

低碳乡村目标下的上海典型乡村景观规划设计研究

Study on Landscape Planning and Design of Shanghai Typical Rural Areas Under the Target of Low carbon Rural Area

魏维轩¹ 董楠楠²
WEI Weixuan¹ DONG Nannan²

(1.上海济致勘察设计有限公司, 上海 200072; 2.同济大学建筑与城市规划学院, 上海 200092)
(1.Shanghai Jizhi Planning and Design Co.,Ltd. Shanghai, China, 200072; 2.College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai, China, 200092)

文章编号: 1000-0283(2022)01-0033-08
DOI: 10. 12193 /j. laing. 2022. 01. 0033. 005
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2021-11-24
修回日期: 2021-12-04

摘 要

低碳乡村建设对降低都市碳排放, 实现国家碳达峰与碳中和战略起到重要作用。以上海典型乡村为代表的生态空间对上海大都市区具有重要的支撑意义。乡村地区拥有的农田、水系、林地等丰富的自然与人工生态系统服务是实现碳中和的重要手段。低碳乡村景观的规划设计需要对与乡村地区碳足迹关联的生态、生产、生活的物质空间进行梳理。乡村景观具有整体性特征, 上海典型乡村景观规划设计工作与郊野公园建设、土地整理工作、小流域水环境治理、生物多样性保护、现代农业升级转型等工作紧密相关。结合上海长三角冲击平原河网密布的乡村风貌特色组成, 以及上海典型乡村的规划设计实践需求, 归纳了“田、林、水、路、筑”5项上海典型乡村主要景观空间类型, 总体上低碳乡村景观规划设计须保持本地特定农业生产方式和环境肌理, 尊重当地的山水生态格局, 遵循蓝绿基础设施的生态服务能力。研究针对性总结了各要素在景观规划设计中的规划、设计、材料、工程等方面的原则与方法, 提出各要素的低碳设计策略。同时探讨了数字化推动下的乡村碳汇提升标准与规范完善路径, 对低碳乡村景观规划设计建设过程中宏观无人机多光谱扫描、微观规划设计各要素点位监测等技术手段进行了总结, 为上海典型乡村景观规划设计提供了数字化低碳创新策略。

关键词

低碳乡村; 景观规划设计; 数字化

Abstract

Low-carbon rural construction has played an important role in reducing urban carbon emissions and realizing the national carbon peak and carbon neutral strategy. The ecological space represented by Shanghai typical villages has important supporting significance for Shanghai metropolis. The rich natural and artificial ecosystem services such as farmland, water system, and woodland in rural areas are important means to achieve carbon neutrality. The planning and design of low-carbon rural landscapes need to sort out the physical space of ecology, production, and life related to the carbon footprint of rural areas. The rural landscape has the characteristics of integrity. The planning and design of Shanghai's typical rural landscape are closely related to works such as the construction of country parks, land consolidation, small watershed water environment treatment, biodiversity protection, and modern agricultural upgrading and transformation. Combining the characteristic composition of rural style with dense river network in the alluvial plain of Shanghai Yangtze River Delta, and the planning and design practice requirements of Shanghai's typical villages, this article summarizes the five main landscape spatial types of Shanghai's typical rural areas: "land, forest, water, road, and building", which has built a typical rural ecological base in Shanghai and formed a symbiotic and integrated ecological countryside style. In general, the planning and design of low-carbon rural landscape must maintain local specific agricultural production methods and environmental texture, respect the local ecological pattern of mountains and rivers, and follow the ecological service capabilities of blue-green infrastructure. The study summarized the principles and methods of planning, design,

魏维轩

1989年生/男/河北人/硕士/设计总监/研究方向为风景园林规划与设计

董楠楠

1975年生/男/安徽人/博士/教授、博士生导师/研究方向为风景园林规划与设计

基金项目:

自然资源部“大都市区国土空间生态修复工程技术创新中心课题”

materials, engineering, and other aspects of each element in landscape planning and design, and put forward low-carbon design strategies for each element. At the same time, it discussed the improvement path of rural carbon sink promotion standards and norms driven by digitization, summarized the technical means such as macro-UAV multispectral scanning and monitoring of various elements of micro-planning and design in the process of low-carbon rural landscape planning and construction, and provided digital low-carbon innovation strategies for planning and design of typical rural landscape in Shanghai.

Keywords

low carbon rural area; landscape planning and design; digitization

1 研究背景

1.1 低碳乡村与生态系统服务趋势

中国历年节能减排的主要工作重点在城市，工业部门是主要履职部门，幅员辽阔的农村区域的碳达峰、碳中和问题并未重视^[1]。实际上农村地区是重要的碳源地与碳中和减排区，2019年全球人为排放的CO₂当量中有31%来自农粮系统，总计170亿t。与此同时，农业生态系统可抵消80%因农业导致的全球温室气体排放^[2]。乡村地区拥有的农田、水系、林地等丰富的自然与人工的生态系统服务是实现碳中和的重要手段。

从2003年开始，生态系统服务关键词开始在乡村生态修复领域出现，代表学者Chazdon等提出将这一方法结合进入治理政策的制定中^[3-4]，从2009年开始，乡村生态空间管控的研究讨论开始与生态系统服务研究相结合，研究趋势是通过不同尺度土地利用类型（农田、林地等）条件下的生态系统服务特征和水平识别^[5-6]，从而制定特定服务能力，如生物多样性水平、供给服务能力等的供需分析研判，并在此基础上提出提升目标^[7]。生态系统服务的相对稳定是中国经济社会发展的关键因素，农村地区的林地、作物、土壤碳汇是生态系统服务的重要研究内容^[8-9]。

1.2 上海典型乡村的低碳发展策略

2021年中央一号文件《中共中央国务院

关于全面推进乡村振兴加快农业农村现代化的意见》的发布，为乡村生产生活与乡村建设的绿色转型提供了有利保障，低碳发展是乡村振兴的内源动力和必然要求^[10]。

上海提出力争在2025年前实现碳达峰，比全国目标提前了5年；同时要求2035年排放量比峰值下降5%。上海是典型的高密度城市，2020年上海市森林资源监测显示当年森林覆盖率为18.49%，远不及全国23%森林覆盖率。因此提高自然碳汇方面，乡村地区与郊野公园碳汇不容小觑。

为了提升乡村地区的低碳发展，《上海市乡村振兴“十四五”规划》中明确提出，构建大都市乡村产业体系中首要任务就是促进绿色低碳村护岸发展，从规划设计、村容村貌、环境整治、垃圾治理等方面全面打造生态宜人的农村人居环境^[11]。尤其是改善城乡人居环境方面，要加快建设开放共享的高品质生态空间，推进生态清洁小流域建设与乡村绿化美化和美丽庭院建设^[12]。上海典型乡村空间对于上海大都市区的生态空间具有重要的支撑意义。

2 乡村景观规划设计类型中的低碳策略

低碳乡村景观的规划设计，往往需要与乡村地区碳足迹关联的生态、生产、生活的物质空间进行梳理。尽管乡村景观具有整体性特征，但是考虑到上海长三角冲击平原

河网密布的乡村风貌特色组成，以及上海典型乡村的规划设计实践需求，本研究将上海典型乡村地区的主要景观要素分为“田、林、水、路、筑”5项空间类型，针对性地制定低碳规划设计策略内容（表1），它们共同构筑了上海典型乡村生态基底，形成共生一体的生态郊野风貌。

2.1 田——农田基本风貌要素规划设计

“田”指具有生产性功能的用地空间，是形成乡村景观最重要的功能性要素，种植类型包括各种农作物、林带、果园，以及具有药用价值、观赏价值等其他植物，并形成稻田、果园林地、菜地、晒场等各类生产用地。

遵循低碳农业的发展要求，尊重当地农业工艺是农田景观规划设计的前提。在规划设计中，首先应做到保持当地特定农业生产方式和环境肌理，避免统一化、单一化、简单化农田整治；应充分尊重原有地脉，既可以对具有历史耕作肌理的农田生产斑块进行适度保留，也可以尊重当地的农业技术发展条件，在满足机械化生产的要求下，体现现代大田的旷野景观特色（图1）。其次偏向使用生态可持续的建造方法，提倡使用环保材料，以低造价、低技术和高效率的方式去进行生态建设^[13]。同时也应从地方方法和工匠智慧中获取营养，强调向当地工匠学习，鼓

表1 乡村景观规划设计类型的低碳策略表
Tab. 1 Low-carbon strategies for rural landscape planning and design

空间类型 Space type	空间要素 Spatial elements	低碳规划设计策略要点 Key points of low-carbon planning and design strategies
田——农田	稻田、果园林地、菜地、晒场等各类生产用地	保持当地特定农业生产方式和环境肌理, 使用环保材料, 以低造价、低技术和高效率的方式去进行生态建设与可持续农业生产模式组织
林——林地与乡土植物	防护林、经济林、薪炭林地等	水平混交和垂直混交相结合, 培育复层异龄混交林, 优化林分结构, 提升林地总体碳汇效能, 采用原生态乡土植物的组合种植, 重视垂直群落的布局和设计
水——水体、湿地与径流	河道、湿地、池塘、湖泊、岛屿、沟渠、水田、渔塘等	尊重当地的山水生态格局, 遵循蓝绿基础设施的生态服务能力, 进行水环境综合治理和生态景观修复提升, 用水土保持功能良好的植物以及透水性好的多孔材料构建生态驳岸, 加强地表对初雨径流的自然入渗
路——道路	各级道路、宅间路、田间路及其场院、水上航路、埠头、桥等	采用生态透水铺装, 鼓励采用砂石路面、泥结碎石和素土路, 重视桥梁、埠头等水上交通设施的景观生态意义
筑——建筑构筑	各类生活、服务和生产性的建筑物、构筑物及其附属院落、街道、巷道、广场	结合本土化、低影响的营造模式, 提倡使用环保材料, 以低造价、低技术和高效率的方式, 结合当地的传统工艺技术, 通过共同参与建设实现在地化的低碳建筑风貌

励当地人共同参与^[14]。

在农业循环可持续发展的目标下, 更加强调科学、高产、绿色的农业生产模式组织。运用立体循环种植等技术, 根据作物的不同特性, 利用生长过程时间差, 实行科学间种、套种、混种、轮种等种植方式, 形成多种作物、多层次、多时序的立体交叉种植结构, 使农业生产形成正常的生物循环, 也形成空间上的丰富和时间上具有明显季节变化的乡土景观, 进一步提供科普研学的机会。季节和时令对于农业生产性景观有着重要的影响, 农作物在季节轮回中生长、成熟与衰败, 从而呈现出丰富多变的景观特色。

2.2 林——林地与乡土植物要素规划设计

“林”在乡村景观中具有重要的生态价值与碳汇价值, 按照功能划分可以划分为防护林、经济林、薪炭林等。作为景观屏障, 对于增加植物种群数量、维持农业景观生态平衡具有重要作用。此外, “林”还包括乡村景观中以点、线、面等不同格局分布的各类绿

化植物。

林地资源作为生态碳源的重要组成部分, 具有较好的连通性、较高的聚集度, 在形成乡村景观的生态肌理方面具有决定性的作用。通过规划设计, 使林地景观更好地发挥生态作用, 并展现优美的景观效果。在乡村常见的是经济林景观和防护林景观, 其中前者的种群和形态较为单一, 后者作

为景观屏障, 在很大程度上减少了各个景观斑块间的互相干扰, 起到增加植物种群数量、维持农业景观生态平衡等重要作用。注重既有林地的多样性设计, 形成具有较强自然更新能力的林地群落, 将水平混交和垂直混交相结合, 形成生物多样性突出、景观丰富的混交群落以实现健康的生态体系, 并根据当地生物种群特征, 适当增加蜜源和

图1 上海市奉贤区大桥村农田风貌
Fig.1 Farmland style in Daqiao Village, Fengxian District



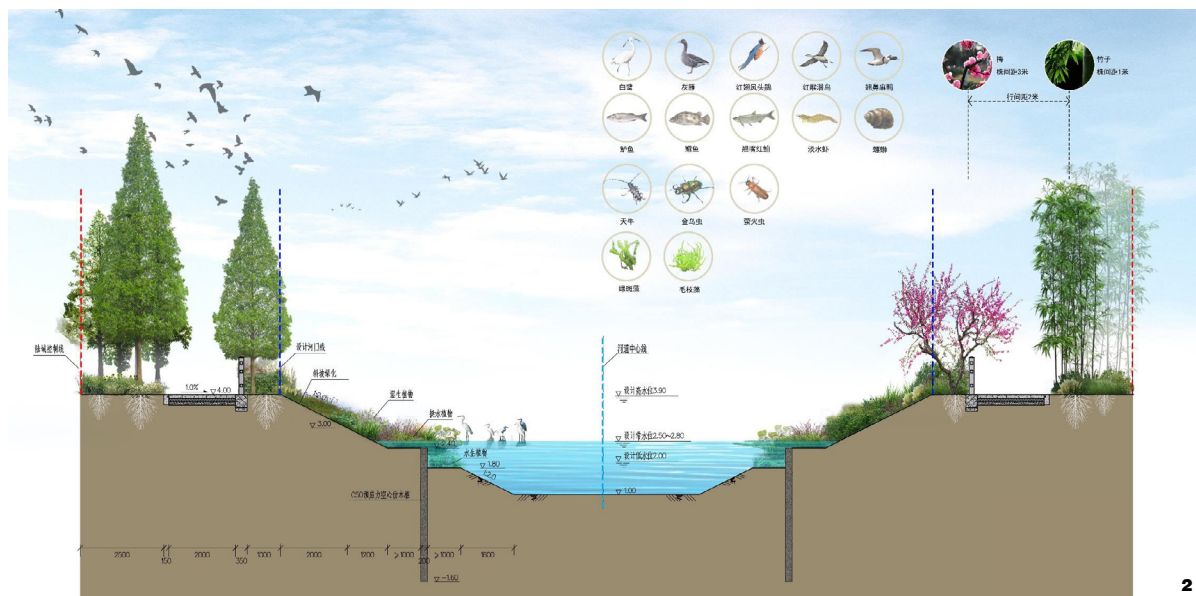


图2 上海市金山区水库村生态造林断面设计
Fig.2 Section design of ecological forest in Shuike Village, Jinshan District

鸟嗜植物, 构建良好生境(图2)。林地建设也可注重功能复合, 导入林下活动功能, 在不破坏生物环境多样性、不侵占林田的原则下, 适当展开森林氧吧等对生态环境破坏较小的游憩设施。

对林木密度过大、林相单纯的幼中龄林，可以通过移植、抽稀等措施，培育复层异龄混交林，优化林分结构，提升林地总体碳汇效能。林地则总体上丰富林木种植结构，局部充实植物品种，提升林相品质，打造四季林景。结合土地整理项目实现零碎土地，如宅旁、田旁、工矿废弃地、村落内宅基地置换地的复绿和造林，连接现状碎片化林地，形成连贯性的生态基底。

乡土植物通常指当地原产或者经过人工驯化后, 非常适应本地区的气候和生态环境的一类生长良好的植物。其经过长期的自然选择和物种演替后, 对某一特定区域具有高度生态适应性^[15]。采用原生态乡土植物的组合种植, 能够较好地适应地域土壤、水文、

气候条件,降低种植及维护成本,并形成彰显地域植被特色的风貌特点^[16]。英国造园家克劳斯頓提出乡土植物有助于形成自然林地和田园的场所环境,能够更真实地反映当地的季相特色,营造近似于自然林地和开阔田园的景观环境^[17]。乡村中乡土植物的种植能够达到可持续发展与低维护的要求,提升植物的碳汇能力,降低植物生长过程中人工参与维持的碳排放消耗。

上海市在郊野公园和乡村风貌设计中,明确提出乡土植物的应用导则,进行乔木、灌木、藤本、草本及地被等植物的合理搭配,以达到绿化、美化、优化乡土景观的效果。在构建生态群落时,乡村景观绿化以乔木、灌木、花卉、草丛等各类乡土植物的种植搭配,形成地方特色鲜明的乡土林地景观。鉴于上海郊区乡村用地条件的独特性,有必要充分重视垂直群落的布局和设计,如树下种植乡土草本花卉等,同时在进一步提升乡村的街巷风貌中,结合回收材料和乡土

植物，增加乡村人居环境中的野趣和植物材料语言。

2.3 水——水体、湿地与径流要素规划设计

“水”是乡村生产和生活中最必不可少
的景观要素，不仅包括自然形成的河道、湿
地、池塘、湖泊、岛屿等，而且包括各类人
工化的水体景观如沟渠、水田、渔塘等生产
性设施。

乡村中的水景首先要尊重当地的山水生态格局，保护形态各异的水系肌理，在满足防汛、排涝、调蓄和通航等功能的前提下，遵循蓝绿基础设施的生态服务能力，加强绿廊建设与游赏空间建设，保持局部弯道、深潭、浅滩、江心洲以及河滨湿地等自然生态格局的多样性特征。在保留水系格局的基础上梳理水系网络，疏拓沟通河道，打通断头浜和阻水坝基，尤其是对于存在水体污染、丧失利用价值的小微水体，进行水环境综合治理和生态景观修复提升，防止造成水体富

营养化(图3)。对于流经农田林地的河道,鼓励采用水土保持功能良好的植物以及透水性好的多孔材料构建生态驳岸,实现水陆联通,为水生动植物提供良好的生境条件。

对有放坡条件的河段,鼓励采用缓坡设计驳岸,保持一定的河漫滩宽度和植被空间,形成湿地水体环境,为生物提供栖息生境。上海的滩涂湿地特点是土壤碳密度较低,单固碳能力较强。并且滩涂湿地在遭受外来物种入侵后,碳汇能力反而会增强^[18]。已经建成的硬质驳岸,可因地制宜改造,鼓励在临水侧加设水生植物平台,以增强驳岸生态性。根据景观营造、生态保育、拦截径流污染、水土保持等生态功能需求,采取多种植物搭配,垂直分层种植格局,构建适应水陆梯度变化的植物群落,打造河道滨岸绿化带,发挥生态廊道效应和景观效应。在农业生产区域中,结合区域灌溉引水排水系统,恢复废弃水渠,创建海绵水体系统。

乡村内的雨洪径流对“田、林、水、路、筑”要素具有重要的相互影响与平衡作用。可以结合透水铺装、绿化漫流、下凹绿地、雨水花园、植草明沟等加强对初雨径流的自然入渗、蓄滞和净化,削减村庄面源污染;建设人工湿地,实现小微流域中的汇水和涵养水源作用,利用湿地植物过滤水源的同时,也使湿地成为独特的生态风景。水资源缺乏的乡村地区在景观营造上需要强调对水资源的循环利用,加强雨水的收集利用,通过地形设计控制雨水按照设计的坡度流线流入蓄水池中,同时在地面的设计与处理上尽量增加软质景观或透水铺装,减少土壤水分的蒸发,强化水土保持。

2.4 路——道路要素规划设计

“路”泛指乡村的交通设施,包括各级



图3 上海市金山区水庫村湿地景观
Fig.3 Wetland landscape in Shuiku Village, Jinshan District

道路、宅间路、田间路及其场院设施。在水上交通发达地区还包括水上航路、埠头、桥梁等交通设施。应该在满足交通功能要求的基础上,注重上海典型乡土风格的设计。停车场地设置应该布局灵活,因地制宜,尽量避免大规模的集中停车场地,结合绿化的配置提供遮蔽,兼顾景观性,停车场地面用当地石材等间隔铺设,在石材间隙间播撒具有较强固土和防侵蚀能力的本地草种,既能美化环境,又能实现雨水的回水作用。对以慢行交通为出行特点的道路,宜采用沥青路面、木栈道、生态步道等铺装形式(图4)。错车场地铺装应结合街巷路基路面情况设置标志标线,区分错车场地和道路。台阶和桥面,以及微空间的硬质铺地,避免大块水泥、混凝土砌块浇筑等用材方式,提高工程实施过程的碳排放量。因此田间道路和生产路应在满足农业机械化要求上,鼓励采用砂石路面、泥结碎石和素土路面。尤其是水乡或渔村中的交通空间是以水网为基底,以水上交通为背景顺应而生。因此在水乡地区需特别注意水路河道的景观规划设计,重视桥梁、埠头等水上交通设施的景观意义,满足水陆交通

转换的空间场地要求,同时也作为乡村景观中重要的公共空间节点内容(图5)。

2.5 筑——建筑构筑物要素规划设计

“筑”主要是指各类生活、服务和生产性的建筑物、构筑物等,集中体现了社会文化的风貌特征,包括民居建筑及其院落、街道、巷道、广场、宗祠等建筑及其环境设施。在乡村聚落风貌保护的前提下,对于现状不理想之处,可进行乡村聚落的有机更新。通过空间要素整合,尽可能结合具有较高使用价值、文物价值、美学价值的原有建筑,通过维修、就地重建等方法,改善其居住条件,在增加旅游功能的同时维持村落空间的秩序。鉴于乡村景观的敏感性特点,对于乡村规划中的市政基础设施项目选址需要充分考量其景观风貌影响。确因客观原因需要实施的项目,有必要开展景观影响分析,减少对于乡村环境的视觉破坏。建筑的改造和新建中,尽量结合本土化、低影响的营造模式,提倡使用环保材料,以低造价、低技术和高效率的方式,结合当地的传统工艺技术,通过共同参与建设实现在地化的低碳建筑风貌。



图4 上海市金山区水库村滨水道路景观 (叶俊 摄)
Fig.4 Waterfront road landscape in Shuiku Village, Jinshan District (photoed by Ye Jun)

图5 结合乡土材料和透水低碳技术的滨水码头
Fig.5 The wharf design by local materials and impermeable low-carbon technologies

乡村设置的独立公厕，应尽量选择环保类型，并可结合村民的生产进行循环利用，造型需与乡村建筑总体风格协调或通过绿化掩映围蔽。集中垃圾站点外观设计注重实用，与当地乡土风格协调或结合乡土生活用具。

对于新建居住组团，可以着重通过小庭院、小花园、小菜园等宅院景观建设（图6），动员村民积极参与，实现卫生清洁、摆放有序、低碳生态、种植绿化、文明和谐的美丽庭院（图7）。公共服务设施如卫生室、文化活动室、日间照料服务中心、体育健身场地等公共设施中的小尺度外部环境景观，可以鼓励村民参与建设实施与养护运维。

3 低碳乡村景观规划设计中的数字化推动

低碳乡村景观规划设计不仅涉及多种尺度的碳足迹空间分析理解，而且包括治理政策、工程技术和监测采集等多重维度的学术领域。而数字化分析方法可以支持乡村低碳规划设计研究中多尺度的数据分析与设计效果，从而有利于跨尺度的规划设计空间目标传导，同时可以引导相关工程设计优化与绩

效评价，符合生产、生活、生态综合协同发展的低碳乡村发展要求。

3.1 低碳乡村景观规划设计标准与规范完善

为更好地评估低碳规划设计水平，低碳乡村景观规划设计离不开对碳排放及碳汇指标的精准测算。目前，国家与地方碳汇标准化成果处于起步阶段，且主要集中于建筑领域，包含《低碳建筑(运行)评价技术导则》(DB11/T1420-2017)、《建筑碳排放计算标准》(GB/T51366-2019)、《平原地区造林项目碳汇核算技术规程》(DB11/T1214-2015)等。乡村景观规划设计的碳汇评估与核算是一项系统工程，涉及城乡各类生态系统（森林、湿地、农田、绿化等），目前乡村、湿地、农田、绿化等领域对碳汇监测、计量与评估的研究较多，但尚未正式发布专门的低碳景观规划设计相关标准化成果，对碳中和研究与针对性景观规划设计工作带来诸多不便，这是未来低碳设计标准化研究应重点突破的短板。

乡村低碳景观规划设计中碳汇计算与标准的研究不仅涉及多种尺度的生态空间分

析理解，而且包括治理政策、工程技术和监测采集等多重维度的学术领域。低碳乡村模式的达成需要建立较为完整的数字化工作机制，离不开基于地理学、生态学、农学、环境工程等多专业研究方法与经验的共享，更需要将前期研究、过程模拟分析和实施后评估的研究设计全过程融入到项目过程中，因此对于乡村生态空间的数据采集流程时序和接入标准亟待制定标准规范。

3.2 低碳乡村景观规划设计数字化辅助手段

3.2.1 宏观无人机多光谱扫描手段

上海乡村郊野单元区域为大尺度景观区域，针对大尺度区域规划设计空间的低碳数据收集与监测工具极为重要，其中多光谱遥感技术的运用广泛，在遥感技术用于郊野地区的检测时，多倾向于森林等大尺度区域研究，但目前缺乏对乡村景观风貌区域的应用。利用无人机多光谱与可见光航测对乡村景观风貌区域进行定期监测分析，通过形成多光谱地理信息数据与高精度三维倾斜摄影重建模型。利用图像数据分析植被生长情况与碳



图6 位于公共服务设施内的公益性共享菜园
Fig. 6 Nonprofit shared vegetable garden located in public service facilities

图7 漕泾镇水库村具有季节特色的新建社区植物景观 (春季)
Fig. 7 Community plants landscape with seasonal features in Shuiku Village (in spring)

汇指标，得到不同组分的叶面积指数 (LAI)，通过叶面积指数推算林地、田地、草地、水生植物等群落的初级生产力水平 (NPP)^[19]，进而得到“田、林、水”区域整体光合作用固碳量减去呼吸作用消耗量的净碳汇量，有利于评估低碳乡村景观规划设计预测与建成后评估 (图8)。

3.2.2 微观规划设计点位监测手段

针对已完成或待展开的乡村景观详细设计地块可通过具体的监测设备与方法进行碳汇评估。目前对于微观碳汇主要针对植被、水体与土壤碳汇情况进行测量与评估。针对农田的碳汇监测方案主要由农作物的类型进行制定，目前通行成本可行的方案为温室气体采集箱法，通过测量单位空间温室气体的排放量拓扑至大范围农田区域^[20]。水体碳汇目前主要关注水体底层沉积物的碳固存与水体本身的碳通量，水体底层沉积物的碳固存测定方法主要采用采样分析，在实验室内分析其碳含量；水体本身的碳通量由浮动室法测定，箱体尺寸需要根据内部植物的尺寸进行设计，

材料选择透光材质以避免影响内部植物的光合作用^[21]。土壤呼吸的监测方法主要为箱式法，其中分为静态气室法与动态气室法，动态密闭气室法为目前使用最为广泛的监测方法，其原理为将密闭气室和红外线二氧化碳分析仪连成闭合性流路，使一定量的空气在通路内循环，监测二氧化碳浓度的变化，从而拓扑至总体土壤区域的碳汇量计算^[22]。

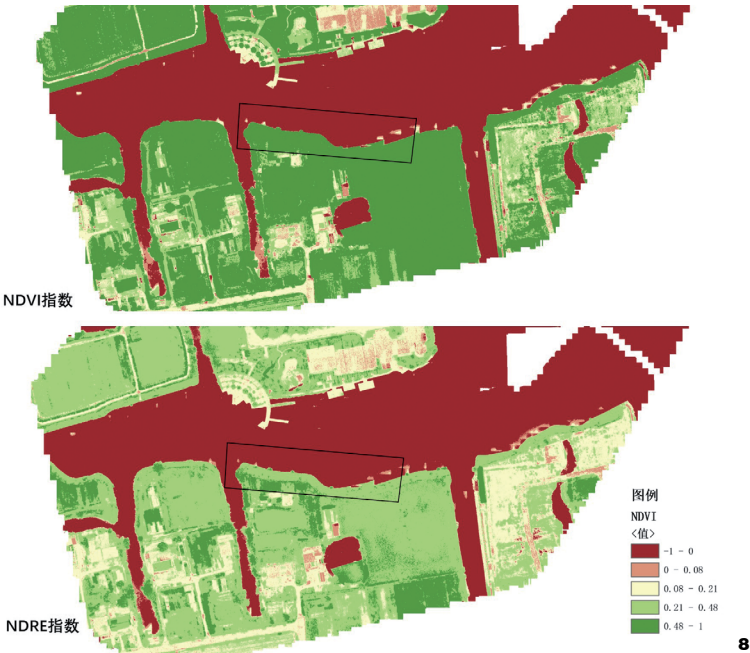


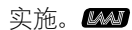
图8 多光谱造林空间识别与分析
Fig.8 Multispectral forest space identify and analysis

4 结论与建议

在低碳乡村建设实践中，结合生态服务功能的提升和修复特点，开展了以“田、林、水、路、筑”5要素生态治理示范项目，已经取得了较好的成效。上海典型低碳乡村景观规划设计要点在于保持当地特定农业生产方式和环境肌理，尊重当地的山水生态格局，遵循蓝绿基础设施的生态服务能力；使用环

保材料，以低造价、低技术和高效率的方式进行生态建设与可持续农业生产模式组织；重视垂直群落的布局和设计，提升林地总体碳汇效能，采用原生态乡土植物的组合种植；进行水环境综合治理和生态景观修复提升，用水土保持功能良好的植物以及透水性好的多孔材料构建生态驳岸；加强地表对初雨径流的自然入渗，采用生态透水与乡土做法铺装路面，重视水上交通设施的景观生态意义；结合本土化、低影响的营造模式，提倡使用环保材料，以低造价、低技术和高效率的方式，结合当地的传统工艺技术，通过共同参与建设实现在地化的低碳建筑风貌。

上海典型乡村景观规划设计工作与郊野公园建设、土地整理工作、小流域水环境治理、生物多样性保护、现代农业升级转型等工作紧密相关，乡村景观5要素存在系统性关联与独立特点，其实施需要各设计要素相关项目建设建立总体管理、实施与跟踪机制。在低碳乡村发展视角下，乡村景观规划设计过程中的生态空间修复效果进行建成前后的持续监测愈加重要，有利于增强低碳乡村发展的科学性。完善的碳汇评估、数据采集与实施监测工作对乡村景观规划设计提供了针对性的技术实施要点与重点领域要求，有利于未来低碳乡村有序高效的建设实施。



参考文献

- [1] 中丽娟, 黄清华. “双碳”目标与乡村振兴的双赢之路[J]. 生态文明世界, 2021(04): 34-41.
- [2] 联合国粮农组织(UN FAO). COP26气候峰会报告[R]. 2021-11-08.
- [3] 高旺盛, 董孝斌. 黄土高原丘陵沟壑区脆弱农业生态系统服务评价——以安塞县为例[J]. 自然资源学报, 2003(2): 182-188.
- [4] CHAZDON R L. Beyond Deforestation: Restoring Forests and Ecosystem Services on Degraded Lands[J]. Science, 2008, 320(5882): 1458-1460.
- [5] CAPOTORTI G, DE LAZZARI V, ALÓ S ORTÍ M. Local Scale Prioritisation of Green Infrastructure for Enhancing Biodiversity in Peri-Urban Agroecosystems: A Multi-Step Process Applied in the Metropolitan City of Rome (Italy)[J]. Sustainability, 2019, 11(12): 3322.
- [6] KOHSAKA R, ITO K, MIYAKE Y, et al. Cultural Ecosystem Services from the Afforestation of Rice Terraces and Farmland: Emerging Services as an Alternative to Monoculturalization[J]. Forest Ecology and Management, 2021: 497.
- [7] GARCIA-FECED C, WEISSTEINER C J, BARALDI A, et al. Semi-natural Vegetation in Agricultural Land: European Map and Links to Ecosystem Service Supply[J]. Agronomy for Sustainable Development, 2015, 35(1): 273-283.
- [8] 应凌霄, 孔令桥, 肖燚, 等. 生态安全及其评价方法研究进展与展望[J/OL]. 生态学报, 2022(05): 1-14[2021-12-06]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2031.Q.20211116.1747.024.html>.
- [9] 程琨, 岳嵩, 徐向瑞, 等. 土壤生态系统服务功能表征与计量[J]. 中国农业科学, 2015, 48(23): 9.
- [10] 蒋萍, 房大梁, 杨腾. 促进乡村振兴与低碳发展有效融合[N]. 中国环境报, 2021-03-10(003).
- [11] 上海市人民政府. 上海市人民政府关于印发《上海市乡村振兴“十四五”规划》的通知[EB/OL]. [2021-7-20]. <https://www.shanghai.gov.cn/nw12344/20210720/046782b10d2145c0b201c41aca762196.html>
- [12] 上海市人民政府. 上海市人民政府关于印发《上海市关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的实施方案》的通知[N]. [2021-10-21]. <https://www.shanghai.gov.cn/nw12344/20211021/bb02574688eb469aaa8a3b2e6a6cc5eb.html>
- [13] 潘莹, 黎国庆. 中国近期乡建发展概况与类型解析[J]. 南方建筑, 2018(06): 15-22.
- [14] 何巍. 建筑及其设计在乡建中的作用和态度[J]. 风景园林, 2018, 25(05): 32-36.
- [15] 孙卫邦. 乡土植物与现代城市园林景观建设[J]. 中国园林, 2003(07): 63-65.
- [16] 上海市规划和自然资源局. 《上海市郊野乡村风貌规划设计和建设导则(一)》(沪规土资乡〔2018〕688号)[EB/OL]. <https://max.book118.com/html/2020/0330/6215043142002152.shtm>
- [17] CLOUSTON B, INSTITUTE L. Landscape Design with Plants[M]. London: Heinemann, 1977.
- [18] 马涛, 马彩华. 上海湿地碳汇: 挑战与应对[J]. 湿地科学与管理, 2011, 7(2): 3.
- [19] 姚雄, 余坤勇, 刘健. 基于无人机多光谱遥感的马尾松林叶面积指数估测[J]. 农业机械学报, 2021, 52(7): 9.
- [20] 韩巍. 冬小麦—夏玉米农田土壤CO₂产生速率与通量研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2014.
- [21] GILBERT P J, TAYLOR S, COOKE D A, et al. Quantifying Organic Carbon Storage in Temperate Pond Sediments[J]. Journal of Environmental Management, 2020, 280: 111698.
- [22] 闫美杰, 时伟宇, 杜盛. 土壤呼吸测定方法述评与展望[J]. 水土保持研究, 2010, 17(6): 6.