标矩阵 X :

$$X=[x_{ij}]_{m \times n} \quad (1)$$

为消除量纲不同导致的误差,对初始矩阵进行标准化处理,记为标准化矩阵 $B=(b_{ij})_{m \times n}$,标准化公式为:

对于正向型指标(越大越优):

$$b_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad (2)$$

对于负向型指标(越小越优):

$$b_{ij} = \frac{\max(x_{ij}) - x_{ij}}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad (3)$$

② 计算特征比例(贡献度) p_{ij} 和指标信息熵值 e_j :

$$p_{ij} = b_{ij} / \sum_{i=1}^m b_{ij} \quad (4)$$

$$e_j = -K \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}, K=1/\ln m \quad (5)$$

③ 计算指标权重 w_j :

$$w_j = (1 - e_j) / \sum_{j=1}^n (1 - e_j) \quad (6)$$

(2) 基于TOPSIS的潜力计算

TOPSIS是一种经典、应用广泛的多准则、多属性决策评估方法,被称为是最能接近理想解的排序式研究方法^[30,31]。该方法通过计算评估对象与正理想解和负理想解之间的距离来评价各评估对象的相对优劣。具体计算步骤如下:

① 构建加权标准化矩阵 Z :

$$Z_{i,j} = \frac{b_{i,j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m b_{i,j}^2}} \times w_j \quad (7)$$

② 确定正理想解 Z^+ 与负理想解 Z^- :

$$\begin{aligned} Z^+ &= [\max(z_{ij})] = \{z_1^+, z_2^+, \dots, z_n^+\} \\ Z^- &= [\min(z_{ij})] = \{z_1^-, z_2^-, \dots, z_n^-\} \end{aligned} \quad (8)$$

③ 计算各指标值与正负理想解的距离:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{i,j} - z_j^+)^2} \quad (9)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{i,j} - z_j^-)^2} \quad (10)$$

④ 计算评估对象与理想解的相对贴近度:

$$E_i = D_i^- / (D_i^+ + D_i^-) \quad (0 \leq E_i \leq 1) \quad (11)$$

E_i 值越大,说明潜力越高。反之,则说明潜力越低。

2.3 数据来源

本文使用四类数据量化废弃铁路再生潜力评估的所有必要指标,包括地理空间数

据、社会经济数据、POI数据、遥感影像数据。高分遥感影像数据来自于2022年2月获得的、分辨率为0.46 m的谷歌地图 (<http://ditu.google.cn>)，用于提取铁路沿线绿地空间。Landsat 8遥感影像下载自美国地质调查局USGS网站 (<https://www.usgs.gov>)，产品类型L1T，影像获取于2019年8月28日，所选用影像数据成像质量较好。地理空间数据下载自地理空间数据云网站 (<https://www.gscloud.cn>)，包括DEM（数字高程模型）、道路网络、土地利用数据。社会经济数据来自大连市统计年鉴，包括街道人口数据。为了获取房价数据，运用python网络爬虫技术进行房价网页数据爬取。POI数据来自高德地图的POI数据库，包括医疗设施、教育设施、娱乐设施、餐厅、购物设施、公交/地铁设施等。空气质量数据来自辽宁省生态环境监测中心发布的国控空气质量自动监测点位的结果。

3 结果分析

3.1 废弃铁路再利用潜力评估分析

按照与城市主干道或河流的交叉口将大连机车厂废弃铁路划分为四段铁路段（表3），各段废弃铁路再生潜力的指标计算结果如图3所示。路段1铁路荒废严重、杂草丛生、保存状态较差，路段2、路段4铁路保存状态良好、环境整洁。路段4位于机车厂厂区内，铁路线坡度、高程、土地利用混合度及周边区域绿地率最低，城市热岛效应最为严重，沿线闲置、可再利用空地资源丰富。路段1到路段4逐渐靠近城市中心区商圈，路网密度、商业设施聚集度、公交便捷度持续增高，人口密度也逐渐增加；公共服务设施聚集度、空气质量指数最高值出现在沿线为高校和软件园的路段1，最低值则出现在居住区环绕的路段2。

表3 大连机车厂废弃铁路路段划分

Table 3 Section division of Dalian Locomotive Factory Abandoned Railway Line

路段	位置	长度/m
路段1	黄浦路至五一路段	2536
路段2	五一路至西南路段	1806
路段3	西南路至沿河街段	2324

将大连机车厂废弃铁路再生潜力评估指标数据带入式（1）~式（11），可以得到潜力指标权重和各路段废弃铁路再生潜力值。图4结果表明，位于大连市正在推动的机车厂工业遗产保护再利用片区的路段4的潜力值最高（0.638），其次为路段3（0.486）。而已被更新为火车主题创意街的路段1（0.262）呈现出较低的潜力值。因此，决策前的废弃铁路再生潜力评估和区域统筹规划尤为重要。大连机车厂废弃铁路再生优先级排序由高到低为路段4、路段3、路段1、路段2，可依此评估结果制定分期实施计划。

3.2 废弃铁路更新策略分析

基于对大连机车厂废弃铁路沿线再生潜力量化评估分析，从分区功能定位和分期开发建设两个层面制定废弃铁路更新策略。分区功能定位层面结合废弃铁路再生潜力指标特征引导再生功能方向，制定具体的更新改造策略，精准发挥各路段的特异性；分期开发建设层面结合废弃铁路再生潜力评估结果进行近远期结合、分期建设计划制定，保障资金微循环、减轻投资与财务压力。

3.2.1 分区功能定位

路段1铁路沿线为青年人集聚的高校与软件园，拥有两处功能单一、活力有待提升

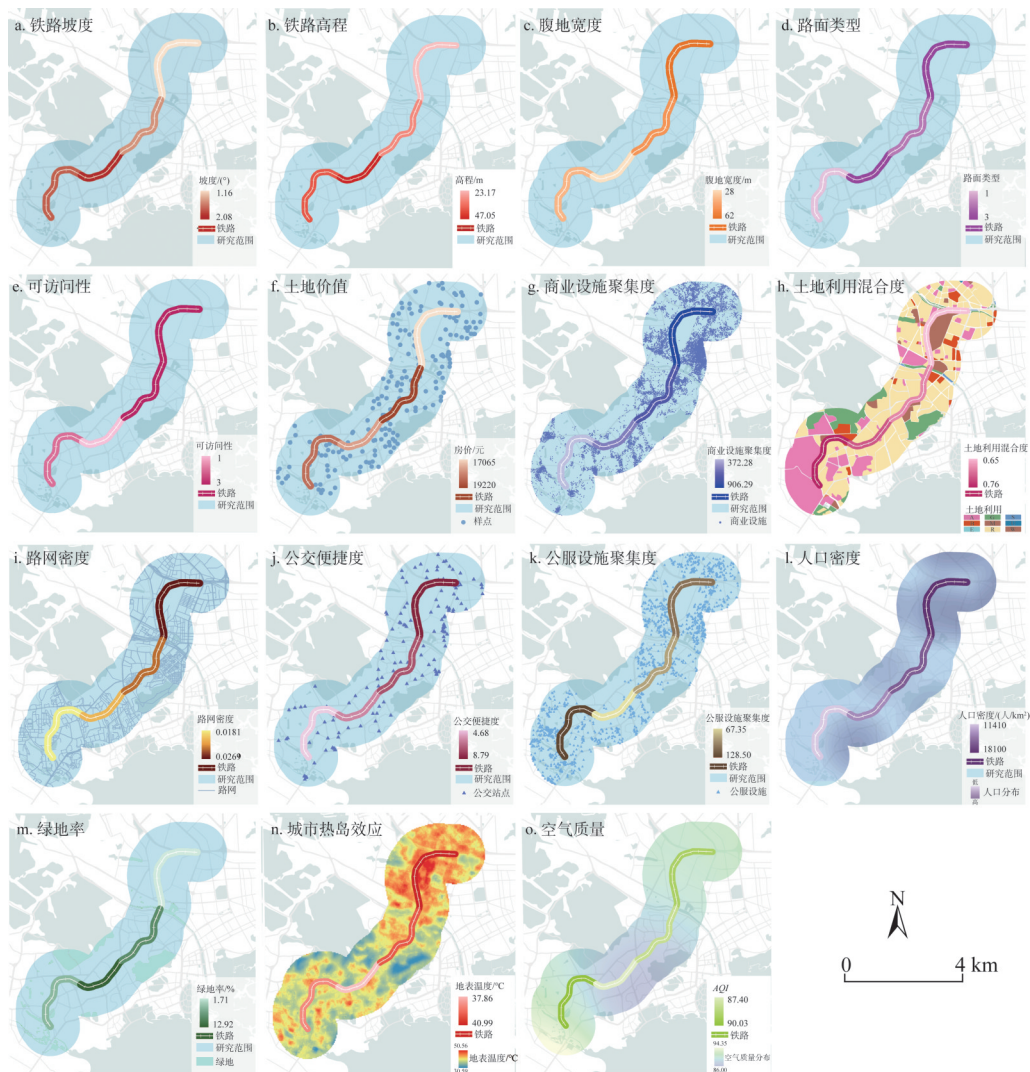


图3 大连机车厂废弃铁路再生潜力指标量化

Fig. 3 Quantification of indicators for the regeneration potential of Dalian Locomotive Factory Abandoned Railway Line

的火车主题创意街，土地利用混合度最高。应对火车主题创意街未充分利用的问题，同时满足年轻客群对创业、新型娱乐社交以及铁路周边各类人群对多样化活动的需求，路段1可打造为“创新创意活力区”（图5）。将闲置的火车厢更新改造为创意、创客空间，与高校、企业联动，实现以低成本发展创意产业，为创意人才搭建无成本、可交流、集会、展示的平台，吸引和集聚年轻的创新创业人才。此外，潜力指标量化结果表明路段1商业设施聚集度、公交便捷度、路网密度最低、空气质量相对较差。基于此，可利用铁路沿线开敞空间进行生态化改造，增加小型绿地活力空间、改善空气质量；并可在铁路沿线周边地区规划形成多元化的商业、娱乐、创意、文化中心，补齐商业设施短板、丰富商业业态，形成汇集人气、城市亮点鲜明的特色地区和就业地区；面对路网密度低的问题，可通过路网规划与城市道路慢行系统衔接，打造与慢行系统连通的开放式环境，提高废弃铁路线的交通可达性和便捷性。

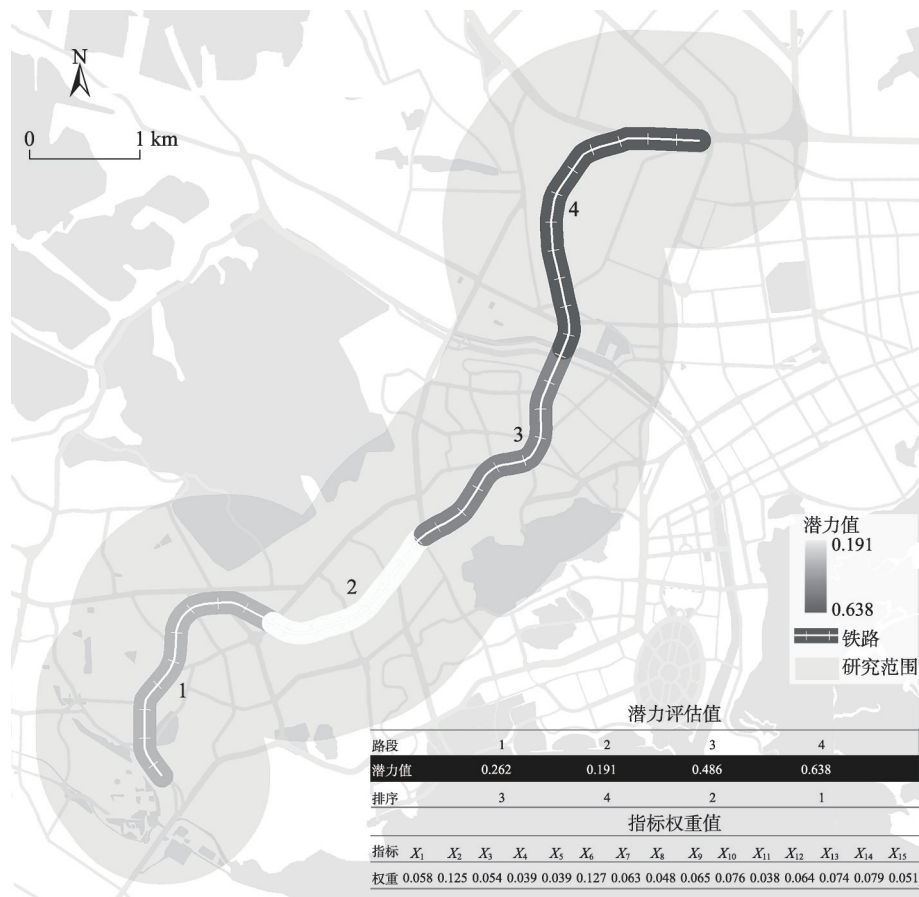


图4 大连机车厂废弃铁路再生潜力评估结果

Fig. 4 Assessment results of the regeneration potential of Dalian Locomotive Factory Abandoned Railway Line

路段2铁路沿线土地利用混合度较高，以居住用地为主。铁路线位于沿线社区中间，周边多为高大乔木，植被覆盖率较高，形成良好的私密空间，平时也有居民在铁轨上散步。考虑到此路段缺乏专门的人行步道以及居民的休闲需求，路段2可改造为“铁路步道野趣区”。通过整理铁轨沿线闲置用地设置人行步道，对步道空间进行功能植入，包括儿童游乐园、密林花园等，丰富场所的空间趣味性与体验感。此外，潜力指标计算结果显示路段2周边区域公共服务设施聚集度最低、商业设施聚集度、公交便捷度、路网密度较低，为补足基础设施短板，可增加铁路沿线社区商业、文化活动站、社区公园、健身公园等建设，完善公共服务设施、提高铁路沿线的社区活力；并在衔接城市慢行系统基础上，结合城市公共交通专项规划在与城市道路交叉口处设置公交、地铁站，提高路段1、路段2的公交便捷度。

路段3沿线可利用闲置空地资源丰富，经过台山油库、台山冷冻厂、富国公园（城市级观景平台）、马兰河等功能节点，人口密度较高。结合其良好的空间资源与人口基础，路段3可改造为“中心公园休闲区”。潜力指标计算结果显示路段3部分路面杂草丛生、公共服务设施聚集度较低、城市热岛强度较高，可结合铁路沿线衰败的公共空间进行中心公园的功能和景观更新，通过多元化的材质、色彩、技术提升中心公园和景观元

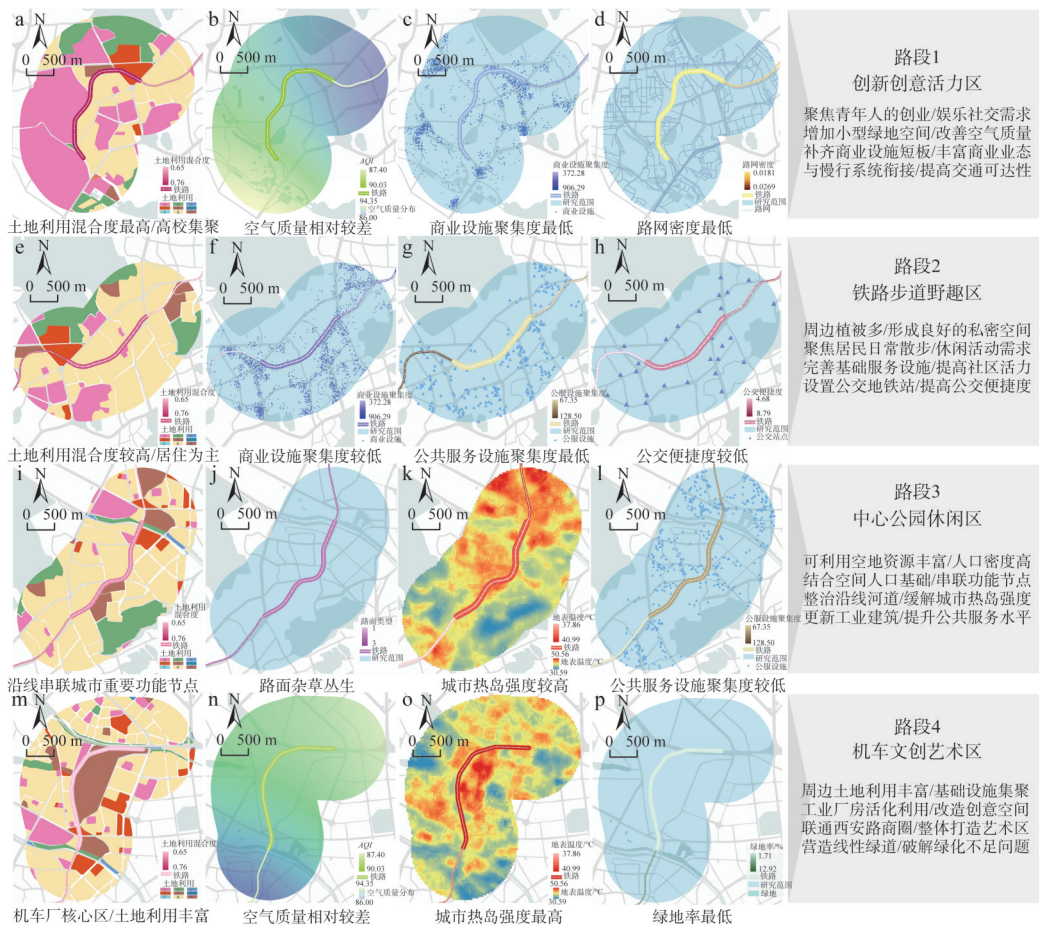


图5 大连机车厂废弃铁路线再生策略分区

Fig. 5 Strategy zoning for the regeneration of Dalian Locomotive Factory Abandoned Railway Line

素的艺术化,形成大连城市中心区公共艺术的集中展示区。通过打开边界空间重点处理铁路公园廊道与重要功能节点的衔接点,包括对马兰河河道进行综合整治以缓解热岛强度,并将滨水景观与铁路景观相结合,为步行和慢跑创造特殊的交互观赏空间;利用有保留和利用价值的工业建筑(台山油库、冷冻厂),更新为艺术馆、演艺厅、剧场等艺术展示空间,联通铁路公园与富国公园,打造独特城市级观景区,提升公共服务水平。

路段4处于机车厂厂区核心区,毗邻西安路商圈,周边土地利用类型丰富,路网密度、公交便捷度、商业服务设施集聚度以及人口密度最高,是大连市正在推动的机车厂工业遗产保护再利用片区。结合市自然资源部门组织编制的《大连市机车厂地区工业遗产保护城市设计》规划为“机车文创艺术区”。保留工业厂房活化利用为铁路记忆博物馆、展示馆、文化馆、创意产业空间,其他工业建筑改造为艺术家创意工作室;打破西安路商圈只有商业、没有休闲的现状,将其商业形态由线性变为面状,整个片区打造为集创意文化、工业展示、商务商业、居住休闲为一体的多元、开放、融合的现代居住与艺术街区。此外,潜力指标计算结果显示路段4绿地率最低、城市热岛强度最高、空气质量相对较差。为此,可利用铁路沿线零散用地和闲置地营造线性绿道空间与规划景观

节点,破解片区绿化不足、城市热岛、空气质量问题。

3.2.2 分期开发建设

在分区功能定位引导基础上,结合大连机车厂各路段废弃铁路再生潜力值确定更新优先级,制定近、中、远分期开发建设计划。近期结合大连市推动的机车厂地区工业遗产保护工作开展高潜力值路段4“机车文创艺术区”的建设,由易入难、逐步积累相关经验,形成具备一定规模、效应良好的铁路遗产改造示范区。这一阶段重点识别和解决废弃铁路再生实施过程中出现的技术与政策问题。中期利用第一阶段积累的认知和经验进行较高潜力值路段3“中心公园休闲区”的更新改造,规范建设管理流程。这一阶段要营造公开、公正、公平的市场氛围,使废弃铁路再生建设步入规范化、科学化的轨道,为其有效推广提供指导。远期结合其余各路段更新方向,全面推进大连机车厂废弃铁路再利用进程,实现废弃铁路再生环境效益、社会效益和经济效益的充分发挥。在渐进更新的过程中,前期的盈利投入后续滚动开发,避免一次性的资金投入,减轻投资与财务压力,以“由易到难,滚动开发”的方式保障资金微循环。最终重构大连中心城区的自然生态网络、缝合社会人文生态环境的割裂、推动城市资源的优化配置与整合,实现可持续的城市更新发展之路。

4 结论与讨论

4.1 结论

城市废弃的铁路空间对周边人居环境造成了许多不利影响,给城市带来了一系列社会、环境问题。考虑到其优越的地理位置、历史价值、线性空间的连通性以及中心城区社区的关系,废弃铁路再生在城市高质量发展中变得越来越重要。在世界各地,废弃铁路作为线性工业遗产为高密度城市中心区可持续发展和景观再生提供了有效的途径。然而,对废弃铁路再生日益增长的社会需求往往与稀缺的公共资金相矛盾。因此,城市规划师和管理者有必要根据废弃铁路的再生潜力确定更新改造的优先级。

既有废弃铁路再生研究多处于策略探索阶段,缺少统筹考虑铁路用地内部属性特征和铁路周边外部社会环境进行废弃铁路再生潜力系统量化评估,并为选择不同再生模式提供一般分析框架、提出针对性更新策略的研究。本文从新的视角提出了城市废弃铁路再生潜力的分析方法,该方法结合遥感影像、地理空间、社会经济、POI等数据,从供给侧的属性特征以及需求侧的社会环境两个层面构建指标体系,利用熵权TOPSIS模型对废弃铁路再生潜力进行评估,以此确定改造优先级,并结合分区功能定位和分期建设计划制定针对性更新策略。结果表明,各路段废弃铁路再生潜力呈现空间异质性,路段4的潜力值最高(0.638),其次为路段3(0.486),路段1(0.262)、路段2(0.191)潜力值较低。

4.2 讨论

大连机车厂废弃铁路再生的实证应用表明,处于大连市正在推动的机车厂工业遗产保护再利用片区的路段4潜力值最高;已经更新为火车主题创意街的路段1呈现出较低的潜力值。因此,决策前的废弃铁路再生潜力评估和区域统筹规划尤为重要。本文提出的方法可用于计算考虑供给侧和需求侧的废弃铁路再生潜力优先级,使城市管理者能够依据潜力值制定分期实施计划、优先考虑潜力得分较高的路段,并根据潜力评估指标计算

结果给每段废弃铁路段赋予最合适的功能、制定特异性更新策略,为规划决策过程提供有益的信息和支持。

此外,在目前的研究工作中,本文确定了以属性特征层面的铁路属性、保存状态以及社会环境层面的土地区位、交通条件、社会服务、生态环境为关键要素的废弃铁路再生潜力定量评价,从实证分析结果来看具有一定的合理性。但是由于数据来源的限制,诸如路面类型、可访问性等指标量化过程需要耗费人力与时间。在未来的推广应用,随着数据的增加和地理数据分辨率的提高,可以实现通过低成本、可推广的地理空间数据进行城市废弃铁路再生潜力的快速评估。同时,依托因地制宜的城市更新问题、更详细的地理空间数据,更为完善的城市废弃铁路再生潜力评估体系构建有待持续深入探索。

参考文献(References):

- [1] EIZAGUIRRE A, GRIJALBA O. A methodological proposal for the analysis of disused railway lines as territorial structuring elements: The case study of the Vasco-Navarro railway. *Land Use Policy*, 2020, 91: 104406, Doi: 10.1016/j.landusepol.2019.104406.
- [2] 林箐. 缝合城市: 促进城市空间重塑的交通基础设施更新. 风景园林, 2017, 24(10): 14-26. [LIN J. To ristitch the city: The transport infrastructure renewal aimed at recasting the urban spaces. *Landscape Architecture*, 2017, 24(10): 14-26.]
- [3] ZHANG C, DAI S, XIA H. Reuse of abandoned railways leads to urban regeneration: A tale from a rust track to a green corridor in Zhangjiakou. *Urban Rail Transit*, 2020, (6): 104-115.
- [4] 夏海山. 废弃铁路与城市再生研究综述. 世界建筑, 2020, (7): 10-16, 125. [XIA H S. A literature review and commentary on abandoned railways and urban regeneration. *World Architecture*, 2020, (7): 10-16, 125.]
- [5] 段威. 城市触媒效应下的废弃铁路景观的空间更新: 晋中 139 铁路公园更新设计的研究与实践. 美术研究, 2022, (6): 105-110. [DUAN W. Spatial renewal of abandoned railway landscape under urban catalyst effect: Research and practice on the design of 139 Railway Park renewal in Jinzhong. *Art Research*, 2022, (6): 105-110.]
- [6] 孙雪榕, 覃立. 澳大利亚铁路游径对我国废弃铁路再利用的启示. 北京规划建设, 2020, (1): 115-120. [SUN X R, TAN L. The inspiration of Australian railway touring trails to the reuse of abandoned railways in China. *Beijing Planning Review*, 2020, (1): 115-120.]
- [7] QUATTRONE M, TOMASELLI G, D'EMILIO A, et al. Analysis and evaluation of abandoned railways aimed at greenway conversion: A methodological application in the Sicilian landscape using multi-criteria analysis and geographical information system. *Journal of Agricultural Engineering*, 2018, 49: 151-163.
- [8] ROVELLI R, SENES G, FUMAGALLI N, et al. From railways to greenways: A complex index for supporting policy-making and planning. A case study in Piedmont (Italy). *Land Use Policy*, 2020, 99: 104835, Doi: 10.1016/j.landusepol.2020.104835.
- [9] 程嘉梵, 陈明星. 英国机遇区规划对中国国土空间规划的启示. 自然资源学报, 2022, 37(11): 3019-3032. [CHENG J F, CHEN M X. The inspiration of UK's opportunity area planning to China's territory spatial planning. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(11): 3019-3032.]
- [10] EGWA, European Greenway Association. The lille declaration. www.aevv-egwa.org/lille-declaration/, 2000-09-12/2023-2-25.
- [11] DONG J, GUO F, LIN M, et al. Optimization of green infrastructure networks based on potential green roof integration in a high-density urban area: A case study of Beijing, China. *Science of the Total Environment*, 2022, 834: 155307, Doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.155307.
- [12] 董菁, 左进, 李晨, 等. 城市再生视野下高密度城区生态空间规划方法: 以厦门岛立体绿化专项规划为例. 生态学报, 2018, 38(12): 4412-4423. [DONG J, ZUO J, LI C, et al. Research on ecological spatial planning method in high-density area under the urban regeneration vision: A case study of a three-dimensional greening plan on Xiamen Island. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(12): 4412-4423.]
- [13] 代书剑, 夏海山. 基于再生价值的城市废弃铁路沿线空间重构策略: 亚特兰大环线对我国废弃铁路再生的启示. 世

- 界建筑, 2020, (7): 34-39, 125. [DAI S J, XIA H S. Spatial reconstruction of urban abandoned railways based on regeneration value: Enlightenment from Atlanta Beltline on the abandoned railways in China. *World Architecture*, 2020, (7): 34-39, 125.]
- [14] 李泽, 侯英裕. 城市废弃铁路更新的融资机制解析: 以美国亚特兰大环线税收分配区政策为例. *国际城市规划*, 2020, 35(2): 129-135. [LI Z, HOU Y Y. Analysis on financing mechanism of urban abandoned railway renewal: A case study of Atlanta Beltline's TAD policy in America. *Urban Planning International*, 2020, 35(2): 129-135.]
- [15] 张天洁, 侯英裕. 空间与社会包容性导向的景观更新协作模式研究: 从废弃铁路到生命之链. *风景园林*, 2021, 28(12): 107-111. [ZHANG T J, HOU Y Y. Research on spatial and social Inclusive-oriented landscape renewal collaboration models: From abandoned railways to line of life. *Landscape Architecture*, 2021, 28(12): 107-111.]
- [16] EIZAGUIRRE-IRIBAR A, ETXEPARE L, JAVIER H R. A multilevel approach of non-motorised accessibility in disused railway systems: The case-study of the Vasco-Navarro railway. *Journal of Transport Geography*, 2016, 57: 35-43.
- [17] 马强. 铁路转换为城市轨道交通的可行性分析: 以西班牙的经验为例. *国际城市规划*, 2007, 22(3): 79-84. [MA Q. The feasibility of the transition from railway to urban rail transit system: The lesson from Spain. *Urban Planning International*, 2007, 22(3): 79-84.]
- [18] 唐岳兴, 邵龙, 曹弯. 遗产廊道城镇旅游开发潜力评价: 以中东铁路滨绥线为例. *规划师*, 2016, 32(2): 96-101. [TANG Y X, SHAO L, CAO W. Evaluation of heritage corridor tourism development potential: Zhongdong Railway case. *Planners*, 2016, 32(2): 96-101.]
- [19] RUOCCO G D, SICIGNANO E, FIORE P, et al. Sustainable reuse of disused railway. *Procedia Engineering*, 2017, 180: 1643-1652.
- [20] 金珊, 李云, 伍惠婷. 纽约高线公园作品解读: 略论城市公共空间的复兴与转型. *建筑师*, 2018, (4): 69-75. [JIN S, LI Y, WU H T. Interpretation of New York High Line Park: A brief discussion on the revival and transformation of urban public space. *The Architect*, 2018, (4): 69-75.]
- [21] FERRETTI V, DEGIOANNI A. How to support the design and evaluation of redevelopment projects for disused railways? A methodological proposal and key lessons learned. *Transportation Research Part D*, 2017, 52: 29-48.
- [22] CIOMEK K, FERRETTI V, MILOSZ K. Predictive analytics and disused railways requalification: Insights from a Post Factum Analysis perspective. *Decision Support Systems*, 2018: 105, Doi: 10.1016/j.dss.2017.10.010.
- [23] 李凌月, 李雯, 王兰. 都市企业主义视角下工业遗产绿色更新路径及其影响: 废弃铁路蜕变为高线公园. *风景园林*, 2021, 28(1): 87-92. [LI L Y, LI W, WANG L. Urban entrepreneurialism and green renewal of industrial heritage: Mechanisms and impacts: Implications and reflections on highline park. *Landscape Architecture*, 2021, 28(1): 87-92.]
- [24] 谭立, 孙雪榕, 李惊. 美国铁路遗产再生模式研究. *工业建筑*, 2019, 49(11): 13-19. [TAN L, SUN X R, LI L. Research on American railway heritage revival mode. *Industrial Construction*, 2019, 49(11): 13-19.]
- [25] 丁碧莹. 城市更新背景下废弃铁路改造与再利用. *湖南城市学院学报: 自然科学版*, 2019, 28(6): 20-24. [DING B Y. Reconstruction and reuse of abandoned railway under the background of urban redevelopment. *Journal of Hunan City University: Natural Science*, 2019, 28(6): 20-24.]
- [26] 崔卫华, 胡玉坤, 王之禹. 中东铁路遗产的类型学及地理分布特征. *经济地理*, 2016, 36(4): 173-180. [CUI W H, HU Y K, WANG Z Y. Typology and geographic distribution characteristics of Chinese Eastern Railway heritages. *Economic Geography*, 2016, 36(4): 173-180.]
- [27] 刘晶, 金晓斌, 张志飞, 等. 低效(闲置)铁路存量用地综合开发利用策略分析: 方法与实证. *自然资源学报*, 2017, 32(3): 377-390. [LIU J, JIN X B, ZHANG Z F, et al. Comprehensive development and utilization strategy of inefficient and idle railway land: Methods and cases study. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(3): 377-390.]
- [28] DONG J, LIN M, ZUO J, et al. Quantitative study on the cooling effect of green roofs in a high-density urban area: A case study of Xiamen, China. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 255: 120152, Doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120152.
- [29] 张振, 张以晨, 张继权, 等. 基于熵权法和TOPSIS模型的城市韧性评估: 以长春市为例. *灾害学*, 2023, 38(1): 213-219. [ZHANG Z, ZHANG Y C, ZHANG J Q, et al. Urban resilience assessment based on entropy weight method and topsis model: Take Changchun city as an example. *Journal of Catastrophology*, 2023, 38(1): 213-219.]

- [30] DONG J, GUO R, GUO F, et al. Pocket parks: A systematic literature review. *Environmental Research Letters*, 2023, 18: 083003, Doi: 10.1088/1748-9326/ace7e2.
- [31] 郭向阳, 穆学青, 明庆忠, 等. 旅游地交通服务功能与旅游强度协调时空分异特征: 以云南省为例. *自然资源学报*, 2020, 35(6): 1425-1444. [GUO X Y, MU X Q, MING Q Z, et al. Spatial and temporal differentiation characteristics of transportation service function and tourism intensity coordination: A case study of Yunnan province. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(6): 1425-1444.]

Potential assessment and renewal strategy for regenerating urban abandoned railways:

The case study of the Dalian Locomotive Factory Railway Line

DONG Jing, GUO Ruo-nan, GUO Fei

(School of Architecture and Fine Art, Dalian University of Technology, Dalian 116023, Liaoning, China)

Abstract: With the rapid development of cities and the continuous evolution of transportation modes, numerous abandoned railways have emerged in urban centers. These railways have become "depressions" with high potential value but low prices. Abandoned railways, as a type of linear industrial heritage, offer an effective means for landscape regeneration in urban centers. They are considered an important resource for guiding urban renewal. However, the increasing social demand for regenerating abandoned railways often clashes with the limited availability of public funds. Therefore, urban planners and managers must prioritize the renewal of abandoned railways based on their potential for regeneration. This study focuses on the Dalian Locomotive Factory Railway Line, which is a branch of the Chinese Eastern Railway. Firstly, remote sensing image, geospatial, socio-economic and POI data were used to construct an index system for assessing the potential for regenerating abandoned railways. The index system takes into account both the supply-side attribute characteristics and the demand-side social environment. Secondly, the entropy-weighted TOPSIS model was used to assess the regeneration potential to determine the renewal priority. Lastly, specific regeneration strategies were proposed based on the assessment results. The aim of this study is to provide scientific guidance for abandoned railway regeneration practices in urban centers.

Keywords: abandoned railways; industrial heritage; potential assessment; urban renewal; Dalian