

生态智慧引导下的太原市山地生态修复逻辑与策略

The Logic and Strategies of Mountain Ecological Restoration in Taiyuan Inspired by Ecological Wisdom

王云才
黄俊达

WANG Yuncai
HUANG Junda

摘要:中国的城市发展背景下,空间扩张、人口和产业聚集等带来的城市生态问题与生态保护的矛盾日益凸显。以资源枯竭型山地城市的发展转型为契机,立足生态智慧的实践,在构建生态智慧引导的城市“生态病”治理逻辑与城市山地修复框架的基础上,结合太原市山地生态修复实践,建立从山地安全性修复、山地功能修复和山地生态系统修复的综合修复框架,并提出分期分类创面稳固、分类提升,群落优化、浅山区多元化土地利用的生态智慧策略,协调城市发展与环境保护的矛盾。

关键词:风景园林;山地;生态修复;生态智慧;策略;太原市

文章编号: 1000-6664(2019)07-0056-05

DOI: 10.19775/j.cl.2019.07.0056

中图分类号: TU 986

文献标志码: A

收稿日期: 2019-03-19

修回日期: 2019-05-24

基金项目:国家重点研发计划课题“绿色基础设施生态系统服务功能提升与生态安全格局构建”(编号2017YFC0505705)

资助

Abstract: The contradictions between ecological problems and conservation caused by spatial expansion, larger population and industrial agglomeration are increasingly prominent. In this essay, with the transformation of the resource-exhausted mountainous cities in mind, guided by the practice of the idea "ecological wisdom", the author has tried to build an ecological restoration outline including three aspects about the mountainous areas, ecological safety, functional restoration and ecological system restoration. Based on the ecological disease management logic and the urban mountainous areas restoration framework inspired by ecological wisdom, the author took the ecological restoration practice in Taiyuan as an example, proposed several ecological wisdom strategies involving land wounds consolidation by stages and types, improvement by types, optimization community and diverse utilization of land in mountainous areas so as to coordinate the contradiction between urban development and environmental protection.

Keywords: landscape architecture; mountain land; ecological restoration; ecological wisdom; strategy; Taiyuan City

伴随中国城镇化程度的不断加深和人口的日益增长,人们对资源的需求也逐渐增加,导致雾霾、水污染和温室效应等生态问题频发,原有粗放式的发展模式已经不符合现代城市可持续发展的要求。与此同时,中国作为一个多山地国家,全国范围内山地城市有近400个,山地建制镇超过10 000个,超过总城镇量的2/3^[1]。尤其对一些山地拥有能源资源的城市而言,如太原、大同等矿产开采集中区域,更易出现环境污染、设施承载能力和服务水平欠佳等问题^[2]。目前在生态修复研究中,国内外对不同对象进行了大量实践,如山地森林的修

复^[3]、湿地生态系统的恢复^[4],以及山体工矿废弃地的修复^[5]等。但国内多关注于边界明确区域的生态修复^[6]。国外则由早期对城市内公园的关注,转向对周边“自然”环境的维护,为城市生态的可持续性研究和规划管理提供新的视角^[7]。然而,对山地城市而言,还未形成一套具有一定普适能力的生态修复框架及逻辑。太原市的山地丘陵约占市域面积80%,是我国资源枯竭型山地城市转型的典型。因此,本文结合太原市的山地修复,对生态智慧在山地生态修复的实践进行探讨,以期对相关实践提供一定的参考。

1 城市中山地生态修复需要生态智慧的引导

1.1 生态智慧是城市“生态病”治理的实践逻辑

城市扩张的本质是对土地、植被、矿物等资源的需求扩张,在转化资源的过程中,道路与建筑在空间上逐渐取代原环境中的植被、水流及坑塘等要素,导致城市生态系统的破碎化、低效化及不稳定化^[8],引发一系列城市“生态病”,如工业废气、雾霾、水土流失、地下水位下降等。同时,生态智慧的实践是“人类在对人与自然互利共生关系深刻感悟的基础上,成功从事生态实践的能力”^[9]。因此,需要在生态修复中引入生态智慧的逻辑,以修复实践为载体,为城市“生

态病”提供靶向诊断。

然而，城市“生态病”往往因所在环境、历史发展等差异，具有单一性和独特性。因此，在梳理典型城市“生态病”的基础上，针对城市中的生态因子，通过对已发表文献的研究，分析诱发不同生态问题的机制，构建生态问题—生态因子的关系模型(图1)，如地表沉降和山体裸露，成因多为山地建设、采矿或地下水的大量抽取，涉及地形和水文2个因子，因此，对此类问题的修复以地形和水文为出发点，通过人工造林、退耕还林增加植被数，绿量增加又有利于补给地下水，涵养水源。同理，针对土壤污染、大气污染和水污染等均可利用绿色植物进行修复，即以城市单位面积上绿色植物的总量和质量(以下简称“绿量”)为目标的实践途径，其分别由城市内部绿量和山体绿量的增加及结构调整，实现生态实践对各类生态因子产生正面效益^[10]。因此，以绿量为切入点，解析城市“生态病”，正确构建修复框架，合理分配社会资源，实现城市的可持续发展。

1.2 生态智慧引导下的城市山地修复框架

生态智慧的目标是对城市生态系统的可持续发展提供保障，从一个整合的社会—生态系统^[11]出发考虑城市发展目标与现状生态问题之间的矛盾和联系。城市中的山地往往拥有区域的大部分森林面积，并与城市形态的演变、发展息息相关。同时，山地生态由于斜坡环境这一特征，具有内生型、人为影响脆弱性等属性，拥有较高的植被依附性与景观敏感性。因此，山地生态系统的优劣在很大程度上将直接影响城市总绿量。基于上述分析生态核心问题的方法逻辑，初步构建适应城市中山地生态修复的生态智慧实践框架(图2)。

一方面，基于城市生态的可持续发展，探讨转型发展中对山地生态的需求和目标，明确“山·城·人”融合格局、生态安全保障体系、文化遗产保护等总体规划定位。针对城市、村落和矿区等多尺度空间，确定生态发展目标的主次关系，建立需求分级和机制深化，完善人对山地生态需求目标的技术依据。另一方面，山地生态问题作为各类影响因子的表征，在识别主次问题的基础上，针对城市中山地所具有的生态基质的整体性、山城过渡的安全性等基本属

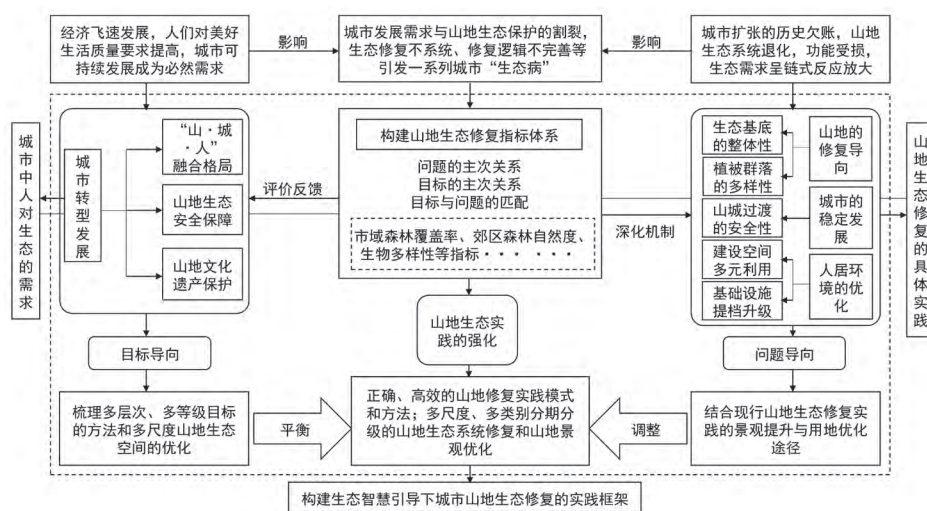
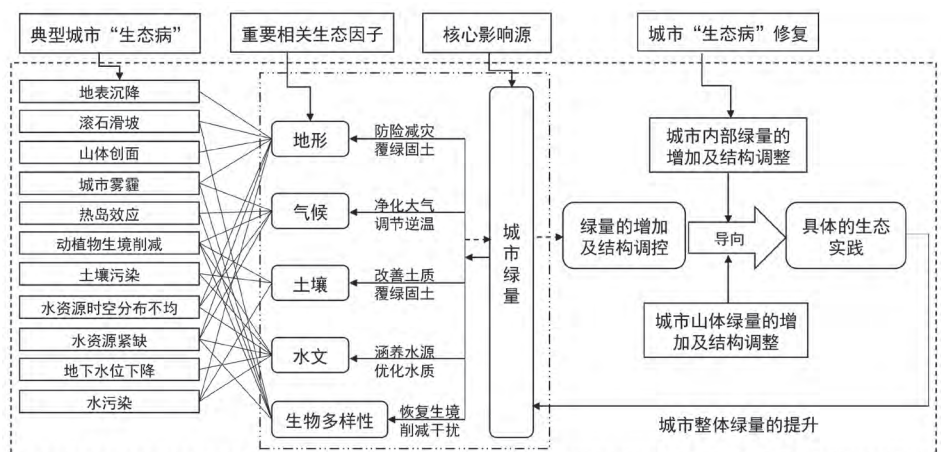


图1 城市“生态病”治理的生态智慧逻辑框架图

图2 生态智慧下的城市山地修复框架图

性，把握诱发生态问题的主要影响因子所涉及的基本属性，确定影响因子对山地生态属性的影响对象。将目标深化贯穿到山地生态属性，实现对生态修复的具体指导，同时在指标筛选上需要兼顾目标导向和问题导向。通过构建修复指标体系实现问题与目标的匹配，确保以点对点的方式进行深化修复实践，并依据对该类指标的评价分析，检验是否满足主次目标的要求，从而进一步完善实践机制。

2 太原市城市中山地的生态问题与症结

2.1 太原市的生态问题及其根本原因

分析《太原市城市自然环境质量 and 城市发展质量调查评估报告》(以下简称“报告”)、园林建设“十三五”规划及其他相关规划，太原

市内部主要存在部分水系基流不保，水源涵养能力欠佳；各类绿地面积大但绿量小，空间布局不合理；以及棕地存在不同类型的污染等问题。城市外围主要存在山体破损分布广，植被结构较为单一等问题，未能与城市内形成完整、连续的生态空间。综上，太原市“生态病”的根本原因是内部绿地的破碎和单一，山地破损区域的修复滞后，即城市整体绿量的缺失。与此同时，城六区的行政区划内，山地的面积约710km²，占总面积的近50%，2017年全市森林覆盖率约27%，绿地率为37.18%，是组成城市整体绿量的重要部分。因此，要解决太原市的生态问题，必须提升整体绿量，也就是有效增加山地绿量。

2.2 太原市山地特征与问题

太原市位于太原盆地的北端，西、北、东三

面环山,中、南部为河谷平原,山地呈半圆形围绕于中部的河谷平原。从市域范围看,三山是城市的重要组成部分及生态、景观背景。因此,太原山地生态不仅是市域生态结构中的环城节点和生态用地空间,与城市的空间格局存在较为频繁的互动关系。然而,近30年粗放的开发模式和不完善的管理机制,导致太原城市生境受到不同程度的破坏。自2006—2016年,城市建设用地增加163km²,逐渐侵占城市边缘的林地,挤压山地生态空间,出现众多山地生态问题,总结如下。

1)采矿扰动区,裸露面分布广,落石、滑坡频发。据报告,截至2017年太原市共有山地裸露面110余处,西山、东山长期受采石采煤等影响,植被破坏面积达25km²;北山典型黄土地貌使用地稳定性较差,加之早期乱砍滥伐,多裸露面及水土流失。

2)山地绿量总体偏少,植被群落单一。目前山地植被多为常绿针叶林,但受到工程实施的制约,导致现状林地的演替速度较慢。同时,新栽林的树龄偏幼,短期内难以形成稳定的生态系统。

3)浅山区生态敏感脆弱,功能单一雷同。浅山区在近几年的复绿措施后,生态环境逐步恢复,向生态高敏感区域转化,如虎峪河、九院沙河等流域内呈现高敏感度(图1)。同时,也存在诸多矛盾,如浅山区内适宜建设的用地仅占总用地的5.33%,而政府在早期制定了过高的用地指标,导致建设与保护冲突加剧。

3 太原市山地生态系统修复的生态智慧框架

基于“城”“山”“人”之间的关系,以环城三山为核心,以裸露地和山地生态系统修复为主体,重点提高山地环境质量,满足山地环境安全利用的目的;栽植速生树种、低矮灌木等增加植被群落多样性,增加绿量;通过对浅山区的分析,完善用地指标分配体系,提高区域的服务能力,创造优质的近郊空间,提升浅山区为城市服务的效率。整体框架以增加山地绿量和安全性为出发点,以恢复山地景观与山地生态系统为抓手,以生态系统的稳定性、整体性和景观性为原则,通过构架完善的山地修复格局,多途径增加山地绿量(图3)。通过提升植被覆盖率、植被

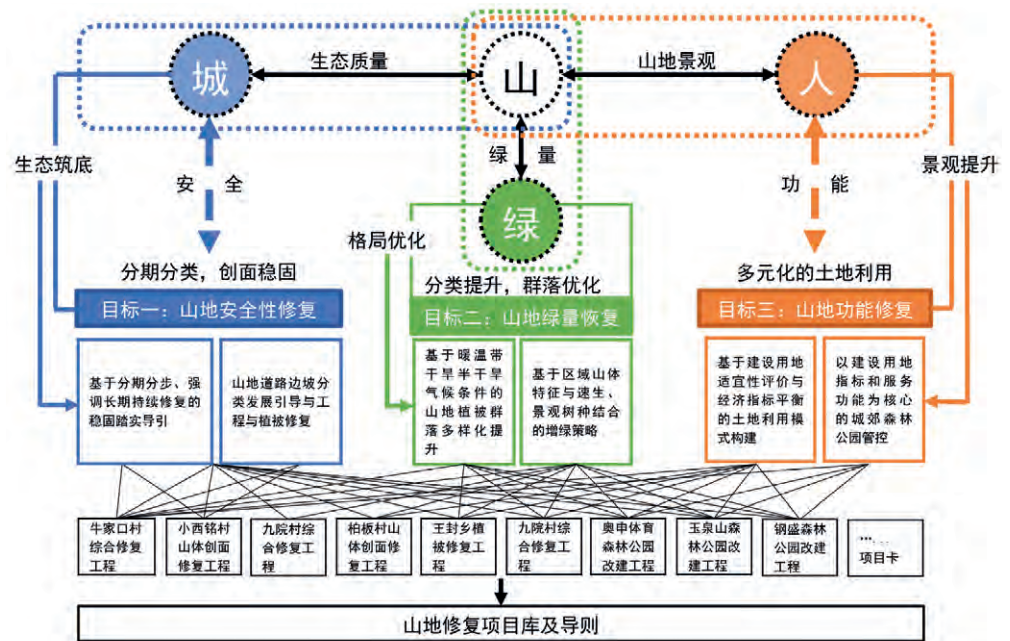


图3 太原市山地修复框架图

群落多样性、绿量达标及浅山区服务等实现太原市山地修复的目标。经规划,太原市城六区山地森林面积达到494.07km²,占全市域面积的33.8%,相比现状增加5.9%。

4 生态智慧引导下的太原市山地生态修复策略

4.1 山地安全性修复: 分期分类创面稳固

早期不合理的开发模式对山地的安全性造成很大威胁,因此,优先对山体滑坡和采空引起的土地沉降等进行治理。一方面,市域范围内沉陷面积达610km²,巨大的面积使同期修复难以实现,因此,采取分期分步的思路,即依据沉陷区的范围大小,建立近期、中期和远期修复项目

库,对各期分多个步骤进行修复。如在沉陷面积最大的西山中,基于工程勘察,根据深度差异,分为浅层、中深层和深层沉陷区3类,依次采取分层回填夯实、煤柱支撑法、综合治理等方法。另一方面,针对西山修路造地形成的59处落石、滑坡,根据边坡性质和坡率大小,明确修复区域的优先级。共分为4类,并依据实际情况,选择针对性的修复技术:1)坡度<30°的土质边坡,以种植植被为主,复绿固土,宜采用TBS等技术;2)坡度>30°的土质边坡,选择三维植被网等经济适用的技术;3)坡度<30°的石质边坡,基于清除危岩、削坡、护坡,在坡顶加强排水,挂网以防落石;4)坡度<30°的石质

表1 主要增绿群落配置的植物推荐表

| 群落类型 | 植物配置模式 |
|-------|--|
| 常绿针叶林 | 乔木: 油松、桧柏; 灌木: 胡枝子(<i>Lespedeza bicolor</i>)、黄刺玫(<i>Rosa xanthina</i>)、五味子(<i>Schisandra chinensis</i>)等; 草本: 羊胡子草(<i>Carex rigescens</i>)、小红菊(<i>Dendranthema chanetii</i>)、茜草(<i>Rubia cordifolia</i>)、地榆(<i>Sanguisorba officinalis</i>)等 |
| 落叶针叶林 | 乔木: 华北落叶松(<i>Larix principis-rupprechtii</i>); 灌木: 毛榛(<i>Corylus mandshurica</i>)、东陵八仙花(<i>Hydrangea bretschneideri</i>)、东北茶藨子(<i>Ribes mandshuricum</i>)、刺五加(<i>Acanthopanax senticosus</i>)等; 草本: 华北风毛菊(<i>Saussurea mongolica</i>)、铁线莲(<i>Clematis florida</i>)、东亚唐松草(<i>Thalictrum minus</i>)等 |
| 落叶阔叶林 | 乔木: 辽东栎(<i>Quercus liaotungensis</i>)、山杨(<i>Populus davidiana</i>)、白桦(<i>Betula platyphylla</i>); 灌木: 荆条(<i>Vitex negundovar</i>)、三裂绣线菊(<i>Spiraea trilobata</i>)、小叶鼠李(<i>Rhamnus parvifolia</i>)、胡枝子、雀儿舌头(<i>Leptopus chinensis</i>)等; 草本: 华北风毛菊、铁苋菜(<i>Acalypha australis</i>)、蒙古蒿(<i>Mongolian wormwood</i>)等 |
| 针阔混交林 | 乔木: 油松、山杨、白桦; 灌木: 沙棘(<i>Hippophae rhamnoides</i>)、山桃、黄刺玫、胡枝子等; 草本: 羊胡子草、地榆等 |

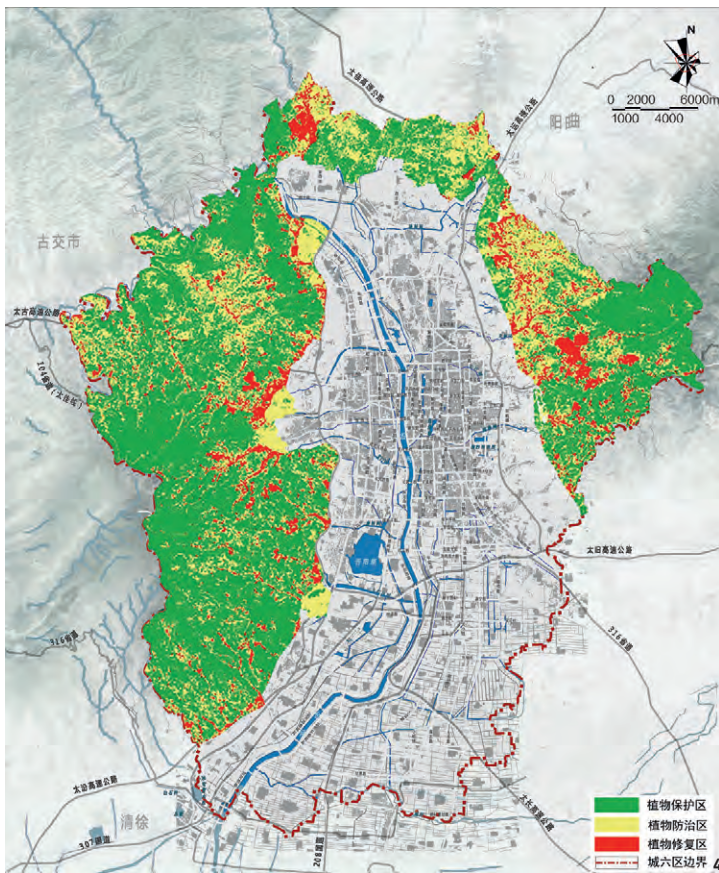


图4 植被修复类型分布图

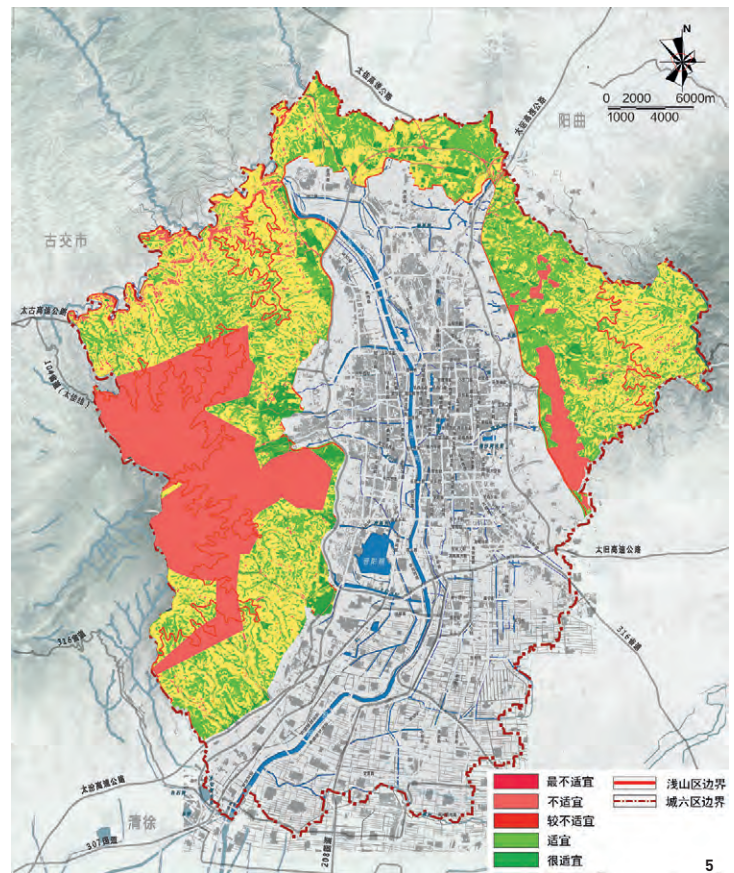


图5 浅山区建设适宜性分析图

表2

70年土地使用期限内土地利用模式建设用地指标分配表

| 土地利用模式 | 各类指标体系(占总面积) | | |
|-------------|-----------------|--------------------|---------------------------|
| | 国家用地指标/% | 地方性指标(补偿用地指标)/% | 混合型设施用地指标/% |
| 田园综合体 | 建设用地占比 ≤ 5 | 建设用地占比 ≥ 1.17 | 建设用地占比 ≤ 3 (结合居民点复垦) |
| 城郊森林公园 | 建设用地占比 ≤ 3 | 建设用地占比 ≥ 3.17 | 建设用地占比 ≤ 3 (结合居民点复垦) |
| 农业公园/休闲主题农园 | 建设用地占比 ≤ 5 | 建设用地占比 ≥ 1.17 | 建设用地占比 ≤ 3 (结合居民点复垦) |
| 城市郊野公园 | 建设用地占比 ≤ 5 | 建设用地占比 ≥ 1.17 | 建设用地占比 ≤ 3 (结合居民点复垦) |

边坡,采用浆砌片石骨架植草等措施。

4.2 山地绿量修复:分类提升,群落优化

根据《太原市生物多样性保护规划及资源调查报告》,太原植物区系含有种子植物、蕨类植物、苔藓、地衣、藻类和菌类,以及鸟类173种,昆虫177种,拥有良好的物种多样性。但由于人为因素的影响,山地森林多处于次生状态,树龄偏幼;80%以上的密林集中在边远山区,分布不均且总绿量较少。因此,如何在维护现有森林的前提下,对山地生态系统进行优化成为聚焦点。规划以营造多样化植被群落,“近自然森林”为核心,构建乔、灌、草有机结合的山地绿化景观。在实地调研的基础上,通过ArcGIS

处理2017年太原市Landsat TM数据^①,对植被覆盖度进行分类(图4):1)植被保护区(50% \leq 覆盖度 $< 100\%$);2)植被防治区(30% \leq 覆盖度 $< 50\%$);3)植被修复区(0 \leq 覆盖度 $< 30\%$)3类。保护区为远期保护,采取封山育林、退耕还林等措施,尽量减少人为干扰,以生态系统的自我修复为主导。防治区为中期修复,通过飞机播撒种子、补植小苗等措施,增补森林中下层植被空间。修复区为近期复绿,采取“速生树种+景观树种”模式(表1),通过人工补植、新植等措施,短期内实现绿量增长、景观效果提升。

4.3 山地功能修复:浅山区多元化土地利用

浅山区不仅为中心城区提供生态保障,还

是绝佳的近郊游憩地。在太原市已建成城郊森林公园104km²的基础上,通过调整用地类型、倡导多元开发等方式,发掘浅山区的空间潜力。然而,以房地产为主导的开发模式和有限的用地指标等多重干预下,浅山区生态空间利用低效,部分土地开发不合理。因此,需要在确保相关建设指标所产生的经济收益能够与前期生态修复的投入相平衡的前提下,实现降低用地指标、丰富利用模式和服务功能的目标。

依据《太原市东西山林地林木认养办法》,预估完成认养林地80%绿化建设,以及70年养护费用后,核算前期总投资约为224亿元。同时,通过旅游人次统计,估算林地单位建设用

约产生0.349亿元/年毛利润。因此, 70年限下需要9.17%的用地指标实现收支平衡。其中混合型设施用地指标恒定=3%, 地方性指标进行补偿, 以总数 $\geq 9.17\%$ 进行调配(表2)。若仍无法提供9.17%的指标, 应提高土地使用年限, 以降低指标。同时, 对浅山区以开发建设为评价目标, 通过建设适宜性等级划分评价, 划分为很适宜、适宜、较不适宜、不适宜和最不适宜建设5个等级分区(图5), 很适宜面积约28.96km², 占浅山区总面积的5.33%; 适宜约占27.61%, 占总面积的27.61%, 满足9.17%的指标。而区位呈现“整体散布, 局部集中”的特点, 需要依托现有山水格局, 用镶嵌式的空间形态进行保护开发, 通过边山支流、环城绿带等连续生态廊道构建城市外围生态网络, 实现浅山区环境保护和开发利用的协调发展。

5 结语

立足21世纪, 生态智慧已从一个哲学语境发展到适用于生态系统的实践语境, 意味着城市化进程中, 规划者的实践必须以正确的方式理解生态, 选择正确的方式去做正确的事情^[12]。本文以太原市的山地生态系统修复为引, 希望通过生态智慧的基本理论框架启发日后的城市生态修复规划^[13-16]。但就现阶段太原市山地修复的实践而言, 还存在以下问题有待讨论和研究: 1)就山地的修复而言, 修创固坡、景观优化等均易实现, 但采矿地等的污染较难消除, 极易造成恢复植被的二次退化。如何实现棕地的植物恢复还缺乏可靠的技术途径; 2)目前, 山地修复对城市生态修复的贡献效应和制约机制尚不明确。单一的山地修复并不意味着城市生态系统得到有效修复, 需要和水体、绿地以及城市生态格局等统筹规划, 才能实现生态修复效益的最大化。

注: 文中图片均由作者绘制。

注释:

① 数据来源于空间地理数据云(www.gscloud.cn)。

参考文献:

- [1] 吴良镛. 山地人居环境浅议[J]. 西部人居环境学刊, 2014, 29(4): 1-3.
- [2] Zhang M, Li J H, Wang Y C. Impact of biochar-supported zerovalent iron nanocomposite on the anaerobic digestion of sewage sludge[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2019: 1-14.
- [3] Lindenmayer D B. Integrating forest biodiversity conservation and restoration ecology principles to recover natural forest ecosystems[J]. *New Forests*, 2019, 50(2): 169-181.
- [4] 楚纯洁, 王磊于, 长立. 白龟山库区湿地生态退化分析与恢复探讨[J]. 中国水土保持, 2010(2): 29-31.
- [5] Erskine P D, et al. Using reference sites to guide ecological engineering and restoration of an internationally significant uranium mine in the Northern Territory, Australia[J]. *Ecological Engineering*, 2019, 129(1): 61-70.
- [6] 周配, 孙燕红. “城市双修”之山地城市模式研究: 以湘西州古丈县为例[J]. 中外建筑, 2017(10): 122-125.
- [7] Varennyam A, Abhijit M. *Ecological Wisdom Inspired Restoration Engineering*[M]. Singapore: Springer, 2019.
- [8] Groot R D, Brander L, Ploeg S V D, et al. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units[J]. *Ecosystem Services*, 2012, 1(1): 50-61.
- [9] Xiang W. Ecophronesis: The Ecological Practical Wisdom for and from Ecological Practice[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2016(155): 53-60.
- [10] 邵兰霞, 赵萍. 城市生态系统的监控管理与城市可持续发展[J]. 吉林师范大学学报: 自然科学版, 2004(1): 57-59.
- [11] Cavallaro M, Asprone D, Latora V, et al. Assessment of urban ecosystem resilience through hybrid social-physical complex networks[J]. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 2014, 29(8): 608-625.
- [12] 颜文涛, 王云才, 象伟宁. 城市雨洪管理实践需要生态实践智慧引导[J]. 生态学报, 2016, 36(16): 4926-4928.
- [13] Naess A. The Deep Ecological Movement: Some Philosophical Aspects[M]//Sessions G. *Deep Ecology for the 21st Century*. Boston: Shambhala Publications Inc., 1995: 64.
- [14] 邢春晖, 王云才. 基于生态风险评价的城市生态格局修复: 以太原市城六区为例[J]. 西部人居环境学刊, 2018, 33(6): 48-53.
- [15] 王云才, 熊哲昊. 城市生态复兴中“供需适应”的绿色基础设施及其发展[J]. 城市建筑, 2018(33): 6-10.
- [16] 王云才, 申佳可, 彭震伟, 等. 适应城市增长的绿色基础设施生态系统服务优化[J]. 中国园林, 2018, 34(10): 45-49.

作者简介:

王云才

1967年生/男/陕西人/博士/同济大学建筑与城市规划学院景观学系副主任, 教授, 博士生导师, 生态智慧与生态实践研究中心副主任/同济大学高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室/研究方向为图式语言与景观生态规划设计教学、科研和工程实践(上海 200092)

黄俊达

1991年生/男/浙江人/同济大学建筑与城市规划学院景观学在读博士研究生/研究方向为景观生态规划与生态修复(上海 200092)

(编辑/金花)